

**ADECUACIÓN TECNOLÓGICA DE LA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE
PLÁSTICO DEL LABORATORIO DE MECÁNICA, DE LA UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**JOHN JAMES GARCÍA MONTOYA
EDWIN ANDRÉS HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ
LEONARDO FABIO MUÑOZ VALENCIA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGIAS
INGENIERIA EN MECATRONICA
PEREIRA
2013**

**ADECUACIÓN TECNOLÓGICA DE LA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE
PLÁSTICO DEL LABORATORIO DE MECÁNICA, DE LA UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

Autores

**JOHN JAMES GARCÍA MONTOYA
EDWIN ANDRÉS HERNANDEZ HERNÁNDEZ
LEONARDO FABIO MUÑOZ VALENCIA**

Proyecto para optar al título de Ingenieros en Mecatrónica

Director

PhD EDGAR ALONSO SALAZAR M.

Asesores:

**M.Sc. José Agustín Muriel Escobar
M.Sc. William Prado Martínez**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGIAS
INGENIERÍA EN MECATRONICA
PEREIRA
2013**

Nota de Aceptación:

Firma Presidente del Jurado:

Firma del Jurado:

Firma del Jurado:

Fecha de entrega del trabajo

Dedico esta Tesis A Dios por mostrarme cada día que con humildad, paciencia, trabajo y sabiduría, todo es posible. A mi Madre Consuelo Montoya López, hermano Pablo Andrés y a mi esposa Lina Marcela Granada, Quienes con su amor, apoyo y comprensión incondicional estuvieron siempre a mi lado, en el camino de mi vida estudiantil; a ellos que siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos difíciles y que han sido las personas más importantes de mi vida.

John James García Montoya

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y Amor

A mi madre Yolanda, esposa Paula e hijo Juan Camilo

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores y ánimo que me hace seguir adelante y completar nuestro proyecto.

Leonardo Fabio Muñoz Valencia

Dedico este gran logro de mi vida a la persona que siempre ha estado a mi lado incondicionalmente en todos los momentos de mi existencia, a la persona que me dio el tesoro más preciado la vida... gracias papa dios por permitir que María Aliria Hernández Morales mi madre, pueda apreciar la llegada al fin de esta meta propuesta.

Edwin Andrés Hernández Hernández.

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente agradecemos a Dios todo poderoso, Quien ha sido nuestro motor e inspiración constante, gracias a Él hemos logrado llevar a feliz término este proyecto, y de esta forma alcanzar esta meta tan importante en nuestras vidas.

Queremos manifestar nuestros más profundos agradecimientos a nuestras familias, quienes permanentemente nos apoyaron con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr las metas y los objetivos que nos hemos trazado.

Agradecemos este trabajo de igual manera a nuestros profesores PhD. Edgar Salazar Marín, MSc. José Agustín Muriel Escobar, MSc. William Prado Martínez quienes nos han orientado en todo momento en la realización de este proyecto que enmarca el último escalón hacia el logro de nuestro título profesional como Ingenieros en Mecatrónica.

CONTENIDO

GLOSARIO	12
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
1 ADECUACIÓN TECNOLÓGICA DE LA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DEL LABORATORIO DE MECÁNICA, DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	15
2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
2.1 PLANTEAMIENTO O DESCRIPCIÓN	15
3 JUSTIFICACIÓN	16
4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
4.1 OBJETIVO GENERAL	17
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
5 MARCO REFERENCIAL	18
5.1 ANTECEDENTES	19
5.1.1 Máquina de inyección HB 200/45, equipo base del proyecto	20
5.1.2 Sistema de refrigeración	23
5.1.3 Puntos A Refrigerar	27
5.1.4 Aceite	27
5.1.5 Molde	28
5.2 FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA	29
5.2.1 Operación en modo manual	29
5.2.2 Operación en modo automático	29
5.3 COMPONENTES ELECTROMECAÑICOS DE LA MAQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA	29
5.3.1 Motor eléctrico	29
5.3.2 Bomba hidráulica	30

5.3.3	Válvulas reguladoras de caudal	31
5.4	COMPONENTES ELÉCTRICOS	35
5.4.1	Contactores	35
5.4.2	Fusibles	36
5.4.3	Breakers	37
5.4.4	Relé térmico de 25 a 36 A.	37
5.4.5	Válvula de regulación.	38
5.5	REPARACIÓN TARJETA MÓDULO DE SALIDA DE INYECCIÓN	39
5.6	MARCO TEÓRICO	41
5.6.1	Máquinas De Inyección	41
5.6.2	Ciclo de Inyección de la Máquina	42
6	DISEÑO METODOLÓGICO	45
7	DESARROLLO DEL PROYECTO	52
7.1	IDENTIFICACIÓN DEL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ENTRE EL PLC S7200 Y EL SCADA	52
7.1.1	Protocolo PPI	52
7.1.2	Redes PPI Mono maestro	52
7.2	RECONOCIMIENTO DEL CABLEADO DE POTENCIA DE LOS ACTUADORES FINALES	53
7.3	CONDICIONES INICIALES PARA LA ADECUACIÓN TECNOLÓGICA REALIZADA	54
7.4	DISPOSITIVOS SUMINISTRADOS POR LA UNIVERSIDAD PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO	55
7.5	ESQUEMA DE CONEXIONES CPU 222	56
7.5.1	Módulo análogo EM 235	56
7.5.2	Escalado unipolar	58
7.5.3	Conexión bipolar	58
7.5.4	Tablero de relés	59
7.5.5	Gabinete metálico	60

7.5.6	CPU computador de mesa	60
7.5.7	PLC SIEMENS S7-200	61
7.5.7.1	Funcionamiento básico	61
7.5.7.2	Ventajas Del Uso de automatats programables	63
7.6	DESARROLLO DE CIRCUITOS PARA LA INTERFAZ DE ENTRADA	63
7.7	DESARROLLO DE CIRCUITOS PARA LA INTERFAZ DE SALIDAS	64
7.8	RELÉ DE ESTADO SÓLIDO	66
7.8.1	Elección del OPTOTRIAC MOC3021+	66
7.8.2	Cálculo de la resistencia de 1.2k Ω	67
7.9	VARIABLES ANALOGAS A MEDIR	67
7.10	DESARROLLO DE TARJETA ACONDICIONADORA DE TEMPERATURA	68
7.10.1	Circuito Amplificador de Termocupla	71
7.10.2	Acondicionador de temperatura ambiente	72
7.10.2.1	Seguidor de tensión	72
7.10.2.2	Circuito diferenciador	72
7.10.2.3	Termocupla tipo J	72
7.10.2.4	Calculo del voltaje en la juntura de la Termocupla tipo J	76
7.11	FUENTE DE ALIMENTACION DUAL	76
7.12	FABRICACION DE TARJETAS ELECTRONICAS	78
7.12.1	CRITERIOS DE DISEÑO PARA CIRCUITOS IMPRESOS	78
7.12.1.1	Diámetro de Agujeros y Pads	79
7.12.1.2	Capacidad de Corriente	79
7.12.2	Circuitos Impresos elaborados	81
7.13	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL HARDWARE INSTALADO EN LA ADECUACIÓN TECNOLÓGICA DE LA MÁQUINA DE INYECCION	86
7.14	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	87
7.15.	DIAGRAMA DE BLOQUES SECUENCIAL DEL MODO DE OPERACIÓN AUTOMATICO DE LA ADECUACION TECNOLOGICA REALIZADA	95

7.16.	COMUNICACIÓN ENTRE EL SCADA (INDUSOFT) Y EL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SIEMENS (S7-200)	98
7.17.	PANTALLA PRINCIPAL DE VISUALIZACIÓN DEL SISTEMA SCADA.	105
7.17.1.	Panel de indicadores y control de presión.	106
7.17.2.	Panel de indicadores y set points de temperatura.	107
7.17.3.	Pantalla de control manual	108
7.17.4.	Pantalla de control automático	109
7.18.	LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO	111
	CONCLUSIONES	114
	BIBLIOGRAFÍA	115
	ANEXO A Manual de uso de la interfaz HMI SCADA diseñada	118
	ANEXO B Configuración del WEB Server en SCADA %máquina de inyección de plástico+Indusoft Web Studio	127
	ANEXO C Listado de precios de módulos para PLC S7-200	129

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características técnicas de la máquina inyectora	20
Tabla 2 Parámetros eléctricos de la máquina inyectora	23
Tabla 3 Característica técnicas de la bomba tipo caracol	26
Tabla 4 Regulación de caudal mediante conmutación de solenoides	31
Tabla 5 Desarrollo metodológico	47
Tabla 6 Configuración de micro switches	57
Tabla 7 Tipos de Termocuplas	73
Tabla 8 Tabla de datos de Termocupla tipo J	74
Tabla 9 listado de entradas y salidas con sus respectivas direcciones en PLC S7-200	110
Tabla 10 Lista de materiales y presupuesto	111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Tablero de pilotos máquina de inyección	18
Figura 2 Máquina de inyección de plástico base del proyecto	20
Figura 3 Torre de enfriamiento del sistema	24
Figura 4 Esquema de la torre de enfriamiento	25
Figura 5 Bomba tipo caracol	25
Figura 6 Curvas de desempeño de la bomba caracol	26
Figura 7 Entrada al husillo de plastificación	27
Figura 8 Intercambiador del tanque de aceite	28
Figura 9 Refrigeración del molde	28
Figura 10 Motor Eléctrico	30
Figura 11 Bloque de válvulas reguladoras de caudal	31
Figura 12 Bloque de válvulas direccionales para las etapas de la inyección	33
Figura 13 Sistema eléctrico y de Control de la máquina	35
Figura 14 Contactores	36
Figura 15 Fusibles	36
Figura 16 Breakers	37
Figura 17 Relé Térmico	38
Figura 18 Válvula de regulación	39
Figura 19 Imagen tarjeta que se reparó de la inyectora de plástico	40
Figura 20 integrados defectuosos del módulo de inyección	40
Figura 21 tarjeta con nuevos integrados	41
Figura 22 Esquema máquina de inyección de plástico	42
Figura 23 Ciclo de inyección	43
Figura 24 Dispositivos en red PPI	52
Figura 25 Red PPI modo Mono maestro	53
Figura 26 Esquema cableado de actuadores finales	54

Figura 27 Selector de modo de funcionamiento	54
Figura 28 Esquema de conexiones CPU222	56
Figura 29 Esquema de conexión del módulo análogo EM235	57
Figura 30 Escalado unipolar de un canal análogo	58
Figura 31 Escalado bipolar de un canal análogo	59
Figura 32 Cableado de potencia	59
Figura 33 Gabinete metálico y CPU	60
Figura 34 Periféricos asociados al PLC	61
Figura 35 Diagrama de bloques de un PLC	62
Figura 36 Acople de límites de carrera	64
Figura 37 Módulo de expansión EM223	64
Figura 38 Esquema de conexión módulo de expansión.	65
Figura 39 Relé de estado solido	66
Figura 40 Pruebas de laboratorio a diseño de circuito acondicionador de señal de Termocuplas	69
Figura 41 Circuito acondicionador de señales de Termocuplas	70
Figura 42 Termocupla tipo J	71
Figura 43 Sumatoria de voltaje en una Termocupla	73
Figura 44 Esquema fuente triple	77
Figura 45 Trazo incorrecto de pistas	78
Figura 46 Diámetro de agujeros y <i>pads</i>	79
Figura 47 Relación Corriente-Ancho de conductor para un espesor de 18um	80
Figura 48 Dibujo PCB y tarjeta ensamblada del circuito de interfaz de entradas	81
Figura 49 Dibujo PCB y tarjeta de ensamble del circuito de interfaz de salidas	82
Figura 50 Dibujo PCB y tarjeta ensamblada del circuito acondicionador de señales de las Termocuplas	83
Figura 51 Dibujo PCB y tarjeta ensamblada del circuito de la fuente triple dual	84
Figura 52 Tablero de control	85
Figura 53 Diagrama de bloques de Hardware de adecuación tecnológica	86

Figura 54 Diagrama de flujo Software SCADA	88
Figura 55 Diagrama de flujo Software SCADA modo automático	89
Figura 56 Diagrama de flujo Software SCADA modo automático (Continuación)	90
Figura 57 Diagrama de flujo Software SCADA modo automático (Continuación)	91
Figura 58 Diagrama de flujo Software SCADA modo automático (Continuación)	92
Figura 59 Diagrama de flujo Software SCADA modo manual	93
Figura 60 Diagrama de flujo Software SCADA modo manual (Continuación)	94
Figura 61. Diagrama de bloques secuencial	95
Figura 62 Diagrama de bloques secuencial (Continuación)	96
Figura 63 Diagrama de bloques secuencial (Continuación)	97
Figura 64 nuevo proyecto INDUSOFT 6.0	98
Figura 65 Configuración de nuevo proyecto INDUSOFT 6.0	99
Figura 66 Resolución de Pantalla	99
Figura 67 Insertar nueva pantalla	100
Figura 68 Atributos de pantalla	100
Figura 69 Propiedades de objeto	101
Figura 70 Crear tag	101
Figura 71 Características de tag	102
Figura 72 Adicionar drivers	102
Figura 73 Comunicación de controladores	103
Figura 74 Configuración controlador	103
Figura 75 Ventana configuración MPI	104
Figura 76 Apertura formato principal del controlador	104
Figura 77 Formato principal del controlador	105
Figura 78 Pantalla de visualización principal	106
Figura 79 Pantalla de indicadores y control de presión	107
Figura 80 Pantalla de indicadores y set points de temperatura	108
Figura 81 Pantalla de control manual	109

Figura 82 Pantalla de control automático

109

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A Manual de uso de la interfaz HMI SCADA diseñada	118
ANEXO B Configuración del WEB Server en SCADA %máquina de inyección de plástico+Indusoft Web Studio	127
ANEXO C Listado de precios de módulos para PLC S7-200	129
ANEXO D Información técnica S7-200	130

GLOSARIO

Actuadores: Elementos externos al autómatas que ejecutan las órdenes dadas por él y que se conectan a las tarjetas de salida.

Amplificadores Operacionales: (comúnmente abreviado A.O., op-amp u OPAM), es un circuito electrónico (normalmente se presenta como circuito integrado) que tiene dos entradas y una salida. La salida es la diferencia de las dos entradas multiplicada por un factor (G) (ganancia)

Gerber (Formato de fichero): El formato de tipo de fichero Gerber contiene la información necesaria para la fabricación de la placa de circuito impreso o PCB. Se pueden crear con distintos programas de diseño electrónico como Traxmaker, Eagle, Protel o Altium Designer. El estándar más común hoy en día es el RS-274X, 1 aunque existen otros menos frecuentes.

Autómata Programable PLC: (Programable logic controller, por sus siglas en inglés). Es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Bus: Enlace común. Vía a la que varios elementos de un ordenador pueden estar conectados en paralelo de tal forma que puedan pasar señales entre sí.

Bus Serie: Sistema de transmisión de información en el que estas informaciones, incluidas las de control, se transmiten sucesivamente una tras otra.

Convertidor Análogo digital: Dispositivo electrónico que convierte una señal analógica en señal digital.

Hardware: Componentes físicos de un ordenador. Parte física de un ordenador incluyendo los componentes eléctricos/electrónicos (dispositivos y circuitos), componentes electromecánicos (unidad de discos), componentes metálicos (armario).

Instrucciones: Cada una de las órdenes de trabajo de un programa, pueden ser de tipo aritmético, lógicas, memorias. E/S (entradas/salidas) y otras.

Juntura: En una juntura aprovecha el efecto Peltier que es una propiedad descubierta en 1834 por Jean Peltier, hace referencia a la creación de una diferencia de temperatura debida a un voltaje eléctrico. Sucede cuando una corriente se hace pasa por dos metales o semiconductores conectados por dos juntas de Peltier

RESUMEN

Este proyecto muestra la adecuación tecnológica de la máquina de inyección de plástico del laboratorio de mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Como parte inicial del trabajo realizado se muestran los diferentes diseños de hardware electrónico de tal manera que la adecuación realizada trabaje en conjunto y de manera paralela a los dispositivos eléctricos ya instalados.

Dentro de los dispositivos instalados se cuenta con software de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (Supervisory Control And Data Acquisition) SCADA el cual interactúa con la máquina a través de una comunicación serial con un controlador lógico programable S7-200 Siemens este dispositivo es el intermediario entre el SCADA y las diferentes variables del proceso de modelado de plástico.

El sistema SCADA Registra las temperaturas del tubo de plastificación, permite ajustar el Set Point de temperatura requeridos, tiempos asociados al proceso de plastificación, además permite seleccionar el modo de operación de la máquina entre manual y automático, también se puede ajustar el número de ciclos en el modo de operación automática.

Palabras Claves: SCADA- S7-200.

SUMMARY

This project shows the technological adequacy of plastic injection machine, of the mechanics laboratory in the Technological University of Pereira.

As initial part of this work, shows the different designs of electronic hardware so that the adequacy carried out work as a whole and in parallel with the electric and electronic devices already installed.

inside the new installed devices, is provided with a control software and supervision called SCADA, which interacts with the machine through a direct communication with a programmable logical controller S7200; this device is the intermediary between the SCADA and the different variables associated with the process of molded of plastic pieces.

The SCADA system recorded the temperatures of the plasticizing tube; allows you to adjust the temperature set points required; times associated with the process of plasticizing; also allows you to select the command of operation of the machine between manual and automatic, as final quality you can adjust the number of repetitions cyclical in the automatic operating mode

Key Words: SCADA-S7-200

INTRODUCCIÓN

A medida que pasa el tiempo la tecnología va avanzando a pasos agigantados, permitiendo que los dispositivos electrónicos faciliten cada vez más la funcionalidad de los procesos industriales. Años atrás la maquinaria construida solo se basaba en lógica cableada y arreglos mecánicos, por lo cual se aumentaba el tamaño de los sistemas eléctricos de control y con la desventaja adicional de requerir más componentes, aumentando su vulnerabilidad y disminuyendo la eficiencia.

Debido a la necesidad de mejorar y repotenciar los sistemas existentes y crear maquinaria que cubra de verdad las necesidades puntuales de nuestra sociedad, se incursiono en la creación de nuevas interfaces HMI que faciliten la ejecución y dirección de cualquier actividad industrial, dejando de lado todos los tableros saturados de pilotos y pulsadores mecánicos casi incompresibles.

Hoy en día existe una estrecha relación entre los sistemas de control y la informática. Dentro de las interfaces hombre maquina desarrolladas en la actualidad se pasó de una simple tablero de luces indicadores, a un computador de trabajo el cual lleva consigo instalada una herramienta de control y supervisión SCADA, que en asocio con los PLC, permiten tener en tiempo real la ejecución de cualquier actividad en cualquier proceso y con la ventaja adicional de poder realizar una supervisión desde cualquier punto remoto, a los dispositivos involucrados en dicho proceso e integrándolos a redes de comunicación.

Lo que se plantea en este proyecto es la realización de la repotenciación tecnológica de una maquina con más de 20 años de uso, la cual cuenta con un sistema de control obsoleto cuyo mantenimiento es demasiado costoso, acarreando la disminución de la productividad de la máquina en el tiempo. Para este propósito se implementó tecnología de punta en *hardware*, que permite la implementación de *software* optimizando el rendimiento del proceso de moldeo de plástico y facilitando el aprendizaje de los estudiantes en la academia.

1 ADECUACIÓN TECNOLÓGICA DE LA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DEL LABORATORIO DE MECÁNICA, DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1 PLANTEAMIENTO O DESCRIPCIÓN

La máquina de inyección de plástico con que cuenta el laboratorio de mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira es antigua y posee tableros de control obsoletos, no posee una interfaz hombre máquina amena y didáctica que facilite los procesos pedagógicos ; el sistema de inyección de plástico no cuenta con una herramienta de vanguardia que interactúe fácilmente en el proceso con el operario, debido a este problema se entorpecen los procesos de aprendizaje dentro la academia, dificultando la transferencia de conocimiento en las diferentes ramas relacionadas con el moldeo de piezas plásticas. Como se encuentra la máquina actualmente no se puede considerar como un sistema de entrenamiento idóneo que facilite el conocimiento de las diferentes ramas asociadas al proceso de inyección de materiales termoplásticos; este se puede considerar como uno de los inconvenientes que presenta la máquina, dado que su principal aplicación es el de facilitar los procesos pedagógicos y de aprendizaje en los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Pereira, en el área de moldeo de plásticos.

Debido a la antigüedad del sistema no se cuenta con una interfaz hombre máquina con tecnología de avanzada que simplifique su manejo, produciendo además tiempos muy largos e imprecisos en el diagnóstico, a la hora de presentarse fallas, dando como resultado imprevistos en la producción, esto acarrea además pérdidas de tiempo que directamente afectan la calidad del moldeo y disminución del índice de eficiencia. Para minimizar costos de producción, eliminar variaciones en el proceso, hacer más eficiente los mantenimientos preventivos y correctivos, y con miras a asegurar la calidad en las piezas terminadas y crear un sistema de entrenamiento pedagógico se plantea a través del presente trabajo de grado, la adecuación tecnológica de la máquina de inyección de plástico, la cual consiste en la incorporación de nuevos elementos que permitan mejorar en la medida posible funcionalidad original de la inyectora, con el fin de alargar su vida útil y mejorar su competitividad.

3 JUSTIFICACIÓN

La Universidad Tecnológica de Pereira requiere implementar proyectos en donde además de generar conocimientos, promueva resultados tangibles, que permitan a otros estudiantes e investigadores desarrollar conceptos no solo a niveles teóricos, sino en el plano práctico en áreas diversas como lo son los procesos de manufactura, de relevante aplicación en la actualidad.

La adecuación tecnológica de la inyectora de plástico está fundamentada en el control y ejecución de acciones de forma automática, con la intervención mínima del operador, minimizando los riesgos de accidentalidad humana; con ello se logra agilizar los procesos, una mayor eficiencia y disminución de costos de operación, a su vez se tiene una mayor continuidad en el proceso de inyección. Así mismo se tiene un fácil manejo y mantenimiento en el equipo de operación, al simplificar los elementos de control de la máquina.

Al mejorar la tecnología de moldeo en esta máquina inyectora de plásticos, se le están suministrando características de operación de vanguardia, que van de la mano con la tecnología utilizada en las máquinas de inyección modernas, permitiendo que la comunidad académica de la Universidad Tecnológica de Pereira, cuente con una mejor herramienta pedagógica, facilitando los procesos de aprendizaje de los estudiantes de los programas de Tecnología Mecánica e Ingeniería Mecatrónica, en las ramas involucradas con la inyección de piezas plásticas.

4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar adecuación tecnológica de la máquina de inyección de plástico del Taller de Mecánica, de la Universidad Tecnológica de Pereira.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

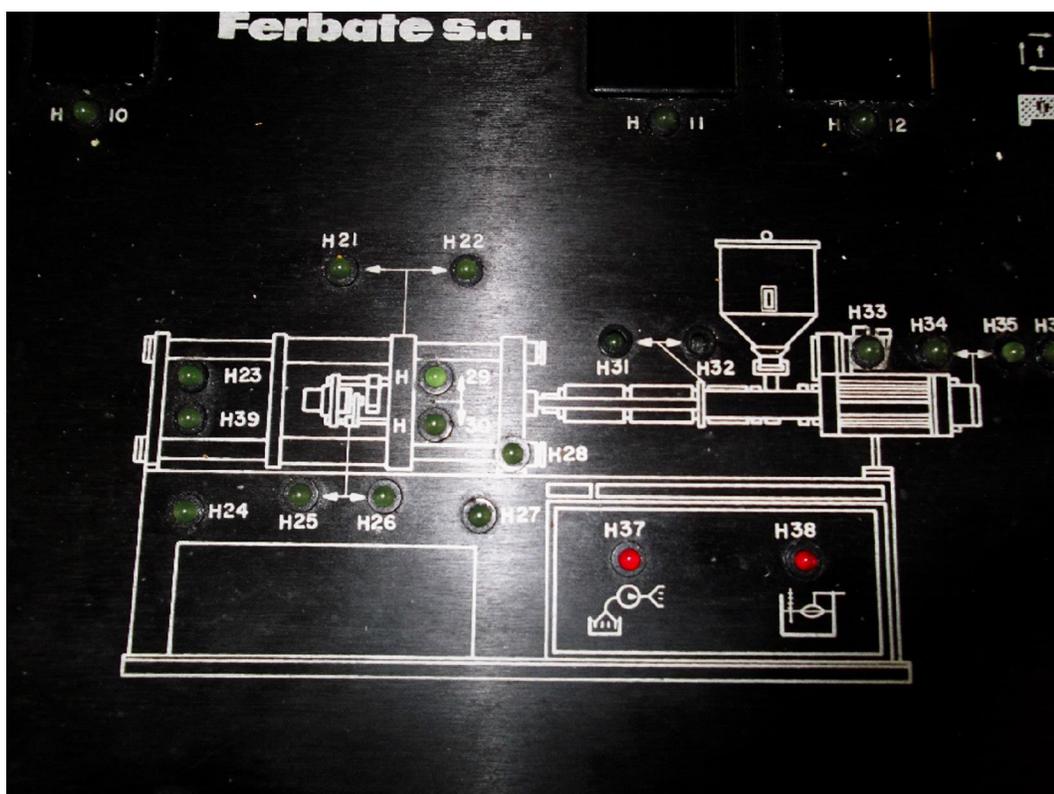
- Instalar y adaptar sensores para captar las variables de la máquina, temperatura, posición y presión.
- Realizar un reconocimiento completo de los finales de carrera, electroválvulas, y su conexionado eléctrico actual, que permiten realizar las modificaciones en la actualización tecnológica que se pretende realizar.
- Implementar el control de la máquina a través del uso de un autómata programable (PLC), con el fin de poder monitorear parámetros importantes del proceso de inyección como presión de inyección, caudal de inyección, temperatura de husillo, temperatura de plastificación, y tiempos de inyección.
- Permitir la visualización del funcionamiento de la máquina con la implementación de una interfaz hombre máquina (HMI) a través de un sistema SCADA que facilite interactuar con la máquina de una manera más amena y versátil.
- Diseñar y montar una tarjeta acondicionadora de señal para la medición de temperatura de las zonas del husillo de plastificación.
- Modificar el sistema eléctrico de la máquina para trabajar en forma paralela a los circuitos eléctricos originales del sistema de inyección de plástico.

5 MARCO REFERENCIAL

La Escuela de Tecnología Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira, cuenta con una máquina de inyección de plástico marca **BATTENFELD**, **referencia HB 200/25** la cual tiene las siguientes características técnicas:

- Volumen nominal de inyección: 39,6 cm³
- Fuerza de cierre máxima: 200 KN
- Diámetro del husillo: 25 mm

Figura 1 Tablero de pilotos máquina de inyección



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

La máquina de inyección de plástico cuenta con tableros de control obsoletos, no posee una interfaz hombre máquina amena y didáctica que faciliten los procesos de pedagogía, por esta razón los estudiantes o personas que la dirigen encuentran dificultades para el proceso de operación; además se entorpece la precisión del moldeo de piezas plásticas.

Debido a la antigüedad de la máquina, esta no cuenta con una tecnología de punta o de vanguardia que le permita simplificar su mando operativo.

5.1 ANTECEDENTES

El diseño actual de la máquina de moldeo por inyección ha sido influenciado por la demanda de productos con diferentes características geométricas, polímeros involucrados y colores. Además, su diseño se ha modificado de manera que las piezas moldeadas tengan un menor costo de producción, lo cual exige rapidez de inyección, bajas temperaturas, y un ciclo de moldeo corto y preciso.

John Hyatt registró en 1872 la primera patente de una máquina de inyección, la cual consistía en un pistón que contenía en la cámara derivados celulósicos fundidos. Sin embargo, se atribuye a la compañía alemana Cellon-Werkw, el haber sido pionera de la máquina de inyección moderna. Esta firma presentó, en 1928, una patente incluyendo la descripción de nitrocelulosa (celuloide).

Debido al carácter inflamable de la nitrocelulosa, se utilizaron posteriormente otros derivados celulósicos como el etanoato de celulosa. Los británicos John Beard y Peter Delafield, debido a ciertas diferencias en la traducción de la patente alemana, desarrollaron paralelamente la misma técnica en Inglaterra, con los derechos de patente inglesa para la compañía F.A. Hughes Ltd.

El primer artículo de producción masiva en Inglaterra fue la pluma fuente, producida durante los años treinta por la compañía Mentmore Manufacturing. Para la fabricación de esta pluma se usó quinas de moldeo por inyección de Eckert & Ziegler (Alemania). Estas máquinas funcionaban originalmente con aire comprimido (aproximadamente 31kg/cm²); el sistema de apertura de molde y la extracción de la pieza eran realizados manualmente, y los controles incluían válvulas manuales, sin control automático ni pantallas digitales; además, carecían de sistemas de seguridad.

En 1932 apareció la primera máquina para inyección operada con sistemas eléctricos, desarrollada por la compañía Eckert & Ziegler. Al mismo tiempo, otros países como Suiza e Italia empezaban a conseguir importantes avances en maquinaria. Ya a finales de los años treinta, el polietileno y el PVC, ambos, de alta producción y bajo costo, provocaron una revolución en el desarrollo de la maquinaria, teniendo el PVC mayor éxito como material para extrusión.

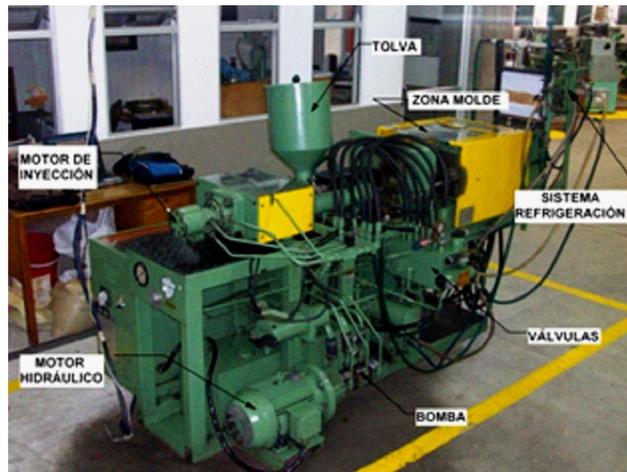
En 1951 se desarrolló en Estados Unidos la primera máquina de inyección con un tornillo recíprocante (o, simplemente, husillo), aunque no fue patentada hasta 1956. Este cambio ha sido el aporte más importante en la historia de las máquinas inyectoras. Al finalizar la segunda guerra mundial, la industria de la inyección de plástico experimentó un crecimiento comercial sostenido. Sin

embargo, a partir de la década de los ochenta, las mejoras se han enfocado a la eficiencia del diseño, del flujo del polímero, el uso de sistemas de *software* CAD, inclusión de robots más rápidos para extracción de piezas, inyección asistida por computadora, eficacia en el control de calentamiento y mejoras en el control de la calidad del producto.

5.1.1 Máquina de inyección HB 200/45, equipo base del proyecto

La máquina de inyección con que cuenta la Escuela de Tecnología Mecánica es de marca BATTENFELD de referencia HB 200/25 con un volumen nominal de inyección de 39,6 cm³, una fuerza de cierre máxima de 200 KN y un diámetro del husillo de 25 mm. (Ver fig. 2).

Figura 2 Máquina de inyección de plástico base del proyecto



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

Las características técnicas de la máquina de inyección de plástico están resumidas en la Tabla 1.

Tabla 1 Características técnicas de la máquina inyectora

Característica	Dimensión
Diámetro del husillo	35 mm

Presión máxima de inyección	1485 bar
Volumen teórico de inyección	30.4 cm ³
Capacidad máxima de inyección (PS)	27.7 g
Capacidad máxima de inyección (PE)	21.6 g
Capacidad de plastificación (PS)	8 g/s
Relación L/D del husillo	16
Carrera del husillo	62 mm
Revoluciones del husillo	0-300 rpm
Fuerza de apriete de la boquilla	54 KN
Carrera de la boquilla	150 mm
Número de zonas de calefacción	2 + boquilla
Fuerza de cierre máxima	200 KN
Fuerza de abertura	49 KN
Dimensiones de los platos	400 x 250 mm

Distancia libre entre barras	220 mm
Diámetro de las 4 barras	50 mm
Altura del molde mínima-máxima	125 . 250 mm
Abertura máxima entre platos	450 mm
Carrera de apertura (altura máxima del molde)	200 mm
Fuerza del eyector	17.3 KN
Carrera del eyector	100 mm
Carrera del eyector	100 mm
Golpes en vacío (Norma Euromap)	42 L/min
Potencia de accionamiento de la bomba hidráulica	10 kW
Potencia del motor de plastificación	4.5 kW
Potencia de calefacción	2.4 kW
Consumo de agua para enfriamiento	1300 L/h
Volumen del tanque de aceite hidráulico	80 L

Volumen de la tolva	27 L
Dimensiones generales	2.66 x 1.188 x 1.59 m
Peso	1200 kg

Fuente: HB200/45, *Catálogo de la maquina inyectora.*

La máquina inyectora está ubicada en el Taller de Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira, conectada eléctricamente a 220 V AC, teniendo en cuenta los datos de catálogo que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Parámetros eléctricos de la máquina inyectora

Corriente nominal	35.5 A
Corriente consumida aproximada	30 A
Fusibles para entrada	80 A
Sección de los conductores de la entrada	6 AWG 13.30 mm ²

Fuente: HB200/45, *Catálogo de la maquina inyectora.*

5.1.2 Sistema de refrigeración

La máquina de inyección de plástico consta con un sistema de enfriamiento (Ver figura 3), el cual es fundamental, tanto para la calidad del producto terminado,

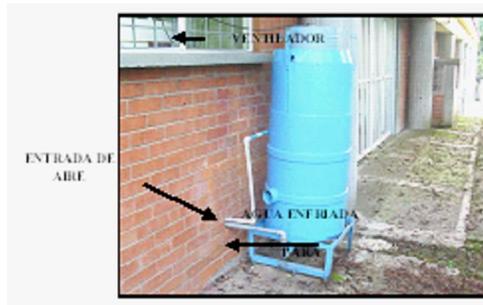
mediante enfriamiento del molde y entrada material, como para el correcto funcionamiento del sistema mediante refrigeración con fluido hidráulico.

El sistema de refrigeración de la máquina de inyección fue diseñado a partir de la cantidad de calor que se requiere evacuar del sistema, equivalente (asumiendo la no existencia de pérdidas) a la potencia de calefacción que requieren suministrar las resistencias al husillo plastificador, para la correcta fusión del material plástico.

Parte de este calor se requiere evacuar del molde, para una óptima solidificación de la pieza inyectada.

De esta manera el gradiente de temperatura ΔT que se quiere conseguir es de 10°C .

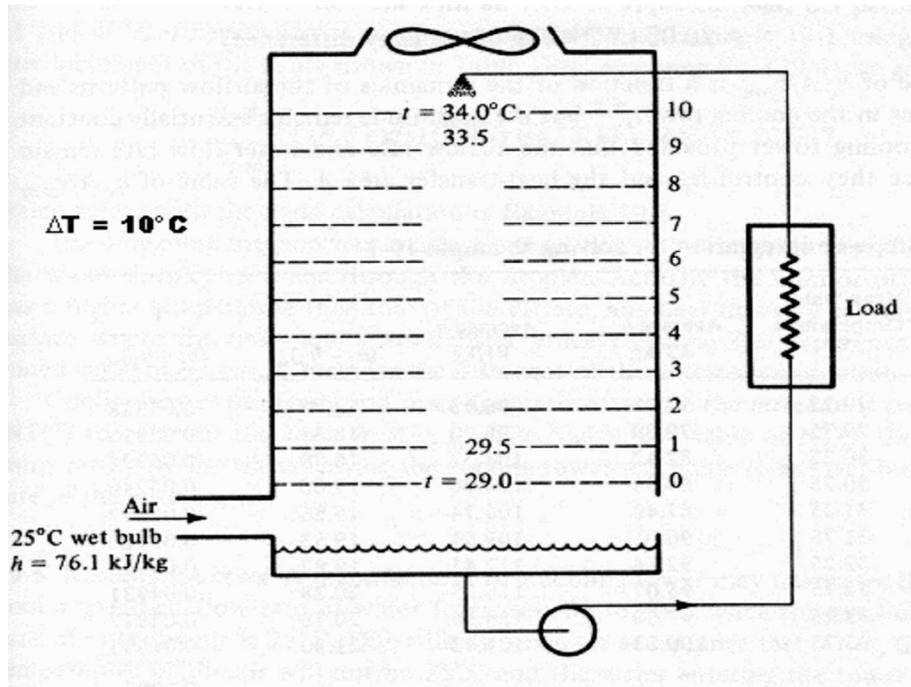
Figura 3 Torre de enfriamiento del sistema



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

Para poder lograr esto, se ha construido una torre de enfriamiento cuyo esquema interno se visualiza en la Figura 4 con 10 bandejas perforadas en su interior, distribuidas cada 10 cm., buscando la disminución de temperatura de 0.5°C por bandeja.

Figura 4 Esquema de la torre de enfriamiento



Fuente: HB200/45, *Catálogo de la maquina inyectora.*

El sistema de enfriamiento de la máquina se complementa de con una bomba tipo caracol CS tal como se muestra en la Fig. 5, de la firma MAGNETEK.

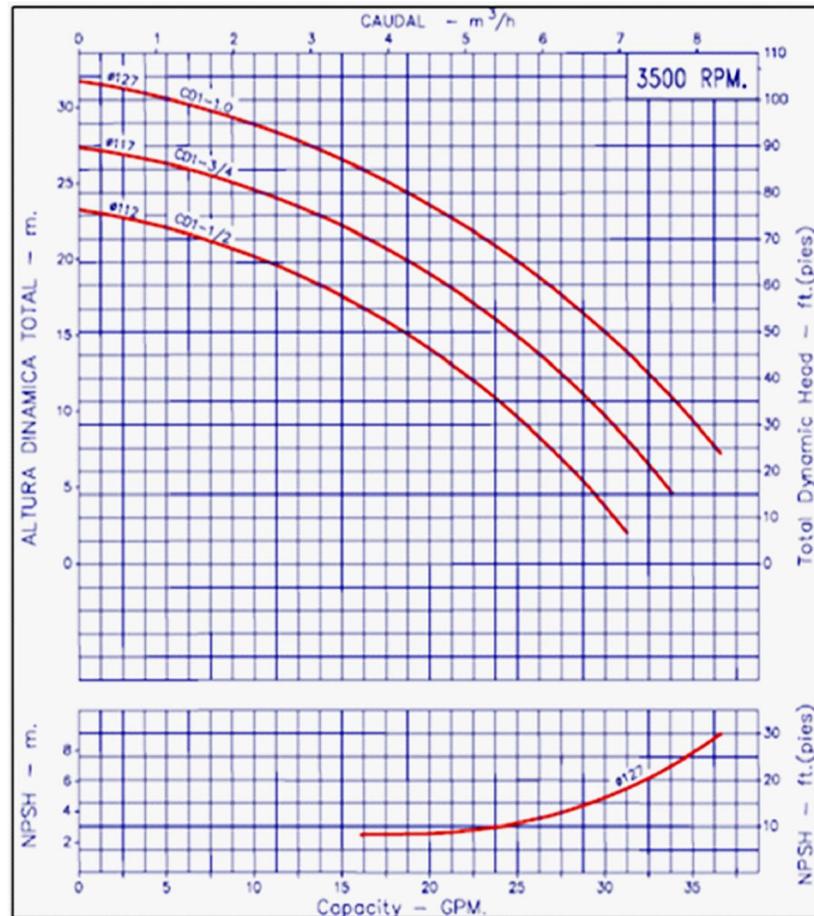
Figura 5 Bomba tipo caracol



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica.*

Las curvas de desempeño de la bomba tipo caracol, se muestran en la Figura 6, donde se puede apreciar que cumplen con las condiciones de caudal y cabeza requeridas para el funcionamiento del sistema de enfriamiento.

Figura 6 Curvas de desempeño de la bomba caracol



Fuente: HB200/45, *Catálogo de la maquina inyectora.*

Las características técnicas de la bomba tipo caracol se especifican en la Tabla 3.

Tabla 3 Característica técnicas de la bomba tipo caracol

TIPO	CS
HP	3/4

HZ	50/60
RPM	2850/3450
AMBIENTE	40°C
SERIAL	BS 11-06

Fuente: HB200/45, *Catálogo de la maquina inyectora.*

5.1.3 Puntos A Refrigerar

Entrada del husillo de plastificación.

Se realiza esta refrigeración para que el plástico no forme grumos a la entrada del husillo y no obstruya el flujo de material, tal como se aprecia en la Figura 7

Figura 7 Entrada al husillo de plastificación



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica.*

5.1.4 Aceite

Para impedir que la temperatura de este sobrepase los 40°C, ya que si esto ocurre el índice de viscosidad bajaría.

Figura 8 Intercambiador del tanque de aceite



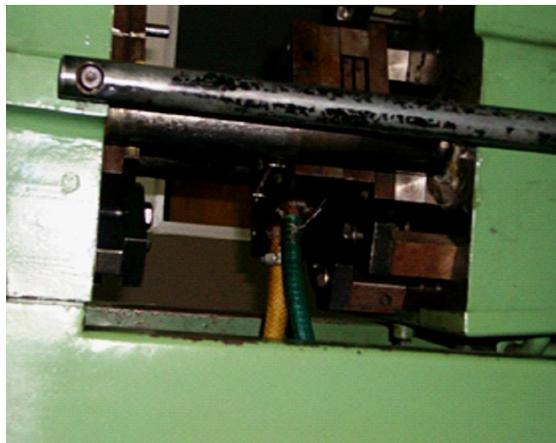
Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

5.1.5 Molde

A través de esta refrigeración se le baja la temperatura a la pieza y se reduce el tiempo de solidificación de la misma.

Verificar que haya una caída de presión en la placa de orificio, para comprobar que le esté llegando líquido al molde, como se ilustra en la figura 9.

Figura 9 Refrigeración del molde



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

5.2 FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA

La máquina de inyección de plástico tiene dos funciones de trabajo:

- “ Manual
- “ Automático

5.2.1 Operación en modo manual

En este modo de operación se puede operar cada uno de los actuadores de manera independiente a través de mecanismos de lógica cableado como lo son los pulsadores mecánicos, esta también cuenta con 3 controladores de temperatura para manejar la zona de plastificación y temporizadores electro-mecánicos para las diferentes constantes de tiempo.

5.2.2 Operación en modo automático

Dentro de este modo se programan el número de ciclos a inyectar, la máquina realiza un ciclo completo de inyección, partiendo desde el cierre del molde pasando por la unidad de husillo adelante luego habilitación de inyección, presión de sostenimiento, unidad de inyección atrás después de estas fases, entra una fase de tiempo en la cual se realiza el proceso de plastificación dentro de la fase a seguir la función la realizaría el enfriador de la máquina a través de la bomba de refrigeración aquí pasa determinado tiempo hasta que solidifique completamente la pieza después de esta fase se abre el molde y se expulsa la pieza, finalizando con el proceso.

5.3 COMPONENTES ELECTROMECAÑICOS DE LA MAQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA

5.3.1 Motor eléctrico

Es el elemento principal para el funcionamiento de la máquina inyectora de plástico, éste se encuentra constituido por el electromotor el cual consta de estator y rotor, en el interior de una caja equipada con los correspondientes cojinetes para el eje del inducido. Además, se halla equipada con interruptor de maniobra, el cable conductor con una manija de enchufe en un toma de corriente, finalmente lleva en el eje el mecanismo necesario para el movimiento de las bombas hidráulicas (Ver figura 10).

Figura 10 Motor Eléctrico



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

La máquina inyectora de plástico de la universidad tecnológica de Pereira posee un motor eléctrico con las siguientes características de placa.

- Marca: WEG
- Referencia: 7.5KW-6P-IP54-F132M-B3B5D-FA300
- Potencia: 7.5 kW.

5.3.2 Bomba hidráulica

El sistema de bombeo de la máquina está conformado por 3 bombas REXROTH del tipo G2, las bombas del tipo G2 son bombas auto-aspirantes de engranajes con dentado externo. Su función es generar un caudal constante entregándole simultáneamente la fuerza que éste necesite.

Las 3 bombas de engranajes están conectadas en paralelo y de acuerdo a la necesidad del proceso que vaya a realizar la máquina estas bombearán el caudal requerido para dicha necesidad.

La referencia de la bomba hidráulica que se tiene en la máquina es la siguiente:

- REF: IPF2G2-22/ (22RC20MSKC+08LN20MHNC+0.4RN20MHLC).

La configuración de esta bomba se ilustra en la tabla 4.

Tabla 4 Regulación de caudal mediante conmutación de solenoides

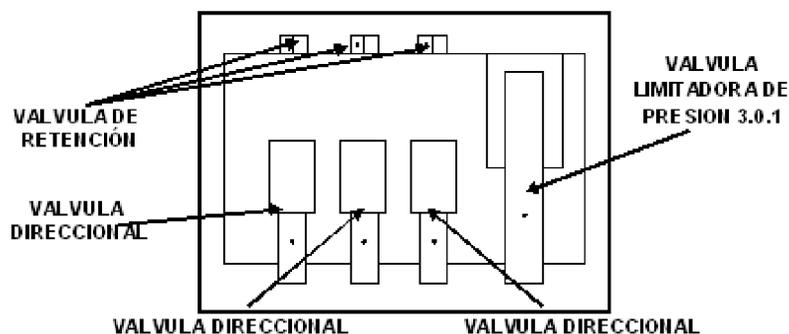
5 l/min. Q1	10 l/min. Q2	26 l/min. Q3	SOLENOIDES VALV. DIRECC (ver plano)				CAUDAL MÁXIMO AL SISTEMA
			Y10	Y11	Y12	Y13	
X			X				5 l/min.
	X				X		10 l/min.
X	X		X		X		15 l/min.
		X				X	26 l/min.
X		X	X			X	31 l/min.
	X	X			X	X	36 l/min.
X	X	X	X		X	X	41 l/min.
X				X			Caudal controlable por estrangulación válvula 6.0.1

Fuente: E. A. S. Marin., MODELADO DE UN SISTEMA DE INYECCION DE MATERIALES TERMOPLASTICOS CON PROPOSITOS DE SIMULACION Y VALIDACION EXPERIMENTAL, Pereira: Universidad Tecnologica De pereira, 2005.

5.3.3 Válvulas reguladoras de caudal

El sistema consta de un bloque de válvulas (Ver figura 11) que son las encargadas de regular el flujo de aceite desde el tanque hacia los cilindros, estas válvulas son:

Figura 11 Bloque de válvulas reguladoras de caudal



Fuente: E. A. S. Marin., MODELADO DE UN SISTEMA DE INYECCION DE MATERIALES TERMOPLASTICOS CON PROPOSITOS DE SIMULACION Y VALIDACION EXPERIMENTAL, Pereira: Universidad Tecnologica De pereira, 2005.

A continuación se define cada una de las válvulas vistas en la figura anterior:

“ Válvulas de retención 4.0.1, 4.0.2, 4.0.3.

Son válvulas anti-retorno de asiento con desbloqueo hidráulico que pueden abrirse en la dirección de bloqueo.

Estas válvulas se utilizan para el bloqueo de un circuito bajo presión, como protección contra descenso de cargas por rotura de tubería o contra movimientos por fugas de tolerancias de consumidores retenidos por una presión hidráulica.

Las válvulas de retención utilizadas en esta máquina son de marca REXROTH y con referencia TN-10

“ Válvula direccional 5.0.1.

Este tipo de válvulas direccionales WE son válvulas de corredera accionadas por solenoide. Controlan el arranque, parada y sentido de circulación de un fluido, en la máquina se tiene esta clase de válvulas REXROTH con referencia 4WE6H-50/AG24-NZ4.

Para un funcionamiento correcto se debe tener en cuenta que la cámara de presión de los solenoides esté llena de aceite.

“ Válvula direccional 5.0.2, 5.0.3.

Por medio de un solenoide, se controla el arranque, parada y sentido de circulación del fluido. Básicamente consta de una carcasa, uno o dos solenoides, pistón de mando y uno o dos resortes de retorno. El tipo de válvula direccional que posee la máquina es de marca REXROTH con la siguiente referencia: 4WE6D-50/AG24-NZ4.

“ Válvula limitadora de presión 3.0.1.

Las válvulas del tipo DBE y DBEM son válvulas pilotadas limitadoras de presión. Se utilizan para limitar la presión en instalaciones hidráulicas.

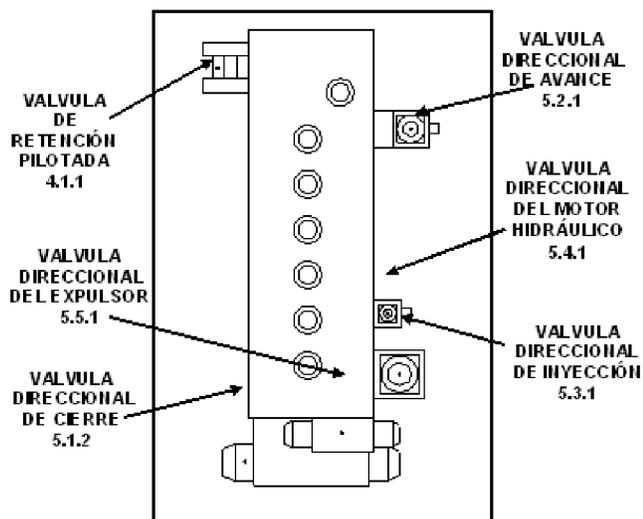
Con estas válvulas se puede graduar la presión, en forma continua, en función de una señal eléctrica de valor nominal.

Constan básicamente de válvula piloto, con solenoide proporcional y el conjunto principal de émbolo, alojados en la misma carcasa.

4.3 BLOQUE DE VÁLVULAS DIRECCIONALES DE LAS ETAPAS DEL PROCESO DE INYECCIÓN

El proceso de inyección de la máquina consta de válvulas direccionales del tipo WE de la marca REXROTH, estas válvulas son de corredera accionadas por solenoide. Controlan el arranque, parada y sentido de circulación del fluido.

Figura 12 Bloque de válvulas direccionales para las etapas de la inyección



Fuente: E. A. S. Marin., MODELADO DE UN SISTEMA DE INYECCION DE MATERIALES TERMPLASTICOS CON PROPOSITOS DE SIMULACION Y VALIDACION EXPERIMENTAL, Pereira: Universidad Tecnológica De pereira, 2005

A continuación se define las válvulas direccionales mostradas en la figura 12:

“ Válvula direccional 5.1.2

Válvula empleada en el proceso de cierre de la máquina; con referencia 4WE10Q-/G24-NZ4.

“ Válvula direccional 5.2.1

Válvula empleada en el proceso de avance de la tobera; con referencia 4WE6Q-/AG24-NZ4.

“ Válvula direccional 5.3.1

Válvula empleada en el proceso de inyección de la máquina; con referencia 4WE10Q-/G24-NZ4.

“ Válvula direccional 5.4.1

Válvula empleada para el accionamiento del motor hidráulico; con referencia 4WE6D-/AG24-NZ4.

“ Válvula direccional 5.5.1

Válvula empleada en el proceso de expulsión de la pieza inyectada, al finalizar el ciclo de inyección; con referencia 4WE6L-/ AG24-NZ4.

“ Válvula de retención 4.1.2

La válvula de retención está destinada a impedir una inversión de la circulación. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra. De este tipo de válvulas marca RACINE y con una referencia OBL-XOHP-104-N-3-01

Bloque de válvulas direccionales ilustrado en la figura 12:

“ Válvula direccional 5.1.1.

Válvula empleada para la multiplicación de presión en la etapa de cierre de molde. Esta válvula es del tipo WE de la marca REXROTH, son de corredera accionadas por solenoide. Controlan el arranque, parada y sentido de circulación del fluido.

Referencia 4WE6D-/ AG24-NZ4.

“ Válvula de regulación 4.3.1.

Válvula empleada en la etapa de inyección, de la marca REXROTH, con referencia DRV 12.

Las válvulas reductoras de flujo del tipo DRV solo permiten la estrangulación en un único sentido (A-B), en el sentido opuesto la válvula de retención garantiza el retorno libre.

“ Válvula de regulación 6.0.1.

Válvula de regulación de caudal de 2 vías, del tipo 2FRM. Su función es la de mantener constante un caudal, independientemente de las variaciones de presión y temperatura.

La válvula de regulación 6.0.1 tiene como referencia 2FRM-5-30/10L.

5.4 COMPONENTES ELÉCTRICOS

En la figura 13 se describe el sistema de control original de la máquina de inyección de plástico.

Figura 13 Sistema eléctrico y de Control de la máquina



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

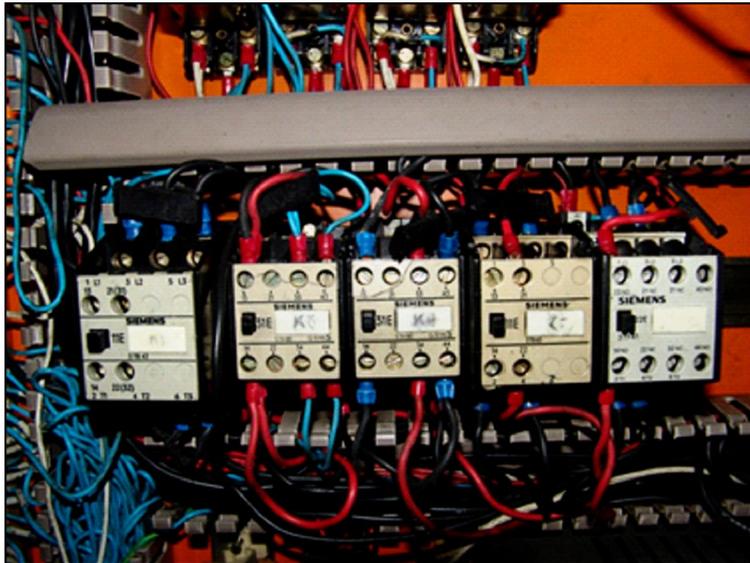
Los componentes principales de este circuito, se describen en la siguiente sección.

5.4.1 Contactores

La máquina de inyección de plástico tiene 5 contactores de 30 amperios cada uno, como se observa en la figura 14, para controlar los actuadores de esta:

- “ K4: control de temperatura en la zona 3. (Pirómetro 1)
- “ K5: control de temperatura en la zona 2. (Pirómetro 2)
- “ K6: control de temperatura en la zona 1. (Pirómetro 3)

Figura 14 Contactores



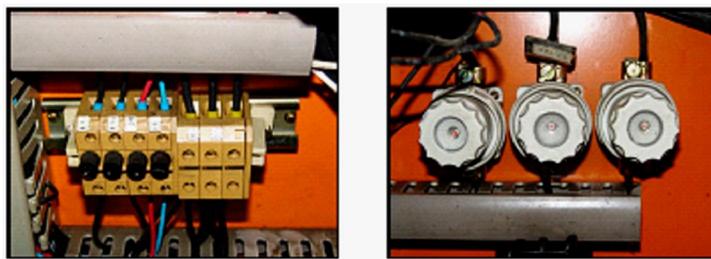
Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

5.4.2 Fusibles

Un fusible es un dispositivo, constituido por un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por efecto Joule, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

El sistema eléctrico de la máquina consta de dos tipos de fusibles (Ver figura 15), un bloque de fusibles de 4 amperios y otro de fusibles rápidos de 63 amperios.

Figura 15 Fusibles



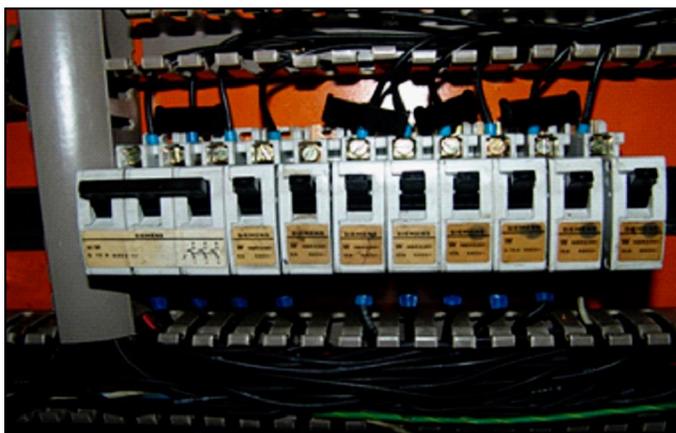
Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

5.4.3 Breakers

Introducción descriptiva, en la figura 16 se observan los breakers de protección:

- F1: es un breaker tripolar encargado de cortar el paso de corriente que va dirigida al contactor K2.
- Los siguientes breakers son monopolares.
- F2: corta el paso de corriente que va hacia el contactor K4.
- F4 y F5: cortan el paso de corriente que va hacia el contactor K5.
- F6 y F7: cortan el paso de corriente que va hacia el contactor K6.
- F8: corta el paso de corriente que va hacia él toma que se encuentra en el exterior de la máquina, debajo del totalizador.
- F9: corta el paso de corriente que va hacia el selector de la motobomba.

Figura 16 Breakers



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

5.4.4 Relé térmico de 25 a 36 A.

Es un elemento de protección que se ubica en el circuito de potencia, contra sobrecargas (Ver figura 17). Su principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos elementos, bi-metales, bajo el efecto de la temperatura, para accionar, cuando este alcanza ciertos valores, unos contactos auxiliares que desactiven todo el circuito y energicen al mismo tiempo un elemento de señalización.

Figura 17 Relé Térmico



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica.*

Dentro de las respectivas inspecciones realizadas se verificaron las diferentes señales entregadas por los límites de carrera; estas señales son útiles para plantear las condiciones iniciales y finales del proceso automático o manual que se quiera programar en el PLC.

Se constató que el sistema de control original detecta una señal negativa entregada por los diferentes sensores de posición; para la adecuación a realizar se tendrán en cuenta los siguientes límites:

- Molde cerrado
- Molde abierto
- Expulsión de pieza en su posición final
- Expulsión de pieza en su posición inicial
- Husillo adelante
- Husillo atrás
- Emergencia
- Inyección a adelante
- Retroceso de inyección

5.4.5 Válvula de regulación.

En la figura 18 se observa la válvula de restricción manual la cual entra en funcionamiento si la válvula proporcional de caudal no está habilitada.

Figura 18 Válvula de regulación



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

5.5 REPARACIÓN TARJETA MÓDULO DE SALIDA DE INYECCIÓN

En las primeras inspecciones realizadas a la máquina inyectora de plástico, se encontró que no estaban operando en su totalidad las electroválvulas que controlan el mando de la inyección, las cuales no entraban en funcionamiento, se verificó todo el cableado se encontró que el problema provenía de una de las tarjetas de control de la máquina.

Se destapó la caja principal de mando se encontró que la máquina manejaba las salidas de una manera modular, existen tarjetas para cada actuador final de la máquina (Ver figura 19). Se identificó la tarjeta que controla dichas electroválvulas, se observó una etapa de potencia con transistores de corriente, para manejar los solenoides que dan el paso de fluido hidráulico. También se observó una etapa de acople que trabaja a un voltaje menor la cual regula la etapa de potencia.

Se inspeccionaron los transistores de referencia 2N3055 y no se encontró ninguna anomalía en ellos. Se evaluó la etapa de control la cual posee opto-acopladores foto Darlington de ref. TIL113 encontrando allí el daño; este opto-acoplador ya no se consigue en el mercado. Por consiguiente se buscó un remplazo que supliera la

necesidad y estuviese bajo las mismas características de funcionamiento, se reemplaza el TIL113 por el 4N27.

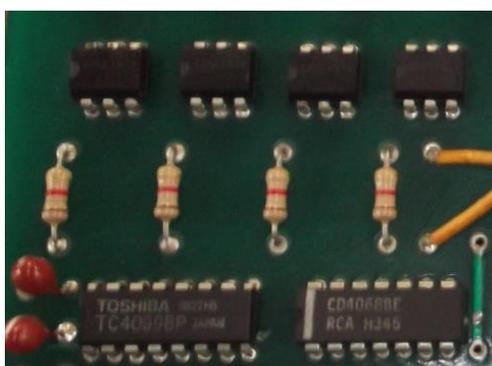
Figura 19 Imagen tarjeta que se reparó de la inyectora de plástico



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica.*

En la figura 20 se observan los integrados de referencia TIL31 que se encontraban defectuosos.

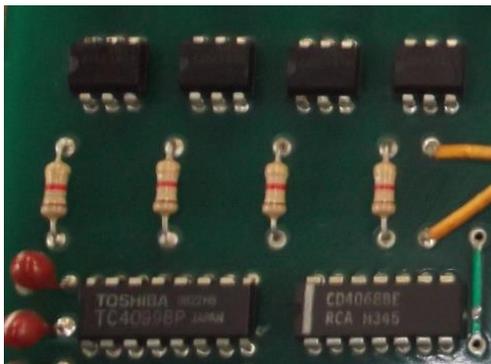
Figura 20 integrados defectuosos del módulo de inyección



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica.*

En la figura 21 se observan los integrados 4N27 que se usaron para reemplazar los defectuosos.

Figura 21 tarjeta con nuevos integrados



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

Al solucionar ya el problema encontrado se procedió a conocer el funcionamiento del sistema, se identificaron las electro válvulas hidráulicas que accionan los actuadores finales, además de los límites de carrera para cada una de las posiciones en el que se puede encontrar el sistema y se comprobó que la rotulación de los cables coincide con el manual original de la máquina, lo que facilitó el cableado de la adecuación tecnológica realizada.

5.6 MARCO TEÓRICO

5.6.1 Máquinas De Inyección

Las inyectoras de plástico trabajan con el siguiente principio:

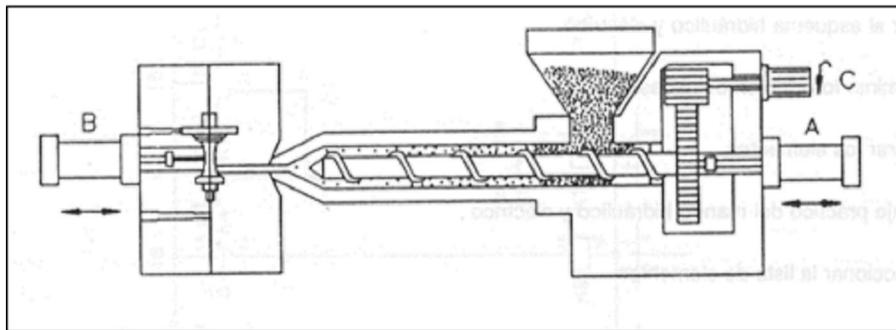
1. El material de moldeo se alimenta por gravedad desde una tolva (figura 22).
2. El dosificador deja de pasar únicamente la cantidad exacta a una cámara cilíndrica de calentamiento, esta cámara tiene un elemento en el centro con forma de torpedo, la materia que entra a la cámara se mantiene en una capa delgada de forma que se calienta rápida y uniformemente, en la cámara la temperatura varía entre 125° a 260°C.
3. Se proporciona calor al material mediante las resistencias eléctricas de la cámara de calentamiento.
4. El producto es inyectado a un molde cerrado mediante un émbolo de inyección, que alcanza las presiones de inyección de 200 Kg/cm².
5. El producto acabado se endurece en el molde mediante agua que circula a través de este.
6. Una vez que el émbolo de inyección se retira el molde se abre y el producto se expulsa de la máquina.

Las máquinas inyectoras son de fácil manejo y programación, el operario sólo tiene que depositar el material en la tolva y las piezas son moldeadas.

Las máquinas se clasifican según la presión con la cual aseguran las matrices y por la cantidad de material inyectado por ciclo. Por lo general, tienen una capacidad de sujeción de 20Kg a 1135Kg, y capacidad de moldeo por inyección de menos de 28gr hasta 8.5kg.

El plástico antes de inyectarse se ablanda en la misma máquina a razón de 180kg/hora. La velocidad de inyección debe ser superior a $80\text{dm}^3/\text{min}$. En la figura 22 se ilustra un esquema básico de una máquina de inyección de plástico.

Figura 22 Esquema máquina de inyección de plástico



Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

- A: Pistón de inyección.
- B: Pistón apertura y cierre molde.
- C: Motor de plastificación, transporte de material.

5.6.2 Ciclo de Inyección de la Máquina

Cada pieza se moldea mediante un ciclo de inyección, que es ejecutado por la máquina mediante tres unidades hidráulicas:

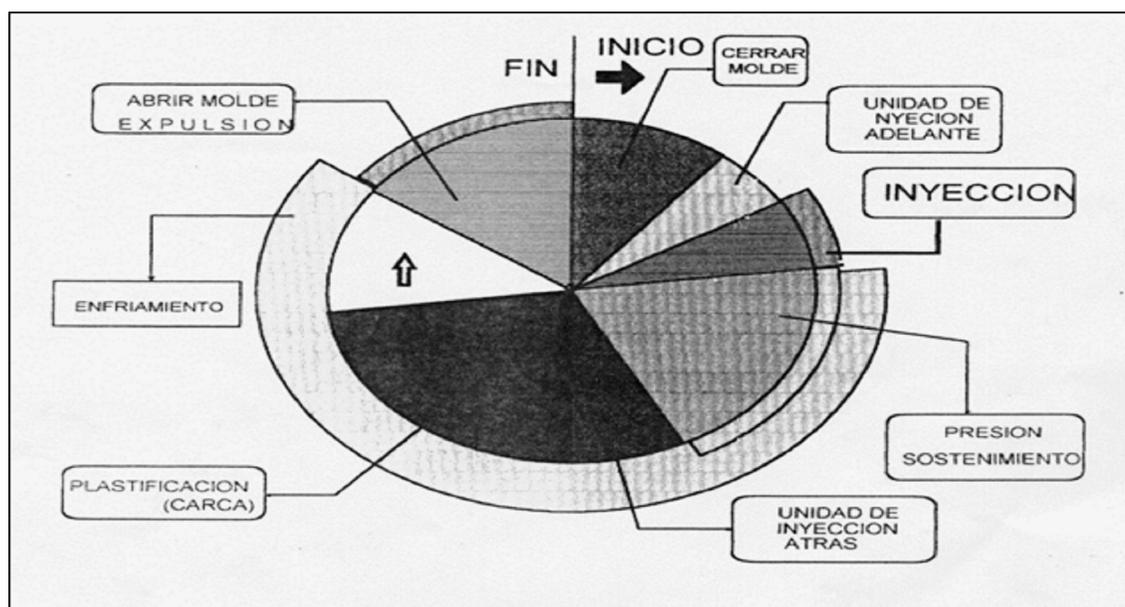
1. Unidad de Inyección
2. Unidad de cierre
3. Unidad de plastificación, motor.

Cada una de las etapas de este ciclo desempeña un proceso definitivo en la calidad de la pieza producida por lo que es muy importante establecer un adecuado ajuste de las variables en cada una de estas.

Las propiedades mecánicas de una pieza dependen no solamente de las características del material utilizado sino que en buena parte de las condiciones del proceso.

El ciclo de inyección se ejecuta automáticamente, previo ajuste de los parámetros por el usuario, como presión, velocidad, tiempos de enfriamiento e inyección. Las máquinas trabajan en modo automático mediante ciclos continuos, o semiautomático, ciclo por ciclo, dando paso al siguiente ciclo mediante la apertura y cierre de la puerta de seguridad al molde. Este último permite la corrección de parámetros o evacuación de material plástico que haya quedado en el molde. Este proceso es ilustrado en la figura 23.

Figura 23 Ciclo de inyección



Fuente: E. A. S. Marin., MODELADO DE UN SISTEMA DE INYECCION DE MATERIALES TERMOPLASTICOS CON PROPOSITOS DE SIMULACION Y VALIDACION EXPERIMENTAL, Pereira: Universidad Tecnológica De pereira, 2005.

- **Cierre del molde,** Desplazamiento de la placa móvil sobre la placa fija en la unidad de moldeo. Previamente, en la operación de montaje del molde se han fijado las distancias, velocidades y condiciones de la operación de cierre. La presión de cierre necesaria deberá ser aquella que sea capaz de soportar la suma de las presiones de inyección.
- **Inyección (llenado de cavidad):** Etapa decisiva para ciertas características de calidad de la pieza en las capas superficiales. La fase de inyección tiene

lugar desde que se inicia el desplazamiento del husillo hasta que deja de fluir material a la cavidad.

Su duración depende del volumen de la pieza a inyectar y de la velocidad con que se desplaza el husillo. La inyección continúa hasta que empieza a actuar la presión de compensación o pos-llenado (presión de sostenimiento).

- **Presión de sostenimiento:** Durante esta etapa se logra introducir en la cavidad el material necesario para compensar la contracción de volumen que experimenta la masa cuando se enfría dentro del molde. Así se determina el peso de la pieza, sus dimensiones finales y las características de su estructura interior.
- **Pistón de inyección atrás:** Una vez cesa de actuar la presión de sostenimiento se puede retirar la unidad de inyección para iniciar la carga o plastificación. Esto solo es posible si la máquina dispone de una boquilla con mecanismo de cierre si la boquilla es abierta.
- **Plastificación o carga:** Para la obtención de piezas de calidad alta y constante, es necesario garantizar la preparación de una masa de material homogénea, tanto térmica como mecánicamente durante cada ciclo. Esta es una de las principales funciones de la unidad de inyección/plastificación.

6 DISEÑO METODOLÓGICO

A continuación se enuncia el diseño metodológico desarrollado para el desarrollo del proyecto (Ver tabla 5), uno de los fines específicos de este proyecto es dejar la máquina de moldeo trabajando en condiciones normales u originales a través de la función de mando manual o semiautomático como se encuentra en condiciones actuales; este selector de dos posiciones se cambiará a un selector con una función adicional; el selector nuevo de tres posiciones tendrá la función adicional de mando automático quedando la máquina de inyección con los tres servicios de trabajo requerido manual, semiautomático y automático.

Activación Manual: en este mando de trabajo se realizará el ciclo de inyección paso a paso a través de la botonera; en esta se configurara los valores de *set point* de la velocidad, temperatura y presión de la máquina.

Activación Semiautomática: solo se realizará un ciclo de inyección tomando como condición inicial el momento en que se cierra la tapa de protección del molde inyección.

Activación SCADA: las funciones de este mando se realizarán en la construcción de este proyecto de automatización de la máquina de inyección de plásticos de Taller de Mecánica.

En este mando la funciones y operaciones de la máquina que inicialmente se manejaban a través de lógica cableada pasarán a ser controladas por el controlador lógico programable (PLC, por sus siglas en inglés) SIEMENS S7200, este leerá variables asociadas al proceso de Inyección como las ya mencionadas presión velocidad y temperatura. Dependiendo de los valores medidos en línea en el proceso de inyección el PLC tomara decisiones basándose en una lógica definida e introducida previamente en el desarrollo de este proyecto a través de la herramienta de programación de Siemens para la serie S7 200 llamada MICROWIN.

El *software* desarrollado en la herramienta descrita anteriormente maneja los temporizadores asociados al proceso de una forma digital, internamente la memoria del PLC manejará las bases de tiempo en la memoria EEPROM a diferencia de cómo se maneja en los otros dos mandos de activación ya mencionados donde se cuenta tiempo a través de dispositivos físicos, mecánicos y eléctricos que van conectados directamente a la lógica cableada del sistema.

Para leer los valores de temperatura de las resistencias que calientan el material de inyección se utilizará sensores de temperatura como las RTD o Termocuplas; para el procesamiento de estas de señales se tendrán dos opciones que se definirán en el desarrollo del proyecto:

- Adquirir módulos de entrada análogos para el PLC S7 200
- Desarrollo de una tarjeta de adquisición de datos basada en electrónica analógica que interpreta estas señales y transfiera estos datos al PLC.

Para la activación de los actuadores finales de la máquina como resistencias de calentamiento, bomba de aceite, motores de apertura y cierre se usarán dispositivos de mando intermedio de conmutación (Relés de estado sólidos, contactores, relevos) en forma paralela a las conexiones ya existentes que dan funcionalidad a los mandos manual y semiautomático que vienen originalmente de fábrica.

Los actuadores finales ya mencionados del proceso serán manejados por electroválvulas la mayoría de ellas hidráulicas que previamente van conectados a dispositivos de activación intermedia de conmutación.

Se instalarán algunos sensores inductivos para leer las condiciones iniciales y finales de la máquina de inyección de plásticos, reemplazando las funciones de los límites de carrera mecánicos en algunas situaciones, en otras se leerá la señal en forma paralela al sistema ya instalado utilizando los límites de carrera mecánicos que existen ya en el sistema.

Para medir la señal de presión se buscará acondicionar de forma paralela la señal de 4 a 20 mA entregada por el sensor Danfoss que posee el sistema de moldeo, buscando el no alterar dicha medida tomado por mandos ya existente de la máquina (Manual y Semiautomático); si se llegase el caso de sufrir alguna alteración en la medida se instalará un dispositivo para mediar la presión en forma paralela al existente.

El controlador lógico programable será conectado a un sistema de supervisión de proceso en tiempo real SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*, por sus siglas en inglés) utilizando un protocolo de comunicación compatible para ambos sistemas.

El sistema SCADA supervisa la secuencia del proceso de inyección y muestra las variables de temperatura, presión, velocidad asociadas al proceso y permite modificar los *set point* que involucran el proceso de inyección de plásticos

Tabla 5 Desarrollo metodológico

Objetivo General	Objetivos Específicos	Actividad	Procedimiento	Indicador/Evidencia
Realizar adecuación tecnológica de la máquina de inyección de plásticos del Taller de Mecánica, de la Universidad Tecnológica de Pereira.	Instalar y adaptar sensores para captar las variables de la máquina, temperatura, posición y presión.	Instalación de tres Termocuplas de forma paralela la máquina, para la lectura de las temperaturas en el husillo de plastificación.	Realizar la medición de estas tres temperaturas instalando tres Termocuplas nuevas tipo J, las cuales se conectaran al PLC a través de un circuito acondicionador de señal, las cuales tendrán una resolución 25 mV por grado centígrado, con la capacidad de sensar hasta 400°C.	Describir el proceso de adquisición, tratamiento y visualización de estas señales.
		Se leerá la señal del sensor de presión y será llevada al canal análogo del PLC.	Realizar la medición de esta presión se utilizando un sensor de presión danfoss, proporcionado por la UTP, cuya señal de voltaje será llevada a uno de los canales análogos del PLC, en el sensor se ajustara el cero y el spam.	Describir el proceso de adquisición y tratamiento de la señal.
	Realizar un reconocimiento completo de los finales de carrera, electroválvulas, y su conexionado eléctrico actual, que permiten realizar las modificaciones en la actualización tecnológica que se pretende realizar.	Identificación de los finales de carrera de la máquina.	Realizar la inspección física con equipo de medición y consultando manual de referencia de la máquina.	Realizar la referencia de los actuadores que son habilitados, por medio de cada uno de los finales de carrera, los cuales serán referenciados en la interfaz SCADA.
		Identificación de las electroválvulas de la máquina.	Realizar la inspección física con equipo de medición y consultando manual de referencia de la	Referenciar cada uno de los actuadores, que son controlados por las electroválvulas.

		máquina.	
Implementar el control de la máquina a través del uso de un autómata programable (PLC), con el fin de poder monitorear parámetros importantes del proceso de inyección como presión de inyección, caudal de inyección, temperatura de husillo, temperatura de plastificación, y tiempos de inyección.	Identificación de las variables de la máquina.	Verificar en la tesis de grado "Caracterización de la Inyectora de Plástico de la Facultad de Mecánica".	Enunciar todas las variables, que describen el funcionamiento de la máquina.
	Diseño e implementación los circuitos de adecuación de señales de entrada y de salida.	Simular en PROTEUS, y realizar pruebas en protoboard y laboratorio.	Enunciar y describir la arquitectura de diseño de la tarjeta, con sus diferentes componentes.
	Escalización de las variables analógicas.	Tomar las muestras de voltaje de los transductores, confrontadas con un patrón de medida.	Enunciar y describir, los valores de voltaje referidos a las variables identificadas en el sistema.
	Programación de PLC.	Elaborar el diagramas de flujo que luego se traducen al código apropiado para la CPU S7200.	Indicar el paso a paso del funcionamiento de la estructura lógica de programación, mostrar imágenes de evidencia.
	Programación sistema SCADA.	Elaborar el diagramas de flujo que luego se traducen al código apropiado para el sistema SCADA.	Indicar el paso a paso de la secuencia de comunicación entre el SCADA y el PLC, para las etapas de operación manual y automática, mostrar imágenes de evidencia.
Permitir la visualización del funcionamiento de la máquina con la implementación de una interfaz hombre máquina (HMI) a través de un sistema SCADA que facilite interactuar con la máquina de una manera más amena y versátil.	Implementación de protocolo de comunicación.	Instalar el driver Para el PC que hace el enlace entre el software SCADA y el PLC S7200.	Indicar el paso a paso para la selección e instalación del driver para generar la comunicación entre el SCADA y el PLC.
	Diseño e implementación del HMI en software SCADA.	Realizar el diseño gráfico de la interfaz, y elaboración de código apropiado	Realizar tablas y figuras, para las diferentes entradas y salidas de la inyectora, mostrar

			para software SCADA.	imágenes de evidencia.
Diseñar y montar una tarjeta acondicionadora de señal para la medición de temperatura de las zonas del husillo de plastificación.	Identificación y escalización de las variables, y diseño el circuito apropiado para la adecuación cada una de estas.	Elaborar de un sistema que utiliza tres amplificadores de instrumentación de la casa productora análogo device, que amplifica las señales entregadas por las Termocuplas, con una ganancia de 500 veces el voltaje de entrada, obteniendo una resolución de 25 mV por cada grado centígrado, también cuenta con una amplificación de 2,5 veces la entrada para un sensor IM35 que supervisa la temperatura ambiente.		Realizar diagramas esquemáticos del diseño, mostrar imágenes de evidencia.
		Sustraer la señal de salida de este sistema de amplificación de las señales de las Termocuplas por medio de un circuito diferenciador, de esta manera se está corrigiendo el voltaje que se genera en los empalmes de las Termocuplas con las borneras del circuito impreso, con esta resolución podemos medir una temperatura máxima de 400		Realizar diagramas esquemáticos del diseño, mostrar imágenes de evidencia.

		grados.	
<p>Modificar el sistema eléctrico de la máquina para trabajar en forma paralela a los circuitos eléctricos originales del sistema de inyección de plásticos.</p>	<p>Intervención de las señales de control de potencia mediante relevos que permitan seleccionar el sistema de mando a usar para el control de la máquina.</p>	<p>Utilizar los relevos de potencia para este proceso, como condición inicial dependiendo del selector de mando de tres posiciones de la inyectora, se definirá quien toma la acción del control, bien sea el control eléctrico original de la maquina o el control a través de la adecuación tecnológica instalada, con el uso del circuito de conmutación.</p>	<p>Realizar los diagramas esquemáticos, de diseño y conexionado eléctrico.</p>
		<p>Realizar diseño y construcción del circuito de conmutación conformado por un opto triac el cual se activa con una señal de bajo voltaje (24 Vdc), y le da la señal de activación a un triac de potencia, para manejar cargas a 110 voltios, este circuito ofrece un aislamiento entre fuentes en el orden de los kilo voltios.</p>	<p>Enunciar y describir la arquitectura de diseño de la tarjeta, con sus diferentes componentes.</p>
<p>Realizar esquema eléctrico del nuevo conexionado del equipo de inyección, que facilite la</p>	<p>Demarcación del conexionado eléctrico y de control, con el</p>	<p>Rotular todo el cableado, el cual permitirá identificar las diferentes conexiones</p>	<p>Mostrar imágenes de evidencia, de la rotulación física realizada.</p>

	<p>interventoría en caso de contingencias o fallas eléctricas.</p>	<p>fin de facilitar el diagnostico en caso de contingencias.</p>	<p>eléctricas del sistema.</p>	
		<p>Elaboración de los diagramas eléctricos y de conexiones entre los sistemas SCADA, PLC y entradas y salidas de la inyectora.</p>	<p>Realizar el sistema eléctrico, empleando un software de diseño.</p>	<p>Suministrar como un anexo, el diagrama eléctrico en forma digital.</p>

Fuente: Autores

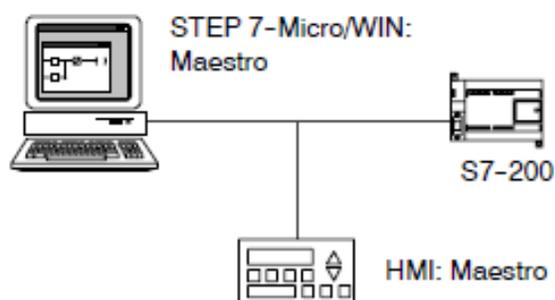
7 DESARROLLO DEL PROYECTO

7.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ENTRE EL PLC S7200 Y EL SCADA

7.1.1 Protocolo PPI

PPI es un protocolo maestro esclavo. Los maestros envían peticiones a los esclavos y éstos responden (Ver figura 24). Los esclavos no inician mensajes, sino que esperan a que un maestro les envíe una petición o solicite una respuesta. Los maestros se comunican con los esclavos vía un enlace compartido que es gestionado por el protocolo PPI. El protocolo PPI no limita el número de maestros que se pueden comunicar con un mismo esclavo Sin embargo la red no puede comprender más de 32 maestros.

Figura 24 Dispositivos en red PPI



Fuente: SIEMENS, MANUALES DE DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACIÓN SIEMENS.

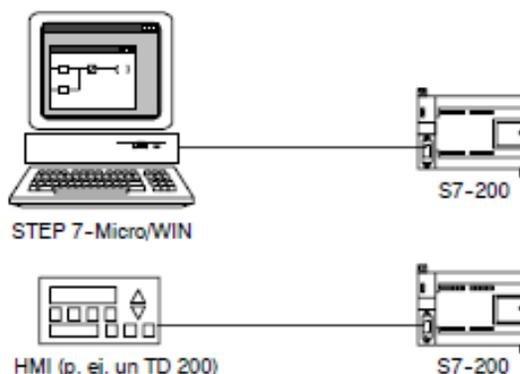
7.1.2 Redes PPI Mono maestro

En una red Mono maestro, el PC o la PG y la CPU S7- 200 se interconectan bien sea mediante un cable multimaestro PPI, o bien utilizando un procesador de comunicaciones (CP) instalado en el PC o la PG.

En la red de ejemplo que aparece en el lado superior de la figura 25, el PC o la PG (con STEP

7- Micro/WIN) es el maestro de la red. En la red de ejemplo que aparece en el lado inferior de la figura 25, una interfaz hombre . máquina o aparato HMI (p. ej. un TD 200, un panel táctil o un panel de operador) es el maestro de la red.

Figura 25 Red PPI modo Mono maestro



Fuente: SIEMENS, MANUALES DE DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACIÓN SIEMENS.

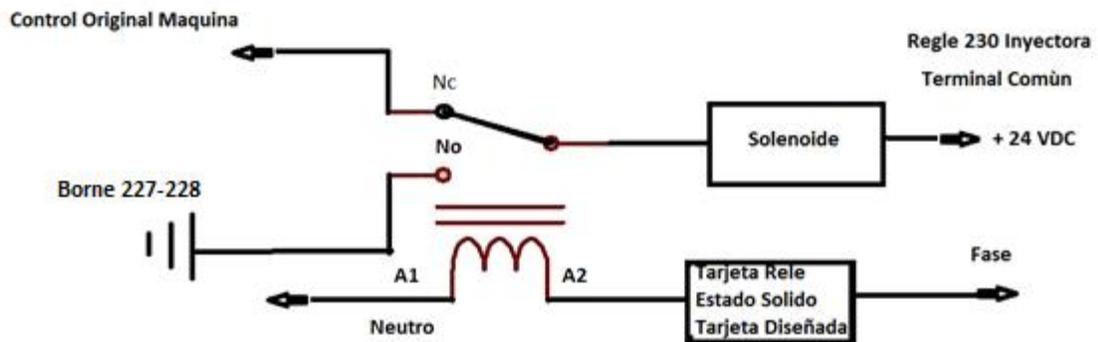
En ambas redes, la CPU S7-200 es un esclavo que responde a las peticiones del maestro.

Para el protocolo de comunicación se descargó de la página web de INDUSOFT un *driver* SIPPI, que fue instalado en el PC que se utilizó para el desarrollo de este proyecto.

7.2 RECONOCIMIENTO DEL CABLEADO DE POTENCIA DE LOS ACTUADORES FINALES

Para el normal funcionamiento de la máquina, con las adecuaciones tecnológicas realizadas, se hizo un corte en el cableado de potencia para la activación de las electroválvulas hidráulicas (Ver figura 26), dentro el corte realizado se introdujo borneras de conexión para permitir la conexión en serie del contacto normalmente cerrado de cada uno de los relevos de 110 Voltios en el tablero de control de potencia. Teniendo en cuenta que el contacto perteneciente al punto común debe de ir conectado a la solenoide que permite activar el actuador final, el contacto normalmente cerrado se conecta al sistema de control electrónico original de la máquina y el contacto normalmente abierto se conecta al terminal positivo de la fuente de potencia de 24 VDC de la inyectora de plásticos, este nivel de potencia se debe tomar del terminal 229 del borne de conexiones de la inyectora

Figura 26 Esquema cableado de actuadores finales

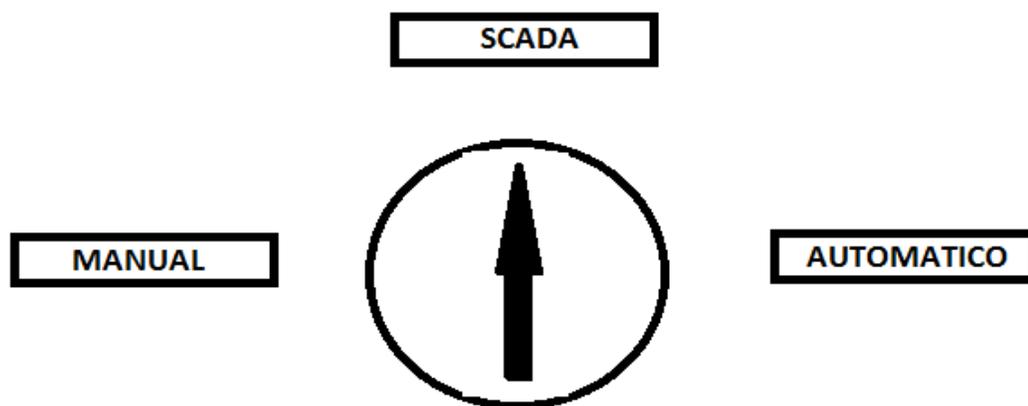


Fuente: Autores

7.3 CONDICIONES INICIALES PARA LA ADECUACIÓN TECNOLÓGICA REALIZADA

En el tablero de control original de la máquina se instaló un selector de tres posiciones, que se ilustra en la figura 27, el cual determina tres modos de operación manual, SCADA y automático. Cuando el selector se encuentra en la posición SCADA la inyectora estará deshabilitada para sus dos mandos de operación. La estructura existente para el moldeo de piezas ejecutara acciones a través de la adecuación tecnológica realizada.

Figura 27 Selector de modo de funcionamiento



Fuente: Autores

El proyecto se diseñó de tal manera que la fuente de potencia de + 24 VDC sea la misma que posee la máquina inyectora de plástico por consiguiente no se tendrá otra fuente diferente para el manejo de potencia, la cual pueda acarrear problemas de corto circuito si se llegase a dar por error, la simultaneidad entre el mando de la máquina por el control original o por la adecuación tecnológica realizada.

Al igual que en el diseño original de la máquina de moldeo se habilitaron las electroválvulas hidráulicas a través del terminal positivo, la referencia negativa será el punto común para todas las electroválvulas instaladas (Terminal 230 del regle de conexiones inyectora de plástico).

Por condiciones de seguridad si llegase a cambiar el modo de operación de la máquina pasando de SCADA a cualquiera de los otros dos modos (manual o automático), mientras se realiza un ciclo de inyección, el sistema de adecuación instalado tiene la capacidad de generar una interrupción de todas las funciones de salidas asociada al proceso y dejara el mando de las variables involucradas al control original de la máquina, de esta manera se garantiza que no haya condiciones de simultaneidad entre el control original de la inyectora y la adecuación realizada al momento de dirigir las variables asociadas al moldeo de piezas plásticas.

7.4 DISPOSITIVOS SUMINISTRADOS POR LA UNIVERSIDAD PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

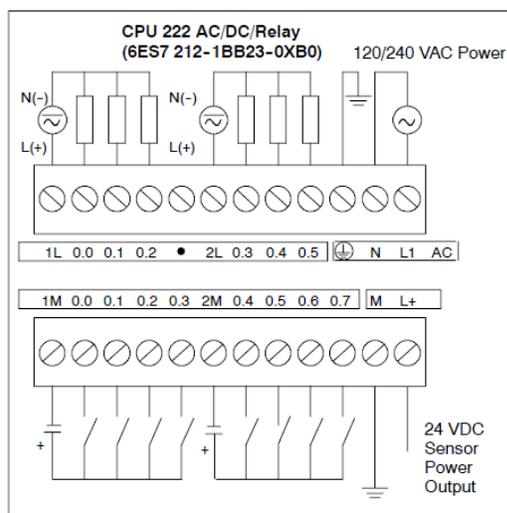
Para realizar la adecuación tecnológica de la maquina inyectora de plástico la universidad cuenta Con los siguientes elementos:

- CPU 222 AC/DC /RELAY
- MODULO ANALOGO EM 235
- TABLERO CON RELES A 110V PAR LA CONMUTACION DE POTENCIA
- GABINETE METALICO PARA TABLEROS DE CONTROL.
- COMPUTADOR DE MESA.

7.5 ESQUEMA DE CONEXIONES CPU 222

La CPU 222 tiene la posibilidad de conectar 8 entradas digitales y 6 salidas digitales que pueden manejar carga AC o DC dependiendo de la alimentación en los puntos 1L y 2L. En la figura 28 se ilustra el diagrama de conexiones de la CPU222 del PLC SIEMENS S7200.

Figura 28 Esquema de conexiones CPU222

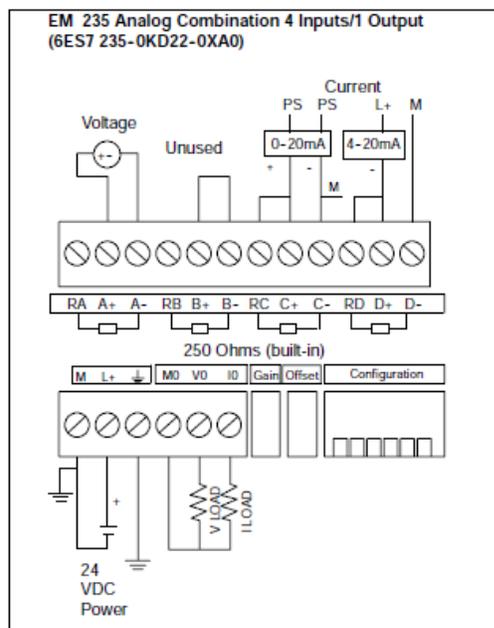


Fuente: SIEMENS, *MANUALES DE DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACIÓN SIEMENS*.

7.5.1 Módulo análogo EM 235

Para el desarrollo de este proyecto, se requiere medir diferentes tipos de variables de tipo analógico que tienen que ser leídas a través del módulo analógico del PLC. Para esta función se tiene el módulo EM235 de SIEMENS, el cual cuenta con cuatro entradas analógicas y una salida analógica. La figura 29 ilustra el esquema conexión del módulo EM235.

Figura 29 Esquema de conexión del módulo analógico EM235



Fuente: SIEMENS, *MANUALES DE DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACIÓN SIEMENS.*

Para la configuración de los rangos y el tipo de entrada analógica (voltaje o corriente) del EM 235 es necesario cambiar la forma en que están los interruptores del *minidip* como se muestra en la tabla 6:

Tabla 6 Configuración de micro switches

Unipolar						Rango máx.	Resolución
Int. 1	Int. 2	Int. 3	Int. 4	Int. 5	Int. 6		
ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	0 a 50 mV	12,5 μ V
OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	0 a 100 mV	25 μ V
ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	0 a 500 mV	125 μ V
OFF	ON	OFF	OFF	ON	ON	0 a 1 V	250 μ V
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0 a 5 V	1,25 mV
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0 a 20 mA	5 μ A
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	0 a 10 V	2,5 mV
Bipolar						Rango máx.	Resolución
Int. 1	Int. 2	Int. 3	Int. 4	Int. 5	Int. 6		
ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	\pm 25 mV	12,5 μ V
OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF	\pm 50 mV	25 μ V
OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	\pm 100 mV	50 μ V
ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	\pm 250 mV	125 μ V
OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	\pm 500 mV	250 μ V
OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	\pm 1 V	500 μ V
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	\pm 2,5 V	1,25 mV
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	\pm 5 V	2,5 mV
OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	\pm 10 V	5 mV

Fuente: SIEMENS, *MANUALES DE DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACIÓN SIEMENS.*

El escalado de los valores de entrada y salida se puede tomar de los siguientes diagramas.

Aquí se explican los conceptos unipolar, bipolar+. Especialmente importante para el STEP 7-Micro/Win.

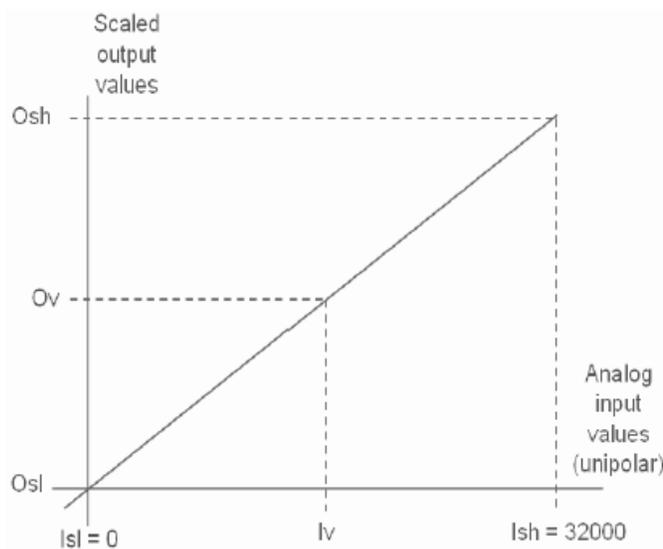
El escalado unipolar solo se desarrolla en el rango de valores positivos o negativos (la Figura 30 muestra un ejemplo para valores de entradas analógicas de 0 a 32.000).

Para la ejecución de este proyecto, se configuro el módulo análogo en modo unipolar.

7.5.2 Escalado unipolar

En la gráfica de la figura 30, se utilizó como guía para escalar de las variables del sistema.

Figura 30 Escalado unipolar de un canal análogo

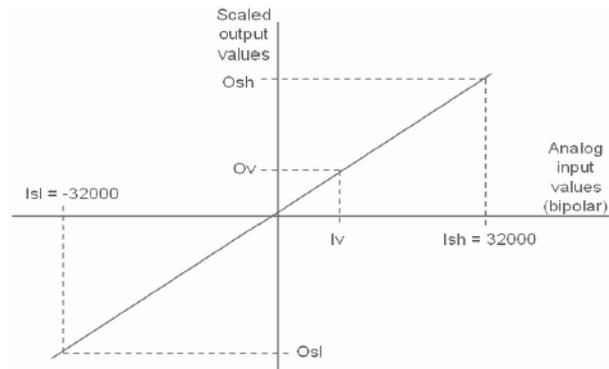


Fuente: SIEMENS, *MANUALES DE DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACIÓN SIEMENS.*

7.5.3 Conexión bipolar

La figura 31 muestra el escalado unipolar para cualquiera de los canales analógicos de entrada o de salida que posee el módulo EM235

Figura 31 Escalado bipolar de un canal análogo



Fuente: SIEMENS, *MANUALES DE DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACIÓN SIEMENS.*

7.5.4 Tablero de relés

La Universidad Tecnológica, proporciono el tablero de relés con los elementos de conmutación de potencia, los cuales manejan cada una de las electro-válvulas hidráulicas de la máquina de inyección, sin el cableado. La labor de cableado fue llevada a cabo por los integrantes de este proyecto. El proceso de cableado se ilustra en la figura 32.

Figura 32 Cableado de potencia



Fuente: Autores

7.5.5 Gabinete metálico

Además del uso del gabinete para las conexiones eléctricas de potencia y de control, se usa como soporte para la CPU, el monitor y teclado del computador utilizado para este desarrollo, que se muestran en la figura 33.

Figura 33 Gabinete metálico y CPU



Fuente: Autores

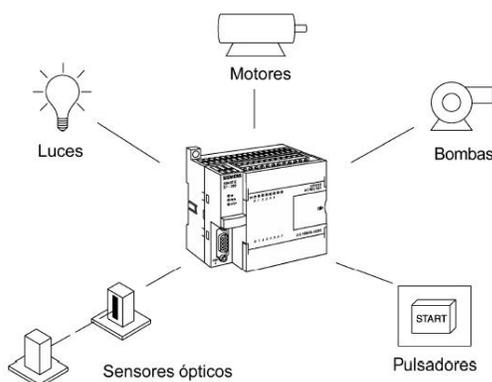
7.5.6 CPU computador de mesa

Como uno de los objetivos específicos de la adecuación tecnológica es la implementación de un sistema SCADA; se requiere un computador y la universidad tecnológica de Pereira destino un dispositivo de marca Hewlett Packard el cual se formateo previamente y se le cargo un Sistema Operativo Windows XP con service pack 3, el equipo cuenta con un procesador Pentium 4 , 1 Gigabyte de memoria RAM, se instala el software STEP 7 Microwin versión 4.0 el cual se utilizara para la programar el PLC s7200 en ambiente Windows; también se instala una versión demo del software INDUSOFT Web Studio Studio Versión 6.2 por medio de la cual se desarrollara la aplicación del sistema control y supervisión en tiempo real de procesos este software posee las herramientas de automatización para el desarrollo de aplicaciones HMI (Interfaz hombre maquina), en esta aplicación se instala de forma adicional los drives SIPPI para comunicación con el PLC Siemens S7200 el cual contiene el protocolo de comunicación serial PPI que es el nativo de los PLC Siemens S7200 y así la herramienta SCADA pueda interactuar con el PLC.

7.5.7 PLC SIEMENS S7-200

Los Controladores Lógicos Programable (PLCs). También llamados autómatas programables forman parte de la familia de los ordenadores. Se usan en aplicaciones comerciales e industriales (ver figura 34). Un autómata monitoriza las entradas, toma decisiones basadas en su programa y controla las salidas para automatizar un proceso o máquina.

Figura 34 Periféricos asociados al PLC



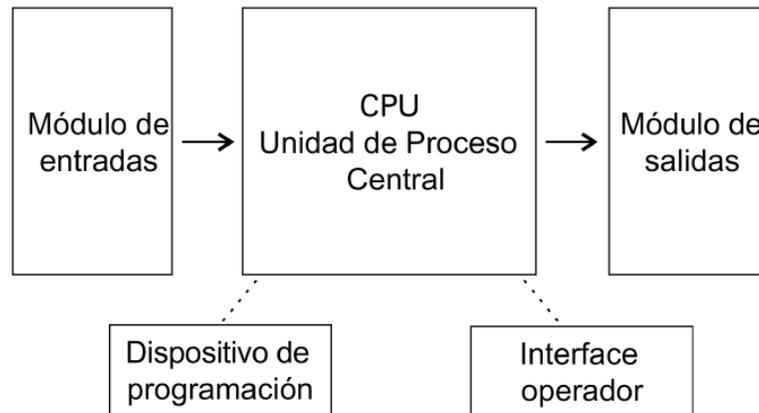
Fuente: «Ira.unileon.es,» Simatic S7, Manual de programación., [En línea]. Available:

http://Ira.unileon.es/sites/Ira.unileon.es/files/Documents/plc/Simatic/Manual_programacion_simatic_s7_300.pdf. [Último acceso: 3 Febrero 2013].

7.5.7.1 Funcionamiento básico

Un autómata programable está formado por módulos de entradas una CPU y módulos de salidas (ver figura 35); las señales de entradas se pueden dividir en entradas analógicas o digitales esta señales van a los diferentes módulos los cuales procesan la información de voltaje recibida, convierten la señal a un lenguaje que la CPU pueda interpretar; esta toma las decisiones y ejecuta las instrucciones de control basadas en las instrucciones del programa de la memoria. Los módulos de salida convierten las instrucciones de control de la CPU en una señal digital o analógica que se puede usar para controlar dispositivos de campo (actuadores). Se usa un dispositivo de programación para introducir las instrucciones deseadas. Estas instrucciones especifican lo que debe hacer el autómata según una entrada específica. Un dispositivo operador permite procesar la información para ser visualizada e introducir nuevos parámetros de control.

Figura 35 Diagrama de bloques de un PLC



Fuente: «lra.unileon.es,» Simatic S7, Manual de programación., [En línea].

Available:

http://lra.unileon.es/sites/lra.unileon.es/files/Documents/plc/Simatic/Manual_programacion_simatic_s7_300.pdf. [Último acceso: 3 Febrero 2013].

Anteriormente no se usaban autómatas programables, muchas de esas tareas de control se solucionaban mediante relés o contactores, esto con frecuencia se denominaba control mediante lógica cableada, se tenía que diseñar los diagramas de circuito especificar e instalar los componentes eléctricos y crear listas de cableado, entonces los electricistas debían cablear los componentes necesarios para realizar una tarea específica, si se cometía un error los cables tenían que volver a conectarse correctamente, un cambio en su función o una ampliación del sistema requería grandes cambios en los componentes y su recableado.

Con la implementación de los PLC,s se pueden resolver tareas mas complejas; el cableado entre dispositivos y los contactos entre relés se hacen en el programa del automata, aunque todavia se requiere el cableado para conectar los dispositivos de campo este es menos intenso, la modificacion de la aplicación y la correccion de errores son más fáciles de realizar, se simplifica la forma de crear y cambiar un programa en un automata, que cablear y recablear un circuito.

7.5.7.2 Ventajas Del Uso de automatizables programables

Las ventajas que tiene un PLC frente a la lógica cableada se describe a continuación:

- Menor tamaño físico que las soluciones de cableado.
- La realización de cambios es más fácil y rápida.
- Los autómatas llevan integradas funciones de diagnóstico.
- Los diagnósticos están disponibles en la PC.
- Las aplicaciones pueden ser inmediatamente documentadas.
- Se pueden duplicar las aplicaciones más rápidamente y con menor costo.

7.6 DESARROLLO DE CIRCUITOS PARA LA INTERFAZ DE ENTRADA

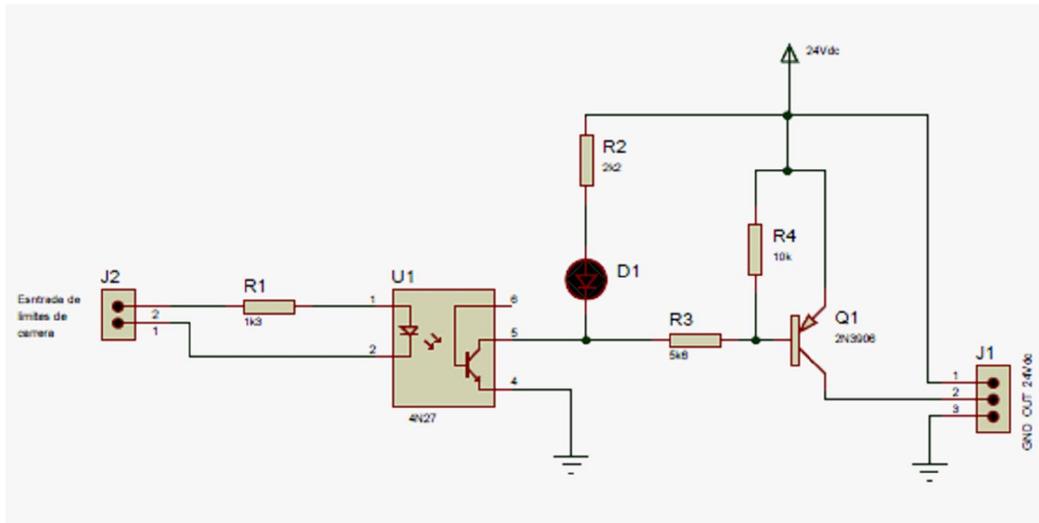
Para realizar la adecuación tecnológica del sistema se requieren obtener la señales de los límites de carrera que permitan definir las condiciones iniciales y finales del proceso; inicialmente se planteó instalar límites de carrera como sensores inductivos pero esto acarrea un gasto adicional, además de una adecuación mecánica para poder dejar el sistema de tal manera que se puedan graduar según la necesidad de posicionamiento.

Una de las características técnicas de la máquina, señalada en el catálogo de esta, es que las entradas digitales de su sistema de control son accionadas cuando se conectan al terminal GND y por esta razón los sensores de final de carrera, siendo interruptores normalmente abiertos, al accionarse conectan cada una de las entradas con el terminal GND.

Las entradas lógicas del PLC S7200, son accionadas al conectar estas a 24Vdc, lo que difiere del sistema existente. En pro de buscar el diseño más adecuado confiable y seguro se optó por diseñar una tarjeta interfaz para leer los límites de carrera de tal manera que no se altere el funcionamiento de la máquina y se pueda leer las diferentes entradas que provienen de la inyectora de plástico por el PLC sin ningún inconveniente.

Para esta aplicación se escogió el 4N27 como circuito opto-acoplador entre los límites de carrera de la máquina de moldeo y la entrada digital del PLC SIEMENS S7200, como se ilustra en la figura 36. Para la verificación visual del correcto funcionamiento de este circuito, se agregó un led piloto que enciende al accionarse el límite de carrera al cual se encuentra asociado. Este circuito es ilustrado en la figura 36.

Figura 36 Acople de límites de carrera



Fuente: Autores

7.7 DESARROLLO DE CIRCUITOS PARA LA INTERFAZ DE SALIDAS

La CPU 222 posee 8 entradas digitales y 6 salidas digitales, para el proceso de moldeado de piezas plásticas que se quiere adecuar no serían suficientes, por consiguiente se adquirió un módulo de expansión EM 223 quedando con 16 entradas digitales más para el proceso y 16 salidas más para activar los diferentes actuadores (Ver figura 37); en total se tienen 24 entradas digitales y 22 salidas digitales, a continuación se muestra la imagen y las conexiones del nuevo módulo adquirido.

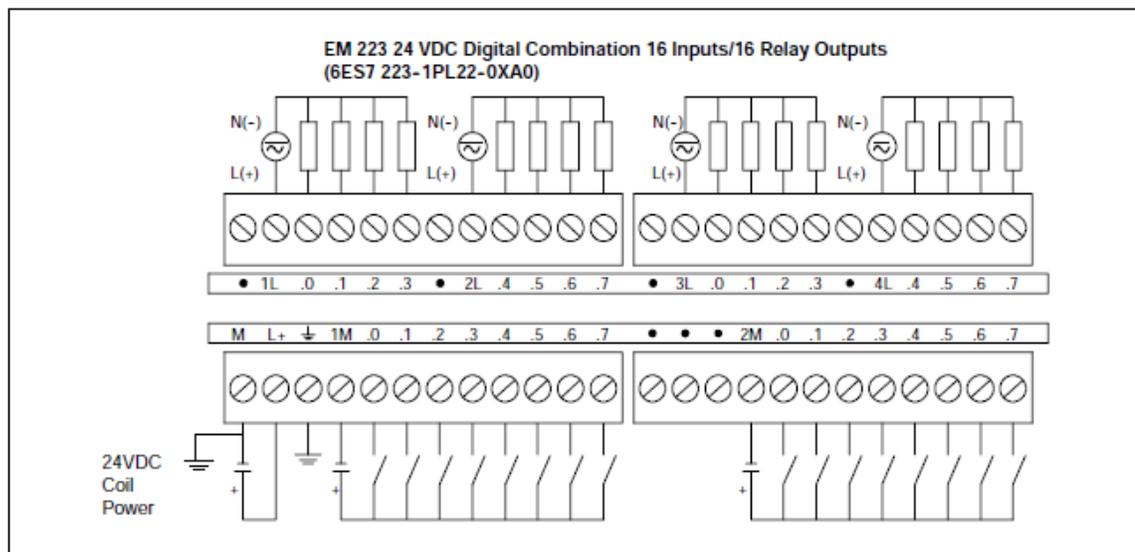
Figura 37 Módulo de expansión EM223



Fuente: Autores

El módulo EM223 cuenta con 16 salidas digitales DC y 16 entradas digitales DC, esto permite tener control sobre el resto de los actuadores de la máquina. Este módulo se ilustra en la figura 38.

Figura 38 Esquema de conexión módulo de expansión.



Fuente: SIEMENS, *MANUALES DE DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACIÓN SIEMENS.*

Ya se tienen las salidas disponibles para activar cada una de las electroválvulas hidráulicas del sistema pero se tuvo en cuenta que la fuente del PLC no daba la capacidad de corriente para soportar todo el sistema, de potencia por consiguiente se hizo uso de los relés del tablero de control existente aunque se adicionaron 4 más. Se hizo partícipe la cualidad de conmutación de este elemento, se tiene la ventaja de una red de 110V para activar las bobinas de cada uno de los elementos de conmutación electromecánica y sin tener problemas por capacidad de corriente pues simplemente se debe tener el conductor apropiado y la red eléctrica suministraría la corriente solicitada.

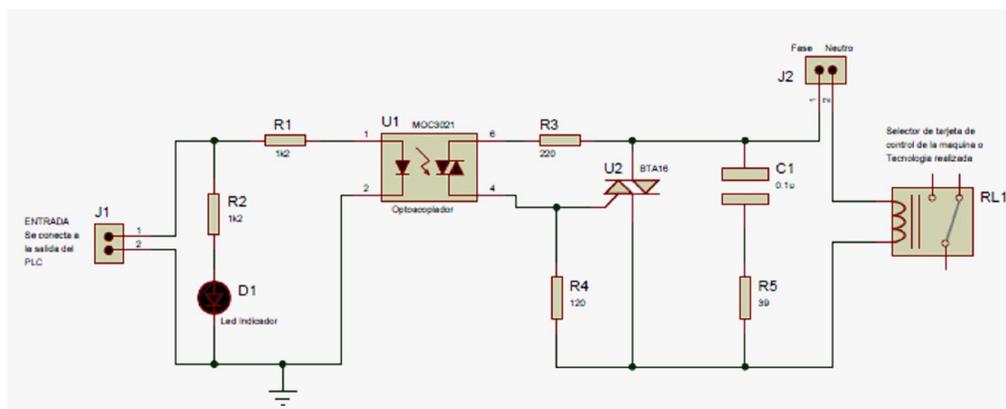
Para activar las solenoides se hizo uso de la fuente existente de la inyectora de plástico que manejan los elementos finales de accionamiento; la fuente se tomó de los puntos 230 (común del regle de la inyectora) y 229 (terminal de + 24VDC del regle de conexiones de la inyectora) en estos dos terminales se encuentra la fuente de potencia que soporta el amperaje solicitado por cada una de las electroválvulas hidráulicas del sistema de inyección de plástico; con este criterio de diseño se reduce el costo pues se suprime el uso de una fuente adicional para manejar el sistema de potencia.

Las salidas del controlador lógico programable entregan 24VDC con este nivel de tensión es imposible habilitar las bobinas de los relés pues estas trabajan a 110VAC, por consiguiente se desarrolló el diseño de un relé de estado sólido, el cual se habilitara con 24VDC a baja corriente, sin necesidad de recargar la fuente interna del PLC, pues esta es la única de la que se dispone para el sistema de control del nuevo desarrollo.

7.8 RELÉ DE ESTADO SÓLIDO

Un relé de estado sólido es un dispositivo que utiliza semiconductores para realizar las conexiones, en lugar de contactos metálicos como los utilizados en elementos como relés y contactores (Ver figura 39). Este sistema trae consigo muchísimas bondades entre ellas la rapidez de activación; al no tener contactos mecánicos no se produce desgaste en estos puntos, los sistemas de estado sólido son más livianos y su tamaño es mucho más reducido que el de los elementos electromecánicos y la mejor cualidad es que proporcionan varios Kilo voltios (KV) de aislamiento entre la fuente DC de baja tensión y la fuente AC de alta tensión.

Figura 39 Relé de estado solido



Fuente: Autores

7.8.1 Elección del OPTOTRIAC Í MOC3021Î

Para seleccionar el opto triac se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

1. Que pueda manejar el voltaje de la carga igual a 120VAC rms. *El cual puede manejar hasta 400Vpico (State output terminal voltaje).*

2. Que el nivel de aislamiento sea al menos 10 veces la diferencia de tensión entre la salida y la entrada que en este caso es $10 \cdot (120 \cdot \sqrt{2} - 24) = 1457,05V$. *El cual puede manejar hasta 7500Vrms (Isolation surge voltaje).*
3. Que tenga la capacidad para disparar el TRIAC en el peor cuadrante, para lo cual se requiere de 10 a 50 mA máximo, y *el OPTOTRIAC puede manejar hasta 1A de corriente pico (ITSM).*

7.8.2 Cálculo de la resistencia de 1.2k ¹

Considerando que el valor de corriente directa máxima del LED del OPTOTRIAC dado por el fabricante (ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS) es de $I_F = 60mA$, se debe elegir un valor entre 10mA e I_F para asegurar el disparo adecuado.

De la malla de entrada (malla1) y eligiendo $I_F = 17mA$, se tiene:

$V_F = \text{FOWARD VOLTAJE } V_F = 1.5V$

$R_L = (+V_{CC} - V_F) / I_F = (+24 - 1,5) / 17mA = 1.28K\Omega$

EN EL COMERCIO SE CONSIGUE DE 1.2K

Para el TRIAC se seleccionó el BTA 16, que es un TRIAC que puede soportar hasta 16 amperios de carga para este desarrollo solo se requieren 200 mili amperios de carga que es la corriente que me demanda la bobina de excitación de los relevos.

Para disparar el TRIAC se requiere entre 10mA y 50mA el MOC 3021 entrega hasta un amperio suficiente para activar el TRIAC.

7.9 VARIABLES ANALOGAS A MEDIR

Dentro el diseño realizado no solo se requiere inspeccionar variables digitales, también debe leer variables de temperatura y presión. Estas varían su valor en el tiempo por lo tanto se requiere, para esta aplicación, utilizar el módulo de entradas y salidas análogas EM235. Este dispositivo está dotado de cuatro entradas análogas y una salida análoga, con ellas se medirán las siguientes variables:

- **Presión de aceite hidráulico:** Se mide la presión de trabajo a través del sensor DANFOSS MSB4050 instalado en la máquina que me entrega una señal de 4 a 20 mA, la cual debe ser acondicionada a señales de voltaje de 0 a 10V dependiendo de la presión de trabajo y del ajuste que previamente se realizó de cero y span.

- **Salida análoga de 0- 10V:** (Activación de la válvula proporcional de caudal), la válvula proporcional que trae la inyectora de plástico trabaja de 0 a 350 bar ó de 0 a 5145 PSI.
- **Tres temperaturas en el tubo de plastificación:**
 - **T1** temperatura inicial después de la tolva de almacenamiento (temperatura inicial de menor valor).
 - **T2** temperatura intermedia de plastificación $T2 > T1$.
 - **T3** temperatura en boquillas de salida este punto es la entrada de alimentación del molde $T3 > T2 > T1$.

7.10 DESARROLLO DE TARJETA ACONDICIONADORA DE TEMPERATURA

En el diseño realizado se planteó que todo el sistema sería paralelo al existente pero para la medición de las temperaturas se utilizara Termocuplas nuevas pues técnicamente no se pueden realizar empalmes adicionales a estos dispositivos de medida. Si se realizara dicha conexión se alteraría la señal; se debe tener en cuenta que si sometiera las puntas de los termopares a empalmes se estaría agregando un nuevo valor de voltaje generado por el empalme de tal manera que lo que se genera una señal errónea de medida.

En las pruebas realizadas al módulo EM 235 se encontró que todas las señales deben ser configuradas bajo el mismo rango de voltaje, es decir, todas las señales de entrada deben tener la misma resolución. Esto implica que las señales de temperatura entregadas por las Termocuplas deben ser acondicionadas a estos niveles de voltaje.

Al conectar las Termocuplas a los diferentes canales análogos se observó que el módulo EM235 no es apto para señales de tan baja resolución, éste no realizaba la correcta adquisición ya que los termopares generan señales del orden de los micro voltios por grado centígrado ($\mu V/ C$). Se investigó y se encontró que SIEMENS fabrica un módulo especializado para Termocuplas que es el EM 231 ahora el problema es de presupuesto pues el dispositivo requerido tiene un costo en el mercado alrededor de \$ 1.200.000 más IVA incluido (COP) costo que no se puede asumir pues ya se habían asumido el costo de los otros materiales utilizados para el desarrollo del proyecto, dentro de estos se puede destacar el módulo de expansión de entradas y salidas EM223 que se adquirió.

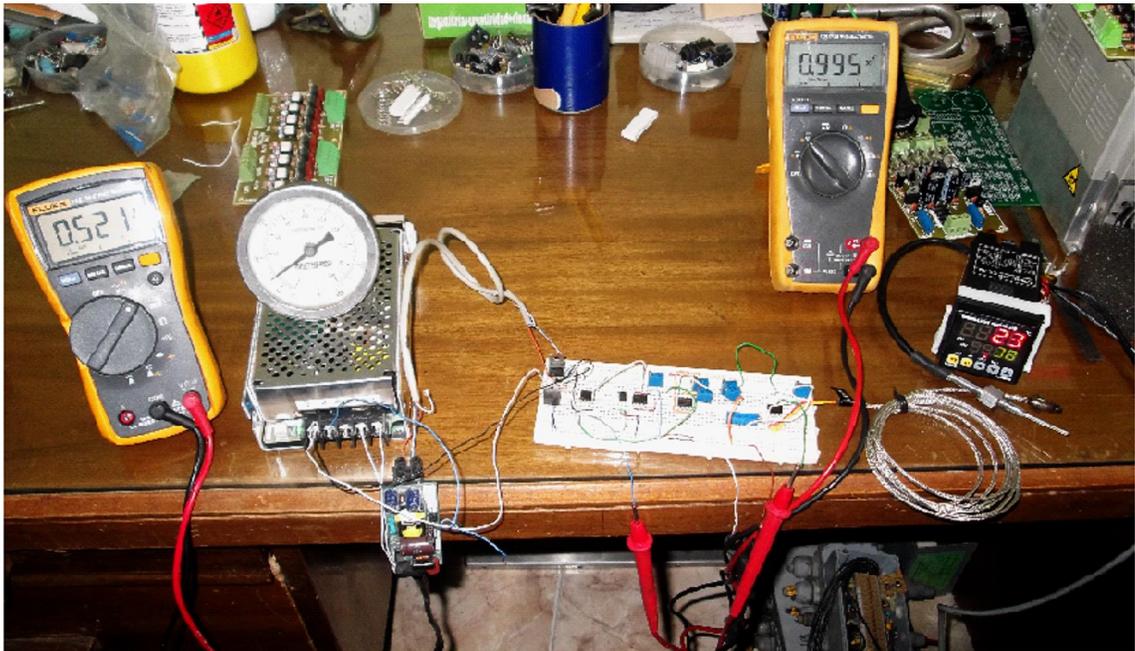
Este inconveniente se resolvió diseñando un circuito acondicionador de señal, basado en electrónica análoga, el sistema toma la señal generada por las Termocuplas el cual realiza la compensación de la temperatura ambiente de tal

manera que se entrega una señal amplificada e idónea entre 0V y 10V para cada canal análogo.

Inicialmente se realizaron pruebas de laboratorio para ajustar el diseño del circuito acondicionador antes de entrar a la etapa de construcción del PCB, donde se debe plasmar el circuito correcto sin ningún error de diseño; del éxito de estas dos etapas depende el correcto funcionamiento del sistema de adquisición de datos de temperatura.

La figura 40 muestra el momento en el cual se ajustaron los valores de ganancia generada por los amplificadores de instrumentación, además, de los diferentes elementos que se utilizaron como patrones de medida para comparar el valor de entrada a los canales análogos.

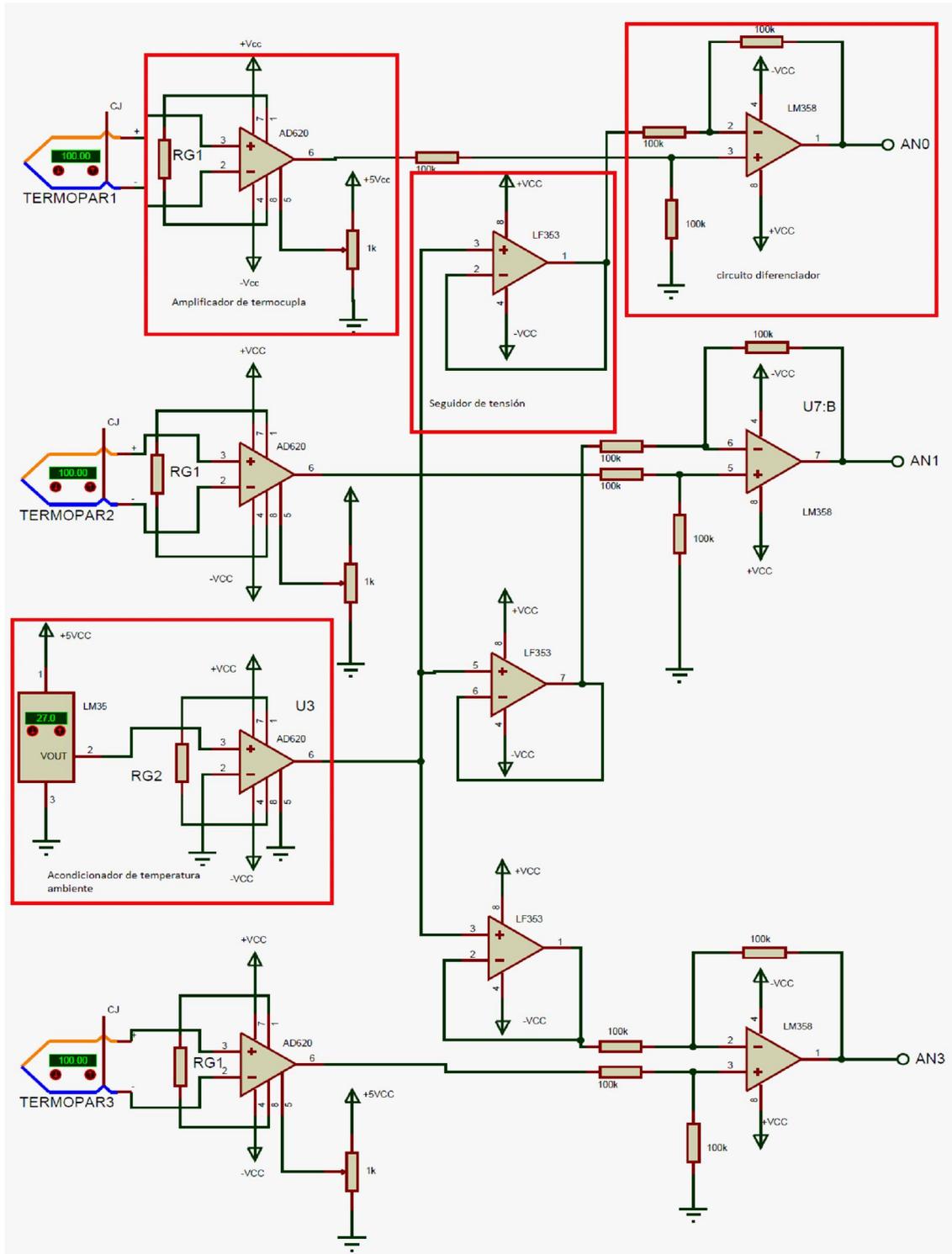
Figura 40 Pruebas de laboratorio a diseño de circuito acondicionador de señal de Termocuplas



Fuente: Autores

La adecuación de las señales entregadas por las Termocuplas se ilustra en el circuito de la figura 41.

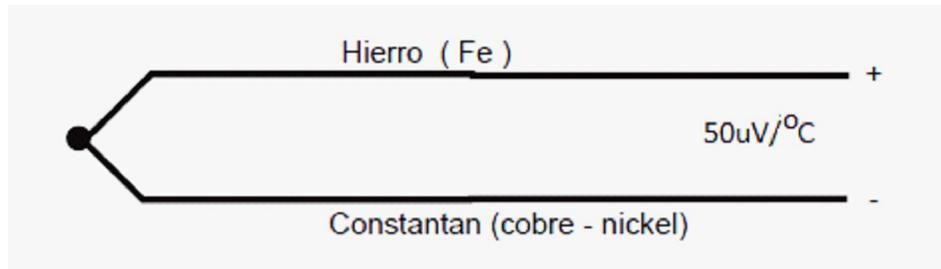
Figura 41 Circuito acondicionador de señales de Termocuplas



Fuente: Autores

Para esta aplicación se selección una Termocupla tipo j la cual tiene una respuesta de $50 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$, que se ilustra en la figura 42.

Figura 42 Termocupla tipo J



[7]

7.10.1 Circuito Amplificador de Termocupla

La primera etapa de amplificación del circuito acondicionador de señal está conformada por la resistencia R_G , el amplificador AD620 y el potenciómetro de $1k$.

El diseño planteado determina una escala de 25 mili voltios por grado centígrado. Al amplificar la señal inicial de la Termocupla de 50 micro voltios por grado centígrado se genera una ganancia $G = 500$. El amplificador de instrumentación de la compañía Análogo Device AD620 tiene una ganancia máxima de 1000, suficiente para cubrir la necesidad de esta aplicación.

La ganancia del circuito está dada por la ecuación 1:

$$1. G = \frac{49.4k\Omega}{R_G} + 1 \quad (1)$$

Despejando R_G de la ecuación, 1 se tiene:

$$2. R_G = \frac{49.4k\Omega}{G-1} \quad (2)$$

Reemplazando en la ecuación 2 por el valor de la ganancia requerida, se tiene:

$$3. R_G = \frac{49.4k\Omega}{500-1} \quad (3)$$

Por lo tanto

$$4. R_G = 98.2\Omega \quad (4)$$

El potenciómetro de $1k$, desplaza la señal de referencia del AD620 $1,12V$ para garantizar que la salida sea siempre positiva en el caso de que la temperatura leída por la Termocupla sea menor que la temperatura ambiente.

7.10.2 Acondicionador de temperatura ambiente

Este circuito se diseñó con el fin de realizar La compensación a cero en la lectura de las Termocuplas, es decir, restar la temperatura ambiente a la temperatura leída por estas, ya que el valor entregado por estos sensores son la suma de la temperatura del sistema más la temperatura ambiente, este proceso es realizado por el circuito integrado LM35, resistencia RG2 y el amplificador operacional AD620. La señal de la Termocupla y la señal de compensación a cero se llevan a un diferenciador conformado por tres resistencias de $100k$ y el amplificador operacional LM358.

El cálculo de la ganancia de la etapa de medida de temperatura ambiente se realiza implementado las ecuaciones 1 y 2 para una ganancia de $G = 2,5$ ya que la salida del LM35 es de $10mV/OC$ y se escala a $25mV/OC$. De esta manera se tiene que el valor de la resistencia RG2 es de $32,9k$.

7.10.2.1 Seguidor de tensión

La salida del amplificador AD620 que detecta la señal de temperatura ambiente pasa a través de un amplificador operacional LF353 que se utiliza como seguidor de tensión para acople de impedancias.

7.10.2.2 Circuito diferenciador

La señal entregada por el seguidor de tensión entra al circuito diferenciador el cual resta la temperatura ambiente de la temperatura entregada por la Termocupla, la salida del diferenciador tiene ganancia uno y esta es la salida del circuito acondicionador de señal de Termocuplas.

7.10.2.3 Termocupla tipo J

Una Termocupla "tipo J" está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán (aleación de cobre y nickel). Normalmente las Termocuplas industriales se consiguen encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (Vaina), en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio (cabezal). Existen una infinidad de tipos de Termocuplas (ver tabla 7), en la tabla aparece algunas de las más comunes, pero casi el 90% de las Termocuplas utilizadas son del tipo J o del tipo K.

Las Termocuplas tipo J se usan principalmente en la industria del plástico, goma (extrusión e inyección) y fundición de metales a bajas temperaturas (Zamac, Aluminio).

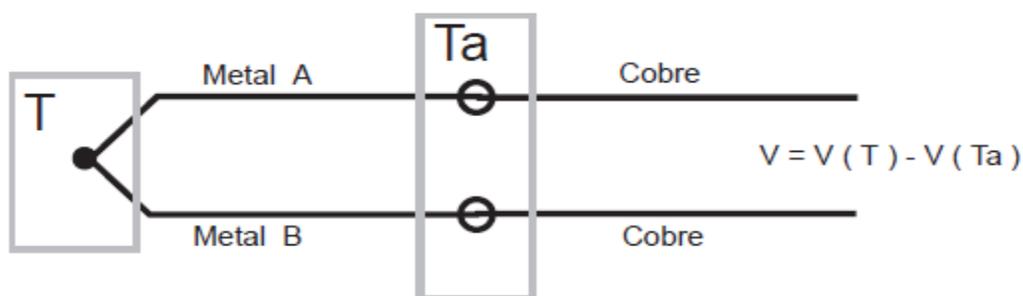
Tabla 7 Tipos de Termocuplas

Tc	Cable + Aleación	Cable - Aleación	Rango (Min, Max) °C	Volts Max mV
J	Hierro	cobre/nickel	(-180, 750)	42.2
K	Nickel/cromo	Nickel/aluminio	(-180, 1372)	54.8
T	Cobre	cobre/nickel	(-250, 400)	20.8
R	87% Platino 13% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	21.09
S	90% Platino 10% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	18.68
B	70% Platino 30% Rhodio	94% Platino 6% Rhodio	(0, 1820)	13.814

Fuente: ARIAN, «<http://www.arian.cl>,» ARIAN, Manejo de termocuplas., [En línea]. Available: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>. [Último acceso: 4 Mayo 2013].

El principal inconveniente de las Termocuplas es su necesidad de "compensación de cero". Esto se debe a que en algún punto, habrá que empalmar los cables de la Termocupla con un conductor normal de cobre. En ese punto se producirán dos nuevas Termocuplas con el cobre como metal para ambas, generando cada una un voltaje proporcional a la temperatura de ambiente (T_a) en el punto del empalme, como se ilustra en la siguiente figura.

Figura 43 Sumatoria de voltaje en una Termocupla



Fuente: ARIAN, «<http://www.arian.cl>,» ARIAN, Manejo de termocuplas., [En línea]. Available: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>. [Último acceso: 4 Mayo 2013].

Tabla 8 Tabla de datos de Termocupla tipo J

TERMOCUPLA °C	J milivolts									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-210	-8.096									
-200	-7.890	-7.912	-7.934	-7.955	-7.976	-7.996	-8.017	-8.037	-8.057	-8.076
-190	-7.659	-7.683	-7.707	-7.731	-7.755	-7.778	-7.801	-7.824	-7.846	-7.868
-180	-7.402	-7.429	-7.455	-7.482	-7.508	-7.533	-7.559	-7.584	-7.609	-7.634
-170	-7.122	-7.151	-7.180	-7.209	-7.237	-7.265	-7.293	-7.321	-7.348	-7.375
-160	-6.821	-6.852	-6.883	-6.914	-6.944	-6.974	-7.004	-7.034	-7.064	-7.093
-150	-6.499	-6.532	-6.565	-6.598	-6.630	-6.663	-6.695	-6.727	-6.758	-6.790
-140	-6.159	-6.194	-6.228	-6.263	-6.297	-6.331	-6.365	-6.399	-6.433	-6.466
-130	-5.801	-5.837	-5.874	-5.910	-5.946	-5.982	-6.018	-6.053	-6.089	-6.124
-120	-5.426	-5.464	-5.502	-5.540	-5.578	-5.615	-5.653	-5.690	-5.727	-5.764
-110	-5.036	-5.076	-5.115	-5.155	-5.194	-5.233	-5.272	-5.311	-5.349	-5.388
-100	-4.632	-4.673	-4.714	-4.755	-4.795	-4.836	-4.876	-4.916	-4.956	-4.996
-90	-4.215	-4.257	-4.299	-4.341	-4.383	-4.425	-4.467	-4.508	-4.550	-4.591
-80	-3.785	-3.829	-3.872	-3.915	-3.958	-4.001	-4.044	-4.087	-4.130	-4.172
-70	-3.344	-3.389	-3.433	-3.478	-3.522	-3.566	-3.610	-3.654	-3.698	-3.742
-60	-2.892	-2.938	-2.984	-3.029	-3.074	-3.120	-3.165	-3.210	-3.255	-3.299
-50	-2.431	-2.478	-2.524	-2.570	-2.617	-2.663	-2.709	-2.755	-2.801	-2.847
-40	-1.960	-2.008	-2.055	-2.102	-2.150	-2.197	-2.244	-2.291	-2.338	-2.384
-30	-1.481	-1.530	-1.578	-1.626	-1.674	-1.722	-1.770	-1.818	-1.865	-1.913
-20	-0.995	-1.044	-1.093	-1.141	-1.190	-1.239	-1.288	-1.336	-1.385	-1.433
-10	-0.501	-0.550	-0.600	-0.650	-0.699	-0.748	-0.798	-0.847	-0.896	-0.945
0	0.000	-0.050	-0.101	-0.151	-0.201	-0.251	-0.301	-0.351	-0.401	-0.451
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.813	0.865	0.916	0.967
20	1.019	1.070	1.122	1.174	1.225	1.277	1.329	1.381	1.432	1.484
30	1.536	1.588	1.640	1.693	1.745	1.797	1.849	1.901	1.954	2.006
40	2.058	2.111	2.163	2.216	2.268	2.321	2.374	2.426	2.479	2.532
50	2.585	2.638	2.691	2.743	2.796	2.849	2.902	2.956	3.009	3.062
60	3.115	3.168	3.221	3.275	3.328	3.381	3.435	3.488	3.542	3.595
70	3.649	3.702	3.756	3.809	3.863	3.917	3.971	4.024	4.078	4.132
80	4.186	4.239	4.293	4.347	4.401	4.455	4.509	4.563	4.617	4.671
90	4.725	4.780	4.834	4.888	4.942	4.996	5.050	5.105	5.159	5.213
100	5.268	5.322	5.376	5.431	5.485	5.540	5.594	5.649	5.703	5.758
110	5.812	5.867	5.921	5.976	6.031	6.085	6.140	6.195	6.249	6.304
120	6.359	6.414	6.468	6.523	6.578	6.633	6.688	6.742	6.797	6.852
130	6.907	6.962	7.017	7.072	7.127	7.182	7.237	7.292	7.347	7.402
140	7.457	7.512	7.567	7.622	7.677	7.732	7.787	7.843	7.898	7.953
150	8.008	8.063	8.118	8.174	8.229	8.284	8.339	8.394	8.450	8.505
160	8.560	8.616	8.671	8.726	8.781	8.837	8.892	8.947	9.003	9.058
170	9.113	9.169	9.224	9.279	9.335	9.390	9.446	9.501	9.556	9.612
180	9.667	9.723	9.778	9.834	9.889	9.944	10.000	10.055	10.111	10.166
190	10.222	10.277	10.333	10.388	10.444	10.499	10.555	10.610	10.666	10.721
200	10.777	10.832	10.888	10.943	10.999	11.054	11.110	11.165	11.221	11.276
210	11.332	11.387	11.443	11.498	11.554	11.609	11.665	11.720	11.776	11.831
220	11.887	11.943	11.998	12.054	12.109	12.165	12.220	12.276	12.331	12.387
230	12.442	12.498	12.553	12.609	12.664	12.720	12.776	12.831	12.887	12.942
240	12.998	13.053	13.109	13.164	13.220	13.275	13.331	13.386	13.442	13.497
250	13.553	13.608	13.664	13.719	13.775	13.830	13.886	13.941	13.997	14.052
260	14.108	14.163	14.219	14.274	14.330	14.385	14.441	14.496	14.552	14.607
270	14.663	14.718	14.774	14.829	14.885	14.940	14.995	15.051	15.106	15.162
280	15.217	15.273	15.328	15.383	15.439	15.494	15.550	15.605	15.661	15.716
290	15.771	15.827	15.882	15.938	15.993	16.048	16.104	16.159	16.214	16.270
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300	16.325	16.380	16.436	16.491	16.547	16.602	16.657	16.713	16.768	16.823
310	16.879	16.934	16.989	17.044	17.100	17.155	17.210	17.266	17.321	17.376
320	17.432	17.487	17.542	17.597	17.653	17.708	17.763	17.818	17.874	17.929
330	17.984	18.039	18.095	18.150	18.205	18.260	18.316	18.371	18.426	18.481
340	18.537	18.592	18.647	18.702	18.757	18.813	18.868	18.923	18.978	19.033
350	19.089	19.144	19.199	19.254	19.309	19.364	19.420	19.475	19.530	19.585
360	19.640	19.695	19.751	19.806	19.861	19.916	19.971	20.026	20.081	20.137
370	20.192	20.247	20.302	20.357	20.412	20.467	20.523	20.578	20.633	20.688
380	20.743	20.798	20.853	20.909	20.964	21.019	21.074	21.129	21.184	21.239
390	21.295	21.350	21.405	21.460	21.515	21.570	21.625	21.680	21.736	21.791
400	21.846	21.901	21.956	22.011	22.066	22.122	22.177	22.232	22.287	22.342
410	22.397	22.453	22.508	22.563	22.618	22.673	22.728	22.784	22.839	22.894
420	22.949	23.004	23.060	23.115	23.170	23.225	23.280	23.336	23.391	23.446
430	23.501	23.556	23.612	23.667	23.722	23.777	23.833	23.888	23.943	23.999
440	24.054	24.109	24.164	24.220	24.275	24.330	24.386	24.441	24.496	24.552
450	24.607	24.662	24.718	24.773	24.829	24.884	24.939	24.995	25.050	25.106
460	25.161	25.217	25.272	25.327	25.383	25.438	25.494	25.549	25.605	25.661
470	25.716	25.772	25.827	25.883	25.938	25.994	26.050	26.105	26.161	26.216
480	26.272	26.328	26.383	26.439	26.495	26.551	26.606	26.662	26.718	26.774
490	26.829	26.885	26.941	26.997	27.053	27.109	27.165	27.220	27.276	27.332
500	27.388	27.444	27.500	27.556	27.612	27.668	27.724	27.780	27.836	27.893
510	27.949	28.005	28.061	28.117	28.173	28.230	28.286	28.342	28.398	28.455
520	28.511	28.567	28.624	28.680	28.736	28.793	28.849	28.906	28.962	29.019
530	29.075	29.132	29.188	29.245	29.301	29.358	29.415	29.471	29.528	29.585
540	29.642	29.698	29.755	29.812	29.869	29.926	29.983	30.039	30.096	30.153
550	30.210	30.267	30.324	30.381	30.439	30.496	30.553	30.610	30.667	30.724
560	30.782	30.839	30.896	30.954	31.011	31.068	31.126	31.183	31.241	31.298
570	31.356	31.413	31.471	31.528	31.586	31.644	31.702	31.759	31.817	31.875
580	31.933	31.991	32.048	32.106	32.164	32.222	32.280	32.338	32.396	32.455
590	32.513	32.571	32.629	32.687	32.746	32.804	32.862	32.921	32.979	33.038
600	33.096	33.155	33.213	33.272	33.330	33.389	33.448	33.506	33.565	33.624
610	33.683	33.742	33.800	33.859	33.918	33.977	34.036	34.095	34.155	34.214
620	34.273	34.332	34.391	34.451	34.510	34.569	34.629	34.688	34.748	34.807
630	34.867	34.926	34.986	35.046	35.105	35.165	35.225	35.285	35.344	35.404
640	35.464	35.524	35.584	35.644	35.704	35.764	35.825	35.885	35.945	36.005
650	36.066	36.126	36.186	36.247	36.307	36.368	36.428	36.489	36.549	36.610
660	36.671	36.732	36.792	36.853	36.914	36.975	37.036	37.097	37.158	37.219
670	37.280	37.341	37.402	37.463	37.525	37.586	37.647	37.709	37.770	37.831
680	37.893	37.954	38.016	38.078	38.139	38.201	38.262	38.324	38.386	38.448
690	38.510	38.572	38.633	38.695	38.757	38.819	38.882	38.944	39.006	39.068
700	39.130	39.192	39.255	39.317	39.379	39.442	39.504	39.567	39.629	39.692
710	39.754	39.817	39.880	39.942	40.005	40.068	40.131	40.193	40.256	40.319
720	40.382	40.445	40.508	40.571	40.634	40.697	40.760	40.823	40.886	40.950
730	41.013	41.076	41.139	41.203	41.266	41.329	41.393	41.456	41.520	41.583
740	41.647	41.710	41.774	41.837	41.901	41.965	42.028	42.092	42.156	42.219
750	42.283	42.347	42.411	42.475	42.538	42.602	42.666	42.730	42.794	42.858
760	42.922									
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Fuente: ARIAN, «<http://www.arian.cl>,» ARIAN, Manejo de termocuplas., [En línea]. Available: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>. [Último acceso: 4 Mayo 2013].

7.10.2.4 Cálculo del voltaje en la juntura de la Termocupla tipo J

Al analizar el esquema anterior se tiene:

$V_{(T)}$ = voltaje en terminales de la Termocupla

$V_{(T_a)}$ = voltaje generado por el empalme voltaje proporcional a la temperatura ambiente.

V = voltaje que interesa correspondiente al voltaje equivalente a la temperatura en el punto de medida.

Se realiza una sumatoria de voltajes iguales a cero se tiene:

$V_{(T)} = V + V_{(T_a)}$ como interesa el voltaje en el termopar se despeja V quedando así.

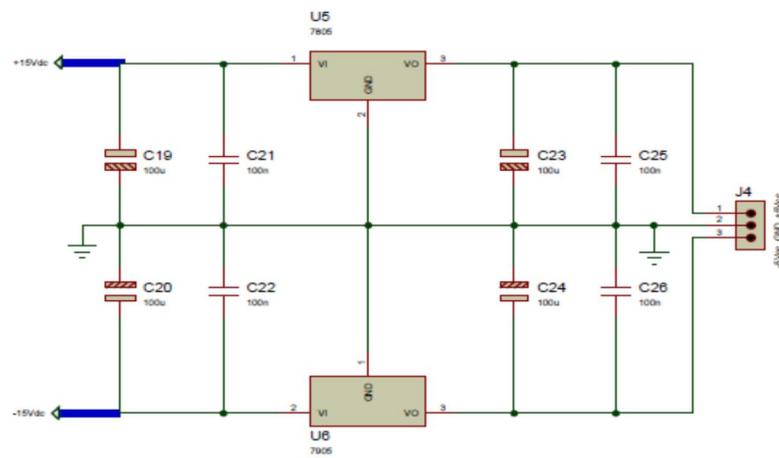
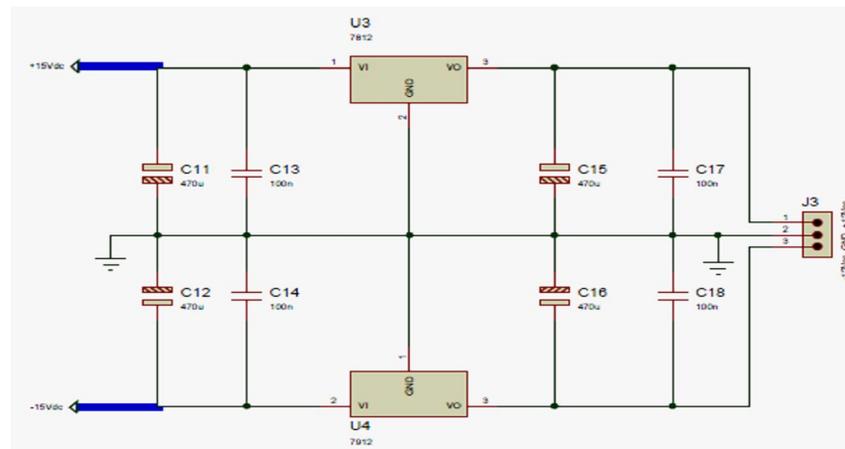
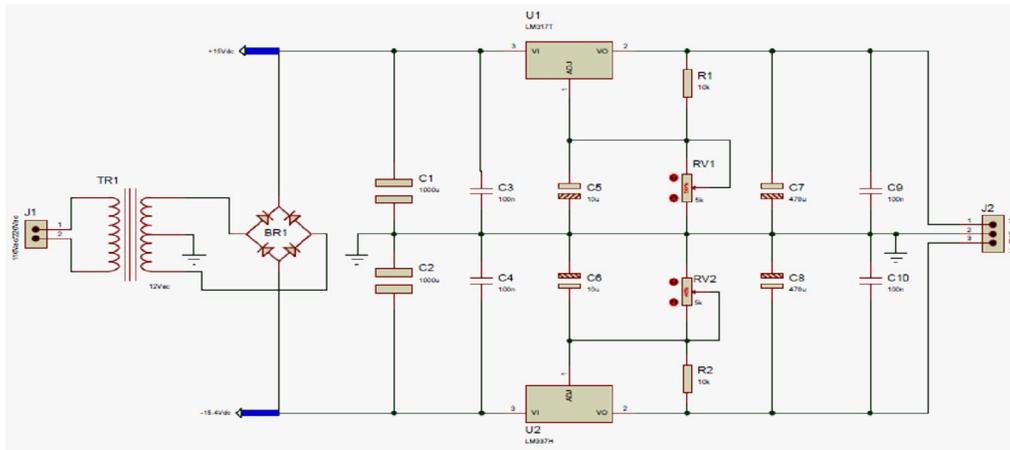
$$V = V_{(T)} - V_{(T_a)} \quad (5)$$

7.11 FUENTE DE ALIMENTACION DUAL

Dentro el desarrollo de este proyecto se vio la necesidad de crear una fuente de alimentación dual (ver figura 44). Los amplificadores operacionales requieren en su alimentación fuentes de este tipo para su funcionamiento.

La fuente que se construyó, entrega varios niveles de tensión +12V,-12V,+10V,-10V,+5V,-5V; inicialmente se realizaron pruebas con la fuente de +12V y -12V pero dentro la teoría relacionada con operacionales se sabe que su máxima salida depende del nivel de voltaje al cual se encuentra alimentado el circuito por consiguiente como medida preventiva se alimentó el circuito con la fuente de +10V y -10V, que es suministrada por dos reguladores de voltaje variables LM 317 (regulador positivo) y LM337 (regulador negativo), con este nivel de tensión se garantiza que la salida del circuito acondicionador de voltaje nunca va a ser mayor de 10V protegiendo los canales del módulo análogo EM235.

Figura 44 Esquema fuente triple



Fuente: Autores

7.12 FABRICACION DE TARJETAS ELECTRONICAS

Después de realizar cada uno de los diseños de los circuitos electrónicos se entra a una nueva etapa de desarrollo del proyecto, que es la construcción física del hardware electrónico.

Para la fabricación de los circuitos impresos se hizo uso de la herramienta de diseño de PCBs (Print Circuit Board) TRAX MAKER, posteriormente al tener los archivos gerber generados por el software de diseño, se contrató una empresa para la impresión de estos. Finalmente los circuitos se fabricaron en material de fibra de vidrio en calibre 1.5mm de espesor, con una capa de cobre de 18um.

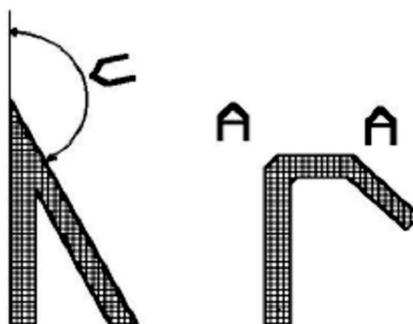
7.12.1 CRITERIOS DE DISEÑO PARA CIRCUITOS IMPRESOS

Para realizar circuitos impresos es necesario tener en cuenta los parámetros y normas o estándares de diseño para eliminar problemas de ruido y corrientes remanentes dentro del circuito que son nocivas para el diseño y que son aún más críticos en el diseño de circuitos basados en electrónica análoga.

Además cuando se trazan ángulos rectos o agudos (Ver figura 45), se presentan los siguientes inconvenientes:

- Se pierden en el momento del rebelado del circuito en la cara de cobre.
- Con una línea de ángulo $V > 90^\circ$ se tiene el riesgo de formar bolsas de aire debajo de la máscara de soldadura así el plotter suavice la curva. En el ángulo A se mantendrá el rincón brusco.

Figura 45 Trazo incorrecto de pistas



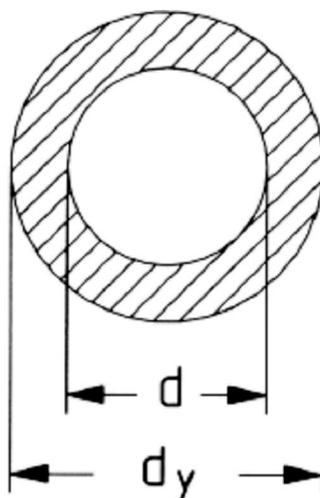
Fuente: A. J. AGAMA CHICO, *Plan de negocios para una microempresa que ofrece servicios de diseño y fabricación de circuitos impresos. Desarrollo de tres tipos de tarjetas que se usan en los laboratorios de la facultad: Fuente de poder, circuito amplificador y tarjeta de control.*, Guayaquil- Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, 2008.

7.12.1.1 Diámetro de Agujeros y Pads

El diámetro de los agujeros denominado por d y el diámetro del *pad* de soldadura definido como dy (ver figura 46), requieren un mínimo de diferencia para poder realizar la soldadura:

$$dy \geq d + 0,5 \text{ mm}$$

Figura 46 Diámetro de agujeros y *pads*



Fuente: A. J. AGAMA CHICO, *Plan de negocios para una microempresa que ofrece servicios de diseño y fabricación de circuitos impresos. Desarrollo de tres tipos de tarjetas que se usan en los laboratorios de la facultad: Fuente de poder, circuito amplificador y tarjeta de control.*, Guayaquil- Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, 2008.

Se debe considerar, será el método de fabricación, si se lo realiza de manera casera o industrial, si es de manera casera se sugiere:

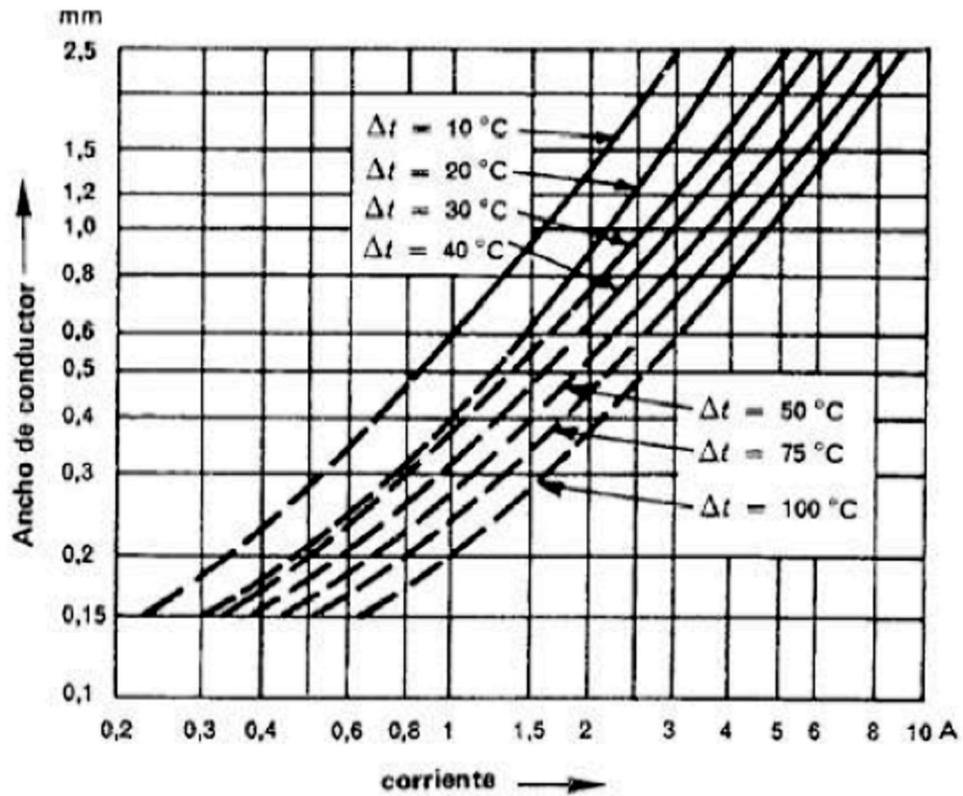
$$dy \geq d + 0,8 \text{ mm}$$

7.12.1.2 Capacidad de Corriente

Es importante en el diseño de circuitos impresos tener en cuenta, el ancho de las pistas, para que la corriente que va a circular por las líneas de conducción no reviente las mismas o se caliente demasiado.

La figura 47 ilustra la relación corriente y espesor-ancho del conductor de cobre sobre el PCB

Figura 47 Relación Corriente-Ancho de conductor para un espesor de 18 μ m

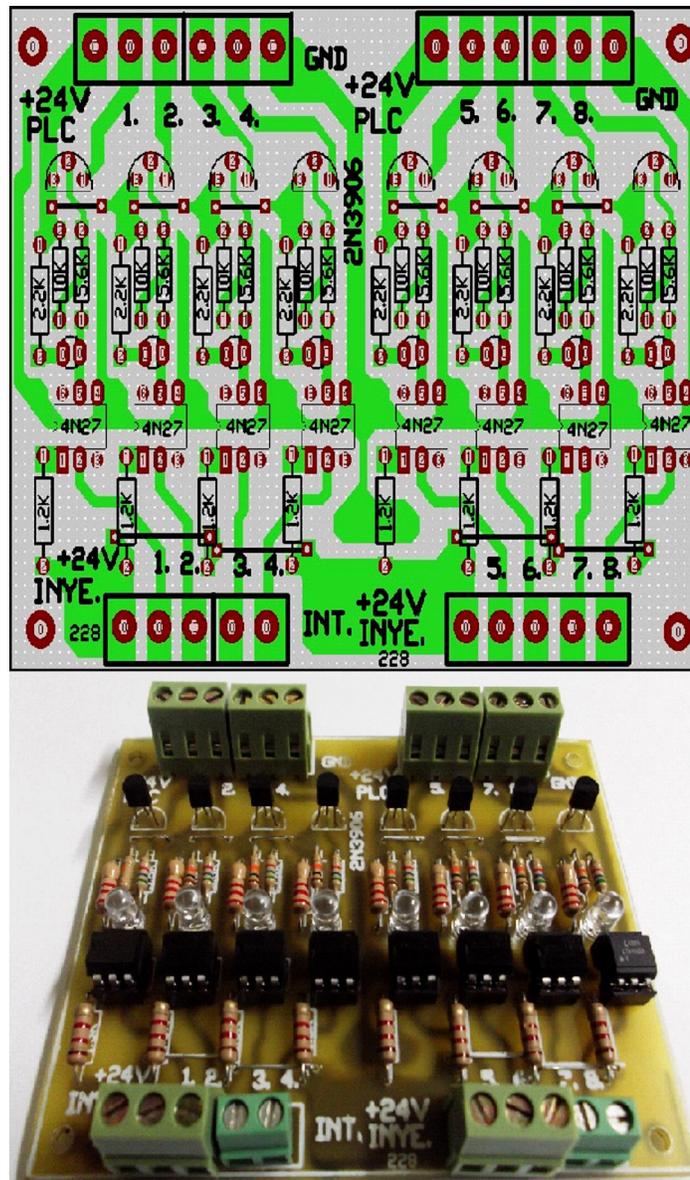


Fuente: C. D. Zuluaga Velez y L. F. Chara Sepulveda, Caracterización de la inyectora de plástico, Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, 2009.

7.12.2 Circuitos Impresos elaborados

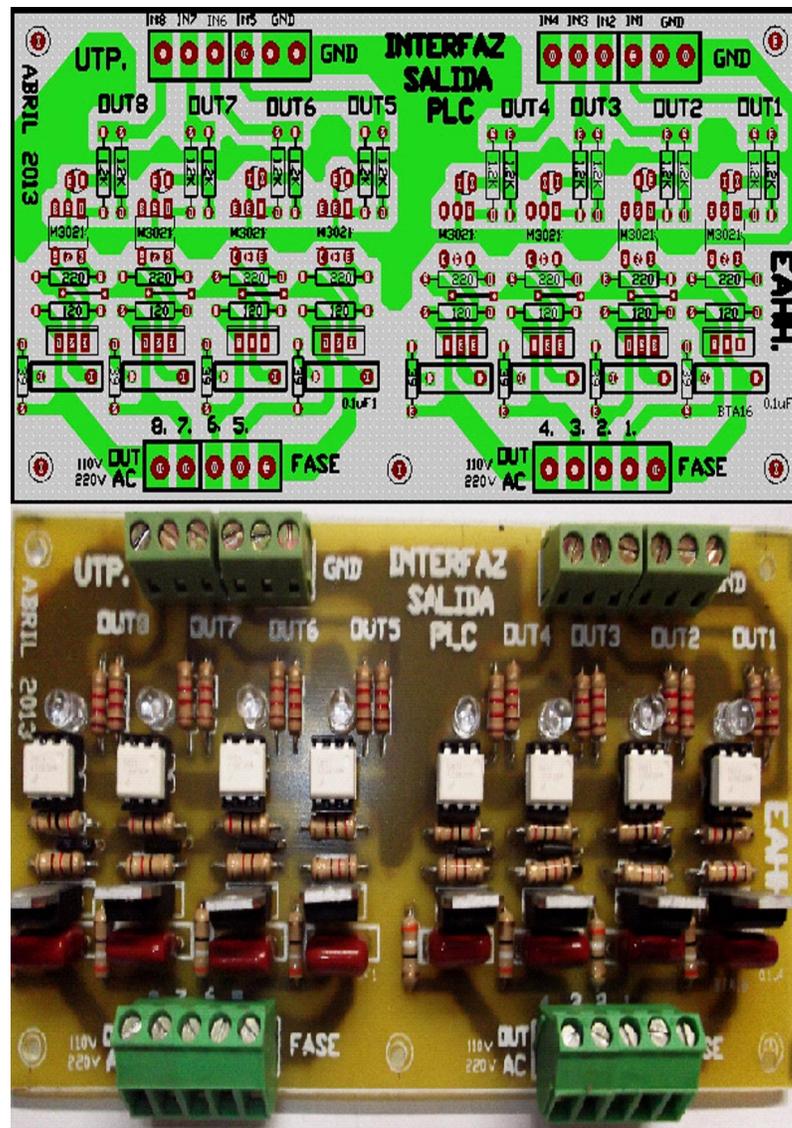
A continuación se muestran cada una de los circuitos diseñados y las imágenes de las tarjetas (Ver figuras 48 y 49), después de realizar el ensamble de todos los componentes electrónicos.

Figura 48 Dibujo PCB y tarjeta ensamblada del circuito de interfaz de entradas



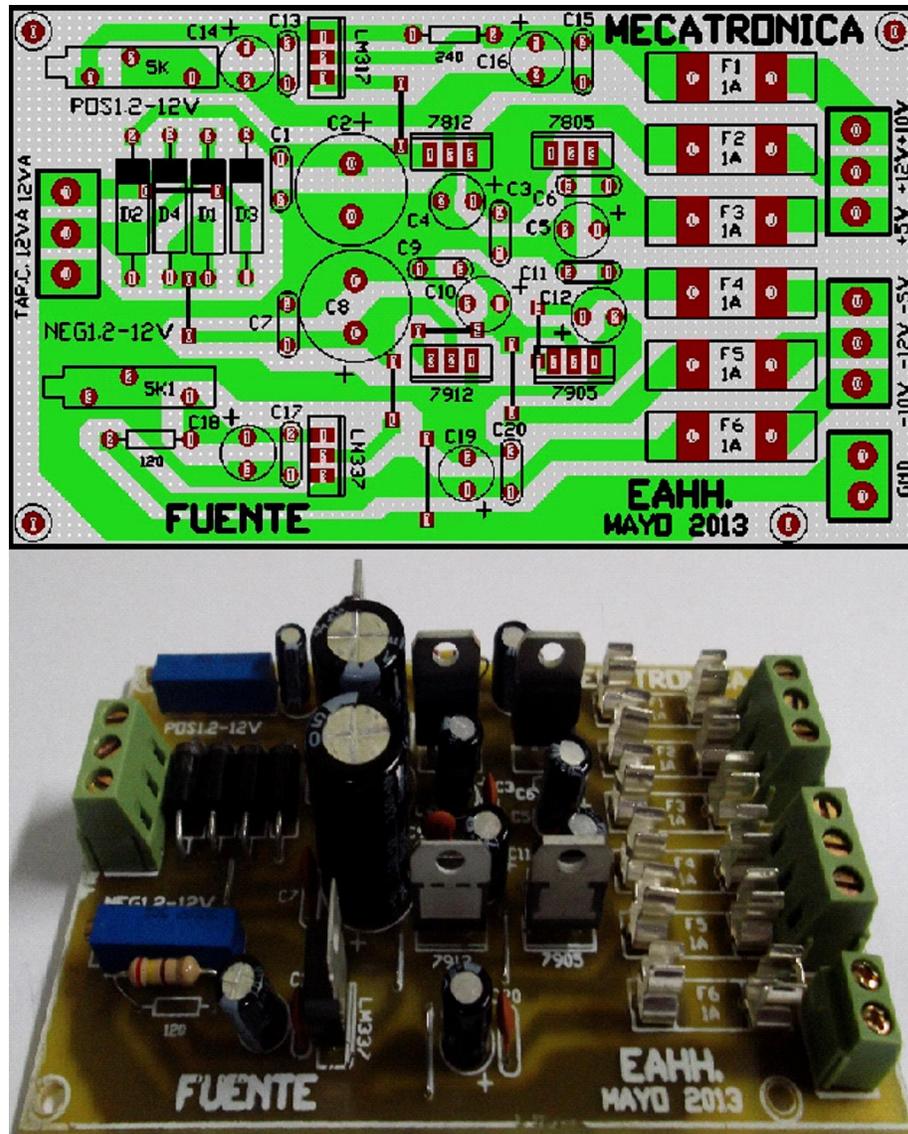
Fuente: Autores

Figura 49 Dibujo PCB y tarjeta de ensamble del circuito de interfaz de salidas



Fuente: Autores

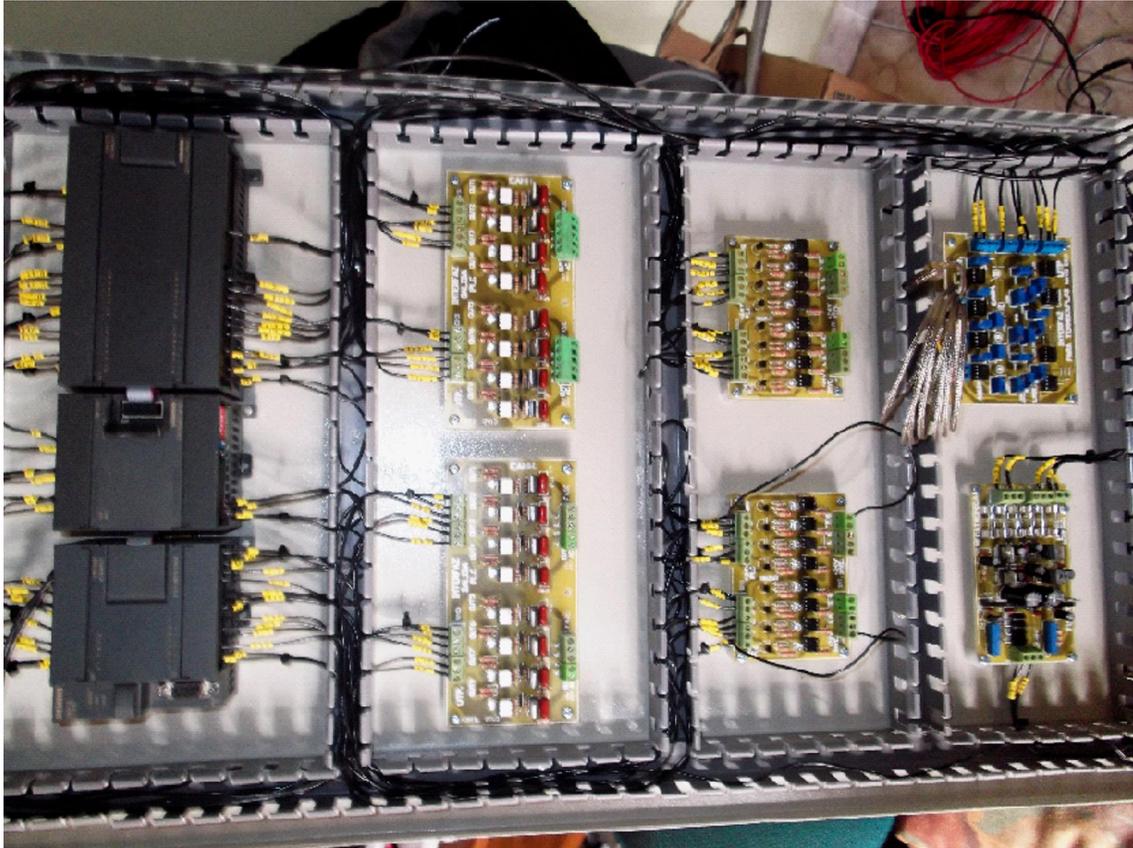
Figura 51 Dibujo PCB y tarjeta ensamblada del circuito de la fuente triple dual



Fuente: Autores

En la figura 52 se puede observar el sistema de control diseñado e implementado, para realizar el proceso de supervisión de la máquina de inyección de plástico.

Figura 52 Tablero de control

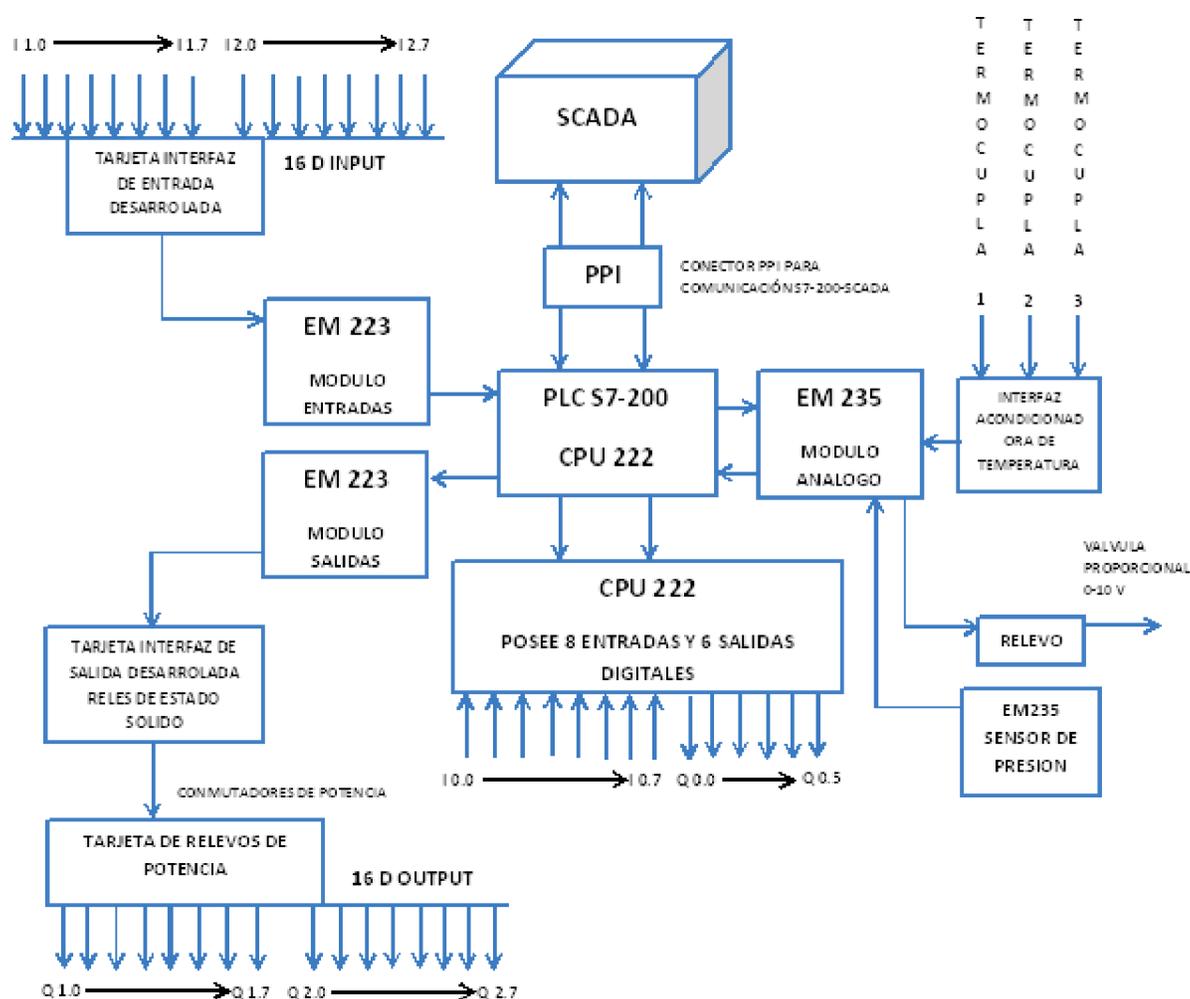


Fuente: Autores

7.13 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL HARDWARE INSTALADO EN LA ADECUACIÓN TECNOLÓGICA DE LA MÁQUINA DE INYECCION

La figura 53 ilustra, en diagrama de bloques, la integración de las tarjetas electrónicas desarrolladas con los dispositivos de automatización de SIEMENS

Figura 53 Diagrama de bloques de Hardware de adecuación tecnológica



Fuente: Autores

7.14 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

El diagrama de flujo plantea el funcionamiento del programa de control y supervisión SCADA (Ver figura 54), cabe anotar que las entradas, salidas, *timers*, contadores y diferentes variables asociadas al proceso de moldeo de piezas plásticas que se visualizan en el SCADA, son un reflejo de variables físicas reales, que a través del PLC y por medio de un protocolo de comunicación PPI se pueden visualizar en esta interfaz hombre máquina.

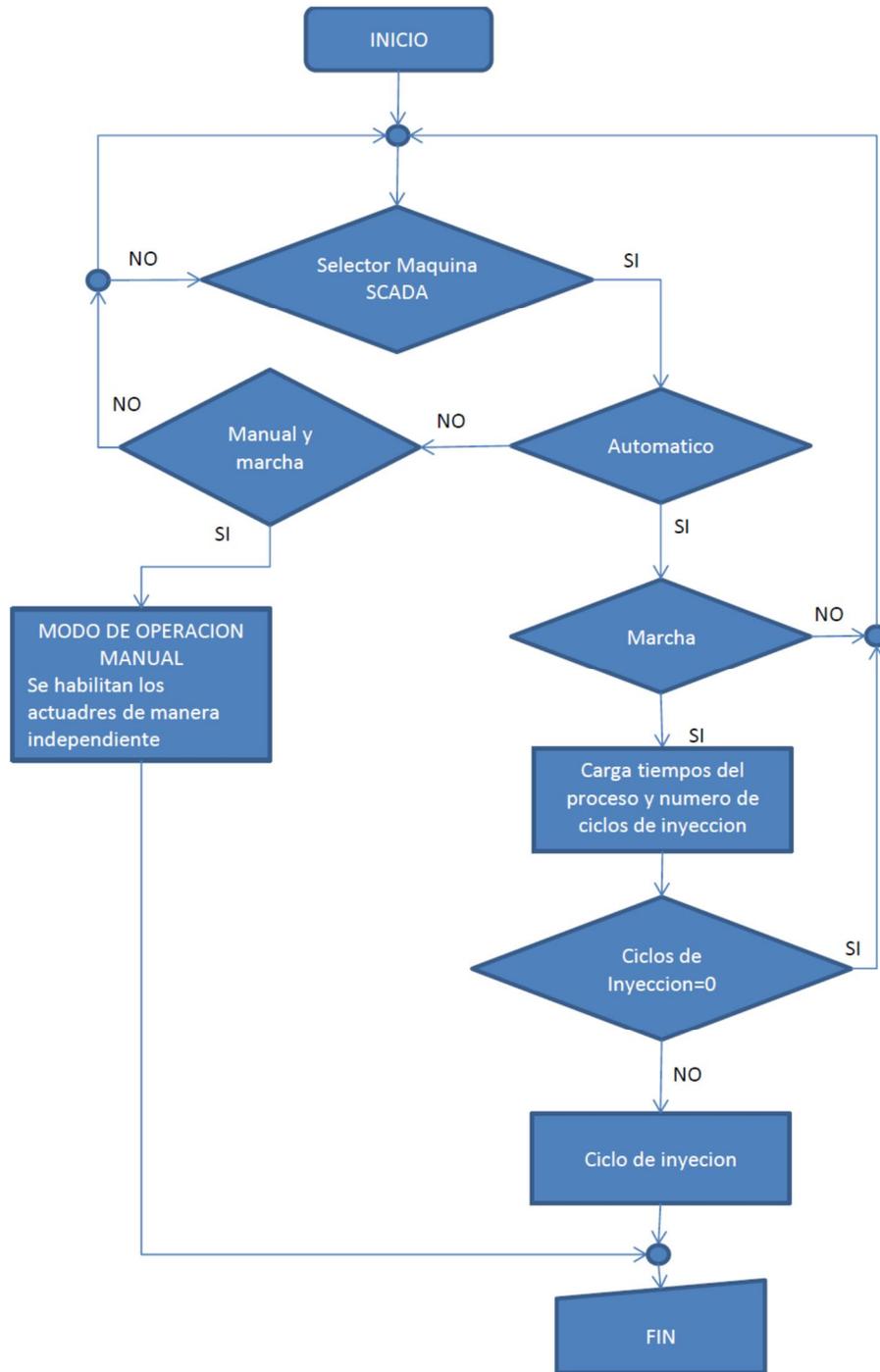
El sistema depende del selector de mando instalado en la máquina inyectora, cuando se detecta la posición SCADA el programa entra en espera, se debe introducir el modo de operación por el usuario, manual o automático desde el SCADA (Ver figura 55); si se determina el mando automático y posteriormente se pulsa el botón de marcha la máquina inicia el ciclo de inyección automático y hará el número de repeticiones de ciclos de inyección dependiendo el valor que se haya registrado previamente en el SCADA.

Cuando se finaliza el número de ciclos la máquina para y espera que nuevamente se presione marcha.

Los valores de referencia de temperatura, tiempos asociados al proceso, número de ciclos de inyección se deben introducir previamente antes de darle marcha a la máquina.

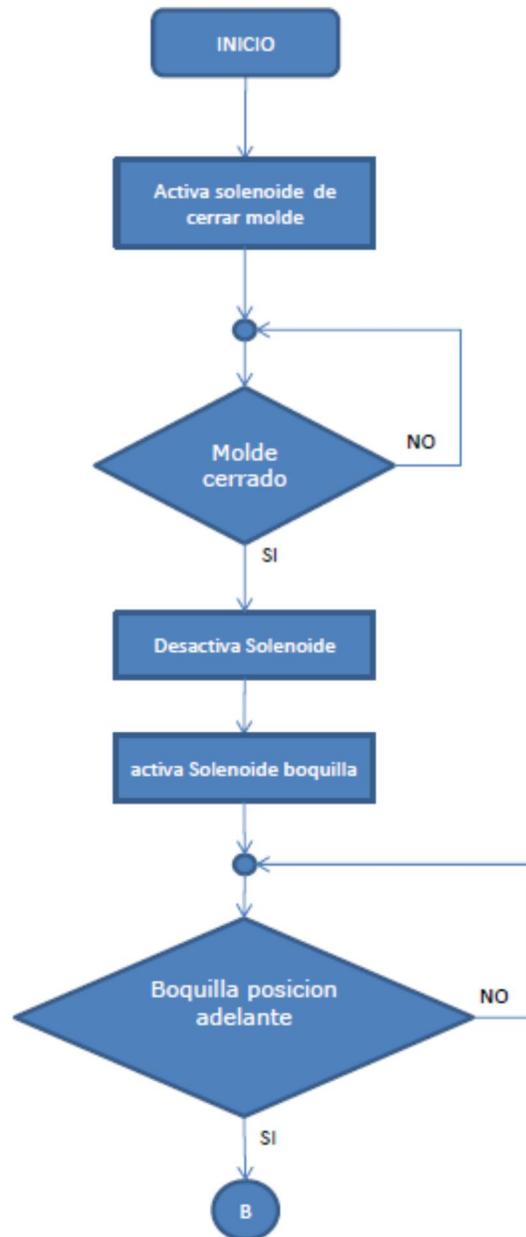
Si se selecciona el modo de operación manual se puede tener control sobre cada uno de los actuadores finales de la máquina en forma independiente.

Figura 54 Diagrama de flujo Software SCADA



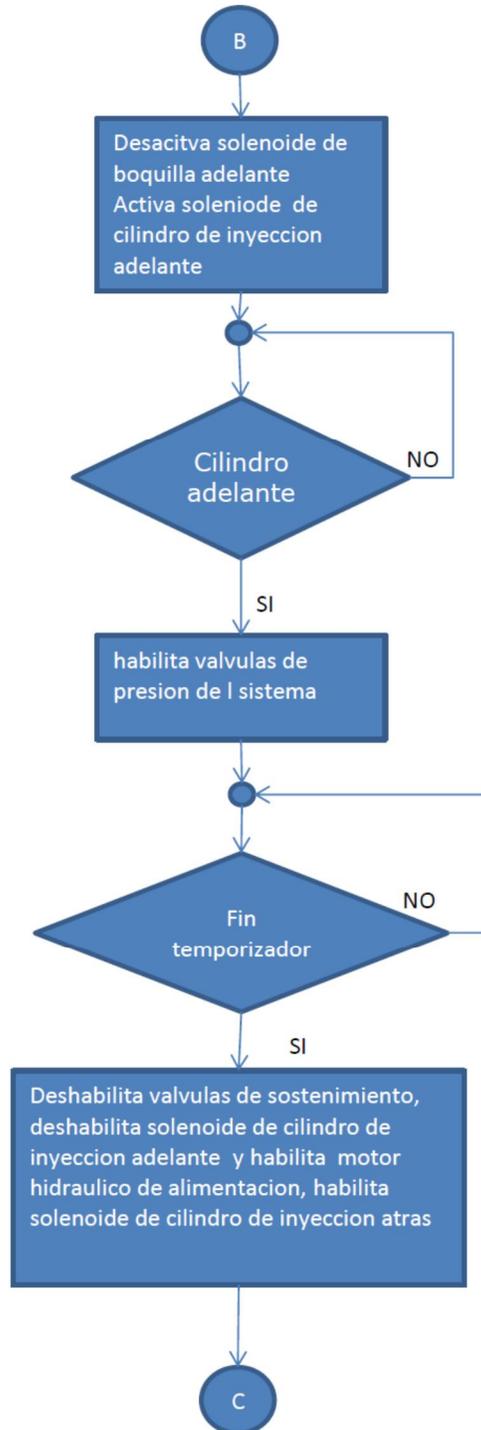
Fuente: Autores

Figura 55 Diagrama de flujo Software SCADA modo automático



Fuente: Autores

Figura 56 Diagrama de flujo Software SCADA modo automático (Continuación)



Fuente: Autores

Figura 57 Diagrama de flujo Software SCADA modo automático (Continuación)

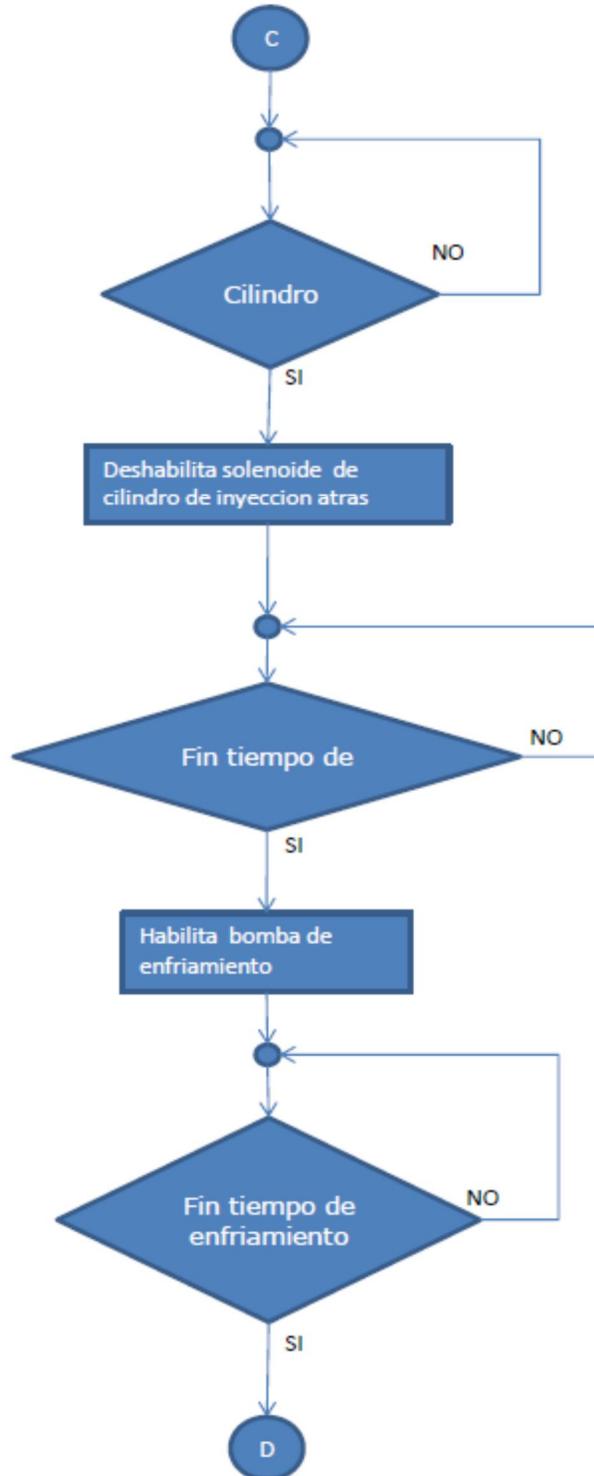


Figura 58 Diagrama de flujo Software SCADA modo automático (Continuación)

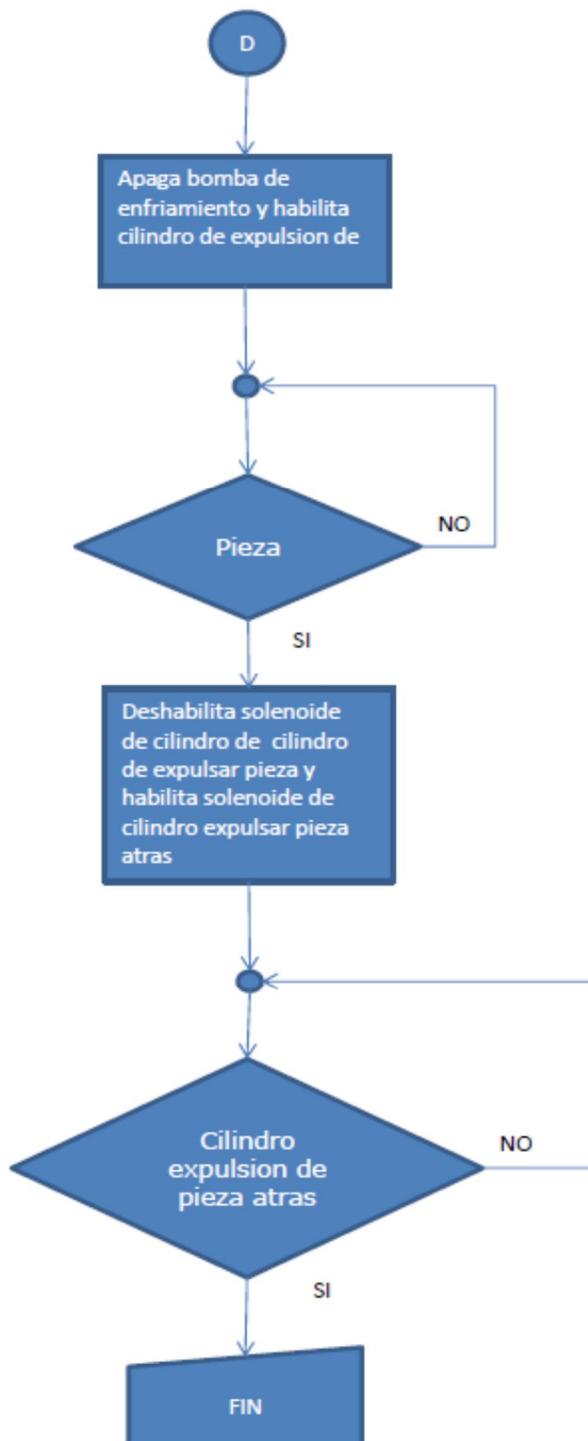


Figura 59 Diagrama de flujo Software SCADA modo manual

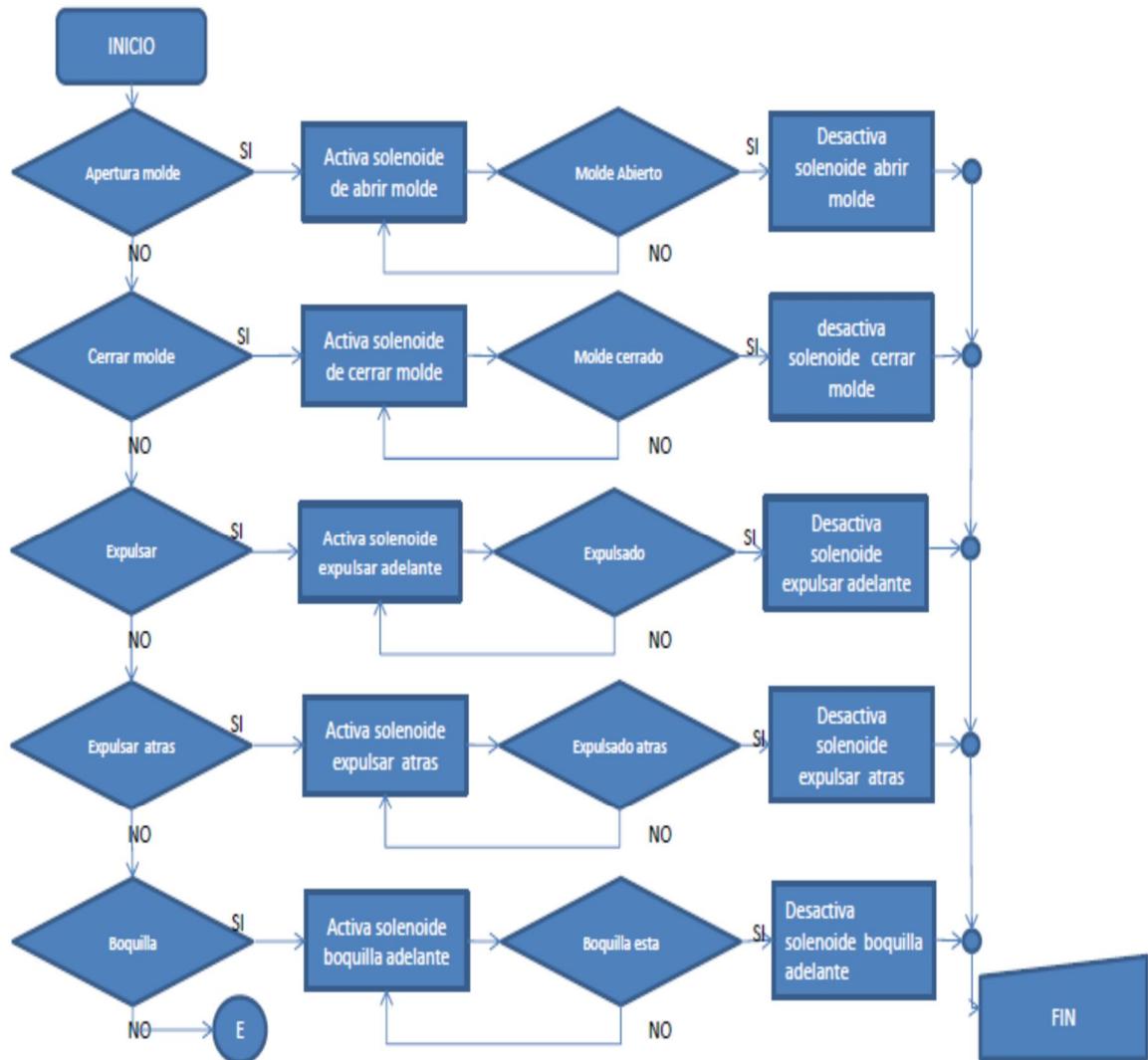
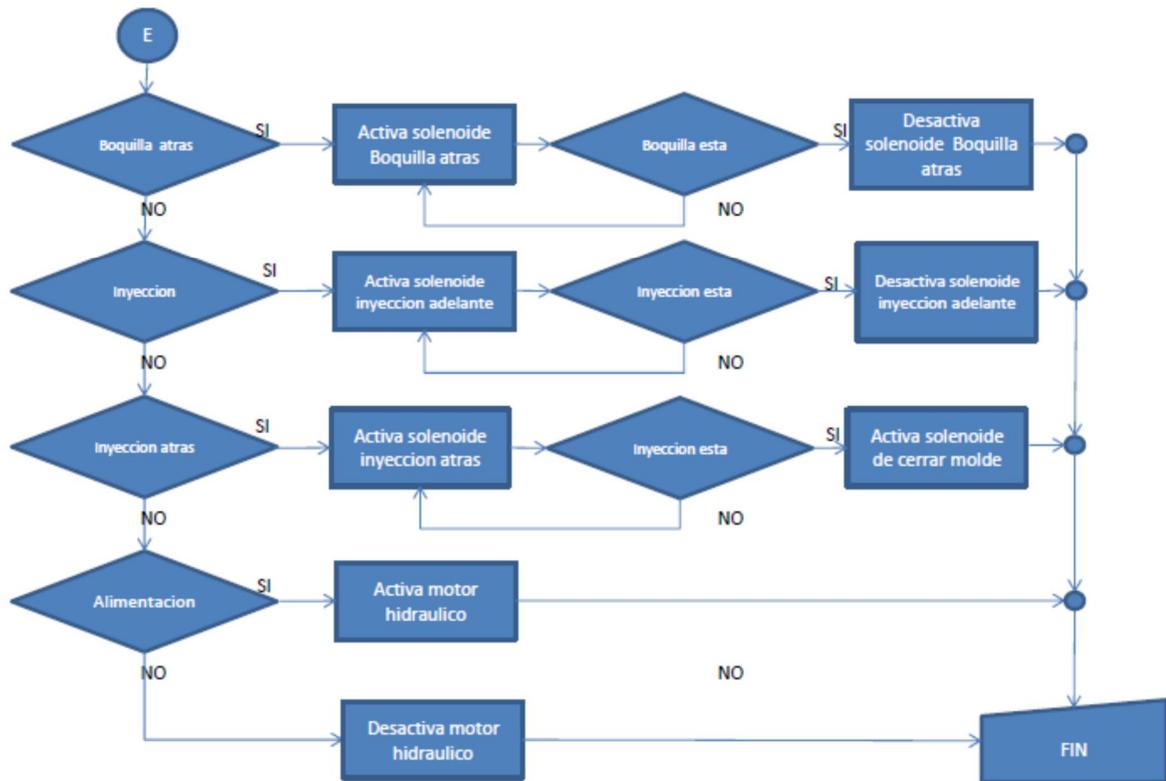


Figura 60 Diagrama de flujo Software SCADA modo manual (Continuación)

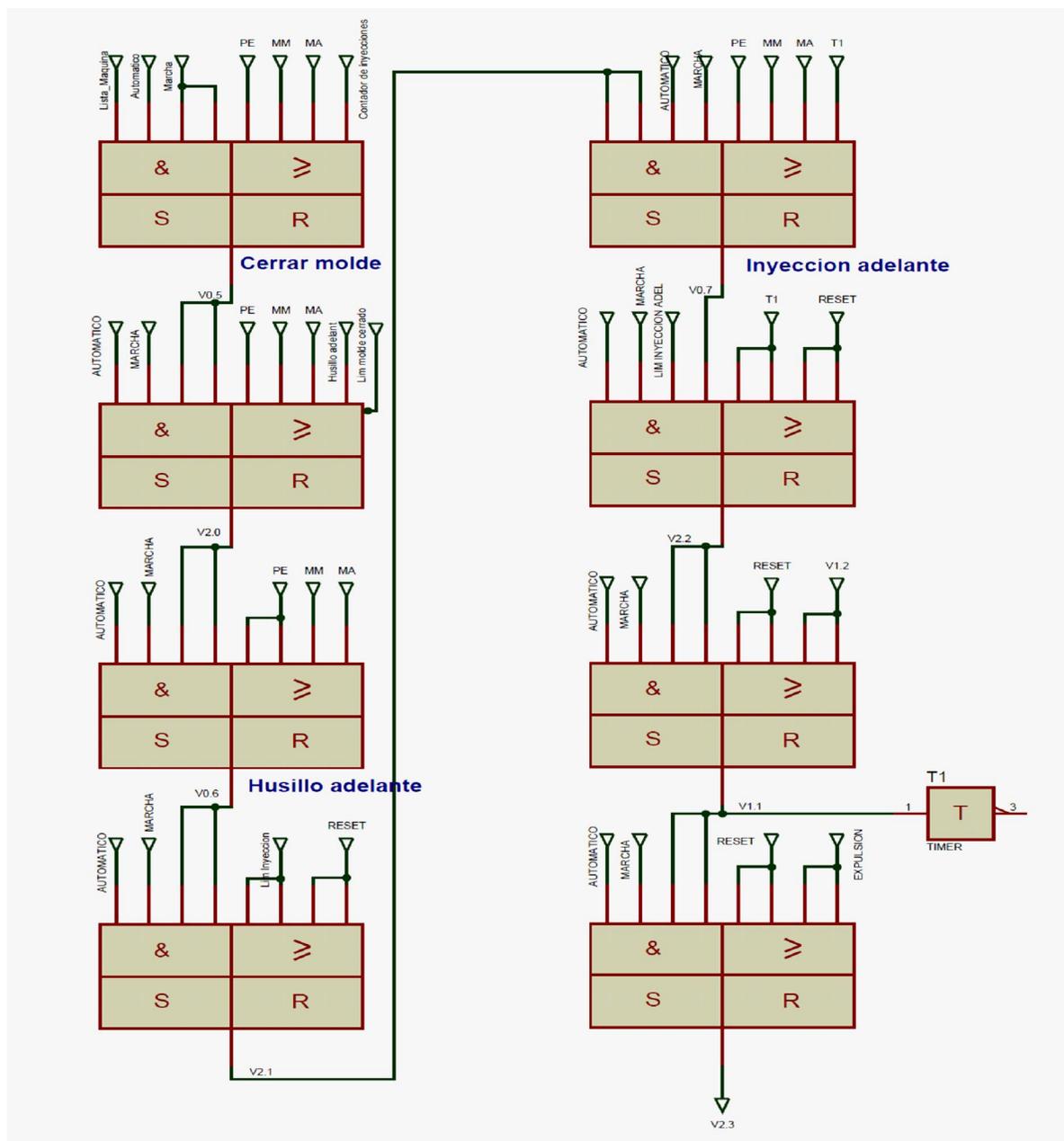


Fuente: Autores

7.15. DIAGRAMA DE BLOQUES SECUENCIAL DEL MODO DE OPERACIÓN AUTOMÁTICO DE LA ADECUACION TECNOLÓGICA REALIZADA

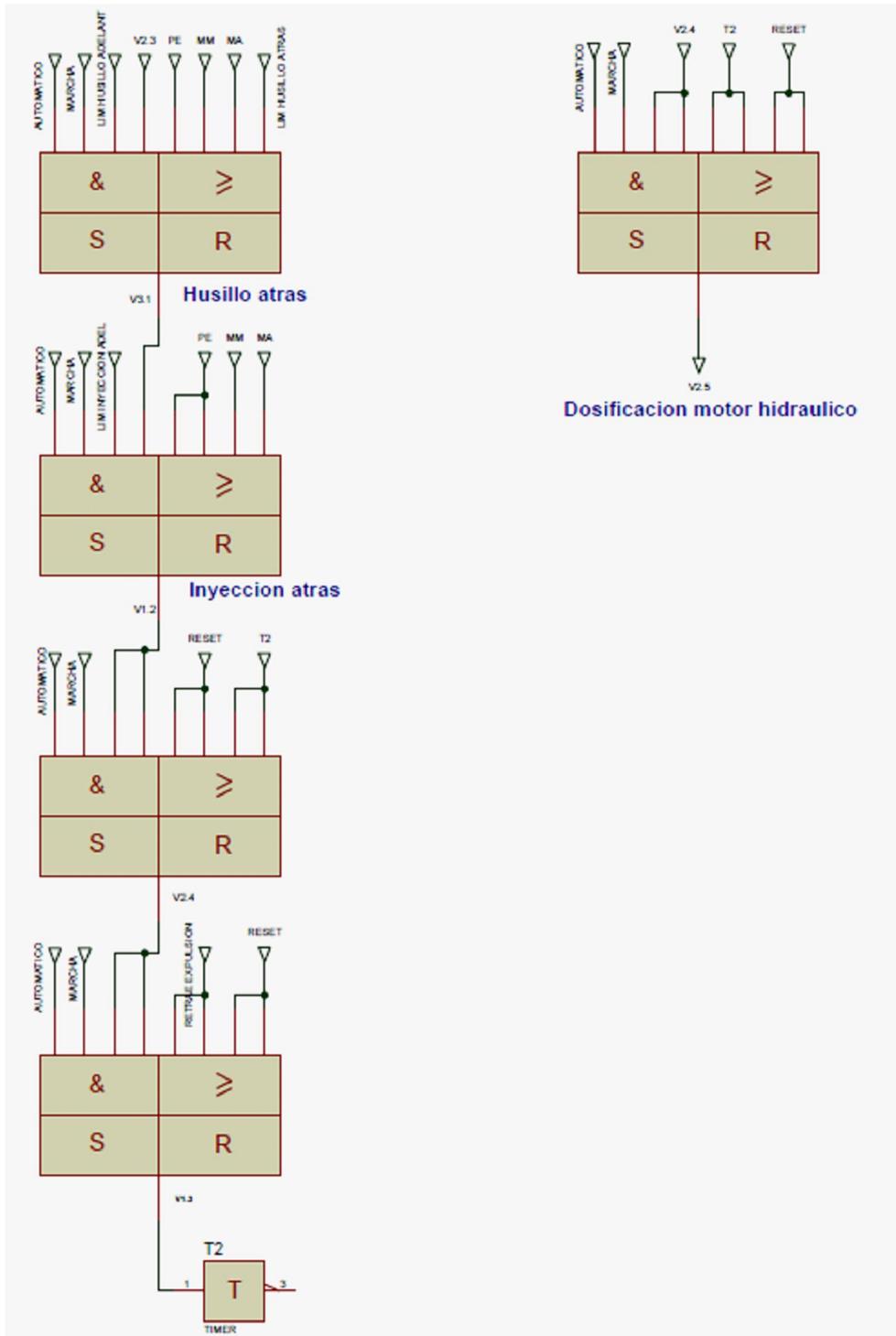
A continuación se describe el diagrama de bloques que se modeló con base al proceso de inyección, con el cual se realizó el software que recibe en el PLC S7-200 de SIEMENS.

Figura 61. Diagrama de bloques secuencial



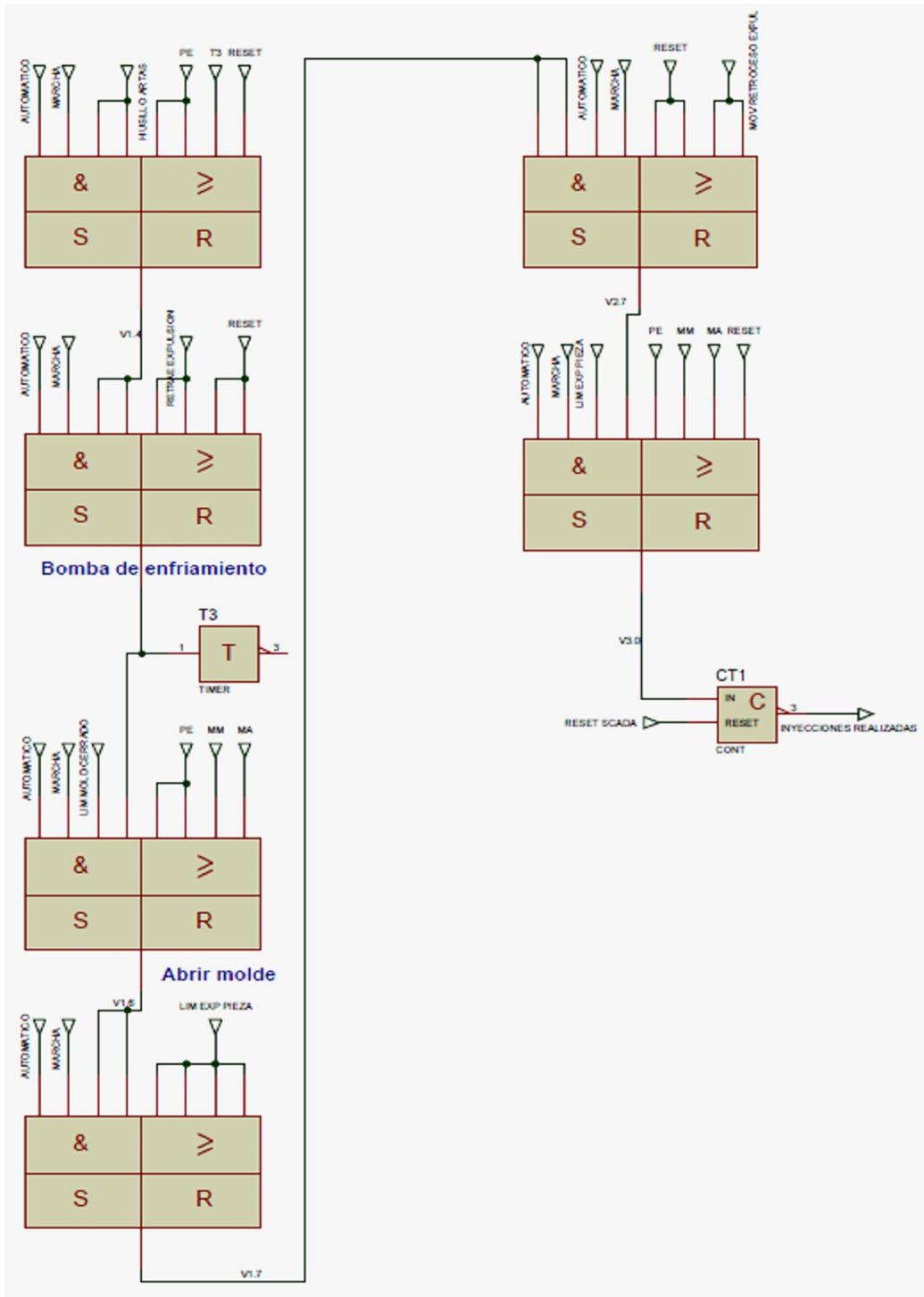
Fuente: Autores

Figura 62 Diagrama de bloques secuencial (Continuación)



Fuente: Autores

Figura 63 Diagrama de bloques secuencial (Continuación)



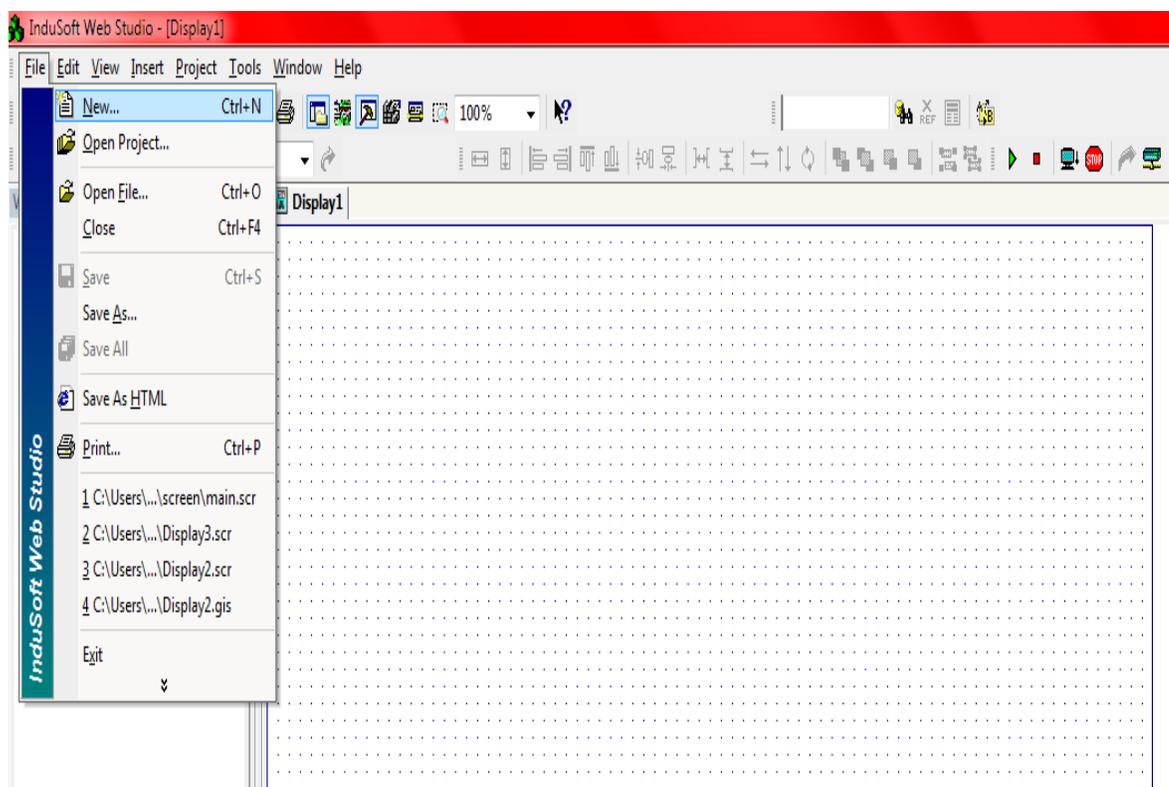
Fuente: Autores

7.16. COMUNICACIÓN ENTRE EL SCADA (INDUSOFT) Y EL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SIEMENS (S7-200)

A continuación se mostrará la serie de pasos para crear un nuevo proyecto y establecer la comunicación entre el programa Indusoft y el controlador lógico programable.

Se inicia con la creación de un nuevo proyecto (Ver figura 61), utilizando la opción *file* y *new*.

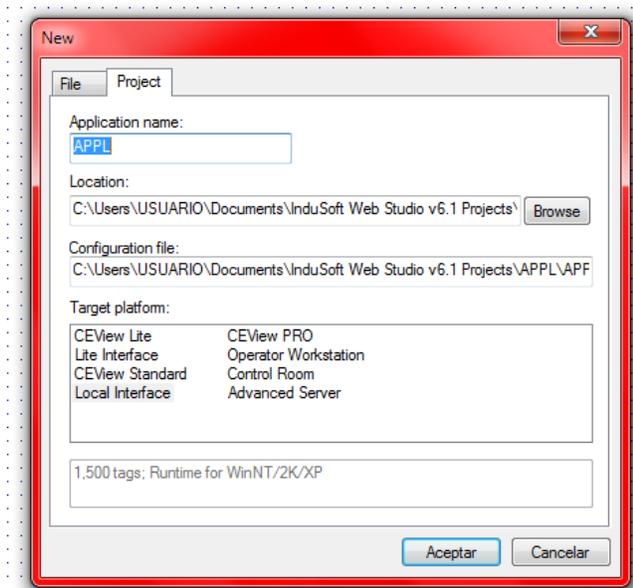
Figura 64 nuevo proyecto INDUSOFT 6.0



Fuente: Imagen tomada de Indusoft web Studio v6.1 +SP6. Copyright 1997-2009.

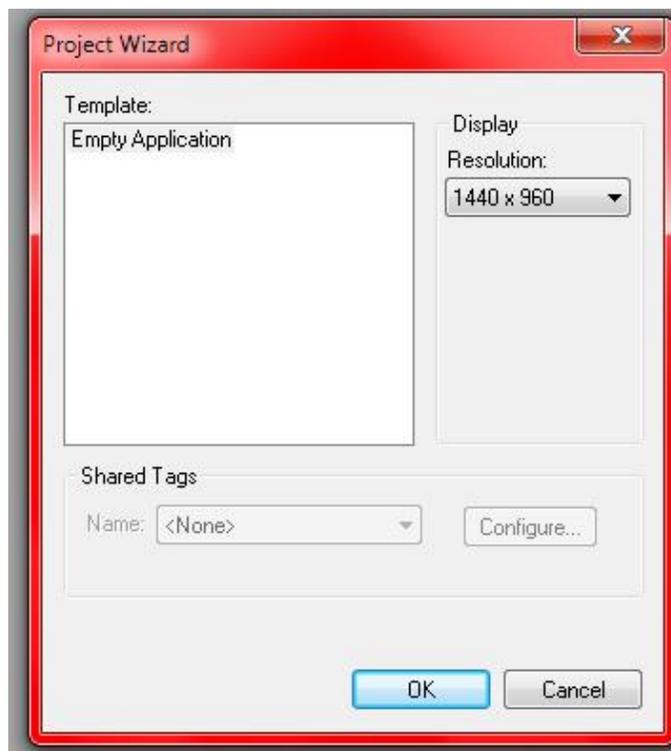
En la siguiente ventana se da un nombre al proyecto, se escoge la ubicación del mismo (se recomienda guardar el proyecto en el disco c:/), por último se da click en aceptar (Ver figura 62).

Figura 65 Configuración de nuevo proyecto INDUSOFT 6.0



Se ajusta la resolución de la pantalla (Ver figura 63) en la cual se trabaja, seguido del botón OK.

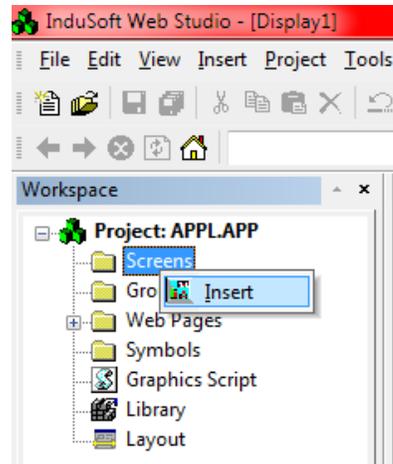
Figura 66 Resolución de Pantalla



Fuente: Imagen tomada de INDUSOFT web Studio v6.1 +SP6. Copyright 1997-2009.

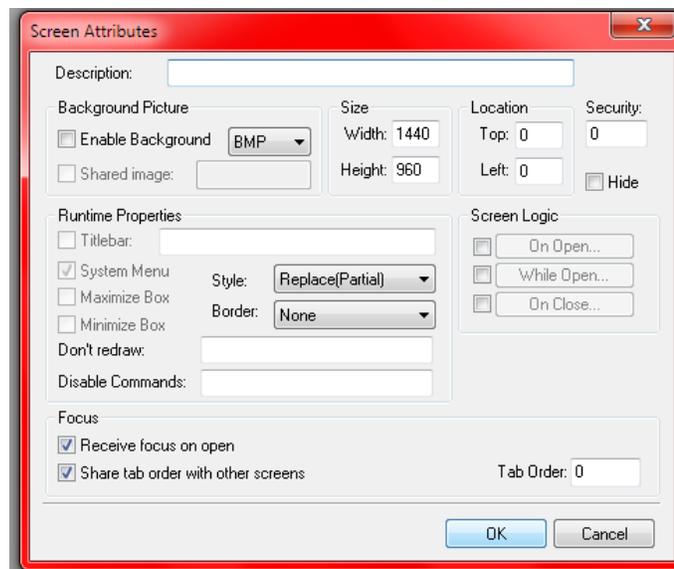
Para crear una nueva pantalla en la cual se va a desarrollar el entorno gráfico, se presiona click derecho sobre la carpeta "SCREENS", al lado derecho de la figura y luego "INSERT+(Ver figura 64).

Figura 67 Insertar nueva pantalla



Si desea configurar otras opciones como habilitar fondo con una imagen ya establecida en otro formato, seguridad o ubicación, en la siguiente ventana se puede realizar, de lo contrario de finalizar con el botón OK (ver figura 65).

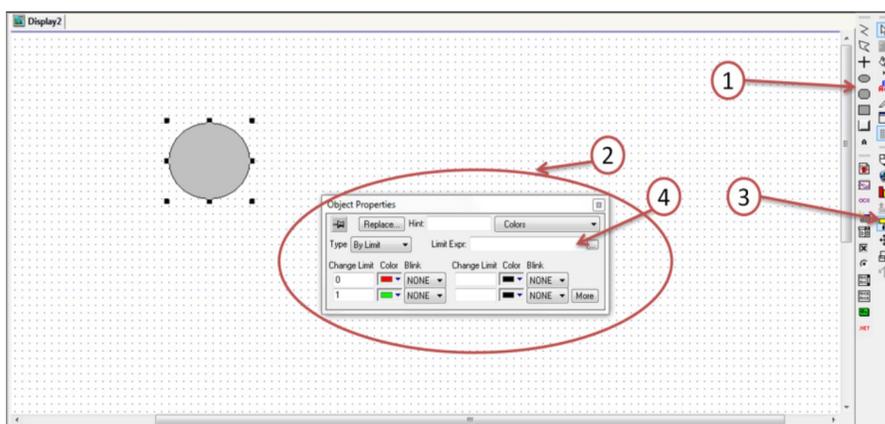
Figura 68 Atributos de pantalla



Fuente: Imagen tomada de Indusoft web studio v6.1 +SP6. Copyright 1997-2009.

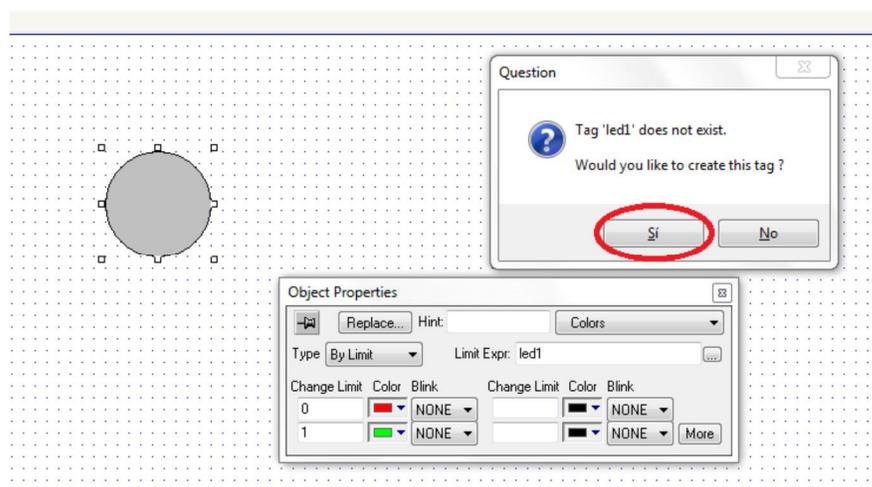
En el nuevo entorno de dibujo, crear un círculo que va a funcionar como testigo (led) de una entrada respectiva en el PLC (Ver figura 66). Al hacer doble click sobre círculo aparece un recuadro que indica las propiedades del objeto (2), luego dirigirse a la barra de herramientas *%Dynamic Properties+* y seleccionar la opción colores (3), se agrega un nombre cualquiera en *%Limit Expr+*; Esta variable llamada tag en lenguaje SCADA, estará ligada directamente a la entrada respectiva del PLC, cuando el sensor o pulsador cambie de valor booleano (0 a 1), de igual forma cambiará el color del círculo, en esta ocasión de rojo a verde (4).

Figura 69 Propiedades de objeto



Al escribir el nombre del tag aparece un mensaje el cual indica que la variable no existe y pregunta si se desea crearlo; se da click en Si.

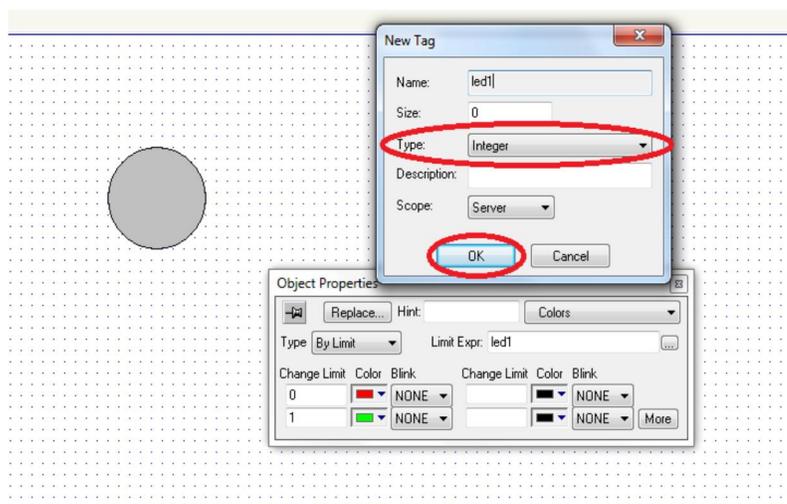
Figura 70 Crear tag



Fuente: Imagen tomada de Indusoft web studio v6.1 +SP6. Copyright 1997-2009.

Al dar click en sí, aparece la configuración de un nuevo tag. Se escoge el tipo de tag con el cual se va a trabajar (Boolean-Integer-Real-String), se da click en OK seguido de **Mostrar las propiedades del objeto**

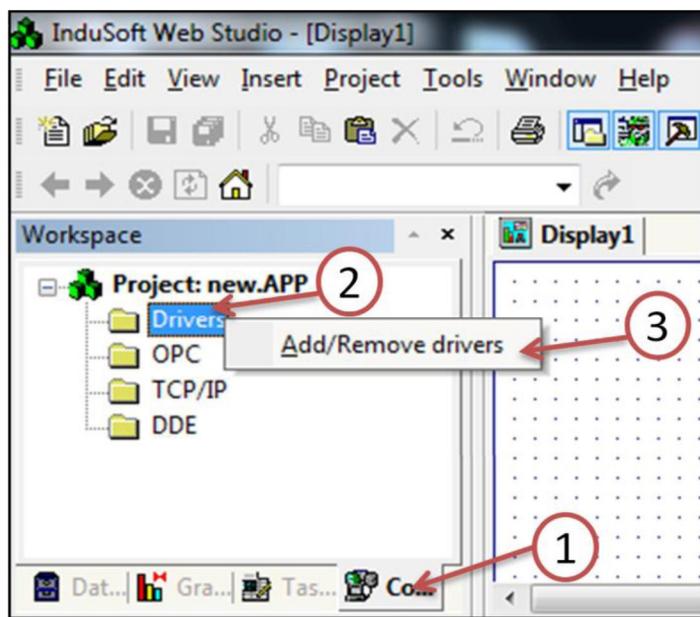
Figura 71 Características de tag



Se procede a agregar y modificar el driver con el cual InduSoft se comunica con el PLC SIEMENS S7-200.

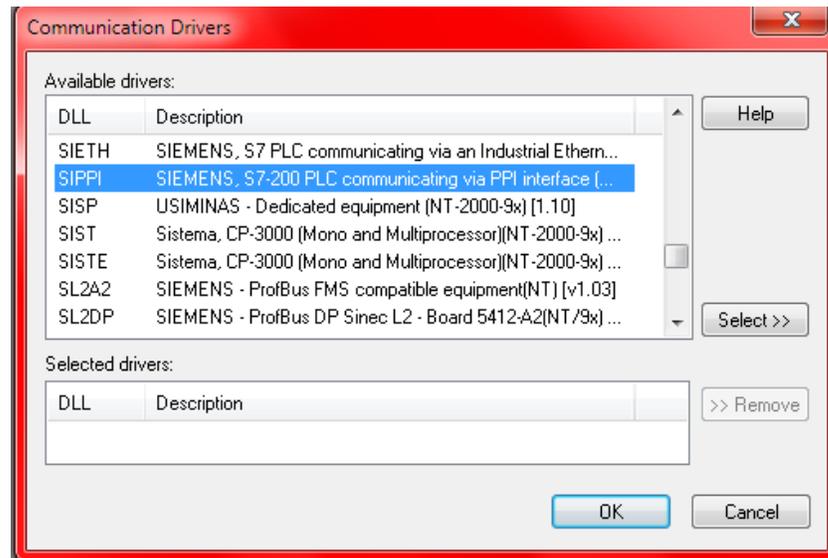
Ir a la ventana **Comm** (1), dirigirse hasta drivers, click derecho (2), y adicionar driver (3).

Figura 72 Adicionar drivers



Se busca en la lista el DRIVER correspondiente, en esta oportunidad se cuenta con un cable PPI USB por lo tanto se ubica el %SIEMENS S7-200 PLC vía PPI interface (NT/9x/2K/XP/Ce) [v10.6]+ (1), dar select (2) y luego click en OK.

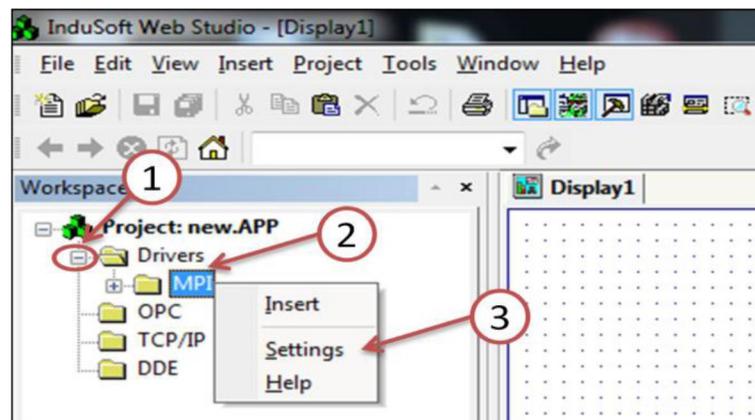
Figura 73 Comunicación de controladores



Fuente: Imagen tomada de InduSoft web studio v6.1 +SP6. Copyright 1997-2009.

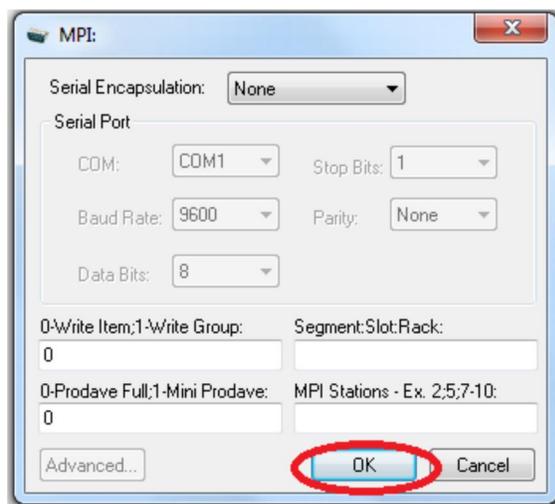
Click derecho en la carpeta del driver correspondiente y de nuevo click en Settings.

Figura 74 Configuración controlador



Seguido a esto se abre el siguiente cuadro de configuraciones (Se puede dejar como viene por defecto).

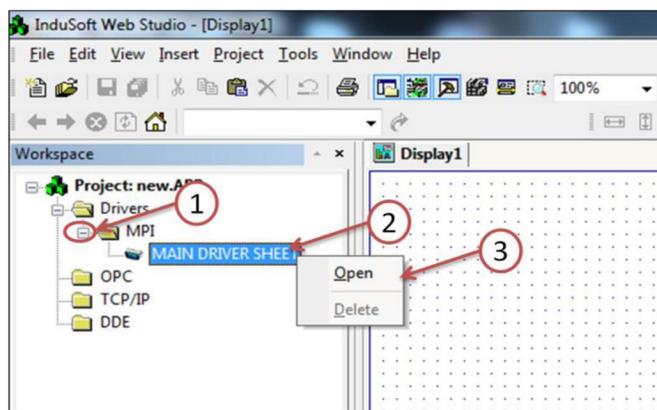
Figura 75 Ventana configuración MPI



Luego de ajustar las configuraciones se procede a direccionar los tags anteriormente creados hacia el PLC de la siguiente manera, se abre la hoja de datos del driver como lo muestra la figura siguiente y el siguiente procedimiento.

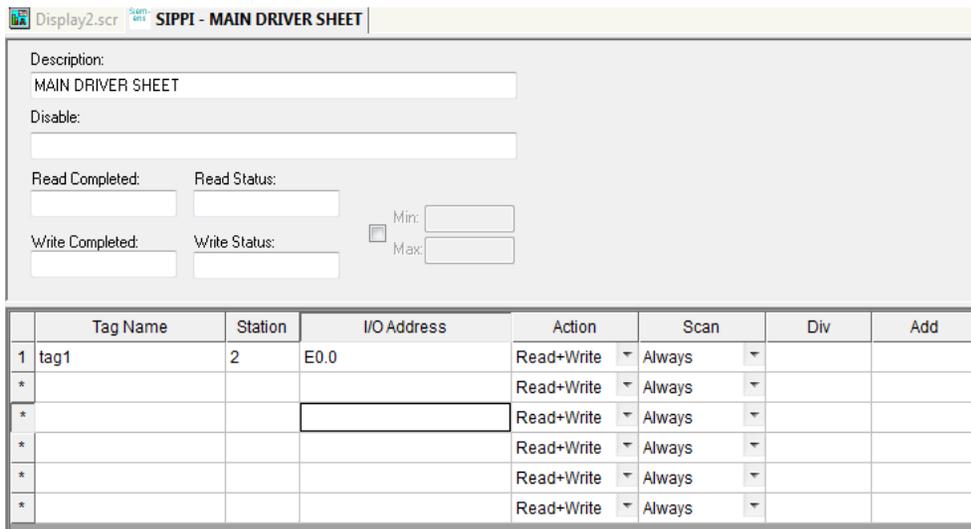
1. Dirigirse a la ventana de comunicaciones y desplegar la carpeta la carpeta PPI.
2. Hacer clic derecho en el **%MAIN DRIVER SHEET+**.
3. Por último seleccionar **%Open+**.

Figura 76 Apertura formato principal del controlador



En esta tabla se incluye el nombre del tag que había sido creado previamente, en la segunda columna se escribe el número 2 por el cual el protocolo PPI ha sido configurado, por último la dirección a la cual se requiere enlazar el tag, para este caso particular se ha escogido la entrada E0.0 en el PLC.

Figura 77 Formato principal del controlador



	Tag Name	Station	I/O Address	Action	Scan	Div	Add
1	tag1	2	E0.0	Read+Write	Always		
*				Read+Write	Always		
*				Read+Write	Always		
*				Read+Write	Always		
*				Read+Write	Always		
*				Read+Write	Always		

Fuente: Imagen tomada de Indusoft web studio v6.1 +SP6. Copyright 1997-2009.

7.17. PANTALLA PRINCIPAL DE VISUALIZACIÓN DEL SISTEMA SCADA.

El indicador de status SCADA se pondrá de color verde, en el caso en el que el operario ubique el selector de modos de tres posiciones en la opción SCADA, el cual se encuentra en el tablero de controles de la máquina, habilitando de esta forma el modo de supervisión, una vez elegida esta opción se debe dar marcha al sistema.

El panel de visualización de cantidad de ciclos, permitirá observar los periodos de inyección que realiza la máquina en tiempo real.

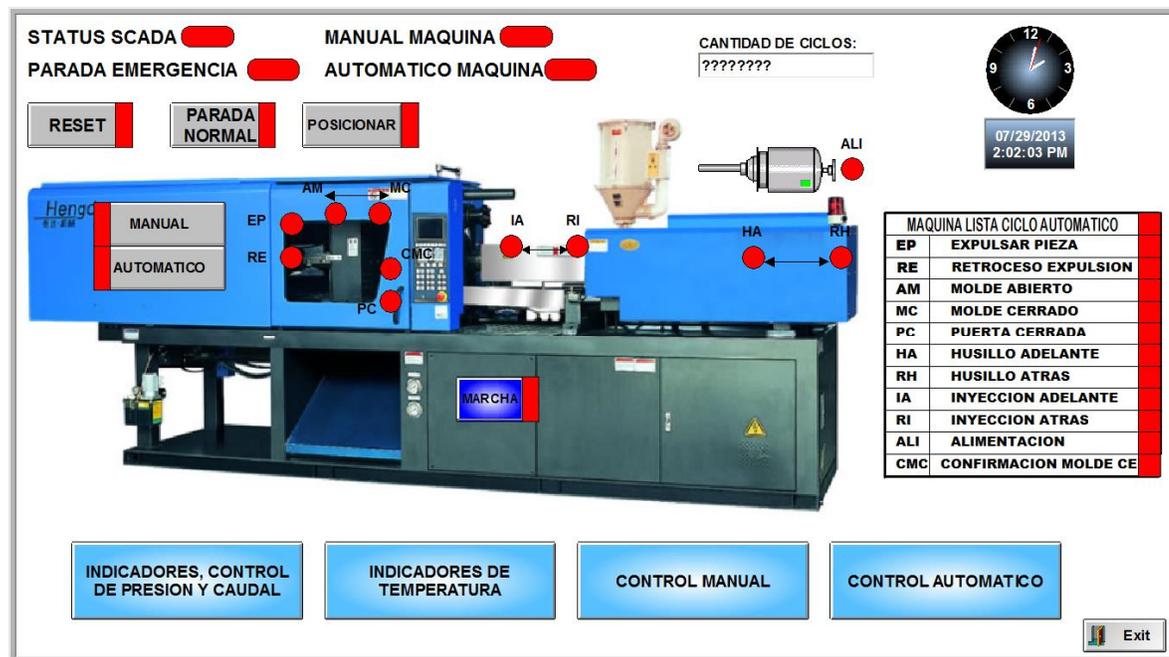
Al oprimir el botón de selección manual, se podrá tener control de cada una de las electro-válvulas que gobiernan los actuadores que controlan el molde, el husillo, la inyección, expulsión de piezas y alimentación de material, dichos controles se despliegan al seleccionar la opción control manual.

Al oprimir el botón de selección automático, la máquina realizara una serie de ciclos de inyección de acuerdo al número de repeticiones que el operario ingrese y a los tiempos de sostenimiento, plastificación y enfriamiento, dichos controles se despliegan al seleccionar la opción control automático.

El panel de visualización cuenta con once indicadores los cuales se pondrán de color verde, de acuerdo al accionamiento de los finales de carrera que indican la posición de los diferentes sistemas de la máquina, tales como molde, husillo, estado de inyección, puerta abierta, alimentación y presión de sostenimiento.

Este panel de visualización muestra además en la parte inferior cuatro botones, que al dar *click* sobre ellos permiten realizar un enlace a los diferentes subsistemas de la máquina, tales como indicadores y control de presión, visualización de temperaturas y los controles manual y automático. En la figura 75 se observa el *screen* de visualización principal, del sistema de supervisión de la máquina.

Figura 78 Pantalla de visualización principal



Fuente: Autores

7.17.1. Panel de indicadores y control de presión.

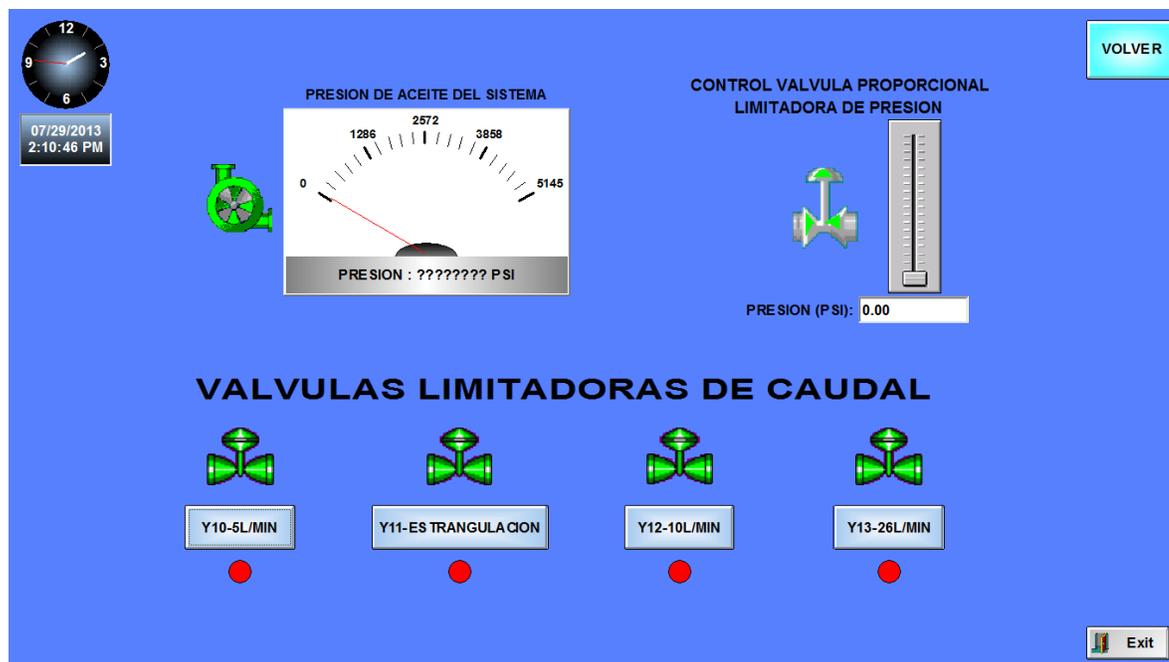
Esta pantalla permite realizar la visualización de la presión del sistema, para ello se cuenta con indicador de presión de aceite del sistema, el cual posee una escala entre 0 y 5145 PSI.

En el área superior derecha de la pantalla se tiene un control de la válvula proporcional limitadora de presión, por medio de un slider que tiene una variación entre 0 y 5145 PSI.

En la parte inferior de la pantalla se muestran las 4 válvulas limitadoras de caudal del sistema, de acuerdo a la secuencia de solenoides que se seleccione, se obtendrá una variación en el caudal máximo del sistema. (Ver tabla 4)

El botón volver permite regresar a la pantalla de visualización inicial. (Ver figura 76)

Figura 79 Pantalla de indicadores y control de presión



Fuente: Autores

7.17.2. Panel de indicadores y set points de temperatura.

Esta pantalla permite la visualización y configuración de temperaturas en las zonas del husillo de plastificación. (Ver figura 77)

El valor de la temperatura en las tres zonas del husillo de plastificación es registrado a través de los 3 medidores de temperatura, se dispone además de tres selectores de set points de temperatura para cada una de las zonas, las cuales definen el punto en el cual se apaga la resistencia respectiva, estos valores serán ingresados por el operario.

La temperatura medida por cada una de las Termocuplas, está dada por la siguiente relación:

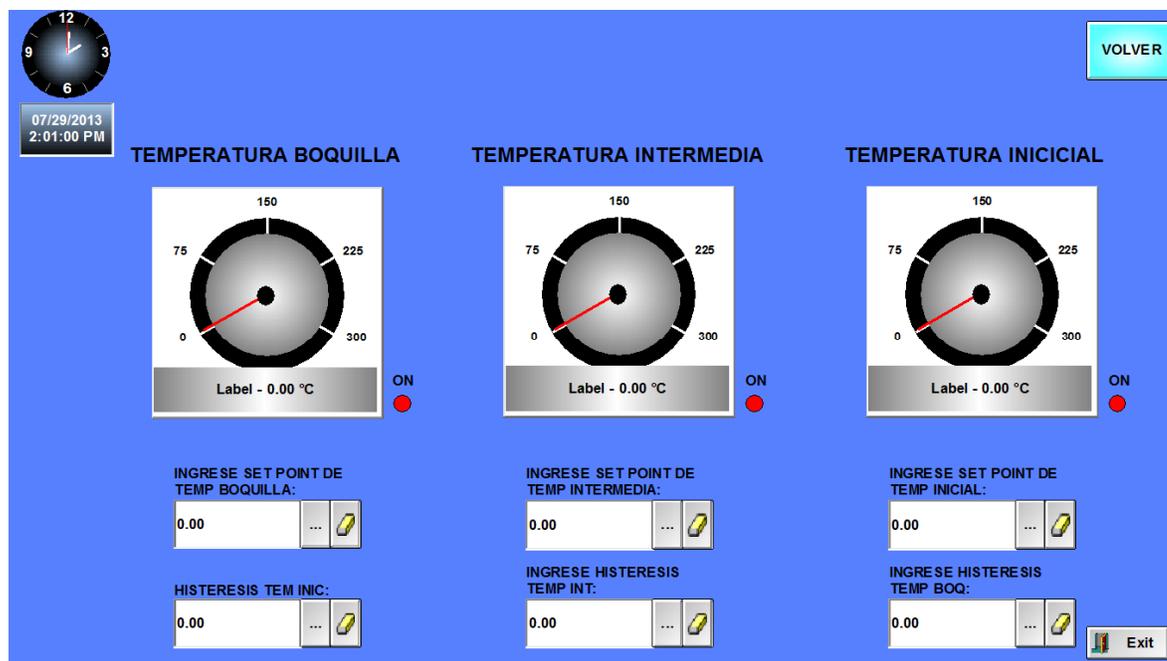
$$T_{medida} = \frac{analogo * V_{ref}}{32000 * 25mV}$$

analogo = voltaje medido por el canal análogo

V_{ref} = voltaje máximo medido por el canal análogo

$$V_{ref} = 10V$$

Figura 80 Pantalla de indicadores y set points de temperatura



7.17.3. Pantalla de control manual

Este panel será utilizado en el caso en el cual en la pantalla de visualización principal, se seleccione la opción de operación manual. (Ver figura 78)

En esta pantalla se cuenta con nueve controles on/off, con los cuales se controlaran las diferentes válvulas que gobiernan los actuadores de abrir y cerrar molde, avance y retroceso de inyección, husillo adelante y atrás, expulsión de pieza y retroceso de expulsión, y la válvula del motor hidráulico que realiza la alimentación de material termo plástico.

El botón volver permite regresar a la pantalla de visualización inicial.

Figura 81 Pantalla de control manual



Fuente: Autores

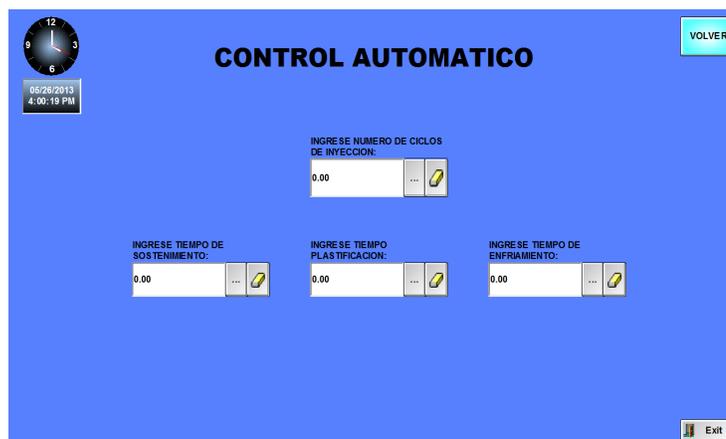
7.17.4. Pantalla de control automático

Este panel será utilizado en el caso en el cual en la pantalla de visualización principal, se seleccione la opción de operación automático.

Cuenta con cuatro selectores para el uso del operario de la máquina, en los cuales se ingresaran el número de ciclos de inyección que se desee, además se podrán ingresar los tiempos de sostenimiento de presión en la etapa de inyección, tiempo de plastificación y tiempo de enfriamiento de la pieza.

El botón volver permite regresar a la pantalla de visualización inicial.

Figura 82 Pantalla de control automático



Fuente: Autores

Tabla 9 listado de entradas y salidas con sus respectivas direcciones en PLC S7-200

ENTRADAS DIGITALES	
Selector Normal	I0.0
Selector Automático	I0.1
Selector SCADA	I0.3
Parada de Emergencia	I0.2
Limite Molde Cerrado	I0.4
Limite Molde Abierto	I0.5
Limite Expulsar Pieza Atrás	I0.6
Limite Expulsar Pieza Adentro	I0.7
Limite Boquilla Adelante	I1.0
Limite Boquilla Atrás	I1.1
Limite Inyección Adelante	I1.2
Limite Inyección Atrás	I1.3
SALIDAS DIGITALES	
Bomba Hidráulica	Q0.0
Bomba Agua Refrigeración	Q0.1
Contactador Resistencia 1	Q0.2
Contactador Resistencia 2	Q0.3
Contactador Resistencia 3	Q0.4
Válvula Caudal 1	Q0.5
Válvula Caudal 2	Q1.0
Válvula Caudal 3	Q1.1
Modo Operación Válvula de Caudal, Proporcional o Manual	Q1.2
Válvula Cierre Molde	Q1.3
Válvula Apertura Molde	Q1.4
Válvula Expulsar Pieza Adentro	Q1.5
Válvula Expulsar Pieza Atrás	Q1.6
Válvula Boquilla Adelante	Q1.7
Válvula Boquilla Atrás	Q2.0
Válvula Inyección Adelante	Q2.1
Válvula Inyección Atrás	Q2.2
Válvula Alimentación Motor Hidráulico	Q2.3
ENTRADAS ANALOGICAS	
Termocupla 1	AIW0
Termocupla 2	AIW2
Termocupla 3	AIW4
Sensor de Presión	AIW6
SALIDAS ANALOGICAS	
Válvula proporcional de presión	AQW0

7.18. LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

A continuación se muestra la lista de materiales y el presupuesto utilizado en el desarrollo del proyecto:

Tabla 10 Lista de materiales y presupuesto

Material suministrado por Universidad Tecnológica de Pereira		
Material ò Componente Electrónico	Cantidad	Precio
PLC S7200 CPU 222	1	existente
Módulo análogo EM-235	1	existente
Termocupla Tipo J	3	existente
Relevo 8 pines 110 Voltios	14	existente
Bases para relevos de 8 pines	14	existente
Gabinete metálico	1	existente
Interruptor Automático Termo magnético de 6 Amperios	1	existente
Pc de Mesa	1	existente
Teclado	1	existente
Mouse	1	existente
Monitor	1	existente
Material suministrado por integrantes del proyecto		
Material ò Componente Electrónico	Cantidad	Precio
Módulo de expansión de entradas y salidas EM-223	1	\$ 841.000
Cable vehículo # 18	40 m	\$ 36.000
Cable vehículo # 22	80 m	\$ 56.000
Canaleta Ranurada de 2x1 1/2	4 m	\$ 43.000

Riel Omega para sujeción de PLC	1 m	\$ 14.000
Bornes de conexión para riel Omega	100	\$ 150.000
Tornillería Varia	200	\$ 25.000
Libreta para rotular cable	3	\$ 48.000
Fabricación de Circuitos Impresos	6	\$ 270.000
Materiales Electrónicos Suministrado por Integrantes del Proyecto		
Material ò Componente Electrónico	Cantidad	Precio
Transformador de voltaje con tap central 12 V 500 mA	1	\$ 15.000
Triac VTA 16	16	\$ 40.000
MOC 3021	16	\$ 32.000
Bases para integrado de 6 pines	32	\$ 6.400
Condensador de 0.1 Microfaradios a 400 V	16	\$ 6.400
Resistencias de 220 Ω a 1/2 W	16	\$ 800
Resistencias de 120 Ω a 1/2 W	16	\$ 800
Resistencias de 39 Ω a 1/2 W	16	\$ 800
Resistencias de 1.2k Ω a 1/2 W	48	\$ 2.400
Borneras de tres pines para circuito impreso	26	\$ 23.400
Borneras de dos pines para impreso	10	\$ 7.000
Circuito integrado 4N27	16	\$ 40.000
Transistor 2N3906	16	\$ 4.800
Led de 5 mm Alto brillo color verde	32	\$ 19.200
Resistencia de 2.2 K a 1/2W	16	\$ 800
Resistencia de 5.6 a 1/4W	16	\$ 800
Resistencia de 10K 1/4W	16	\$ 800

Regulador LM 317	1	\$ 2.000
Regulador LM 337	1	\$ 2.000
Regulador LM 7812	1	\$ 2.000
Regulador LM 7912	1	\$ 2.000
Regulador LM 7805	1	\$ 2.000
Regulador LM 7905	1	\$ 2.000
Trimer de 5K	2	\$ 4.000
Condensador 0.1 microfaradios a 50 v	15	\$ 750
Condensador de 1.000 microfaradio a 50 V	2	\$ 1.500
Condensador 470 Microfaradios a 35 V	6	\$ 3.000
Condensador de 100 microfaradios 25 V	4	\$ 1.400
Amplificador Operacional AD620	4	\$ 56.000
Amplificador Operacional LF353	2	\$ 5.000
Amplificador Operación LM358	2	\$ 6.000
Trimer de 200K	14	\$ 28.000
Trimer de 1K	6	\$ 12.000
Sensor LM35	1	\$ 4.000
Base de 8 pines para impreso	8	\$ 800
1/4 de libra soldadura de estaño	1	\$ 18.000
Cable encauchetado de Conexiones de 6 hilo y Tierra	30 m	\$ 180.000
TOTAL		\$ 2.016.850

CONCLUSIONES

- En la adecuación tecnológica realizada en éste proyecto en la inyectora de plásticos de la Universidad Tecnológica de Pereira, se mejora la interfaz hombre máquina al introducirse un sistema SCADA al proceso, permitiendo al usuario, estudiante o instructor tener un verdadero sistema de control y monitoreo de todo el proceso relacionado con el moldeo de plástico.
- Antes de la realización del proyecto solo se podían interactuar con el proceso industrial del termoplástico a través de una serie de botones y luces pilotos que se encuentran en la parte superior de la máquina. Al tratarse de este equipo que tiene cierto grado de complejidad, dicha alternativa era aceptable, pero cuando se buscaba supervisar y modificar los parámetros de este proceso que posee diversas presiones de trabajo, diferentes materias primas que van de la mano con la temperatura de operación, tiempos y procedimientos, entre otras variables, la versatilidad y capacidad del operario entraban hacer parte de la eficiencia del equipo como tal, de esta manera al mejorar la pantalla HMI (Human-Machine Interface,), el encargado directo de la máquina manejara todo el sistema de una manera más fácil, segura y amena lo que mejorara aún más el rendimiento de todo el proceso.
- A través de la interfaz HMI instalada no solo se ahorró componentes tales como botones y pilotos, sino que también la información que puede entregar el SCADA es útil para operadores, estudiantes y profesores que hacen uso del sistema en el aprendizaje de otras ramas relacionadas con el moldeo de plásticos.
- El sistema original de control electrónico ya está presentando fallas, con la adecuación tecnológica realizada se puede operar toda la máquina de una manera paralela sin depender de los circuitos originales de control, además si se llegara a presentar alguna falla en el hardware nuevo instalado se puede realizar una trazabilidad para corregir e identificar el problema, haciendo uso de los rótulos de cableado instalado y verificando cada uno de los leds visualizadores de entradas y salidas que posee las tarjetas diseñadas que asocian todas las variables involucradas en el proceso.
- La tarjeta acondicionadora de señales para Termocuplas que se diseñó y posteriormente se fabricó, suplió completamente la necesidad del módulo análogo para Termocuplas EM 231 fabricado por SIEMENS para termopares, el cual que no se adquirió por presupuesto.
- Realizar la transferencia de tecnología, eliminando la dependencia que tiene la Universidad con la empresa que presta el servicio técnico especializado en esta área.

BIBLIOGRAFÍA

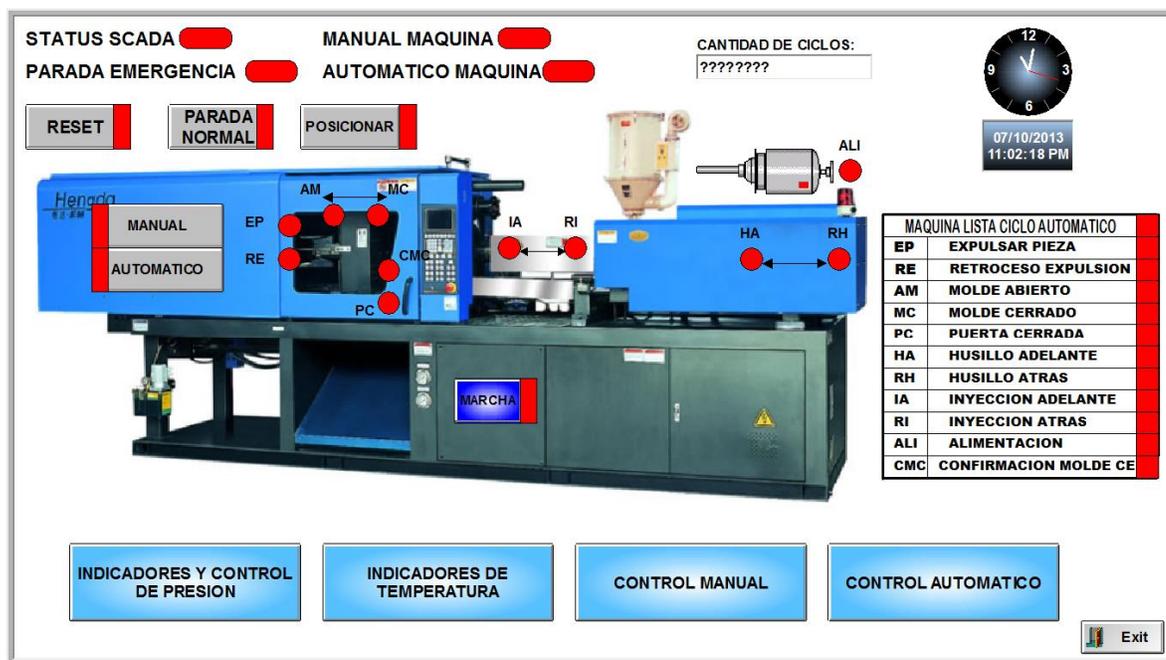
- [1] Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.
- [2] HB200/45, *Catálogo de la maquina inyectora*.
- [3] C. D. Zuluaga Velez y L. F. Chara Cepulveda, Caracterizacion de la inyectora de plastico, Pereira, Colombia: Universidad Tecnologica De Pereira, 2009.
- [4] E. A. S. Marin., MODELADO DE UN SISTEMA DE INYECCION DE MATERIALES TERMPLASTICOS CON PROPOSITOS DE SIMULACION Y VALIDACION EXPERIMENTAL, Pereira: Universidad Tecnologica De pereira, 2005.
- [5] SIEMENS, *MANUALES DE DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACIÓN SIEMENS*.
- [6] «Ira.unileon.es,» Simatic S7, Manual de programación., [En línea]. Available: http://Ira.unileon.es/sites/Ira.unileon.es/files/Documents/plc/Simatic/Manual_programacion_simatic_s7_300.pdf. [Último acceso: 3 Febrero 2013].
- [7] ARIAN, «<http://www.arian.cl>,» ARIAN, Manejo de termocuplas., [En línea]. Available: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>. [Último acceso: 4 Mayo 2013].
- [8] A. J. AGAMA CHICO, *Plan de negocios para una microempresa que ofrece servicios de diseño y fabricacion de circuitos impresos. Desarrollo de tres tipos de tarjetas que se usan en los laboratorios de la facultad: Fuente de poder, circuito amplificador y tarjeta de control.*, Guayaquil- Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, 2008.
- [9] A. Creus Sole, Instrumentacion Industrial, Barcelona: Marcombo Botxareu, 1993.
- [1] L. E. Avendaño, SISTEMAS ELECTRONICOS Y ANALOGICOS UN

- 0] ENFOQUE MATRICIAL, Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica De Pereira.
- [1 M. H. MESA, Notas de clase potencia Fluida, Sistemas Automaticos de
1] Producción, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- [1 F. METTERS, Their Theory and application. Report of ASME. Research
2] Commitee on Fluid Meters., New York: Howard S.Bean, 1971.
- [1 I. Rios, Diseño y Construcción Del Sistema De Enfriamiento De una Máquina
3] inyectora de plástico., Pereira: Universidad Tecnologica De Pereira, 2003.
- [1 V. L. SSTREETER, Mecanica de Fluidos, Mc. Graw Hil. Novena Edición, 2000.
4]
- [1 W. J. STOECKER, Refrigeration and air conditioning Mechanical Technology,
5] Mc. Graw Hill International, 1982.
- [1 J. E. GRANADOS PIRAVAN y . H. . M. OSORIO QUINTERO,
6] IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA CON INTERFAZ WEB PARA
LA CELDA DE MANUFACTURA DEL PROGRAMA DE INGENIERIA EN
MECATRONICA.(DICIEMBRE 2012), Universidad Tecnologica de Pereira,
2012.
- [1 «datasheetcatalog.org,» MOTOROLA, Optotriac MOC 3021, [En línea].
7] Available: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/MOC3021.pdf..>
[Último acceso: 12 Febrero 2013].
- [1 «stanford.edu,» ANALOG DEVICES, AOP AD620, [En línea]. Available:
8] http://www.stanford.edu/class/ee122/Parts_Info/datasheets/ad620.pdf.. [Último
acceso: 22 Enero 2013].
- [1 «datasheetcatalog.org,» STM Triac BTA 16, [En línea]. Available:
9] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/stmicroelectronics/7471.pdf>. [Último
acceso: 3 Mayo 2013].
- [2 «datasheetcatalog.org,» National Semiconductor, LF353 AOP., [En línea].

- 0] Available:
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005649.PDF>.. [Último acceso: 16 Marzo 2013].
- [2 «datasheetcatalog.org,» National Semiconductor, LM 358, [En línea]. Available:
1] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS007787.PDF>. [Último acceso: 5 Mayo 2013].
- [2 «alldatasheet.es,» MOTOROLA, 2N3055, [En línea]. Available:
2] <http://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/2834/MOTOROLA/2N3055.html>.. [Último acceso: 6 Febrero 2013].
- [2 «datasheetcatalog.org,» National Semiconductor, LM35, [En línea]. Available:
3] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005516.PDF>. [Último acceso: 8 Marzo 2013].
- [2 «datasheetcatalog.org,» MOTOROLA, Optotransistor 4N27, [En línea].
4] Available: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/4N26.pdf>.. [Último acceso: 24 Febrero 2013].

ANEXO A Manual de uso de la interfaz HMI SCADA diseñada

PANTALLAZO PRINCIPAL DEL SCADA



INDICADOR STATUS SCADA: STATUS SCADA ■

Este indicador muestra cuando el selector físico de la máquina se encuentra en la posición de trabajo, el cual habilita el sistema de supervisión a través del sistema SCADA.

INDICADOR PARADA DE EMERGENCIA: PARADA EMERGENCIA ■

Este indicador se pondrá de color verde, en el caso en el cual el operador de la maquina presione el botón físico parada de emergencia, bajo esta condición activada el sistema no opera.

INDICADOR MANUAL MAQUINA: MANUAL MAQUINA ■

Este indicador muestra cuando el selector físico de la máquina se encuentra en la posición manual, que habilita el control en modo manual de la máquina, si esta condición esta activada el sistema no opera.

INDICADOR AUTOMATICO MAQUINA: AUTOMATICO MAQUINA ■

Este indicador muestra cuando el selector físico de la máquina se encuentra en la posición automático, que habilita el control en modo automático de la máquina, bajo esta condición el sistema no trabaja.

INDICADOR MAQUINA LISTA CICLO AUTOMATICO:

MAQUINA LISTA CICLO AUTOMATICO 

Este indicador se pondrá en verde cuando la máquina se encuentre lista para dar inicio al ciclo automático, para iniciar este ciclo se deben cumplir las siguientes condiciones: Máquina posicionada, puerta cerrada, botón automático presionado y botón marcha presionado.

INDICADOR EP (EXPULSAR PIEZA):

EP **EXPULSAR PIEZA** 

Este indicador se pondrá en verde, cuando se active el final de carrera expulsión de pieza al frente.

INDICADOR RE (RETROCESO DE EXPULSION):

EP **EXPULSAR PIEZA** 

Este indicador se pondrá en verde, cuando se active el final de carrera de retroceso de expulsión.

INDICADOR AM (MOLDE ABIERTO):

AM **MOLDE ABIERTO** 

Este indicador se pondrá en verde, cuando el límite de carrera indica que el molde está abierto.

INDICADOR MC (MOLDE CERRADO):

MC **MOLDE CERRADO** 

Este indicador se pondrá en verde, cuando el límite de carrera que indica que el molde está cerrado se active.

INDICADOR PC (PUERTA CERRADA):

PC **PUERTA CERRADA** 

Este indicador se pondrá en verde, cuando el límite de carrera que indica que la puerta está cerrada se encuentre activo.

INDICADOR HA (HUSILLO ADELANTE):

HA **HUSILLO ADELANTE** 

Este indicador se pondrá en verde, cuando el imite de carrera que identifica que el husillo se encuentra adelante esta activado.

INDICADOR RH (HUSILLO ATRAS):

RH	HUSILLO ATRAS	
-----------	----------------------	--

Este indicador se pondrá en verde, cuando el imite de carrera que identifica que el husillo se encuentra atrás se active.

INDICADOR IA (INYECCION ADELANTE):

IA	INYECCION ADELANTE	
-----------	---------------------------	--

Este indicador se pondrá en verde, cuando se está realizando la inyección en el molde.

INDICADOR RI (INYECCION ATRAS):

RI	INYECCION ATRAS	
-----------	------------------------	--

Este indicador se pondrá en verde, cuando se genera el retorno de proceso de inyección a la posición inicial.

INDICADOR ALI (ALIMENTACION):

ALI	ALIMENTACION	
------------	---------------------	--

Este indicador se pondrá en verde, cuando se encuentre el motor hidráulico operando, el cual hace posible que el material que se encuentra en la tolva, ingrese a la cámara de plastificación.

INDICADOR CMC (CONFIRMACION MOLDE CERRADO):

CMC	CONFIRMACION MOLDE CE	
------------	------------------------------	--

Este indicador se pondrá en verde, cuando un final de carrera adicional al del molde cerrado confirma que este se encuentra cerrado.

CANTIDAD DE CICLOS:

CANTIDAD DE CICLOS:

????????

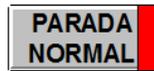
Este visualizador permitirá observar la información de la cantidad de ciclos de inyección que va realizando la máquina en el modo automático; cuando el indicador es igual al número de ciclos programados el proceso se detiene hasta que se presione de nuevo el botón reset.

BOTON RESET:



Este botón se utiliza para dar reset al contador de ciclos.

BOTON PARADA NORMAL:



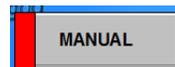
Este botón se utiliza dentro del ciclo automático, con el cual se podrá realizar una parada inmediata al proceso.

BOTON POSICIONAR:



Este botón se utilizara para posicionar la maquina, con el fin de dar inicio al ciclo automático, al presionar este botón se darán las siguientes cuatro condiciones: abrir el molde, husillo atrás, inyección atrás y retroceso de expulsión atrás, para poder posicionar la maquina no pueden estar habilitado el botón manual ni el botón automático.

BOTON MANUAL:



Al presionar este botón se habilita el ciclo de control manual de la maquina, a través del SCADA, para realizar dicho control es necesario oprimir posteriormente el botón control manual, en donde se habilitará un nuevo pantallazo en el cual se encuentran cada uno de los controles de los diferentes actuadores.

BOTON AUTOMATICO:

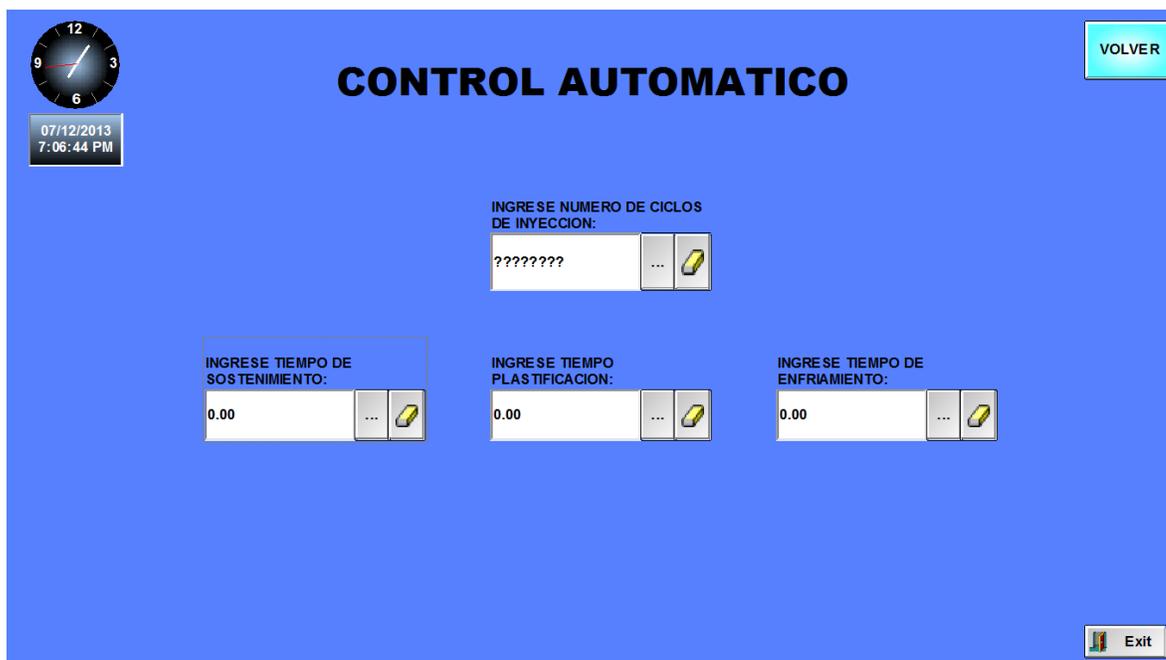


Al presionar este botón se habilita el ciclo de control automático de la máquina, a través del SCADA, para iniciar dicho ciclo automático se debe haber programado los tiempos asociados al proceso, por lo tanto se deben ingresar en la ventana de control automático diferentes constantes; dentro de esta ventana se deben registrar el número de ciclos deseados en modo automático, tiempos de sostenimiento, plastificación y enfriamiento, posteriormente oprimir marcha para dar inicio al ciclo automático. Para que este mando funcione, la máquina se debe posicionar previamente.

BOTON CONTROL AUTOMATICO



Esta pantalla que se despliega al presionar el botón control automático, dentro de esta ventana se registra los valores de los diferentes tiempos de trabajo en segundos y el número de ciclos de inyección para el modo de operación en automático.

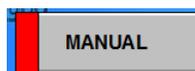


BOTON MARCHA:



Al presionar este botón se dará marcha al sistema, tanto para el modo de trabajo manual como para el modo de trabajo automático; el motor principal del sistema hidráulico inicia al presionar este botón.

CONTROL MANUAL:



Al seleccionar el ciclo manual y oprimir el botón control manual, se desplegará una ventana en la cual se encuentran los 10 controles on/off, los cuales habilitan los actuadores que controlan cada uno de los ciclos de la máquina, tales como abrir molde, cerrar molde, avance de inyección, retroceso de inyección, husillo atrás, husillo adelante, expulsar pieza, retroceso de expulsión de pieza, alimentación y

bomba de refrigeración. Cada uno de los controles posee en la parte superior un indicador el cual se pondrá en verde, en el momento en el cual la salida de cada ciclo está habilitada.

BOTON CONTROL MANUAL



Al presionar este botón se despliega una ventana donde aparecen todos los mandos de control independiente para cada uno de los actuadores que están involucrados en el proceso de plastificación.

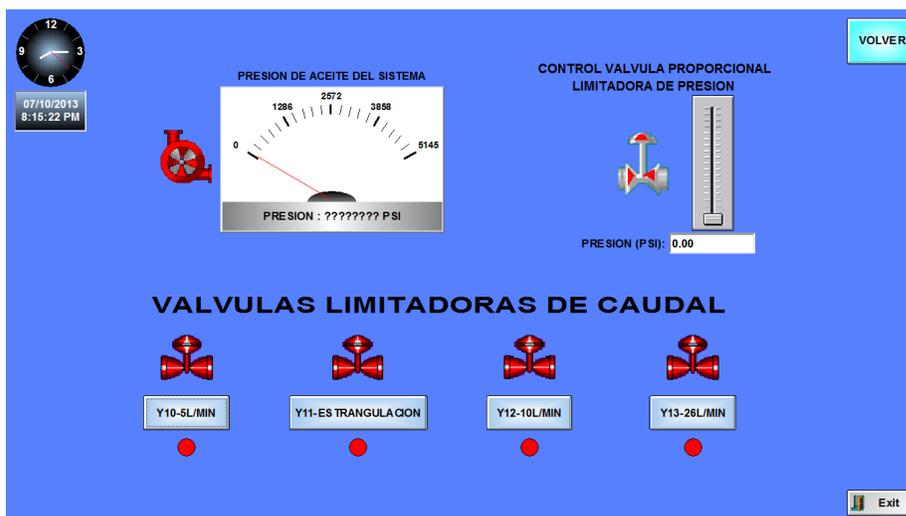


BOTON DE INDICADORES, CONTROL DE PRESION Y CAUDAL



Al presionar este botón se despliega una ventana en la cual se puede apreciar la presión de aceite del sistema de inyección,, se cuenta además con los controles de las 4 válvulas limitadoras de caudal de sistema, la válvula Y10 seleccionara un caudal de 5 litros por minuto, al presionar la válvula Y11 o válvula de estrangulación, se deshabilita la válvula de control proporcional de caudal y el retorno a tanque se realizará por la válvula de estrangulación mecánica, la válvula Y12 seleccionara un caudal de 10 litros por minuto, la válvula Y13 seleccionará un caudal de 26 litros por minuto.

La válvula proporcional restringe la presión máxima de retorno a tanque, dependiendo del valor de salida entregado por el modulo análogo del PLC, el cual varía entre 0 y 10 voltios.



BOTON INDICADORES DE TEMPERATURA



Al presionar este botón se despliega una ventana en la cual se visualiza en tiempo real, las tres temperaturas generadas en el husillo de plastificación, para cada una de las temperaturas se debe ingresar el set point máximo de temperatura en grados centígrados, hasta el cual calentará la resistencia eléctrica ; en la ventana de histéresis se ingresa el rango de temperatura que está encima y por debajo del set point, de tal manera que cuando la temperatura va en aumento, la resistencia solo se apagará si la temperatura medida es mayor

que el set point mas la histéresis dividido entre dos, y la resistencia se encenderá nuevamente cuando la temperatura medida sea igual al set point menos la histéresis dividido entre dos. Los indicadores **on** se pondrán en verde cuando la resistencia eléctrica de cada zona se encuentre en proceso de calentamiento.

The screenshot shows a control panel with three columns for different temperature zones. Each column contains a gauge with a scale from 0 to 300 (marked at 0, 75, 150, 225, 300) and a red needle pointing to 0. Below each gauge is a label 'Label - 0.00 °C' and an 'ON' indicator with a red light. Underneath are two input fields: 'INGRESE SET POINT DE TEMP' and 'INGRESE HISTERESIS TEM', both showing '0.00'. The top left has a clock and date/time '07/12/2013 8:27:36 PM'. The top right has a 'VOLVER' button. The bottom right has an 'Exit' button.

CASILLA DE SET POINT

INGRESE SET POINT DE
TEMP INICIAL:

0.00

En esta casilla se ingresa el set point de temperatura hasta el cual se quiere calentar la resistencia de eléctrica asociada al husillo de plantificación; cada control tiene su casilla para ingresar su correspondiente valor máximo de temperatura.

CASILLA DE HISTERESIS

HISTERESIS TEM INIC:

0.00

En esta casilla se ingresa el rango de temperatura de histéresis, cada control maneja su casilla independiente de histéresis y se puede introducir el rango en centígrados deseado.



BOTÓN VOLVER

Con este botón se puede desplazar entre los pantallazos creados en el SCADA.

ANEXO B Configuración del WEB Server en SCADA Í máquina de inyección de plásticoÓ Indusoft Web Studio

Para la configuración de la aplicación y poderla visualizar en un navegador web (Se recomienda Internet Explorer ya que trae configurados por defectos unos en %Active X+que nos permite observar la pantallazos %Screeners+creados en Indusoft) se debe realizar los siguientes pasos:

Router (Conexión a Internet e Intranet)

Deben de redireccionarse los puertos (NAT)

Puerto 80: IP= Numero IP del ordenador donde esté instalado el servidor web.

(IIS, NTWebServer, Apache, etc)

Puerto 1234: IP= Numero IP del ordenador donde este instalado el Indusoft Web Studio

Nota: Ambas IP pueden ser la misma si el Servidor Web y la aplicación de Indusoft residen en el mismo PC

Web Server

Debe de configurarse un servidor web:

NTWebserver Programa incluido en la aplicación Indusoft Web Studio.

El programa se encuentra en la carpeta \Bin, y debe copiarse en la carpeta \Web de la aplicación del usuario.

(No requiere ningún tipo de configuración)

IIS Internet Information Server: debe añadirse el directorio \Web de la aplicación (Consultar manual IIS).

ANEXO C Listado de precios de módulos para PLC S7-200

www.ad.siemens.de/simatic

Autómatas programables (PLC) SIMATIC S7 - 200 Fuentes de Alimentación (para riel omega) Accesorios para Profibus

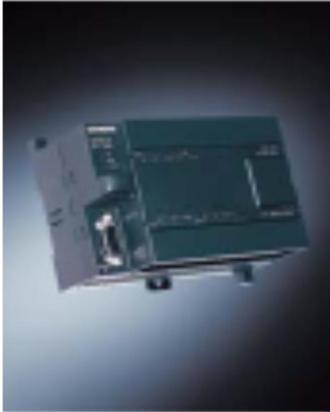
Jun.20/2005

No. de Depósito	Descripción		Precio Lista Unit. - Col. \$(*)
 S7 - 200			
SIMATIC S7 - 200 modelos compactos			
Unidad Central CPU			
71283	6ES7212-1BB23-0XB0	CPU222, 110/220VAC, ENTRADAS 24 VDC, SAL RELE, MEM 4KBYTE, 8DI/6DO	1.109.000
64531	6ES7214-1AD23-0XB0	CPU224, 24 VDC, ENTRADAS Y SALIDAS 24 VDC, MEM 8KBITE 14DI/10DO	1.523.000
59934	6ES7214-1BD23-0XB0	CPU224, 110/220VAC, ENTRADAS 24 VDC, SAL RELE, MEM 8KBITE 14DI/10DO	1.601.900
117873	6ES7214-2AD23-0XB0	CPU 224XP, ALIMENTACION DC 14 ED DC/10 SD DC, 2 EA, 1 SA, 8/16 KB PROGR./10 KB DATOS, 2 PUERTOS PPI/PROGR. INTERF	2.439.800
116096	6ES7214-2BD23-0XB0	CPU 224XP, ALIMENTACION AC 14 ED DC/10 SD RELE, 2 EA, 1 SA, 12/16 KB PROGR./10 KB DATOS, 2 PUERTOS PPI/PROGR. INTERF	2.538.400
76044	6ES7216-2AD23-0XB0	CPU226, 24 VDC, ENTRADAS 24 VDC, SAL 24 VDC, MEM 8KBITE 24DI/16DO, 2xPPI	2.740.400
76043	6ES7216-2BD23-0XB0	CPU226, 110/220VAC, ENTRADAS 24 VDC, SAL RELE, MEM 8KBITE 24DI/16DO, 2xPPI	2.868.600
Módulos de entradas digitales			
71809	6ES7221-1BF22-0XA0	EM221 CON SEP. GALVANICA 8DI, 24 VDC	394.300
Módulos de salidas digitales			
66104	6ES7222-1BF22-0XA0	EM222 CON SEP. GALVANICA 8DO, 24 VDC	468.200
63778	6ES7222-1HF22-0XA0	EM222 CON SEP. GALVANICA 8DO, A RELE	542.100
Módulos de entradas/salidas digitales			
75221	6ES7223-1BF22-0XA0	EM223 CON SEP. GALVANICA 4DI 24VDC/4DO 24VDC	478.100
66749	6ES7223-1PL22-0XA0	EM223 CON SEP. GALVANICA 16DI 24 VDC/16DO RELE	1.473.700
Módulos de entradas / salidas analógicas			
71810 ¹⁾	6ES7231-0HC22-0XA0	EM231 MODULO DE 4 ENTRADAS ANALOGAS +/-10VDC, RESOLUCION 12BITS	877.300
64883 ¹⁾	6ES7231-7FD22-0XA0	EM231 MODULO DE 4 ENTRADAS ANALOGAS PARA TERMOCUPLAS, RESOLUCION 12BITS	1.192.800
84176 ¹⁾	6ES7231-7PB22-0XA0	EM231 MODULO DE 2 ENTRADAS ANALOGAS PARA RTD, RESOLUCION 12BITS	1.192.800
60243	6ES7232-0HB22-0XA0	EM232 MODULO DE 2 SALIDAS ANALOGAS +/-10VDC, RESOLUCION 12BITS	956.200
59937	6ES7235-0KD22-0XA0	EM235 MODULO DE 4 ENTR. 1 SAL. ANALOGAS RES. 12BITS	1.163.200
Accesorios y repuestos			
83123 ¹⁾	6ES7277-0AA22-0XA0	EM277 INTERFACE COMUNICACION PROFIBUS ESCLAVO DP/MPPI PARA CPU 222-226	1.089.200
85182 ¹⁾	6GK7243-2AX01-0XA0	CP243-2 INTERFACE COMUNICACION AS-I PARA CPU 222-226	1.843.400
107082 ¹⁾	6GK7243-1EX00-0XE0	CP243-1 INTERFACE COMUNICACION ETHERNET TCP/IP OPC PARA CPU 222-226	2.614.300
99177 ¹⁾	6ES7241-1AA22-0XA0	CP241 INTERFACE MODULO MODEM/MODBUS PARA CPU 222-226	1.601.900
 Fuente de alimentación SITOP			
Fuentes de alimentación (para riel omega)			
27489	6EP1331-2BA00	FUENTE SITOP 2AMP ENTRADA 120/230 VAC; SALIDA 24 VDC	608.500
30854	6EP1333-3BA00	FUENTE SITOP 5AMP ENTRADA 120/230 VAC; SALIDA 24 VDC	859.900
27491	6EP1334-3BA00	FUENTE SITOP 10AMP ENTRADA 120/230 VAC; SALIDA 24 VDC	1.124.400
70952 ¹⁾	6EP1336-3BA00	FUENTE SITOP 20AMP ENTRADA 120/230 VAC; SALIDA 24 VDC	1.475.000
65521 ¹⁾	6EP1436-3BA00	FUENTE SITOP 20AMP ENTRADA 3 x 480 VAC; SALIDA 24 VDC	1.296.500
Accesorios para PROFIBUS			
52583	6ES7153-1AA03-0XB0	IM-153 PARA PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET200M, PARA MAXIMO 8 MODULOS S7 300	1.581.900
84978	6XV1830-0ET10	CABLE PARA COMUNICACION PROFIBUS, ROLLO 100 METROS	856.800
30864	6ES7972-0BB50-0XA0	CONECTOR PARA PROFIBUS CON BORNE CONEXIÓN A PG FAST CONNECT	301.600
51851	6GK1500-0EA02	CONECTOR PARA PROFIBUS CON BORNE CONEXIÓN A OP Y OLM	301.600
Notas: ¹⁾ Suministro de importación bajo pedido (*) El precio lista no incluye el IVA vigente.			

Cancela y sustituye a la página 4/2 de la lista con fecha Octubre 1/2003
Precios sujetos a cambio sin previo aviso

Siemens S.A. - Colombia

ANEXO D Información técnica S7-200

SIMATIC S7-200		3
	300	Introduction
	304	Central processing units
	304	CPU 201, 202, 204, 204 DP, 206
	302	SIPPLUS central processing units
	302	SIPPLUS central processing units
	303	Digital modules
	303	Digital modules
	309	SIPPLUS digital modules
	309	SIPPLUS digital modules
	301	Analog modules
	301	Analog modules
	301	EM 201 thermocouple module
	301	EM 201 RTD module
	308	SIPPLUS analog modules
	308	SIPPLUS analog modules
	309	Function modules
	309	EM 202 positioning module
	341	Communication
341	EM 203 modem	
341	EM 207 PROFIBUS DP module	
341	CP 243-0	
341	CP 243-1	
341	CP 243-1 E	
344	Power supplies	
344	Power supplies	
345	Human Machine Interface	
345	TD 200 text display	
345	TD 200C text display	
345	SIMATIC TP 200 touch	
345	SIMATIC OP 200	
346	Software	
346	Software	

SIMATIC S7-200 Introduction

S7-200

Overview

3



SIMATIC S7-200

- The micro PLC offers maximum automation at minimum cost
- Extremely simple installation, programming and operation
- Large-scale integration, space-saving, powerful
- Can be used both for simple controls and for complex automation tasks
- All CPUs can be used in either clone mode, in networks and within distributed structures
- Suitable for applications where programmable controllers would not have been viable in the past
- With outstanding real-time performance and powerful communication options: GPI, PROFIBUS DP, AS-Interface
- Shipbuilding certification from
 - American Bureau of Shipping (ABS)
 - Bureau Veritas (BV)
 - Det Norske Veritas (DNV)
 - Germanischer Lloyd (GL)
 - Lloyd Register of Shipping (LRS)
 - Registro Italiano Navale (RINA)
 - Nippon Kaiji Kyokai (NK)

SIMATIC S7-200

- The PLC for use in the harshest environmental conditions
- With extended temperature range from -40 to +70°C
- Suitable for extraordinary mechanical load (pollution gas atmosphere)
- Occasional short-term condensation and increased mechanical loading permissible
- With the proven PLC in chemistry of the S7-200
- Convenient handling, programming, maintenance and service
- Ideal for use in the automotive industry, environmental technology, mining, chemical plants, production technology, food industry etc.
- The alternative to expensive custom solutions

More information you can find at:

<http://www.siemens.com/sip/star>

SIMATIC S7-200

Introduction

S7-200

3

Technical specifications

General technical specifications SIMATIC S7-200

Degree of protection	IP00 in accordance with IEC 60529
ambient temperature	
• Operation (85% relative humidity)	
- With horizontal mounting	0 to 55°C
- With vertical mounting	0 to 45°C
• Transport and storage (General)	
- with 85% relative humidity	-25 to 55 °C
Isolation	
• 50V VDC circuits	Test voltage 100 VAC
• 110/220 VAC circuits to ground	Test voltage 1000 VAC
• 110/220 VAC circuits to 110/220 VAC circuits	Test voltage 1000 VAC
• 220 VAC circuits to 50V VDC circuits	Test voltage 1000 VAC
• 110 VAC circuits to 50V VDC circuits	Test voltage 1000 VAC
Electromagnetic compatibility	Requirements of EMC law
• Emission immunity to EN 60950-2	Tested according to IEC 801-2, IEC 801-3, IEC 801-4, EN 60947, EN 60948, IEC 801-3, MIL-STD-883C
• Conducted interference according to EN 60950-1 and EN 60950-2	Tested according to EN 60950, Class A, Group 1 and EN 60950, Class B, Group 1
Mechanical rating	
• Vibration, tested according to EN 60950-1	IEC 60068, Part 2-61, 20 to 200 Hz; constant amplitude 0.35 mm/s ² MIL-STD-883C; constant acceleration 1 g (measured on DIN rail or 2 g (measured in control cabinet); type of vibration: frequency cycles with a rate of change of 1 octaves/octave; vibration duration: 10 frequency cycles per axis in each dimension of the 3 mutually perpendicular axes
• Shock, tested according to EN 60950-1	IEC 60068, Part 2-27 (half sine; shock strength 10 g (peak value), duration 11 ms, 6 shocks on each of the 3 mutually perpendicular axes

General technical specifications SIMATIC S7-200

Ambient temperature	
Temperature	Horizontal mounting: -25 °C to 70 °C Vertical mounting: -25 °C to 50 °C
Relative humidity	0 to 95%; increased condensation periods, while corresponding to relative humidity (RH) class grade 2 according to IEC 101/2 and IEC 721 3.3.3.3.303
Storage temperature	-25 °C to 70 °C IEC 721 3.3.3.3.303
Atmospheric pressure	IEC 60068-2-61 (a) corresponding to a height of 1000 to 2000 m
Pollutant concentration	IEC 60068-2-61 (a) (2) ppm, relative humidity 85% test: 10 ppm, 4 days IEC 60068-2-61 (a) (2) (3) ppm, relative humidity 85% test: 1 ppm, 4 days (second step in IEC 721 3.3.3.3.303)
Mechanical / environmental conditions	
Vibration	Type of vibration: frequency progression changing at 1 octave per minute; 20 Hz to 400 Hz, constant amplitude 0.35 mm/s ² at 400 Hz; constant acceleration 1 g; Direction of vibration: 10 frequency progressions per axis in each dimension of the three mutually perpendicular axes; Vibration testing according to IEC 60068-2-61 (2) (3) and IEC 721 3.3.3.3.303
Shock	Type of shock: sinusoidal shock strength: 10 g peak value; duration shock duration: 11 ms; 6 shocks each in all direction on each of the mutually perpendicular axes; Shock testing according to IEC 60068-2-27
Conformity	EN 60950 (industrial applications - electrical device control cabinet)

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Overview



- The smallest compact solution
- With 14 input/outputs on board
- Not expandable



- The compact high-performance CPU
- With 24 input/outputs on board
- Expandable with up to 7 expansion modules



- The superior compact solution
- With 14 input/outputs on board
- Expandable with up to 7 expansion modules

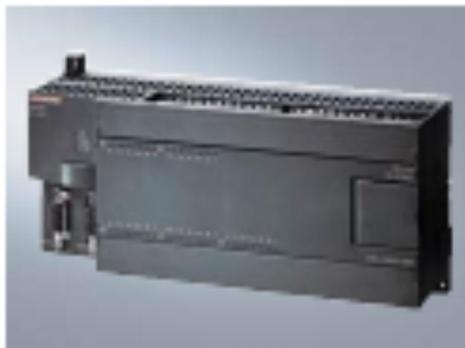


- The power CPU
- With 24 digital and 2 analog input/outputs onboard
- Expandable with up to 7 expansion modules

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

Overview



- The high-performance package for complex technical tasks
- With additional PPI port for added flexibility and communication options
- With 40 input/output on board
- Expansion capability for max. 7 expansion racks

3

Technical specifications

	6ES7 211-0AA0-0XB0	6ES7 211-0AA2-0XB0	6ES7 211-0AA3-0XB0	6ES7 211-0BA0-0XB0
Supply voltages				
Rated value				
- 24 V DC	Yes		Yes	
- permissible range, lower limit (DC)	20.4 V		20.4 V	
- permissible range, upper limit (DC)	28.8 V		28.8 V	
- 0/0 V AC		Yes		Yes
- 200 V AC		Yes		Yes
- permissible range, lower limit (AC)		20 V		20 V
- permissible range, upper limit (AC)		200 V		200 V
- permissible frequency range, lower limit		47 Hz		47 Hz
- permissible frequency range, upper limit		60 Hz		60 Hz
Voltages and currents				
Load voltage L+.				
- Rated value (DC)	24 V	24 V	24 V	24 V
- permissible range, lower limit (DC)	20.4 V	5 V	20.4 V	5 V
- permissible range, upper limit (DC)	28.8 V	32 V	28.8 V	32 V
Load voltage L1				
- Rated value (AC)		100 V, 100 to 200 V AC		100 V, 100 to 200 V AC
- permissible range, lower limit (AC)		5 V		5 V
- permissible range, upper limit (AC)		200 V		200 V
- permissible frequency range, lower limit		47 Hz		47 Hz
- permissible frequency range, upper limit		60 Hz		60 Hz
Current consumption				
Standby current, max.	10 A, at 24 V	20 A, at 200 V	10 A, at 24 V	20 A, at 200 V
From supply voltage L+, max.	600 mA, 80 to 600 mA		600 mA, 80 to 600 mA, output current for expansion modules (5 V DC) 340 mA	
From supply voltage L1, max.		100 mA, 10 to 60 mA (200 V), 30 to 100 mA (100 V); output current for expansion modules (5 V DC) 340 mA		140 mA, 20 to 70 mA (200 V), 40 to 140 mA (100 V); output current for expansion modules (5 V DC) 340 mA

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 211-0BA03-0AB0	6ES7 211-0BA02-0AB0	6ES7 211-0BA02-0AB0	6ES7 211-1BA02-0AB0
Backup battery - Backup time	30 h (min. 8 h at 40 °C); 200 days (typ.) with optional battery module	30 h (min. 8 h at 40 °C); 200 days (typ.) with optional battery module	30 h (min. 8 h at 40 °C); 200 days (typ.) with optional battery module	30 h (min. 8 h at 40 °C); 200 days (typ.) with optional battery module
Memory/backup Memory - Number of memory modules [optional]	1, pluggable memory module, content identical to integral EEPROM, in addition, recipes, data logs and other files can be saved.	1, pluggable memory module, content identical to integral EEPROM, in addition, recipes, data logs and other files can be saved.	1, pluggable memory module, content identical to integral EEPROM, in addition, recipes, data logs and other files can be saved.	1, pluggable memory module, content identical to integral EEPROM, in addition, recipes, data logs and other files can be saved.
*Data memory and program memory - Data memory, max. - Program memory, max.	2 KByte 4 KByte	2 KByte 4 KByte	2 KByte 4 KByte	2 KByte 4 KByte
Backup - available	Yes, Program and/or program maintenance line in integral EEPROM, programmable via CPU, data and/or DI 1 loaded from PG/PC maintenance line in integral EEPROM, current values of DI 1 in RAM, retention flags, timers, counters etc., maintenance line via super capacitor; optional battery	Yes, Program and/or program maintenance line in integral EEPROM, programmable via CPU, data and/or DI 1 loaded from PG/PC maintenance line in integral EEPROM, current values of DI 1 in RAM, retention flags, timers, counters etc., maintenance line via super capacitor; optional battery	Yes, Program and/or program maintenance line in integral EEPROM, programmable via CPU, data and/or DI 1 loaded from PG/PC maintenance line in integral EEPROM, current values of DI 1 in RAM, retention flags, timers, counters etc., maintenance line via super capacitor; optional battery	Yes, Program and/or program maintenance line in integral EEPROM, programmable via CPU, data and/or DI 1 loaded from PG/PC maintenance line in integral EEPROM, current values of DI 1 in RAM, retention flags, timers, counters etc., maintenance line via super capacitor; optional battery
CPU processing time via bit instruction, max.	0.27 µs	0.27 µs	0.27 µs	0.27 µs
Transistors and their rele- ase characteristics				
DI source - Number	24	24	24	24
*adjustment with battery - adjustable	Yes, via super capacitor or battery			
- lower limit	1	1	1	1
- upper limit	24	24	24	24
*Counting range - lower limit	0	0	0	0
- upper limit	32,767	32,767	32,767	32,767
DO source - Number	24	24	24	24
*adjustment with battery - adjustable	Yes, via super capacitor or battery			
- upper limit	64	64	64	64
*Timing range - lower limit	1 ms	1 ms	1 ms	1 ms
- upper limit	34 ms; 6 lines, 1 ms to 32 s 16 lines, 32 ms to 5 min 200 lines, 32 ms to 34 min	34 ms; 6 lines, 1 ms to 32 s 16 lines, 32 ms to 5 min 200 lines, 32 ms to 34 min	34 ms; 6 lines, 1 ms to 32 s 16 lines, 32 ms to 5 min 200 lines, 32 ms to 34 min	34 ms; 6 lines, 1 ms to 32 s 16 lines, 32 ms to 5 min 200 lines, 32 ms to 34 min

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 231, 234, 234 XR, 234

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 211-1AG02-0AB0	6ES7 211-1BA02-0AB0	6ES7 211-1CG02-0AB0	6ES7 211-1EA02-0AB0
Data areas and their relative characteristics				
Flags				
- Number	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits
- adjustable intensity	Yes, MD 0 to MD 1.7			
- of which intensive with battery	0 to 250, via super capacitor or battery, adjustable	0 to 250, via super capacitor or battery, adjustable	0 to 250, via super capacitor or battery, adjustable	0 to 250, via super capacitor or battery, adjustable
- of which intensive without battery	0 to 112 in EEPROM, adjustable			
Configuration				
- Convertible programming elements/PCs	SIMATIC PG/PC, Standard PC			
- Central unit/Expansion units, max.			2 expansion modules. Only expansion modules of the S7-200 series can be used. Because of the limited output current, the use of expansion modules may be subject to restrictions.	2 expansion modules. Only expansion modules of the S7-200 series can be used. Because of the limited output current, the use of expansion modules may be subject to restrictions.
I/O requirements				
- Analog inputs/outputs, max.			10, max. 8 inputs and 2 outputs (AI) or max. 2 inputs and 4 outputs (AO)	10, max. 8 inputs and 2 outputs (AI) or max. 2 inputs and 4 outputs (AO)
- Digital inputs/outputs, max.			78, max. 60 inputs and 38 outputs (CPU+IM)	78, max. 60 inputs and 38 outputs (CPU+IM)
- RS interface inputs/outputs, max.			31, RS interface slots (CP 243-2)	31, RS interface slots (CP 243-2)
Connection system				
- Plugable I/O terminals	No	No	No	No
Bus interfaces				
- Type of interface	Integrated RS-485 interface	Integrated RS-485 interface	Integrated RS-485 interface	Integrated RS-485 interface
- Physical	RS-485	RS-485	RS-485	RS-485
Functionality				
- MPI	Yes, as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-200/300 CPUs, CPs, TDs, Push Button Panels), internal S7-200 CP/CPU communication. Use is limited in the MPI network; transmission rates: 9.6/19.2/38.4 kbaud	Yes, as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-200/300 CPUs, CPs, TDs, Push Button Panels), internal S7-200 CP/CPU communication. Use is limited in the MPI network; transmission rates: 9.6/19.2/38.4 kbaud	Yes, as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-200/300 CPUs, CPs, TDs, Push Button Panels), internal S7-200 CP/CPU communication. Use is limited in the MPI network; transmission rates: 9.6/19.2/38.4 kbaud	Yes, as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-200/300 CPUs, CPs, TDs, Push Button Panels), internal S7-200 CP/CPU communication. Use is limited in the MPI network; transmission rates: 9.6/19.2/38.4 kbaud
- PPV	Yes, with PPV protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, CP, S7-200 internal CP/CPU communication); transmission rates: 9.6/19.2/38.4 kbaud	Yes, with PPV protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, CP, S7-200 internal CP/CPU communication); transmission rates: 9.6/19.2/38.4 kbaud	Yes, with PPV protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, CP, S7-200 internal CP/CPU communication); transmission rates: 9.6/19.2/38.4 kbaud	Yes, with PPV protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, CP, S7-200 internal CP/CPU communication); transmission rates: 9.6/19.2/38.4 kbaud
- Serial data transmission	Yes, as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission; interface with external units with ASCII protocol; baud rates: 0.32/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbaud; at 1.2 to 38.4 kbaud, the PCPP1 cable can be used as an RS422/RS485 connector	Yes, as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission; interface with external units with ASCII protocol; baud rates: 0.32/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbaud; at 1.2 to 38.4 kbaud, the PCPP1 cable can be used as an RS422/RS485 connector	Yes, as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission; interface with external units with ASCII protocol; baud rates: 0.32/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbaud; at 1.2 to 38.4 kbaud, the PCPP1 cable can be used as an RS422/RS485 connector	Yes, as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission; interface with external units with ASCII protocol; baud rates: 0.32/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbaud; at 1.2 to 38.4 kbaud, the PCPP1 cable can be used as an RS422/RS485 connector

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Technical specifications | continued

	MPU 311-2A02S-220S	MPU 311-2A02S-220M	MPU 311-1A02S-220S	MPU 311-1A02S-220M
MPU				
- Transmission rates, max.	107.5 MB/s	107.5 MB/s	107.5 MB/s	107.5 MB/s
- Transmission rates, min.	10.7 MB/s	10.7 MB/s	10.7 MB/s	10.7 MB/s
CPU programming				
Programming language				
- LAD	Yes	Yes	Yes	Yes
- FBD	Yes	Yes	Yes	Yes
- STL	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction set	30 logic instructions, compare instructions, limit instructions, counter instructions, clock instructions, integer math instructions, floating point math instructions, numeric functions, reset instructions, logic instructions, shift and rotate instructions, conversion instructions, program control instructions, interrupt and communications instructions, logic stack instructions	30 logic instructions, compare instructions, limit instructions, counter instructions, clock instructions, integer math instructions, floating point math instructions, numeric functions, reset instructions, logic instructions, shift and rotate instructions, conversion instructions, program control instructions, interrupt and communications instructions, logic stack instructions	30 logic instructions, compare instructions, limit instructions, counter instructions, clock instructions, integer math instructions, floating point math instructions, numeric functions, reset instructions, logic instructions, shift and rotate instructions, conversion instructions, program control instructions, interrupt and communications instructions, logic stack instructions	30 logic instructions, compare instructions, limit instructions, counter instructions, clock instructions, integer math instructions, floating point math instructions, numeric functions, reset instructions, logic instructions, shift and rotate instructions, conversion instructions, program control instructions, interrupt and communications instructions, logic stack instructions
- Clear program position/pointer and protection	Yes, 3-stage password protection	Yes, 3-stage password protection	Yes, 3-stage password protection	Yes, 3-stage password protection
- Program monitor	low cycle (200 T), interrupt-driven, time delay (1 to 250 ms)	low cycle (200 T), interrupt-driven, time delay (1 to 250 ms)	low cycle (200 T), interrupt-driven, time delay (1 to 250 ms)	low cycle (200 T), interrupt-driven, time delay (1 to 250 ms)
- Program organization	1 OB, 1 OB, 1 OOB sub-programs with/without parameter transfer	1 OB, 1 OB, 1 OOB sub-programs with/without parameter transfer	1 OB, 1 OB, 1 OOB sub-programs with/without parameter transfer	1 OB, 1 OB, 1 OOB sub-programs with/without parameter transfer
- Number of sub-programs, max.	64	64	64	64
Digital inputs				
- Number of digital inputs	8, integrated	8, integrated	8	8
Length of cable				
- Length of cable shielded, max.	300 m; Standard input 300m, load counter 30m	300 m; Standard input 300m, load counter 30m	300m; Standard input 300m, load counter 30m	300 m; Standard input 300m, load counter 30m
- Length of cable unshielded, max.	300 m; not for high-speed signals	300 m; not for high-speed signals	300m; not for high-speed signals	300 m; not for high-speed signals
High sampling	Yes, optional, per group			
Input voltage				
- Rated value, DC	24 V	24 V	24 V	24 V
- for signal "0"	0 to 5 V			
- for signal "1"	min. 15 V	min. 15 V	min. 15 V	min. 15 V
Input current				
- for 1 signal, typical	2.5 mA	2.5 mA	2.5 mA	2.5 mA
Input delay (at rated value of the input voltage)				
- Parameterizable	Yes, all	Yes, all	Yes, all	Yes, all
- at Cable 1, min.	0.7 ms	0.7 ms	0.7 ms	0.7 ms
- at Cable 1, max.	12.8 ms	12.8 ms	12.8 ms	12.8 ms
- Parameterizable	Yes, 0.0 to 0.3			
- Parameterizable	Yes, (0.0 to 0.3) 30 kHz			

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 231, 234 XP, 236

3

Technical specifications | continued

	MPU S7-221-230-236	MPU S7-222-231-236	MPU S7-231-230-236	MPU S7-234-236
Digital outputs				
• Number of digital outputs	4, Transistor	4, Relay	6, Transistor	6, Relay
• Length of cable shielded, max.	300 m	300 m	300 m	300 m
• Length of cable unshielded, max.	100 m	100 m	100 m	100 m
• Short-circuit protection of the output	No, provided externally	No, provided externally	No, provided externally	No, provided externally
• Continuation of voltage induced on-circuit interruption to	1 W		1 W	
Switching capacity of the outputs				
- at resistive load, max.	0.75 A	2 A	0.75 A	2 A
- at inductive load, max.	5 W	30 W DC, 200 W AC	5 W	30 W DC, 200 W AC
Output voltage				
- for 1 signal	30 VDC	1..24 V	30 VDC	1..24 V
Output current				
- for 1 signal rated value	750 mA	2 A	750 mA	2 A
- for digital output current, max.	0.1 mA	0 mA	0 mA	0 mA
Output delay at resistive load				
- "T" after "T", max.	10 µs; of standard out. pulse, max. (NO to NC) 10 µs; of pulse outputs, max. (NO to NC) 2 µs	10 ms; all outputs	10 µs; of standard out. pulse, max. (NO to NC) 10 µs; of pulse outputs, max. (NO to NC) 2 µs	10 ms; all outputs
- "T" after "T", max.	100 µs; of standard out. pulse, max. (NO to NC) 100 µs; of pulse outputs, max. (NO to NC) 10 µs	10 ms; all outputs	100 µs; of standard out. pulse, max. (NO to NC) 100 µs; of pulse outputs, max. (NO to NC) 10 µs	10 ms; all outputs
Parallel switching of 2 outputs				
- in inductive pulse	Yes	No	Yes	No
Switching frequency				
- of pulse outputs, at resistive load, max.	20 Hz; 50 Hz to 500 Hz		20 Hz; 50 Hz to 500 Hz	
Maximum current of the outputs (per group)				
- up to 10 °C, max.	3 A	6 A	4.5 A	6 A
- for normal installation, up to 10 °C, max.	3 A	6 A	4.5 A	6 A
Relay outputs				
• Number of operating cycles		10,000,000 mechanical 10 million, at rated load voltage 10,000		10,000,000 mechanical 10 million, at rated load voltage 10,000
Analog inputs				
• Number of analog potentiometers	1, Analog potentiometer; resolution 8 bits	1, Analog potentiometer; resolution 8 bits	1, Analog potentiometer; resolution 8 bits	1, Analog potentiometer; resolution 8 bits
Battery supply				
24 V - service supply				
- 24 V	Yes, permissible range: 23.4 to 26.8 V	Yes, permissible range: 23.4 to 26.8 V	Yes, permissible range: 23.4 to 26.8 V	Yes, permissible range: 23.4 to 26.8 V
- Short-circuit protection	Yes, electronic at 600 mA	Yes, electronic at 600 mA	Yes, electronic at 600 mA	Yes, electronic at 600 mA
- Output current, max.	100 mA	100 mA	100 mA	100 mA
Reset				
Resettable modules				
- 2-state RESET	Yes	Yes	Yes	Yes
- permissible short-circuit current (2-state RESET), max.	1 mA	1 mA	1 mA	1 mA

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Technical specifications | continued

	MPY 221-224-226-226X	MPY 221-224-226-226X	MPY 221-224-226-226X	MPY 221-224-226-226X
Integral functions				
• Number of counters	4, fast counters (each 20 MHz), 32 bits (incl. sign), usable as up/down counter or for counting 2 incremental encoders with 2 pulse trains offset by 90° (max. 20 MHz (AOI counter)), parameterizable enable and reset input, interrupt options (incl. Call up a sub program with any content) when the set point value is reached, change of count direction etc.	4, fast counters (each 20 MHz), 32 bits (incl. sign), usable as up/down counter or for counting 2 incremental encoders with 2 pulse trains offset by 90° (max. 20 MHz (AOI counter)), parameterizable enable and reset input, interrupt options (incl. Call up a sub program with any content) when the set point value is reached, change of count direction etc.	4, fast counters (each 20 MHz), 32 bits (incl. sign), usable as up/down counter or for counting 2 incremental encoders with 2 pulse trains offset by 90° (max. 20 MHz (AOI counter)), parameterizable enable and reset input, interrupt options (incl. Call up a sub program with any content) when the set point value is reached, change of count direction etc.	4, fast counters (each 20 MHz), 32 bits (incl. sign), usable as up/down counter or for counting 2 incremental encoders with 2 pulse trains offset by 90° (max. 20 MHz (AOI counter)), parameterizable enable and reset input, interrupt options (incl. Call up a sub program with any content) when the set point value is reached, change of count direction etc.
• Count frequency (counted) max.	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz
• Number of alarm inputs	4, 4 rising edges and/or 4 falling edges	4, 4 rising edges and/or 4 falling edges	4, 4 rising edges and/or 4 falling edges	4, 4 rising edges and/or 4 falling edges
• Number of pulse outputs	2, fast outputs, 20 MHz, with interrupt option, pulse width and frequency modulation	2, fast outputs, 20 MHz, with interrupt option, pulse width and frequency modulation	2, fast outputs, 20 MHz, with interrupt option, pulse width and frequency modulation	2, fast outputs, 20 MHz, with interrupt option, pulse width and frequency modulation
• Cut-off frequency (pulse)	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz
Potential electrical isolation				
Digital output functions				
- between the channels	Yes, Optocoupler	Yes, Relay	Yes, Optocoupler	Yes, Relay
- between the channels, in groups of	4	1 and 3	6	3
Digital input functions				
- between the channels	Yes	Yes	Yes	Yes
- between the channels, in groups of	2 and 4	2 and 4	4	4
Permissible potential differences				
Connects different circuits				
	500 V DC between 24 V DC and 5 V DC	500 V DC between 24 V DC and 5 V DC, 1000 V AC between 24 V DC and 200 V AC	500 V DC between 24 V DC and 5 V DC	500 V DC between 24 V DC and 5 V DC, 1000 V AC between 24 V DC and 200 V AC
Environmental requirements				
• Environmental conditions				
	For other ambient conditions, see "S7-200 Pro, parameterizable Controller, System Manual"	For other ambient conditions, see "S7-200 Pro, parameterizable Controller, System Manual"	For other ambient conditions, see "S7-200 Pro, parameterizable Controller, System Manual"	For other ambient conditions, see "S7-200 Pro, parameterizable Controller, System Manual"
Operating temperature				
- vertical mounting, min.	0 °C	0 °C	0 °C	0 °C
- vertical mounting, max.	65 °C	65 °C	65 °C	65 °C
- horizontal mounting, min.	0 °C	0 °C	0 °C	0 °C
- horizontal mounting, max.	55 °C	55 °C	55 °C	55 °C
Air pressure				
- permissible range, min.	880 hPa	880 hPa	880 hPa	880 hPa
- permissible range, max.	1,080 hPa	1,080 hPa	1,080 hPa	1,080 hPa
Relative humidity				
- Operation, min.	5 %	5 %	5 %	5 %
- Operation, max.	95 % (RH) allowing level 2 in accordance with IEC 1131-2	95 % (RH) allowing level 2 in accordance with IEC 1131-2	95 % (RH) allowing level 2 in accordance with IEC 1131-2	95 % (RH) allowing level 2 in accordance with IEC 1131-2
Degree of protection and class of protection				
- IP 20	Yes	Yes	Yes	Yes
Dimensions and weight				
• Weight, approx.	270 g	310 g	270 g	310 g
• Width	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm
• Height	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm
• Depth	67 mm	67 mm	67 mm	67 mm

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Technical specifications (continued)

	订货号: 6ES7 211-0BG03-0AB0	订货号: 6ES7 212-1BG03-0AB0	订货号: 6ES7 221-1BG03-0AB0	订货号: 6ES7 222-1BG03-0AB0	订货号: 6ES7 224-1BG03-0AB0	订货号: 6ES7 226-1BG03-0AB0
Supply voltages						
Rated value						
- 24 V DC	Yes		Yes		Yes	
- permissible surge, lower limit (DC)	20.4 V		20.4 V		20.4 V	
- permissible surge, upper limit (DC)	26.8 V		26.8 V		26.8 V	
- 100 V AC		Yes		Yes		Yes
- 200 V AC		Yes		Yes		Yes
- permissible surge, lower limit (AC)		95 V		95 V		95 V
- permissible surge, upper limit (AC)		260 V		260 V		260 V
- permissible frequency surge, lower limit		47 Hz		47 Hz		47 Hz
- permissible frequency surge, upper limit		60 Hz		60 Hz		60 Hz
Voltages and currents						
Load voltage L+						
- Rated value (DC)	24 V	24 V	24 V	24 V	24 V	24 V
- permissible surge, lower limit (DC)	20.4 V	5 V	20.4 V	5 V	20.4 V	5 V
- permissible surge, upper limit (DC)	26.8 V	30 V	26.8 V	30 V	26.8 V	30 V
Load voltage L1						
- Rated value (AC)		100 V, 100 to 200 V AC		100 V, 100 to 200 V AC		100 V, 100 to 200 V AC
- permissible surge, lower limit (AC)		5 V		5 V		5 V
- permissible surge, upper limit (AC)		260 V		260 V		260 V
- permissible frequency surge, lower limit		47 Hz		47 Hz		47 Hz
- permissible frequency surge, upper limit		60 Hz		60 Hz		60 Hz
Current consumption						
+5Vrush current, max.						
from supply voltage L+, max.	17 A, at 26.8 V 700 mA, 110 to 300 mA, output current for expansion modules (5 V DC) 600 mA	20 A, at 26.4 V	17 A, at 26.8 V 800 mA, 110 to 800 mA, output current for expansion modules (5 V DC) 600 mA	20 A, at 26.8 V	10 A, at 26.8 V 1,200 mA, 100 to 1000 mA, output current for expansion modules (5 V DC) 1000 mA	20 A, at 26.8 V
+5Vrush current, max.						
from supply voltage L1, max.		300 mA, 30 to 100 mA (260 V), 60 to 200 mA (100 V); output current for expansion modules (5 V DC) 600 mA		300 mA, 30 to 100 mA (260 V), 30 to 200 mA (100 V); output current for expansion modules (5 V DC) 600 mA		300 mA, 60 to 100 mA (260 V), 60 to 200 mA (100 V); output current for expansion modules (5 V DC) 1000 mA
Back-up battery						
- Backup time						
	100 h (min. 70 h at 40 °C); 200 days (typ.) with optional battery module	100 h (min. 70 h at 40 °C); 200 days (typ.) with optional battery module	100 h (min. 70 h at 40 °C); 200 days (typ.) with optional battery module	100 h (min. 70 h at 40 °C); 200 days (typ.) with optional battery module	100 h (min. 70 h at 40 °C); 200 days (typ.) with optional battery module	100 h (min. 70 h at 40 °C); 200 days (typ.) with optional battery module

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 214-1AD23-0XB0	6ES7 214-1BD23-0XB0	6ES7 214-2AD23-0XB0	6ES7 214-2BD23-0XB0	6ES7 216-2AD23-0XB0	6ES7 216-2BD23-0XB0
Memory/backup						
Memory						
- Number of memory modules (optional)	1; pluggable memory module, content identical to integral EEPROM, in addition, recipes, data logs and other files can be saved.	1; pluggable memory module, content identical to integral EEPROM, in addition, recipes, data logs and other files can be saved.	1; pluggable memory module, content identical to integral EEPROM, in addition, recipes, data logs and other files can be saved.	1; pluggable memory module, content identical to integral EEPROM, in addition, recipes, data logs and other files can be saved.	1; pluggable memory module, content identical to integral EEPROM, in addition, recipes, data logs and other files can be saved.	1; pluggable memory module, content identical to integral EEPROM, in addition, recipes, data logs and other files can be saved.
•Data memory and program memory						
- Data memory, max.	8 KByte	8 KByte	10 KByte	10 KByte	10 KByte	10 KByte
- Program memory, max.	12 KByte; 8 Kbytes for active run-time edit	12 KByte; 8 Kbytes for active run-time edit	16 KByte; 12 Kbytes for active run-time edit	16 KByte; 12 Kbytes for active run-time edit	24 KByte; 16 Kbytes with active run-time edit	24 KByte; 16 Kbytes with active run-time edit
Backup						
- available	Yes; Program: entire program maintenance-free in integral EEPROM, programmable via CPU; data: entire DB 1 loaded from PG/PC maintenance-free in integral EEPROM, current values of DB 1 in RAM, retentive flags, timers, counters etc., maintenance free via super capacitor; optional battery	Yes; Program: entire program maintenance-free in integral EEPROM, programmable via CPU; data: entire DB 1 loaded from PG/PC maintenance-free in integral EEPROM, current values of DB 1 in RAM, retentive flags, timers, counters etc., maintenance free via super capacitor; optional battery	Yes; Program: entire program maintenance-free in integral EEPROM, programmable via CPU; data: entire DB 1 loaded from PG/PC maintenance-free in integral EEPROM, current values of DB 1 in RAM, retentive flags, timers, counters etc., maintenance free via super capacitor; optional battery	Yes; Program: entire program maintenance-free in integral EEPROM, programmable via CPU; data: entire DB 1 loaded from PG/PC maintenance-free in integral EEPROM, current values of DB 1 in RAM, retentive flags, timers, counters etc., maintenance free via super capacitor; optional battery	Yes; Program: entire program maintenance-free in integral EEPROM, programmable via CPU; data: entire DB 1 loaded from PG/PC maintenance-free in integral EEPROM, current values of DB 1 in RAM, retentive flags, timers, counters etc., maintenance free via super capacitor; optional battery	Yes; Program: entire program maintenance-free in integral EEPROM, programmable via CPU; data: entire DB 1 loaded from PG/PC maintenance-free in integral EEPROM, current values of DB 1 in RAM, retentive flags, timers, counters etc., maintenance free via super capacitor; optional battery
CPU/processing times						
•for bit instruction, max.	0.22 µs					
Timers/counters and their retentive characteristics						
S7 counter						
- Number	256	256	256	256	256	256
•of which retentive with battery						
- adjustable	Yes; via super capacitor or battery					
- lower limit	1	1	1	1	1	1
- upper limit	256	256	256	256	256	256
•Counting range						
- lower limit	0	0	0	0	0	0
- upper limit	32,767	32,767	32,767	32,767	32,767	32,767

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 214-1AD23-0XB0	6ES7 214-1BD23-0XB0	6ES7 214-2AD23-0XB0	6ES7 214-2BD23-0XB0	6ES7 216-2AD23-0XB0	6ES7 216-2BD23-0XB0
S7 times						
- Number	256	256	256	256	256	256
• of which retentive with battery						
- adjustable	Yes; via super capacitor or battery					
- upper limit	64	64	64	64	64	64
• Timing range						
- lower limit	1 ms					
- upper limit	54 min; 4 times, 1 ms to 30 s 16 times, 10 ms to 5 min 236 times, 100 ms to 54 min	54 min; 4 times, 1 ms to 30 s 16 times, 10 ms to 5 min 236 times, 100 ms to 54 min	54 min; 4 times, 1 ms to 30 s 16 times, 10 ms to 5 min 236 times, 100 ms to 54 min	54 min; 4 times, 1 ms to 30 s 16 times, 10 ms to 5 min 236 times, 100 ms to 54 min	54 min; 4 times, 1 ms to 30 s 16 times, 10 ms to 5 min 236 times, 100 ms to 54 min	54 min; 4 times, 1 ms to 30 s 16 times, 10 ms to 5 min 236 times, 100 ms to 54 min
Data areas and their retentive characteristics						
Flags						
- Number	32 Byte					
- adjustable retentivity	Yes; M0.0 to M31.7					
- of which retentive with battery	0 to 255, via super capacitor or battery, adjustable	0 to 255, via super capacitor or battery, adjustable	0 to 255, via super capacitor or battery, adjustable	0 to 255, via super capacitor or battery, adjustable	0 to 255, via super capacitor or battery, adjustable	0 to 255, via super capacitor or battery, adjustable
- of which retentive without battery	0 to 112 in EEPROM, adjustable					
Configuration						
• Connectable programming devices/PCs	SIMATIC PG/PC, Standard PC					
• Central units/expansion units, max.	7 expansion modules. Only expansion modules of the S7-22x series can be used. (Because of the limited output current, the use of expansion modules may be subject to restrictions.)	7 expansion modules. Only expansion modules of the S7-22x series can be used. (Because of the limited output current, the use of expansion modules may be subject to restrictions.)	7 expansion modules. Only expansion modules of the S7-22x series can be used. (Because of the limited output current, the use of expansion modules may be subject to restrictions.)	7 expansion modules. Only expansion modules of the S7-22x series can be used. (Because of the limited output current, the use of expansion modules may be subject to restrictions.)	7 expansion modules. Only expansion modules of the S7-22x series can be used. (Because of the limited output current, the use of expansion modules may be subject to restrictions.)	7 expansion modules. Only expansion modules of the S7-22x series can be used. (Because of the limited output current, the use of expansion modules may be subject to restrictions.)
I/O expansions						
- Analog inputs/outputs, max.	35; max. 28 inputs and 7 outputs (EM) or max. 0 inputs and 14 outputs (EM)	35; max. 28 inputs and 7 outputs (EM) or max. 0 inputs and 14 outputs (EM)	38; 2 on board inputs and one output, in addition max. 28 inputs and 7 outputs (EM) or max. 0 inputs and 14 outputs (EM)	38; 2 on board inputs and one output, in addition max. 28 inputs and 7 outputs (EM) or max. 0 inputs and 14 outputs (EM)	35; max. 28 inputs and 7 outputs (EM) or max. 0 inputs and 14 outputs (EM)	35; max. 28 inputs and 7 outputs (EM) or max. 0 inputs and 14 outputs (EM)
- Digital inputs/outputs, max.	168; max. 94 inputs and 74 outputs (CPU+EM)	168; max. 94 inputs and 74 outputs (CPU+EM)	168; max. 94 inputs and 74 outputs (CPU+EM)	168; max. 94 inputs and 74 outputs (CPU+EM)	148; max. 128 inputs and 120 outputs (CPU+EM)	148; max. 128 inputs and 120 outputs (CPU+EM)
- AS interface A/B slaves, max.	62; AS interface A/B slaves (CP 243-2)					

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 214-1AD23-0XB0	6ES7 214-1BD23-0XB0	6ES7 214-2AD23-0XB0	6ES7 214-2BD23-0XB0	6ES7 216-2AD23-0XB0	6ES7 216-2BD23-0XB0
Connection system						
• Pluggable I/O terminals	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
1st interface						
• Type of interface	integrated RS 485 interface	integrated RS 485 interface	integrated RS 485 interface	integrated RS 485 interface	integrated RS 485 interface	integrated RS 485 interface
• Physical	RS 485					
Functionality						
- MPI	Yes; as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-300/S7-400-CPU, OPs, TDs, Push Button Panels); internal S7-200 CPU/CPU communication is limited in the MPI network; transmission rates 19.2/187.5 kbit/s	Yes; as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-300/S7-400-CPU, OPs, TDs, Push Button Panels); internal S7-200 CPU/CPU communication is limited in the MPI network; transmission rates 19.2/187.5 kbit/s	Yes; as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-300/S7-400-CPU, OPs, TDs, Push Button Panels); internal S7-200 CPU/CPU communication is limited in the MPI network; transmission rates 19.2/187.5 kbit/s	Yes; as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-300/S7-400-CPU, OPs, TDs, Push Button Panels); internal S7-200 CPU/CPU communication is limited in the MPI network; transmission rates 19.2/187.5 kbit/s	Yes; as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-300/S7-400-CPU, OPs, TDs, Push Button Panels); internal S7-200 CPU/CPU communication is limited in the MPI network; transmission rates 19.2/187.5 kbit/s	Yes; as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-300/S7-400-CPU, OPs, TDs, Push Button Panels); internal S7-200 CPU/CPU communication is limited in the MPI network; transmission rates 19.2/187.5 kbit/s
- PPI	Yes; with PPI protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, OP), S7-200 internal CPU/CPU communication; transmission rates 9.6/19.2/187.5 kbit/s	Yes; with PPI protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, OP), S7-200 internal CPU/CPU communication; transmission rates 9.6/19.2/187.5 kbit/s	Yes; with PPI protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, OP), S7-200 internal CPU/CPU communication; transmission rates 9.6/19.2/187.5 kbit/s	Yes; with PPI protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, OP), S7-200 internal CPU/CPU communication; transmission rates 9.6/19.2/187.5 kbit/s	Yes; with PPI protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, OP), S7-200 internal CPU/CPU communication; transmission rates 9.6/19.2/187.5 kbit/s	Yes; with PPI protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, OP), S7-200 internal CPU/CPU communication; transmission rates 9.6/19.2/187.5 kbit/s
- Serial data transmission	Yes; as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission with external units with ASCII protocol baud rates: 0.3/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbit/s; at 1.2 to 38.4 kbit/s, the PC/PPI cable can be used as an RS232/RS485 converter	Yes; as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission with external units with ASCII protocol baud rates: 0.3/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbit/s; at 1.2 to 38.4 kbit/s, the PC/PPI cable can be used as an RS232/RS485 converter	Yes; as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission with external units with ASCII protocol baud rates: 0.3/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbit/s; at 1.2 to 38.4 kbit/s, the PC/PPI cable can be used as an RS232/RS485 converter	Yes; as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission with external units with ASCII protocol baud rates: 0.3/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbit/s; at 1.2 to 38.4 kbit/s, the PC/PPI cable can be used as an RS232/RS485 converter	Yes; as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission with external units with ASCII protocol baud rates: 0.3/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbit/s; at 1.2 to 38.4 kbit/s, the PC/PPI cable can be used as an RS232/RS485 converter	Yes; as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission with external units with ASCII protocol baud rates: 0.3/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbit/s; at 1.2 to 38.4 kbit/s, the PC/PPI cable can be used as an RS232/RS485 converter
MPI						
- Transmission rates, max.	187.5 kBit/s					
- Transmission rates, min.	19.2 kBit/s					

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 214-1AD23-0XB0	6ES7 214-1BD23-0XB0	6ES7 214-2AD23-0XB0	6ES7 214-2BD23-0XB0	6ES7 216-2AD23-0XB0	6ES7 216-2BD23-0XB0
2nd interface						
• Type of interface			integrated RS 485 interface			
• Physical			RS 485	RS 485	RS 485	RS 485
Functionality						
- MPI			Yes; as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-300/S7-400-CPU, OPs, TDs, Push Button Panels); internal S7-200 CPU/CPU communication is limited in the MPI network; transmission rates 19.2/187.5 kbit/s	Yes; as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-300/S7-400-CPU, OPs, TDs, Push Button Panels); internal S7-200 CPU/CPU communication is limited in the MPI network; transmission rates 19.2/187.5 kbit/s	Yes; as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-300/S7-400-CPU, OPs, TDs, Push Button Panels); internal S7-200 CPU/CPU communication is limited in the MPI network; transmission rates 19.2/187.5 kbit/s	Yes; as MPI Slave for data exchange with MPI Masters (S7-300/S7-400-CPU, OPs, TDs, Push Button Panels); internal S7-200 CPU/CPU communication is limited in the MPI network; transmission rates 19.2/187.5 kbit/s
- PPI			Yes; with PPI protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, OP), S7-200 internal CPU/CPU communication; transmission rates 9.6/19.2/187.5 kbit/s	Yes; with PPI protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, OP), S7-200 internal CPU/CPU communication; transmission rates 9.6/19.2/187.5 kbit/s	Yes; with PPI protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, OP), S7-200 internal CPU/CPU communication; transmission rates 9.6/19.2/187.5 kbit/s	Yes; with PPI protocol for programming functions, HMI functions (TD 200, OP), S7-200 internal CPU/CPU communication; transmission rates 9.6/19.2/187.5 kbit/s
- Serial data transmission			Yes; as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission with external units with ASCII protocol baud rates: 0.3/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbit/s; at 1.2 to 38.4 kbit/s, the PC/PPI cable can be used as an RS232/RS485 converter	Yes; as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission with external units with ASCII protocol baud rates: 0.3/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbit/s; at 1.2 to 38.4 kbit/s, the PC/PPI cable can be used as an RS232/RS485 converter	Yes; as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission with external units with ASCII protocol baud rates: 0.3/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbit/s; at 1.2 to 38.4 kbit/s, the PC/PPI cable can be used as an RS232/RS485 converter	Yes; as a freely programmable interface with an interrupt option for serial data transmission with external units with ASCII protocol baud rates: 0.3/0.6/1.2/2.4/4.8/9.6/19.2/38.4 kbit/s; at 1.2 to 38.4 kbit/s, the PC/PPI cable can be used as an RS232/RS485 converter
MPI						
- Transmission rate, max.			187.5 kBit/s	187.5 kBit/s	187.5 kBit/s	187.5 kBit/s
- Transmission rate, min.			19.2 kBit/s	19.2 kBit/s	19.2 kBit/s	19.2 kBit/s

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 214-1AD23-0XB0	6ES7 214-1BD23-0XB0	6ES7 214-2AD23-0XB0	6ES7 214-2BD23-0XB0	6ES7 216-2AD23-0XB0	6ES7 216-2BD23-0XB0
CPU programming						
Programming language						
- LAD	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
- FBD	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
- STL	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
• Instruction set	Bit logic instructions, compare instructions, timer instructions, counter instructions, clock instructions, integer math instructions, floating-point math instructions, numeric functions, move instructions, table instructions, logic instructions, shift and rotate instructions, conversion instructions, program control instructions, interrupt and communications instructions, logic stack instructions	Bit logic instructions, compare instructions, timer instructions, counter instructions, clock instructions, integer math instructions, floating-point math instructions, numeric functions, move instructions, table instructions, logic instructions, shift and rotate instructions, conversion instructions, program control instructions, interrupt and communications instructions, logic stack instructions	Bit logic instructions, compare instructions, timer instructions, counter instructions, clock instructions, integer math instructions, floating-point math instructions, numeric functions, move instructions, table instructions, logic instructions, shift and rotate instructions, conversion instructions, program control instructions, interrupt and communications instructions, logic stack instructions	Bit logic instructions, compare instructions, timer instructions, counter instructions, clock instructions, integer math instructions, floating-point math instructions, numeric functions, move instructions, table instructions, logic instructions, shift and rotate instructions, conversion instructions, program control instructions, interrupt and communications instructions, logic stack instructions	Bit logic instructions, compare instructions, timer instructions, counter instructions, clock instructions, integer math instructions, floating-point math instructions, numeric functions, move instructions, table instructions, logic instructions, shift and rotate instructions, conversion instructions, program control instructions, interrupt and communications instructions, logic stack instructions	Bit logic instructions, compare instructions, timer instructions, counter instructions, clock instructions, integer math instructions, floating-point math instructions, numeric functions, move instructions, table instructions, logic instructions, shift and rotate instructions, conversion instructions, program control instructions, interrupt and communications instructions, logic stack instructions
• User program protection/password protection	Yes; 3-stage password protection	Yes; 3-stage password protection	Yes; 3-stage password protection	Yes; 3-stage password protection	Yes; 3-stage password protection	Yes; 3-stage password protection
• Program execution	free cycle (OB 1), interrupt-driven, time-driven (1 to 255 ms)	free cycle (OB 1), interrupt-driven, time-driven (1 to 255 ms)	free cycle (OB 1), interrupt-driven, time-driven (1 to 255 ms)	free cycle (OB 1), interrupt-driven, time-driven (1 to 255 ms)	free cycle (OB 1), interrupt-driven, time-driven (1 to 255 ms)	free cycle (OB 1), interrupt-driven, time-driven (1 to 255 ms)
• Program organization	1 OB, 1 DB, 1 SDB subprograms with/without parameter transfer	1 OB, 1 DB, 1 SDB subprograms with/without parameter transfer	1 OB, 1 DB, 1 SDB subprograms with/without parameter transfer	1 OB, 1 DB, 1 SDB subprograms with/without parameter transfer	1 OB, 1 DB, 1 SDB subprograms with/without parameter transfer	1 OB, 1 DB, 1 SDB subprograms with/without parameter transfer
• Number of sub-programs, max.	64	64	64	64	64	64
Digital inputs						
• Number of digital inputs	14	14	14	14	24	24
Length of cable						
- Length of cable shielded, max	500 m; Standard input: 500m, fast counters: 50m	500 m; Standard input: 500m, fast counters: 50m	500 m; Standard input: 500m, fast counters: 50m	500 m; Standard input: 500m, fast counters: 50m	500 m; Standard input: 500m, fast counters: 50m	500 m; Standard input: 500m, fast counters: 50m
- Length of cable unshielded, max	300 m; not for high-speed signals					
• m/p reading	Yes; optional, per group					
Input voltage						
- Rated value, DC	24 V					
- for signal "0"	0 to 5 V	0 to 5 V	0 to 5 V; 0 to 1V (I0.3 to I0.5)	0 to 5 V0 to 1V (I0.3 to I0.5)	0 to 5 V	0 to 5 V
- for signal "1"	min. 15 V	min. 15 V	min. 15 V; at least 4V (I0.3 to I0.5)	min. 15 V at least 4V (I0.3 to I0.5)	min. 15 V	min. 15 V
Input current						
- for 1 signal, typical	2.5 mA	2.5 mA	2.5 mA; 8 mA for I0.3 to I0.5	2.5 mA; 8 mA for I0.3 to I0.5	2.5 mA	2.5 mA

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 214-1AD23-0XB0	6ES7 214-1BD23-0XB0	6ES7 214-2AD23-0XB0	6ES7 214-2BD23-0XB0	6ES7 216-2AD23-0XB0	6ES7 216-2BD23-0XB0
Input delay (at rated value of the input voltage)						
•For standard inputs						
- Parameterizable	Yes; all	Yes; all	Yes; all	Yes; all	Yes; all	Yes; all
- at 0 after 1, min.	0.2 ms	0.2 ms	0.2 ms	0.2 ms	0.2 ms	0.2 ms
- at 0 after 1, max.	12.8 ms	12.8 ms	12.8 ms	12.8 ms	12.8 ms	12.8 ms
•for alarm inputs						
- parameterizable	Yes; I0.0 to I0.3	Yes; I0.0 to I0.3	Yes; I0.0 to I0.3	Yes; I0.0 to I0.3	Yes; I0.0 to I0.3	Yes; I0.0 to I0.3
•for counters/technological functions						
- parameterizable	Yes; (E0.0 to E1.5) 30 kHz	Yes; (E0.0 to E1.5) 30 kHz	Yes; (E0.0 to E1.5) up to 200 kHz	Yes; (E0.0 to E1.5) up to 200 kHz	Yes; (E0.0 to E1.5) 30 kHz	Yes; (E0.0 to E1.5) 30 kHz
Digital outputs						
•Number of digital outputs	10; Transistor	10; Relay	10; Transistor	10; Relay	16; Transistor	16; Relay
•Length of cable shielded, max.	500 m	500 m	500 m	500 m	500 m	500 m
•Length of cable unshielded, max.	150 m	150 m	150 m	150 m	150 m	150 m
•Short-circuit protection of the output	No; provided externally	No; provided externally	No; provided externally	No; provided externally	No; provided externally	No; provided externally
•Limitation of voltage induced on circuit interruption to	1 W		1 W		1 W	
Switching capacity of the outputs						
- at resistive load, max.	0.75 A	2 A	0.75 A	2 A	0.75 A	2 A
- at lamp load, max.	5 W	200 W; 30 W DC, 200 W AC	5 W	200 W; 30 W DC, 200 W AC	5 W	200 W; 30 W DC, 200 W AC
Output voltage						
- for 1 signal	20 V DC	L+/L1	L+ minus 0.4V (5V/20.4V for A0.0 to A0.4; 20.4V A0.5 to A1.1)	L+/L1	20 V DC	L+/L1
Output current						
- for 1 signal rated value	750 mA	2 A	750 mA	2 A	750 mA	2 A
- for 0 signal residual current, max.	10 µA	0 mA	10 µA	0 mA	10 µA	0 mA
Output delay at resistive load						
- "0" after "1", max.	15 µs; of the standard outputs, max. (A0.2 to A1.1) 2 µs; of the pulse outputs, max. (A0.0 to A0.1) 2 µs	10 ms; all outputs	15 µs; of the standard outputs, max. (A0.2 to A1.1) 15 µs; of the pulse outputs, max. (A0.0 to A0.1) 0.5 µs	10 ms; all outputs	15 µs; of the standard outputs, max. (A0.2 to A1.1) 2 µs; of the pulse outputs, max. (A0.0 to A0.1) 2 µs	10 ms; all outputs
- "1" after "0", max.	130 µs; of the standard outputs, max. (A0.2 to A1.1) 10 µs; of the pulse outputs, max. (A0.0 to A0.1) 10 µs	10 ms; all outputs	130 µs; of the standard outputs, max. (A0.2 to A1.1) 130 µs; of the pulse outputs, max. (A0.0 to A0.1) 1.5 µs	10 ms; all outputs	130 µs; of the standard outputs, max. (A0.2 to A1.1) 10 µs; of the pulse outputs, max. (A0.0 to A0.1) 10 µs	10 ms; all outputs
Parallel switching of 2 outputs						
- to increase power	Yes	No	Yes	No	Yes	No
Switching frequency						
- of pulse outputs, at resistive load, max.	20 kHz; A0.0 to A0.1	1 Hz	100 kHz; A0.0 to A0.1	1 Hz	20 kHz; A0.0 to A0.1	1 kHz
Summation current of the outputs (per group)						
- up to 40 °C, max.	6 A	10 A	3.75 A	10 A	6 A	10 A
- horizontal installation, up to 55 °C, max.	6 A	10 A	3.75 A	10 A	6 A	10 A

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 214-1AD23-0XB0	6ES7 214-1BD23-0XB0	6ES7 214-2AD23-0XB0	6ES7 214-2BD23-0XB0	6ES7 216-2AD23-0XB0	6ES7 216-2BD23-0XB0
Relay outputs						
•Number of operating cycles		10,000,000; mechanical 10 million, at rated load vol- tage 100,000		10,000,000; mechanical 10 million, at rated load vol- tage 100,000		10,000,000; mechanical 10 million, at rated load vol- tage 100,000
Analog inputs						
•Number of analog potentiometers	2; Analog potentiometer; resolution 8 bits	2; Analog potentiometer; resolution 8 bits	2; Analog potentiometer; resolution 8 bits	2; Analog potentiometer; resolution 8 bits	2; Analog potentiometer; resolution 8 bits	2; Analog potentiometer; resolution 8 bits
Sensor supply						
24 V - sensor supply						
- 24 V	Yes; permissible range: 15.4 to 28.8 V	Yes; permissible range: 20.4 to 28.8 V	Yes; permissible range: 15.4 to 28.8 V	Yes; permissible range: 20.4 to 28.8 V	Yes; permissible range: 15.4 to 28.8 V	Yes; permissible range: 20.4 to 28.8 V
- Short-circuit protection	Yes; electronic at 280 mA	Yes; electronic at 280 mA	Yes; electronic at 280 mA	Yes; electronic at 280 mA	Yes; electronic at 400 mA	Yes; electronic at 400mA
- Output current, max.	280 mA	280 mA	280 mA	280 mA	400 mA	400 mA
Sensor						
Connectable encoders						
- 2-wire BEROS	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
- permissible closed-circuit cur- rent (2-wire BEROS), max.	1 mA	1 mA	1 mA	1 mA	1 mA	1 mA
Integral functions						
•Number of counters	6; fast counters (each 30 kHz), 32 bits (incl. sign), usable as up/down counter or for connecting 4 incremental encoders with 2 pulse trains offset by 90° (max. 20 kHz (A/B counter)); parameterizable enable and reset input; interrupt options (incl. Call up a sub- program with any content) when the setpoint value is reached; change of count direction etc.	6; fast counters (each 30 kHz), 32 bits (incl. sign), usable as up/down counter or for connecting 4 incremental encoders with 2 pulse trains offset by 90° (max. 20 kHz (A/B counter)); parameterizable enable and reset input; interrupt options (incl. Call up a sub- program with any content) when the setpoint value is reached; change of count direction etc.	6; fast counters (2 to 200 kHz and 4 to 30 kHz), 32 bits (incl. sign), usable as up/down counter or for connecting 2 incremental encoders with 2 pulse trains offset by 90° (max. 1 to 100 kHz and 3 to 20 kHz (A/B counter)); parameterizable enable and reset input; interrupt options (incl. Call up a sub- program with any content) when the setpoint value is reached; change of count direction etc.	6; fast counters (2 to 200 kHz and 4 to 30 kHz), 32 bits (incl. sign), usable as up/down counter or for connecting 2 incremental encoders with 2 pulse trains offset by 90° (max. 1 to 100 kHz and 3 to 20 kHz (A/B counter)); parameterizable enable and reset input; interrupt options (incl. Call up a sub- program with any content) when the setpoint value is reached; change of count direction etc.	6; fast counters (each 30 kHz), 32 bits (incl. sign), usable as up/down counter or for connecting 4 incremental encoders with 2 pulse trains offset by 90° (max. 20 kHz (A/B counter)); parameterizable enable and reset input; interrupt options (incl. Call up a sub- program with any content) when the setpoint value is reached; change of count direction etc.	6; fast counters (each 30 kHz), 32 bits (incl. sign), usable as up/down counter or for connecting 4 incremental encoders with 2 pulse trains offset by 90° (max. 20 kHz (A/B counter)); parameterizable enable and reset input; interrupt options (incl. Call up a sub- program with any content) when the setpoint value is reached; change of count direction etc.
•Count frequency (counters) max.	30 kHz	30 kHz	200 kHz	200 kHz	30 kHz	30 kHz
•Number of alarm inputs	4; 4 rising edges and/or 4 falling edges	4; 4 rising edges and/or 4 falling edges	4; 4 rising edges and/or 4 falling edges	4; 4 rising edges and/or 4 falling edges	4; 4 rising edges and/or 4 falling edges	4; 4 rising edges and/or 4 falling edges
•Number of pulse outputs	2; fast outputs, 20 kHz, with interrupt option; pulse width and frequency modulation	2; fast outputs, 20 kHz, with interrupt option; pulse width and frequency modulation	2; fast outputs, 20 kHz, with interrupt option; pulse width and frequency modulation	2; fast outputs, 20 kHz, with interrupt option; pulse width and frequency modulation	2; fast outputs, 20 kHz, with interrupt option; pulse width and frequency modulation	2; fast outputs, 20 kHz, with interrupt option; pulse width and frequency modulation
•Cut-off frequency (pulse)	20 kHz	20 kHz	20 kHz	20 kHz	20 kHz	20 kHz

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 214-1AD23-0XB0	6ES7 214-1BD23-0XB0	6ES7 214-2AD23-0XB0	6ES7 214-2BD23-0XB0	6ES7 216-2AD23-0XB0	6ES7 216-2BD23-0XB0
Potentials/ electrical isolation						
Digital output functions						
- between the channels	Yes; Optocoupler	Yes; Relay	Yes; Optocoupler	Yes; Relay	Yes; Optocoupler	Yes; Relay
- between the channels, in groups of	5	3, 3 and 4	5	3, 3 and 4	8 and 8	4, 5 and 7
Digital input functions						
- between the channels	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes; Optocoupler
- between the channels, in groups of	6 and 8	6 and 8	6 and 8	6 and 8	13 and 11	13 and 11
Permissible potential difference						
•between different circuits	500 V DC between 24 V DC and 5 V DC	500 V DC between 24 V DC and 5 V DC; 1500 V AC between 24 V DC and 230 V AC	500 V DC between 24 V DC and 5 V DC	500 V DC between 24 V DC and 5 V DC; 1500 V AC between 24 V DC and 230 V AC	500 V DC between 24 V DC and 5 V DC	500 V DC between 24 V DC and 5 V DC; 1500 V AC between 24 V DC and 230 V AC
Environmental requirements						
•Environmental conditions	For other ambient conditions: see "S7-200 Programmable Controller, System Manual"	For other ambient conditions: see "S7-200 Programmable Controller, System Manual"	For other ambient conditions: see "S7-200 Programmable Controller, System Manual"	For other ambient conditions: see "S7-200 Programmable Controller, System Manual"	For other ambient conditions: see "S7-200 Programmable Controller, System Manual"	For other ambient conditions: see "S7-200 Programmable Controller, System Manual"
Operating temperature						
- vertical mounting, min.	0 °C					
- vertical mounting, max.	45 °C					
- horizontal mounting, min.	0 °C					
- horizontal mounting, max.	55 °C					
Air pressure						
- permissible range, min	860 hPa					
- permissible range, max	1,080 hPa					
Relative humidity						
- Operation, min.	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %
- Operation, max.	95 %; RH stressing level 2 in accordance with IEC 1131-2	95 %; RH stressing level 2 in accordance with IEC 1131-2	95 %; RH stressing level 2 in accordance with IEC 1131-2	95 %; RH stressing level 2 in accordance with IEC 1131-2	95 %; RH stressing level 2 in accordance with IEC 1131-2	95 %; RH stressing level 2 in accordance with IEC 1131-2
Degree of protection and class of protection						
- IP 20	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dimensions and weight						
•Weight, approx.	360 g	410 g	390 g	440 g	550 g	660 g
•Width	120.5 mm	120.5 mm	140 mm	140 mm	196 mm	196 mm
•Height	80 mm					
•Depth	62 mm					

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Ordering Data	Order No.	Order No.	
CPU 221 Compact CPU, 4 KB RAM, 24 V DC supply voltage, 6 DI/4 DO integrated ^{A)} Compact CPU, 4 KB RAM, 100 to 230 V AC supply voltage, 6 DI/4 DO integrated, relay outputs ^{A)}	6ES7 211-0AA23-0XB0 6ES7 211-0BA23-0XB0	S7-200 True Power Box Complete package consisting of CPU 222, STEP 7 Micro/WIN V3, combined clock and battery modules, intelligent RS 232/PPI multimaster cable, manual; delivered in a practical box German ^{C)} English ^{C)} French ^{C)} Spanish ^{C)} Italian ^{C)} Memory module MC 291, EEPROM ^{A)} for CPU 221/222/224/224 XP/226 Memory module MC 291, EEPROM for CPU 221/222/224/224 XP/226 64 KB ^{A)} 256 KB ^{A)} Grounding terminal 10 items Front flap set ^{A)} contains different covering flaps for CPU and EM; Spare part SIM 274 simulator (optional) with 8 connection terminals for CPU 221/222 ^{A)} with 14 connection terminals for CPU 224/224 XP ^{A)} with 24 connection terminals for CPU 226 ^{A)} Terminal block for field wiring (optional) for CPU 221/222, 10 items ^{A)} for CPU 224, 10 items ^{A)} Plug-in terminal block (spare part) with 12 connections (for CPU 22x) ^{A)} with 18 connections (for CPU 224) ^{A)} with 14 connection terminals (for CPU 226/226 XM) ^{A)} Intelligent RS 232/PPI multimaster cable ^{A)} for connecting devices with an RS 232 interface to the SIMATIC S7-200 or PPI network; master in the multimaster PPI network Intelligent USB/PPI multimaster cable ^{A)} for connecting devices with an USB interface to the SIMATIC S7-200 or PPI network; master in the multimaster PPI network MPI cable 5 m for connecting the S7-200 to the MPI	
CPU 222 Compact CPU, expandable, 4 KB RAM, 24 V DC supply voltage, 8 DI/6 DO integrated ^{A)} Compact CPU, expandable, 4 KB RAM, 100-230 V AC, 8 DI/6 DO integrated, relay outputs ^{A)}	6ES7 212-1AB23-0XB0 6ES7 212-1BB23-0XB0		
CPU 224 Compact CPU, expandable, 8/12 KB RAM for program, 8 KB RAM for data, 24 V DC supply voltage, 14 DI/10 DO, integrated ^{A)} Compact CPU, expandable, 8/12 KB RAM for program, 8 KB RAM for data, 100 - 230 V AC supply voltage, 14 DI/10 DO, integrated, relay outputs ^{A)}	6ES7 214-1AD23-0XB0 6ES7 214-1BD23-0XB0		
CPU 224 XP Compact CPU, expandable, 12/16 KB RAM for program, 10 KB RAM for data, 24 V DC supply voltage, 14 DI/10 DO/ 2 AI/1 AO integrated ^{A)} Compact CPU, expandable, 12/16 KB RAM for program, 10 KB RAM for data, 100 - 230 V AC supply voltage, 14 DI/10 DO (relay outputs) 2 AI/1 AO integrated ^{A)}	6ES7 214-2AD23-0XB0 6ES7 214-2BD23-0XB0		
CPU 226 Compact CPU, expandable, 16/24 KB RAM for program, 10 KB RAM for data, 24 V DC supply voltage, 24 DI/16 DO, integrated ^{A)} Compact CPU, expandable, 16/24 KB RAM for program, 10 KB RAM for data, 100 - 230 V AC supply voltage, 24 DI/16 DO, integrated, relay outputs ^{A)}	6ES7 216-2AD23-0XB0 6ES7 216-2BD23-0XB0		
			6ES7 298-0AA20-0AA2 6ES7 298-0AA20-0BA2 6ES7 298-0AA20-0CA2 6ES7 298-0AA20-0DA2 6ES7 298-0AA20-0EA2 6ES7 291-8GE20-0XA0 6ES7 291-8GF23-0XA0 6ES7 291-8GH23-0XA0 6ES5 728-8MA11 6ES7 291-3AX20-0XA0 6ES7 274-1XF00-0XA0 6ES7 274-1XH00-0XA0 6ES7 274-1XK00-0XA0 6ES7 290-2AA00-0XA0 6ES7 290-2BA00-0XA0 6ES7 292-1AE20-0AA0 6ES7 292-1AG20-0AA0 6ES7 292-1AF20-0AA0 6ES7 901-3CB30-0XA0 6ES7 901-3DB30-0XA0 6ES7 901-0BF00-0AA0

A) Subject to export regulations: AL: N and ECCN: EAR99H

C) Subject to export regulations: AL: N and ECCN: EAR99T

3/20

Siemens ST 70 · 2005

SIMATIC S7-200 Central processing units

CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226

3

Ordering Data	Order No.	Order No.
Backplane bus expansion cable ^{A)} for connecting the two equipment tiers in a two-tier configuration, for CPU 222/224/224 XP/226	6ES7 290-6AA20-0XA0	
Optional battery module ^{A)}	6ES7 291-8BA20-0XA0	
Optional combined clock and battery module ^{A)} for CPU 221/222 only	6ES7 297-1AA23-0XA0	
S7-200 programmable controller, system manual for CPU 221/222/224/224 XP/226 and STEP 7-MicroWin V4		
German	6ES7 298-8FA24-8AH0	
English	6ES7 298-8FA24-8BH0	
French	6ES7 298-8FA24-8CH0	
Spanish	6ES7 298-8FA24-8DH0	
Italian	6ES7 298-8FA24-8EH0	
Chinese	6ES7 298-8FA24-8FH0	
SIMATIC Manual Collection ^{B)} Electronic manuals on CD-ROM, 5 languages: S7-200/300/400, C7, LOGO!, SIMATIC DP, PC, PG, STEP 7, Engineering Software, Runtime Software, PCS 7, SIMATIC HMI, SIMATIC NET	6ES7 998-8XC01-8YE0	
SIMATIC Manual Collection update service for 1 year ^{B)} Up-to-date Manual Collection CD as well as the three subsequent updates	6ES7 998-8XC01-8YE2	
		STEP 7 MicroWIN V4 programming software <i>Target system:</i> All CPUs of the SIMATIC S7-200 range <i>Requirements:</i> Windows 2000/XP on PG or PC <i>Delivery type:</i> English, German, French, Spanish, Italian, Chinese; with online documentation Single license ^{B)} 6ES7 810-2CC03-0YX0 Upgrade single license ^{1) B)} 6ES7 810-2CC03-0YX3
		PROFIBUS bus connector IP20 with 90° cable feeder •without PG connection 6ES7 972-0BA12-0XA0 •with PG connection 6ES7 972-0BB12-0XA0
		PROFIBUS bus connector IP20 with 35° cable feeder •without PG connection 6ES7 972-0BA41-0XA0 •with PG connection 6ES7 972-0BB41-0XA0
		PROFIBUS FC Standard Cable for connecting to PPI; standard type with special design for quick mounting, 2-wire, shielded, sold by the meter, up to 1000m, minimum order 20 m 6XV1 830-0EH10
		Repeater RS 485 for PROFIBUS 6ES7 972-0AA01-0XA0

1) Upgrade for all previous STEP 7 MicroWIN and STEP 7 Micro/DOS versions

A) Subject to export regulations: AL: N and ECCN: EAR99H

B) Subject to export regulations: AL: N and ECCN: EAR99S

SIMATIC S7-200 Digital modules

Digital modules

3

Overview



- Digital inputs/outputs to supplement the onboard I/Os of the CPUs
- For flexible adaptation of PLC to respective task
- For subsequent upgrading of the system with additional inputs
Ordering Data

Technical specifications EM 221

	6ES7 221-1BH22-0XA0	6ES7 221-1BF22-0XA0	6ES7 221-1EF22-0XA0
Current consumption			
• from backplane bus 5 V DC, max.	70 mA	30 mA	30 mA
• Power dissipation, typical	3 W	2 W	3 W
Connection system			
• Pluggable I/O terminals	Yes	Yes	Yes
Digital inputs			
• Number of digital inputs	16	8	8
Length of cable			
- Length of cable shielded, max	500 m	500 m	500 m
- Length of cable unshielded, max	300 m	300 m	300 m
• m/p reading	Yes	Yes	
• Input characteristic to comply with IEC 1131, Type 1	Yes		Yes
Input voltage			
- Rated value, AC			230 V; 220/230 V AC (47 to 63 Hz)
- Rated value, DC	24 V	24 V	
- for signal "0"	0 to 5 V	0 to 5 V	to 20 V AC
- for signal "1"	15 to 30 V	15 to 30 V	79 V AC (at 2.5 mA min.)
Input current			
- for 1 signal, typical	4 mA	4 mA	2.5 mA
Input delay (at rated value of the input voltage)			
• For standard inputs			
- at 0 after 1, max.	4.5 ms	4.5 ms	15 ms
Sensor			
Connectable encoders			
- 2-wire BEROs	Yes	Yes	Yes
- permissible closed-circuit current (2-wire BEROs), max.	1 mA	1 mA	1 mA
Potentials/ electrical isolation			
Digital input functions			
- Electrical isolation, digital input functions	Yes; Optocoupler	Yes; Optocoupler	Yes; Optocoupler
- between the channels, in groups of	4	4	1; (8 groups)
Dimensions and weight			
• Weight, approx.	160 g	150 g	160 g
• Width	71.2 mm	46 mm	71.2 mm
• Height	80 mm	80 mm	80 mm
• Depth	62 mm	62 mm	62 mm

SIMATIC S7-200

Digital modules

Digital modules

3

Technical specifications EM 222

	6ES7 222-1BD22-0XA0	6ES7 222-1BF22-0XA0
Voltages and currents		
Load voltage L+		
- Rated value (DC)	24 V	24 V
- permissible range, lower limit (DC)	20.4 V	20.4 V
- permissible range, upper limit (DC)	28.8 V	28.8 V
Current consumption		
Digital outputs		
• from backplane bus 5 V DC, max.	40 mA	50 mA
• Power dissipation, typical	3 W	2 W
Connection system		
• Pluggable I/O terminals	Yes	Yes
Digital outputs		
• Number of digital outputs	4	8
• Length of cable shielded, max.	500 m	500 m
• Length of cable unshielded, max.	150 m	150 m
• Short-circuit protection of the output	No; provided externally (see manual package "Installing an S7-200")	No; provided externally (see manual package "Installing an S7-200")
• Limitation of voltage induced on circuit interruption to	L+ (-48 V)	L+ (-48 V)
Output voltage		
- for 1 signal	20 V DC	20 V
Output current		
- for 1 signal permissible range for 0 to 55 °C, max.	5 A	750 mA
- for 0 signal residual current, max.	30 µA	10 µA
Parallel switching of 2 outputs		
- to increase power		Yes
Summation current of the outputs (per group)		
- up to 40 °C, max.	20 A	3 A
- horizontal installation, up to 55 °C, max.	20 A	3 A
- Maximum current per wire/group	5 A	3 A
Relay outputs		
Switching capacity of the contacts		
- at inductive load, max.	5 A	0.75 A
- at lamp load, max.	50 W	5 W
- at resistive load, max.	5 A	0.75 A
Potentials/ electrical isolation		
Digital output functions		
- Electrical isolation, digital output functions	Yes; Optocoupler	Yes; Optocoupler
- between the channels, in groups of	1; 4 groups	4
Dimensions and weight		
• Weight, approx.	120 g	150 g
• Width	45 mm	45 mm
• Height	80 mm	80 mm
• Depth	62 mm	62 mm

SIMATIC S7-200 Digital modules

Digital modules

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 222-1HD22-0XA0	6ES7 222-1HF22-0XA0	6ES7 222-1EF22-0XA0
Voltagés and currents			
Load voltage L+			
- Rated value (DC)	24 V	24 V	
- permissible range, lower limit (DC)	12 V	5 V	
- permissible range, upper limit (DC)	30 V	30 V	
Load voltage L1			
- Rated value (AC)	24 V; 24 to 230 V AC	24 V; 24 to 230 V AC	230 V; 220/230 V AC
- permissible range, lower limit (AC)	12 V	5 V	65 V
- permissible range, upper limit (AC)	250 V	250 V	264 V
- permissible frequency range, lower limit		47 Hz	47 Hz
- permissible frequency range, upper limit		63 Hz	63 Hz
Current consumption			
Digital outputs			
- from load voltage L+, max.	80 mA; 20 mA per switched output	72 mA; 9 mA per switched output	
•from backplane bus 5 V DC, max.	30 mA	40 mA	110 mA
•Power dissipation, typical	4 W	2 W	4 W
Connection system			
•Pluggable I/O terminals	Yes	Yes	Yes
Digital outputs			
•Number of digital outputs	4; Relay	8; Relay	8
•Length of cable shielded, max.	500 m	500 m	500 m
•Length of cable unshielded, max.	150 m	150 m	150 m
•Short-circuit protection of the output	No; provided externally (see manual package "Installing an S7-200")	No; provided externally (see manual package "Installing an S7-200")	No; provided externally (see manual package "Installing an S7-200")
•Limitation of voltage induced on circuit interruption to	provided externally (see manual package "Installing an S7-200")	provided externally (see manual package "Installing an S7-200")	provided externally (see manual package "Installing an S7-200")
Output voltage			
- for 1 signal			L1 (-0.9 V)
Output current			
- for 1 signal permissible range for 0 to 55 °C, max.	10 A	2 A	500 mA; AC
- for 1 signal minimum load current			50 mA
- for 0 signal residual current, max.	0 mA	0 mA	1.8 mA; at 264 V AC
Summation current of the outputs (per group)			
- up to 40 °C, max.	40 mA	8 A	0.5 A
- horizontal installation, up to 55 °C, max.	20 mA	8 A	0.5 A
- Maximum current per wire/group	10 A	8 A	0.5 A
Relay outputs			
•Number of operating cycles	30,000,000; mechanical 30 million, at rated load voltage 30,000	10,000,000; mechanical 10 million, at rated load voltage 100,000	
Switching capacity of the contacts			
- at inductive load, max.	3 A; 2 A (DC), 3 A (AC)	2 A	0.5 A
- at lamp load, max.	1,000 W; 100/1000 W (DC/AC)	200 W; 30/200 W (DC/AC)	60 W
- at resistive load, max.	10 A	2 A	0.5 A

SIMATIC S7-200

Digital modules

Digital modules

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 222-1HD22-0XA0	6ES7 222-1HF22-0XA0	6ES7 222-1EF22-0XA0
Potentials/ electrical isolation			
Digital output functions	Yes; Relay	Yes; Relay	Yes; Optocoupler
- Electrical isolation, digital output functions	1; 4 groups	4	1; 6 groups
- between the channels, in groups of			
Dimensions and weight			
•Weight, approx.	150 g	170 g	170 g
•Width	45 mm	45 mm	71.2 mm
•Height	80 mm	80 mm	80 mm
•Depth	62 mm	62 mm	62 mm

Technical specifications EM 223

	6ES7 223-1BF22-0XA0	6ES7 223-1BH22-0XA0	6ES7 223-1BL22-0XA0
Voltagés and currents			
Load voltage L+			
- Rated value (DC)	24 V	24 V	24 V
- permissible range, lower limit (DC)	20.4 V	20.4 V	20.4 V
- permissible range, upper limit (DC)	28.8 V	28.8 V	28.8 V
Current consumption			
•from backplane bus 5 V DC, max.	40 mA	80 mA	160 mA
•Power dissipation, typical	2 W	3 W	6 W
Connection system			
•Pluggable I/O terminals	Yes	Yes	Yes
Digital inputs			
•Number of digital inputs	4	8	16
Input voltage			
- Rated value, DC	24 V	24 V	24 V
- for signal "0"	0 to 5 V	0 to 5 V	0 to 5 V
- for signal "1"	15 to 30 V DC	15 to 30 V DC	15 to 30 V DC
Input current			
- for 1 signal, typical	4 mA	4 mA	4 mA
Input delay (at rated value of the input voltage)			
•For standard inputs			
- at 0 after 1, max.	4.5 ms	4.5 ms	4.5 ms
Digital outputs			
•Number of digital outputs	4	8	16
•Length of cable shielded, max.	500 m	500 m	500 m
•Length of cable unshielded, max.	150 m	150 m	150 m
•Short-circuit protection of the output	No; provided externally	No; provided externally	No; provided externally
•Limitation of voltage induced on circuit interruption to	L+ (-48 V)	L+ (-48 V)	L+ (-48 V)
Output voltage			
- for 0 signal (DC), max.	0.1 V	0.1 V	0.1 V
- for 1 signal	20 V	20 V	20 V
Output current			
- for 1 signal rated value	750 mA	750 mA	750 mA
Summation current of the outputs (per group)			
- Maximum current per wire/group	3 A	3 A	3 A; 3/3/6

SIMATIC S7-200 Digital modules

Digital modules

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 223-1BF22-0XA0	6ES7 223-1BH22-0XA0	6ES7 223-1BL22-0XA0
Relay outputs			
Switching capacity of the contacts			
- at inductive load, max.	0.75 A; per output	0.75 A; per output	0.75 A; per output
- at lamp load, max.	5 W	5 W	5 W
- at resistive load, max.	0.75 A; per output	0.75 A; per output	0.75 A; per output
Sensor			
Connectable encoders			
- 2-wire BEROs	Yes	Yes	Yes
- permissible closed-circuit current (2-wire BEROs), max.	1 mA	1 mA	1 mA
Insulation			
• Insulation tested with	500 V AC	500 V AC	500 V AC
Potentials/ electrical isolation			
Digital output functions			
- Electrical isolation, digital output functions	Yes; Optocoupler	Yes; Optocoupler	Yes; Optocoupler
- between the channels, in groups of	4	4	4; 4 / 4 / 8
Digital input functions			
- Electrical isolation, digital input functions	Yes; Optocoupler	Yes; Optocoupler	Yes; Optocoupler
- between the channels, in groups of	4	4	4
Dimensions and weight			
• Weight, approx.	160 g	200 g	360 g
• Width	46 mm	71.2 mm	137.5 mm
• Height	80 mm	80 mm	80 mm
• Depth	62 mm	62 mm	62 mm
6ES7 223-1HF22-0XA0			
6ES7 223-1PH22-0XA0			
6ES7 223-1PL22-0XA0			
Voltages and currents			
Load voltage L+			
- Rated value (DC)	24 V	24 V	24 V
- permissible range, lower limit (DC)	5 V	5 V	5 V
- permissible range, upper limit (DC)	30 V	30 V	30 V
Load voltage L1			
- Rated value (AC)	230 V; 24 to 230 V AC	230 V; 24 to 230 V AC	230 V; 24 to 230 V AC
- permissible range, lower limit (AC)	5 V	5 V	5 V
- permissible range, upper limit (AC)	250 V	250 V	250 V
Current consumption			
• from backplane bus 5 V DC, max.	40 mA	80 mA	150 mA
• from coil current, max.	9 mA; per output for signal "1"	9 mA; per output for signal "1"	9 mA; per output for signal "1"
• from sensor current or ext. power supply (24 V DC), max.	72 mA	72 mA	72 mA
• Power dissipation, typical	2 W	3 W	6 W
Connection system			
• Pluggable I/O terminals	Yes	Yes	Yes

SIMATIC S7-200

Digital modules

Digital modules

3

Technical specifications (continued)

	6ES7 223-1HF22-0XA0	6ES7 223-1PH22-0XA0	6ES7 223-1PL22-0XA0
Digital inputs			
•Number of digital inputs	4	8	16
Input voltage			
- Rated value, DC	24 V	24 V	24 V
- for signal "0"	0 to 5 V	0 to 5 V	0 to 5 V
- for signal "1"	15 to 30 V DC	15 to 30 V DC	15 to 30 V DC
Input current			
- for 1 signal, typical	4 mA	4 mA	4 mA
Input delay (at rated value of the input voltage)			
•For standard inputs			
- at 0 after 1, max.	4.5 ms	4.5 ms	4.5 ms
Digital outputs			
•Number of digital outputs	4; Relay	8; Relay	16; Relay
•Length of cable shielded, max.	500 m	500 m	500 m
•Length of cable unshielded, max.	150 m	150 m	150 m
•Short-circuit protection of the output	No; provided externally	No; provided externally	No; provided externally
Output voltage			
- for 0 signal (DC), max.	0.1 V; with 10 kOhm load	0.1 V; with 10 kOhm load	0.1 V; with 10 kOhm load
- for 1 signal	L+L1	L+L1	L+L1
Output current			
- for 1 signal rated value	2,000 mA	2,000 mA	2,000 mA
Summation current of the outputs (per group)			
- Maximum current per wire/group	8 A	8 A	8 A
Relay outputs			
•Number of operating cycles	10,000,000; mechanical: 10 million, at rated load voltage: 100,000	10,000,000; mechanical: 10 million, at rated load voltage: 100,000	10,000,000; mechanical: 10 million, at rated load voltage: 100,000
Switching capacity of the contacts			
- at inductive load, max.	0.75 A; per output	0.75 A; per output	0.75 A; per output
- at lamp load, max.	200 W; 30/200 W (DC/AC)	200 W; 30/200 W (DC/AC)	200 W; 30/200 W (DC/AC)
- at resistive load, max.	0.75 A; per output	0.75 A; per output	0.75 A; per output
Sensor			
Connectable encoders			
- 2-wire BEROs	Yes	Yes	Yes
- permissible closed-circuit current (2-wire BEROs), max.	1 mA	1 mA	1 mA
Insulation			
•Insulation tested with	500 V AC	500 V AC	500 V AC
Potentials/ electrical isolation			
Digital output functions			
- Electrical isolation, digital output functions	Yes; Relay	Yes; Relay	Yes; Relay
- between the channels, in groups of	4	4	4
Digital input functions			
- Electrical isolation, digital input functions	Yes; Optocoupler	Yes; Optocoupler	Yes; Optocoupler
- between the channels, in groups of	4	4	8
Dimensions and weight			
•Weight, approx.	160 g	300 g	400 g
•Width	46 mm	71.2 mm	137.5 mm
•Height	80 mm	80 mm	80 mm
•Depth	62 mm	62 mm	62 mm

SIMATIC S7-200 Digital modules

Digital modules

3

Ordering Data	Order No.	Order No.
Digital input module EM 221 For CPU 221/222/224/224 XP/226 <ul style="list-style-type: none"> • 8 inputs, 24 V DC, galvanically isolated, source/sink switching ^{A)} • 16 inputs, 24 V DC, galvanically isolated, source/sink switching ^{A)} • 8 inputs, 120/230 V AC, galvanically isolated, source/sink switching ^{A)} 	6ES7 221-1BF22-0XA0 6ES7 221-1BH22-0XA0 6ES7 221-1EF22-0XA0	Front flap set ^{A)} contains different covering flaps for CPU and EM; Spare part 6ES7 291-3AX20-0XA0 Plug-in terminal block (spare part) <ul style="list-style-type: none"> • with 7 connection terminals (for EM 221/222) ^{A)} • with 12 connection terminals (for EM 223) ^{A)} 6ES7 292-1AD20-0AA0 6ES7 292-1AE20-0AA0 SIM 274 simulator (optional) ^{A)} with 8 connection terminals for EM 221 and EM 223 6ES7 274-1XF00-0XA0 S7-200 programmable controller, system manual for CPU 221/222/224/224 XP/226 and STEP 7-MicroWin V4 German English French Spanish Italian Chinese
Digital output module EM 222 For CPU 221/222/224/224 XP/226 <ul style="list-style-type: none"> • 4 outputs, 24 V DC; 5 A, galvanically isolated ^{A)} • 8 outputs, 24 V DC; 0.75 A, galvanically isolated ^{A)} • 4 outputs, 24 V DC/24 V AC up to 230 V; 10 A, galvanically isolated, relay outputs ^{A)} • 8 outputs, 24 V DC/24 V AC up to 230 V; 2 A, galvanically isolated, relay outputs ^{A)} • 8 outputs, AC 12 0/230 V; 0.5 A, galvanically isolated ^{A)} 	6ES7 222-1BD22-0XA0 6ES7 222-1BF22-0XA0 6ES7 222-1HD22-0XA0 6ES7 222-1HF22-0XA0 6ES7 222-1EF22-0XA0	6ES7 298-8FA24-8AH0 6ES7 298-8FA24-8BH0 6ES7 298-8FA24-8CH0 6ES7 298-8FA24-8DH0 6ES7 298-8FA24-8EH0 6ES7 298-8FA24-8FH0
Digital input/output module EM 223 For CPU 221/222/224/224 XP/226 <ul style="list-style-type: none"> • 4 inputs 24 V DC, 4 outputs 24 V DC; 0.75 A, galvanically isolated ^{A)} • 8 inputs 24 V DC, 8 outputs 24 V DC; 0.75 A, galvanically isolated ^{A)} • 16 inputs 24 V DC, 16 outputs 24 V DC; 0.75 A, galvanically isolated ^{A)} • 4 inputs 24 V DC, 4 outputs, relay ^{A)} • 8 inputs 24 V DC, 8 outputs, relay ^{A)} • 16 inputs 24 V DC, 16 outputs, relay ^{A)} 	6ES7 223-1BF22-0XA0 6ES7 223-1BH22-0XA0 6ES7 223-1BL22-0XA0 6ES7 223-1HF22-0XA0 6ES7 223-1PH22-0XA0 6ES7 223-1PL22-0XA0	

A) Subject to export regulations: AL: N and ECCN: EAR99H

SIMATIC S7-200 SIPLUS digital modules

SIPLUS digital modules

3

Overview



- Digital inputs/outputs to supplement the integral I/Os of the CPUs
- For flexible adaptation of the controller to the task
- For subsequent upgrading of the system with additional inputs and outputs

These modules are designed for

- an ambient range of -25°C to $+70^{\circ}\text{C}$; condensation permissible
- extraordinary media load (for example by chloric and sulphuric atmosphere)

Technical specifications

6AG1 221-1BF22-2XB0	see 6ES7 221-1BF22-0XA0
6AG1 221-1BH22-2XA0	see 6ES7 221-1BH22-0XA0
6AG1 222-1BF22-2XB0	see 6ES7 222-1BF22-0XA0
6AG1 222-1HF22-2XB0	see 6ES7 222-1HF22-0XA0
6AG1 223-1BF22-2XB0	see 6ES7 223-1BF22-0XA0
6AG1 223-1BH22-2XB0	see 6ES7 223-1BH22-0XA0
6AG1 223-1BL22-2XB0	see 6ES7 223-1BL22-0XA0
6AG1 223-1HF22-2XB0	see 6ES7 223-1HF22-0XA0
6AG1 223-1PH22-2XB0	see 6ES7 223-1PH22-0XA0
6AG1 223-1PL22-2XB0	see 6ES7 223-1PL22-0XA0

Ordering Data

Order No.

SIPLUS EM 221 digital input module (extended temperature range) for CPU 223224/224 XP226 • 8 inputs, 24 V DC, electrically isolated, P.M. switching ^{A)} • 16 inputs, 24 V DC, electrically isolated, P.M. switching ^{A)}	6AG1 221-1BF22-2XB0 6AG1 221-1BH22-2XA0
SIPLUS EM 222 digital output module (extended temperature range) for CPU 223224/224 XP226 • 8 outputs, 24 V DC; 0.75 A, electrically isolated ^{A)} • 8 outputs, 24 V DC / 24 to 230 V AC; 2 A, electrically isolated, relay outputs ^{A)}	6AG1 222-1BF22-2XB0 6AG1 222-1HF22-2XB0
EM 223 digital input/output module (extended temperature range) for CPU 223224/224 XP226 • 4 inputs, 24 V DC, 4 outputs, 24 V DC; 0.75 A, electrically isolated ^{A)} • 8 inputs, 24 V DC, 8 outputs, 24 V DC; 0.75 A, electrically isolated ^{A)} • 16 inputs, 24 V DC, 16 outputs, 24 V DC; 0.75 A, electrically isolated ^{A)} • 4 inputs, 24 V DC, 4 outputs, relays ^{A)} • 8 inputs, 24 V DC, 8 outputs, relays ^{A)} • 16 inputs, 24 V DC, 16 outputs, relays ^{A)}	6AG1 223-1BF22-2XB0 6AG1 223-1BH22-2XB0 6AG1 223-1BL22-2XB0 6AG1 223-1HF22-2XB0 6AG1 223-1PH22-2XB0 6AG1 223-1PL22-2XB0
Accessories	see ordering data for S7-200 digital modules

A) Subject to export regulations: AL: N and ECCN: EAR99H

SIMATIC S7-200 Analog modules

Analog modules

3

Overview



- Analog Inputs and outputs for the SIMATIC S7-200
- With extremely short conversion times
- For connections of analog sensors and actuators without additional amplifier
- For solving the more complex automation tasks

Technical specifications EM 231

	6ES7 231-0HC22-0XA0	6ES7 231-0HC22-0XA0
Current consumption		
• from load voltage L+ (no load), max.	60 mA	
• from backplane bus 5 V DC, max.	20 mA	
• Power dissipation, typical	2 W	
Connection system		
• Pluggable I/O terminals	No	
Analog inputs		
• Number of analog inputs	4; Differential	
• Length of cable shielded, max.	100 m; to sensor	
• Permissible input voltage for the voltage input (destruction limit), max.	30 V	
• Permissible input voltage for the current input (destruction limit), max.	32 mA	
Input ranges (rated values), voltages		
- 0 to +5 V	Yes	
- 0 to +10 V	Yes	
- -2.5 V to +2.5 V	Yes	
- -5 V to +5 V	Yes	
Input ranges (rated values), currents		
- 0 to 20 mA	Yes	
Characteristic curve linearization		
- for voltage measurement	no	
- for current measurement	no	
Temperature compensation		
- parameterizable	No	
Analog value formation		
Integration and conversion time/triggerring per channel		
- with over-range (bits incl. sign), max.	12 Bit	
- Interference voltage suppression for interference frequency 11 in Hz	40 dB, DC up to 60 V for interference frequency 50 / 60 Hz	
- Conversion time (per channel)	250 µs	
Displayable conversion value range		
- bipolar signals	-32,000 to +32,000	
- unipolar signals	0 to 32000	
Error/accuracies		
Interference voltage suppression for $f = n \times (8 \pm 1\%)$		
- Common-mode voltage, max.	12 V	
Potential/ electrical isolation		
Analog output functions		
- Electrical isolation, analog inputs	No	
Dimensions and weight		
• Weight, approx.	183 g	
• Width	71.2 mm	
• Height	80 mm	
• Depth	62 mm	

