



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍAS**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Electrónico

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE
SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA ALIMENTACIÓN Y
CLIMATIZACIÓN DE UNA GRANJA PORCINA”**

AUTORES:

**CARLOS MÁXIMO CASTRO MENDOZA
MARIANGEL ISABELLA MURILLO SEVILLANO**

DIRECTOR DE TESIS:

ING. VICENTE PEÑARANDA

GUAYAQUIL, AGOSTO DEL 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Todos los conceptos, definiciones e ideas del presente trabajo de tesis son de exclusiva responsabilidad de los autores, perteneciendo la propiedad intelectual a la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Agosto del 2015

(f) _____

Castro Mendoza Carlos Máximo

(f) _____

Murillo Sevillano Mariangel Isabella

DEDICATORIA

A nuestra familia, quienes han apoyado el logro de nuestros objetivos y metas estudiantiles desde el inicio de la carrera hasta la realización de este trabajo de tesis.

Carlos y Mariangel

AGRADECIMIENTO

A Dios por tener la oportunidad de realizar este trabajo de tesis.

A la Universidad Politécnica Salesiana por brindarnos la formación académica necesaria para finalizar nuestros estudios de tercer nivel bajo la guía de los docentes de esta prestigiosa institución.

A nuestra familia por brindarnos su apoyo incondicional durante toda la trayectoria estudiantil.

A nuestros amigos y compañeros de estudio colaboradores en el transcurso de toda la carrera.

Especial agradecimiento a nuestro dilecto amigo Harry Canales, quien fortaleció económicamente la realización de este proyecto de tesis.

Carlos Máximo Castro Mendoza
Mariangel Isabella Murillo Sevillano

Índice General

	Pág.
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ABSTRACT INGLÉS.....	XII
ABSTRACT ESPAÑOL.....	XIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Delimitación.....	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5 Justificación del tema.....	4
1.6 Variables e Indicadores	5
1.6.1 Variables	5
1.6.2 Indicadores	5
1.7 Metodología	6
1.7.1 Métodos.....	6
1.7.2 Técnicas.....	6
1.7.3 Instrumentos de investigación y recolección de datos	6
1.8 Población y muestra	7
1.8.1 Población.....	7
1.8.2 Muestra.....	7
1.9 Descripción de la propuesta	7
1.9.1 Beneficiarios	8
1.9.2 Impacto.....	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Reseña General de los sistemas de alimentación y climatización.....	9
2.2. Conceptos y definiciones	9
2.2.1 Sistemas de alimentación porcina	9
2.2.1.1 Sistema de alimentación en espiral o tornillo sin fin	9

2.2.1.2 Sistema de alimentación tipo tolva	10
2.2.1.3 Sistema de alimentación tipo baldes o cangilones	12
2.2.2 Sistemas de climatización en granjas porcinas	12
2.2.2.1 Tipos de Climatización forzada	13
2.3. Equipos y subsistemas de granjas porcinas en el mercado	15
2.3.1 Modelo de alimentación automáticos.....	15
2.4. Software de Visualización WinCC.	17
2.6. SINAUT	19
2.6.1. Beneficios.....	20
2.6.2. Diseño.	21
2.7. Conceptos generales sobre la nube de internet	21
2.7.1. Utilización de la nube.....	21
2.8. Controles de lazo abierto.....	22
2.8.1 Definición y Características	22
2.8.2 Elementos básicos	22
2.9. Controles de lazo cerrado.....	23
2.9.1 Definición y Características	23
2.9.2 Elementos básicos	23
2.10. Control PID	24
2.11 Conceptos generales de alimentación de cerdas lactantes	25
CAPÍTULO III. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	27
3.1. Selección de equipos y materiales.....	27
3.1.1. Selección del PLC.....	27
3.1.2. Selección del Software de Visualización.	28
3.1.3. Selección de SINAUT.....	28
3.2. Diseño de Planos Eléctricos.....	30
3.2.1. Diagrama de fuerza	30
3.2.2 Diagrama de control.....	30
3.3. Diseño de Estructura Mecánica.....	31
3.3.1. Diagrama de estructura mecánica.	31
3.3.2. Ensamblaje de Estructura Mecánica.	35
3.3.3. Sensores de temperatura.....	41
CAPÍTULO IV. EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA	43
4.1. Programa del PLC.....	43

4.1.1. Definición de entradas y salidas del PLC.	43
4.1.2. Diseño del Programa del PLC.	43
4.2. SCADA.	46
4.2.1. Diseño del SCADA.	46
4.3. Comunicación de equipos.	50
4.3.1. Enlace entre PLC y el computador (PC)	51
4.3.2. Enlace entre PLC Y SCADA.	53
4.3.3. Enlace entre PLC y SINAUT MD 720-3	61
4.4. Configuración del SCADA WinCC 7 como servidor y cliente	64
4.5. Programación del PLC	67
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	68
CRONOGRAMA	69
PRESUPUESTO	69
REFERENCIAS	71
ANEXOS	74

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla N° 1.1 Índices del sector porcícola	2
Tabla N°3.1 Especificaciones Técnicas del Sinaut MD 720 – 3 (Parte 1).....	29
Tabla N°3.2 Especificaciones Técnicas del Sinaut MD 720 – 3 (Parte 2).....	29
Tabla N°3.3 Especificaciones Técnicas del Sinaut MD 720 – 3 (Parte 3).....	30
Tabla A Cronograma de elaboración del proyecto	69
Tabla B Presupuesto para la elaboración del proyecto	69

Índice de Figuras

	Pág.
Figura N°1.1. Granja tecnificada Ecuapork.....	2
Figura N°1.2: Granja Porcina de traspatio Comuneros de Jambelí.	3
Figura N°1.3: Granja Automatizada Big Duchman.	5
Figura N°2.1 Despiece del transportador tornillo sin fin.	10
Figura N°2.2 Elevador tornillo sin fin.	10
Figura N°2.3 Tolva cilíndrica.	11
Figura N°2.4 Tolva cuadrada.	11
Figura N°2.5 Tolva rectangular.	11
Figura N° 2.6 Elevador de cangilones	12
Figura N°2.7 Aerotermo de agua caliente.....	14
Figura N°2.8 Tuberías radiantes de aletas por agua caliente.	14
Figura N°2.9 Colocación de suelo radiante en una granja porcina en construcción..	15
Figura N°2.10 Sistema de calefacción mediante foco infrarrojo.	15
Figura N°2.11 Tolva para engorde.....	16
Figura N°2.12 Vista en una nave de gestación con alimentación.	16
Figura N°2.13 Ordenador de la estación en el pasillo.....	17
Figura N° 2.14 Construcción de la carcasa del ventilador con una distribución de aire caliente.	17
Figura N°2.15 Computación en la nube.....	22
Figura N°2.16 Sistema de lazo abierto.....	23

Figura N°2.17 Sistema de lazo cerrado.....	24
Figura N°2.18 Diagrama de Bloques de un control PID.....	25
Figura N°2.19 Cerda en proceso de lactancia.....	26
Figura N°3.1 PLC S7200 CPU 226.	27
Figura N°3.2 SINAUT MD 720-3..	28
Figura N°3.3 Dimensiones externas del cubículo.....	31
Figura N°3.4 Dimensiones estructurales del cubículo.....	31
Figura N°3.5 Dimensiones del cubículo – Vista Frontal..	32
Figura N°3.6 Dimensiones del cubículo – Vista Lateral..	33
Figura N°3.7 Dimensiones de la tolva de alimentación– Vista frontal.....	33
Figura N°3.8 Vista frontal de la tolva de alimentación.....	34
Figura N°3.9 Vista lateral de la tolva de alimentación..	34
Figura N°3.10 Ensamblado de la pared lateral izquierda y derecha del cubículo.. ...	35
Figura N°3.11 Ensamblado de la pared central posterior del cubículo.....	36
Figura N°3.12 Reservorio de alimento..	36
Figura N°3.13 Ensamblaje de la estructura mecánica.....	36
Figura N°3.14 Banco de resistencias para el control de temperatura ubicado en la parte lateral izquierda del cubículo.	37
Figura N°3.15 Banco de resistencias para el control de temperatura parte interna.. .	37
Figura N°3.16 Soplador de aire caliente y ductería hacia el cubículo..	38
Figura N°3.17 Tablero de control..	38
Figura N°3.18 Tablero de control..	39
Figura N°3.19 Tablero de control..	39
Figura N°3.20 Tablero de control.	40
Figura N°3.21 Tablero de control vista lateral.....	40
Figura N°3.22 Tablero de control.	41
Figura N°3.23 Tablero de control..	41
Figura N°3.24 Tablero de control..	41
Figura N°3.25 Sensor de temperatura tipo PT-100.....	42
Figura N°3.26 Sensor de temperatura tipo PT-100.....	42
Figura N°3.27 Sensor de temperatura tipo PT-100 parte externa..	42
Figura N°4.1 Definición de entradas y salidas análogas / discretas.....	43
Figura N°4.2 Lectura y tratamiento de señales analógicas en el programa del PLC..	44
Figura N°4.3 Cuerpo del programa.....	44

Figura N°4.4 Configuración PID S7-200.....	45
Figura N°4.5 Bloque PID.....	45
Figura N°4.6 Programa Step 7 MicroWin 32 V4.0.....	45
Figura N°4.7 Pantalla Principal del SCADA.	46
Figura N°4.8 Pantalla de Alimentación.	47
Figura N°4.9 Pantalla de Climatización.....	48
Figura N°4.10 Pantalla de Parametización..	49
Figura N°4.11 Pantalla de Tendencia..	49
Figura N°4.12 Pantalla de visualización de alarmas.....	50
Figura N°4.13 Comunicación del PLC con el Computador.....	51
Figura N°4.14 Selección de vía de comunicación PC/PG..	52
Figura N°4.15 Configuración de velocidad de comunicación.	52
Figura N°4.16 Tipo de conexión local..	52
Figura N°4.17 Búsqueda de equipos conectados.....	53
Figura N°4.18 Equipo conectado.....	53
Figura N°4.19 Configuración del Kepserver.	54
Figura N°4.20 Configuración de un nuevo canal.....	54
Figura N°4.21 Nuevo canal configurado..	55
Figura N°4.22 Selección del tipo de driver PLC..	55
Figura N°4.23 Selección de la red.	56
Figura N°4.24 Selección del puerto de comunicación.....	56
Figura N°4.25 Tipo de escritura para lectura de tags.....	57
Figura N°4.26 Dirección del PLC.....	57
Figura N°4.27 Finalización de la configuración.....	58
Figura N°4.28 Configuración de tag visualizado.....	58
Figura N°4.29 Para agregar driver OPC.	59
Figura N°4.30 Selección driver OPC.....	59
Figura N°4.31 Comunicación con OPC server.	60
Figura N°4.32 Comunicación de variable OPC.....	60
Figura N°4.33 SINAUT MD 720-3..	61
Figura N°4.34 SINAUT con tarjeta SIM..	61
Figura N°4.35 Configuración del Web Navigator..	62
Figura N°4.36 Ruta de archivo e imagenes de Web Navigator..	62
Figura N°4.37 Selección de pantallas a visualizar vía web.	63

Figura N°4.38 Archivos seleccionados.....	63
Figura N°4.39 Gráficos referenciados de las pantallas..	64
Figura N°4.40 Finalización de la configuración..	64
Figura N°4.41 Configuración de tipo de SCADA..	65
Figura N°4.42 Configuración SCADA cliente.	65
Figura N°4.43 Configuración SCADA servidor.	66
Figura N°4.44 Creación de datos de servidor.	66
Figura N°4.45 Datos creados del servidor..	67

ABSTRACT

YEAR	DEGREE	STUDENT	TESIS DIRECTOR	TESIS TOPIC
2015	Electronic Engineer Minor in Industrial Systems	Castro Mendoza, Carlos Máximo Murillo Sevillano, Mariangel Isabella	Ing. Vicente Peñaranda	Design and Implementation of a prototype with an automated system for feeding and heating of a pig farm

This project is about the Design and Implementation of a prototype with one division whose feeding system and air conditioning is automated with the use of a PLC and the visualization is done with the WinCC software, which is connected to SINAUT equipment for the remotely sending of the alarms.

For the air conditioning system is has a fresh air intake that pass through the resistor to the respective heating, with using the air blower the hot air is injected into the inner chamber of the cubicle. Inside the chamber are two-temperature sensors PT-100 type with output 4-20 mA sending the signal to the PLC Siemens S7-200 that controls the PID of temperature and determine the speed of the air blower and the heating resistors according to the current temperature of the camera by the analog output of 0-10V.

For the feeding system was designed a hopper for storing food installed next to the cubicle, using as materials galvanized plates and pipes, at the bottom it has a pneumatic piston that will be activate to open and close the gate located at the exit of the dosage duct that was designed to dispense the right amount of product according to the requirements specified in the programming of the PLC.

The objective of this project is the use of technology for visualization and remote monitoring of the system, as well as the alarm presentation remotely, this is done using a computer that have internet explorer and receiving alarms through SMS.

KEYWORDS: Design, Implementation, Control Systems, Control PID, Sensors, WinCC, SCADA, Sinaut

ABSTRACT

AÑO	TÍTULO	ESTUDIANTE	DIRECTOR DE TESIS	TEMA DE TESIS
2015	Ingeniero Electrónico Mención en Sistemas Industriales	Castro Mendoza, Carlos Máximo	Ing. Vicente Peñaranda	Diseño e Implementación de un prototipo de sistema automatizado para la alimentación y climatización de una granja porcina
		Murillo Sevillano, Mariangel Isabella		

Este proyecto trata sobre el Diseño e Implementación de un prototipo de una división cuyo sistema de alimentación y climatización se encuentra automatizado con la utilización de un PLC y la visualización se lo realiza con el software WinCC, que a su vez se encuentra comunicado con un equipo Sinaut para el envío de alarmas en forma de SMS.

Para el sistema de climatización se cuenta con una rejilla de ingreso de aire fresco que pasa por la resistencia para el calentamiento respectivo, con ayuda del soplador de aire se inyecta el aire caliente a la cámara interna del cubículo. En el interior de la cámara se encuentran dos sensores de temperatura tipo PT-100 con salida de 4 a 20 mA enviando la señal al PLC Siemens S7-200 que controlará los PID de temperatura y determinará la velocidad del soplador de aire (blower) y el calentamiento de las resistencias de acuerdo a la temperatura actual de la cámara, mediante la salida analógica de 0-10V.

Para el sistema de alimentación se diseñó una tolva para el almacenamiento del alimento instalada junto al cubículo, utilizando como materiales planchas y tubos galvanizados, en la parte inferior posee un pistón neumático que se activará para abrir y cerrar la compuerta ubicada a la salida del ducto de dosificación para dispensar la cantidad adecuada de producto de acuerdo a los requerimientos indicados en la programación del PLC.

El objetivo de este proyecto es la utilización de la tecnología para la visualización y supervisión remota del sistema, así como la presentación de alarmas de forma

remota, esto se lo realiza mediante el uso de un computador que posea internet explorer y la recepción de alarmas mediante SMS.

PALABRAS CLAVE: Diseño, Implementación, Sistemas de control, Control PID, Sensores, WinCC, SCADA, Sinaut

INTRODUCCIÓN

El tema de tesis **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA ALIMENTACIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA GRANJA PORCINA”** que interesa desarrollar como tema de estudio previo a obtención del título de Ingeniería Electrónica tiene como finalidad proponer un sistema semi-automático el mismo que podrá ser instalado según las necesidades y capacidades del cliente.

Es importante la implementación de este sistema ya que la crianza de cerdos debe ir acorde a las innovaciones tecnológicas actuales que demanda el crecimiento de los mismos en las condiciones adecuadas.

El objetivo general es diseñar e implementar un prototipo de sistema automatizado para la alimentación y climatización de una granja porcina, siendo el objetivo específico la utilización de la tecnología para el crecimiento de los cerdos que permitirá optimizar tiempo y recursos, que resulta muy complejo al realizar las operaciones manuales.

El desarrollo del proyecto consta de cuatro capítulos que se explica a continuación.

El capítulo I trata del planteamiento del problema, que permite definir la situación actual de una granja porcina. Así mismo se definen los objetivos del proyecto.

El capítulo II menciona las definiciones y conceptos que atañen al desarrollo del tema planteado, tanto teóricos metodológicos como tecnológicos.

El capítulo III es referido a la selección de equipos, materiales, así como el diseño de la propuesta.

El capítulo IV comprende la ejecución y puesta en marcha del prototipo. Igualmente se anexan planos y el desarrollo de la programación del PLC.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

¿A qué se debe la mortalidad de los porcinos en las granjas con sistemas manuales en el país y cuáles son las razones para que los granjeros obtengan reducidas ganancias en la crianza y comercialización de porcinos?

En la actualidad existen muy pocos sistemas semi-automáticos de granja porcina en el país. Según estadísticas de la ASPE (Asociación de Porcicultores del Ecuador) hasta el año 2011 fecha en la cual publicaron los últimos datos estadísticos, existe un 62.47% de producción tecnificada de la carne de cerdo después de la matanza, este procesamiento tecnificado no está dirigido a la granja, más bien se enfoca a las maquinarias de procesamiento de la carne del porcino y se explica en la siguiente tabla:

Tabla N° 1.1

Índices del sector porcícola, Año 2011

Producción	TM/Año	% Producción
Procesamiento tecnificado	65550	62.47%
Cerdo traspatio familiar	39380	37.52%
Total producción nacional	104930	100.00%

Nota: Índice de producción nacional del sector porcícola para el año 2011, explicado en Toneladas métricas y en porcentaje.

Adaptado de Información del ESPAC/INEC e Información de la Empresa de Manifiestos ASPE. Recuperado de <http://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/estadisticas/datos-porcicola-2011>

A estos valores de producción nacional se debe señalar que existe una necesidad de importar 16000 TM, para poder cubrir la demanda nacional de 9,5 Kg de carne porcina al año por persona. Lo cual indica que en el país se consume 120930 TM al año aproximadamente.



Figura N°1.1. Granja tecnificada Ecuapork. Ejemplo real de una granja porcina tecnificada. Por Pronaca (2014) Revista ProCampo, Edición # 13 Agosto – Octubre

Se ha detectado que en las granjas del país en su gran mayoría el sistema que opera es de tipo manual y esto ocasiona que los recursos del propietario no puedan ser optimizados, es decir hay un desperdicio de insumos y recursos necesarios para el cuidado y crianza de los porcinos, se producen accidentes al manipular los animales, limitación de la supervisión de la granja in situ, ausencia del control de temperatura adecuada para el crecimiento de los cerdos.



Figura N°1.2: Granja Porcina de traspatio Comuneros de Jambelí. Ejemplo de una granja porcina no tecnificada o de traspatio.
Diario El Costanero, (2011), Edición #20 Marzo – Abril

1.2 Antecedentes

Las granjas porcinas del país carecen de sistemas automatizados de climatización y alimentación, en consecuencia esto repercute en la crianza, generación de ganancias y costos de manipulación de los porcinos.

1.3 Delimitación

La propuesta a desarrollar será implementada en la ciudadela Las Orquídeas, Manzana 102, Villa 2 de la ciudad de Guayaquil.

Se implementó un prototipo con un cubículo de 2.00 metros de ancho, 1.70 metros de altura y 2.55 metros de profundidad, cuyo sistema de climatización es automatizado, y en su interior se ubicarán los cerdos para que crezcan en las condiciones adecuadas. Para el sistema de alimentación se diseñó una tolva para el almacenamiento y dosificación del alimento, instalado en la parte posterior del cubículo que de acuerdo a la programación del PLC tiene una frecuencia y cantidad de dosificación diaria. Mediante el uso de un computador con el software internet explorer se puede

visualizar el SCADA para el control y monitoreo tanto del sistema de climatización de acuerdo a la edad de los cerdos, como la frecuencia y cantidad de dosificación de alimento. Adicionalmente el usuario del sistema recibe mediante mensaje de texto las alarmas que se presenten durante la operación.

El proyecto de tesis posee una duración de seis meses, iniciando desde el 07 de marzo hasta el 07 de agosto del año 2015.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Diseñar e Implementar un prototipo de sistema automatizado para la alimentación y climatización de una granja porcina con una división, utilizando materiales adecuados de acuerdo a los requerimientos del sistema.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Automatizar del sistema de alimentación y climatización mediante el uso de PLC marca Siemens.
- Emplear Tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para la supervisión del sistema.
- Utilizar el equipo Sinaut para el envío de mensajes de texto (SMS) cuando se presenten las alarmas configuradas en el sistema.
- Emplear sistema nube abierta (webnavigator) para la visualización y supervisión de la información del proceso en forma remota.
- Utilizar un sistema automatizado para la dosificación del alimento para los porcinos.
- Controlar la temperatura mediante la utilización de un sistema que posea un soplador de aire (blower) así como resistencias para calentamiento.
- Aplicar un lazo de control cerrado con PID para el sistema de climatización.

1.5 Justificación del tema.

Este proyecto se justifica porque está en consonancia con las necesidades tecnológicas para la producción porcícola.

En las granjas porcinas no tecnificadas se observan entre otras las siguientes desventajas:

- Desperdicio de los alimentos.

- Condiciones ambientales fuera del rango óptimo.
- Se desvirtúan los recursos necesarios de la granja.
- Necesidad de monitoreo y evaluación del sistema in situ provocando pérdidas tanto monetarias como de tiempo.
- Muerte de los cerdos debido a condiciones climáticas inadecuadas.

El sistema automatizado a implementarse presenta ventajas como:

- Mejor organización de los animales.
- Visualización del sistema o monitoreo en forma local y remota.
- Rentabilidad económica (mejorarán las ganancias).
- Incremento en el aprovechamiento del tiempo y mano de obra.
- Optimización de insumos y de recursos.
- Garantizar un adecuado entorno para el crecimiento de los cerdos.

Al formular este proyecto se justifica como una solución técnica automatizada para cualquier granja porcina, porque se tendrá un control de todo el sistema de climatización y alimentación sin necesidad de estar in situ.



Figura N°1.3: Granja Automatizada Big Duchman. Ejemplo de una granja porcina automatizada. Big Duchman, (2014)
Heating Systems

1.6 Variables e Indicadores

1.6.1 Variables

- Temperatura
- Velocidad
- Tiempo

1.6.2 Indicadores

- Salida de temperatura

- Parámetros PID
- Salida de velocidad
- Salida de tiempo

1.7 Metodología

1.7.1 Métodos

Se van a utilizar los siguientes métodos:

- Sensorial: Observación in situ, relevamientos espaciales.
- Deductivo: Conocer el problema en lo general para cuantificar en lo particular. Se hará un estudio del problema de crianza de cerdos sobre las demandas y necesidades para ofertar el modelo del sistema.
- Inductivo: Conocer otros modelos externos de crianza de cerdos para hallar la solución del sistema, es decir ir de lo particular a lo general.
- Heurístico: Se recopilará información tecnológica pertinente al tema.
- Constructivista: Se construirá un sistema automatizado para resolver el problema.
- Científico: Se realizará una investigación de campo para la elaboración del correspondiente diagnóstico y pronóstico del problema detectado tendiente a formular una propuesta de solución de crianza de cerdos.

1.7.2 Técnicas

Se van a utilizar las siguientes técnicas:

- Recopilación bibliográfica vía internet.
- Consulta de textos.
- Entrevistas a profesionales.
- Encuesta a personal de granjas porcinas.
- Fotografías.
- Relevamientos espaciales.
- Observación visual.

1.7.3 Instrumentos de investigación y recolección de datos

Entre los recursos que se emplearán están los siguientes:

- Computadora.
- Internet.
- Multímetro.
- Scada WIN CC.

- Microwin 32 versión 4.0
- PLC Siemens S7 200.
- MODEM MD720-3
- Motor
- Mangueras
- Cámara Fotográfica.
- Celulares.
- Interfaces de comunicación.
- Herramientas varias

1.8 Población y muestra

1.8.1 Población

La población de estudio es el sector porcícola del Ecuador.

1.8.2 Muestra

Como muestra se elige a la granja en proceso de construcción, ubicada en la provincia de Manabí, cantón Olmedo en el área periférica rural.

1.9 Descripción de la propuesta

La tesis está basada en el diseño, construcción e implementación de un prototipo de granja porcina, que cuenta con una división cuyo sistema de alimentación y climatización se encuentra automatizado.

Una vez realizado el diseño estructural del cubículo así como de la tolva de alimentación, se procede a la construcción del prototipo. El cubículo cuenta con dimensiones de 2.00 x 1.70 x 2.55 metros (ancho x altura x profundidad) y la tolva de alimentación posee las dimensiones de 2.00 x 1.00 x 0.55 metros (altura x ancho x profundidad).

El tablero de control en su interior posee los siguientes elementos:

- PLC Siemens S7-200 CPU 226
- Módulo de 4 entradas y 1 salida analógica EM235
- Modem SINAUT MD 720-3 con su respectiva antena
- Variador de frecuencia Sinamic G110
- Relés de interfase
- Contactores

- Guardamotor
- Breakers
- Borneras

El prototipo cuenta con un tablero ubicado en la parte lateral del cubículo donde están instaladas las resistencias con su respectivo aislamiento de calor (lana de vidrio).

En el interior de la cámara se encuentran dos sensores de temperatura tipo PT-100 con comunicación de 4 a 20 mA, ambos envían la señal al PLC que controlará el PID de temperatura (velocidad del blower y calentamiento de resistencias).

La tolva de alimentación instalada en la parte posterior del cubículo posee un pistón neumático en la parte inferior, este se activa para dosificar la cantidad adecuada de alimento al reservorio dentro del cubículo según la configuración de tiempo realizada en el PLC.

El tablero de control posee un selector para elegir el modo manual o automático.

Mediante el uso de un computador que posea internet explorer se puede visualizar las pantallas del SCADA configuradas en el software webnavigator.

Las alarmas serán visualizadas en el SCADA así como también serán enviadas vía SMS al receptor configurado en el PLC.

1.9.1 Beneficiarios

Los beneficiarios del sistema propuesto son los porcicultores del Ecuador, tanto en granjas tecnificadas y no tecnificadas para reducir la mortalidad de los cerdos en las primeras etapas de vida.

1.9.2 Impacto

Con la utilización del prototipo de granja porcina automatizada se reducirá la mortalidad de los lechones luego del nacimiento, controlando adecuadamente el área donde serán ubicados para su crecimiento. Así mismo permite reducir el desperdicio de alimento ocasionado cuando se opera en forma manual.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Reseña General de los sistemas de alimentación y climatización.

La alimentación eficiente de los cerdos representa entre un 80% y 85% de los costos totales de producción, por lo tanto una buena automatización de este recurso permite minimizar la falta o el exceso de alimento adecuado para el desarrollo del cerdo.

Según Renán Loaiza, copropietario de Ecuapork y porcicultor de más de 15 años, en una entrevista para la revista ProCampo, Edición # 13 Agosto - Octubre 2014, manifiesta que instaló un sistema de calefacción que funciona con biogás a base de la descomposición del estiércol de los cerdos.

La utilización del biogás le generó un ahorro de 450 dólares al año ya que no usa bombonas de metano y a su vez se generan dos sub productos útiles para los sembríos como lo son el biol y el abono orgánico o compost.

Con el control de temperatura ha logrado reducir la mortalidad de los cerdos y ha podido triplicar la producción de años anteriores – Cabe señalar que este porcicultor tiene una experiencia generacional de su padre y abuelo. Pronaca (2014) Revista ProCampo, Edición # 13.

2.2. Conceptos y definiciones

2.2.1 Sistemas de alimentación porcina

En la actualidad se disponen de varios sistemas automatizados de alimentación porcina, se detallan cinco de interés al tema de estudio.

2.2.1.1 Sistema de alimentación en espiral o tornillo sin fin

Este tipo de sistema se encarga de realizar el transporte de materias sólidas depositadas en la tolva de despacho de producto, se puede adaptar según las necesidades del proceso de transporte.

El funcionamiento del transportador se lo realiza mediante un moto-reductor, que da funcionamiento al tornillo sin fin en la dirección requerida, este tornillo sin fin se lo puede utilizar como un elevador para depositarlo en las tolvas de dosificación de alimento en los cubículos de los cerdos. Alnicolsa (2015). Recuperado de <http://taninos.tripod.com/tornillo.html>

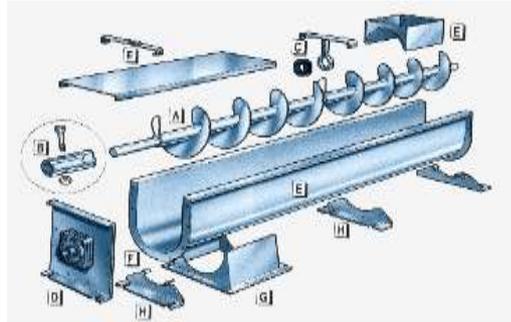


Figura N°2.1 Despiece del transportador tornillo sin fin. Detalle de cada una de las piezas de un ejemplo de tornillo sin fin. Recuperado de <http://taninos.tripod.com/tornillo.html>

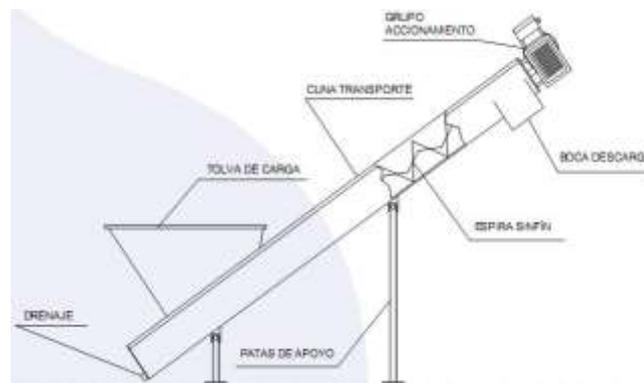


Figura N°2.2 Elevador tornillo sin fin. Detalle de partes de un elevador de tornillo sin fin. Recuperado de <http://taninos.tripod.com/tornillo.html>

2.2.1.2 Sistema de alimentación tipo tolva

Se define a las tolvas como un contenedor de materiales sólidos al granel con una o más bocas de descarga. Esta descarga puede realizarse tanto por gravedad como asistida por equipos especiales. Dentro de esta definición se encuentran los silos, contenedores, tanques de sólidos, y toda una gama de definiciones usadas en usos particulares. Todos son tolvas de diferentes diseños. Una tolva puede dividirse en dos secciones principales: zona contenedor y cono de descarga. El contenedor es de sección transversal constante y, usualmente, de forma cilíndrica, rectangular o cuadrada. El cono de descarga es, generalmente, una pirámide invertida, de sección cilíndrica, rectangular o cuadrada, que termina en una o más bocas o aberturas en las cual se puede anexar válvulas, alimentadores o equipos promotores de flujo. PDVSA (1997) Manual de diseño de proceso de almacenamiento en silos y tolvas, pp. 2. Recuperado de <https://alemansistem.files.wordpress.com/2015/02/almacenamiento-en-silos-y-tolvas.pdf>



Figura N°2.3 Tolva cilíndrica. Ejemplo de tolva cilíndrica vertical. Martínez C. (2015). Recuperado de <http://www.calixtomartinez.com/productos.html>



Figura N°2.4 Tolva cuadrada. Ejemplo de una tolva cuadrada vertical. Goubard (2015). Recuperado de <http://www.goubard.fr/Products/51/89/tremies-speciales-TSS>



Figura N°2.5 Tolva rectangular. Ejemplo de una tolva rectangular vertical. Goubard (2015). Recuperado de <http://www.goubard.fr/Products/51/89/tremies-speciales-TSS>

2.2.1.3 Sistema de alimentación tipo baldes o cangilones

Este sistema es muy utilizado para el transporte en forma vertical, el cual acarrea el material mediante los baldes hasta la parte superior donde es la descarga y deben ser espaciados de acuerdo al material a transportar.

Los componentes principales que se pueden distinguir son:

- Cabezal motriz. (1,2,3,4 y 5)
- Cabezal tensor. (8,10,11 y 12)
- Cajas intermedias. (7 y 9)
- Grupo motriz o accionamiento.
- Polea motriz.
- Polea tensora.
- Banda transportadora. (6)
- Balde o cangilón. (6)

Alonso D. (2002) Recuperado de <http://www.oocities.org/ingenieriadelplata/elevadores.htm>

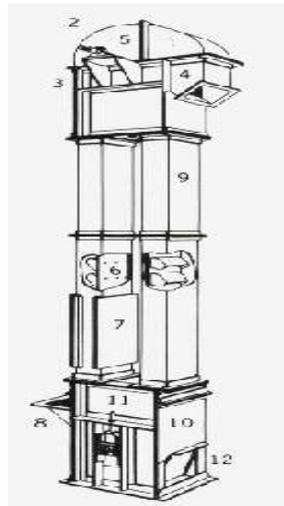


Figura N° 2.6 Elevador de cangilones. Detalle de partes de un elevador de cangilones. Alonso D. (2002). Recuperado de <http://www.oocities.org/ingenieriadelplata/elevadores.htm>

2.2.2 Sistemas de climatización en granjas porcinas

Las necesidades térmicas de los cerdos dependen de la edad en la que se encuentran. Por ello es necesario el control de temperatura, evitando que se produzcan cambios bruscos, porque puede ocasionar que se presenten problemas infecciosos en los animales o en el caso más extremo incluso la muerte.

Podemos clasificar la temperatura adecuada de los cerdos de acuerdo a la tabla N°2.1. Universo porcino (2014). Recuperado de <http://www.aacporcinos.com.ar>

Tabla N°2.1

Necesidades de temperaturas de los cerdos

Tipo de animal	Temperatura en °C
Verracos y cerdas gestantes	18 - 26
Maternidad	
Preparto	19-20
Parto	21-22
Lactación	19-20
Lechones	
Nacimiento – 48 horas	31 – 33
1 semana	30 – 31
2 semanas	28 – 29
3 semanas	26 – 27
Transición	24 – 29
Cebo	16 - 26

Nota: Necesidad de temperatura en grados centígrados de los cerdos de acuerdo a la edad tanto para las cerdas gestantes como los lechones. Universo porcino (2014). Recuperado de <http://www.aacporcinos.com.ar>

2.2.2.1 Tipos de Climatización forzada

Los tipos de climatización más empleados son:

- Climatización mediante el uso de aerotermos: Esta unidad genera aire caliente y se lo obtiene mediante la impulsión de aire a través de un intercambiador de calor directamente al lugar que requiera climatización. Este aire que puede ser tomado del espacio cerrado o del exterior y será calentado mediante el uso de agua caliente, vapor de agua o resistencia calorífica, para lograr la homogeneidad de temperatura de las áreas que necesitan climatización. La instalación de aerotermos posibilita una fácil y económica automatización de control de temperaturas en los locales. Mixflow (2015). Recuperado de <http://www.mixflow.es/productos/tratamiento-del-aire/aerotermos-de-agua-caliente/>



Figura N°2.7 Aerotermino de agua caliente. Ejemplo de un aerotermino que funciona mediante agua caliente para climatizar el lugar donde se encuentra instalado. Mixflow (2015). Recuperado de <http://www.mixflow.es/productos/tratamiento-del-aire/aeroterminos-de-agua-caliente/>

- Climatización mediante tubos radiantes: Este tipo de sistema utiliza agua caliente circulando a través de tuberías radiantes para lograr mantener las condiciones de temperatura requeridas. IDAE (2005). Recuperado de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10330_Instalaciones_ganaderas_05_8ad73059.pdf



Figura N°2.8 Tuberías radiantes de aletas por agua caliente. Ejemplo de un sistema tuberías radiantes con circulación de agua caliente. IDAE (2005). Recuperado de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10330_Instalaciones_ganaderas_05_8ad73059.pdf

- Calefacción en suelo: por placas eléctricas o de agua caliente.

El sistema de calefacción que proporciona calor a través de la superficie total o parcial del suelo se lo denomina suelo radiante, funciona recirculando agua caliente a través de tuberías colocadas en el pavimento. El agua puede ser calentada por placas eléctricas o con gas glp. Otra manera de realizar este tipo de técnica es colocar placas eléctricas que emiten calor uniformemente. Este sistema da seguridad a los porcinos ya que está instalado bajo el pavimento. Blanco R., García F. (2013). Recuperado de <http://www.chil.org/blogpost/calefaccion-de-instalaciones-de-porcino-con-suelo-radiante-de-agua-caliente/2357>



Figura N°2.9 Colocación de suelo radiante en una granja porcina en construcción. Ejemplo de una instalación de suelo radiante en una granja porcina. Blanco R., García F. (2013). Recuperado de <http://www.chil.org/blogpost/calefaccion-de-instalaciones-de-porcino-con-suelo-radiante-de-agua-caliente/2357>

- Sistema de calefacción por foco infrarrojo: Este tipo de sistema utiliza lámparas incandescentes reforzadas con propiedades de radiación infrarroja, ya que emiten menos luz que una lámpara incandescente normal y están diseñadas para transformar los rayos infrarrojos en energía térmica. Tiene la característica de poder resistir su propio calor. IDAE (2005). Recuperado de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10330_Instalaciones_ganaderas_05_8ad73059.pdf



Figura N°2.10 Sistema de calefacción mediante foco infrarrojo. Ejemplo de un sistema de calefacción de una granja porcina mediante el uso de un foco infrarrojo. IDAE (2005). Recuperado de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10330_Instalaciones_ganaderas_05_8ad73059.pdf

2.3. Equipos y subsistemas de granjas porcinas en el mercado

2.3.1 Modelo de alimentación automáticos

2.3.1.1 Tolvas de alimentación de Big Dutchman

Swing & Swing-Jumbo: se utilizan respectivamente para lechones en destete a partir de 6 kg y para cerdos de engorde. El diseño especial del depósito (90/180 L) evita que el pienso se apelmace. El singular mecanismo de dosificación es muy fácil de accionar para los animales. El comedero redondo, sin esquinas, utiliza óptimamente la superficie y no acumula suciedad. Tienen 2 ó 3 chupetes para la toma de agua.

Puede instalarse una tubería para circulación continua de agua en cada tolva individual. Big Dutchman, (2014), Tolvas de alimentación para destete y engorde. Recuperado de www.bigdutchman.de



Figura N°2.11 Tolva para engorde. Ejemplo de tolva para engorde de cerdos marca Big Dutchman (2014). Recuperado de www.bigdutchman.de

2.3.1.2. Alimentación controlada por ordenador de Big Dutchman

CallMatic 2: es un sistema electrónico de alimentación para cerdas gestantes en grupos. El sistema combina de manera ideal las ventajas del alojamiento adecuado y la alimentación adaptada individualmente a cada animal. Esta alimentación individualizada satisface las necesidades particulares de cada cerda y puede ser líquida o seca. El ordenador de la estación se caracteriza por su pantalla sinóptica, en la que se muestran importantes informaciones, como el número de visitas a la estación, la cantidad de pienso tomada o el estado actual de la cerda.

Otra ventaja es también que el ordenador no tiene que estar directamente sobre la estación de alimentación, sino que puede montarse también en el pasillo. Esto garantiza una mejor accesibilidad (zona libre de animales), de modo que podrán realizarse tranquilamente los ajustes necesarios. Big Dutchman, (2010), Gestión de granjas para cerdas. Recuperado de www.bigdutchman.de



Figura N°2.12 Vista en una nave de gestación con alimentación. Ejemplo de una granja porcina controlada por ordenador CallMatic2 Big Dutchman (2010) Gestión de granjas para cerdas. Recuperado de www.bigdutchman.de



Figura N°2.13 Ordenador de la estación en el pasillo. Ejemplo de una granja porcina controlada por ordenador CallMatic2 Big Dutchman (2010) Gestión de granjas para cerdas. Recuperado de www.bigdutchman.de

2.3.1.3 Modelo de Climatización de Big Dutchman

HeatMaster and Heat-X® compact: Los sistemas trabajan a base de agua caliente. Gas, combustible, virutas de madera, el calor residual producido por una planta de biogás o CHP se pueden utilizar para calentar el agua. Los componentes principales son calor de aire y agua de los dos intercambiadores con un ventilador fabricado en acero inoxidable, que son fáciles de limpiar por medio de un limpiador de alta presión, y resistente a la corrosión. Está suspendido a lo largo de los lados a la altura de las entradas de aire fresco o montado en la pared. En caso de la versión de succión, el ventilador aspira el aire a través del elemento intercambiador y el aire caliente es enviado al área a controlar. Big Dutchman, (2014), Heating Systems. Recuperado de www.bigdutchman.de

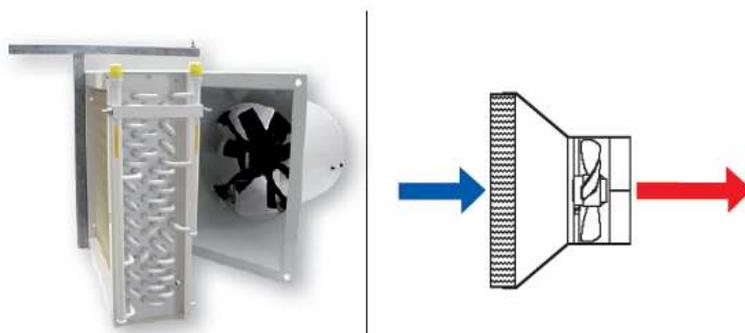


Figura N° 2.14 Construcción de la carcasa del ventilador con una distribución de aire caliente. Descripción lateral e interna de la carcasa de un ventilador de distribución de aire caliente. Big Dutchman, (2014), Heating Systems Recuperado de www.bigdutchman.de

2.4. Software de Visualización WinCC.

Sistema SCADA (Supervisory control and data acquisition) basado en PC para visualizar, manejar y supervisar procesos, secuencias de fabricación, máquinas y plantas en todos los sectores; la gama abarca desde simples sistemas monopuesto

(monousuario) hasta sistemas multipuesto (multiusuario) distribuidos con servidores redundantes y soluciones diversificadas geográficamente con clientes web. WinCC constituye la plataforma de intercambio de información para la integración vertical a escala corporativa.

WinCC puede ejecutarse con cualquier PC que cumpla los requisitos de hardware especificados. Los SIMATIC PC destacan por una tecnología de PC potente, están preparados para trabajar sin descanso las 24 horas del día y son aptos para funcionar tanto en entornos industriales rudos como en la oficina. SIEMENS (2009). Simatic HMI Sistemas para manejo y visualización, Catálogo ST 80, pp. 267.

2.4.1. Gama de aplicación

SIMATIC WinCC se ha concebido para la visualización y el manejo de procesos, secuencias de fabricación, máquinas y plantas. Gracias al potente acoplamiento de proceso, especialmente a la familia SIMATIC, y al registro histórico de datos seguro, WinCC aporta soluciones de alta disponibilidad para el sistema de control.

El sistema base, apto para todos los sectores, permite el uso universal en todas las aplicaciones de automatización. Las opciones de WinCC (p. ej., opciones FDA para la industria farmacéutica) y los complementos específicos de cada sector (p. ej., para el sector del agua) permiten realizar soluciones personalizadas para cada sector.

SIEMENS (2009). Simatic HMI Sistemas para manejo y visualización, Catálogo ST 80, pp. 268.

2.4.2. Funcionalidad Básica.

Las potentes funciones de configuración de SIMATIC WinCC contribuyen a reducir las tareas de ingeniería y formación y aportan más flexibilidad del personal y más seguridad en el manejo.

Quien esté familiarizado con Microsoft Windows, dominará también WinCC Explorer, la central de WinCC.

En la configuración de las funciones, todas las herramientas de ingeniería SIMATIC está totalmente armonizadas entre sí.

SIMATIC WinCC ofrece una funcionalidad básica completa para el manejo y la visualización del proceso.

Para ello, WinCC proporciona toda una serie de editores e interfaces que permiten configurar esta funcionalidad de forma individual para cada aplicación. También es

posible ampliar una estación WinCC para instrumentación y control con mínimas labores de ingeniería. SIEMENS (2009). Simatic HMI Sistemas para manejo y visualización, Catálogo ST 80, pp. 268.

2.5. Conceptos generales sobre el PLC

Controlador lógico programable 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 conteo y aritméticas, para el control de procesos de plantas industriales.

Los PLC cuentan con características que los diferencian de las computadoras personales y micro controladores: Son robustos y están diseñados para resistir vibraciones, temperaturas, humedad y ruido. La interfaz para las entradas y las salidas está dentro del controlador.

Es muy sencilla tanto la programación como el entendimiento del lenguaje de programación que implementa, el cual se basa en operaciones de lógica y conmutación. Soto E. (2011) Definición de PLC y Características. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/50835535/Definicion-de-PLC-y-Caracteristicas#scribd>

Entre las ventajas del PLC se puede recalcar lo siguiente:

- El ahorro de tiempo al realizar modificaciones en los proyectos sin invertir en un costo adicional.
- Factibilidad de controlar más de una máquina o sistema con un solo PLC.
- Tamaño reducido del equipo
- Costos de mantenimiento bajos.

Todas estas características contribuyen a la elección de este equipo en la mayoría de los procesos automatizados.

2.6. SINAUT

El sistema de telecontrol SINAUT Telecontrol (Siemens Network Automation) se basa en SIMATIC. Completa dicho sistema con el hardware y software correspondiente y permite así conectar los distintos componentes mediante WAN (Wide Area Network).

SINAUT se utiliza sobre todo cuando deben conectarse estaciones de proceso remotas con una o varias centrales de supervisión. La transmisión de datos se efectúa

en este caso a través de la clásica WAN como, p. ej., la línea dedicada de cobre, red telefónica, sistemas inalámbricos, pero también a través de red basada en IP moderna, como los sistemas de banda ancha o Internet.

SINAUT Telecontrol está formado por dos sistemas independientes:

- SINAUT MICRO: Sencillo sistema de telecontrol para vigilar y controlar instalaciones descentralizadas mediante comunicación por telefonía móvil (GPRS) sobre la base de SIMATIC S7-200 y WinCC flexible o WinCC.
- SINAUT ST7: Sistema versátil de telecontrol basado en SIMATIC S7-300, S7-400 y WinCC para la vigilancia y el control totalmente automáticos de estaciones de proceso descentralizadas que intercambian datos entre sí y con una o varias centrales de supervisión a través de los más diversos medios WAN. SIEMENS (2009), Comunicación Industrial, Catálogo IKPI, pp. 28.

2.6.1. Beneficios.

Es un complemento que sirve para vigilar y controlar instalaciones sencillas de forma remota sin necesidad de grandes inversiones. Consta de un módem GSMGPRS, un software de gestión de enlaces y de OPC optimizado para GPRS y un paquete de bloques de programa S7-200.

Con este paquete pueden comunicarse hasta 256 estaciones SIMATIC S7-200 por servidor OPC (conectable en cascada) con la central de supervisión y entre sí de forma sencilla y segura mediante telefonía móvil GPRS. Las estaciones están siempre online.

SINAUT MICRO es de utilidad allí donde se precisa transmitir cantidades pequeñas de datos mediante conexiones inalámbricas.

El sistema se configura con STEP 7 Micro/WIN.

El personal de mantenimiento puede acceder también a la central segura desde su casa a través del navegador de Internet, y consultar o incluso definir los valores actuales de las estaciones S7-200 conectadas.

Así, por ejemplo, es posible analizar a través de la central los avisos de fallo recibidos en forma de SMS o por fax que han enviado directamente o mediante el teléfono móvil las estaciones remotas S7-200. Esto permite una reacción más rápida a eventos del proceso. SIEMENS (2009), Comunicación Industrial, Catálogo IKPI, pp. 28.

2.6.2. Diseño.

La función de Routing del servidor OPC SINAUT MICRO SC permite asimismo la comunicación bidireccional entre las estaciones S7-200 conectadas a través del módem SINAUT MD720-3. En WinCC el servidor OPC SINAUT MICRO puede combinarse con SINAUT ST7cc para crear un sistema central de avisos de fallo y telecontrol económico que puede ampliarse en función de las necesidades. SIEMENS (2009), Comunicación Industrial, Catálogo IKPI, pp. 28.

2.7. Conceptos generales sobre la nube de internet

Referencias a "la nube" -the Cloud en inglés- soy muy comunes en el mundo de Internet. En realidad la nube es una metáfora empleada para hacer referencia a servicios que se utilizan a través de Internet.

Antes del concepto de la nube, el procesamiento y almacenamiento de datos se hacían en tu computadora; en cambio, computación en la nube (cloud computing en inglés) permite una separación funcional entre los recursos que se utilizan y los recursos de tu computadora, esto es: se utilizan recursos en un lugar remoto y que se acceden por Internet.

Todo lo que ocurre dentro de la nube es totalmente transparente para ti y no necesitas conocimiento técnico para utilizarla.

El término software como servicio -software as a service en inglés, abreviado SaaS- es utilizado también para referirse a programas que se ofrecen mediante la nube.

Castro L. (2015). Recuperado de

<http://aprenderinternet.about.com/od/ConceptosBasico/a/La-Nube-En-Internet.htm>

2.7.1. Utilización de la nube

Un ejemplo típico es usar una página web para acceder a una cuenta de correo en Google, Hotmail, o Yahoo, por mencionar unos cuantos.

Otra forma de ver a la nube es como una conexión a un servicio que ofrece poder de cómputo y procesamiento.

Siendo así, puedes ver a la nube como todos los servicios para música, películas, fotos, juegos, procesadores de palabras, etc., servicios a los que puedes acceder independientemente de la computadora o dispositivo que estés usando. Castro L. (2015). Recuperado de <http://aprenderinternet.about.com/od/ConceptosBasico/a/La-Nube-En-Internet.htm>

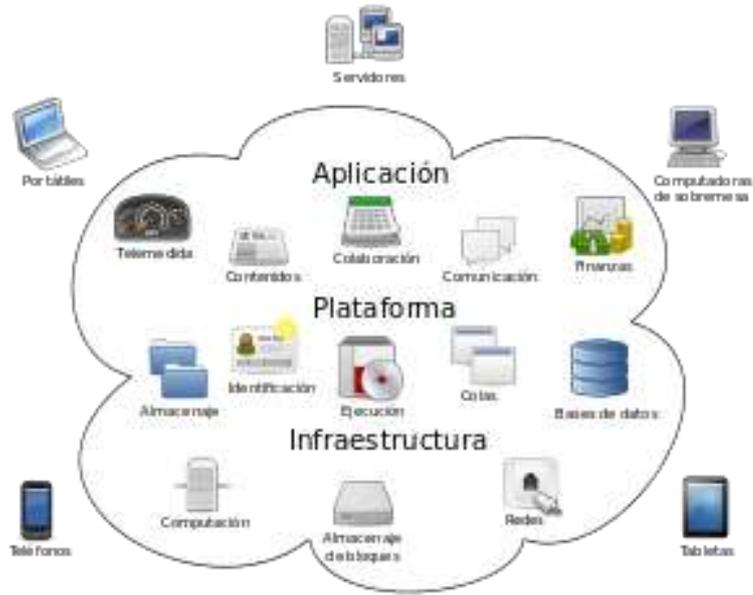


Figura N°2.15 Computación en la nube. Ejemplo de un sistema de computación en la nube con acceso remoto. Johnston S. (2012) Recuperado de <http://www.livescience.com/34183-cloud-computing-definition.html>

2.8. Controles de lazo abierto

2.8.1 Definición y Características

Son los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control. En un sistema en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Por tanto a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se utiliza si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado.

Vargas E. (2012) Sistemas de Lazo cerrado / abierto. Recuperado de <http://varpertecnology.com/sistemas-de-lazo-cerradoabierto/>

2.8.2 Elementos básicos

- Elemento de control: Este elemento determina qué acción se va a tomar dada una entrada al sistema de control.
- Elemento de corrección: Este elemento responde a la entrada que viene del elemento de control e inicia la acción para producir el cambio en la variable controlada al valor requerido.

- Proceso: El proceso o planta en el sistema en el que se va a controlar la variable.
- Vargas E. (2012) Sistemas de Lazo cerrado / abierto. Recuperado de <http://varpertecnology.com/sistemas-de-lazo-cerradoabierto/>

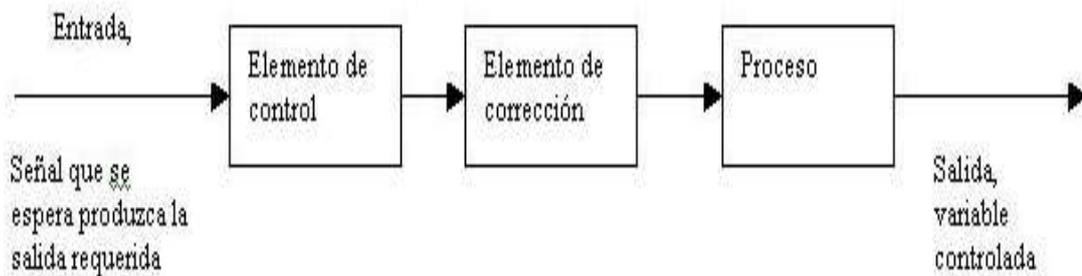


Figura N°2.16 Sistema de lazo abierto. Ejemplo de cada una de las partes de un sistema de lazo abierto. Vargas E. (2012) Sistemas de Lazo cerrado / abierto. Recuperado de <http://varpertecnology.com>

2.9. Controles de lazo cerrado

2.9.1 Definición y Características

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control de lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente.

En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la salida de realimentación (que puede ser la señal de salida misma o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales) a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentando para reducir el error del sistema.

Vargas E. (2012) Sistemas de Lazo cerrado / abierto. Recuperado de <http://varpertecnology.com/sistemas-de-lazo-cerradoabierto/>

2.9.2 Elementos básicos

- Elemento de comparación: Este elemento compara el valor requerido o de referencia de la variable por controlar con el valor medido de lo que se obtiene a la salida, y produce una señal de error la cual indica la diferencia del valor obtenido a la salida y el valor requerido.

- Elemento de control: Este elemento decide que acción tomar cuando se recibe una señal de error.
- Elemento de corrección: Este elemento se utiliza para producir un cambio en el proceso al eliminar el error.
- Elemento de proceso: El proceso o planta, es el sistema dónde se va a controlar la variable.
- Elemento de medición: Este elemento produce una señal relacionada con la condición de la variable controlada, y proporciona la señal de realimentación al elemento de comparación para determinar si hay o no error. Vargas E. (2012) Sistemas de Lazo cerrado / abierto. Recuperado de <http://varpertecnology.com/sistemas-de-lazo-cerradoabierto/>

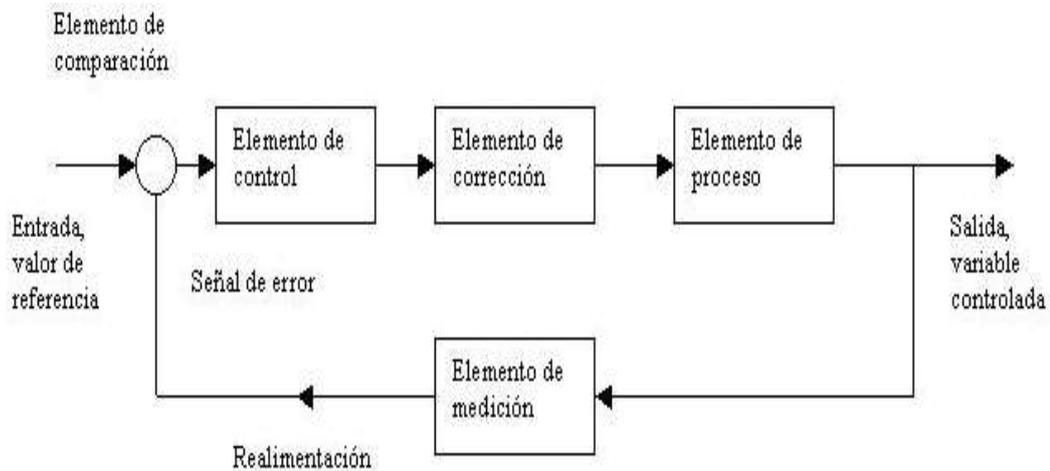


Figura N°2.17 Sistema de lazo cerrado. Ejemplo de cada una de las partes de un sistema de lazo cerrado. Vargas E. (2012) Sistemas de Lazo cerrado / abierto. Recuperado de <http://varpertecnology.com>

2.10. Control PID

El control PID es un mecanismo de control que a través de un lazo de retroalimentación permite regular la velocidad, temperatura, presión y flujo entre otras variables de un proceso en general.

El controlador PID calcula la diferencia entre nuestra variable real contra la variable deseada.

El algoritmo de control incluye tres parámetros fundamentales: Ganancia proporcional (P), Integral (I) y Derivativo (D).

- El parámetro Proporcional (P) mide la diferencia entre el valor actual y el set-point (en porcentaje) y aplica el cambio.

- El parámetro Integral (I) se refiere al tiempo que se toma para llevar a cabo acción correctiva. Mientras el valor sea más pequeño, el ajuste es más rápido.
- El parámetro Derivativo (D) emite una acción predictiva, es decir, prevé el error e inicia una acción oportuna. Responde a la velocidad del cambio del error y produce una corrección significativa antes de que la magnitud del error se vuelva demasiado grande.

La correcta sintonización o programación de estos parámetros nos ayuda a controlar de manera efectiva nuestra presión o flujo deseado. Si no programamos adecuadamente estos parámetros, el sistema puede quedar inestable. García P. (2013). Recuperado de <https://franklinlinkmx.wordpress.com/2013/09/05/que-es-el-control-pid/>

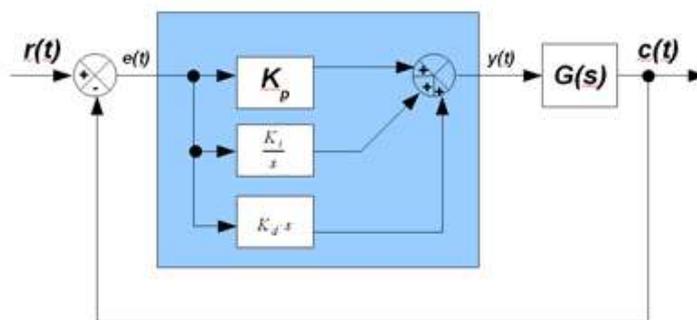


Figura N°2.18 Diagrama de Bloques de un control PID. Ejemplo de un diagrama de bloques de control PID. Catedu (2015). Recuperado de http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//4750/4926/html/15_controlador_de_accin_proporcional_integral_y_derivativa_pid.html

2.11 Conceptos generales de alimentación de cerdas lactantes

La alimentación durante la etapa de lactación es la más importante en la cría porcina, ya que esta requiere una alta demanda de nutrientes que requiere la cerda para la adecuada producción de leche.

Se le debe permitir a las cerdas que consuman si son primerizas de 5,5 a 6 kg por día y si son adultas de 6 a 7 kg por día.

Este total de alimento debe ser repartido de 4 a 6 veces por día es decir de 1 Kg a 2 Kg aproximadamente cada vez, de esta manera optimizamos el consumo de alimento y como resultado un mejor rendimiento de las cerdas y un óptimo crecimiento de los lechones. Capabadal C. (2009). Guía técnica para alimentación de cerdos. Recuperado de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00144.pdf>



Figura N°2.19 Cerda en proceso de lactancia. Ejemplo de una cerda en una granja porcina durante el proceso de lactancia.
Capabadal C. (2009). Guía técnica para alimentación de cerdos. Recuperado de <http://www.aacporcinos.com.ar>

CAPÍTULO III. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

3.1. Selección de equipos y materiales.

Para este proyecto se ha seleccionado los siguientes equipos y materiales debido a su versatilidad, bajo costo y existencia en el mercado.

3.1.1. Selección del PLC.

Se decidió elegir un PLC marca Siemens, Modelo: ST 200, CPU: 226 debido a las siguientes características técnicas:

- 8 Reguladores PID integrados plenamente identificables
- 0.22 us de velocidad de procesamiento
- 2 interrupciones controladas por tiempo (de ciclo entre 1 y 255 ms con 1 ms de resolución)
- Marcas, temporizadores, contadores: 256 cada una
- Puerto integrado de comunicación: Puerto RS 485 que soporta los modos maestro o esclavo PPI / esclavo MPI / Freeport (Protocolo ASCII programable)
- Velocidad de transferencia máxima 187.5 kbaudios (PPI/MPI) o 115.2 kbaudios (Freeport)
- Software de programación: Step 7 – Micro/Win 4.0 Servipack 8
- Alimentación: 85 – 264 V_{AC}
- Entradas digitales: 24 V_{DC}
- Salidas digitales: 5-30 V_{DC} o 5-250 V_{AC}, máximo 2 A (relés)
- Entradas / Salidas digitales integradas: 24 Entradas digitales / 16 Salidas digitales
- Puertos de comunicación: 2 RS 485 Freeport
- Reloj de tiempo real
- Dimensiones: 196 mm x 80 mm x 62 mm (Ancho x Altura x Profundidad)



Figura N°3.1 PLC S7200 CPU 226. PLC seleccionado para utilizarse en el proyecto.

3.1.2. Selección del Software de Visualización.

Se determinó la utilización del Software WinCC 7 debido a su disponibilidad en el mercado y compatibilidad de los equipos utilizados. Entre sus principales beneficios consideraremos que el Software WinCC es un sistema modular que permite visualizar un proceso configurando una interfase gráfica en la pantalla del computador, esta nos permite operar y observar dichos procesos. Cuando el proceso presenta un cambio, el sistema se actualiza automáticamente. Si presenta una alarma por valores fuera de rango, estas se presentan de forma automática como un evento, y permite la configuración de mensajes de alerta. Entre las tareas que nos permite realizar el sistema podemos definir las siguientes:

- Visualización y monitoreos de pantallas en el monitor en modo Runtime
- Comunicación con sistemas automatizados
- Lectura de datos de configuración
- Mensajes de eventos (alarmas)
- Control de procesos
- Diseño de gráficos de acuerdo al proceso a monitorear
- Visualización de tags

3.1.3. Selección de SINAUT.

El SINAUT MD 720-3 es el único equipo compatible con el PLC Siemens S7 200 CPU 226 en el mercado para poder realizar el envío de mensajes de texto a dispositivos móviles.



Figura N°3.2 SINAUT MD 720-3. Equipo Sinaut seleccionado para la realización del proyecto.

El SINAUT posee las características según lo indicado en las tablas 3.1 a 3.3.

Tabla N°3.1

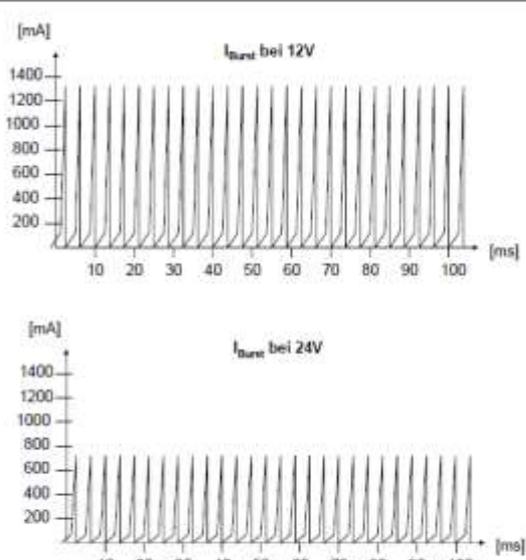
Especificaciones Técnicas del Sinaut MD 720 – 3 (Parte 1)

Interfaz X1	Función	Conexiones GPRS con SINAUT MICRO SC Llamadas de datos GSM (CSD 9.600 bit/s) MTC Envío de SMS
	Estándar	RS232 (V.24 / V.28), conector hembra: Sub D de 9 polos
	Velocidad predeterminada	9600 bit/s
	Control	Comandos AT
Interfaz de aire	Módulo GSM	GPRS / CSD / Quad band
	GPRS	hasta 2 Uplinks / hasta 4 Downlinks (máx. 5 slots)
	Potencia de transmisión	GSM 850 MHz (máx. 2W), GSM 900 MHz (máx. 2W), DCS 1800 MHz (máx. 1W), PCS 1900 MHz (máx. 1W)
	Conexión de antena	SMA / 50 ohmios
Alimentación de tensión	Consumo de potencia	tip. 5,5 W
	Tensión de entrada	12 - 30 VDC (24 VDC nominal)

Nota: Detalle de especificaciones técnicas del equipo Sinaut MD 720-3, Primera parte. Siemens (2006). Manual del sistema Módem GPRS/GSM SINAUT MD720-3, pp. 71.

Tabla N°3.2

Especificaciones Técnicas del Sinaut MD 720 – 3 (Parte 2)

	Intensidad de entrada / conexión GPRS existente con intercambio de datos	 <p>I_n 430mA con 12V (I_{Burst} 1,3A), I_n 165mA con 24V (I_{Burst} 0,8A), 4,62ms Burst, tasa de repetición</p>
	Intensidad de entrada / sin conexión, o conexión con SINAUT MICRO SC sin intercambio de datos	<p>I_n 90 mA con 12 V I_n 50 mA con 24 V I_n 40 mA con 30 V</p>
Condiciones ambientales	Gama de temperatura	Funcionamiento: -20°C a $+60^{\circ}\text{C}$ Almacén: -25°C a $+85^{\circ}\text{C}$
	Humedad del aire	0-95 % (sin condensación)

Nota: Detalle de especificaciones técnicas del equipo Sinaut MD 720-3, Segunda parte. Siemens (2006). Manual del sistema Módem GPRS/GSM SINAUT MD720-3, pp. 72.

Tabla N°3.3

Especificaciones Técnicas del Sinaut MD 720 – 3 (Parte 3)

Caja	Forma constructiva	Caja con rieles de perfil de sombrero
	Material	Plástico
	Tipo/clase de protección	IP40
	Dimensiones	114 mm x 22,5 mm x 99 mm (largo x ancho x alto)
	Peso	aprox. 150g
Comprobaciones/ Homologaciones	Distintivo CE	sí
	R&TTE	sí
	CEM / ESD	EN 55024, EN 55022 clase A, EN 61000-6-2
	ATEX	III 3 G EEx nA II T4A Ta=-20°C-60°C KEMA 03 ATEX 1229 X
	FM	CLI, DIV2, GP. A,B,C,D T4 Ta=-20°C-60°C CLI, Zone 2 IIC, T4 Ta=-20°C-60°C
	UL	E301826

Nota: Detalle de especificaciones técnicas del equipo Sinaut MD 720-3, Tercera parte. Siemens (2006). Manual del sistema Módem GPRS/GSM SINAUT MD720-3, pp. 72.

3.2. Diseño de Planos Eléctricos.

Para la elaboración del prototipo se requiere de sistemas de fuerza y así como un sistema de control para el correcto funcionamiento del sistema de climatización y alimentación de los cerdos dentro del cubículo.

3.2.1. Diagrama de fuerza

Se detalla en el diagrama de fuerza las conexiones adecuadas para el variador de frecuencia utilizado para la regulación de velocidad de aire en el soplador (blower), control de dosificación de alimento desde una pequeña tolva con un accionamiento neumático, así mismo se incluye el banco de resistencia térmica.

El detalle del plano de fuerza se lo incluye en el Anexo 1, página 1.

3.2.2 Diagrama de control

Se detalla en el diagrama de control las conexiones utilizadas en el sistema:

- Fuente, Alimentación para el PLC S7-200 CPU 226, toma de 120 V.
- Fuente, Alimentación del SINAUT MD 720-3, Alimentación para el PLC S7-200 CPU 226, Tarjeta de entradas analógicas y tarjetas de salidas analógicas.
- Entradas digitales del PLC: Start y Stop de alimentación, banco de resistencias Run, motor soplador Run, banco de resistencias falla y motor soplador falla.
- Salidas digitales del PLC: banco de resistencias On, motor soplador On, Reserva.
- Entradas Analógicas: Temperatura del cubículo.
- Salidas Analógicas: Para control de velocidad de soplador.

El detalle de los planos de control se lo incluye en el Anexo 1, páginas 2 hasta la 9.

3.3. Diseño de Estructura Mecánica.

3.3.1. Diagrama de estructura mecánica.

Para el diseño del cubículo donde se encontrarán los cerdos se lo realiza con plancha galvanizada para las paredes contando con las siguientes medidas:

- Largo: 2.55 metros
- Ancho: 2.00 metros
- Altura: 1.70 metros

En el siguiente diagrama podemos observar las dimensiones externas del cubículo:

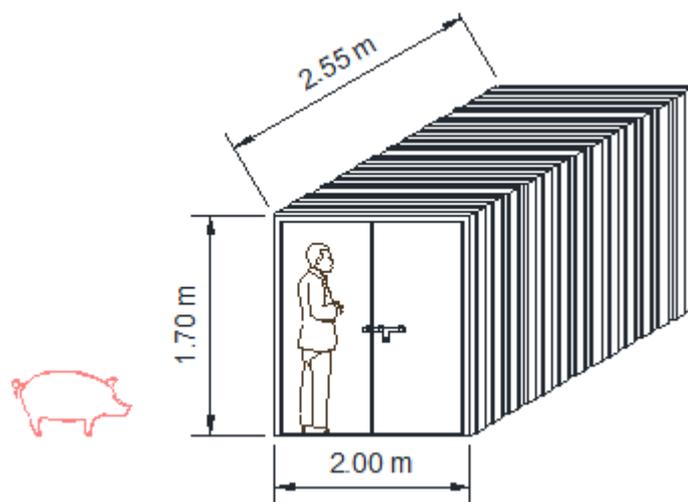


Figura N°3.3 Dimensiones externas del cubículo. Diagrama con las dimensiones reales del cubículo.

Podemos observar las dimensiones estructurales del cubículo contando con las medidas del ancho, largo y altura en el siguiente diagrama:

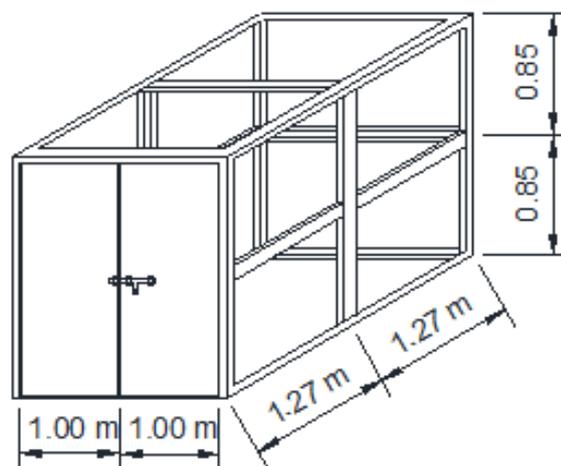


Figura N°3.4 Dimensiones estructurales del cubículo. Diagrama con las dimensiones estructurales reales del cubículo.

Para la climatización del cubículo se cuenta con una rejilla de ingreso de aire fresco que pasa por la resistencia para el calentamiento respectivo, con ayuda del soplador de aire se inyecta el aire caliente a la cámara interna del cubículo.

En el interior de la cámara se encuentran dos sensores de temperatura tipo PT-100 con salida de 4 a 20 mA enviando la señal al PLC S7-200 que controlará el PID de temperatura y determinará la velocidad del soplador de aire (blower) y el calentamiento de las resistencias de acuerdo a la temperatura actual de la cámara mediante la salida analógica de 0-10V.

Los sensores de temperatura son ubicados la pared superior media de la cámara y el segundo sensor en la parte lateral izquierda media de la cámara como lo muestran los diagramas 3.5 y 3.6 del presente documento.

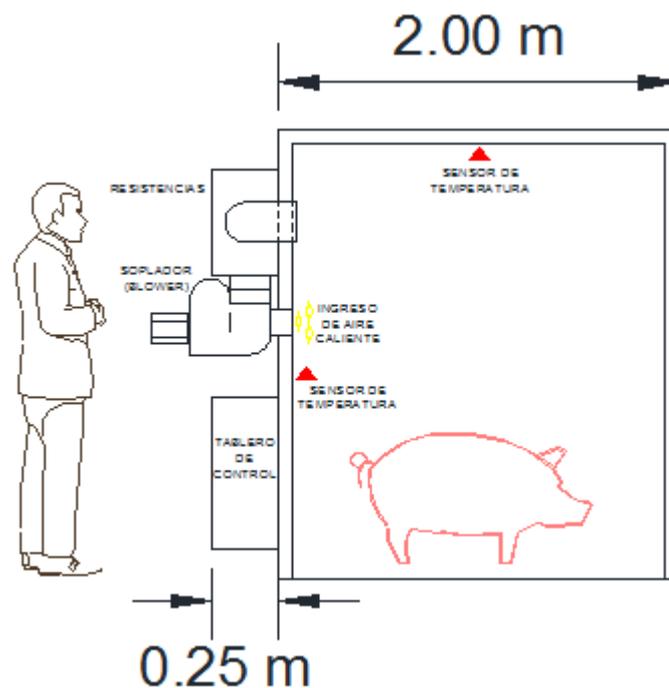


Figura N°3.5 Dimensiones del cubículo – Vista Frontal. Dimensiones reales del cubículo con la vista frontal.

En la vista lateral del cubículo podemos observar la ubicación de los sensores de temperatura, así como las distancias con respecto al piso del banco de resistencias, el soplador de aire (blower) y el tablero de control donde se encuentra el PLC, variador de frecuencia, Sinaut y el panel de control del sistema ubicado en la parte lateral derecha del panel.

La distancia de los componentes hacia el suelo así como el ancho y la ubicación en la parte exterior del cubículo son indicados en la siguiente figura.

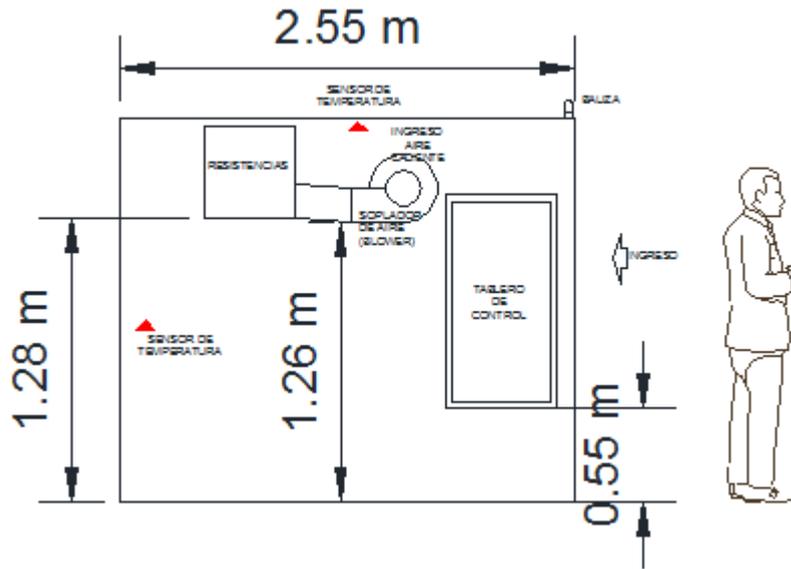


Figura N°3.6 Dimensiones del cubículo – Vista Lateral. Dimensiones reales del cubículo vista lateral.

Para la construcción de la tolva de alimentación se utilizan planchas galvanizadas para la construcción de las paredes, así como tubos galvanizados para el soporte de la misma. En la parte superior de la tolva posee un cobertor para el producto almacenado, en la parte inferior posee un pistón neumático que se activará para abrir y cerrar la compuerta ubicada a la salida del ducto de dosificación de producto para dispensar la cantidad adecuada de producto de acuerdo a los requerimientos indicados en la programación del PLC.

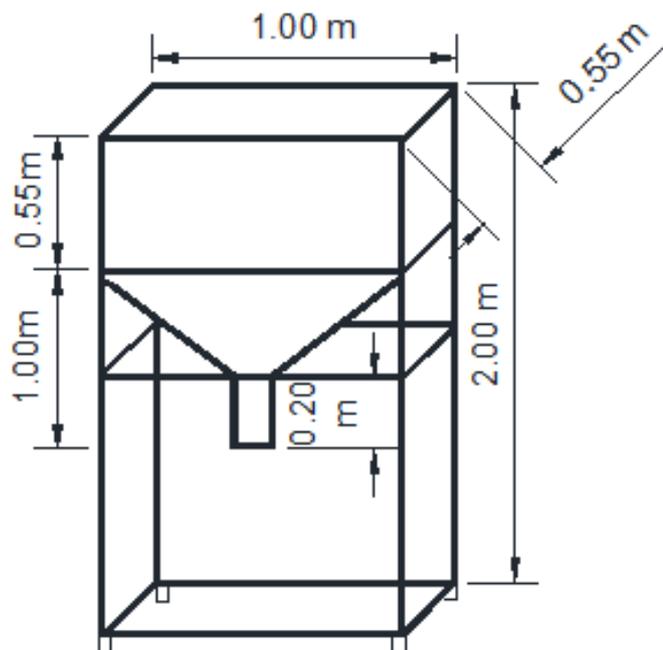


Figura N°3.7 Dimensiones de la tolva de alimentación– Vista frontal. Dimensiones reales de la tolva de alimentación.



Figura N°3.8 Vista frontal de la tolva de alimentación. Tolva de alimentación utilizada en el proyecto y el pistón neumático para dosificación de alimento.



Figura N°3.9 Vista lateral de la tolva de alimentación. Tolva de alimentación utilizada en el proyecto y el pistón neumático para dosificación de alimento conectada al cubículo.

3.3.2. Ensamblaje de Estructura Mecánica.

Para la construcción de la estructura mecánica del cubículo y la tolva de alimentación se utilizó la siguiente lista de materiales:

- Plancha galvanizada 1.25 (12 planchas)
- Ángulo de $\frac{3}{4}$ x $\frac{3}{4}$ pulgadas (Cantidad 3)
- Soldadura 6011 (1 kilogramo)
- Correa de 8 x 2.5 x 1 cm, 2 mm de espesor (Cantidad 8)
- Tornillos autoperforantes de $\frac{1}{4}$ x $\frac{1}{2}$ pulgadas (Cantidad 300)
- Pernos de $\frac{3}{8}$ x 2 pulgadas (Cantidad 50)
- Espuma expansiva (Cantidad una lata)
- Tubería de $\frac{3}{4}$ pulgadas (Cantidad 1)
- Tubería de 1 $\frac{1}{2}$ pulgadas (Cantidad 1)
- Condulet T de 1 $\frac{1}{4}$ pulgadas(Cantidad 1)
- Condulet LV de $\frac{3}{4}$ pulgadas(Cantidad 2)
- Funda sellada de 1 pulgada(Cantidad 1 metro)
- Ducto de aire (cantidad 1)
- Resistencia de 2400 W (Cantidad 1)
- Tubo galvanizado de 3 pulgadas (Cantidad 3)
- Ángulo de 6 m $6 \frac{1}{2}$ x 2 pulgadas (Cantidad 1)
- Soplador de aire (Blower) Capacidad de 1 Hp (Cantidad 1)



Figura N°3.10 Ensamblado de la pared lateral izquierda y derecha del cubículo. Foto real de la parte interna del cubículo.



Figura N°3.11 Ensamblado de la pared central posterior del cubículo. Foto real de la parte interna del cubículo.



Figura N°3.12 Reservorio de alimento. Reservorio donde se deposita el alimento dispensado de la tolva de alimentación.



Figura N°3.13 Ensamblaje de la estructura mecánica. Foto real del cubículo donde incluye el banco de resistencias, soplador de aire (blower) y el panel de control

Entre las partes principales del control de temperatura se puede indicar las siguientes:

- Banco de resistencia

- Soplador de aire y ductería de aire
- Tablero de control

a) Banco de Resistencia: Se encuentra ubicado en la parte lateral izquierda del cubículo, posee una rejilla para el ingreso de aire fresco y una rejilla por donde se dirige el aire caliente que ha pasado por las resistencias.

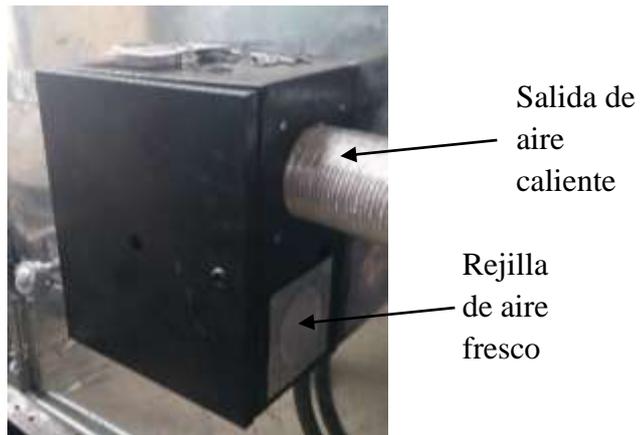


Figura N°3.14 Banco de resistencias para el control de temperatura ubicado en la parte lateral izquierda del cubículo. Foto real del banco de resistencias utilizado en el sistema de climatización.

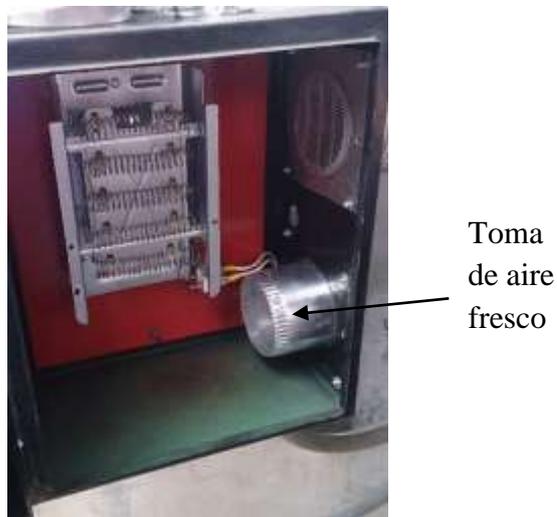


Figura N°3.15 Banco de resistencias para el control de temperatura parte interna. Foto real del banco de resistencias utilizado en el sistema de climatización.

b) Soplador de aire y ductería: Se encuentra ubicado en la parte lateral izquierda del cubículo, la velocidad de aire caliente que va a ingresar al cubículo es controlada por el variador de frecuencia de acuerdo a la temperatura indicada por los sensores de temperatura en el interior de la cámara.



Figura N°3.16 Soplador de aire caliente y ductería hacia el cubículo. Foto real del soplador de aire (blower) y ductería de aire utilizada en el sistema de climatización.

c) Tablero de control: En el tablero de control se encuentran el PLC ST-200 con las tarjetas de entradas y salidas, Sinaut, variador de frecuencia, guardamotor, contactor, borneras, breaker y relés. En la figura 3.17 se ha dividido en tres niveles para una mejor identificación de cada uno de los componentes utilizados.

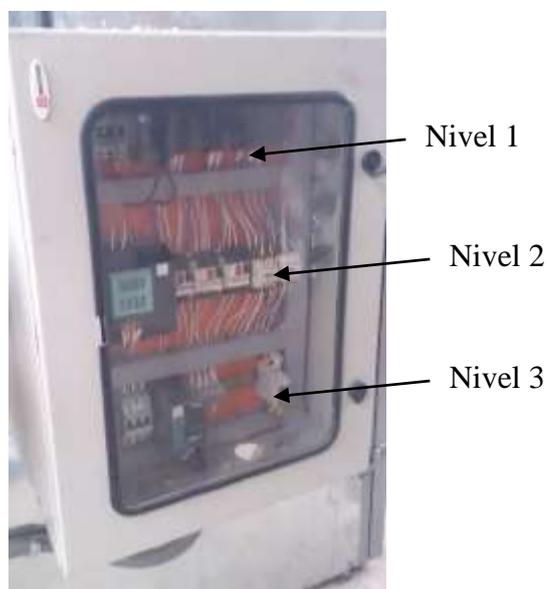


Figura N°3.17 Tablero de control. Foto real del tablero de control con todos sus componentes.

Nivel 1 del tablero de control

En este nivel se encuentran instalados los siguientes componentes:

- Breaker principal

- Sinaut
- PLC S7-200
- Tarjeta de entradas y salidas



Figura N°3.18 Tablero de control. Foto del breaker, Sinuat, PLC y tarjetas de entradas y salidas.

Nivel 2 del tablero de control

En este nivel se encuentran instalados los siguientes componentes:

- Variador de frecuencia
- Guardamotores
- Contactores



Figura N°3.19 Tablero de control. Foto del variador de frecuencia, 3 guardamotores y 2 contactores.

Nivel 3 del tablero de control

En este nivel se encuentran instalados los siguientes componentes:

- Borneras

- Breaker
- Fuente de poder
- 4 Relés



Figura N°3.20 Tablero de control. Foto de borneras, breaker, fuente de poder, bornera y relés.

En la parte lateral del tablero de control se encuentran los pulsantes y selector de operación del sistema:



Figura N°3.21 Tablero de control vista lateral. Foto de pulsante de marcha, paro y selector de modo.

- Selector negro (Manual | 0 | Automático): Al accionar el selector negro se elige la configuración del sistema. Al accionar hacia la izquierda se selecciona el modo manual, al accionarlo en la posición central se apaga el sistema, al accionar el

selector hacia la derecha se selecciona el modo automático, de acuerdo a la necesidad del usuario del sistema.



Figura N°3.22 Tablero de control. Foto de selector negro manual | 0 | automático

- Pulsante verde: Al accionar el pulsante verde se da marcha a la alimentación en modo manual.



Figura N°3.23 Tablero de control. Foto del pulsante verde marcha.

- Pulsante rojo: Al accionar el pulsante rojo se detiene el sistema de alimentación (paro) en modo manual.



Figura N°3.24 Tablero de control. Foto del pulsante rojo paro.

3.3.3. Sensores de temperatura

Dentro del cubículo se cuenta con dos sensores de temperatura tipo PT-100 con salida de 4 a 20 mA, estos envían la señal al PLC Siemens S7-200 que controla el PID del sistema de climatización, de acuerdo a la temperatura promedio de ambos sensores la programación determina la velocidad que el soplador de aire (blower) y el calentamiento de las resistencias para que operen de acuerdo a la temperatura seleccionada mediante la salida analógica de 0 a 10 V.

Los dos sensores de temperatura son ubicados de la siguiente manera:

- En la pared superior media de la cámara interna del cubículo, lo más cercano al centro geométrico de la cámara.



Figura N°3.25 Sensor de temperatura tipo PT-100. Foto de la ubicación del sensor en la pared superior media de la cámara interna del cubículo.

- En la pared lateral izquierda media de la cámara.



Figura N°3.26 Sensor de temperatura tipo PT-100. Foto de la ubicación del sensor en la pared inferior izquierda de la cámara interna del cubículo.



Figura N°3.27 Sensor de temperatura tipo PT-100 parte externa. Foto de la ubicación del sensor en la pared inferior izquierda de la cámara interna del cubículo.

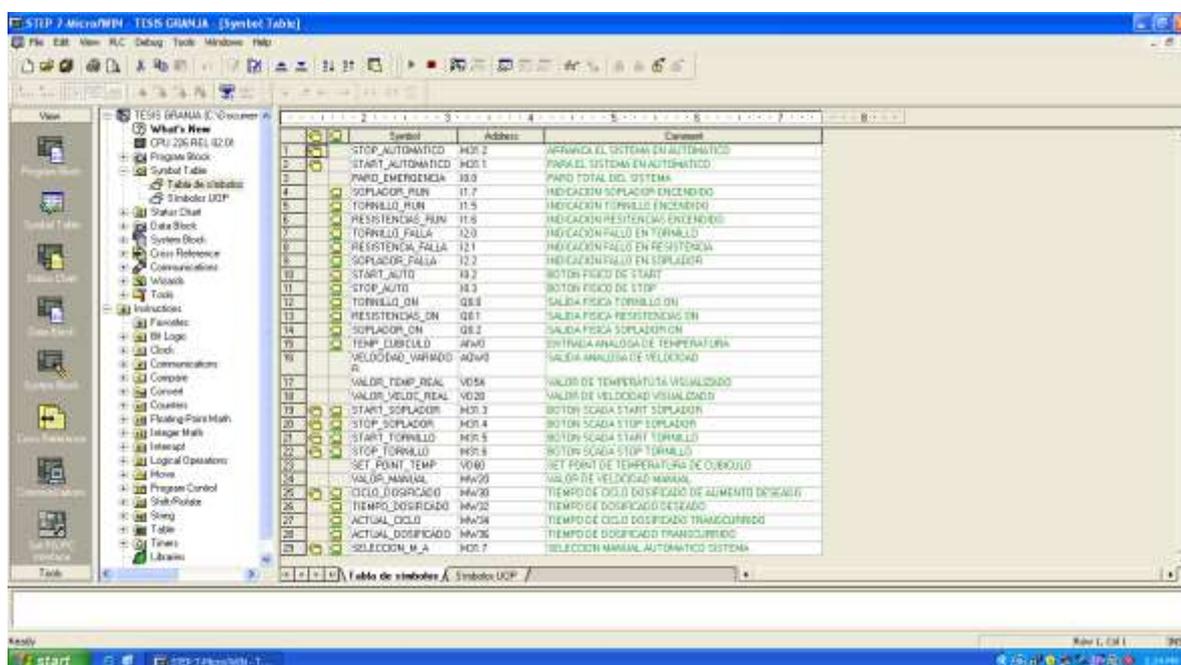
CAPÍTULO IV. EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA

4.1. Programa del PLC.

4.1.1. Definición de entradas y salidas del PLC.

Para la programación del sistema se utiliza el software de MicroWin 32 V4.0 en el cual tiene algunas herramientas, entre las cuales están la tabla de símbolos, en esta tabla se definen las entradas, salidas y demás variables internas con un nombre simbólico el cual ayudará a la rápida verificación del programa.

En la siguiente figura esta la definición de entradas, salidas análogas y discretas, variables utilizadas en el programa.



Symbol	Address	Comment
STOP_AUTOMATICO	INH 2	AFIRMACION DEL SISTEMA EN AUTOMATICO
START_AUTOMATICO	INH 1	PARA EL SISTEMA EN AUTOMATICO
PARO_EMERGENCIA	INH 3	PARO TOTAL DEL SISTEMA
SOPLADOR_PUN	DI 7	INDICACION SOPLADOR ENCENDIDO
TORNILLO_PUN	DI 5	INDICACION TORNILLO ENCENDIDO
RESISTENCIA_PUN	DI 6	INDICACION RESISTENCIA ENCENDIDO
TORNILLO_FALLA	DI 20	INDICACION FALLO EN TORNILLO
RESISTENCIA_FALLA	DI 21	INDICACION FALLO EN RESISTENCIA
SOPLADOR_FALLA	DI 22	INDICACION FALLO EN SOPLADOR
START_AUTO	INH 2	BOTON FISICO DE START
STOP_AUTO	INH 3	BOTON FISICO DE STOP
TORNILLO_ON	DI 8	SALIDA FISICA TORNILLO ON
RESISTENCIAS_ON	DI 9	SALIDA FISICA RESISTENCIAS ON
SOPLADOR_ON	DI 10	SALIDA FISICA SOPLADOR ON
TEMP_CUBICULO	AIW0	ENTRADA ANALOGA DE TEMPERATURA
VELOCIDAD_VARIADOR	AIW0	SALIDA ANALOGA DE VELOCIDAD
VALOR_TEMP_REAL	VO18	VALOR DE TEMPERATURA VISUALIZADO
VALOR_VELOC_REAL	VO20	VALOR DE VELOCIDAD VISUALIZADO
START_SOPLADOR	INH 3	BOTON SCADA START SOPLADOR
STOP_SOPLADOR	INH 4	BOTON SCADA STOP SOPLADOR
START_TORNILLO	INH 5	BOTON SCADA START TORNILLO
STOP_TORNILLO	INH 6	BOTON SCADA STOP TORNILLO
SET_POINT_TEMP	VO00	SET POINT DE TEMPERATURA DE CUBICULO
VALOR_MANUAL	HW00	VALOR DE VELOCIDAD MANUAL
CICLO_DOSIFICADO	HW02	TIEMPO DE CICLO DOSIFICADO DE ALIMENTO DISCAL
TIEMPO_DOSIFICADO	HW02	TIEMPO DE DOSIFICADO DE TRAZADO
ACTUAL_CICLO	HW04	TIEMPO DE CICLO DOSIFICADO TRANSCURRIDO
TIEMPO_DOSIFICADO	HW06	TIEMPO DE DOSIFICADO TRANSCURRIDO
SELECCION_M_A	INH 7	SELECCION MANUAL AUTOMATICO SISTEMA

Figura N°4.1 Definición de entradas y salidas análogas / discretas. Descripción y codificación (tags) de las entradas y salidas análogas del sistema.

4.1.2. Diseño del Programa del PLC.

Para poder estructurar el programa hay que tener en cuenta que es lo que se desea programar.

Así lo que hemos distinguido en el sistema, consiste básicamente en tres partes importantes:

- Lectura y tratamiento de entradas analógicas
- Tratamiento y escritura de salidas analógicas
- Cuerpo del programa.

Este cuerpo de programa se subdivide a su vez en tres partes importantes como lo son:

- Sistema climatizado
- Sistema de alimentación
- Control PID.

Esta estructura de programación nos ayuda a tener un orden y de fácil revisión en algún tipo de problema ocurrido.

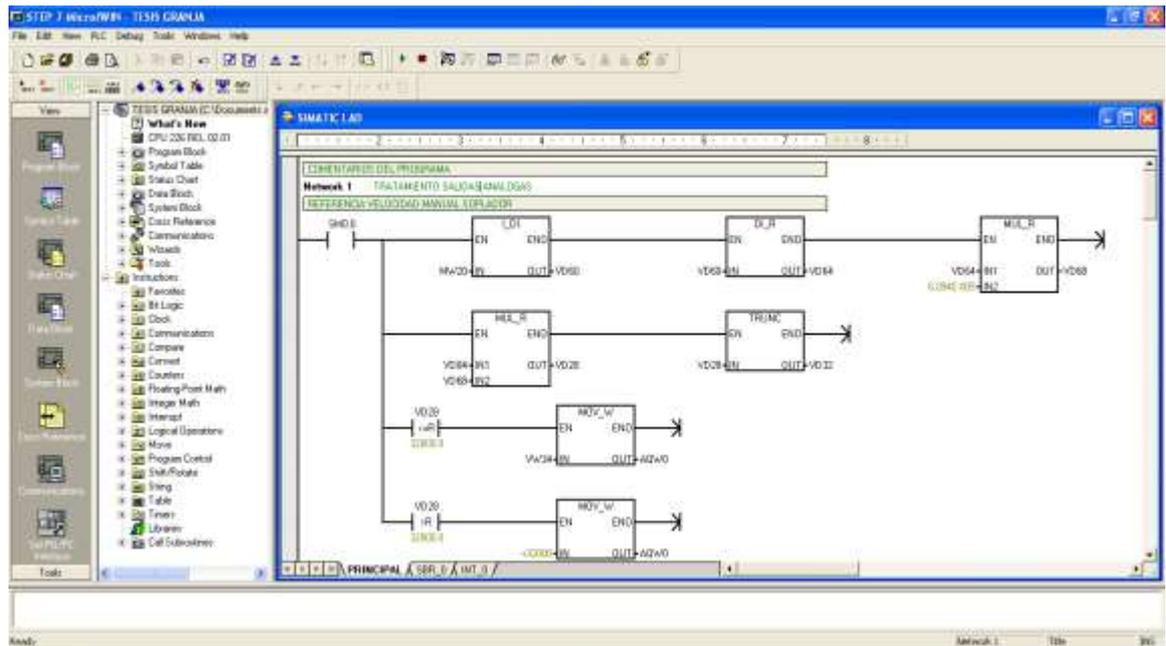


Figura N°4.2 Lectura y tratamiento de señales analógicas en el programa del PLC. Ejemplo de control manual de velocidad del soplador de aire (blower).

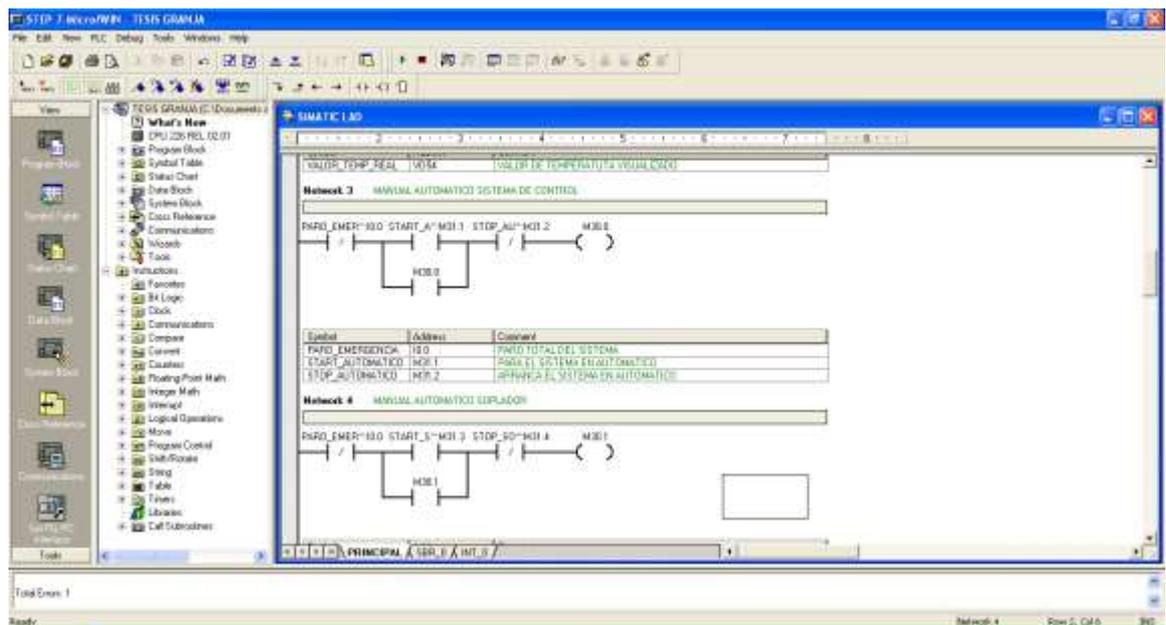


Figura N°4.3 Cuerpo del programa. Parte del programa donde incluye el control de temperatura del sistema.

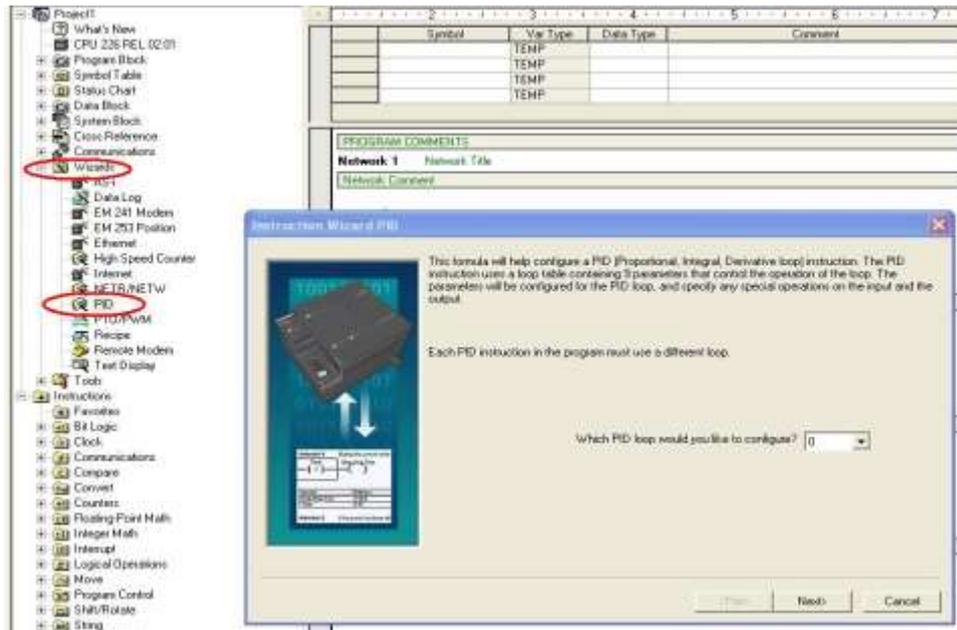


Figura N°4.4 Configuración PID S7-200. Cuadro de diálogo del Asistente de configuración del PID del S7-200.

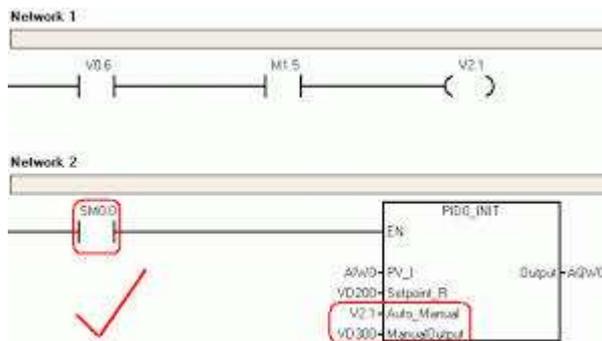


Figura N°4.5 Bloque PID. Parte del cuerpo del programa del PID del sistema.

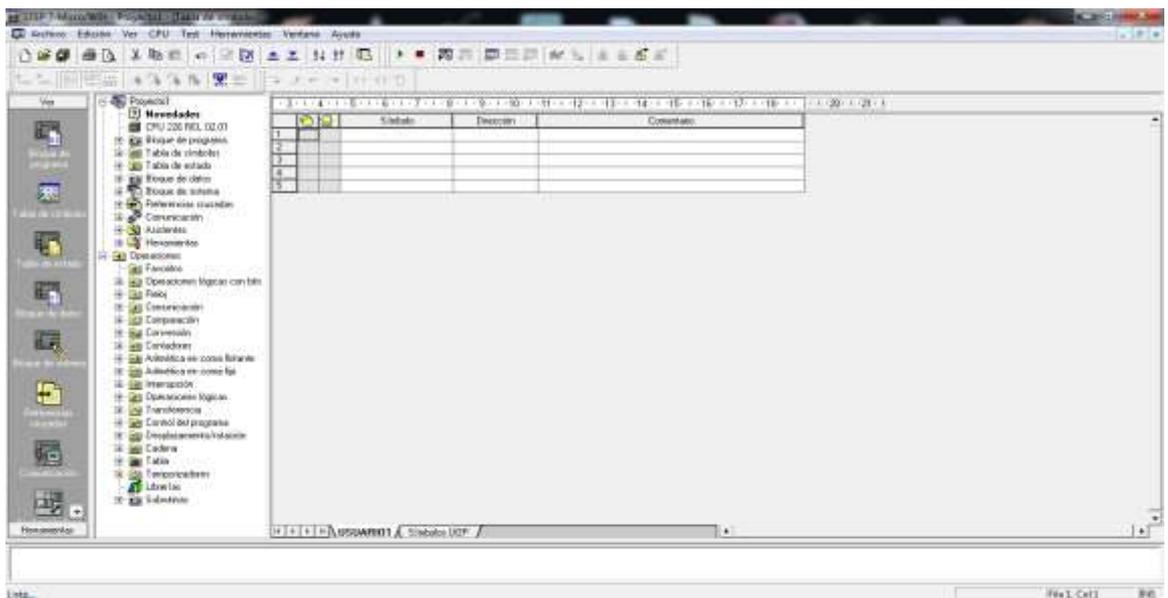


Figura N°4.6 Programa Step 7 MicroWin 32 V4.0. Pantalla del Software utilizado en la programación del PLC.

4.2. SCADA.

4.2.1. Diseño del SCADA.

El diseño del SCADA para el proyecto es desarrollado en el software WinCC 7, y se definieron las 6 pantallas para la visualización y son identificadas de la siguiente manera:

- 1) Pantalla Principal
- 2) Pantalla de control y visualización del sistema de alimentación
- 3) Pantalla de control y visualización del sistema de climatización
- 4) Pantalla de parametrización
- 5) Pantalla de tendencias
- 6) Pantalla de visualización de Alarmas

1) Pantalla Principal

Se puede visualizar el nombre del proyecto y los elaboradores, a su vez en la parte inferior permite realizar la selección de la aplicación deseada a monitorear (Climatización, Alimentación, Parametrización, Tendencias y Alarmas) pulsando en la imagen que corresponda al proceso elegido.



Figura N°4.7 Pantalla Principal del SCADA. Vínculo en la pantalla principal para el acceso a las opciones del control del sistema (Climatización, Alimentación, Parametrización, Tendencias y Alarmas)

2) Pantalla de Control y visualización del sistema de Alimentación

El proceso de alimentación se lo realiza por medio de tiempos, tanto del ciclo de dosificación como el tiempo de dosificación.

Se ha definido dos modos de operación del proceso:

- Modo manual: Funciona sin ciclos de dosificación y puede ser utilizado como un modo emergente del sistema en caso que el usuario no requiera el modo automático.

Se puede activar o desactivar el sistema cuando el usuario lo desee.

- Modo automático: Funciona con ciclos de dosificación definidos y solo se detiene en caso que el operador del sistema lo requiera o la cantidad de producto en la tolva de alimentación no sea suficiente para realizar la dosificación.

Los tiempos para la dosificación automática son definidos de acuerdo a la información de alimentación indicada en el apartado 2.11 del presente documento, en donde definimos lo siguiente:

- Ciclo de dosificación: Cada 240 minutos (4 horas), es decir se realizarán 6 dosificaciones cada día.

- Tiempo de dosificación: El tiempo requerido para la dosificación de 1Kg de alimento es de 10 segundos por ejemplo.

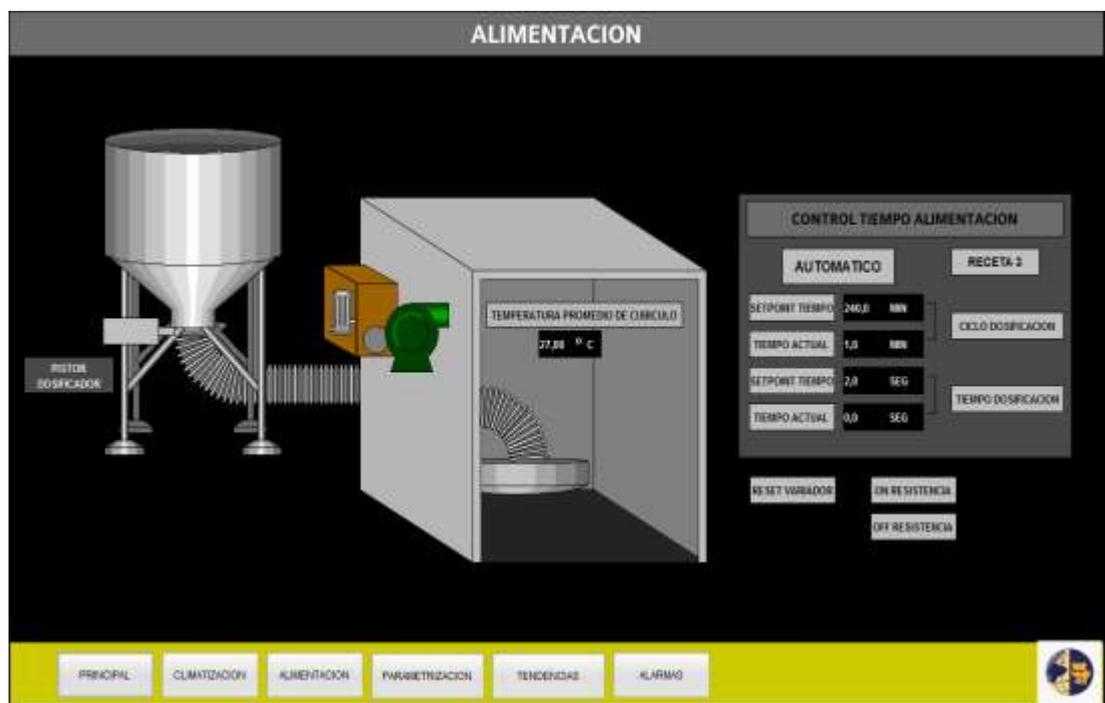


Figura N°4.8 Pantalla de Alimentación. Se visualiza el control de tiempo de dosificación, encendido y apagado del soplador, encendido y apagado del sistema de alimentación, y la parada de emergencia. Así mismo se encuentran los botones de vínculos para acceder a otras pantallas.

3) Pantalla de Control y visualización del sistema de Climatización

El proceso de climatización se lo realiza por medio un soplador de aire (blower) y resistencias eléctricas, para así lograr obtener la temperatura en el interior de la cámara de forma estable dentro del rango establecido, durante el periodo que los cerdos se encuentren dentro del cubículo.

En el SCADA se visualiza la temperatura actual del área, se dispone de dos termómetros en el interior del cubículo para el monitoreo continuo de las condiciones ambientales en tiempo real. Así mismo se puede visualizar la frecuencia actual a la que está trabajando el soplador de aire.

Se ha definido el modo automático como único modo de operación del proceso de climatización contando con las siguientes características:

El control PID se encarga del control y regulación de la temperatura en el interior de la cámara, así como la variación de la velocidad del soplador de aire (blower) para lograr obtener la temperatura deseada de acuerdo a la edad del cerdo, en el caso de este proyecto la temperatura debe encontrarse según la tabla N°2.1 del presente documento. El sistema cuenta con tres opciones de temperatura a ingresar en la pantalla de parametrización de acuerdo a la edad del cerdo en el interior de la cámara: Nacimiento a 48 horas: 31 a 33°C, 1 semana: 30 a 31°C y segunda semana 28 a 29°C.

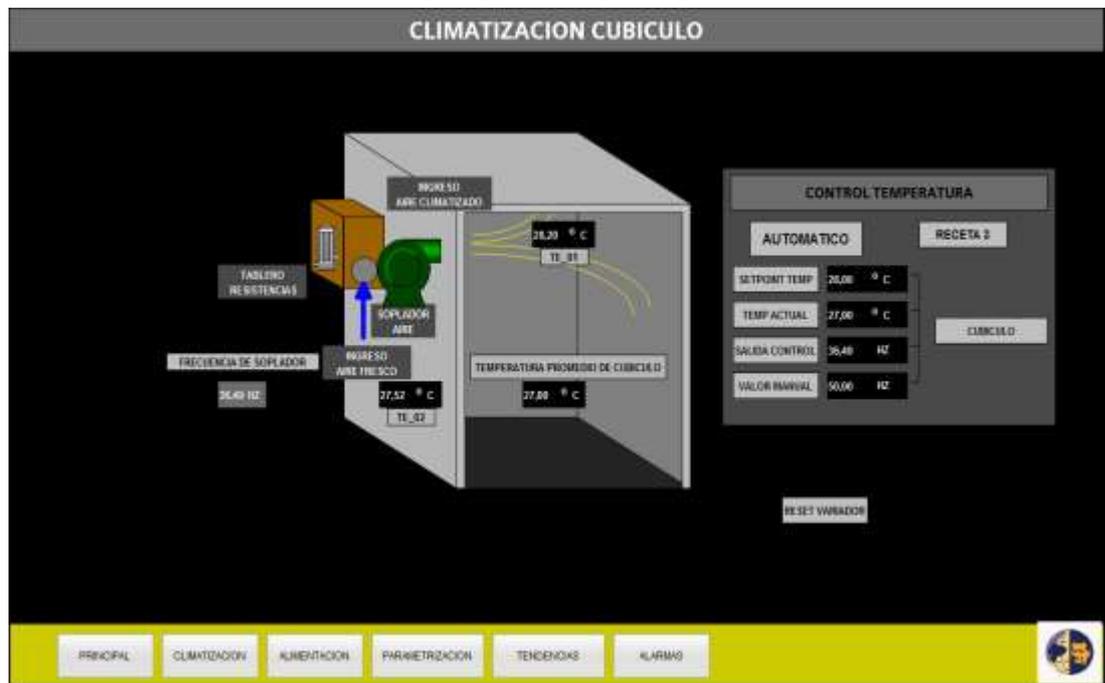


Figura N°4.9 Pantalla de Climatización. Se visualiza el control de climatización del cubículo, el encendido y apagado del soplador de aire. Así mismo se encuentran los botones de vínculos para acceder a otras pantallas.

4) Pantalla de parametrización

El sistema cuenta con una pantalla donde se ingresa y se visualiza las configuraciones de alimentación y climatización para tres edades diferentes de los cerdos:

- Set point , valor máximo y mínimo de la temperatura en el interior del cubículo.
- Set point del tiempo para el ciclo de dosificación en minutos
- Set point del tiempo de dosificación en segundos.



Figura N°4.10 Pantalla de Parametrización. Se ingresa y visualiza el set point y el valor actual (Tiempo de ciclo de dosificación, tiempo de dosificación, temperatura en el interior del cubículo). Así mismo se encuentran los botones de vínculos para acceder a otras pantallas.

5) Pantalla de Tendencia

El sistema cuenta con una pantalla donde se visualiza la tendencia de temperatura en tiempo real de los dos sensores de temperatura y el promedio de ambos, visualizándose la gráfica de temperaturas versus tiempo.



Figura N°4.11 Pantalla de Tendencia. Se visualiza la tendencia en tiempo real de la temperatura en el interior del cubículo. Así mismo se encuentran los botones de vínculos para acceder a otras pantallas.

6) Pantalla de visualización de Alarmas

El sistema cuenta con una pantalla donde se visualizarán las alarmas que presente el sistema en caso de que suceda un evento fuera de las condiciones especificadas.

Se realizará la visualización del registro de alarmas donde constará la siguiente información:

- Tipo de alarma a visualizar: Temperatura baja a la especificada zona 1, temperatura superior a la especificada zona 1, Temperatura baja a la especificada zona 2, temperatura superior a la especificada zona 2, falla del variador y falla de resistencias.
- Hora de la alarma.
- Fecha de alarma.
- Descripción de la alarma.

Esta información estará disponible desde cualquier pantalla del SCADA pulsando el botón Alarmas localizado en la parte inferior derecha de la misma.

Así mismo al presentarse una alarma se envía como (SMS) al número ingresado en la programación del PLC.

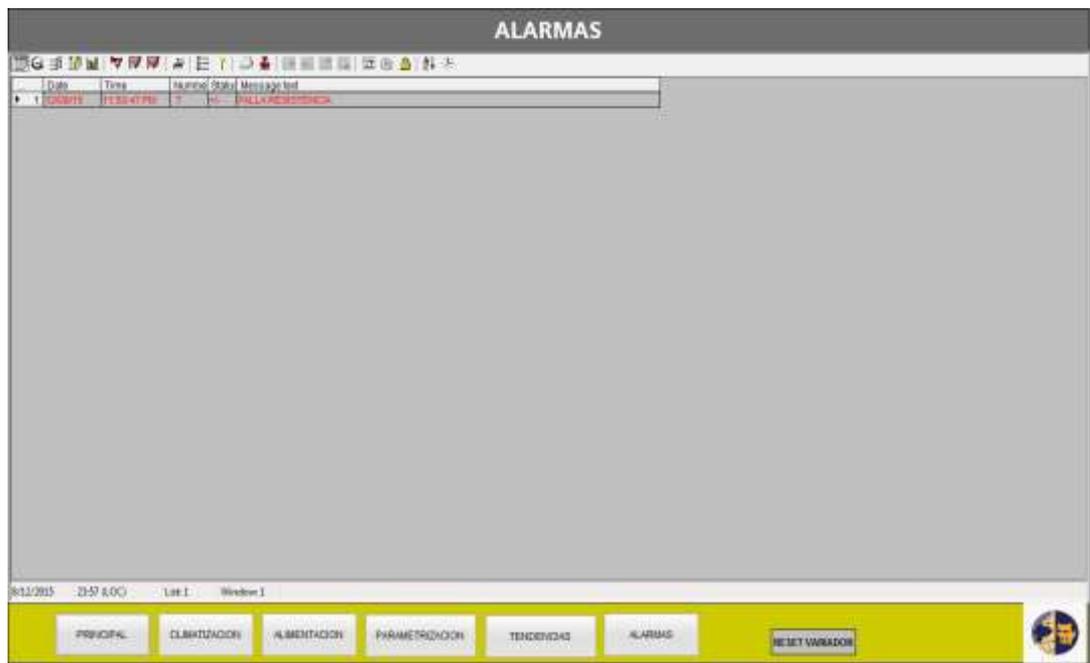


Figura N°4.12 Pantalla de visualización de alarmas. En esta pantalla se presentan las alarmas que se produzcan en un fallo en el sistema. Así mismo se encuentran los botones de vínculos para acceder a otras pantallas.

4.3. Comunicación de equipos.

En el presente proyecto se realizan diferentes comunicaciones para el control y visualización del sistema, incluyen las siguientes:

- Enlace entre PLC y el computador (PC): Para el control de los procesos del sistema.
- Enlace entre PLC y SCADA: Para el control y visualización de los procesos.
- Enlace entre PLC y SINAUT MD 720-3: establece la comunicación del PLC por medio de radio las conexiones adecuadas para la transmisión de datos a través de una red GSM.
- Enlace entre el SCADA y software webnavigator: para el control y visualización del proceso a través de dispositivos con navegadores web (internet explorer).

4.3.1. Enlace entre PLC y el computador (PC)

El enlace del PLC Siemens S7 200 CPU 226 con el PC (Computador), se lo realiza mediante la programación en el software MicroWin 32 V 4.0, donde se realiza la configuración indicada en el apartado 4.1.2 del presente documento.

La comunicación se la realiza mediante la conexión a través del puerto RS232 o USB del computador utilizando un cable multimaestro PPI al puerto de comunicación de la unidad de programación del PLC.

Una vez en el software MicroWin 32 V4.0, accedemos al cuadro de diálogo “COMUNICACIÓN”, donde se procede a configurar la dirección y que la interfaz de los parámetros de red estén configuradas para el cable PC/PPI (COM 1), también se puede visualizar la velocidad de transferencia. En el cuadro de diálogo “COMUNICACIÓN” actualizamos y verificamos que se establezca la comunicación del PLC con el computador.

Una vez establecida la comunicación se procede a cargar el programa del proceso en la CPU del PLC.



Figura N°4.13 Comunicación del PLC con el Computador. Foto del PLC comunicado con el computador.

El proceso de comunicación se lo realiza de la siguiente manera:

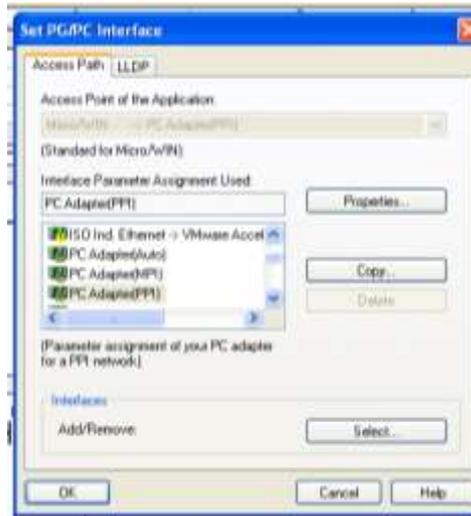


Figura N°4.14 Selección de vía de comunicación PC/PG. Elección de la vía de comunicación del adaptador.

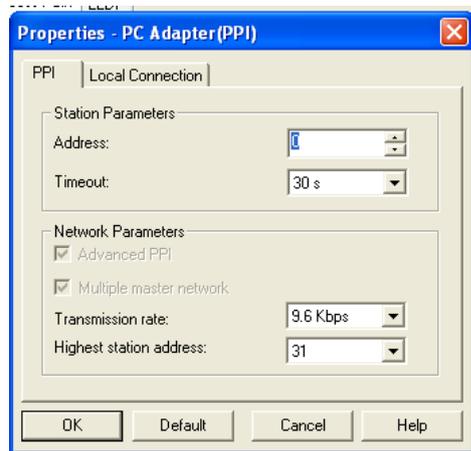


Figura N°4.15 Configuración de velocidad de comunicación. Cuadro de diálogo para la configuración de la velocidad de operación.



Figura N°4.16 Tipo de conexión local. Cuadro de diálogo donde indica el tipo de conexión en este caso USB.



Figura N°4.17 Búsqueda de equipos conectados. Cuadro de diálogo cuando se está realizando la búsqueda de equipos conectados via USB.

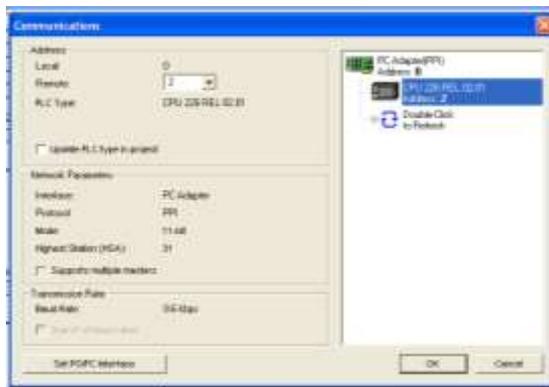


Figura N°4.18 Equipo conectado. Cuadro de diálogo donde se visualiza el equipo conectado (CPU 226).

4.3.2. Enlace entre PLC Y SCADA.

El enlace entre el PLC y el SCADA se lo realiza mediante un software OPC server.

La comunicación se la realiza mediante la conexión a través del puerto RS232 o USB del computador utilizando un cable multimaestro PPI al puerto de comunicación de la unidad de programación del PLC.

Una vez establecida la comunicación el PLC envía los datos al OPC Server y este a su vez lo almacena a la espera de la petición de lectura de datos cuando el SCADA lo solicite.

En el SCADA WinCC 7 se debe realizar una declaración de las variables que será capaz de leer de todas las almacenadas en el OPC server.

Ya en el diseño del SCADA se configura el la visualización de los resultados de las variables establecidas previamente, para que de esta manera podamos obtener los resultados a monitorear en tiempo real, en nuestro caso son los valores de temperatura, frecuencia del soplador (blower), tiempo del ciclo de dosificación,

tiempo de dosificación, entre otros para que este a su vez sea presentado de forma gráfica y clara siendo amigable con el usuario final del SCADA.

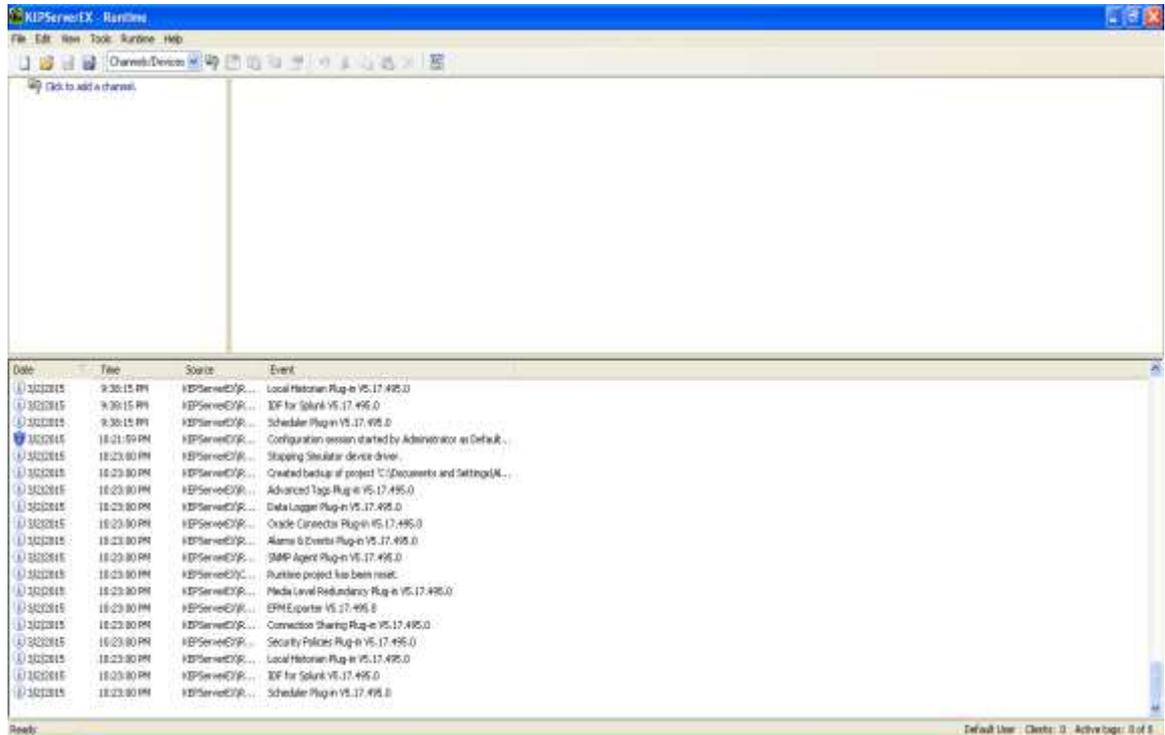


Figura N°4.19 Configuración del Kepsver. Pantalla principal donde se realiza la configuración del Kepsver.

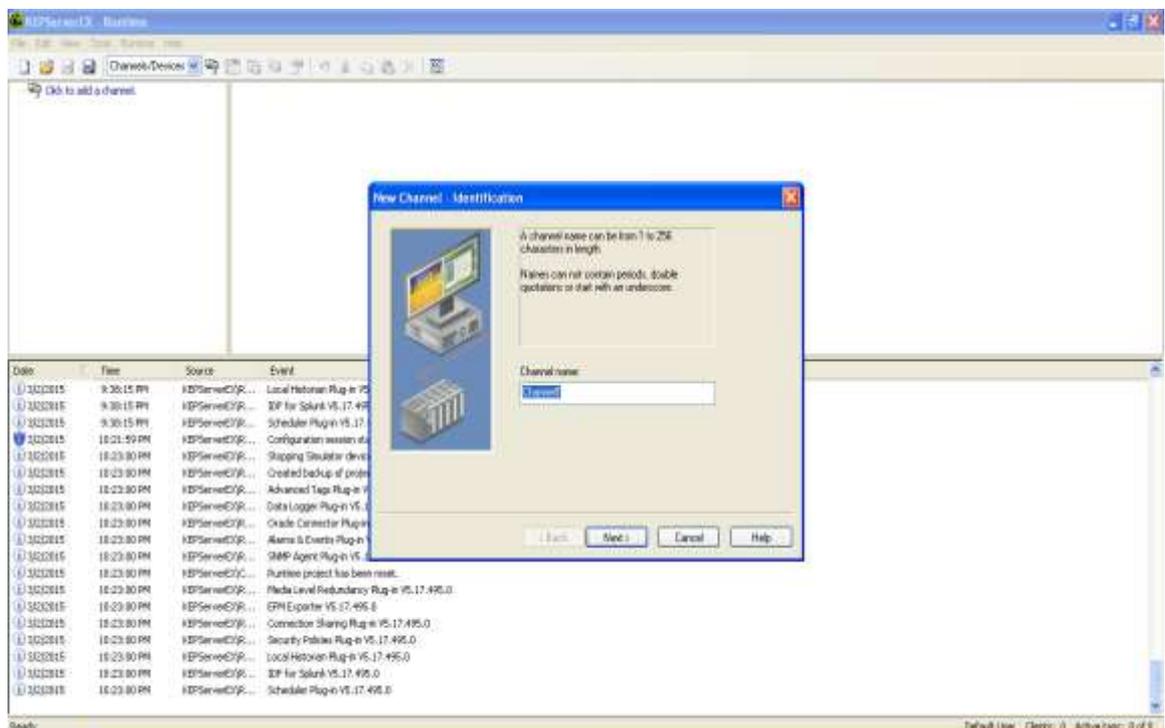


Figura N°4.20 Configuración de un nuevo canal. Cuadro de diálogo donde se realiza la configuración de un nuevo canal del software kepsver.

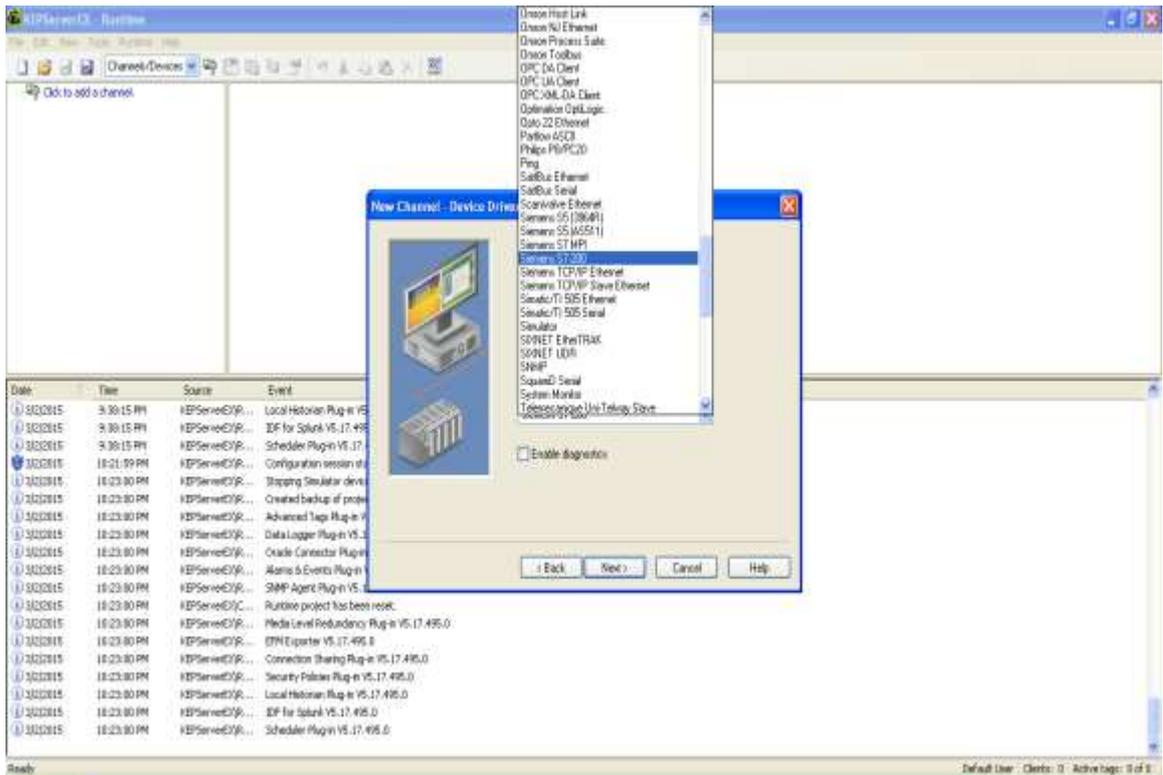


Figura N°4.21 Nuevo canal configurado. Siguiendo las indicaciones del asistente del kepsserver se elige el PLC a utilizar (S7-200).

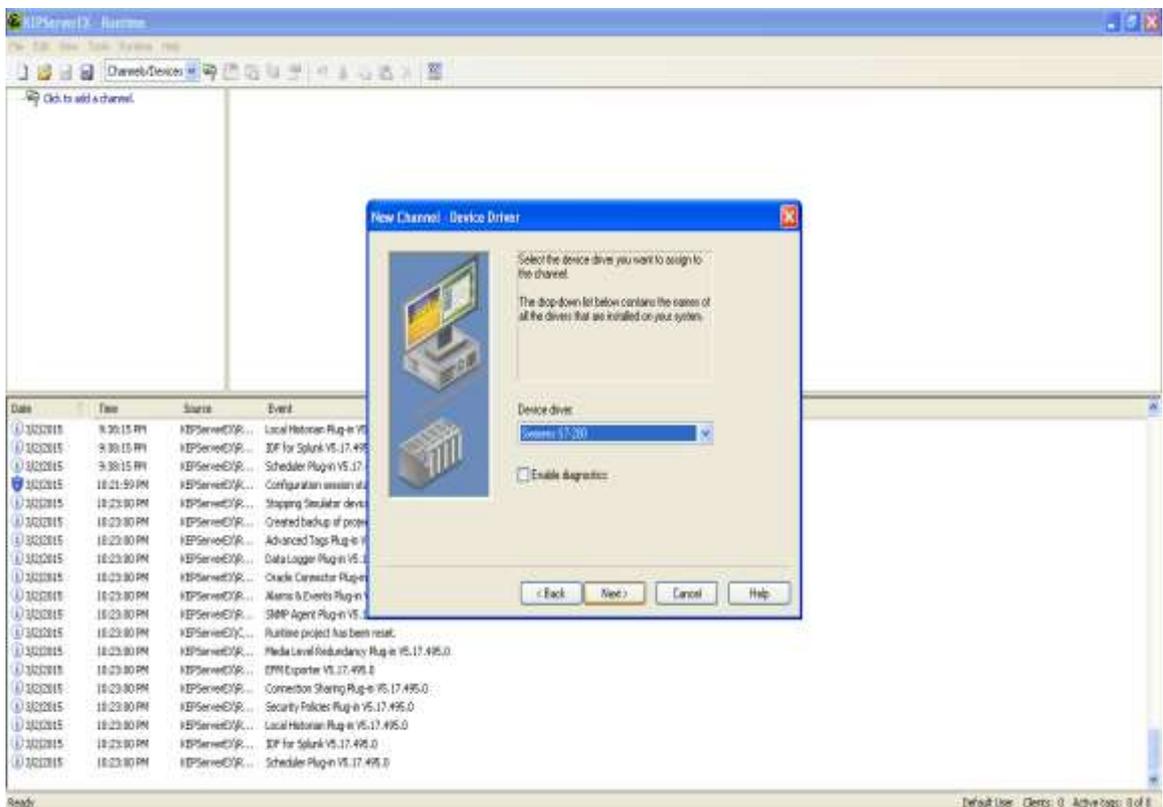


Figura N°4.22 Selección del tipo de driver PLC. Se continua la configuración utilizando el asistente luego de seleccionar el driver del PLC (S7-200).

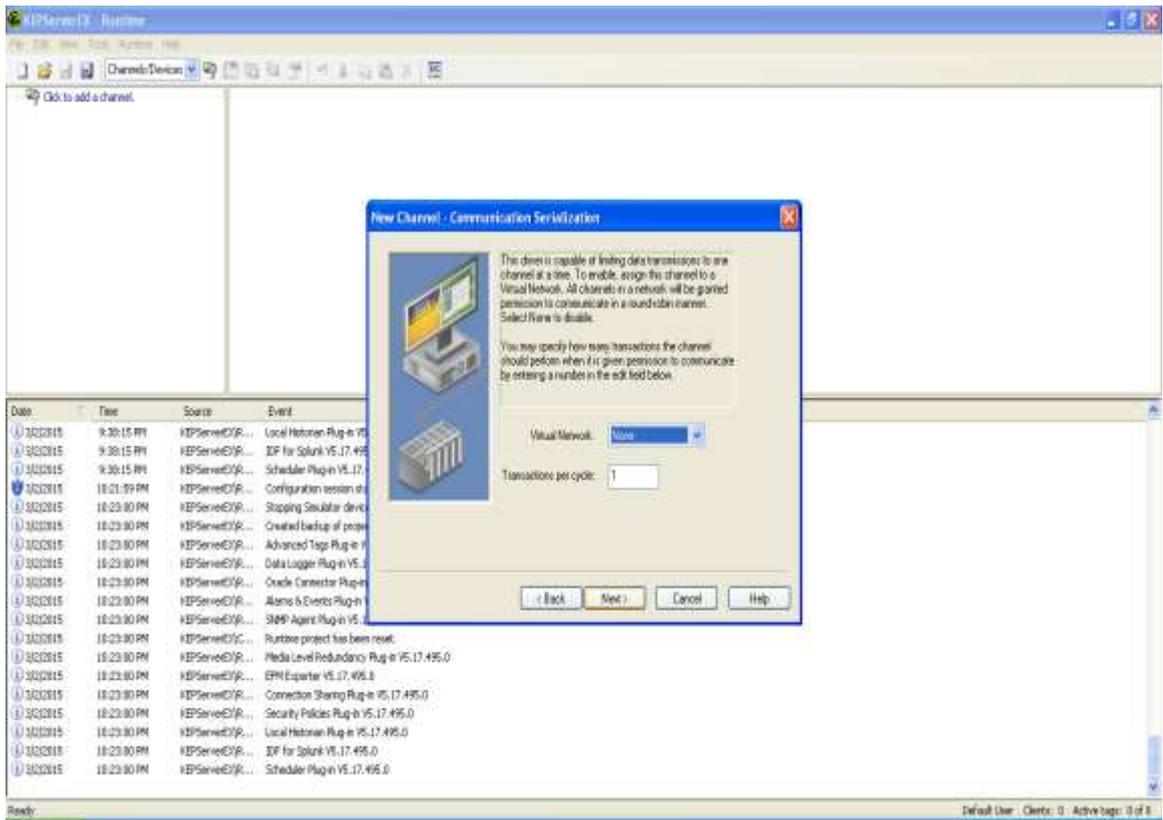


Figura N°4.23 Selección de la red.

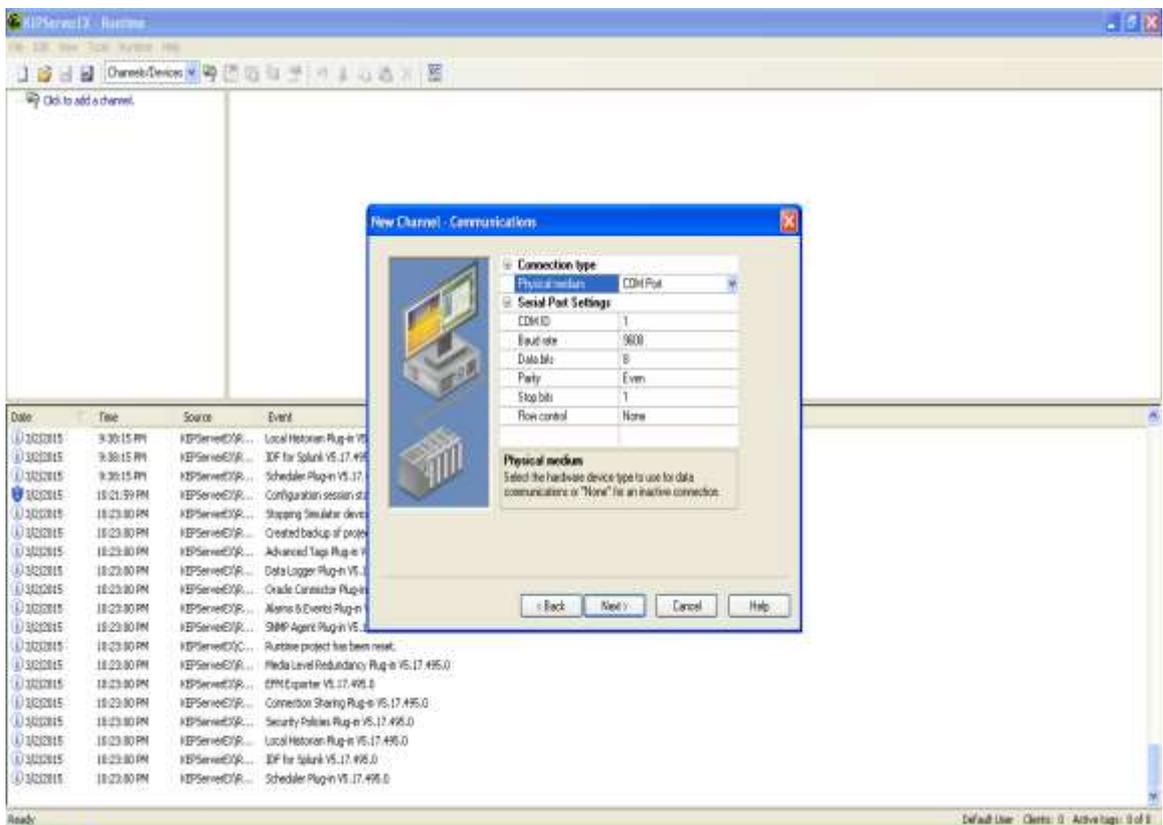


Figura N°4.24 Selección del puerto de comunicación. Cuadro de diálogo donde se elige el puerto de comunicación.

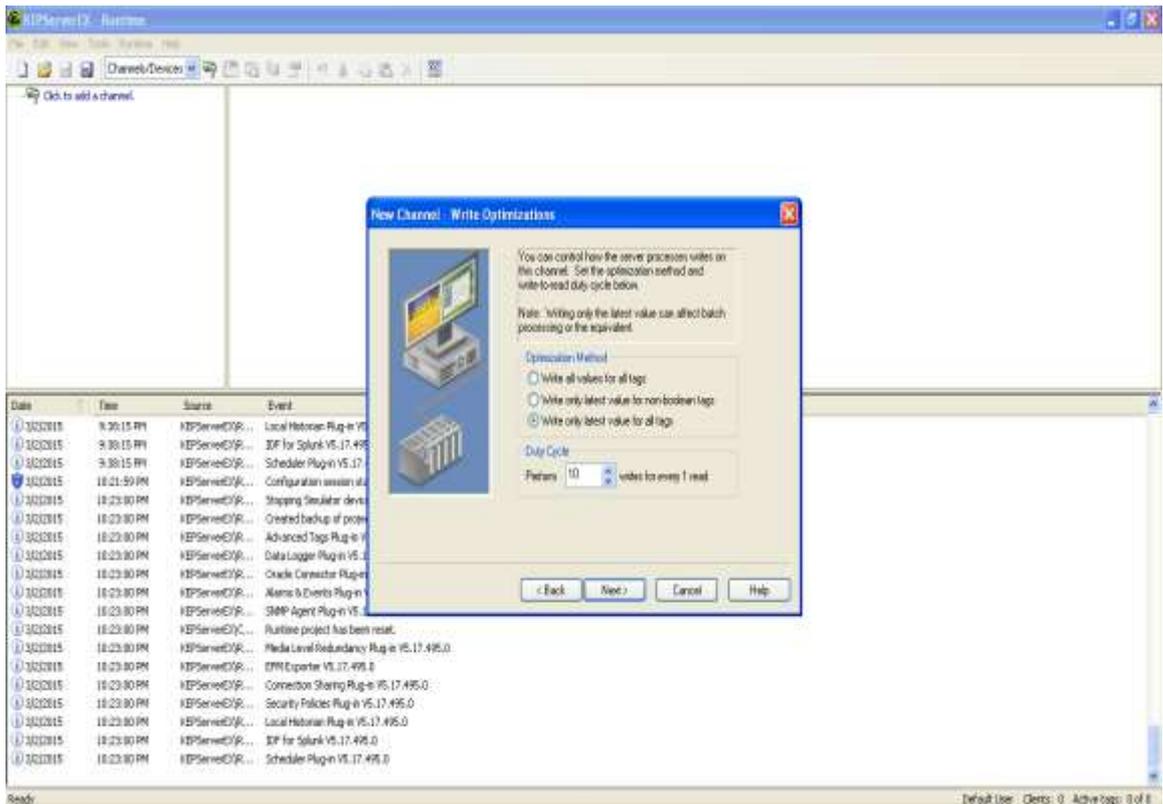


Figura N°4.25 Tipo de escritura para lectura de tags. Cuadro de diálogo donde se elige el tipo de lectura de los tags (Escribir solo los últimos valores para todos los tags).

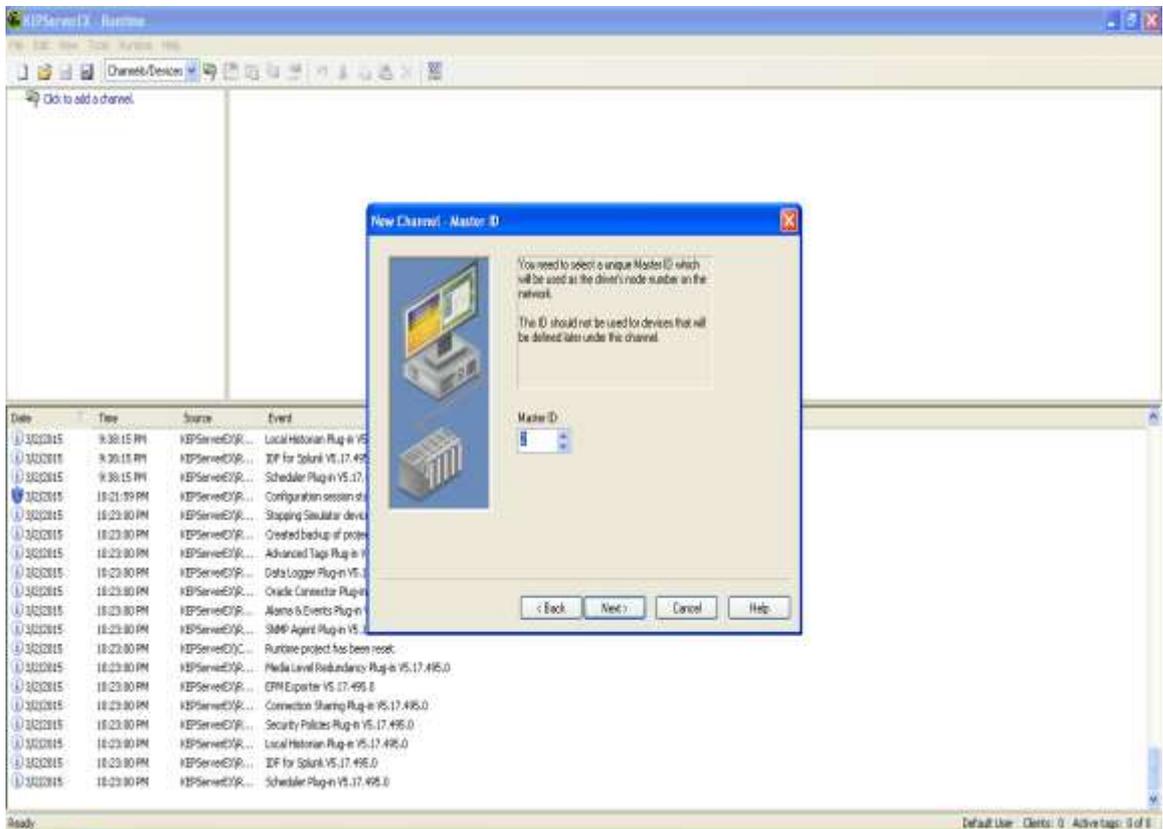


Figura N°4.26 Dirección del PLC. Cuadro de diálogo donde se selecciona la dirección del PLC (Master ID: 2).

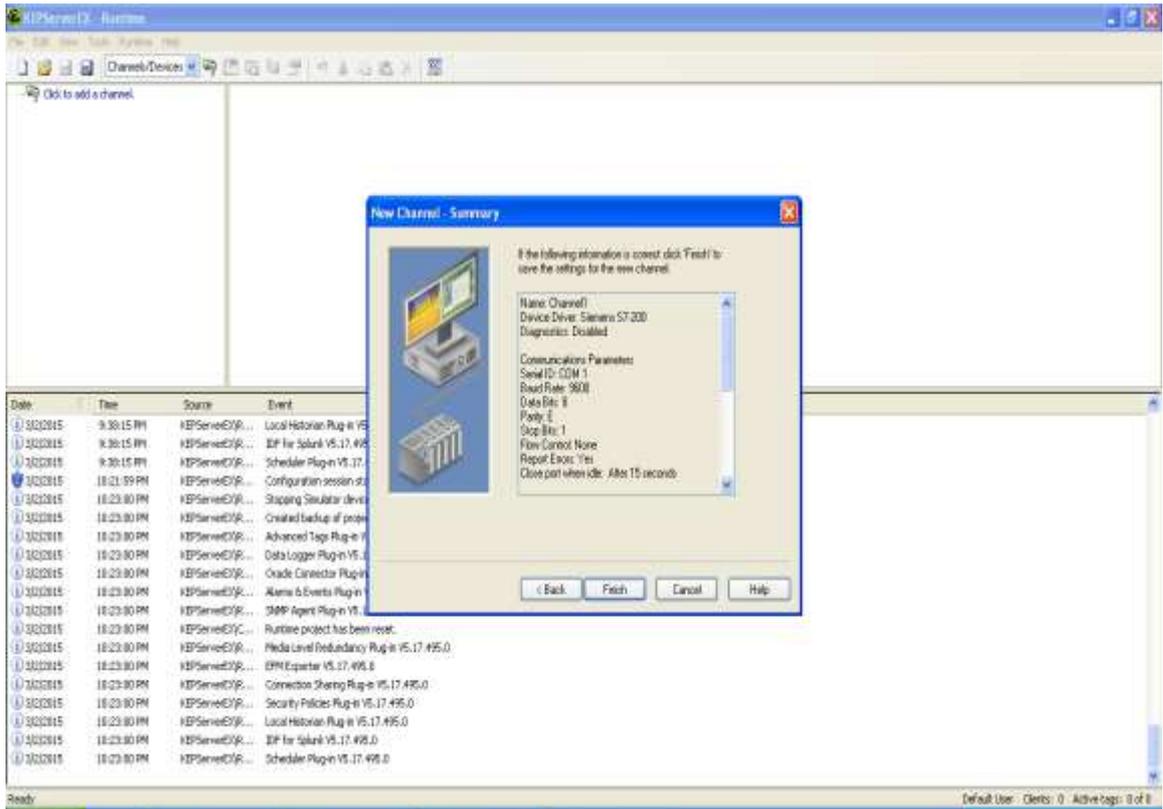


Figura N°4.27 Finalización de la configuración. Cuadro de diálogo cuando se ha finalizado el asistente de configuración, se procede a seleccionar la opción “Finish”.

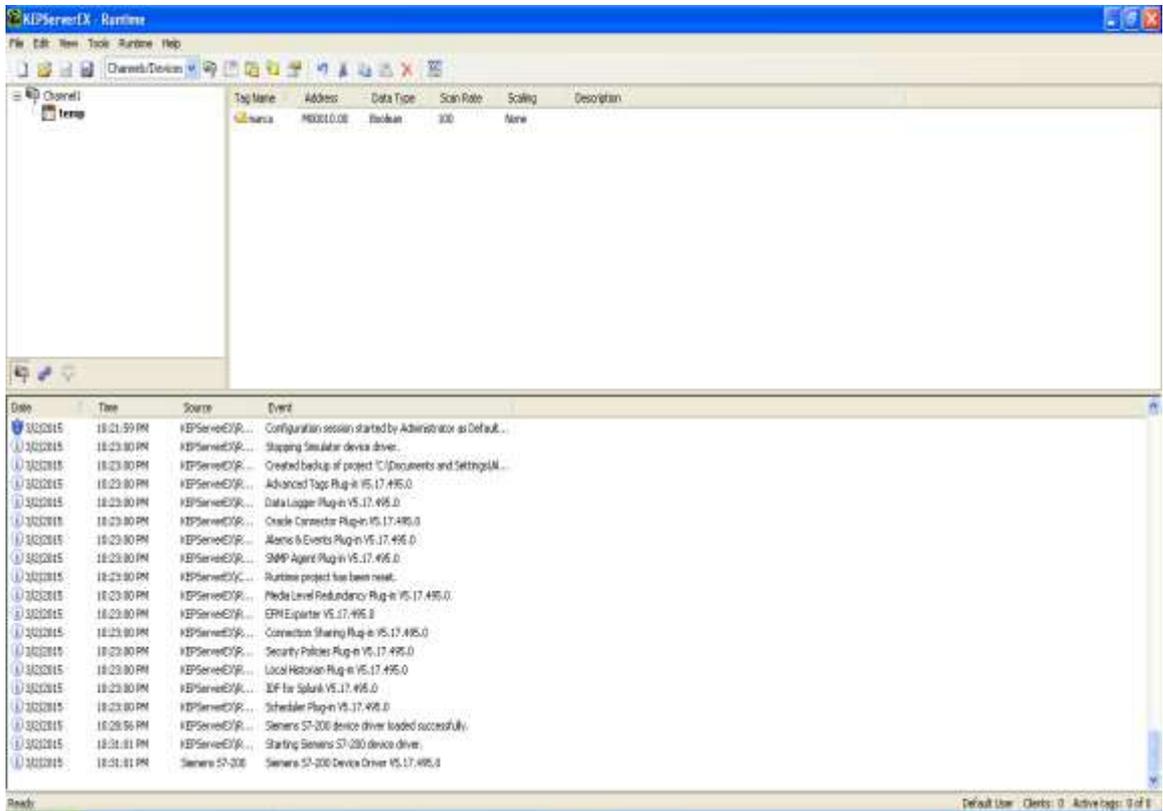


Figura N°4.28 Configuración de tag visualizado. Pantalla del software Kepserver donde se visualiza el tag configurado.

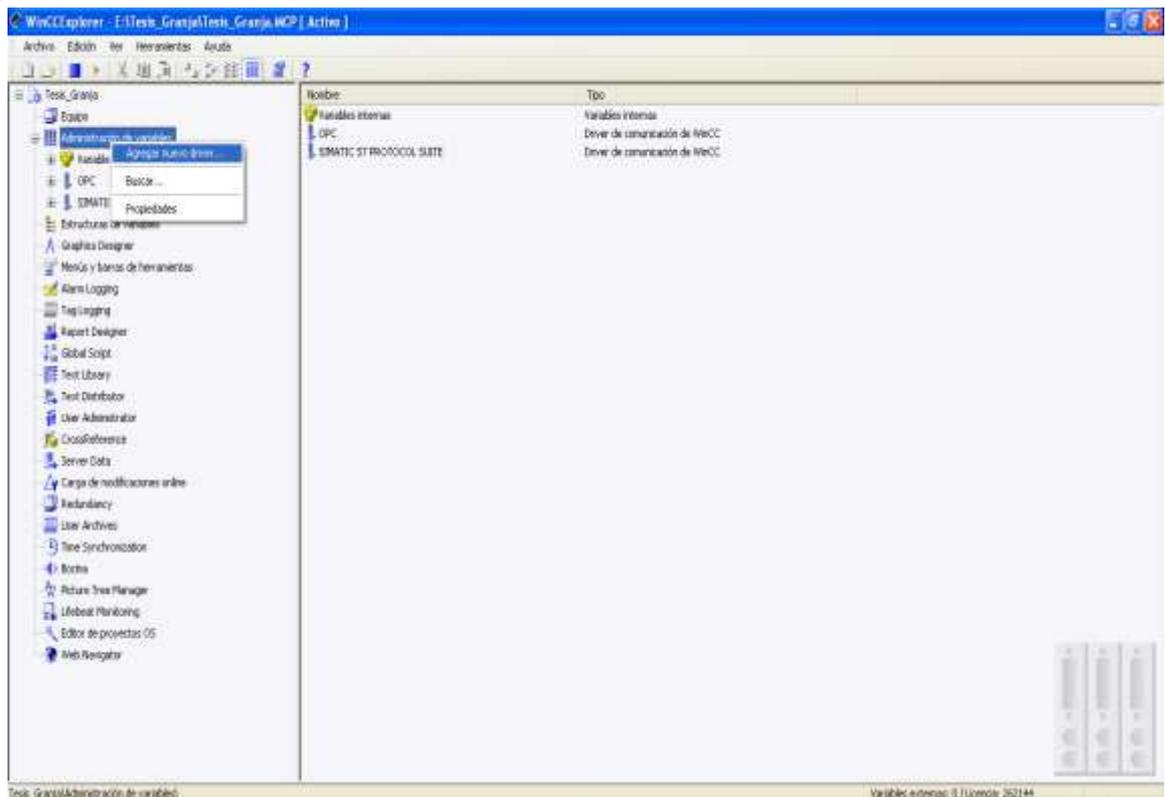


Figura N°4.29 Para agregar driver OPC. Pantalla del software WinCC para agregar el driver OPC, se presiona el click derecho y se selecciona “Agregar nuevo driver”

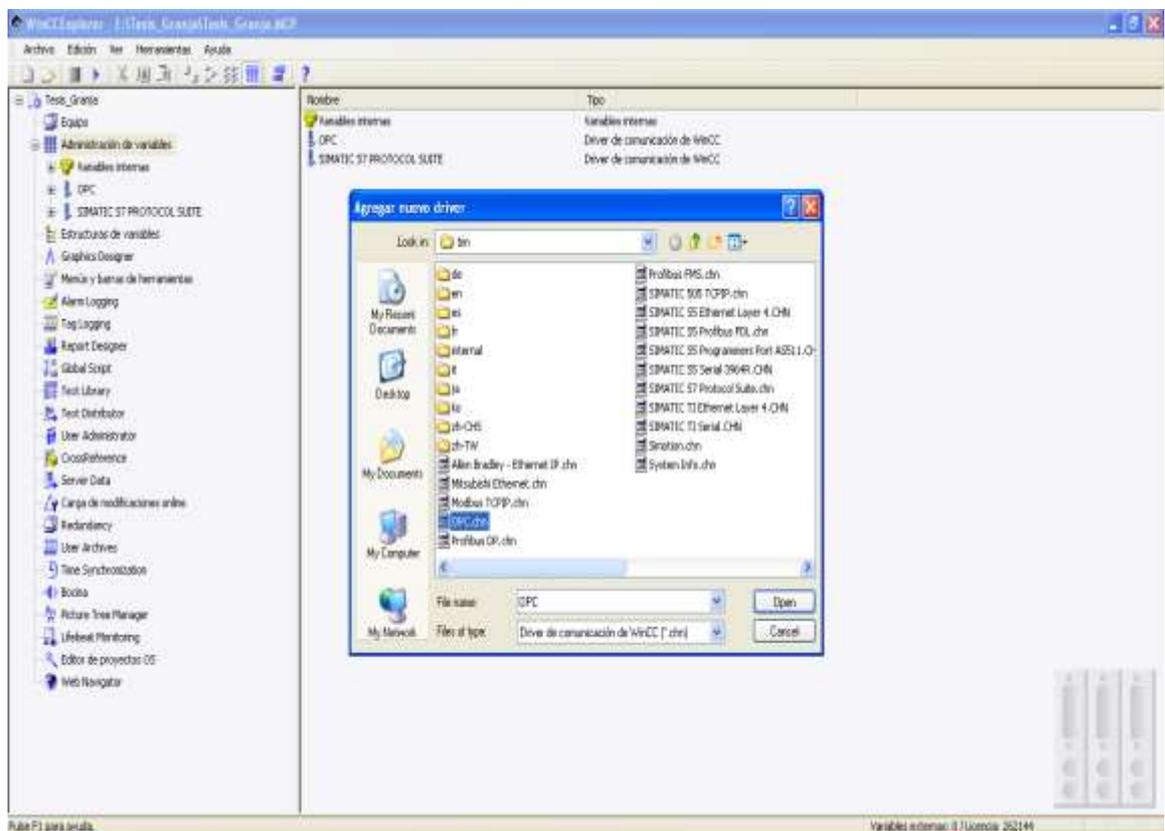


Figura N°4.30 Selección driver OPC. Cuadro de diálogo donde se selecciona el driver OPC.

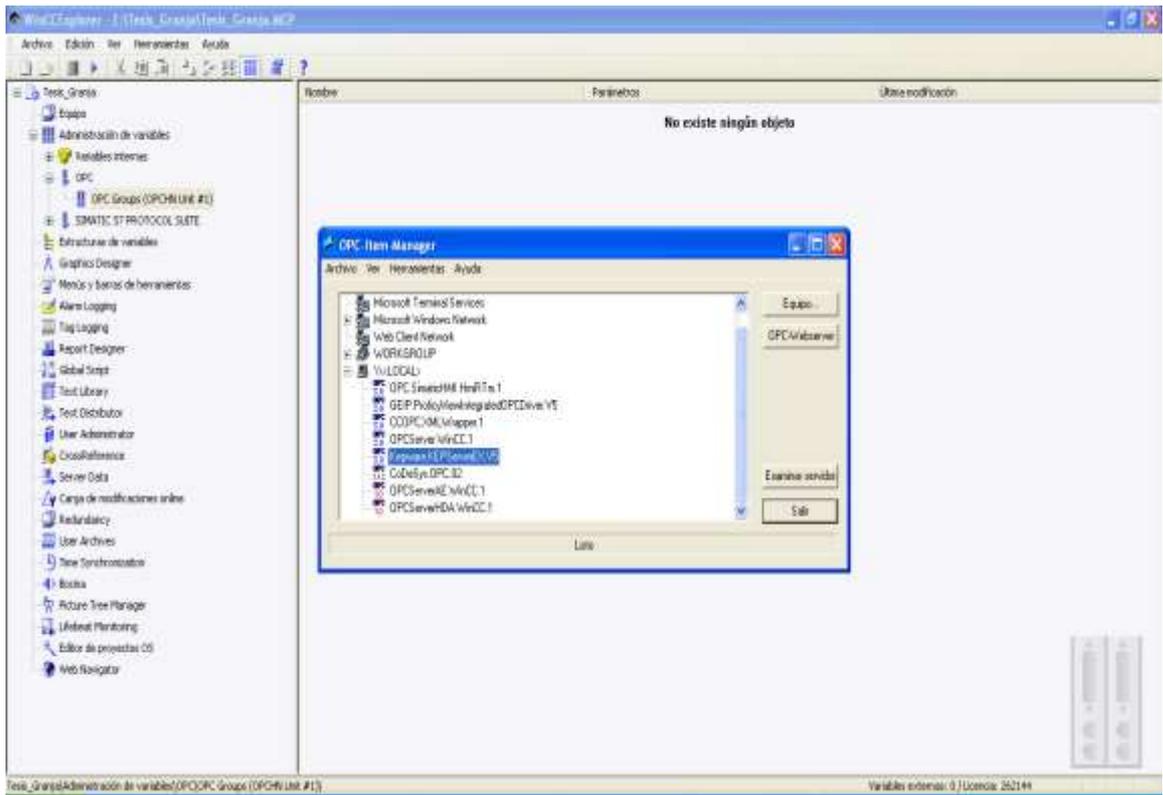


Figura N°4.31 Comunicación con OPC server. En el cuadro de diálogo “OPC Item manager” se selecciona Kepware KepservEX.V5

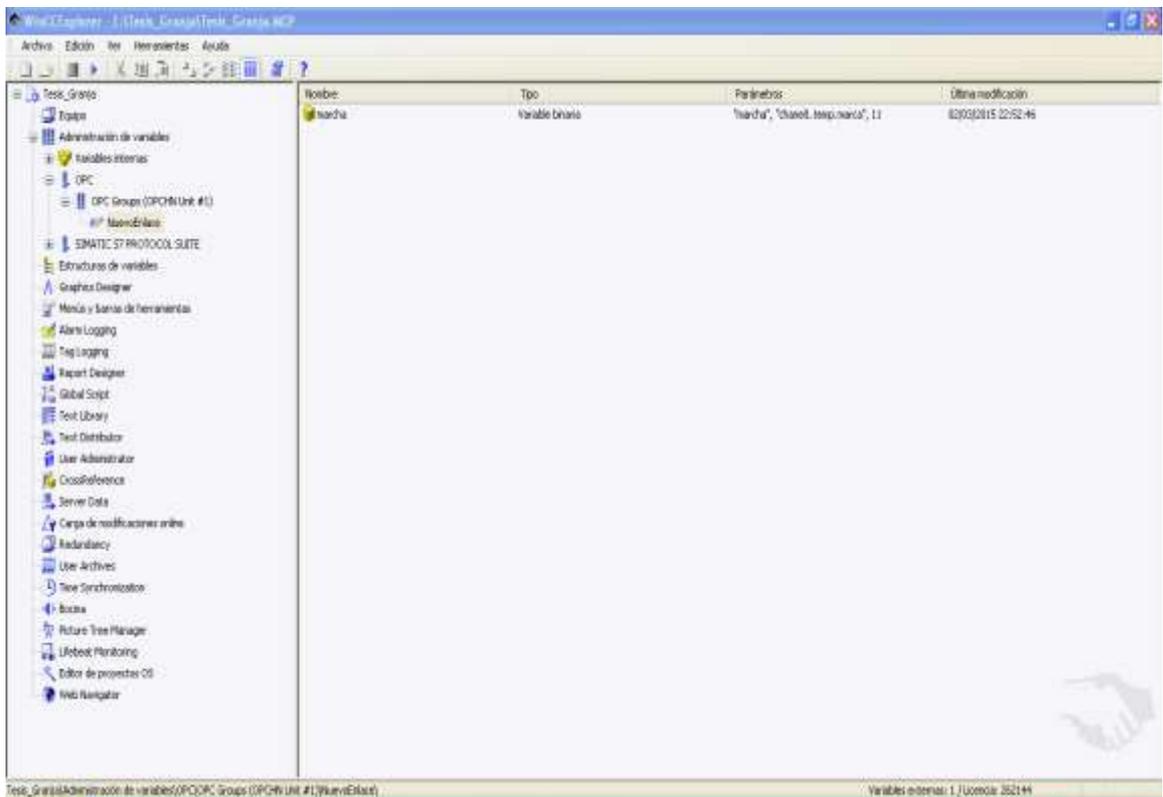


Figura N°4.32 Comunicación de variable OPC. Pantalla del software WinCC donde se visualiza la comunicación de la variable OPC luego de su configuración.

4.3.3. Enlace entre PLC y SINAUT MD 720-3

El SINAUT MD 720-3 dispone de diversos modos de operación, pero el que utilizaremos para el presente proyecto es el modo terminal, que establece por medio de radio las conexiones adecuadas para la transmisión de datos a través de una red GSM utilizando conexiones de módem por CSD, por envío de SMS.

El sistema funciona utilizando un PLC S7-200 CPU 226 conectado al módem SINAUT MD 720-3 y a la fuente de alimentación de 24 V_{DC}. El módem a su vez es conectado al puerto de la CPU del PLC a través de una comunicación con cable PC/PPI. El módem SINAUT MD 720 - 3 contiene en su interior una tarjeta SIM del proveedor de servicio de telefonía móvil.

El módem SINAUT conecta los controles directamente a la red GSM.



Figura N°4.33 SINAUT MD 720-3. Foto del equipo Sinaut MD 720-3 utilizado en el proyecto.



Figura N°4.34 SINAUT con tarjeta SIM. Foto del equipo Sinaut con la utilización de una tarjeta SIM (Operadora movistar).

4.3.4. Enlace entre el SCADA y el software Web Navigator

El software WinCC 7 permite configurar una dirección web donde puede visualizar el diseño completo del SCADA, y de esta manera los usuarios pueden tener acceso al sistema con tan solo disponer de un computador con acceso a internet mediante el uso del programa Web Navigator y la dirección web, sin la necesidad de encontrarse cerca del sistema.

A continuación podemos observar la configuración del software Web Navigator en el Software WinCC 7.

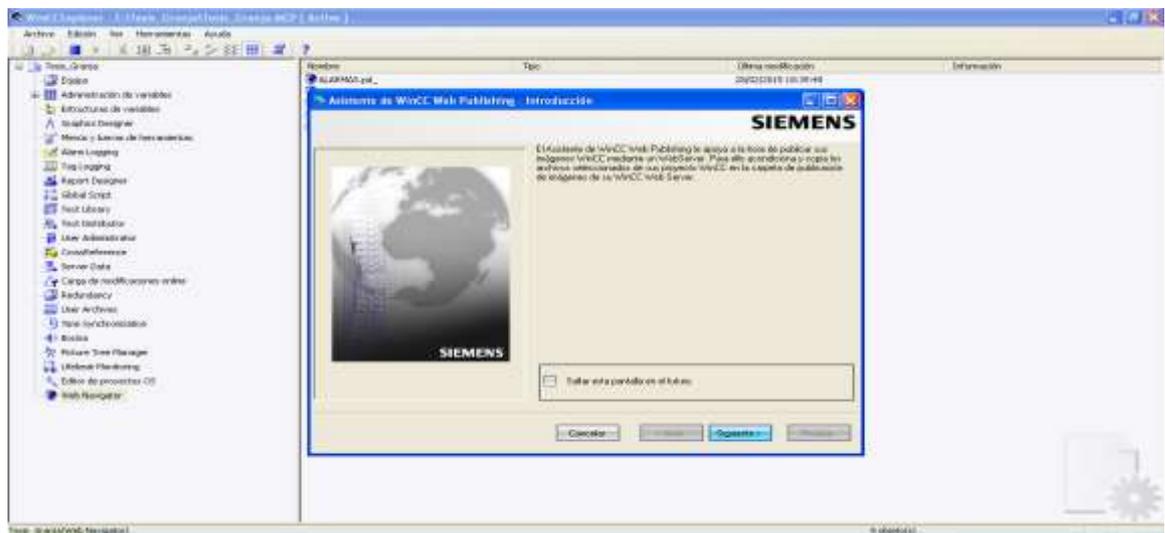


Figura N°4.35 Configuración del Web Navigator. Cuadro de diálogo con el asistente para configuración del WinCC Web Navigator.



Figura N°4.36 Ruta de archivo e imágenes de Web Navigator. Cuadro de diálogo donde se puede buscar la ruta y del proyecto de WinCC y la carpeta donde se encuentran las pantallas que serán publicadas vía web.

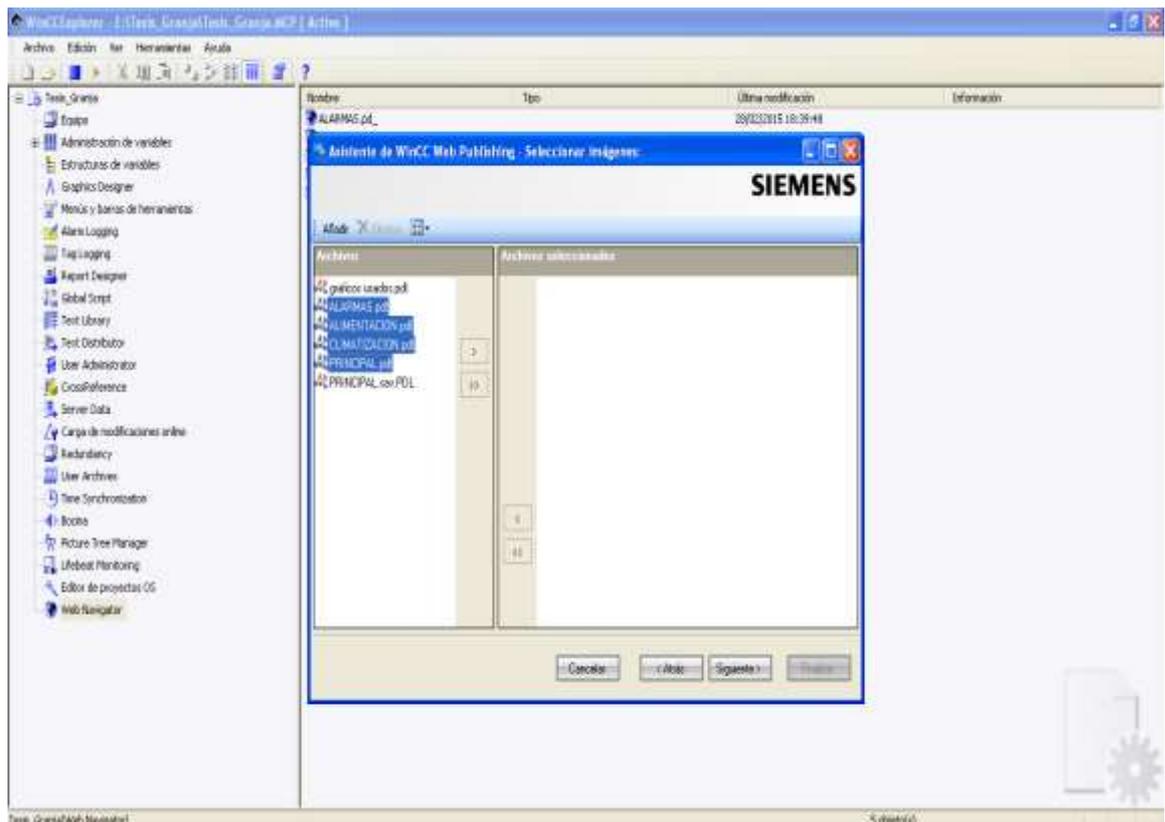


Figura N°4.37 Selección de pantallas a visualizar vía web. Cuadro de diálogo de las pantallas de WinCC que se publicarán vía web.

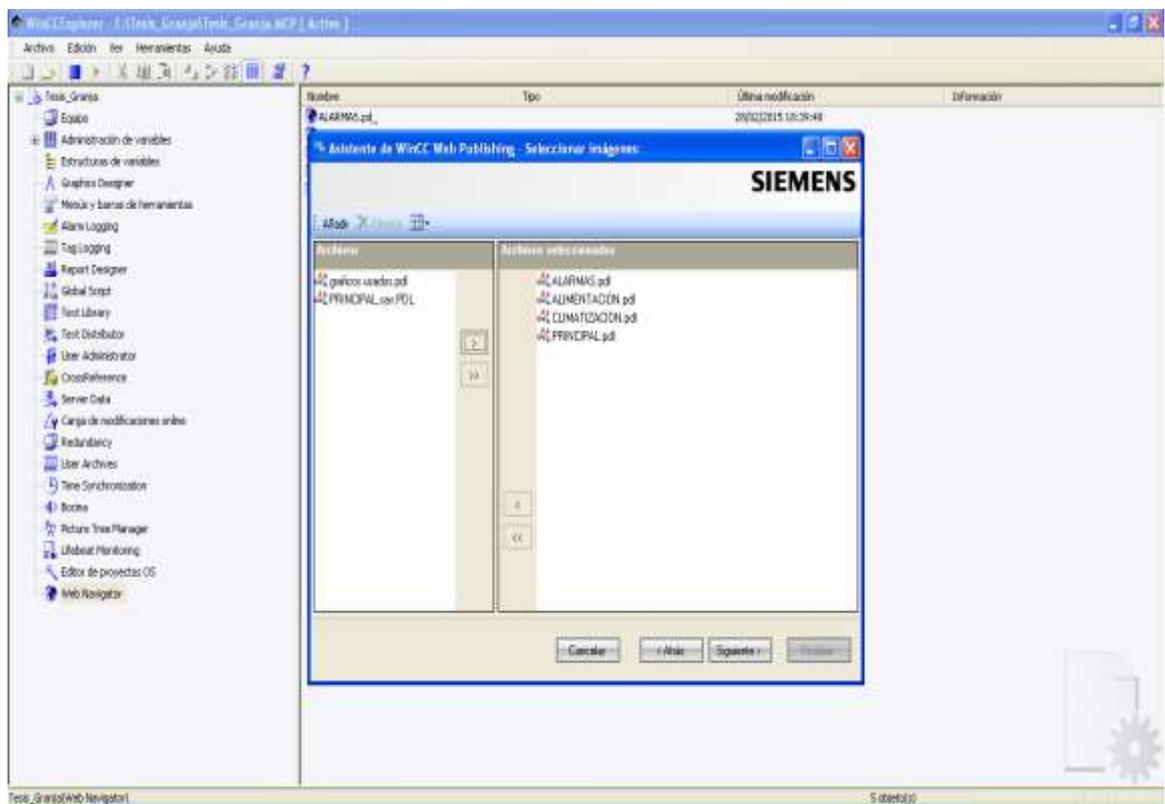


Figura N°4.38 Archivos seleccionados. Cuadro de diálogo donde se muestran las pantallas de WinCC seleccionadas.

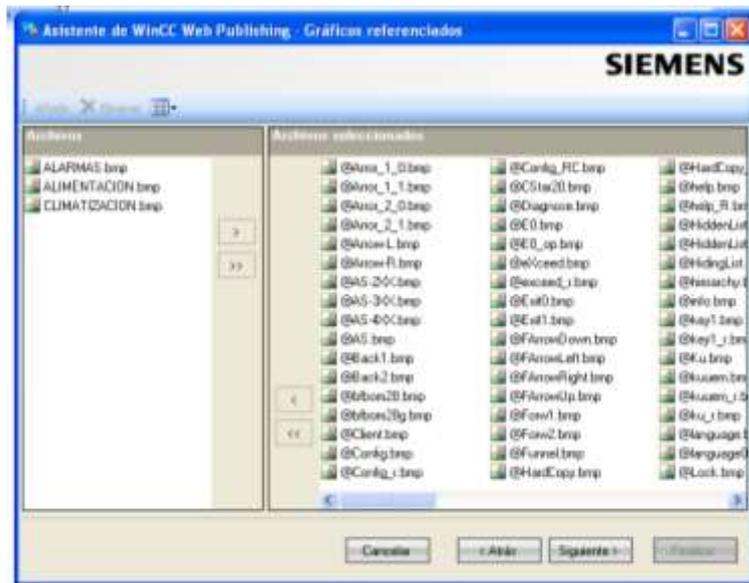


Figura N°4.39 Gráficos referenciados de las pantallas. Cuadro de diálogo de los objetos que se van a publicar en las pantallas.

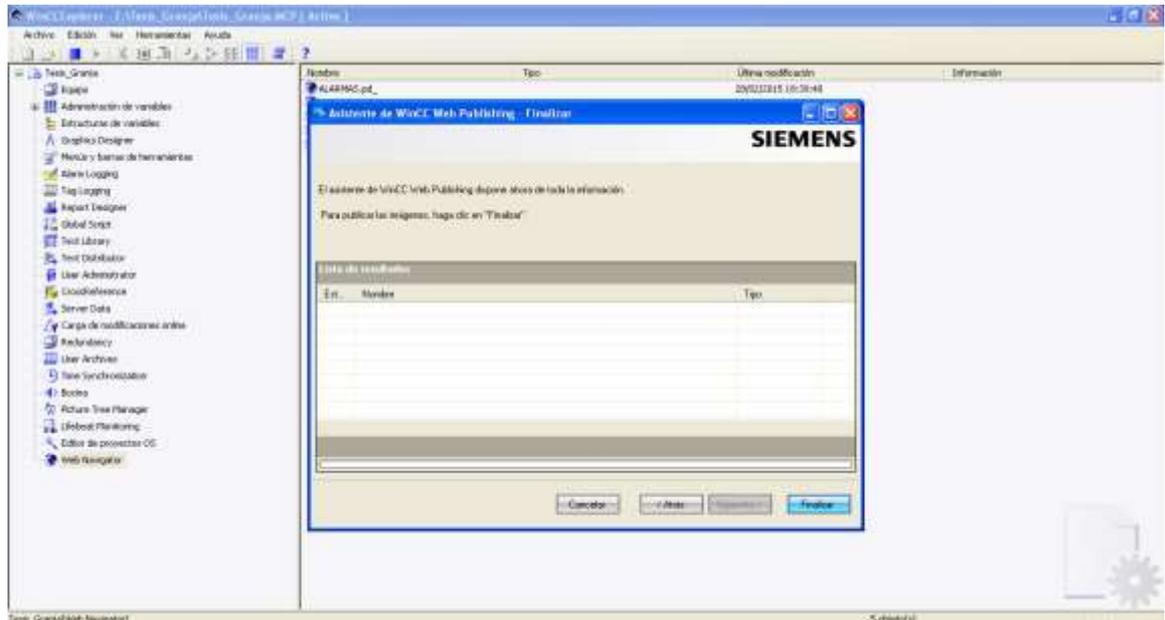


Figura N°4.40 Finalización de la configuración. Cuadro de diálogo de la finalización de la configuración del software web navigator, se procede a seleccionar “Finalizar”.

4.4. Configuración del SCADA WinCC 7 como servidor y cliente

Esta configuración se la realiza para determinar que computador tendrá el SCADA como servidor, es implica en donde se podrán realizar las modificaciones del sistema en caso que lo amerite y donde se encontrará el SCADA principal, así también se podrá definir el SCADA cliente, donde solo se podrá visualizar el SCADA sin acceso a modificaciones, en caso de que una modificación suceda esta será actualizada automáticamente en el SCADA cliente.

A continuación podemos observar la configuración del SCADA servidor y cliente.

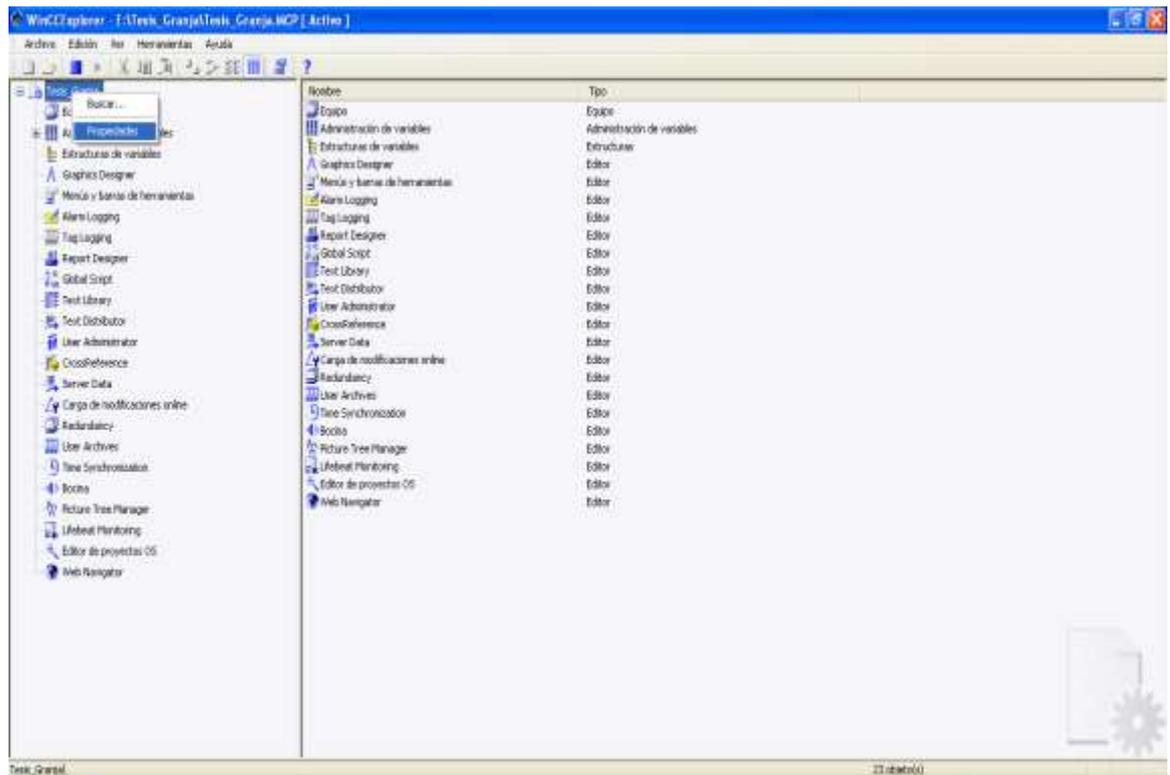


Figura N°4.41 Configuración de tipo de SCADA. Para seleccionar el tipo de SCADA se procede a dar clic derecho al proyecto y se selecciona “Propiedades”.

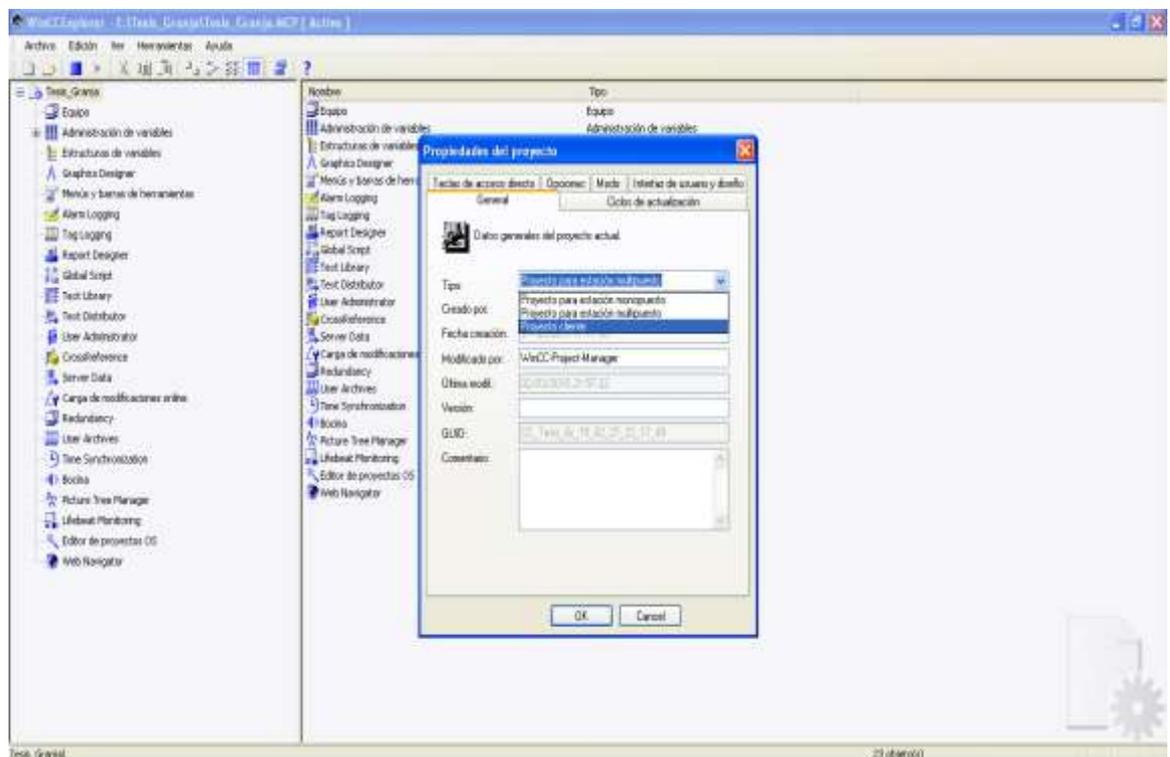


Figura N°4.42 Configuración SCADA cliente. Cuadro de diálogo “Propiedades del proyecto” y en la opción tipo se selecciona “Proyecto cliente”

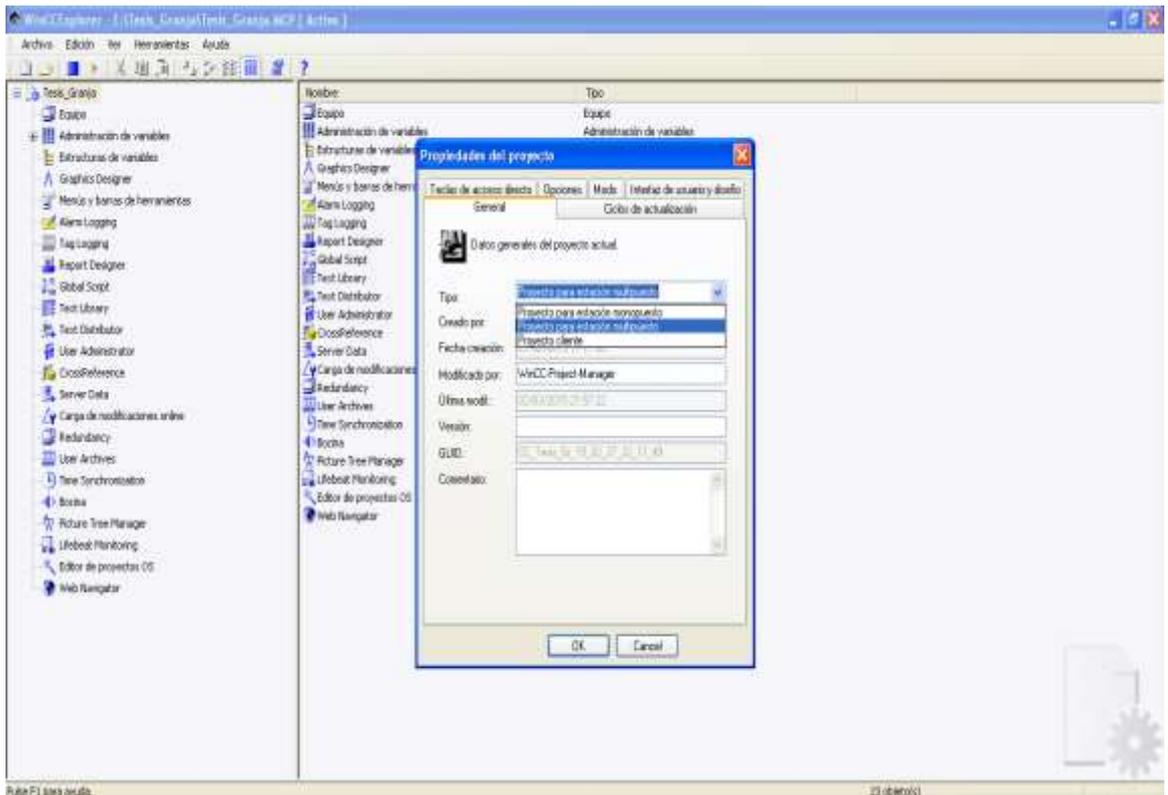


Figura N°4.43 Configuración SCADA servidor. Cuadro de diálogo “Propiedades del proyecto” y en la opción tipo se selecciona “Proyecto para estación multipuesto”

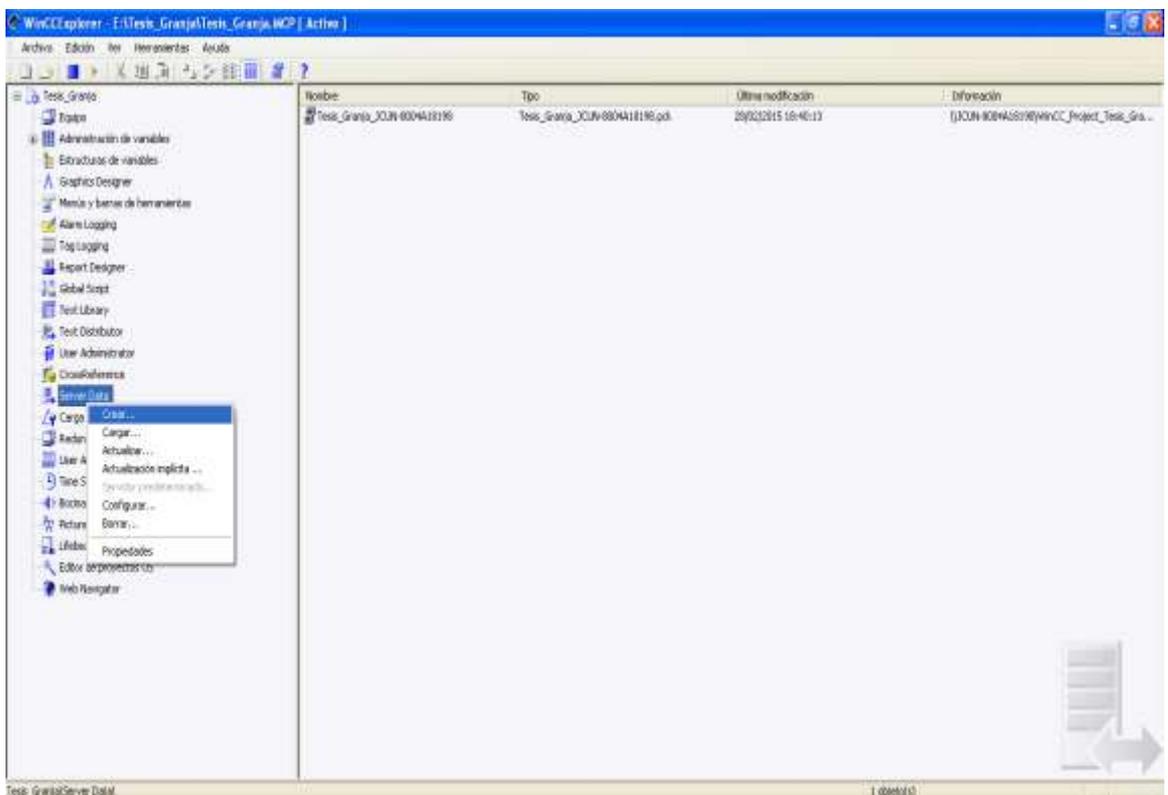


Figura N°4.44 Creación de datos de servidor. En la pantalla principal del software WinCC, se selecciona la opción “Server data” y luego se selecciona la opción “crear...”

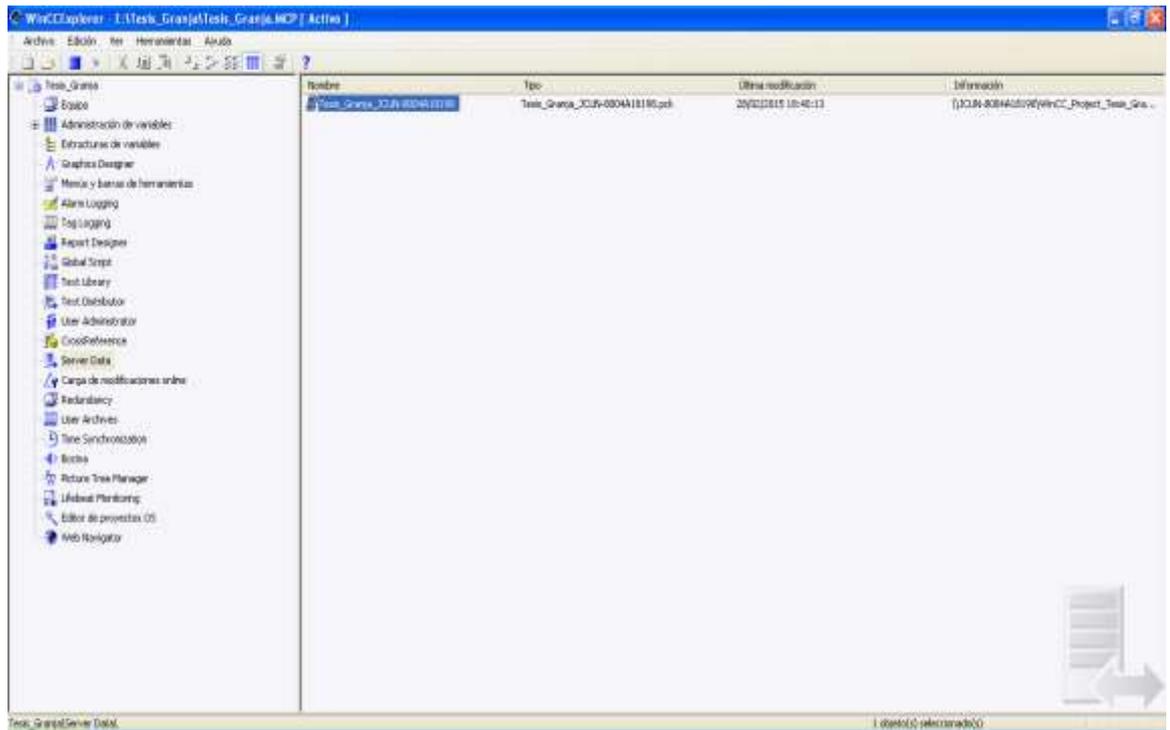


Figura N°4.45 Datos creados del servidor. Pantalla del software WinCC donde se visualizan los datos creados del servidor.

4.5. Programación del PLC

La totalidad del programa del PLC del proyecto se encuentra en el Anexo N°2 del presente documento.

CONCLUSIONES

El sistema PID controla actualmente sin inconveniente la temperatura dentro del cubículo de acuerdo a la programación del PLC que incluye la opción de tres rangos de temperatura.

En el desafío de alarmas realizado se puede confirmar que el sistema de control de temperatura de la granja porcina nos provee una seguridad con respecto a los límites de temperatura necesarios para el correcto crecimiento y desarrollo de los cerdos. Y en caso de presentarse niveles fuera de rango poder advertir al usuario para que se tomen las debidas precauciones y correcciones adecuadas en el caso de ser requeridas.

Con la utilización de un ciclo automático de dosificación de alimentos, se puede garantizar una optimización de los recursos necesarios, dosificando la cantidad exacta de alimento para garantizar el buen físico de la cerda lactante.

La interfase de comunicación remota ha sido verificada en su total funcionamiento garantizando el acceso adecuado para los procesos productivos diarios requeridos.

Por lo tanto con estos resultados se puede concluir que los cerdos que se encuentren dentro del sistema tanto recién nacidos hasta dos semanas de vida, pueden permanecer en las mejores condiciones térmicas para su adecuado desarrollo y crecimiento, reduciendo la mortalidad en los primeros años de vida.

RECOMENDACIONES

Luego de finalizar este trabajo recomendamos lo siguiente:

- Ampliar el presente estudio de tesis aplicándolo a una granja integral que abarcan diferentes tipos de producción, como por ejemplo avícola, ganadera, entre otros.
- Se puede incrementar nuevos módulos para cubrir las diferentes etapas de crecimiento de los cerdos así como un sistema completamente automatizado de alimentación.
- Es factible implementar un sistema de hidratación para los cerdos.

CRONOGRAMA

Tabla A

Cronograma de elaboración del proyecto

Nombre de tarea	Duration	Start	Finish
Importación de Equipos Siemens	7 wks	Sat 07/03/15	Thu 23/04/15
Compra de Materiales	7 wks	Sat 07/03/15	Thu 23/04/15
Diseño de Planos Eléctricos	15 days	Sat 07/03/15	Thu 26/03/15
Diseño de Estructura Mecánica	15 days	Fri 27/03/15	Thu 16/04/15
Ensamblaje de Estructura	30 days	Fri 24/04/15	Thu 04/06/15
Montaje de Equipos	15 days	Fri 24/04/15	Thu 14/05/15
Cableado de Planos Eléctricos	7 days	Fri 05/06/15	Mon 15/06/15
Programa PLC	30 days	Fri 17/04/15	Thu 28/05/15
Diseño Pantallas SCADA	20 days	Fri 17/04/15	Thu 14/05/15
Pruebas de Comunicación PLC - SCADA	20 days	Tue 16/06/15	Mon 13/07/15
Prueba de Comunicación PLC - PLC	20 days	Tue 14/07/15	Mon 10/08/15
Pruebas de Envío de Mensaje de Texto	20 days	Tue 14/07/15	Mon 10/08/15
Pruebas de Control Remoto	20 days	Tue 14/07/15	Mon 10/08/15
Puesta en Marcha	19 days	Tue 14/07/15	Fri 07/08/15

Nota: Cronograma de actividades realizadas en el proyecto de tesis desde el 07 de marzo hasta el 07 de agosto del 2015.

PRESUPUESTO

Tabla B

Presupuesto para la elaboración del proyecto

DESCRIPCIÓN	CANT.	P. UNIT USD	TOTAL USD
PLC SIEMENS S7 200 CPU224 XP	1	890	890
SINAUT MD720-3 MODEM GSM/GPRS	1	650	650
CABLE PC/PPI MULTIMAESTRO	1	185	185
SINAUT ANTENA 794-4MR BANDA QUADRUPLE GSM	1	90	90
TARJETA DE ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS	1		

ROUTER ETHERNET	1	79.46	79.46
CABLE ETHERNET CAT. 5 (METRO)	5	1	5
CONECTORES RJ45	4	0.5	2
PLANCHA GALVANIZADA	12	90	1080
ÁNGULO DE ¾ X ¾ "	3	20	60
SOLDADURA 6011 (KG)	1	20	20
CORREA DE 8 X 2.5 X 1 CM, 2 MM DE ESPESOR	8	25	200
TORNILLOS AUTOPERFORANTES DE ¼ X ½ "	300	0.1	30
PERNOS DE 3/8 X 2 "	50	0.1	5
ESPUMA EXPANSIVA (LATA)	1	30	30
TUBERÍA DE ¾ "	1	5	5
TUBERÍA DE 1 ½ PULGADAS	1	18	18
CONDULET T DE 1 ¼ PULGADAS	1	10	10
CONDULET LV DE ¾ PULGADAS	2	8	16
FUNDA SELLADA DE 1 PULGADA (M)	1	8	8
DUCTO DE AIRE	1	10	10
RESISTENCIA DE 2400 W	1	60	60
TUBO GALVANIZADO DE 3"	3	25	75
ÁNGULO DE 6 M 6 ½ X 2 "	1	18	18
SOPLADOR DE AIRE (BLOWER) CAPACIDAD DE 1 HP	1	700	700
CABLE DE CONTROL #18 AWG (ROLLO)	2	35	70
CABLE CONCÉNTRICO 4 X 12 AWG (M)	2	1.75	3.5
CABLE 3 X 18 AWG (METRO)	10	1	10
VISAGRAS TORNEADAS 3/8 "	4	6	24
PISTÓN NEUMÁTICO	1	150	150
VÁLVULA 5/2 24VDC	1	35	35
MANGUERA NEUMÁTICA 6MM (M)	10	3	30
VARIADOR DE FRECUENCIA SINAMIC G110	1	505	505
BREAKER 30 A 3 POLOS	1	28.25	28.25

BREAKER 6 A 2 POLOS	2	21.38	42.76
BREAKER 2 A 1 POLO	1	9.55	9.55
BORNERAS	50	2.73	136.5
CONTACTOR	2	32	64
RELE TIPO BORNERA	4	24.09	96.36
GUARDAMOTOR	1	229	229
FUENTE DE PODER SITOP 24V 10 AMP	1	420	420
SELECTOR NEGRO	1	20.46	20.46
PULSANTE	2	10.97	21.94
TABLERO (PARA RESISTENCIA)	1	50	50
TABLERO (CONTROL)	1	70	70
CANALETAS	2	5	10
MATERIALES VARIOS	1	300	300
		SUB TOTAL	6572.78
		IVA	788.73
		TOTAL	7361.51

Nota: Presupuesto de materiales y equipos utilizados en la implementación del proyecto de tesis.

REFERENCIAS

Direcciones electrónicas de Internet

- ASPE (2011), Datos porcícolas. Recuperado de <http://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/estadisticas/datos-porcicola-2011>
- Pronaca (2014) Revista ProCampo, Edición # 13 Agosto Octubre. Recuperado de <http://www.pronaca.com/site/principalNutricion.jsp?arb=1022>
- Granja Porcina de traspatio Comuneros de Jambelí. Diario El Costanero (2011), Edición #20 Marzo – Abril. Recuperado de <http://cempecuador.com/elcostanero/comunidad-comunidad-comunerosdejambeliencontraronenlacrianza.html>
- Big Duchman, (2014) Heating Systems
- Alnicolsa (2015). Recuperado de <http://taninos.tripod.com/tornillo.html>
- PDVSA (1997) Manual de diseño de proceso de almacenamiento en silos y tolvas, pp. 2. Recuperado de <https://alemansistem.files.wordpress.com/2015/02/almacenamiento-en-silos-y-tolvas.pdf>

- Martínez C. (2015). Recuperado de <http://www.calixtomartinez.com/productos.html>
- Goubard (2015). Recuperado de <http://www.goubard.fr/Products /51/89/tremies-speciales-TSS>
- Alonso D. (2002). Recuperado de <http://www.oocities.org/ingenieriadelplata/elevadores.htm>
- Universo porcino (2014). Recuperado de <http://www.aacporcinos.com.ar>
- Mixflow (2015). Recuperado de <http://www.mixflow.es/productos/tratamiento-del-aire/aerotermos-de-agua-caliente/>
- IDAE (2005). Recuperado de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10330_Instalaciones_ganaderas_05_8ad73059.pdf
- Blanco R., García F. (2013). Recuperado de <http://www.chil.org/blogpost/calefaccion-de-instalaciones-de-porcino-con-suelo-radiante-de-agua-caliente/2357>
- Big Dutchman, (2014), Tolvas de alimentación para destete y engorde. Recuperado de www.bigdutchman.de
- Big Dutchman, (2010), Gestión de granjas para cerdas. Recuperado de www.bigdutchman.de
- Big Dutchman, (2014), Heating Systems. Recuperado de www.bigdutchman.de
- Soto E. (2011) Definición de PLC y Características. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/50835535/Definicion-de-PLC-y-Caracteristicas#scribd>
- Castro L. (2015). Recuperado de <http://aprenderinternet.about.com/od/ConceptosBasico/a/La-Nube-En-Internet.htm>
- Johnston S. (2012) Recuperado de <http://www.livescience.com/34183-cloud-computing-definition.html>
- Vargas E. (2012) Sistemas de Lazo cerrado / abierto. Recuperado de <http://varpertecnology.com/sistemas-de-lazo-cerradoabierto/>
- García P. (2013). Recuperado de <https://franklinlinkmx.wordpress.com/2013/09/05/que-es-el-control-pid/>
- Catedu (2015). Recuperado de http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//4750/4926/html/15_controlador_de_accin_proporcional_integral_y_derivativa_pid.html
- Capabadal C. (2009). Guía técnica para alimentación de cerdos. Recuperado de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00144.pdf>

Catálogos

- Siemens (2009) Simatic HMI Sistemas para manejo y visualización Catálogo ST 80
- Siemens (2004) Simatic S7 200
- Siemens (2008) SIMATIC WinCC V7.0 Getting started
- Siemens (2009) Comunicación industrial Catálogo IK PI
- Siemens (2006) Manual del Sistema Módem GPRS/GSM SINAUT MD720-3

ANEXOS

ANEXO N°1
Planos Eléctricos de fuerza y control

ANEXO N°2
Programa del PLC