

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
SISTEMAS**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**“DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO
RECICLADO UTILIZANDO PLC MICROLOGIX 1100 DE ALLEN-BRADLEY”**

TESIS

PRESENTADO POR:

**EGO SAÚL MAMANI PACORI
SOCRATES TALAVERA MEJIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

PUNO – PERÚ

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

"DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO
RECICLADO UTILIZANDO PLC MICROLOGIX 1100 DE ALLEN-BRADLEY"

TESIS PRESENTADA POR:

EGO SAÚL MAMANI PACORI
SOCRATES TALAVERA MEJIA

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:


Ing. MARCO ANTONIO RAMOS GONZALEZ

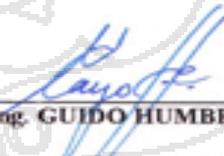
PRIMER MIEMBRO:


Ing. EDDY TORRES MAMANI

SEGUNDO MIEMBRO:


Ing. LUCIO QUISPE APAZA

DIRECTOR DE TESIS:


M. Sc. Ing. GUIDO HUMBERTO CAYO CABRERA

ASESOR DE TESIS:


Mg. Ing. MARCO ANTONIO QUISPE BARRA

PUNO – PERÚ

2013

ÁREA: Telecomunicaciones

TEMA: Aplicaciones de procedimiento de señales

Dedicatoria:

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Papá Sergio, Mamá Grisel y Hermana Yesis.



Dedicatoria:

Dedico el presente trabajo de investigación. A mis Padres quien con su constante apoyo y guía permitieron que lograra uno de mis objetivos más importantes de mi vida.

**Agradecimiento:**

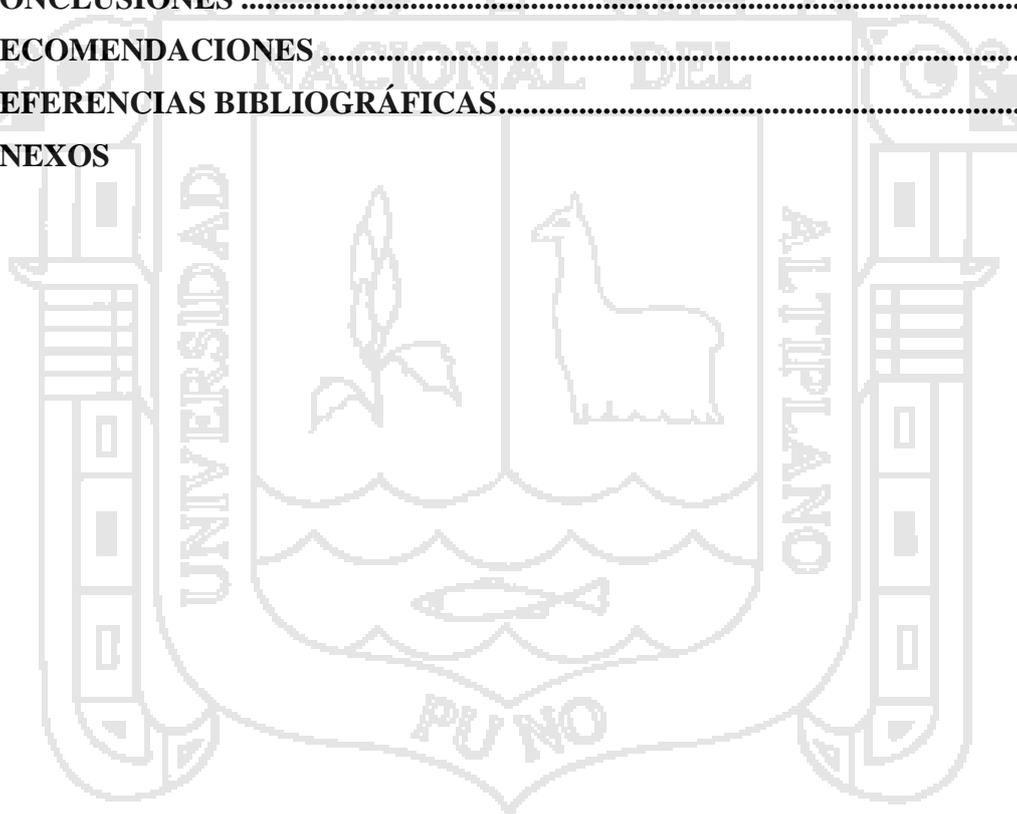
Primero, dar gracias a Dios, por fortalecernos el corazón e iluminarnos la mente.

Agradecer a nuestras familias por el esfuerzo realizado para que concluyamos nuestros estudios y a todos los que contribuyeron en nuestra formación profesional y desarrollo personal.

ÍNDICE

	PAG.
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	3
1.3. LIMITACIONES DEL PROBLEMA.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
1.4.1. TECNOLÓGICO.....	4
1.4.2. ECOLÓGICO.....	4
1.4.3. SOCIAL.....	4
1.4.4. ECONÓMICO.....	4
1.5. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	5
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.2 SUSTENTO TEÓRICO.....	8
2.2.1 EL PLC MICROLOGIX 1100 DE ALLEN-BRADLEY.....	8
2.2.2 PLANTA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO.....	19
2.2.3 LA AUTOMATIZACIÓN.....	56
2.2.4 EL PLC MICROLOGIX 1100 DE ALLEN-BRADLEY EN LA PLANTA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO.....	58
2.2.5 GENERACIÓN DE CONCEPTOS.....	59
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	69
2.4 HIPÓTESIS.....	74
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	74
2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	74
2.5 SISTEMA DE VARIABLES.....	74
CAPÍTULO III.....	75
DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN.....	75
3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	76
3.2. MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	76
3.2.1. UBICACIÓN.....	76
3.2.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	77
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	77
3.4. PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO.....	77

CAPÍTULO IV	78
ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	78
4.1 DISEÑO DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL AUTÓMATA.....	79
4.1.2 RUTINA PRINCIPAL.....	80
4.1.3 SUBRUTINA ENTRADAS	80
4.1.4 SUBRUTINA SCALING	82
4.2 PROGRAMA PRINCIPAL	85
4.2.1 SALIDA DE VARIABLES	87
4.3 CREACIÓN DEL PROYECTO EN RSVIEW32.....	91
4.3.1 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	91
4.4 APLICACIÓN DEL EXPERIMENTO	103
4.4.1 PROCESO DE LAVADO	104
4.4.2 PROCESO DE AGLOMERADO.....	104
4.4.3 PROCESO DE PELETIZADO.....	105
4.4.4 PROCESO DE EXTRUSIÓN	105
4.3.1 PROCESO DE JALADO Y EMBOBINADO.....	106
4.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	107
CONCLUSIONES	108
RECOMENDACIONES	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
ANEXOS	



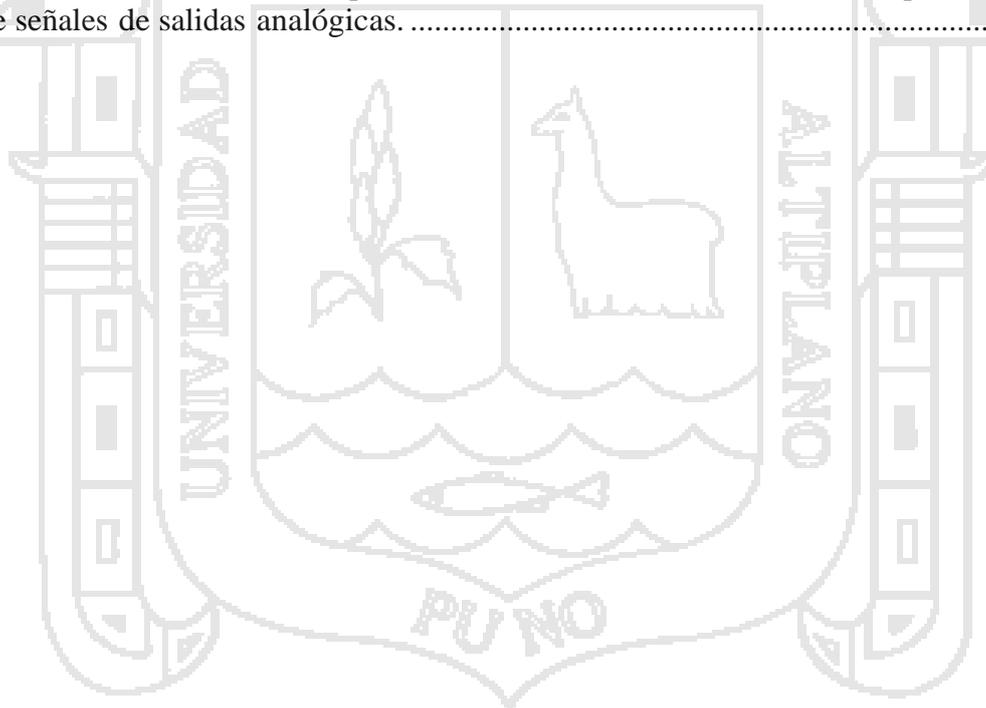
ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Funciones del PLC.....	11
Figura 2: Arquitectura básica de un autómatas programable	12
Figura 3: Distribución de la memoria en el autómatas	17
Figura 4: Resumen de la partes del PLC	18
Figura 5 Secuencia básica de operación del autómatas.....	19
Figura 6: Representación esquemática de una extrusora de husillo sencillo.....	25
Figura 7: Zonas de una extrusora y evolución de la presión a lo largo de las mismas.	27
Figura 8 Tornillo de una extrusora.....	28
Figura 9: Sistema cilindro de calefacción-tornillos	29
Figura 10: Garganta de alimentación.....	30
Figura 11: Tipos de tolvas.....	31
Figura 12: Ejemplo de un tornillo de alimentación.....	32
Figura 13: Plato rompedor.....	33
Figura 14: Boquilla anular y cabezal.....	34
Figura 15: Partes diferenciadas en una boquilla de extrusión.....	34
Figura 16 Moldeo por inyección.....	36
Figura 17 Moldeo por extrusión	37
Figura 18 Moldeo por soplado.....	37
Figura 19 Moldeo por compresión.....	39
Figura 20 : Ejemplo de tornillos para diferentes fines.....	41
Figura 21 Flujo del material en una tolva de alimentación.....	42
Figura 22 Representación del caudal de salida frente a la presión, para un cilindro liso y para uno estriado.....	45
Figura 23 Sección de una garganta de alimentación ranurada.....	46
Figura 24 : Extrusora con sección de desgasificado.....	49
figura 25: Hinchamiento debido a la relajación de un material de sección cuadrada.....	51
Figura 26 : Contracción debida al enfriamiento de un material de sección cuadrada.	52
Figura 27 : Símbolos básicos	54
Figura 28: Ejemplo de una rama	55
Figura 29: Elementos de un proceso automatizado.....	57
Figura 30 Diagrama de la caja negra.....	59
Figura 31. Descomposición Funcional.....	60
Figura 32 Rama crítica de las subfunciones	60
Figura 33 Combinación de conceptos.....	63
Figura 34 Esquema concepto A	63
Figura 35 Concepto A.....	64
Figura 36 Esquema concepto B	64
Figura 37 Concepto B	64
Figura 38 Esquema concepto C	65
Figura 39 Concepto C	65
Figura 40 Esquema concepto D	65
Figura 41 Concepto D.....	66
Figura 42 Esquema concepto E	66

Figura 43 Concepto E	66
Figura 44 Interacciones entre elementos físicos y funcionales.....	67
Figura 45 Esquema general del producto por bloques funcionales (chunks).....	68
Figura 46 Distribución espacial de los chunks	68
Figura 47 Interacciones incidentales	69
Figura 48 Diseño.....	76
Figura 49 Líneas de instrucción de escalado de los transmisores TT-01AA & TT-01AB en el programa del sistema de control de atemperación.....	83
Figura 50 Líneas de instrucción de escalado de las válvulas TV-01A & TV-01B en el programa del sistema de control de atemperación.....	85
Figura 51 Programa principal	85
Figura 52 Salida de variables.....	87
Figura 53 Control lazo abierto	89
Figura 54 Control lazo cerrado	89
Figura 55 Control ON OFF.....	89
Figura 56 Respuesta de señales al control ON OFF	90
Figura 57 Ventana configuración de driver RS-232 DF1	93
Figura 58 Ventana con drivers RS-232-DF1 y Ethetnet.....	94
Figura 59 Configuración del nodo de comunicación.....	95
Figura 60 Ventana para la creación de tags	96
Figura 61 Ventana configuración Startup opción Startup	97
Figura 62 Ventana utilidades y herramientas de las pantallas gráficas	98
Figura 63 Pantalla ejemplos de librerías de RSView32	99
Figura 64 Configuración de Botones	100
Figura 65 Menú y barra de objetos	101
Figura 66 Menú editor de gráficos.....	101
Figura 67 Creación de un resumen de alarmas	102
Figura 68 Creación de Trends/Tendencias	103
Figura 69 Proceso de lavado de material	104
Figura 70 Proceso de aglomerado.....	104
Figura 71 Proceso de paletizado	105
Figura 72 Proceso de Extrusión.....	106
Figura 73 Proceso de jalado y embobinado	106

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°1: Utilización de plástico en la sociedad.....	20
TABLA N° 2: Datos típicos sobre la distribución de los residuos sólidos generados por las mayores industrias, excluyendo materiales reciclados.....	20
TABLA N° 3 : Diseño del tornillo para reducir el coeficiente de fricción entre el material y el tornillo.	47
TABLA N° 4 : Tipos de termopares con sus aleaciones y rango de operación.....	53
TABLA N°5: Matriz de la operalización variables	74
TABLA N° 6: Variables de entrada analogicas y digitales	79
TABLA N°7: variables de salida.....	79
TABLA N°8: Rangos de representación decimal para la señal de entradas analógicas de los módulos del PLC.....	83
TABLA N°9. Parámetros para la utilización de la instrucción SCL para el escalado de señales de entrada analógicas.....	83
TABLA N°10: Rangos de representación decimal para señales de salida analógicas de los módulos del PLC.....	84
TABLA N° 11: Parámetros para la utilización de la instrucción SCL para el escalado de señales de salidas analógicas.....	84



RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO UTILIZANDO PLC MICROLOGIX 1100 DE ALLEN-BRADLEY” , se realiza debido a que en la actualidad uno de los grandes problemas que tiene el departamento de Puno es la contaminación de materiales plásticos, para este problema se da una alternativa de solución, que es la Extrusión de Plástico Reciclado que consiste en procesar gránulos de plástico reciclado que ingresa por una tolva para luego ser enviado a una cámara de calefacción mediante un tornillo sin fin y es forzado a salir en forma continua y a presión a través de un troquel de extrusión que determinara la forma del producto. Dicho proceso se automatizara para dar una mayor productividad y autonomía al proceso, para lograr la automatización se debe de conocer las variables del proceso, elaborar un diseño adecuado que nos permitirá elegir un controlador lógico programable que más nos convenga de acuerdo a sus características, flexibilidad y costo. Se evaluó que instrumentos se utilizaran en el proceso de Extrusión de plástico reciclado de acuerdo a una evaluación de beneficio costo y considerando que en la zona no se cuenta con la tecnología adecuada para la automatización por lo cual se procederá a conseguir dichos instrumentos de otras zonas. Se procederá con la instalación, mediciones y pruebas de los instrumentos, también encontrar el tipo de control que en este caso es un control ON – OFF con histéresis que da buena respuesta al proceso.

Se logró la automatización del proceso de Extrusión de Plástico Reciclado, gracias a que conocimos las variables a controlar que nos permitió realizar un buen diseño y la correcta elección del PLC que es el Micrologix 1100 de Allen-Bradley que tiene entradas y salidas analógicas y un software que nos permite tener una interacción directa entre el operario y el proceso mediante un computador.

ABSTRACT

The research entitled " DESIGN AND AUTOMATION PLANT EXTRUSION PLASTIC RECYCLING USING PLC MICROLOGIX 1100 ALLEN -BRADLEY ." Is done because currently one of the major problems the department of Puno is pollution plastic materials for this problem is given an alternative solution , which is the Recycled Plastic Extrusion process consisting of recycled plastic granules entering a hopper before being sent to a heating chamber through a worm and is forced out continuously and under pressure through an extrusion die which determines the shape of the product . Automate this process is to give greater autonomy to process productivity and to achieve the automation must know the variables of the process, develop an appropriate design that will allow us to choose a programmable logic controller that suits us according to their features, flexibility and cost. Was evaluated instruments were used in the process of extrusion recycled plastic according to an assessment of the benefit -cost, whereas in the area do not have the right technology for automation by which we will proceed to get these tools from other areas . Proceed with the installation, test and measurement instruments , also find the type of control which in this case is an ON - OFF with hysteresis which gives good response to process.

Process automation Recycled Plastic Extrusion was accomplished , we met through the control variables that allowed us to make a good design and the right choice of which is the Micrologix PLC Allen -Bradley 1100 having inputs and outputs and software allows us to have a direct interaction between the operator and the process by a computer.

INTRODUCCIÓN

Debido a que en la actualidad uno de los problemas más grandes en la ciudad de Puno es la contaminación de residuos plásticos tales como El polietileno, polipropileno, poliestireno, policloruro de vinilo, poliéster, etc y para solucionar este problema se da la alternativa de la Automatización de una extrusora de plástico reciclado utilizando un controlador lógico programable y complementarla haciendo el uso de control ON-OFF con histéresis como estrategia de control.

El diseño y automatización de una planta de extrusión de plástico reciclado utilizando el controlador Micrologix 1100 de Allen-Bradley nos permitirá agilizar y dar seguridad al personal de la planta. Además se desarrollará una interface con el usuario, a través de un computador personal, con el objetivo de poder seguir el comportamiento del proceso, y de modificar las variables de control.

Se conoció las variables a controlar previo diseño de la planta extrusora de plástico respondiendo eficientemente.

Los objetivos y la metodología del proyecto se desarrollan en el capítulo 1. Además, se presenta una justificación que resume los motivos que movieron a la realización de este trabajo.

En el capítulo 2 se presentan los conceptos básicos de los controladores lógicos programables. Se explica su principio de funcionamiento, las partes que los constituyen, los programas RSLogix y RSview de Allen Bradley, necesarios para la programación

del PLC y la interface al usuario, conceptos sobre Automatización, conceptos sobre la extrusora de plástico.

El Diseño y Metodología de la investigación se dio en el capítulo 3. Donde se considera los materiales y el tipo de investigación que se realizó en el proyecto.

En el capítulo 4 se presentan el diseño de entradas y salidas del PLC, programa principal, creación del proyecto en RSview 32 aplicación y resultados.

Finalmente, en el capítulo 5 se desarrollan conclusiones y recomendaciones para el adecuado uso de un PLC en una extrusora de plástico reciclado.

Además, se incluye un anexo de Instrumentos, Fotografías y registro anecdóticos.



1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el Perú, al igual que en el resto del mundo, se ha hecho necesario el reciclaje como una herramienta de conservación de los recursos naturales esto para preservar el planeta y hacer un mejor uso de él.

Juliaca dentro del consenso del Perú es una de las ciudades más contaminadas de la región Sur por ser eminentemente comercial lo que genera un problema medio ambiental. Justamente por ser comercial es que los productores requieren contar con maquinarias que le generen productividad para mejorar sus negocios.

Aplicando los conocimientos científicos y tecnológicos, la ingeniería puede dar solución a problemas medio ambientales y uno de ellos es por medio del reciclaje de envases plásticos así como: El polietileno, polipropileno, poliestireno, policloruro de vinilo, poliéster, etc.

En el proceso de Extrusión de plástico la materia prima es llevada a temperatura de derretido en la unidad de inyección. Ésta, a su vez, inyecta el plástico para luego ser enfriado y extraído y esto debe ser monitoreado y controlado mediante la automatización utilizando un PLC.

La automatización cumple un papel importa en proceso de reciclaje de plástico ya que nos permite dar mayor productividad, autonomía, eficiencia y bajar los costos de producción y por ende mayor ganancia.

La Automatización puede ser tan completas como un SCADA o sencillas con lógica cableada.

Conociendo el proceso de Extrusión de plásticos se elegirá el PLC adecuado para el proyecto. Para ello se debe tener conocimientos sobre su estructura, tipos de comunicación, software utilizado, hardware del mercado, tipos de sensores, etc. Así como los precios de la tecnología usada, mano de obra, tiempo para ejecución del proyecto, y ventajas que nos trae el proyecto de automatización.

1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

El Enunciado del Problema responde a la siguiente pregunta.

¿De qué manera beneficia el diseño y la automatización de una extrusora de plásticos utilizando PLC micrologix 1100 de allen bradley?

1.3. LIMITACIONES DEL PROBLEMA

Una de las limitaciones que se tiene es de carácter Económico ya que la falta de recursos económicos limita la investigación del proyecto.

Finalmente otra de las limitaciones es de carácter tecnológico ya que no se cuenta con equipos e instrumentos en la zona para la elaboración del proyecto.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente trabajo de investigación, se justifica por la siguiente razón:

La obtención de beneficios que se incorporan al estudio se relacionan en forma directa con las ventajas de tipo tecnológico, ecológico, social y económico para la pequeña y mediana industria haciéndolas competitivas con las grandes empresas.

1.4.1. TECNOLÓGICO:

La idea principal de este proyecto es la de diseñar una automatización proponiendo equipos y maquinarias para las diferentes etapas del proceso utilizándose PLCs; ya que, agiliza y da mayor control a los procesos de reciclaje de plástico y por ende mayor rentabilidad.

1.4.2. ECOLÓGICO:

La razón de realizar este proyecto es que en la actualidad el medio ambiente se encuentra totalmente afectado, en gran parte con desechos orgánicos e inorgánicos alimenticios, plásticos, metálicos, vidrio y papel entre otros, con la tendencia de abatir la contaminación y el daño ecológico que se está generando en el país.

1.4.3. SOCIAL:

Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.

1.4.4. ECONÓMICO:

Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.

Por la razón expuesta se considera justificada la realización de este trabajo de investigación que de seguro aportará en el avance tecnológico en nuestro país.

1.5. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los beneficios del diseño y automatización de una planta de extrusión de plástico reciclado utilizando PLC Micrologix 1100 de Allen-Bradley

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el proceso y las variables a controlar en la Automatización de una Extrusora de plástico.
- Elaborar un diseño del proceso de Extrusión de Plástico.
- Elegir un PLC de acuerdo a su estructura, tipos de comunicación, software utilizado, hardware, para una correcta automatización.





CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Después de haber realizado una exhaustiva investigación sobre los antecedentes que se relacionan con el presente proyecto, se encontró el trabajo realizado por Jorge Andrez Cortez Munoz, Titulado: “Diseño y Automatización de una Máquina Extrusora para el reciclaje de plástico” con el uso de la mecatrónica, el cual tuvo como objetivo general Aplicar el Diseño y automatización de máquina extrusora para reciclaje plástico, llegando a las siguientes conclusiones: La metodología de diseño mecatrónico en una de sus etapas más importantes, la selección de conceptos, permitió desarrollar el mejor concepto.

- El sistema de alimentación y dosificación generados por el tornillo sin fin, son la pauta para obtener un producto de excelente calidad.
- El proceso de extrusión es un proceso sencillo el cual contribuye de manera admirable con el medio ambiente.
- En la extrusora se implementaron los sensores apropiados permitiendo así tomar decisiones para la aplicación destinada.
- Tanto el diseño eléctrico, electrónico y mecánico culminaron satisfactoriamente. Dándose la oportunidad por parte de la empresa se realizó el ensamble de la máquina, se puso en marcha y se hicieron las pruebas pertinentes obteniendo resultados positivos.

Como podemos observar con la aplicación de la automatización se obtuvo un mejor concepto de diseño del proceso de Inyección. ¹

¹ CORTÉS, Jorge (2008).

2.2 SUSTENTO TEÓRICO

2.2.1 EL PLC MICROLOGIX 1100 DE ALLEN-BRADLEY

El PLC es un equipo electrónico programable diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial procesos secuenciales. Trabaja sobre la base de información recibida por los sensores y programa lógico interno, actuando sobre accionadores de la instalación, haciendo de la automatización una herramienta esencial para la industria.

El PLC es capaz de identificar; a este último ejemplo pueden pertenecer sensores eléctricos o electrónicos como manómetros, diferenciadores de presión, tacómetros, termostatos, pirómetros, sensores de luz, normal o infrarroja, sensores de humedad, de humo y fuego, de nivel, de sonido o ruido, o ultrasónicos, encoders, etc.

Las automatizaciones pueden ser tan complejas como un SCADA o sencillas con lógica cableada. Y es que con ello se logra control y ejecución de acciones automática sin intervención del operador; agiliza procesos, aumenta eficiencia y costos bajos.

Además, se confía en la continuidad de servicio. La estructura básica de un PLC es alimentación eléctrica, CPU, interfases de entrada e interfases de salida.

Se tienen cinco tipos de programación que son:

- a. Gráfico secuencial de funciones
- b. Lista de instrucciones
- c. Texto estructurado
- d. Diagrama de contactos
- e. Diagrama de flujo

El PLC MICROLOGIX 1100 DE ALLEN-BRADLEY, es una de las familias de PLCs más utilizados hoy en día para obtener una solución de controlador lógico programable pequeña y reconocida.

Los controladores MicroLogix 1100 y 1400 aumentan la cobertura de la aplicación con comunicaciones de red con características mejoradas a un precio asequible.

2.2.1.1 CARACTERÍSTICAS

Cinco niveles de control, disponibles que proporcionan una amplia variedad de características para adaptarse a la mayoría de las aplicaciones

Ofrece funcionalidad similar a los SLC y PLC tradicionales en un factor de formato compacto más pequeño.²

2.2.1.2 FUNCIONES BÁSICAS DE UN PLC

El autómata programable debe realizar multitud de funciones y muchas de ellas simultáneamente, las funciones más clásicas son:

- **Detección:** Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema automatizado.
- **Mando:** Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- **Diálogo hombre-máquina (Human Machine Interface):** Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.
- **Programación:** Para introducir, elaborar y cambiar el programa de

² <http://ab.rockwellautomation.com/es/programmable-controllers/micrologix-systems>

aplicación del autómeta. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la máquina (on-line).

2.2.1.3 NUEVAS FUNCIONES

En los últimos años, en el campo de la automatización industrial se ha incorporado toda una gama de nuevas funcionalidades.

- **Redes de comunicación:** Permiten establecer comunicaciones con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómetas a tiempo real.
- **Sistemas de supervisión:** Permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.
- **Control de procesos continuos:** Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómetas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómeta.
- **Entradas/salidas distribuidas:** Los módulos de entrada/salida no tienen porqué estar en el armario del autómeta, pueden estar distribuidos por la instalación. Se comunican con la unidad central del autómeta mediante un cable de red.
- **Buses de campo:** Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómeta consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el

estado de los accionadores.

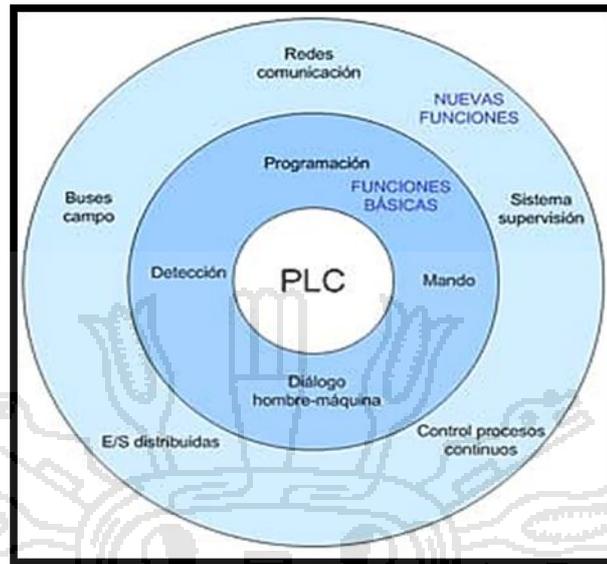


Figura 1 Funciones del PLC

2.2.1.4 ESTRUCTURAS

Este apartado está dedicado a conocer al autómatas en su parte física o hardware, no sólo en su configuración externa, sino también y fundamentalmente en la parte interna.

El autómatas está compuesto de diferentes elementos como CPU, fuente de alimentación, memoria, E/S, etc. que están colocados de diferente forma y modo según la estructura externa del autómatas.

A.- ESTRUCTURA EXTERNA

El término estructura externa o configuración externa de un autómatas programable industrial se refiere al aspecto físico exterior del mismo, es decir, bloques o elementos en que está dividido.

Actualmente son tres las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- Estructura compacta.
- Estructura semimodular. (Estructura Americana)

- Estructura modular. (Estructura Europea)

B.- ESTRUCTURA INTERNA

En este apartado vamos a profundizar en la estructura interna de cada uno de los diferentes elementos que componen el autómata, sus funciones y su funcionamiento.

El autómata está constituido por diferentes elementos, pero tres son los básicos (figura 2):

- Unidad de control o CPU
- Elementos de entrada y salidas
- Unidad de memoria

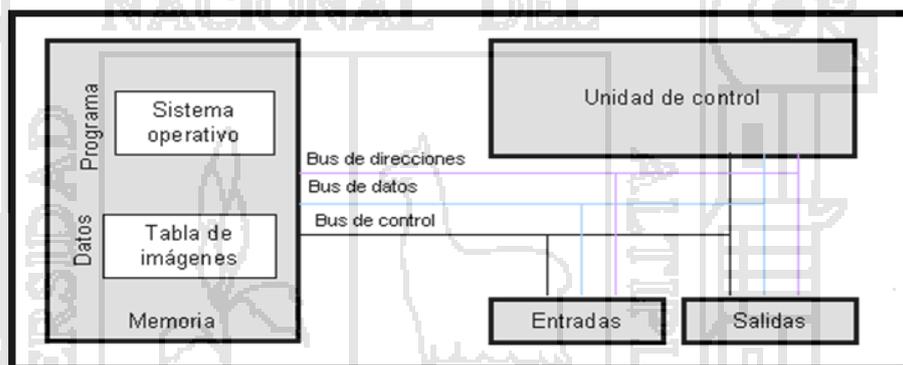


Figura 2: Arquitectura básica de un autómata programable

El medio físico a través del cual el procesador se comunica con el resto de elementos del sistema son los buses de comunicación. Normalmente existen tres tipos:

- **Bus de direcciones:** el procesador envía la dirección del elemento al cual quiere enviar o que le envíe información.
- **Bus de datos:** es por donde todos los elementos enviarán los datos.
- **Bus de control:** es aquel mediante el cual el procesador explica que operación se está efectuando.

Con las partes mencionadas podemos decir que tenemos un autómata pero para que sea operativo son necesarios otros elementos:

- Fuente de alimentación
- Interfaces
- La unidad o consola de programación
- Los dispositivos periféricos

B.1.- CPU (CENTRAL PROCESING UNIT)

La CPU (Central Procesing Unit) es la parte inteligente del autómata. Interpreta las instrucciones del programa de usuario de forma secuencial y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas. La capacidad de cálculo y la velocidad de procesamiento dependen del número y tipos de procesadores que tenga. La mayor parte de los autómatas tienen una CPU con un solo procesador, pero cada vez hay más, que tienen las funciones descentralizadas entre varios procesadores normalmente diferentes.

La CPU está constituida por los siguientes elementos:

- Procesador
- Memoria monitor del sistema
- Circuitos auxiliares

B.1.1.- PROCESADOR

El microprocesador es un circuito integrado (chip), que realiza una gran cantidad de operaciones, que podemos agrupar en:

- Operaciones de tipo lógico.
- Operaciones de tipo aritmético.
- Operaciones de control de la transferencia de la información dentro del autómata.

B.1.2.- MEMORIA MONITOR DEL SISTEMA

En la memoria ROM del sistema (memoria de solo lectura), el fabricante ha grabado una serie de programas ejecutivos, software del sistema y es a estos programas a los que accederá el microprocesador para realizar las funciones. Estas funciones se realizan en determinados tiempos de cada ciclo y son:

- **Vigilar** que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda de un determinado tiempo máximo. A esta función se le denomina Watchdog.
- **Ejecutar** el programa usuario de forma secuencial.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- **Renovar** el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas, obtenida al final del ciclo de ejecución del programa usuario.
- **Chequeo** del sistema: inicialización tras puesta en tensión o reset, rutinas de test y de respuesta a error de funcionamiento.

B.2.- ENTRADAS Y SALIDAS

Hay dos tipos de entradas o salidas según el tipo de señal que gestionan:

- Digitales o binarias, las normales del autómata
- Analógicas

Las entradas o salidas pueden clasificarse también según su conexión:

- **Locales:** Dentro del mismo armario del autómata, sin utilizar el procesador de comunicaciones. Así pueden ser compactas (conexión por bus interno) o modulares (conexión por bus de expansión).
- **Remotas:** En armarios remotos, utilizando procesadores de comunicaciones. En este caso también pueden ser compactas (conexión a CPU por bus local) o

modulares (bus local + bus de expansión).

B.2.1 ENTRADAS DIGITALES

Los módulos de entrada digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo cuando por una vía llegan 24 V. se interpreta como un "1" y cuando llegan 0 V. se interpreta como un "0".

B.2.2 ENTRADAS ANALÓGICAS

Lo que realiza es una conversión A/D (analógico/digital), puesto que el autómata solo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits: 8 -10 bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo de muestreo). Es decir, la magnitud analógica se convierte en un número que se deposita en una variable interna del tipo palabra del autómata.

El proceso de adquisición de la señal analógica consta de varias etapas:

- Filtrado
- Conversión A/D
- Memoria interna

B.2.3 SALIDAS DIGITALES

Existen dos tipos de salidas digitales:

- **Módulos electromecánicos:** los elementos que conmutan son contactos de relés internos al módulo. Pueden usarse tanto para corriente alterna como continua. Las salidas a relé son libres de tensión y ésta debe provenir de una fuente de alimentación (interna o externa al autómata) conectada al común del contacto. Es el tipo de salidas que se utilizarán en las prácticas.
- **Módulos de salida estáticos (bornero):** los elementos que conmutan son componentes electrónicos como transistores (corriente continua, 24 V.CC) o

triacs (corriente alterna, 110V.CA).

El proceso de envío de la señal digital consta de varias etapas:

- Puesta en forma
- Aislamiento
- Circuito de mando (relé interno)
- Protección electrónica
- Tratamiento cortocircuitos

B.2.4 SALIDAS ANALÓGICAS

Lo que realiza es una conversión D/A (digital/analógica), puesto que el autómata solo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo muestreo). La precisión suele ir desde los 12 a los 14 bits.

B.3 MEMORIA

La memoria es el almacén donde el autómata guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control, tiene dos partes diferenciadas: la correspondiente a los datos del proceso y la que corresponde al programa. En la mayoría de los casos existe una configuración base de memoria a la que se puede añadir, hasta ciertos límites, capacidad en función de las necesidades.

B.3.1 DATOS DEL PROCESO:

En un autómata programable, la memoria interna es aquella que almacena el estado de las variables que maneja el autómata: entradas, salidas, contadores, relés internos, señales de estado, etc.

La clasificación de la memoria interna no se realiza atendiendo a sus características de

lectura y escritura, sino por el tipo de variables que almacena y el número de bits que ocupa la variable.

Las variables contenidas en la memoria interna, pueden ser consultadas y modificadas continuamente por el programa, cualquier número de veces. Esta actualización continua de los datos obliga a construir la memoria con dispositivos RAM. Y son:

- Variables internas, de bit y de palabra.
- Datos alfanuméricos y constantes.

B.3.2 DATOS DE CONTROL:

Parte variable o memoria de programa: instrucciones de usuario (programa).

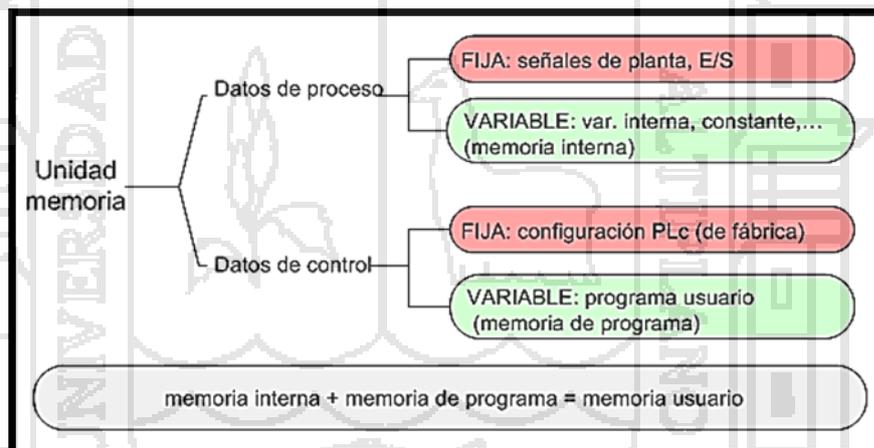


Figura 3: Distribución de la memoria en el autómata

C.- FUENTE DE ALIMENTACIÓN:

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema.

La alimentación a la CPU puede ser de continua a 24 V.CC (nuestro caso), tensión muy frecuente en cuadros de distribución, o en alterna a 110/220 V.CA. En cualquier

caso es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno.

D.- INTERFACES:

En el control de un proceso automatizado, es imprescindible un diálogo entre operador- máquina junto con una comunicación entre la máquina y el autómeta, estas comunicaciones se establecerán por medio del conjunto de entradas y salidas del citado elemento.

E.- UNIDAD DE PROGRAMACIÓN:

Es el conjunto de medios hardware y software mediante los cuales el programador introduce y depura las secuencias de instrucciones (en uno u otro lenguaje) que constituyen el programa a ejecutar. Normalmente se usan los ordenadores personales con el software adecuado en cada caso.

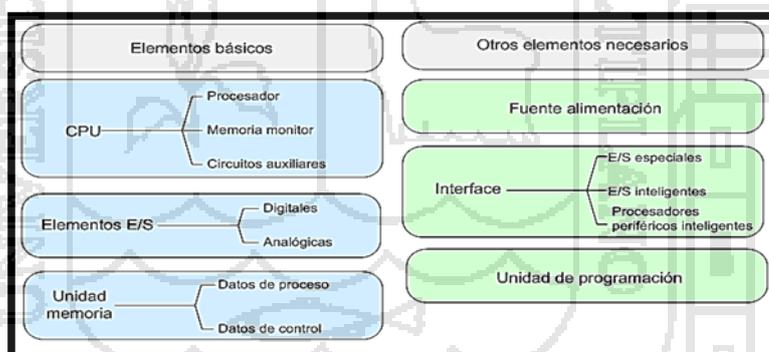


Figura 4: Resumen de la partes del PLC

F.- FUNCIONAMIENTO

Los autómetas programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación). Al detectarse cambios en las señales, el autómeta reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias.

Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso.

La secuencia básica de operación del autómatas se puede dividir en tres fases:

- Lectura de señales desde la interfaz de entradas.
- Procesado del programa para obtención de las señales de control.
- Escritura de señales en la interfaz de salidas.

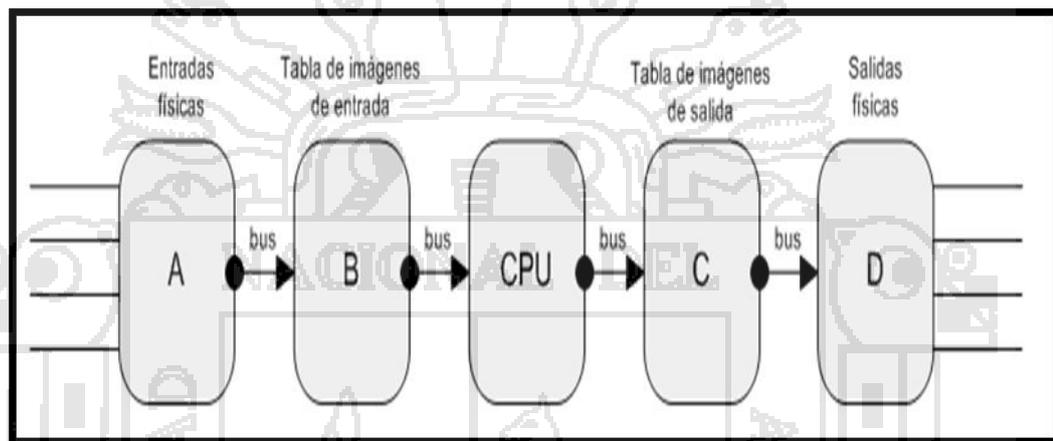


Figura 5 Secuencia básica de operación del autómatas

2.2.2 PLANTA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO

Es la que se encarga del proceso de extrusión, actúa de dos formas: la extrusora actúa como una bomba, proporcionando la presión necesaria para hacer pasar al polímero a través de la boquilla y en otras ocasiones extruye los materiales sólidos. Para el caso más corriente de la extrusión de un polímero inicialmente sólido se funde en el proceso, y realiza las seis funciones principales:

- Transporte del material sólido hacia la zona de fusión
- Fusión o plastificación del material
- Transporte o bombeo y presurización del fundido
- Mezclado

- Desgasificado
- Conformado

2.2.2.1 DATOS SOBRE RESIDUOS PLÁSTICOS

TABLA N°1: Utilización de plástico en la sociedad

FUENTE	Instalaciones, actividades o localización donde se generan
Doméstica	Viviendas aisladas y bloques de baja, mediana y elevada altura, etc., unifamiliares y multifamiliares.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, moteles, imprentas, gasolineras, talleres mecánicos, etc.
Institucional	Escuelas, hospitales, cárceles, centros gubernamentales.
Servicios municipales (excluyendo plantas de tratamiento)	Limpieza de calles, parques y playas, otras zonas de recreo.
Residuos Sólidos Urbanos	Todos los citados.
Industrial	Construcción, fabricación ligera y pesada, refinarias, plantas químicas, centrales térmicas, demolición.
Agrícolas	Cosecha de campo, árboles frutales, viñedos, ganadería intensiva, granjas, invernaderos, etc.

FUENTE: Ingenieros Ambientales. PLANTA DE RECICLAJE DE PLÁSTICO. 2009

TABLA N° 2: Datos típicos sobre la distribución de los residuos sólidos generados por las mayores industrias, excluyendo materiales reciclados.

Industrias	Plásticos en sus operaciones Rango (% peso)
Comida y productos asociados	0-5
Productos de fábricas de tejidos	3-10
Ropa y otros productos elaborados	0-2
Madera y productos de madera	0-2
Muebles, madera	0-2
Muebles metal	0-2
Papel y productos asociados	0-2
Impresión y edición	0-2
Productos químicos y productos relacionados	5-15
Refinería de petróleo e industrias relacionadas	10-20
Goma y diversos productos plásticos	10-20
Cuero y productos de cuero	0-2
Productos de piedra, arcilla y vidrio	0-2
Industrias primarias de metal	2-10
Productos fabricados de metal	0-2
Maquinaria (no eléctrica)	1-5
Eléctrica	2-5
Equipamiento de transporte	2-5
Instrumentos de utilización profesional y científica	5-10
Fabricación miscelánea	5-15

FUENTE: Ingenieros Ambientales. PLANTA DE RECICLAJE DE PLÁSTICO. 2009

2.2.2.2 TIPOS Y APLICACIONES DE LOS PLÁSTICOS.

Existe una gran variedad de plásticos con diferentes características y aplicaciones, unos son rígidos y otros flexibles, los hay transparentes y opacos, muy resistentes al desgaste y poco resistentes, etc. Pero todos ellos tienen una serie de características en común: son ligeros, resistentes a los productos químicos y sobre todo son buenos aislantes del calor y la electricidad.

Aunque hay muchas clases diferentes de plásticos, solo hay dos grupos principales:

- Los TERMOPLÁSTICOS.
- Los PLÁSTICOS TERMOESTABLES.

A.- TERMOPLÁSTICOS.

Se caracterizan porque se ablandan al calentarse y pueden ser moldeados para darles distintas formas, sabiendo que al enfriarse volverán a endurecerse manteniendo sus características iniciales.

Al calentarse, a las moléculas se les da la energía necesaria para que se separen, y esto les da libertad para cambiar su posición relativa y dar lugar a una nueva forma cuando están bajo presión.

Este proceso de ablandamiento y endurecimiento puede volverse a repetir una y otra vez sin que el material modifique su aspecto o sus propiedades.

Algunos ejemplos de termoplásticos:

A.1.- POLIETILENO

Los polietilenos se presentan en dos modalidades, de alta y de baja densidad.

Los POLIETILENOS DE ALTA DENSIDAD (HDPE) se hacen de tal forma que las cadenas de polímero son rectas, lo que permite que están apiñadas, produciendo un material de alta densidad. Al estar las cadenas muy juntas las fuerzas de atracción entre ellas son muy grandes y tienen menos libertad para moverse.

El resultado es un plástico bastante rígido, fuerte y resistente. Se ablanda a una temperatura bastante alta (120 – 130 °C) y es resistente al ataque químico.

Aplicaciones: Cajas, juguetes, tuberías botellas....

Los POLIETILENOS DE BAJA DENSIDAD se fabrican mediante un proceso que produce en las cadenas del polímero bifurcaciones laterales. Estas bifurcaciones impiden que las cadenas se apiñen, y como consecuencia la atracción entre ellas es más débil. El plástico es más blando y más flexible que el polietileno de alta densidad. Hace falta menos energía para separar las cadenas, lo que se traduce en que se ablanda a una temperatura inferior (85 °C).

B.- PLÁSTICOS TERMOESTABLES.

Se comportan de forma muy diferente a los termoplásticos. Al calentarlos por primera vez el polímero se ablanda y se le puede dar forma bajo presión. Sin embargo, debido al calor, comienza una reacción química en la que las moléculas se enlazan permanentemente. Esta reacción se conoce con el nombre de degradación. Como consecuencia el polímero se hace rígido permanentemente y si se calienta no se ablandará sino que se destruirá.

Algunos ejemplos de termoestables:

- **BAQUELITA (resinas fenólicas)**
- **MELAMINA (FORMALDEHÍDO)**
- **POLIÉSTER**

2.2.2.3 PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN CON PLÁSTICOS.

Los productos plásticos se fabrican de diferente manera según la forma de la materia prima utilizada (en grano, polvos o resina).

Normalmente se añaden otras sustancias que les proporcionan nuevas características, como la opacidad, el color o una mayor consistencia.

2.2.2.4 EXTRUSIÓN

En este tema se profundiza en el procesado de termoplásticos mediante extrusión. En primer lugar se realiza una descripción general del proceso y se describen las principales partes de la máquina así como las especificaciones de diseño. En el tercer apartado se explican con detalle las diferentes funciones que puede realizar una extrusora (transporte de sólidos, fusión, transporte del fundido, mezclado, venteo y conformado). A continuación se propone un modelo simplificado pero de gran utilidad desde el punto de vista práctico, que relaciona el caudal de material extruido con las condiciones de operación, las características de diseño del tornillo y la boquilla, y la viscosidad del material extruido. Para finalizar se describen las principales líneas completas de extrusión que se encuentran en la industria.

En una definición amplia el proceso de extrusión hace referencia a cualquier operación de transformación en la que un material fundido es forzado a atravesar una boquilla para producir un artículo de sección transversal

constante y, en principio, longitud indefinida. Además de los plásticos, muchos otros materiales se procesan mediante extrusión, como los metales, cerámicas o alimentos, obteniéndose productos muy variados como son marcos de ventanas de aluminio o PVC, tuberías, pastas alimenticias, etc. Desde el punto de vista de los plásticos, la extrusión es claramente uno de los procesos más importantes de transformación. El proceso de extrusión de plásticos se lleva a cabo en máquinas denominadas extrusoras o extrusores. Aunque existen extrusoras de diversos tipos, las más utilizadas son las de tornillo o de husillo simple, por lo que haremos referencia a ellas continuamente.

En el proceso de extrusión, por lo general, el polímero se alimenta en forma sólida y sale de la extrusora en estado fundido. En algunas ocasiones el polímero se puede alimentar fundido, procedente de un reactor. En este caso la extrusora actúa como una bomba, proporcionando la presión necesaria para hacer pasar al polímero a través de la boquilla. En otras ocasiones se extruyen los materiales sólidos, como es el caso del procesado de fibras en el que se requieren elevadas orientaciones en el material.

Para el caso más corriente de la extrusión de un polímero inicialmente sólido que funde en el proceso, la extrusora, y en concreto una de husillo único, puede realizar seis funciones principales:

- Transporte del material sólido hacia la zona de fusión
- Fusión o plastificación del material
- Transporte o bombeo y presurización del fundido
- Mezclado
- Desgasificado

- Conformado

Debe tenerse en cuenta que no todas las funciones anteriores tienen lugar necesariamente durante la operación de todas y cada una de las extrusoras. Por ejemplo, el desgasificado o venteo únicamente se produce en las máquinas preparadas para ello. Por otra parte, el conformado no tiene porque ser definitivo; en muchas ocasiones el producto obtenido adquiere su forma final en un proceso secundario puesto que las extrusoras se emplean con frecuencia para mezclar los componentes de formulaciones que se procesarán posteriormente mediante otras técnicas o bien para obtener preformas que serán procesadas mediante soplado o termoconformado.

De acuerdo con las misiones que debe cumplir, una extrusora debe disponer de un sistema de alimentación del material, un sistema de fusión- plastificación del mismo, el sistema de bombeo y presurización, que habitualmente generará también un efecto de mezclado y finalmente, el dispositivo para dar lugar al conformado del material fundido. La figura 6 muestra, como ejemplo, una representación esquemática de una extrusora típica de husillo único.

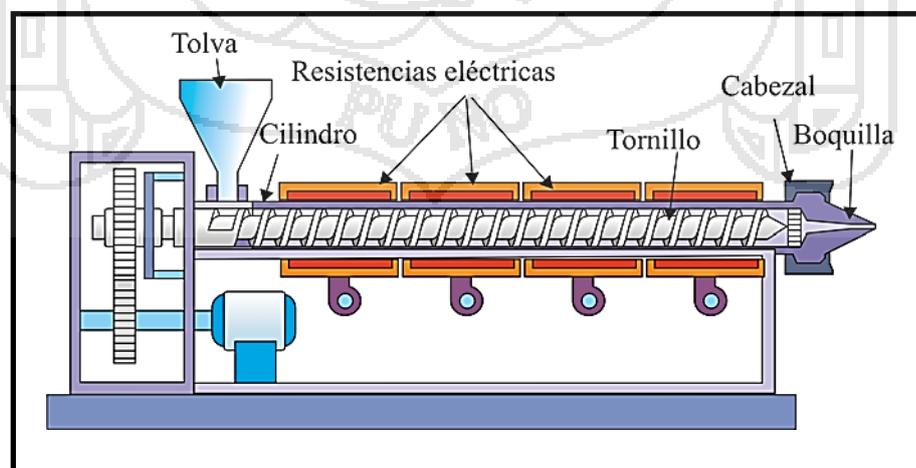


Figura 6: Representación esquemática de una extrusora de husillo sencillo.

Como puede apreciarse el sistema de alimentación más habitual es una tolva, en la que el material a procesar se alimenta en forma de polvo o granza. El dispositivo de fusión-plastificación, bombeo y mezclado está constituido por un tornillo de Arquímedes que gira en el interior de un cilindro calentado, generalmente mediante resistencias eléctricas.

En la parte del cilindro más alejada de la tolva de alimentación se acopla un cabezal cuya boquilla de salida tiene el diseño adecuado para que tenga lugar el conformado del producto. La parte esencial de la máquina es el sistema cilindro-tornillo que, como consecuencia del giro, compacta el alimento sólido, da lugar a la fusión del material y lo transporta hacia la boquilla de conformado, produciendo al mismo tiempo la presurización y el mezclado del material.

Todas las extrusoras se consideran divididas en tres zonas que se pueden apreciar en la figura 7, junto con la evolución de la presión a lo largo de la extrusora. La zona de alimentación es la más cercana a la tolva, en la cual la profundidad del canal del tornillo es máxima.

Tiene como objetivo principal compactar el alimento en una forma sólida densa y transportarlo hacia la siguiente zona a una velocidad adecuada. La zona de transición o compresión es la zona intermedia en la cual la profundidad del canal disminuye de modo más o menos gradual. Conforme el material sólido va compactándose en esta zona el aire que pudiera quedar atrapado escapa del material vía la tolva de alimentación. En la zona de transición, además, tiene lugar la fusión del material. La zona de dosificado se sitúa al final, en la parte más cercana a la boquilla y tiene una profundidad de canal muy pequeña y constante. En esta zona el material fundido es homogeneizado y presurizado

para forzarlo a atravesar a presión la boquilla de conformado.

Hay que tener presente que esta asignación de funciones a cada una de las zonas de la extrusora no es estricta; por ejemplo, el transporte, presurización y homogeneización se producen a lo largo de toda la extrusora. Las extrusoras actuales pueden operar entre 10 y 500 rpm y según su tamaño, pueden proporcionar caudales de 2000 kg/h de material.

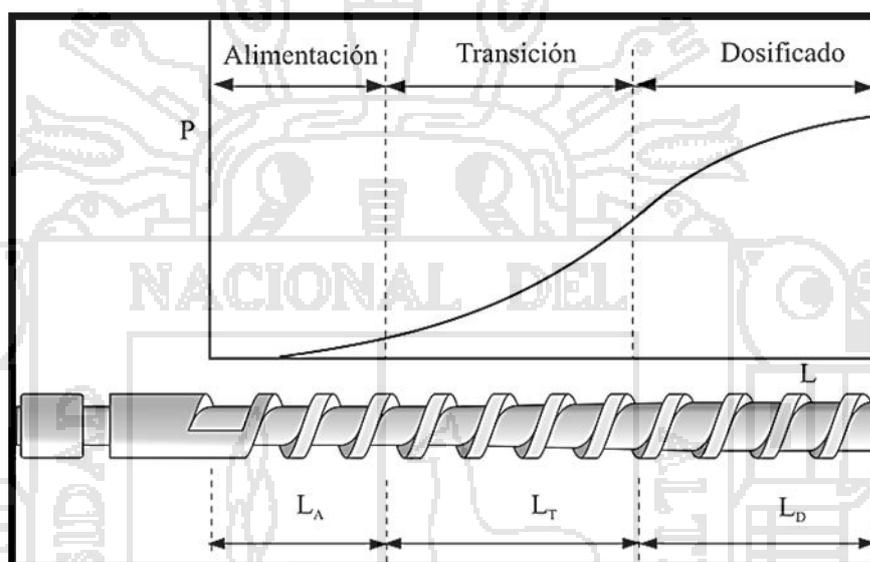


Figura 7: Zonas de una extrusora y evolución de la presión a lo largo de las mismas.

2.2.2.4.1 COMPONENTES DE LA EXTRUSORA

A.- EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN

El tornillo o husillo consiste en un cilindro largo rodeado por un filete helicoidal (figura 8). El tornillo es una de las partes más importantes ya que contribuye a realizar las funciones de transportar, calentar, fundir y mezclar el material. La estabilidad del proceso y la calidad del producto que se obtiene dependen en gran medida del diseño del tornillo. Los parámetros más importantes en el diseño del tornillo son su longitud (L), diámetro (D), el ángulo del filete (Θ) y el paso de rosca (w).

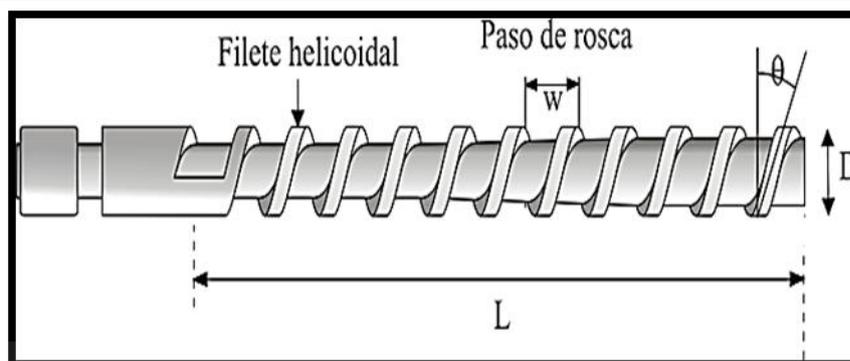


Figura 8 Tornillo de una extrusora.

El material se va presurizando a medida que avanza por el tornillo, comenzando con presión atmosférica en la tolva y aumentando hasta la salida por la boquilla. La sección de paso del tornillo no es constante, sino que es mayor en la zona de alimentación (mayor profundidad de canal). Normalmente el tornillo no viene acompañado de ningún sistema de calentamiento o enfriamiento, aunque en algunos casos se emplean tornillos huecos por los que se hace circular un fluido refrigerante o calefactor.

Los materiales termoplásticos que se usan en el proceso de extrusión difieren notablemente entre sí. La elasticidad, calor específico, coeficiente de fricción, temperatura de fusión, viscosidad del fundido, etc., cubren un amplio rango de valores, y puesto que todas estas propiedades tienen su importancia en el momento de diseñar el tornillo, es lógico que sea necesario utilizar diferentes tipos de tornillos para trabajar adecuadamente cada material. En la práctica es muy raro que un tornillo determinado sea adecuado para trabajar con materiales muy diversos; de hecho, cada tornillo se diseña o elige para trabajar con una determinada combinación boquilla/material.

B.- CILINDRO

El cilindro de calefacción alberga en su interior al tornillo como se muestra en la figura 9. La superficie del cilindro debe ser muy rugosa para aumentar las fuerzas de cizalla que soportará el material y permitir así que éste fluya a lo largo de la extrusora. Para evitar la corrosión y el desgaste mecánico, el cilindro suele construirse de aceros muy resistentes y en algunos casos viene equipado con un revestimiento bimetálico que le confiere una elevada resistencia, en la mayoría de los casos superior a la del tornillo, ya que éste es mucho más fácil de reemplazar.

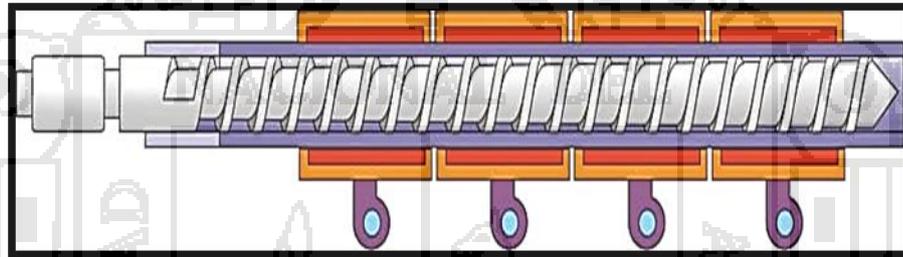


Figura 9: Sistema cilindro de calefacción-tornillos

El cilindro por lo general posee sistemas de transferencia de calor. El calentamiento se puede realizar mediante resistencias eléctricas circulares localizadas en toda su longitud como se muestra en la figura 9, y también, aunque es menos usual, mediante radiación o encamisado con fluidos refrigerantes o calefactores. El cilindro suele dividirse en varias zonas de calefacción, al menos tres, con control independiente en cada una de ellas, lo que permite conseguir un gradiente de temperatura razonable desde la tolva hasta la boquilla.

El cilindro debe enfriarse si como consecuencia de la generación interna de calor originada por la cizalla a la que se somete al plástico se rebasa la temperatura nominal del proceso (lo que ocurre normalmente). El enfriamiento en

la menor parte de las ocasiones se hace con líquidos, ya que aunque tengan una mayor capacidad para eliminar calor que el aire, la temperatura es más difícil de controlar.

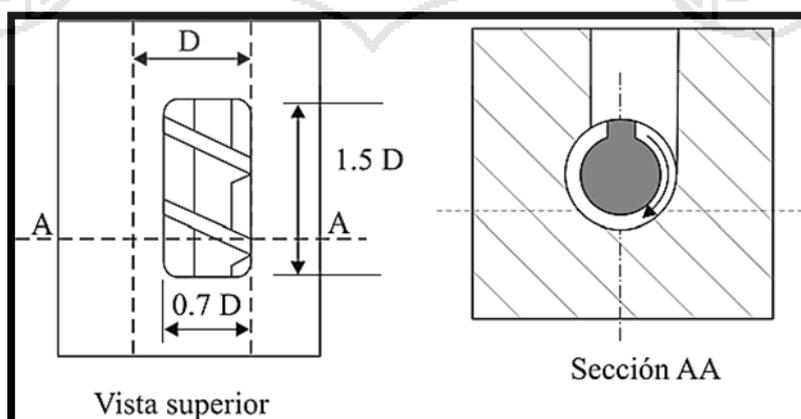
Normalmente se usan soplantes como las representadas en la figura 9. Hay que tener en cuenta que los sensores de control de temperatura quedan situados en el cilindro, por lo que la temperatura del material será siempre superior a la que indican los controles.

C.- GARGANTA DE ALIMENTACIÓN

El cilindro puede estar construido en dos partes, la primera se sitúa debajo de la tolva y se denomina garganta de alimentación. Suele estar provista de un sistema de refrigeración para mantener la temperatura de esta zona lo suficientemente baja para que las partículas de granza no se adhieran a las paredes internas de la extrusora.

La garganta de alimentación está conectada con la tolva a través de la boquilla de entrada o de alimentación. Esta boquilla suele tener una longitud de 1.5 veces el diámetro del cilindro y una anchura de 0.7 veces el mismo (figura 10), y suele estar desplazada del eje del tornillo para facilitar la caída del material a la máquina.

Figura 10: Garganta de alimentación.



D.- TOLVA

La tolva es el contenedor que se utiliza para introducir el material en la máquina. Tolva, garganta de alimentación y boquilla de entrada deben estar ensambladas perfectamente y diseñadas de manera que proporcionen un flujo constante de material. Esto se consigue más fácilmente con tolvas de sección circular, aunque son más caras y difíciles de construir que las de sección rectangular (ver figura 11). Se diseñan con un volumen que permita albergar material para 2 horas de trabajo.

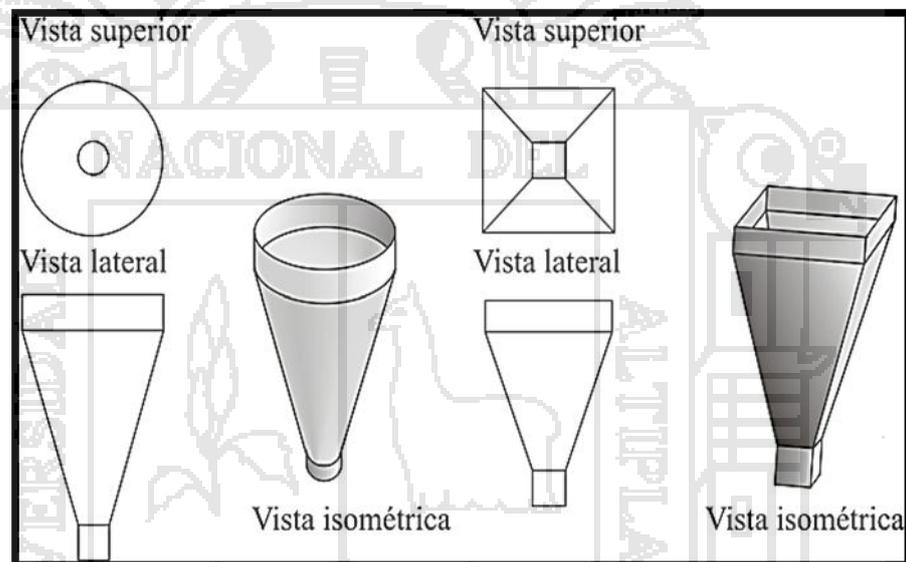


Figura 11: Tipos de tolvas.

En ocasiones para asegurar el flujo constante del material se usan dispositivos de vibración, agitadores e incluso tornillos del tipo del que se muestra en la figura 12.

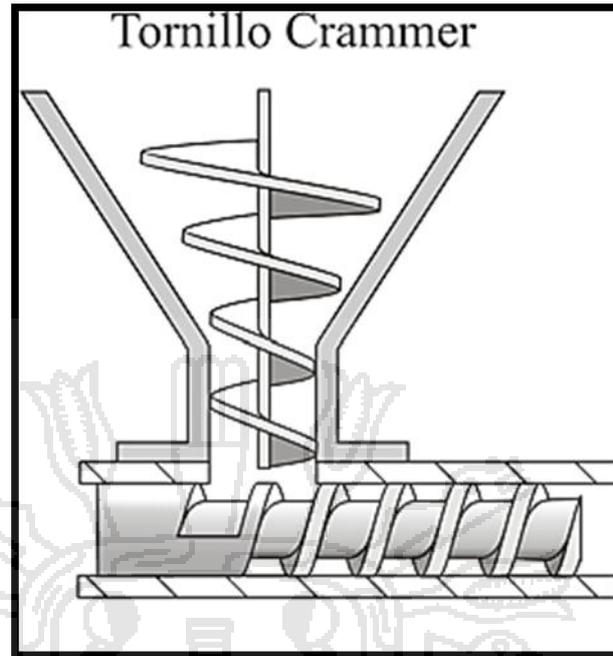


Figura 12: Ejemplo de un tornillo de alimentación.

E.- PLATO ROMPEDOR Y FILTROS

El plato rompedor se encuentra al final del cilindro. Se trata de un disco delgado de metal con agujeros, como se muestra en la figura 13. El propósito del plato es servir de soporte a un paquete de filtros cuyo fin principal es atrapar los contaminantes para que no salgan con el producto extruído. Los filtros además mejoran el mezclado y homogenizan el fundido. Los filtros van apilados delante del plato rompedor, primero se sitúan los de malla más ancha, reduciéndose el tamaño de malla progresivamente. Detrás se sitúa un último filtro también de malla ancha y finalmente el plato rompedor que soporta los filtros.

Conforme se ensucian las mallas es necesario sustituirlas para evitar una caída de presión excesiva y que disminuya la producción. Por ello, el diseño del plato debe ser tal que pueda ser reemplazado con facilidad.

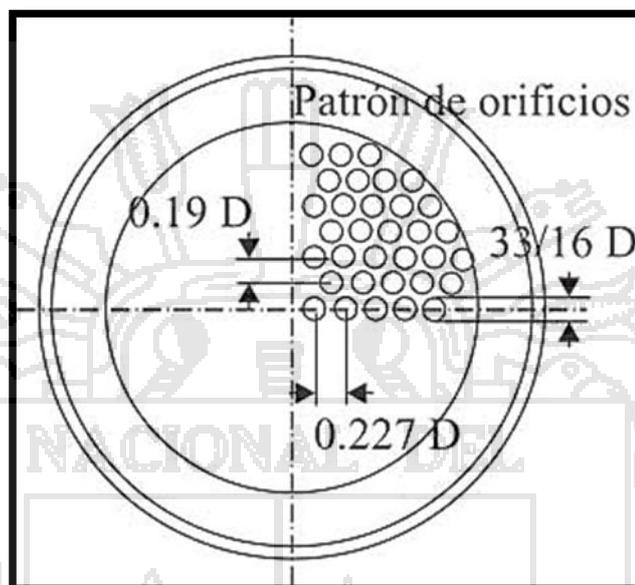


Figura 13: Plato rompedor.

F.- CABEZAL Y BOQUILLA

El cabezal es la pieza situada al final del cilindro, que se encuentra sujetando la boquilla y por lo general manteniendo el plato rompedor. Generalmente va atornillado al cilindro. El perfil interno del cabezal debe facilitar lo más posible el flujo del material hacia la boquilla. La figura 14 muestra un sistema cabezal-boquilla de forma anular. En la figura el material fluye del cilindro a la boquilla a través del torpedo, situado en el cabezal. La sección transversal de los soportes del torpedo se diseña para proporcionar el flujo de material a velocidad constante.

La función de la boquilla es la de moldear el plástico. Las boquillas se pueden clasificar por la forma del producto, teniendo así boquillas anulares como la mostrada en la figura 14 (por ejemplo, para la fabricación de tuberías o

recubrimientos de materiales cilíndricos), boquillas planas como la de la figura 15 (con las que se obtienen planchas y láminas), boquillas circulares (con las que se obtienen fibras y productos de forma cilíndrica), etc.

Se puede distinguir tres partes diferenciadas en todas las boquillas que se muestran en la figura 15 (corte de boquilla plana): la primera parte es el canal de entrada, luego el distribuidor y a continuación la zona de salida.

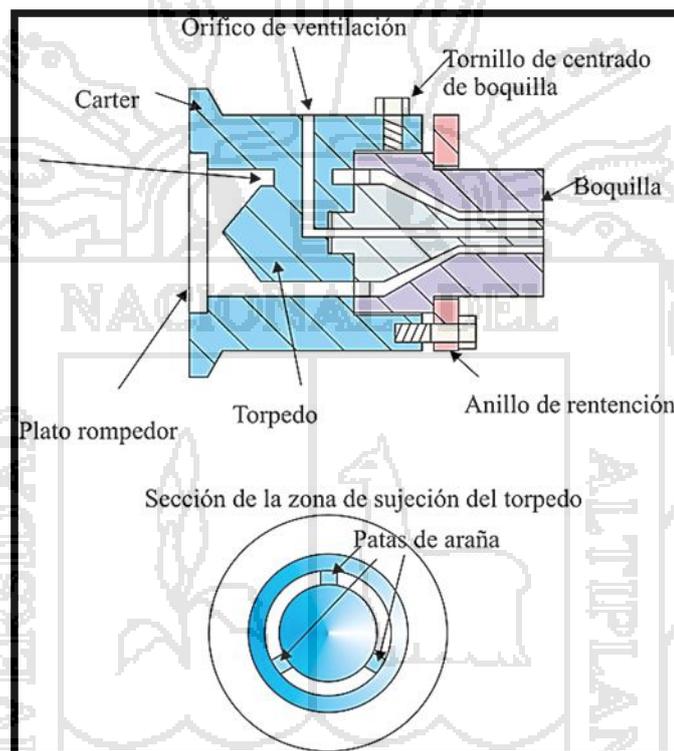


Figura 14: Boquilla anular y cabezal.

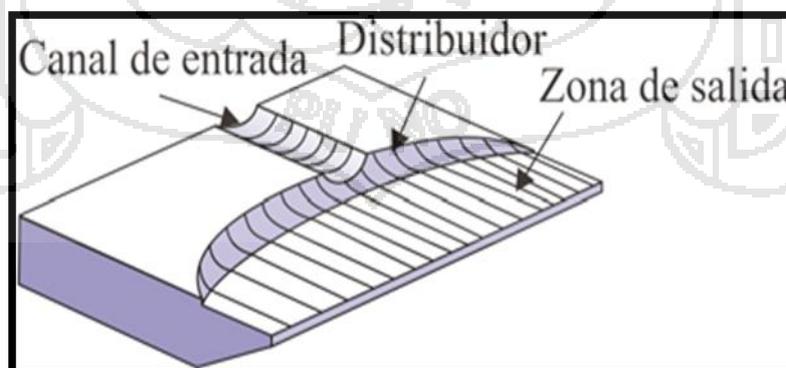


Figura 15: Partes diferenciadas en una boquilla de extrusión.

Las dimensiones de la boquilla no son exactamente las mismas que las del

producto extruído. Hay varias razones para ello: la recogida del material, el enfriamiento y el fenómeno de relajación contribuyen a que el material cambie de tamaño e incluso de forma; todas ellas serán discutidas posteriormente.

Excepto para las boquillas circulares es prácticamente imposible fabricar una boquilla en la que la geometría del canal sea tal que la boquilla puede ser empleada para un número amplio de materiales y de condiciones de operación. En cualquier caso el diseño de la boquilla debería tener en cuenta en la medida de lo posible una serie de consideraciones como son emplear radios amplios en todas las esquinas, evitar canales estrechos o pequeños y partes profundas.

2.2.2.5 MÉTODOS DE FABRICACIÓN

2.2.2.5.1 MOLDEO POR INYECCIÓN

Los gránulos se funden en el interior de un cilindro. La pasta formada es empujada por un émbolo o un tronillo para llenar el molde correspondiente a la pieza que se desea fabricar. Este molde consta de dos o más piezas que encajan una con otra formando un hueco con la forma de la pieza que queremos fabricar.

Se hace circular agua fría por el interior del molde para reducir el tiempo de enfriamiento de la pieza moldeada y después de un rato se puede abrir el molde y sacar la pieza moldeada.

A continuación podremos repetir el ciclo completo para formar otra pieza exactamente igual que la primera.

Este tipo de moldeo fabrica productos con dimensiones muy exactas y un acabado de primera calidad. La producción es rápida y el proceso ocasiona muy

pocos residuos.

De esta forma se fabrican una gran variedad de productos, como cubos de basura de pedal, cubiertos y recipientes de cocina, carcasas de electrodomésticos, secadoras, aspiradoras, etc., cubos y barreños, juguetes, etc.

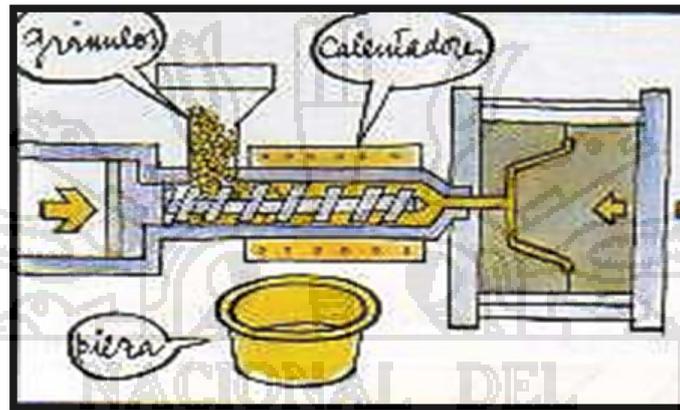


Figura 16 moldeo por inyección

2.2.2.5.2 MOLDEO POR EXTRUSIÓN

La pasta de gránulos fundidos es empujada por un tornillo y obligada a pasar por un troquel o molde de salida.

Este procedimiento se emplea para fabricar piezas “largas”, como tubos, rieles de cortinas, etc.

Según va saliendo por el troquel el producto se deja enfriar en agua templada o con chorros de aire templado. Entonces la extrusión, sin llegar a enfriarse del todo, se corta en trozos, o se enrosca, dependiendo del producto.

Este es el proceso que se usa en general con termoplásticos como el polietileno, PVC o nailon.

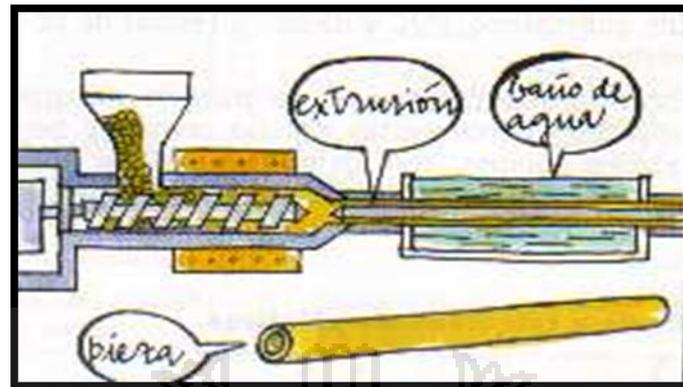


Figura 17 moldeo por extrusión

2.2.2.5.3 MOLDEO POR SOPLADO

Se usa como material base un tubo del material plástico extruído, y se insufla aire a presión en el tubo caliente.

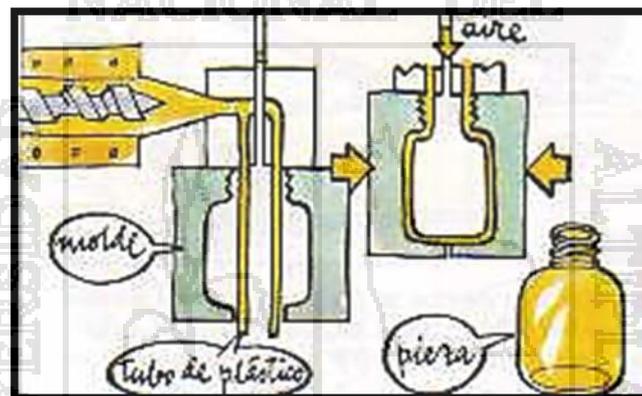


Figura 18 moldeo por soplado

El tubo de plástico se habrá colocado en el interior de un molde con lo que al insuflar el aire el plástico se dilata y toma la forma del molde. Después bastará con abrir el molde y sacar el producto.

El PVC, el polietileno y el polipropileno se moldean generalmente por soplado.

Una variante del moldeo por soplado es el MOLDEO POR VACÍO, que utiliza una lámina termoplástica caliente que se coloca sobre un molde. Se hace salir el aire que queda entre la lamina y el molde, con lo que la lámina se verá forzada a

tomar la forma del molde.

Después de un periodo de enfriamiento apropiado la pieza moldeada endurecida puede sacarse del molde.

De este modo se fabrican hueveras, cubiteras de hielo y otros muchos envases de alimentos. El acrílico, el poliestireno y el PVC son materiales que se conforman por vacío.

2.2.2.5.4 MOLDEO POR COMPRESIÓN

En este proceso se emplean fuerzas enormes para comprimir una cantidad determinada de polímero dándole forma entre los moldes calientes.

El polímero que se usa como materia base esta en forma de polvo.

Este tipo de moldeo por compresión se utiliza para los plásticos termoestables.

El calor del molde inicia la reacción química conocida como degradación. Después de un periodo de tiempo corto, conocido como “tiempo de curado”, la degradación ha concluido y podremos abrir el molde y sacar la pieza moldeada.

Estas piezas tienen un acabado de primera calidad, y hay que rematar su fabricación quitándoles la rebaba que queda en la zona de unión de los dos moldes.

De este modo se fabrican accesorios eléctricos como clavijas y enchufes, mangos de cazos y cubiertos, asientos de inodoros, etc.

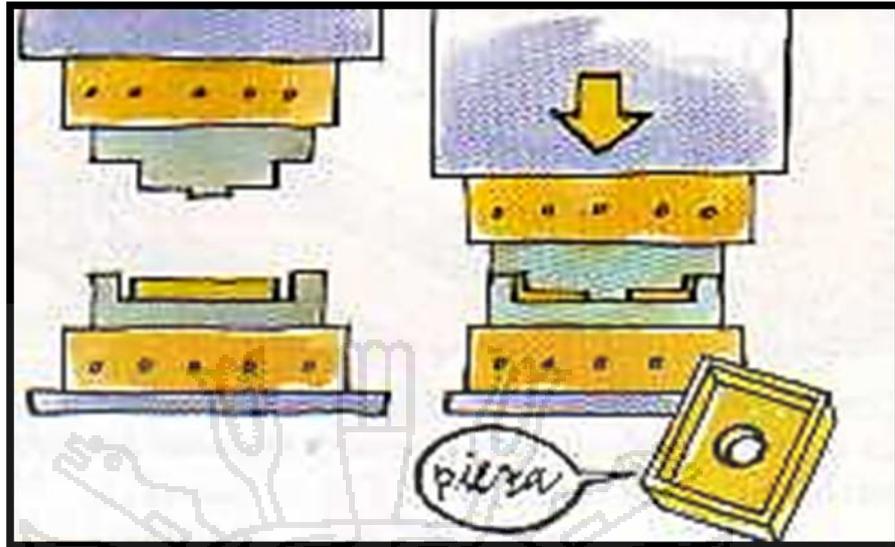


Figura 19 moldeo por compresión

2.2.2.6 ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA

Diámetro del cilindro (D): Es representativo del tamaño de la extrusora y afecta en gran medida a la velocidad de flujo. Como deduciremos más adelante, el caudal de material que proporciona la extrusora es proporcional al cuadrado del diámetro del tornillo. La mayoría de las extrusoras tiene diámetros comprendidos entre 2 y 90 cm.

Relación longitud/diámetro (L/D): Para un diámetro de tornillo dado, la capacidad para fundir, mezclar y homogeneizar a una velocidad de giro del tornillo determinada aumenta al aumentar la longitud del tornillo, y por tanto la relación L/D. Sin embargo tornillos excesivamente largo son difíciles de construir y alinear dentro del cilindro, de modo que no resultan operativos. La relación L/D típica para la extrusión de polímeros termoplásticos varía generalmente entre 20:1 y 30:1.

Relación de compresión: Una definición exacta de este parámetro es “la relación volumétrica de las vueltas del filete en las zonas de alimentación y de dosificado”. Se suele expresar, sin embargo, en términos de la relación de profundidades del canal en ambas zonas, una aproximación que es únicamente válida si el ángulo de los filetes y la anchura del canal se mantienen constantes. Las relaciones de compresión típicas oscilan entre 2.0 y 4.0. Una zona de dosificado de pequeña profundidad (alta relación de compresión) impone mayor velocidad de cizalla sobre el fundido (para una velocidad de tornillo dada), y se asocia también con un gradiente de presión mayor.

Configuración del tornillo: es un aspecto de gran importancia. La elección definitiva del número y del diseño geométrico de las zonas del tornillo es un proceso complejo. Esta decisión depende no solo del diseño de la boquilla y de las velocidades de flujo esperadas, sino también de las características de fusión del polímero, de su comportamiento reológico y de la velocidad del tornillo. Un tornillo simple, de tres zonas, se define usualmente según el número de vueltas de hélice en las zonas de alimentación, compresión y dosificado. Un ejemplo de diferentes configuraciones de tornillo se muestra en la figura 20.

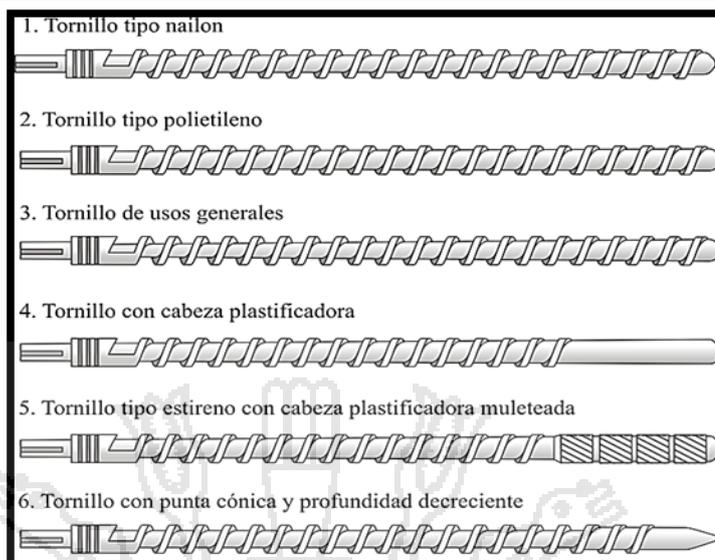


Figura 20 : Ejemplo de tornillos para diferentes fines.

2.2.2.7 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA EXTRUSORA

En este apartado se describen los mecanismos por los que tienen lugar las seis funciones que puede realizar una extrusora; transporte de sólidos, fusión, transporte del fundido, mezclado, desgasificado y conformado.

2.2.2.7.1 TRANSPORTE DE SÓLIDOS (ZONA DE ALIMENTACIÓN)

El material sólido que se alimenta a una extrusora, se transporta en dos regiones que estudiaremos separadamente: en la tolva de alimentación y en la propia extrusora.

2.2.2.7.2 TRANSPORTE DE SÓLIDOS EN LA TOLVA

El transporte de sólidos en la tolva es, en general, un flujo por gravedad de las partículas; el material se mueve hacia la parte inferior de la tolva por acción de su propio peso. Se puede dar un **flujo en masa** como se representa en la figura 21, en el que no hay regiones estancadas y todo el material se mueve hacia la salida, o bien **flujo tipo embudo** en el que el material más cercano a las paredes

de la tolva queda estancado. Lógicamente el flujo en masa es preferido sobre el flujo tipo embudo. Algunos materiales que tienen un flujo muy deficiente en estado sólido pueden quedar atascados en la garganta de entrada a la extrusora, dando lugar a un problema denominado formación de “puente” o “arco”.

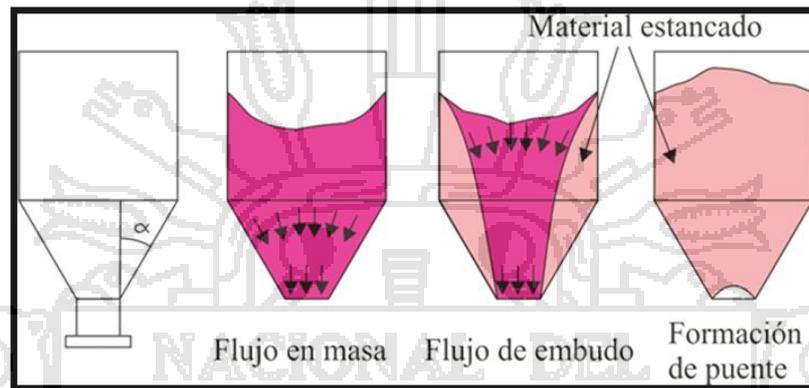


Figura 21 Flujo del material en una tolva de alimentación.

Tanto las características del material como el diseño de la tolva influyen sobre el transporte de sólidos en esta parte de la máquina. Es mejor una tolva con sección circular que una tolva con sección cuadrada o rectangular (figura 13), ya que la compresión a que está sometido el material será diferente en algunas zonas dependiendo de la forma de la tolva. Las tolvas de sección circular ejercen una compresión gradual sobre el material mientras que las de sección cuadrada ejercen una compresión poco uniforme, pudiendo provocar que el material se detenga. Además, pueden tomarse precauciones como añadir un sistema vibratorio que ayude a eliminar el puente formado o incorporar agitadores para evitar que el material se deposite y consolide (figura 14).

Las características del material que influyen en el transporte del sólido en la tolva, son:

- **Densidad aparente:** es la densidad del material incluyendo el aire que hay entre sus partículas. Lógicamente, la densidad aparente del material siempre será inferior a la densidad real. Si la densidad aparente del material es excesivamente baja (no superior al 20 o 30% de la densidad real), el material dará problemas de fluidez puesto que para obtener un determinado caudal se necesitará alimentar un gran volumen de material. Resulta más fácil manipular materiales con una densidad aparente que no sea demasiado baja (alrededor del 60% de la densidad real).
- **Compresibilidad:** es el aumento que se produce en la densidad aparente de un plástico al presionarlo. Interesan materiales con factor de compresibilidad bajo, es decir que sufran un cambio pequeño en su densidad aparente al aplicarles presión.
- **Coefficiente de fricción:** se puede distinguir entre el coeficiente de fricción interno, que es la fricción existente entre las propias partículas del polímero, y el coeficiente de fricción externo, que es la fricción existente entre las partículas del plástico y la superficie del cilindro con la que está en contacto el plástico. Para tener un flujo en la tolva adecuado, interesa que estos dos coeficientes sean bajos, para lo que en ocasiones es necesario el empleo de lubricantes.
- **Distribución del tamaño de partícula de la granza (DTP):** interesa que sea lo más uniforme posible, para evitar problemas de fluidez de la granza. Si el material presenta una DTP ancha, las partículas tenderán a empaquetarse, lo que dificultará el flujo de las mismas en la tolva.

En general el flujo de material por gravedad que la tolva puede proporcionar es superior al necesario para la extrusión salvo en los casos en los que se produzca puenteado.

2.2.2.7.3 TRANSPORTE DE SÓLIDOS EN EL CILINDRO

En cuanto al transporte de sólidos dentro de la extrusora, una vez que el material sólido cae al interior del canal de la extrusora, el mecanismo de transporte deja de estar controlado por la gravedad y se transforma en un transporte inducido por arrastre. Este tipo de flujo tiene lugar debajo de la tolva a lo largo del tornillo en una distancia relativamente corta.

Una descripción cuantitativa del flujo del material sólido en la extrusora fue propuesta por Darnell y Mol en 1956 y la idea básica de su trabajo permanece aun hoy. Aquí se describirá de una forma cualitativa. Según estos autores hay dos fuerzas de fricción principales que actúan sobre la masa sólida: una en la superficie del cilindro y otra en la superficie del tornillo. La fuerza de fricción en la superficie del cilindro es la que genera el movimiento de la masa sólida hacia la salida de la extrusora, mientras que la fuerza de fricción en la superficie del tornillo es la fuerza retardante. El hecho de que la fuerza de fricción en la superficie del cilindro es la que genera el movimiento del sólido, que quizás es difícil de asumir intuitivamente, puede ser apreciado si se considera una situación extrema: Si la fuerza de fricción con la superficie del cilindro fuera cero y fuera alta con el tornillo, la masa sólida rotaría simplemente con el tornillo, y jamás se movería hacia adelante, de forma similar a como lo haría una tuerca sobre un tornillo que gira. Sin embargo si existe una fuerza de fricción suficientemente elevada con el cilindro y baja con el tornillo, en principio el material se moverá hacia adelante. De acuerdo con el modelo expuesto se puede mejorar el transporte de sólidos aumentando el coeficiente de fricción del material con el cilindro y disminuyéndolo con el tornillo.

Para aumentar el coeficiente de fricción con el cilindro podría disminuirse la temperatura del mismo o de la garganta de alimentación. Otra posibilidad consiste en utilizar cilindros con superficies rugosas, esto es, empleando cilindros estriados. Las ventajas de utilizar cilindros estriados en lugar de lisos son las siguientes:

- Para una misma caída de presión a lo largo de la máquina, el caudal obtenido con un cilindro estriado es mayor que el obtenido con uno liso. Esto se aprecia en la figura 22.
- Hay una mayor estabilidad en el caudal que proporciona el cilindro estriado, de modo que las oscilaciones de la presión a lo largo de la extrusora afectan más al caudal con el cilindro liso que con el estriado.

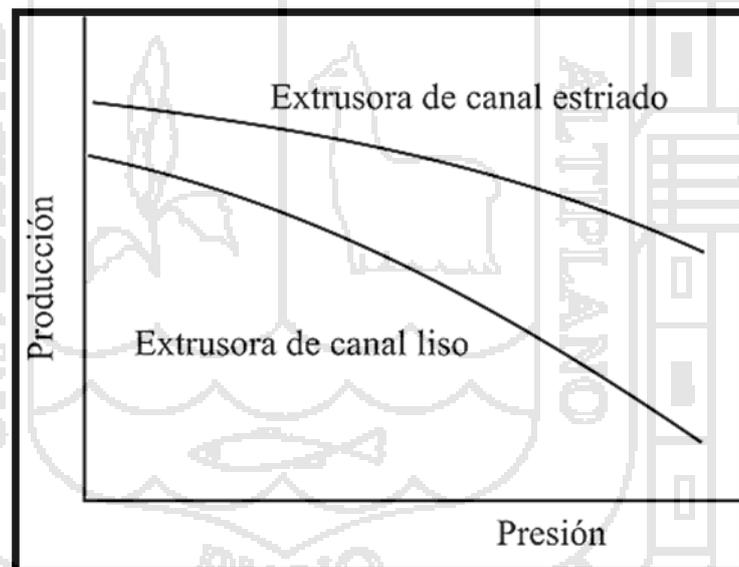


Figura 22 Representación del caudal de salida frente a la presión, para un cilindro liso y para uno estriado.

Los cilindros estriados permiten utilizar polímeros con pesos moleculares elevados y difíciles de transportar. Sin embargo, las fuerzas de cizalla que se generan en estos cilindros son mayores que las que se generan en los lisos, de modo que por una parte el consumo del motor será mayor, y por otra, se puede

producir una fusión prematura del material, que al fundir se puede introducir en las estrías, obstruyéndolas y disminuyendo así la eficiencia del proceso. Además el material que queda atrapado en las estrías podría llegar a descomponerse. Los materiales empleados para la fabricación de estos cilindros deben ser muy resistentes y en consecuencia caros, pues deben estar diseñados para soportar las altas cizallas generadas.

Las estrías se pueden practicar directamente sobre el cilindro o sobre la garganta de alimentación, en aquellas extrusoras que dispongan de ésta. En cualquier caso se practican en la dirección axial y tienen una longitud de varios diámetros, como se puede observar en la figura 23.

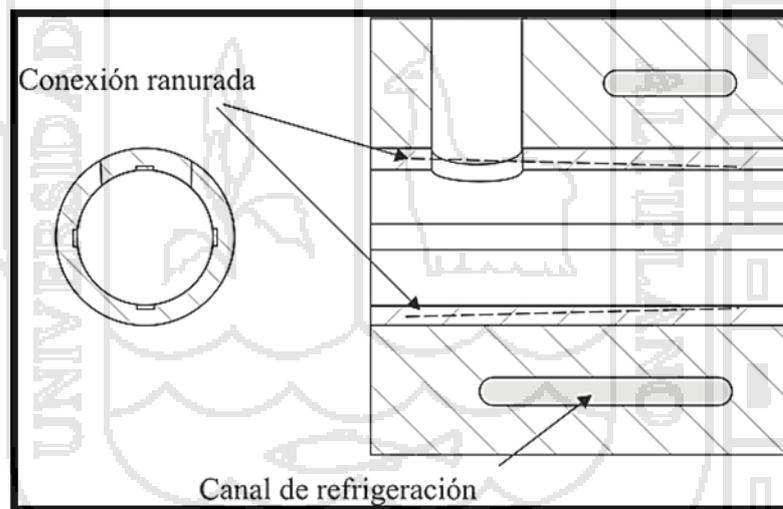


Figura 23 Sección de una garganta de alimentación ranurada.

Otra forma de mejorar el transporte de sólidos inducido por arrastre es disminuir la fricción entre el tornillo y el material. Para conseguirlo se podría aumentar la temperatura del tornillo, si bien esto es poco frecuente pues la mayoría de los tornillos son macizos, como se comentó anteriormente. En ocasiones también se pueden utilizar tornillos con recubrimientos, generalmente de PTFE (teflon), con lo que además se consigue facilitar la limpieza de los

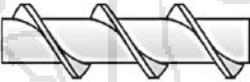
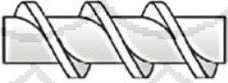
mismos.

En cuanto al diseño del tornillo hay que tener en cuenta lo siguiente:

- El filete del tornillo debe ser simple, no doble. El filete doble produce una mayor fricción.
- El ángulo de los filetes ha de ser grande.
- El radio de los flancos del filete ha de ser lo más grandes posible.

En la **TABLA N° 3** se muestran dos tornillos, el de la izquierda es de diseño adecuado desde el punto de vista del flujo del material sólido, de acuerdo con lo que se acaba de comentar.

TABLA N° 3 : Diseño del tornillo para reducir el coeficiente de fricción entre el material y el tornillo.

Características del tornillo	Diseño adecuado	Diseño defectuoso
Número de filetes	Sencillo 	Doble 
Ángulo del filete	Grande 	Pequeño 
Radio del flanco del filete	Grande 	Pequeño 

2.2.2.7.4 MEZCLADO

Para evitar problemas de falta de homogeneidad del material que llega a la boquilla se puede introducir una sección de mezclado. Esto es especialmente importante en las extrusoras grandes y en las que se emplean para fabricar

láminas finas. El mezclado se conseguirá haciendo pasar al material por diferentes zonas que lo obliguen a reorientarse. Las secciones de mezclado son simplemente tramos del tornillo dentro de la zona de dosificado que tienen una configuración especial para este propósito.

Las secciones de mezclado deben cumplir los siguientes requisitos:

- Provocar una caída de presión mínima de modo que la presencia de la zona de mezclado afecte lo menos posible al caudal de material extruído.
- Evitar zonas muertas donde el material pudiera quedar estancado
- Barrer la superficie del cilindro completamente
- Ser fáciles de instalar, poner en marcha y limpiar
- Tener un precio razonable

2.2.2.7.5 DESGASIFICADO

El desgasificado es necesario sólo en los plásticos que retienen gran cantidad de componentes volátiles o en materiales muy higroscópicos, como es el caso de las poliamidas. También suele emplearse en las extrusoras que se emplean en líneas de mezclado. En los materiales que presentan humedades de equilibrio muy elevadas, es posible secarlos antes de introducirlos en la extrusora, si bien el proceso de secado es lento (puede durar entre 4 y 40 horas), por lo que se suelen desgasificar directamente en la extrusora, de forma mucho más rápida

El desgasificado se produce a través de un orificio de venteo practicado sobre el cilindro. Las extrusoras con zona de desgasificado deben tener un diseño especial del tornillo, que asegure que la presión en esta zona coincida con la

presión atmosférica, de forma que el material no tienda a escapar por el orificio de venteo. En estas extrusoras los gránulos de sólido atraviesan las zonas de alimentación y transición donde son aglomerados, transportados y fundidos. A continuación pasan a una zona de descompresión en la que los productos volátiles son evacuados a través del orificio de venteo. El material fundido y desgasificado se vuelve a comprimir en una nueva zona de transición, como se muestra en la figura 24.

Estos tornillos deben tener un diseño adecuado, de modo que la zona de eliminación de volátiles esté siempre parcialmente llena y el material no se salga por el orificio de venteo. Además, la capacidad de bombeo de la segunda sección del tornillo (tras el orificio de venteo) debe ser superior a la de la primera.

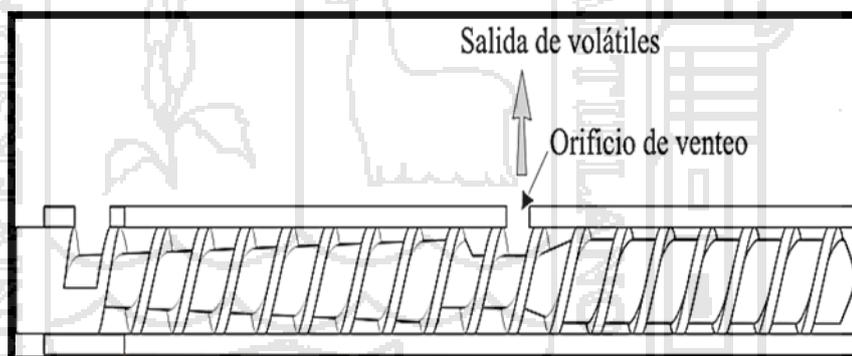


Figura 24 : Extrusora con sección de desgasificado.

2.2.2.7.6 CONFORMADO

El material toma la forma de la boquilla conforme sale por ésta. Es primordial que el material salga a velocidad uniforme, sin embargo, a veces esto no es fácil de conseguir, especialmente cuando se extruyen perfiles con secciones irregulares. Como ya hemos mencionado se producen cambios de tamaño y forma conforme el material sale por la boquilla. De hecho, las

boquillas se fabrican con una forma y tamaño que compensen los cambios que se producen en el material, de modo que al final se obtenga un producto de las dimensiones requeridas. Para conseguirlo es necesario conocer muy bien cómo se comporta el material con el que se está trabajando. Hay tres factores principalmente que provocan cambios en el tamaño y forma del material: tensionado, relajación y enfriamiento.

- **Tensionado**

Conforme el material sale de la extrusora es recogido por diferentes sistemas, que generalmente consisten en rodillos, que mantiene el material tenso. Esto hace que en la mayoría de los casos se reduzca un poco el tamaño del material, a veces de forma considerable. Además de los cambios de tamaño, los productos que no sean circulares pueden sufrir cambios de forma debido al estirado.

- **Relajación**

El material dentro de la extrusora está sometido a grandes deformaciones y tensiones (esfuerzos normales) por lo que, debido a su naturaleza viscoelástica, se relaja conforme sale por la boquilla. La relajación provoca el hinchamiento del material, tanto más rápido cuanto mayor sea la temperatura, por lo que el cambio más pronunciado tiene lugar cuando el material sale de la extrusora, pero generalmente continúa durante las horas siguientes al conformado, y a veces dura incluso días. En la figura 25 se muestra el hinchamiento que sufriría un material extruído con sección cuadrada.

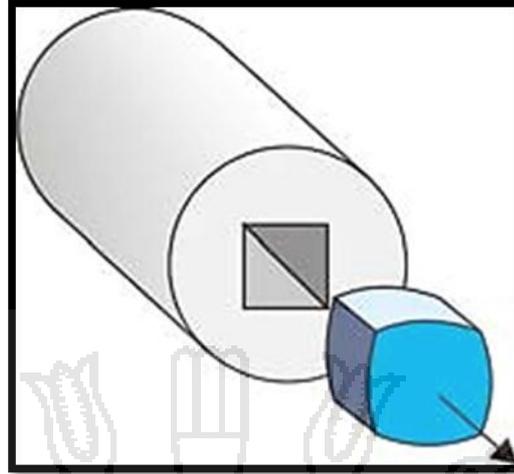


figura 25: Hinchamiento debido a la relajación de un material de sección cuadrada.

Con una forma cuadrada de boquilla, la dilatación ocurre más en el centro de las caras que en las esquinas, esto es resultado de que los esfuerzos normales que se producen dentro del material serán mayores en la zona central. Si el producto extruído sufre tensiones no uniformes, la relajación puede conducir a una torcedura o combadura del mismo, especialmente en piezas que contengan partes gruesas y delgadas.

- **Enfriamiento**

El enfriamiento del material fundido produce su contracción, reduciéndose el tamaño y aumentando su densidad. Los plásticos semicristalinos se contraen más que los amorfos, ya que las regiones cristalinas tienen densidades mayores que las amorfas, y en cualquier caso, el método, velocidad y homogeneidad del enfriamiento condicionan la microestructura del material. La contracción que produce el enfriamiento normalmente no es uniforme, puesto que en partes gruesas puede haber una diferencia muy grande entre la velocidad a la que se enfrían las zonas externas y las más internas del material (la cristalinidad del interior de estas piezas será mayor), pudiendo aparecer zonas

hundidas (rechupadas) al contraerse el interior de las piezas. En la figura 26 se muestra la contracción que sufriría una pieza de sección cuadrada debido a la diferente velocidad de enfriamiento entre las distintas partes.

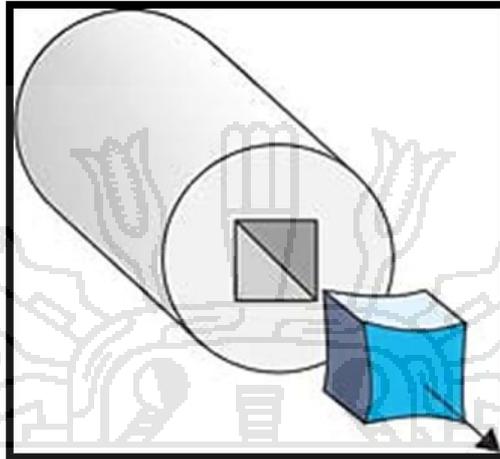


Figura 26 : Contracción debida al enfriamiento de un material de sección cuadrada.

2.2.2.8 MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS

2.2.2.8.1 TERMOPARES

Los termopares están hechos de dos alambres de metales diferentes unidos precisamente en el punto de medición, conocido como unión caliente. Un pequeño voltaje llamado Seebeck, en honor a su descubridor, aparece entre los dos alambres en función de la temperatura de esa unión y, ese voltaje es la señal que actúa sobre el controlador de temperatura. Los termopares son en general de los sensores los más baratos y los más robustos, aunque para evitar errores de materiales disímiles, los cables de extensión deben ser del mismo material del termopar. Existen termopares apropiados para diferentes rangos de temperatura y diferentes ambientes industriales. Ejemplos:

TABLA N° 4 : Tipos de termopares con sus aleaciones y rango de operación

TIPO	ALEACIONES	RANGO
J	Hierro/Constantan	0 a 760
K	Chromel/Alumel	0 1 1260
E	Chromel/Constantan	.-184 a 871
T	Cobre/Constantan	.-184 a 371
R	Platino 13%/Rodio	a 1482

2.2.2.9 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Lenguajes de programación, Cuando hablamos de los lenguajes de programación nos referimos a las diferentes formas en que se puede escribir el programa usuario.

lenguajes estándares:

GRAFNET ó Mapa de Funciones Secuenciales (SFC).

Esquema de contactos, ladder o lógica escalera (LD).

Nemónico ó Lista de instrucciones (IL).

Esquema funcional ó Bloques de funciones (FBD).

Texto estructurado (ST).

Estos lenguajes tienen unos elementos comunes, que en resumen son:³

identificadores y comentarios

constantes (numéricas, cadenas de caracteres, duración, tiempo)

tipos básicos y derivados de datos (elementales, genéricos, derivados, inicialización, declaración, defecto)

variables (elementos sencillos, multielementos, inicialización,

³ BONFATI, F., MONARI, P.A., SAMPIERI, U., *IEC 1131-3 Programming Methodology Software engineering methods for industrial automated systems*, Altersys, 1997, p. 151-233

2.2.2.9.1 GRAFCET

El GRAFCET es un diagrama funcional que describe la evolución del proceso que se quiere automatizar. Está definido por unos elementos gráficos y unas reglas de evolución que reflejan la dinámica del comportamiento del sistema.

El GRAFCET puede usarse a nivel de programador para identificar fácilmente las diferentes partes que formarán el programa de usuario y más tarde pasar el esquema a otro lenguaje de programación. Actualmente los autómatas más potentes permiten la programación directa en GRAFCET y dentro de cada etapa y transición la programación en otros lenguajes como por ejemplo el lenguaje de contactos.

2.2.2.9.2 ESQUEMA DE CONTACTOS O LADDER (LD)

Es un lenguaje gráfico, derivado del lenguaje de relés, que mediante símbolos, representa contactos, solenoides... Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA (National Electrical Manufacturers Association,) y son empleados por todos los fabricantes.

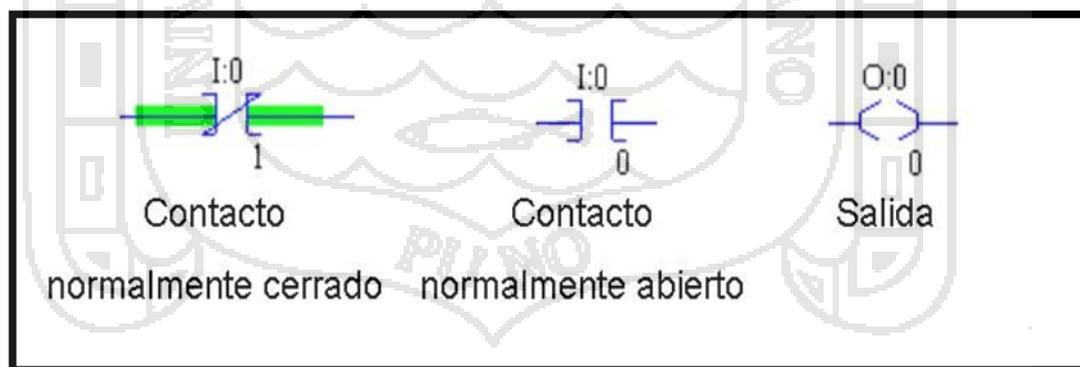


Figura 27 : Símbolos básicos

Un programa en esquema de contactos, lo constituyen una serie de ramas de contactos. Una rama está compuesta de contactos, conectados en serie o en paralelo que dan origen a una salida que bien puede ser una bobina o una función

especial.

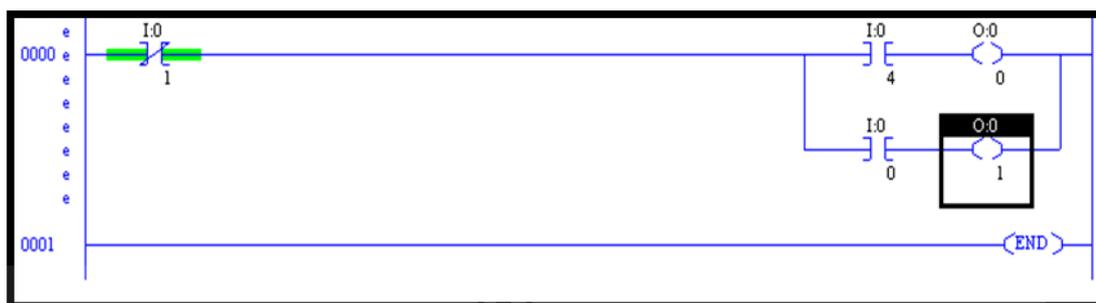


Figura 28: Ejemplo de una rama

A.- LISTA DE INSTRUCCIONES (IL)

Es un lenguaje de bajo nivel, muy efectivo para aplicaciones pequeñas o para optimizar partes de una aplicación.

Las instrucciones siempre se identifican con el resultado actual (o registro IL) y están determinadas por un operador, que indica la operación que tiene que realizarse entre el valor actual y el operando. El resultado de la operación se almacena otra vez en el resultado actual.

B.- BLOQUES DE FUNCIONES (FBD)

Es un lenguaje gráfico basado en interpretar el comportamiento del sistema en términos de flujo de señales entre el elemento procesado y la analogía con el flujo de las señales como en los diagramas de los circuitos electrónicos.

FBD expresa el comportamiento de las funciones, bloques de funciones y programas con un grupo de bloques gráficos interconectados.

C.- TEXTO ESTRUCTURADO (ST)

Es uno de los dos lenguajes de texto en el IEC 1131-3 junto con la lista de instrucciones. Es un lenguaje estructurado de alto nivel similar al Pascal y al C, diseñado para programar procesos de automatización. Este lenguaje se usa principalmente para implementar procedimientos complejos que no pueden ser

fácilmente expresados con lenguajes gráficos.

Las categorías básicas son declaraciones de:

- Asignación (variable:= expresión;)
- Selección (IF, THEN, ELSE, CASE,...)
- Iteración (FOR, WHILE, REPEAT,...)
- Control con funciones y bloques de funciones.
- Control (RETURN, EXIT,...)

2.2.3 LA AUTOMATIZACIÓN

¿Qué es un sistema automatizado?

La automatización de un sistema es un procedimiento mediante el cual se transfieren las tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos, a un conjunto de elementos tecnológicos teniendo en cuenta las posibles eventualidades que se puedan producir.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

Parte Operativa

Parte de Mando

La Parte Operativa es la parte del sistema que actúa directamente sobre el proceso. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores y preaccionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los detectores o captadores como fotodiodos, finales de carrera...

La Parte de Mando suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). Actualmente también se utiliza, aunque en menor medida, los ordenadores de control de proceso y

los reguladores industriales. En un sistema de fabricación automatizado, el autómeta programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado. Para que pueda existir una comunicación entre el operador y el sistema de control existen los elementos de salida de información y los elementos de entrada de órdenes (figura 29).

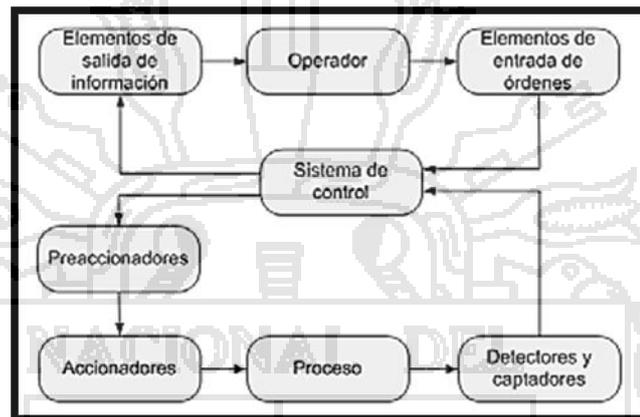


Figura 29: Elementos de un proceso automatizado

Objetivos de la automatización

El objetivo principal de la automatización es el de producir el mejor producto a un coste más bajo, pudiéndose desglosar en:

Mejorar la productividad de la empresa: aumentando la cantidad de artículos producidos a la hora, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.

Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.

Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.

Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.

Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.

2.2.4 EL PLC MICROLOGIX 1100 DE ALLEN-BRADLEY EN LA PLANTA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO

La extrusora según las metas trazadas tiene que ser un producto impactante diseñado con tecnología de punta.

Realizando un análisis previo se determinó que esta debería contar con un nivel de inteligencia propia capaz de Sensor, controlar temperaturas y brindar seguridad al operario en la manipulación de esta y en proceso de producción.

Para lograr esta tarea tan compleja es que en este proyecto, utilizamos el PLC MICROLOGIX 1100 DE ALLEN-BRADLEY, a la Planta de extrusión de la siguiente manera:

- 1° Rutina Principal: donde inicia el ciclo del trabajo del PLC Micrologix 1100.
- 2° Entrada: monitorea las entradas Análogas y Digitales de todo el sistema.
- 3° Control On-off
- 4° Scalling: en esta etapa, escala las señales del sensor de temperatura.
- 5° Programa: Se crea el Rsviuew 32, el Tags, las pantallas graficas, etc.
- 6° Alarmas: Van a estar en todo el proyecto para controlar y monitorear las fallas.
- 7° Salida

Ciertamente en un futuro se puede mejorar el PLC utilizando sus entradas libres implementando el control de la trituradora de plástico, la faja transportadora, etc, el cual estamos seguros darán mejores resultados en la producción.

2.2.5 GENERACIÓN DE CONCEPTOS:

En esta etapa de diseño se descompone el problema en las funciones, más relevantes con el fin de obtener una mejor visualización y comprensión. Se hará un enfoque en los puntos más críticos para lograr dar claridad a éste.

2.2.5.1 DESCOMPOSICIÓN FUNCIONAL

En ésta etapa se enfrenta al problema de manera, sin tener en cuenta el funcionamiento interno del sistema, lo cual es representado o conocido con un diagrama de caja negra, donde se identifican las entradas del sistema y salidas que se van a generar, brindando un conocimiento mas detallado del problema que se está enfrentando y posteriormente hacer un análisis interno en la descomposición funcional.

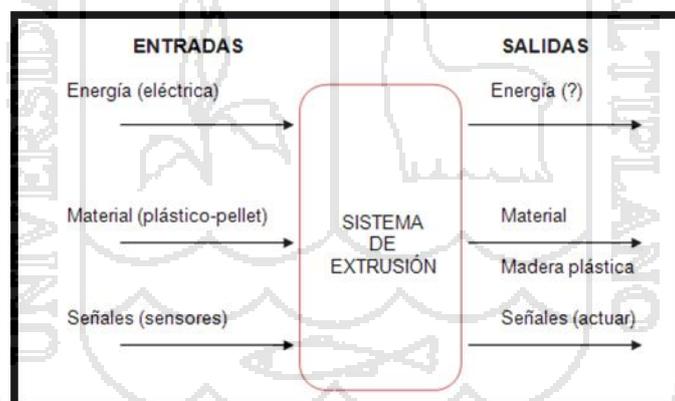


Figura 30 Diagrama de la caja negra

A.- DIAGRAMA DE LA CAJA NEGRA

La descomposición funcional permite visualizar el funcionamiento interno por subfunciones y garantizar el cumplimiento de las acciones que fueron asignadas a la maquina extrusora. No se especifica de qué manera se va a realizar éste proceso. De hacerlo limitaría las opciones de diseño a una sola lo cual no es conveniente. Se realizó la descomposición de las tareas que se deben ejecutar y la relación entre las

mismas para que todas lleguen a un mismo destino, de aquí se dará inicio a la generación de conceptos para cada una de las subfunciones.

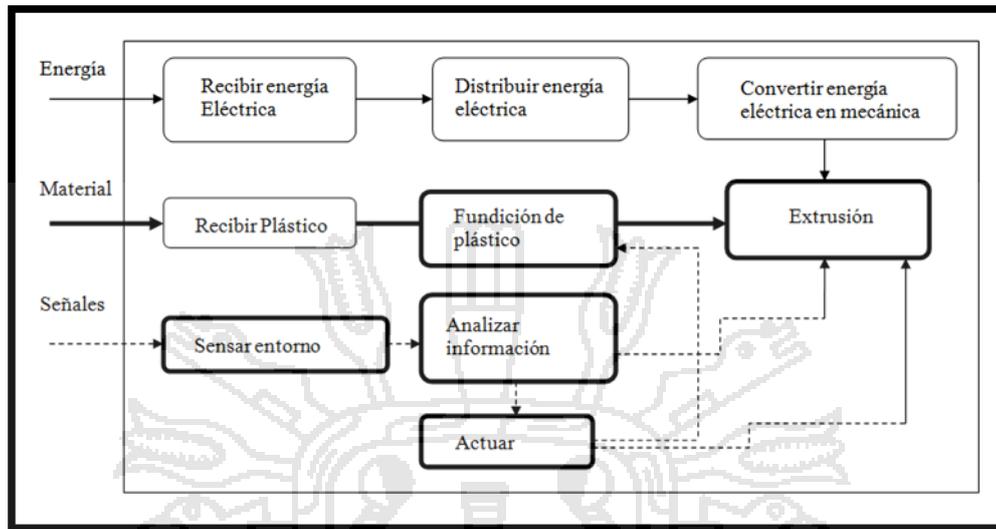


Figura 31. Descomposición Funcional

B.- RAMA CRITICA Y DESGLOSE DE SUBFUNCIONES.

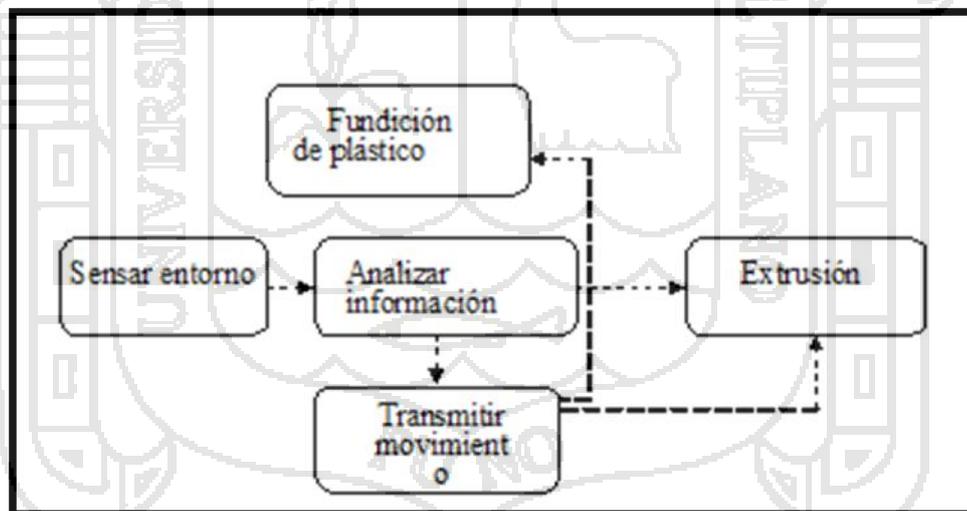


Figura 32 Rama crítica de las subfunciones

2.2.5.2 GENERACIÓN DE CONCEPTOS PARA SUBFUNCIONES

Para realizar el diseño se a generado conceptos para cada uno de las subfunciones de la descomposición funcional, pero solo se justificaran las de la rama critica ya que son los mas relevantes.

A.- SENSAR ENTORNO. Ésta es una de las subfunciones más importantes ya que permite, tanto al operario como a la máquina determinar el estado y la temperatura del proceso.

Para ello se tuvo en consideración los siguientes sensores:

- Termocuplas tipo j
- Pirómetros de radiación
- Termistores
- RTD
- LM 35

B.- FUNDICIÓN DE PLÁSTICO. Ésta subfunción transmitirá el calor necesario a los diferentes tipos de resinas que se vayan a trabajar.

Para ésta se considera la siguiente alternativa:

- Calentadores de banda cerámica.
- Resistencias tipo cartucho.
- Gas.

C.- ANALIZAR INFORMACIÓN. Ésta subfunción es la encargada de recibir la información capturada por los sensores con el fin de modificarla a un formato que permita al controlador procesarla.

Las alternativas son:

- PLC.
- Controlador de canal caliente.

D.- TRANSMITIR MOVIMIENTO. Esta subfunción básicamente es la encargada de generar el movimiento de la máquina para llevar a cabo la extrusión.

Las alternativas de transmisión son las siguientes:

- Transmisión directa por motoreductor.
- Transmisión por cadena.
- Transmisión por bandas.

E.- EXTRUSIÓN. Para que sea realizada ésta subfunción, es necesario aplicar presión al material fundido, forzándolo a pasar de modo uniforme y constante.

Para ello se tienen las siguientes opciones:

- Extrusora de pistón.
- Extrusora de fricción.
- Extrusora de cilindros.

2.2.5.3 COMBINACIÓN DE CONCEPTOS

Con el objetivo de llegar a la mejor solución para cada uno de los problemas y que la máquina cumpla con las necesidades especificadas anteriormente se desarrolló una tabla de combinación de conceptos, la cual permitirá observar de manera sistemática los conceptos generados y así mismo evaluar las diferentes opciones para brindar dicha solución.

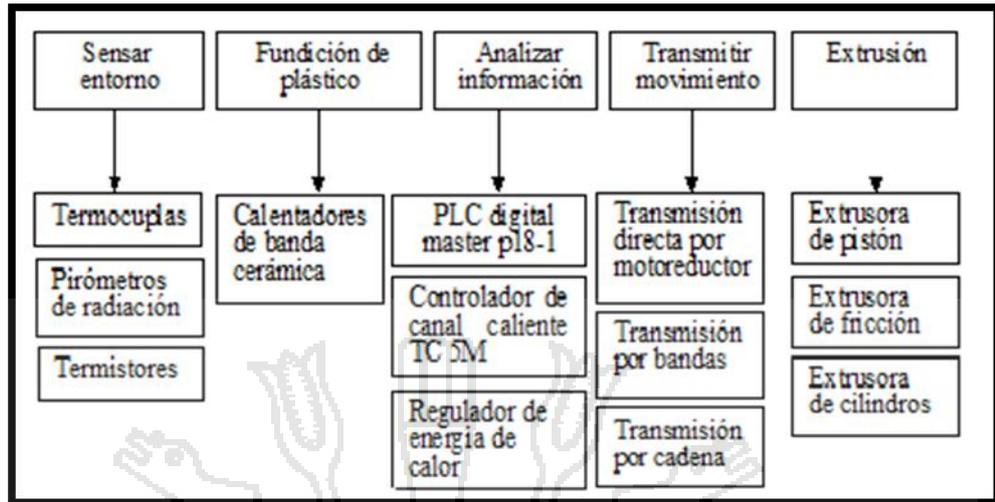


Figura 33 Combinación de conceptos

A CONCEPTO A. El sistema de pistón garantiza una extrusión rápida y de mejor calidad pero genera costos extremadamente altos ya que es necesario implementar un sistema hidráulico para generar el desplazamiento longitudinal de la tobera. El sensor es muy efectivo en la detección de temperatura al igual que los calentadores de banda cerámica (resistencias) brindan la temperatura necesaria para el proceso. El motoreductor es silencioso y permite un fácil mantenimiento.

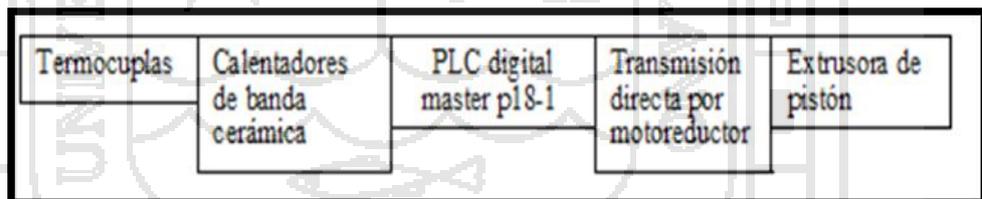


Figura 34 Esquema concepto A

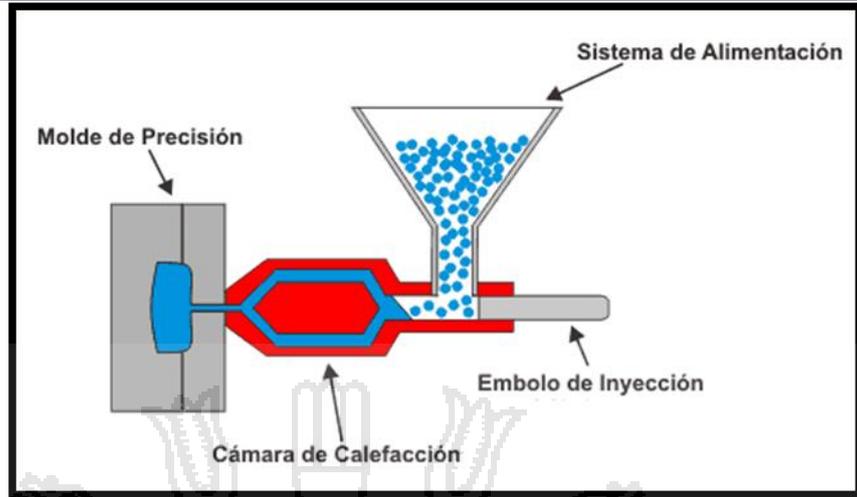


Figura 35 Concepto A

B CONCEPTO B. El sistema por fricción entre las paredes metálicas transportadoras de la máquina y el tornillo, ayuda a la fusión del polímero generando un precalentamiento y permitiendo que el proceso sea de manera continua. La transmisión por cadena es muy ruidosa y necesita de lubricación constante. El controlador de canal caliente es sencillo pero costoso.

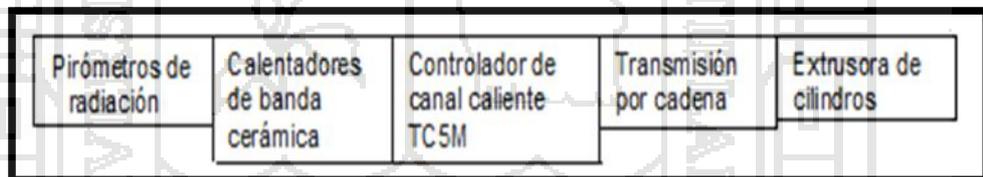


Figura 36 Esquema concepto B

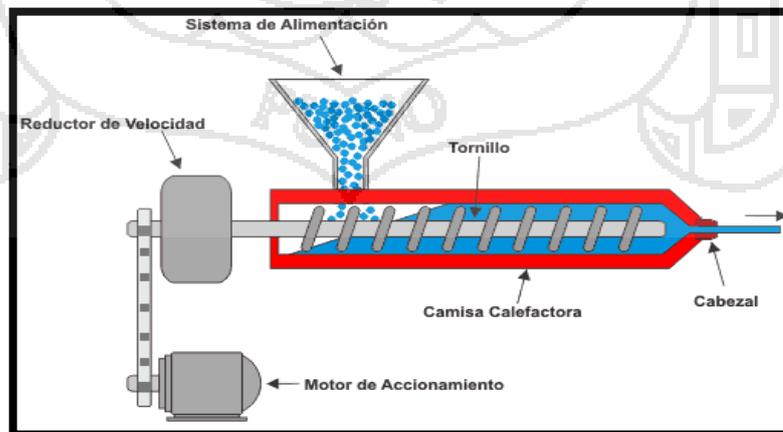


Figura 37 Concepto B

C CONCEPTO C. El sensor no ofrece ventajas de exactitud ni estabilidad a la salida, el controlador es de máxima confiabilidad pero genera un costo demasiado alto, la extrusión por rodillos es efectiva pero genera pérdidas de material.

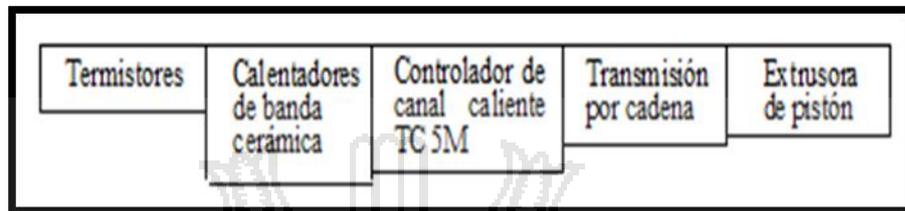


Figura 38 Esquema concepto C

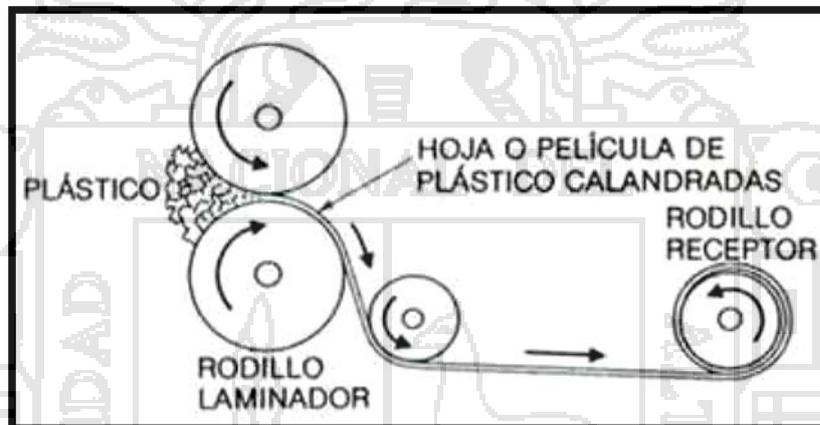


Figura 39 Concepto C

D CONCEPTO D. El regulador de energía de calor es un controlador muy completo y totalmente seguro. Diseño ultra delgado para ahorrar espacio y fácil manejo. La transmisión por bandas genera desgaste continuos de estas generando alto mantenimiento y costos.

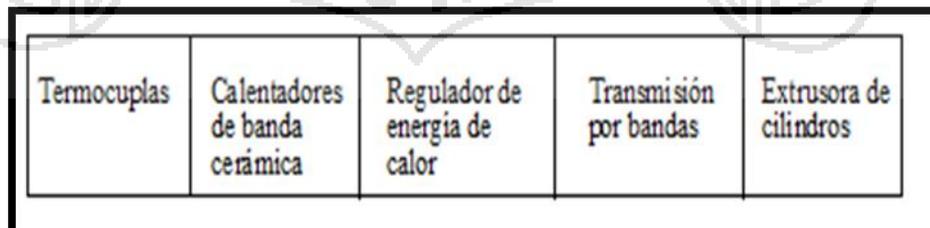


Figura 40 Esquema concepto D

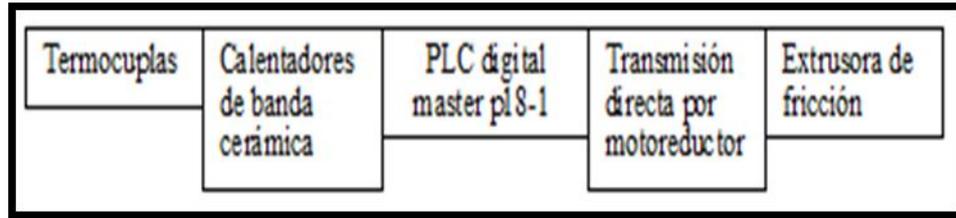


Figura 41 Concepto D

E CONCEPTO E

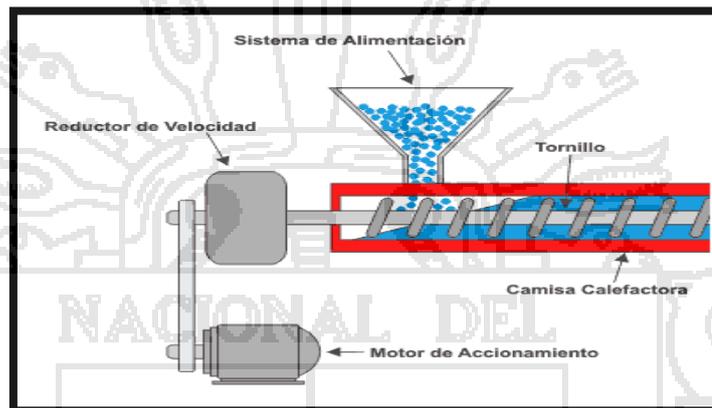


Figura 42 Esquema concepto E

El PLC tiene un puerto de 25 pines para 8 salidas, es decir que posee 8 posibilidades de accionar y controlar circuitos externos abiertos o cerrados, la transmisión directo por motoreductor es silenciosa y de fácil mantenimiento.⁴

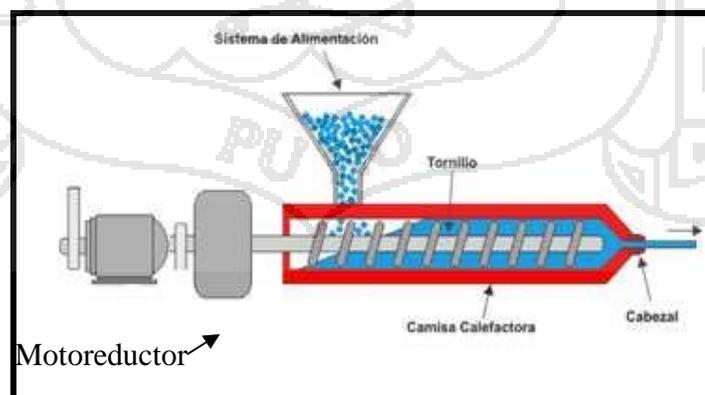


Figura 43 Concepto E

⁴ Moldeado, Inyección y Extrusión [en línea]. México: Textos Científicos, 2005. Disponible en Internet: http://www.textoscientificos.com/publish/article_829.php

2.2.5.4 ANÁLISIS DE LA ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

Se optara por implementar una arquitectura modular sin embargo se trato de integrar, en lo posible, la mayor cantidad de piezas para lograr una estructura compacta que cumpla con las especificaciones dadas.

2.2.5.5 INTERACCIONES ENTRE ELEMENTOS FÍSICOS Y FUNCIONALES

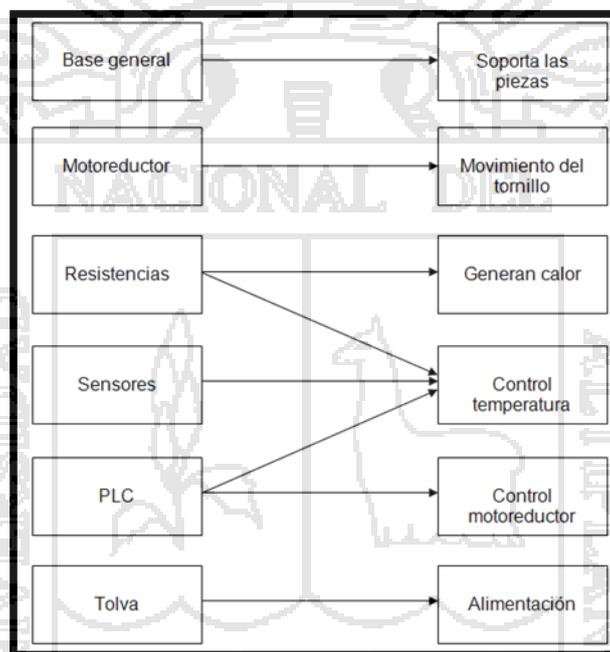


Figura 44 Interacciones entre elementos físicos y funcionales

La interacción entre los elementos físicos y funcionales no muestra en su totalidad una arquitectura modular, sin embargo muestra relaciones entre algunos elementos que podrían agruparse para conformar un módulo. Además, se pueden apreciar claramente como ciertos elementos se deben relacionar entre sí para cumplir una función como lo es el PLC y los sensores para poder ejercer el control.

2.2.5.6 ESQUEMA DEL PRODUCTO

En esta sección se presenta un esquema general del producto donde se observan los diferentes módulos que lo componen a través de sus funciones.

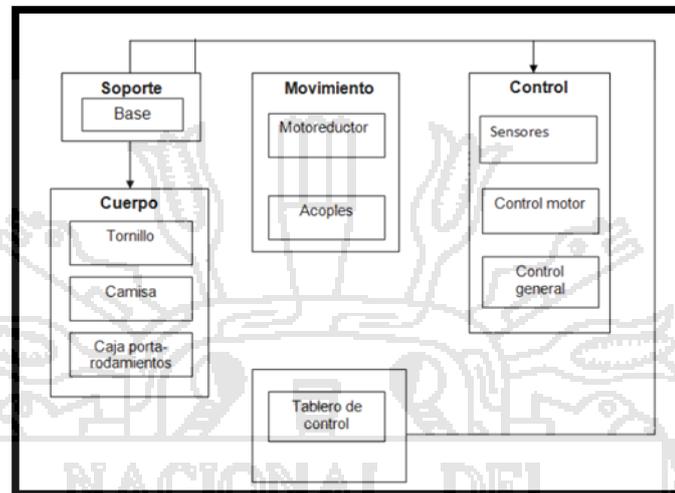


Figura 45 Esquema general del producto por bloques funcionales (chunks)

2.2.5.7 DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA

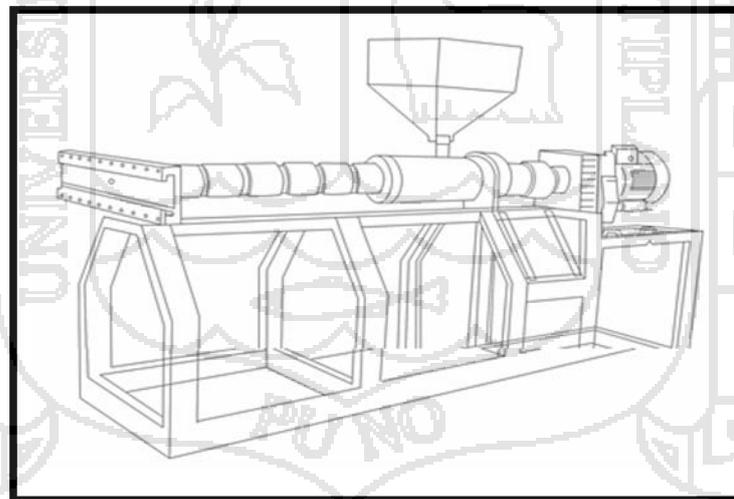


Figura 46 Distribución espacial de los chunks

2.2.5.8 IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES FUNDAMENTALES E INCIDENTALES

En ésta etapa se muestran las posibles interacciones que no fueron planeadas ni previstas en el diseño planteado anteriormente, por esto es necesario considerar las posibles incidencias que se presenten entre los elementos funcionales pues se puede generar un mal comportamiento del sistema.

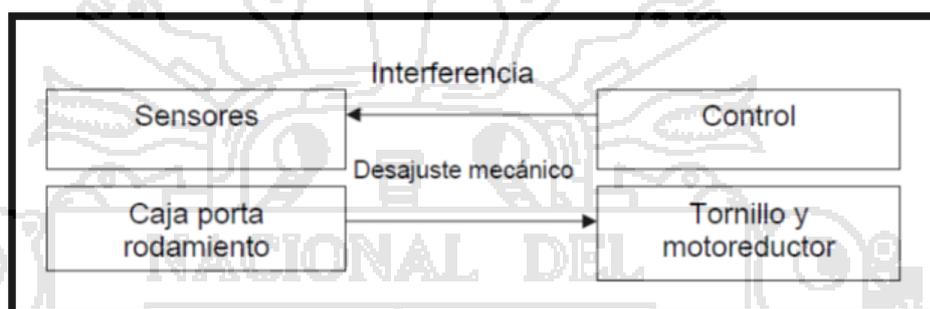


Figura 47 Interacciones incidentales

2.2.5.9 ARQUITECTURA A DIFERENTES NIVELES

Tal como se había mencionado anteriormente la arquitectura a nivel del sistema es predominada modularmente, pero a nivel de subsistemas posee una arquitectura integral, ya que para lograr un buen funcionamiento y el cumplimiento de las especificaciones dadas del sistema se debió compactar en lo posible la mayor cantidad de elementos de cada subfunción.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

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

Asíncrona. Se dice de una transmisión en la que el receptor se resincroniza, es decir, regula su reloj sobre el emisor a cada inicio de carácter.

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.

Bit. Unidad mínima de información en el sistema binario dentro de un ordenador y que puede tomar valores de 0 y 1.

1 Megabit = 1.000.000 bites.

Byte Equivale a 8 bits. (1 Byte=8bit). Unidad de medida en el almacenamiento de memoria. Equivalencias:

1 Kbyte = 1.024 bytes; también 1 K = 1.024 bytes.

1 Megabyte = 1.000.000 bytes.

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 paralelo Sistema de transmisión de información que permite transmitir varias señales digitales a la vez, sobre hilos diferentes (por ejemplo, 16 ó 32 bits a la vez en el caso de los BUS de ordenadores). Estos BUS disponen en general de hilos suplementarios que permiten el control de la transmisión.

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

Canal Camino por el que circulan informaciones; vía que permite transferir datos.

Codificación Conjunto de reglas que establecen una correspondencia entre dos conjuntos de elementos.

Componentes periféricos Elementos externos y que son complementarios del autómata:

Teclado. Equivalente al teclado de una máquina de escribir y sirve para transmitir órdenes y programar.

Monitor. Pantalla en la que aparecen caracteres, gráficos, programas, esquemas, etc.

Impresora. Aparato en el que escriben los mensajes emitidos por el autómata.

Calculador. Aparato que gestiona la función de varios autómatas, permitiendo realizar el control de la gestión.

Convertidor analógico/digital. Dispositivo electrónico que convierte una señal analógica en señal digital.

RAM. (Random-access memory, por sus siglas en inglés). Memoria de acceso aleatorio. Dispositivo semiconductor de memoria de escritura y lectura cuyo elemento básico consiste en una sola celda capaz de almacenar un bit de información. Se borra al faltarle corriente.

ROM. (Read-only memory, por sus siglas en inglés). Memoria sólo de lectura. Dispositivo de memoria semiconductor no volátil utilizado para el almacenamiento de datos que nunca necesitarán modificación.

PROM. (Programmable read-only memory, por sus siglas en inglés). Memoria programable sólo de lectura. Forma de memoria semiconductor sólo de lectura, ROM, cuyo contenido se añade mediante un proceso separado, posterior a la fabricación del dispositivo.

EPROM. (Ereaseble programmableread-only memory, por sus siglas en ingles). Memoria de sólo lectura programable borrable. Tipo de PROM que puede ser programado varias veces por el usuario.

Disco duro Disco de gran capacidad de almacenamiento para el que hace falta muy poco tiempo para acceder a su programa y recabar una información.

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, pudiendo ser de tipo aritmético, lógicas, memorias. E/S (entradas/salidas) y otras.

Lenguaje. También llamado como código de la máquina, es el medio que interpretan los microprocesadores (μP) y se expresa en código binario. Los lenguajes más conocidos son los siguientes: Basic, Fortran, Cobol, Logo, Pascal, Lotus, P111, Ada, Emsamblador, Forth, Dinamic C y otros muchos.

Lógica cableada. Se dice que un automatismo está realizado en lógica cableada cuando se ejerce con módulos intercalados, dependiendo su funcionamiento del cableado, pudiendo ser los módulos electromagnéticos, neumáticos, hidráulicos o eléctricos. La lógica cableada es rápida en la ejecución de maniobra, pero resulta voluminosa y tiene limitaciones en cuanto a posibilidades.

Periféricos. Aparatos y elementos del autómata u ordenador, que están en comunicación directa con ellos, como son las impresoras, monitores, teclados, etc.

Polímero. Compuestos orgánicos o sintéticos caracterizado por pequeñas unidades llamadas meros.

Protocolo de transmisión de datos. Conjunto de reglas necesarias que permiten a los ordenadores comunicarse. En particular para establecer y mantener intercambios de información entre dichos ordenadores.

Rack. Bastidor que recoge la configuración del autómata programable de forma modular.

Reset. Acción por la que se pone a cero un contador, un temporizador. Por extensión, volver una situación a sus valores iniciales.

Sensores. Elementos externos al autómata por medio de los cuales se transmiten señales a los autómatas y que se conectan a las tarjetas de entrada.

Síncrona. Se dice de aquella transmisión en la que el emisor y el receptor están exactamente sincronizados, es decir, que tienen un reloj idéntico al menos durante todo el tiempo de duración de un mensaje.

Software Programa. Término genérico que se aplica a los componentes de un sistema informático que no son tangibles o físicos. Corresponde a los programas escritos por el usuario o por otras personas.

Termoestables Plásticos que al calentarse no se ablandan ni quedan flexibles se destruyen.

Termoplásticos Plásticos que consisten en cadenas desconectada cuando se calientan quedan blandos y deformables.

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL:

El diseño y automatización PLC micrologix 1100 de allen-bradley beneficia al proceso de Extrusión de Plástico reciclado.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS:

- El conocimiento del proceso y las variables de la Automatización ayuda a lograr una mejoría en la planta de extrusión de Plástico.
- La elaboración del diseño de Automatización facilita el proceso de Extrusión de plástico.
- La elección adecuada de un PLC de acuerdo a su estructura, tipos de comunicación, software utilizado, hardware , ayuda a lograr una correcta automatización.

2.5 SISTEMA DE VARIABLES

Debido a que la relación entre las variables es Causal o de causa y efecto nuestro sistema de variables es:

TABLA N°5: Matriz de la operalización variables

VARIABLES	INDICADORES	INDICES	INSTRUMENTO
<u>V. Independiente</u> PLC MICROLOGIX 1100 DE ALLEN-BRADLEY”.	Corriente.	4 a 20 mA	MULTIMETRO
	Voltaje.	0 a 20 V	MULTIMETRO
<u>V. Dependiente</u> Inyectora de plástico.	Recepción de la señal transmitida.	Bueno.	OSCILOSCOPIO
		Regular.	



CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación

De acuerdo al método de investigación que se siguió, la presente investigación, según su estrategia pertenece al tipo experimental que nos permite manipular la variable independiente.

Diseño de investigación

Es Pre experimental, trabajada con un grupo con solamente una prueba de salida. Diseño adoptado para probar la veracidad o falsedad de la hipótesis planteada.

El gráfico que corresponde a este diseño es el siguiente:

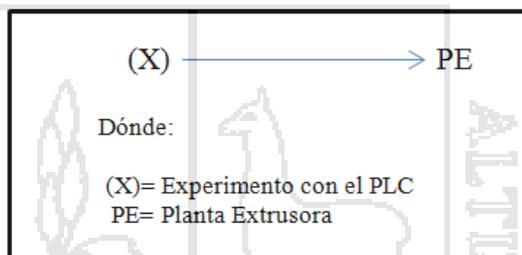


Figura 48 Diseño

3.2. MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

La muestra utilizado para este trabajo es una muestra no probabilística de tipo intencional, puesto que se escogió para conseguir los propósitos de la investigación.

3.2.1. UBICACIÓN

San Román es una de las 13 provincias que conforman la región Puno, ocupa alrededor 30% de la población urbana y el 41% del comercio en la región Puno.

Limita al norte con la provincia de Azángaro y la provincia de Lampa, al este con la provincia de Huancané, al sur con la provincia de Puno, y al oeste con la Región Arequipa y la Región Moquegua.

3.2.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

Osciloscopio: utilizado para medir la señal de la planta de extrusión.

Multímetro: Utilizado para medir los voltajes y corrientes del PLC.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICAS:

Observación de Campo

INSTRUMENTOS:

Registro anecdótico: en él se recolectara los datos más relevantes a observarse en la aplicación del experimento.

Guía de apuntes: Usado para anotar los datos necesarios obtenidos del osciloscopio y multímetro.

3.4. PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO

El procedimiento a seguir es:

- Concentración en la planta recicladora.
- Aplicación del PLC MICROLOGIX 1100 DE ALLEN-BRADLEY” en la planta de extrusión de plástico.
- Funcionamiento del experimento con el PLC.
- Observación y toma de datos de los resultados del proceso de extrusión.



4.1 DISEÑO DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL AUTÓMATA

Para la Inyectora de plásticos debemos contar con 4 entradas analógicas para control de temperatura.

TABLA N° 6: Variables de entrada analógicas y digitales

Tags	Tipo de señal	Ranura asignada	Concepto
TT-01	4-20 MA	I:1.0/0	SENSOR DE TEMPERATURA 1
TT-02	4-20 MA	I:1.0/1	SENSOR DE TEMPERATURA 2
TT-03	4-20 MA	I:1.0/2	SENSOR DE TEMPERATURA 3
TT-04	4-20 MA	I:1.0/3	SENSOR DE TEMPERATURA 4
TT-05	digital	I:2.0/0	ALARMA MOTOR 1
TT-05	digital	I:2.0/1	ENCENDIDO
TT-05	digital	I:2.0/2	APAGADO

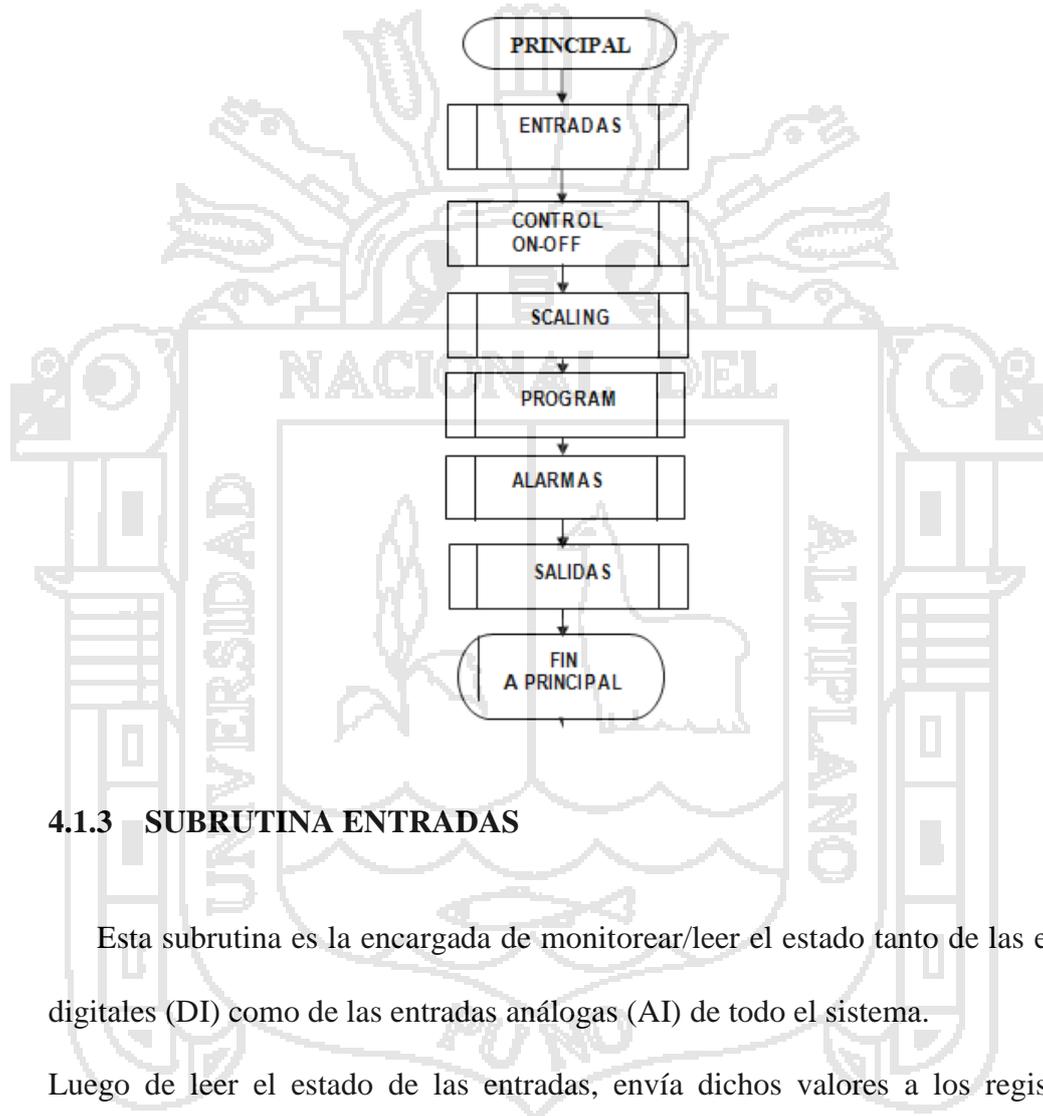
TABLA N°7: variables de salida

Tags	Tipo de señal	Ranura asignada	Concepto	Dispositivo
TT-06	DIGITAL	O:1.0/0	RESISTENCIA 1-2	CONTACTOR 1
TT-07	DIGITAL	O:1.0/1	RESISTENCIA 3-5	CONTACTOR 2
TT-08	DIGITAL	O:1.0/2	RESISTENCIA 6-8	CONTACTOR 3
TT-09	DIGITAL	O:1.0/3	RESISTENCIA 8-9	CONTACTOR 4
TT-10	DIGITAL	O:1.0/4	MOTOR	CONTACTOR 1
TT-11	DIGITAL	O:1.0/5	MOTOR	CONTACTOR 1

4.1.2 RUTINA PRINCIPAL

Es la más importante del programa, ya que es en esta donde inicia su ciclo de trabajo el PLC, por lo cual esta tiene todos los llamados a las demás subrutinas que conforman el control del proceso.

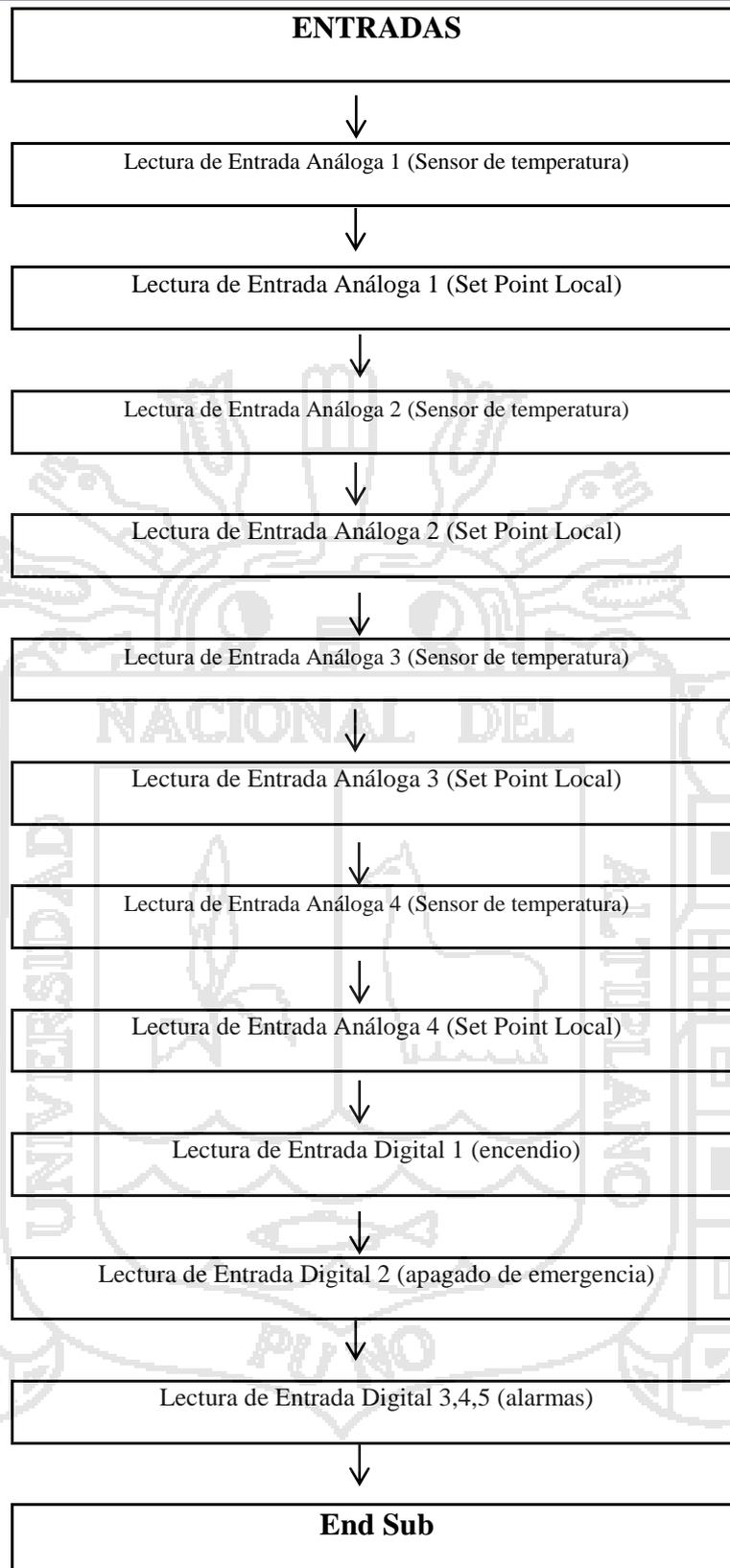
DIAGRAMA DE FLUJO RUTINA PRINCIPAL DEL PLC



4.1.3 SUBROUTINA ENTRADAS

Esta subrutina es la encargada de monitorear/leer el estado tanto de las entradas digitales (DI) como de las entradas análogas (AI) de todo el sistema.

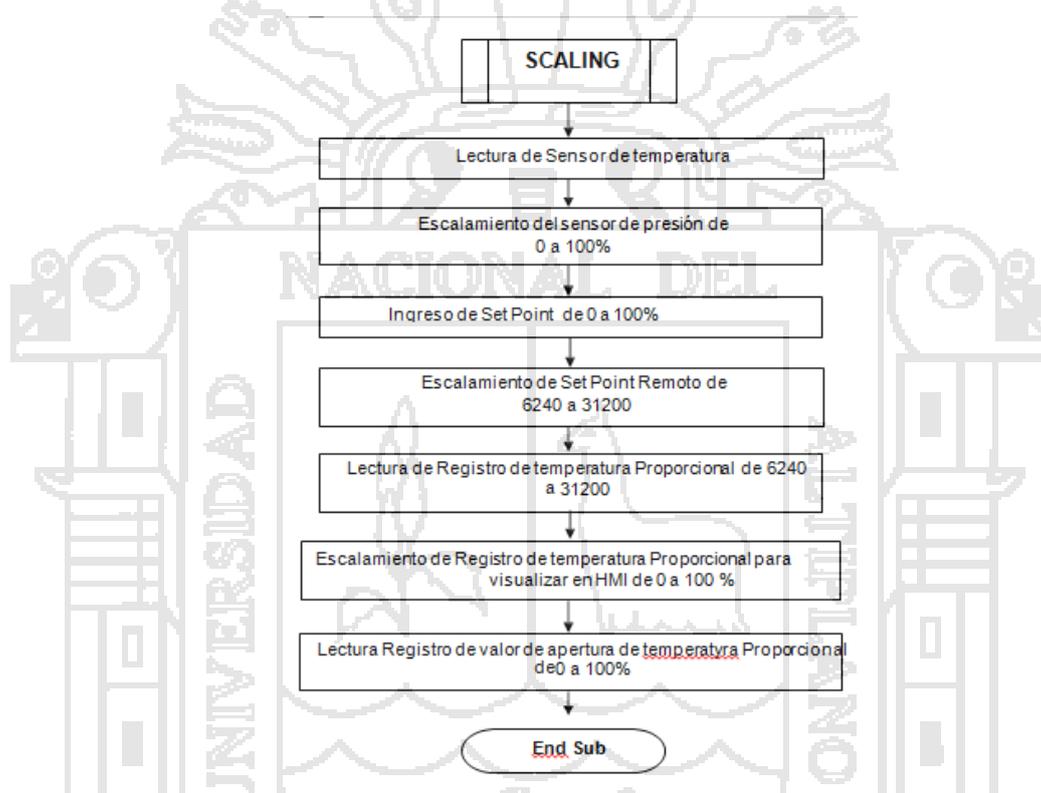
Luego de leer el estado de las entradas, envía dichos valores a los registros de almacenamiento de entradas, para luego ser utilizadas estratégicamente en el desarrollo del programa.



4.1.4 SUBROUTINA SCALING

Esta subrutina se encarga de realizar el escalamiento o relación de las señales del sensor de temperatura (señal de entrada de 19720 a 32760) a valores de 0 al 100%. Al mismo tiempo hace la conversión de unidades para el set point de punto flotante a entero de 0 a 100%.

DIAGRAMA DE FLUJO SUBROUTINA SCALING DEL PLC



El escalado de las señales de entrada y salida del PLC, tiene la intención de interpretar los datos que ofrecen los módulos de entradas e interpretar los datos que entregan los bloques de los algoritmos de control que se programaron para su interpretación por parte de los módulos de salidas.

- Para los módulos de entrada:

Para la señal de:	Representación Decimal por parte del Modulo.
4 – 20mA	3277 a 16,384

TABLA N°8: Rangos de representación decimal para la señal de entradas analógicas de los módulos del PLC.

Los parámetros suministrados por la documentación técnica de la instrucción SCL del PLC para la realización del escalado son:

Parámetro	4 – 20mA
Régimen /10,000	12,499
Offset	-4096

TABLA N°9. Parámetros para la utilización de la instrucción SCL para el escalado de señales de entrada analógicas.

Teniendo estos parámetros ya establecidos se introducen estos datos en los bloques de instrucciones del programa para el escalamiento de las señales de entrada del PLC, en la Figura 47, se muestran las líneas de instrucción del escalado de las señales de los transmisores TT-01AA & TT-01AB, los cuales ya se les había asignado ranuras de entrada a sus señales.



Figura 49 Líneas de instrucción de escalado de los transmisores TT-01AA & TT-01AB en el programa del sistema de control de atemperación.

Se hace referencia que todas las entradas que se captan en los módulos de entrada del PLC, conllevan el mismo procedimiento que se acaba de describir para su escalamiento.

- Para los módulos de salida:

Para la señal de:	Representación Decimal por parte del Modulo.
4 – 20mA	6242 a 31,208

TABLA N°10: Rangos de representación decimal para señales de salida analógicas de los módulos del PLC

Los parámetros suministrados por la documentación técnica de la instrucción SCL del PLC para la realización del escalado son:

Parámetro	4 – 20mA
Régimen /10,000	15,239
Offset	6242

TABLA N° 11: Parámetros para la utilización de la instrucción SCL para el escalado de señales de salidas analógicas.

Teniendo estos parámetros ya establecidos se introducen estos datos en los bloques de instrucciones del programa para el escalamiento de las señales de entrada del PLC, en la Figura 48, se muestran las líneas de instrucción del escalado de las señales para los sensores de temperatura TV-01A & TT-01B, los cuales ya se les había asignado ranuras de salida.

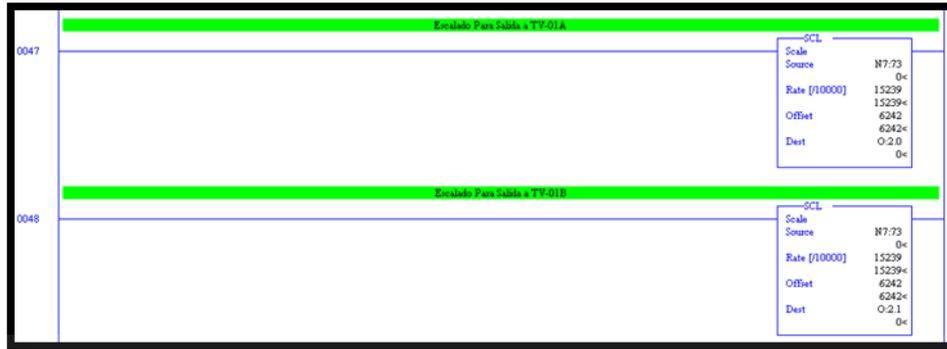
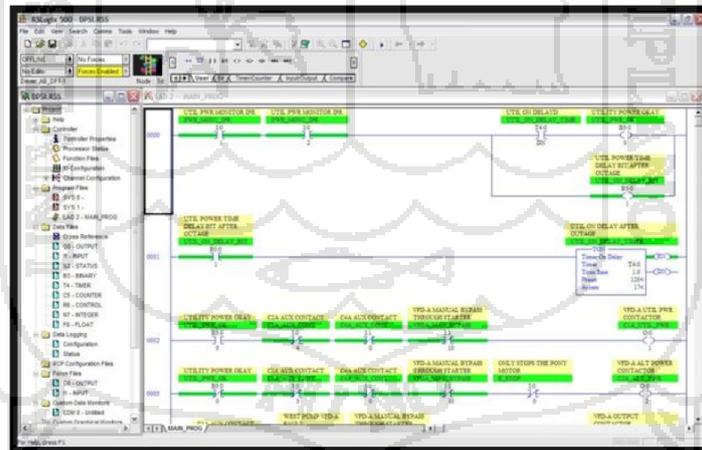


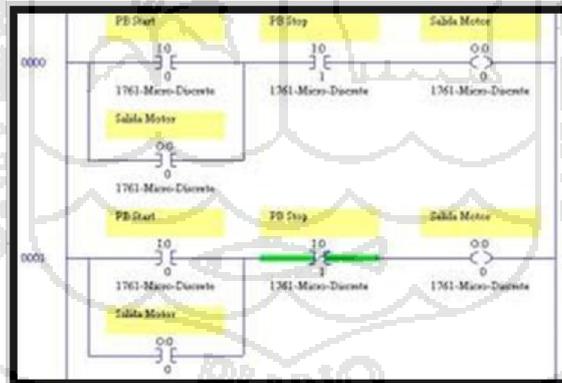
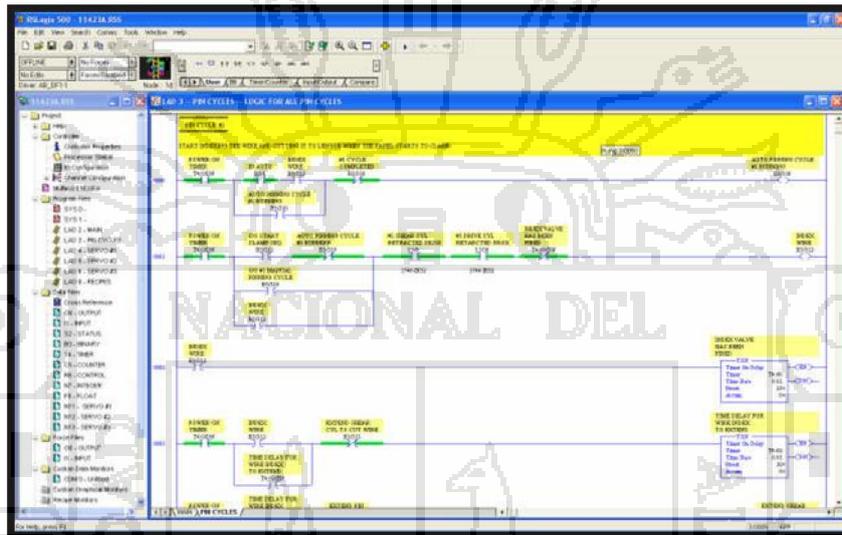
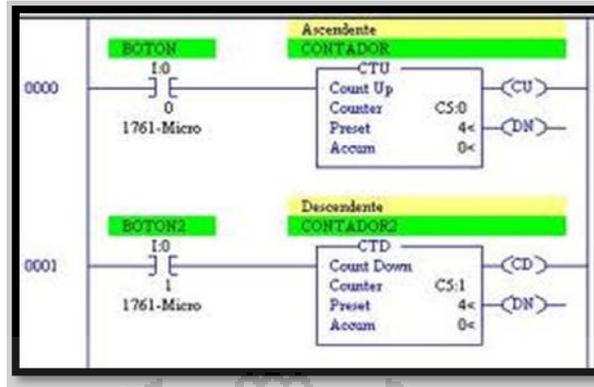
Figura 50 Líneas de instrucción de escalado de las válvulas TV-01A & TV-01B en el programa del sistema de control de atemperación.

Se hace referencia que todas señales de salida que se emiten de los módulos de salida del PLC, conllevan el mismo procedimiento que se acaba de describir para su escalamiento.

4.2 PROGRAMA PRINCIPAL

Figura 51 programa principal





4.2.1 SALIDA DE VARIABLES:

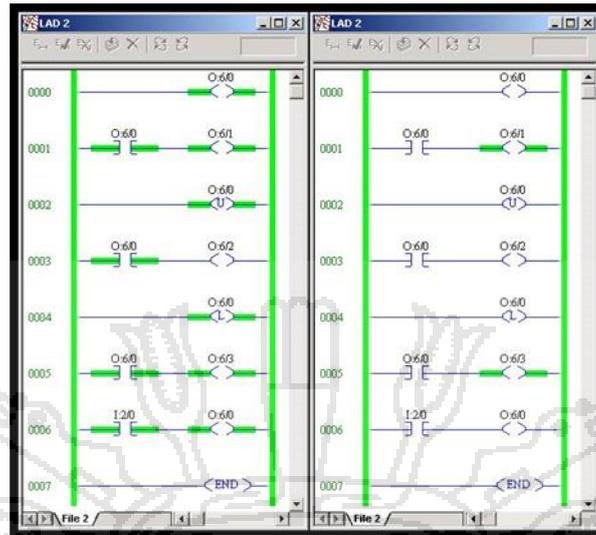
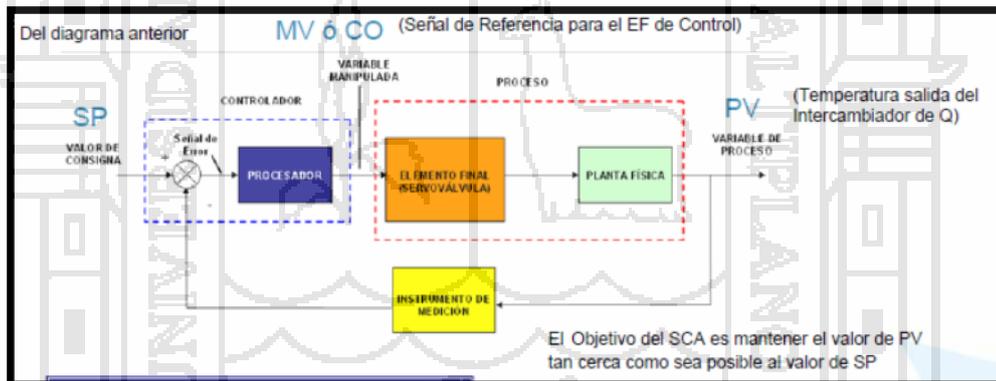


Figura 52 salida de variables

Diagrama de bloques y variables involucradas en un sistema controlado por medio de un lazo de retroalimentación.



PV	Process Variable
MV	Manipulated Variable
CO	Controller Output
SP	Set Point

Variables involucradas en el Sistema de Control

Variable Controlada o Variable de Proceso (PV) $c(t)$: Es la cantidad que se mide y controla, es la salida del sistema.

Variable Manipulada o Magnitud Reguladora (MV) $r(t)$: Es la señal de salida del controlador, que afecta a la Variable de Proceso.

Valor Prefijado o Set Point (SP) $s(t)$: Es el punto al cual se quiere mantener la variable de proceso.

Señal Perturbadora (Z) $z(t)$: Señal indeseada que modifica la Variable de Proceso.

Error $e(t)$: Es la diferencia entre la Variable Manipulada y el Set Point, puede ser positivo o negativo.

4.2.2 SISTEMA DE CONTROL

Un sistema es un ordenamiento de componentes físicos unidos o relacionados de tal manera que mandan, dirigen o regulan al mismo sistema o a otro.

La clasificación más elemental de los sistemas de control se divide en dos tipos:

En Europa se conocen como:

Mando

Regulación

En América se conocen como:

Control de lazo abierto

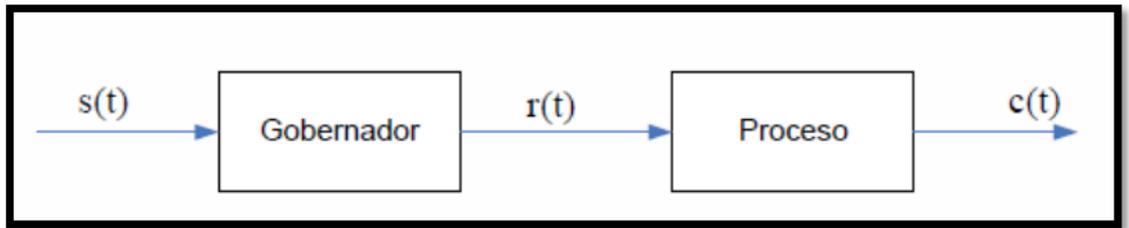


Figura 53 control lazo abierto

Control de lazo cerrado

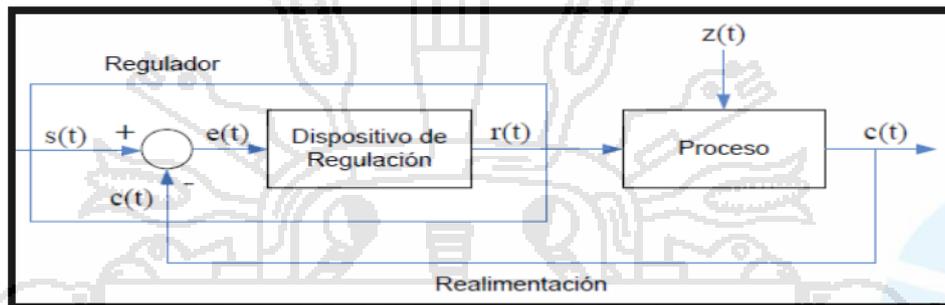


Figura 54 control lazo cerrado

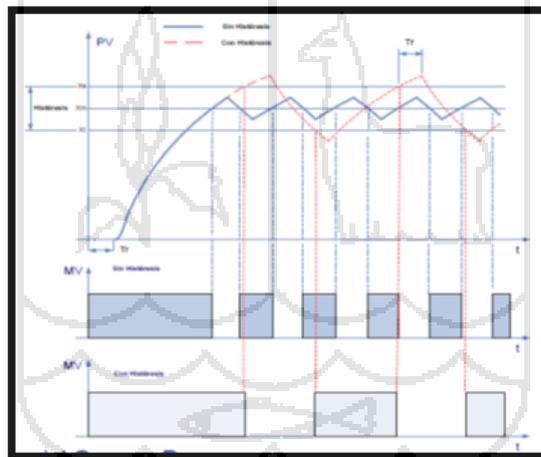


Figura 55 control ON OFF

En ellos la magnitud reguladora sólo puede tomar dos posiciones “on” “off” generalmente utilizados en regulación de temperatura.

Aparece un tiempo de retardo T_r que ocasiona las oscilaciones de la magnitud reguladora.

Regulación de Dos Puntos

La temperatura, oscila debido a la histéresis además de por la oscilación debida al tiempo de retardo. Sin embargo la histéresis disminuye la frecuencia de conexión del elemento de regulación.

Cuanto mayor sea la histéresis del dispositivo de regulación, mayor será la oscilación de la magnitud regulada y menor la frecuencia de conexión.

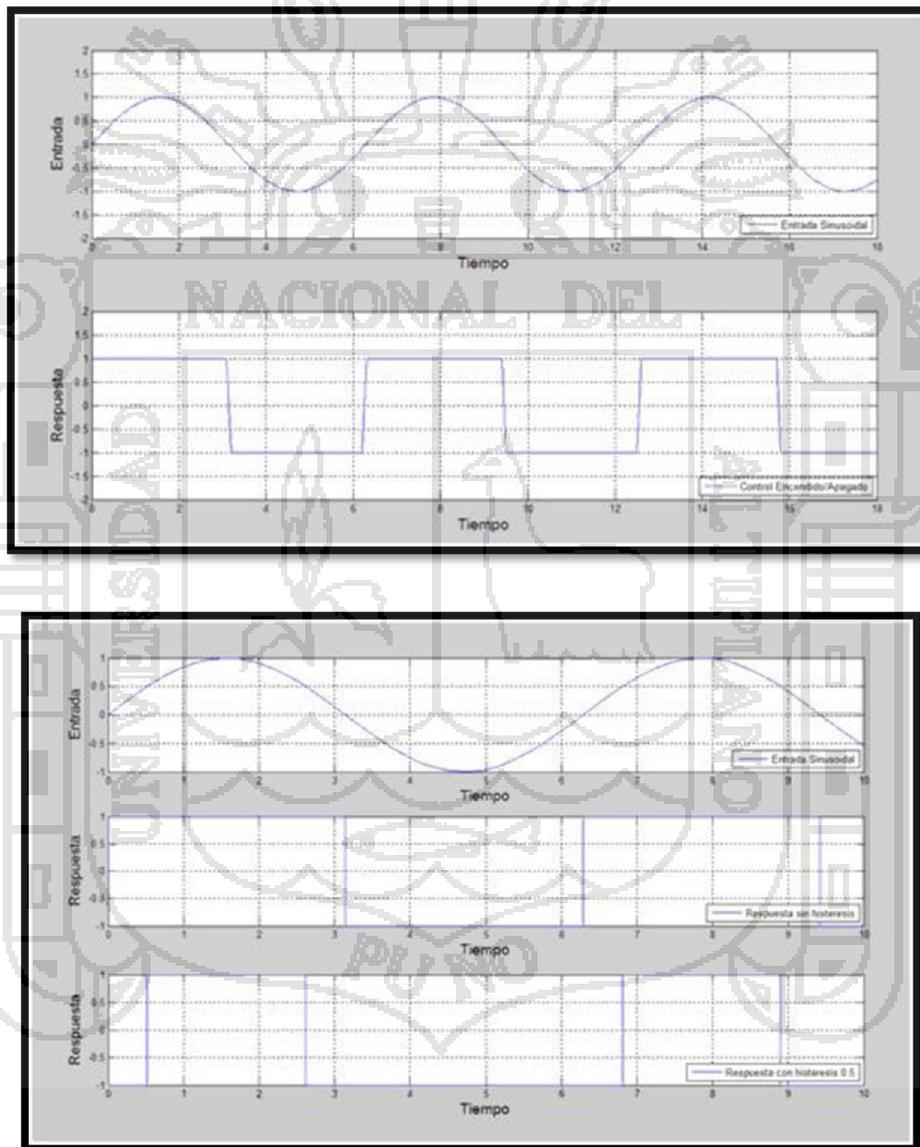


Figura 56 respuesta de señales al control ON OFF

4.3 CREACIÓN DEL PROYECTO EN RSVIEW32

Un proyecto en RSView32 es un programa creado para supervisar, controlar y monitorear el buen o mal funcionamiento de una planta o proceso, por lo tanto, para un correcto diseño de aplicaciones se debe considerar lo siguiente:

- El funcionamiento real del proceso en cuestión, entender sobre los equipos y procesos que se están utilizando para la automatización.
- Adquirir toda la información necesaria sobre, software, equipos, elementos auxiliares, sensores, etc.
- Elaborar planos, esquemas de los elementos que intervienen en el proceso para crear las respectivas pantallas gráficas y la navegación entre ellas.
- Planificar con el operador la información que él necesita para elaborar un ambiente amigable eficaz en cuanto a control, manejo y supervisión del proceso.
- Crear un listado de alarmas e históricos de funcionamiento de las variables de proceso más relevantes.
- Crear o importar la base de datos de tags del HMI.

Además una aplicación consiste básicamente de:

- Servidores de datos: proveen las comunicaciones para el proyecto.
- Un proyecto o HMI.
- Uno o varios dispositivos que envíen datos al HMI.

4.3.1 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

En primera instancia, lo que se realiza es la configuración de la comunicación, en donde se elige el canal, la dirección del nodo, las variables involucradas y todo lo relativo a comunicaciones del sistema.

4.3.1.1 CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIONES

El driver de comunicaciones del presente proyecto se define en base a la disponibilidad de los medios físicos o cables de conexión del PLC Micrologix 1100 con el computador, los cuales poseen conectores Ethernet y Serial en primera instancia, posteriormente se procede con la configuración del driver.

A continuación se presenta la creación/configuración de drivers Ethernet y serial respectivamente para la comunicación entre el PLC y el computador.

4.3.1.1.1 CONFIGURACIÓN/CREACIÓN DE DRIVER PARA PROTOCOLO RS-232 DF1

Para la configuración de drivers en RSLinx se procede de la siguiente manera: iniciar RSLinx Classic; en Inicio, Programas, Rockwell Software, RSLinx, RSLinx Classic, se desplegará la ventana de inicio.

En menú, Configure Drivers, en Available Driver Types se despliega todos los drivers con que cuenta RSLinx, se selecciona la opción **RS-232 DF1** devices, se pulsa Add New y aparece una ventana donde opcionalmente se ingresa el nombre de la conexión que por default se denomina AB-DF1-1, luego OK.

Aparece la pantalla que se muestra en la figura 49, donde se configuran los parámetros de comunicación tales como: puerto de comunicación (COM asignado), el dispositivo conectado, la velocidad de comunicación, el número de estación (siempre 00), la paridad de los bits, el protocolo de comunicación.

La misma acción se puede realizar al seleccionar el puerto de comunicación adecuado (COM1, COM2, etc.) y luego presionar Auto-Configure, si el dispositivo es reconocido aparecerá en el recuadro como “successful” y luego click en OK.

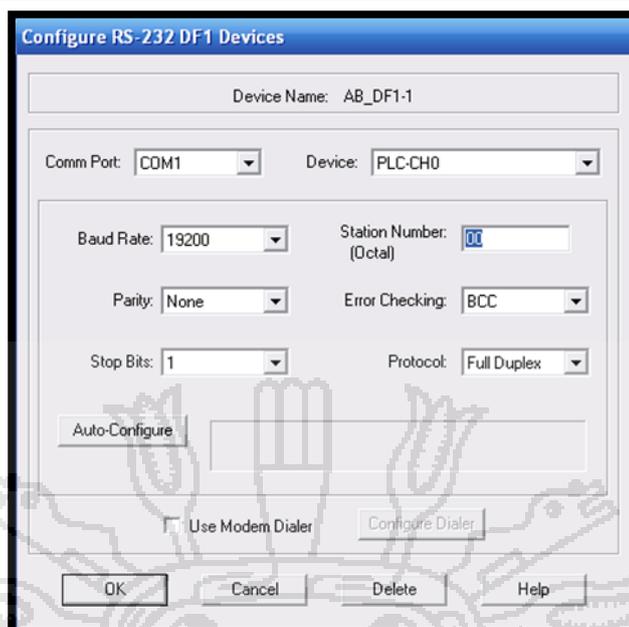


Figura 57 Ventana configuración de driver RS-232 DF1

Para finalizar; cerrar la ventana Configure Drivers (close), y verificar que en la ventana principal de RSLinx Classic en el icono RSWho, el dispositivo AB_DF1-1, Data Highway Plus indique el dispositivo conectado con el nombre del procesador descargado al PLC, en este caso POOL.

4.3.1.1.2 CONFIGURACIÓN/CREACIÓN DE DRIVER PARA PROTOCOLO ETHERNET

Para la configuración del driver **AB_ETH-1, Ethernet**, (medio de comunicación Ethernet IP) el proceso es el siguiente:

En la opción Available Driver Types se selecciona la opción Ethernet devices o EtherNet/IP, luego Add New, y para aceptar OK; la diferencia entre estas dos opciones es que en la opción Ethernet devices requiere del ingreso de la dirección IP asignada al PLC, y para la opción Ethernet/IP Drivers no requiere ingreso de la dirección IP, se establece una comunicación directa al detectar automáticamente las conexiones Ethernet existentes en la red.

La figura 3.8 muestra la configuración para el PLC Micrologix 1100 en comunicaciones Ethernet y RS-232 DF1.

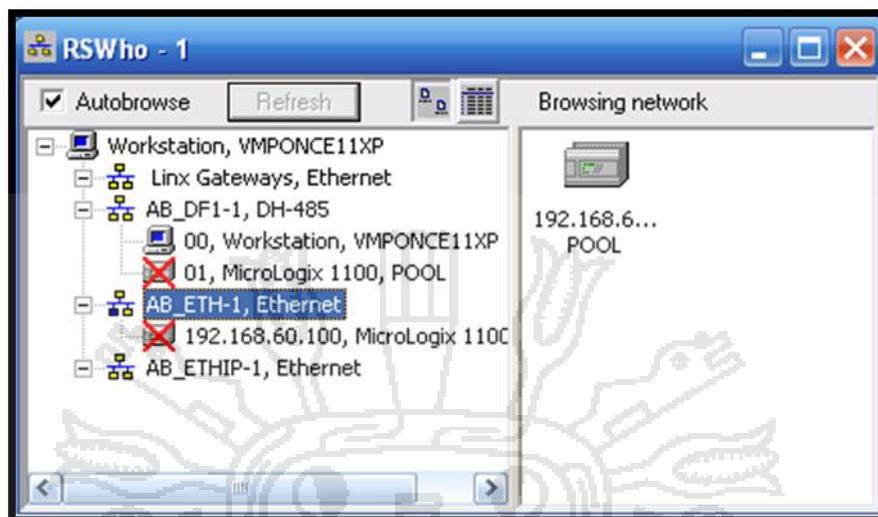


Figura 58 Ventana con drivers RS-232-DF1 y Ethernet

4.3.1.1.3 CANAL DE COMUNICACIÓN

En el panel de editores, en la carpeta System, opción Channel aparecerán por default los drivers de comunicaciones que se configuraron o crearon en RSLinx, en este caso Ethernet IP, llamado TCP/IP, y el driver de comunicación primario AB_ETH-1.

4.3.1.1.4 NODO DE COMUNICACIÓN

En el panel de editores, en la carpeta System, opción Node aparece el canal con su nombre TCP/IP en el icono de la derecha existe un icono presionamos y aparecerá la estación de trabajo con todos los drivers disponibles, y en los cuales están los equipos conectados a la estación de trabajo, este caso AB_ETH-1, Ethernet con la dirección IP 192.168.060.100, correspondiente al PLC Micrologix 1100 usado en el presente proyecto, seleccionamos ésta y la dirección aparecerá en el cuadro Station. Las ventanas correspondientes se muestran en la siguiente

figura51.

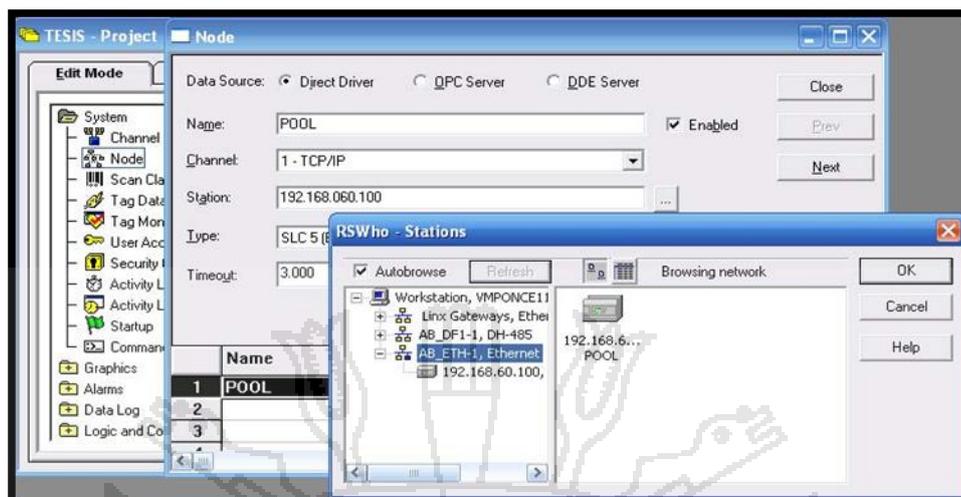


Figura 59 Configuración del nodo de comunicación

4.3.1.2 CREACIÓN DE TAGS

En el panel de editores, en la carpeta System, opción Tag Database aparece la ventana mostrada en la figura 52 en la cual se ingresa el nombre, tipo análogo-digital-string (cadena caracteres ASCII), seguridad (para usuarios con contraseña), descripción o comentario, nivel (on/off) del tag. Además se selecciona el origen de datos o nodo, el Scan Class (tiempo de escaneo de datos) y se ingresa la dirección de memoria del tag en el dispositivo/equipo físico (dirección de memoria de programa del PLC).

Los tags de variables análogas tienen opciones extras como: el tipo de variable náloga (entero, punto flotante, etc), se puede también seleccionar los límites en que varían dichos tags análogos.

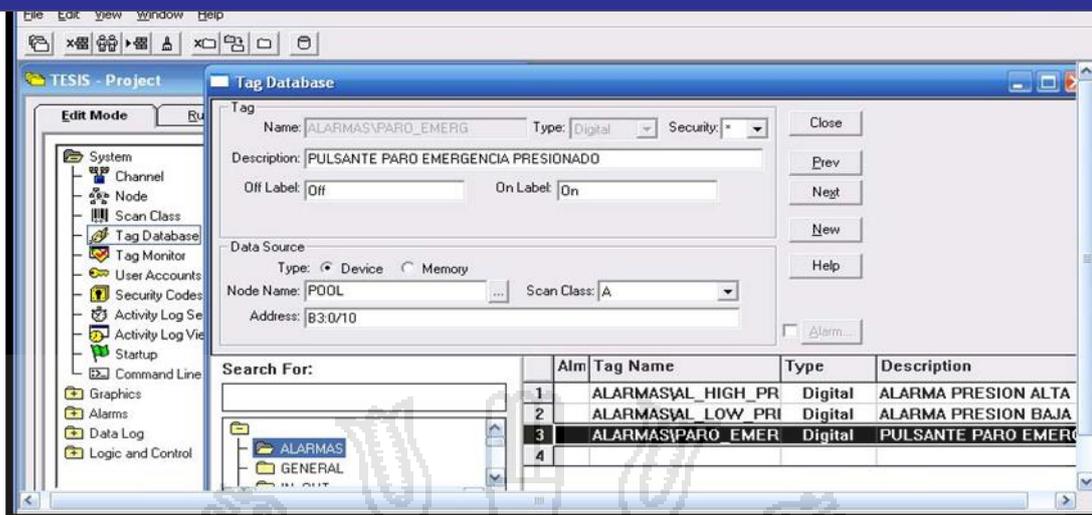


Figura 60 Ventana para la creación de tags

También se puede crear tags propios del sistema, es decir, Tags en la memoria interna de RSView32, seleccionando la pestaña Memory en el recuadro Data Source.

Se puede crear carpetas y subcarpetas para la organización de la base de tags, en la barra de herramientas de la parte superior aparecen iconos los cuales sirven para crear, borrar, editar y copiar carpetas, subcarpetas y sus respectivos tags.

4.3.1.2.1 IMPORTACIÓN DE TAGS DESDE UNA BASE DE DATOS PLC ALLEN-BRADLEY

Se pueden importar tags selectivamente de una base de datos PLC Allen-Bradley hacia la base de datos de tags RSView32. Los tags importados de esta manera se copian en la base de datos no se comparten con la base de datos de origen. Esto significa que los cambios a los tags en RSView32 no afectan a la base de datos desde la cual han sido importadas y vice-versa.

También se dispone de una base de Tags propios de RSView, almacenados en una carpeta llamada system, estos sirven para dar Información general mientras el sistema se está ejecutando, estos son: el nombre del usuario, la fecha y hora del sistema, etc. RSView crea system tags cuando se crea una aplicación y no se

pueden editar.

4.3.1.3 CONFIGURACIÓN DE ARRANQUE/INICIO DEL RUNTIME

En el panel de editores, en la carpeta System, opción Startup, opción/pestaña **Preferences** se configura las preferencias de bloqueos y aparición de las pantallas, y las características de funcionamiento del Runtime, tales como: aparición de la barra de título, la barra de menú, la barra de actividades, el administrador de proyectos, etc.

En la opción **Startup** se configuran los parámetros de visualización tales como: el banner de alarmas, la aparición del estado de la comunicación, el tipo de servidor de datos, el Startup Macro (código de comando o secuencia al arranque del Runtime), el Shutdown Macro (código de comando o secuencia a la parada del Runtime), la pestaña Initial Graphic (selección de la pantalla que aparecerá al arranque del runtime) y la opción Project Load Macro (código de comando que se utilizará en determinada parte del programa).

Las ventanas de la figura 53 muestran los dos casos antes descritos:



Figura 61 Ventana configuración Startup opción Startup

4.3.1.4 CREACIÓN DE PANTALLAS GRÁFICAS

En el panel de editores, en la carpeta Graphics, opción Display se crean las pantallas gráficas donde se representarán las diferentes partes y componentes del proceso, al presionar click derecho y seleccionar new (o presionar doble click sobre Display), se creará una pantalla vacía y sin título en donde se sitúan los diferentes objetos como botones de seteo o navegación, visualizadores del proceso, imágenes y archivos de Corel Draw, Adobe Photoshop.

Dependerá de la imaginación y destreza del programador para lograr efectos de animación, navegación y control de sistemas reales. Ésta pantalla tiene varias opciones y herramientas para su configuración, al dar click derecho sobre ésta se tiene opciones para: configurar tamaños, el color de la pantalla, la ubicación de la pantalla respecto a los ejes X y Y, etc.

La figura 54 muestra las utilidades y herramientas que posee una pantalla gráfica.

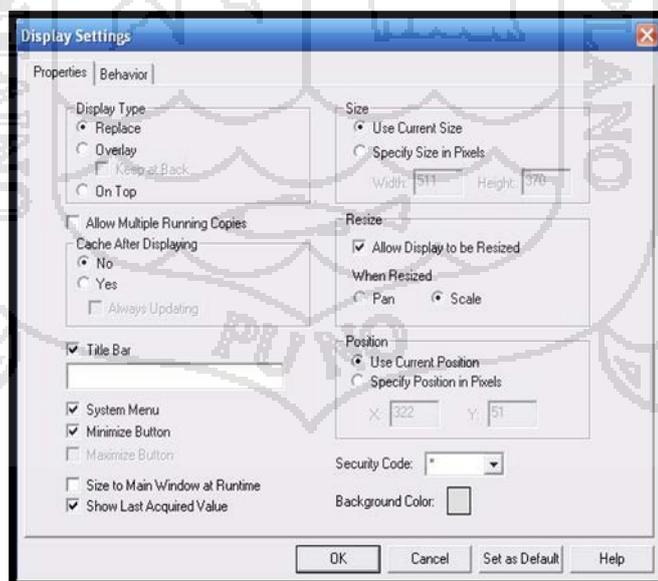


Figura 62 Ventana utilidades y herramientas de las pantallas gráficas

Cada pantalla es almacenada en una carpeta llamada GFX, además se puede abrir y

trabajar con múltiples pantallas gráficas al mismo tiempo,

4.3.2.4.1 LIBRERÍAS GRÁFICAS

RSView32 posee unos archivos .gfx almacenados en la ubicación Graphics, opción Lybrary, contiene una librería de objetos gráficos animados y agrupados por categorías, estos pueden ser utilizados en el desarrollo de aplicaciones.

Existe una gran variedad de objetos para casi todo tipo representaciones de procesos, estos objetos son fácilmente editados y copiados a las pantallas gráficas, dos ejemplos de estos archivos .gfx se muestra en la figura 55.

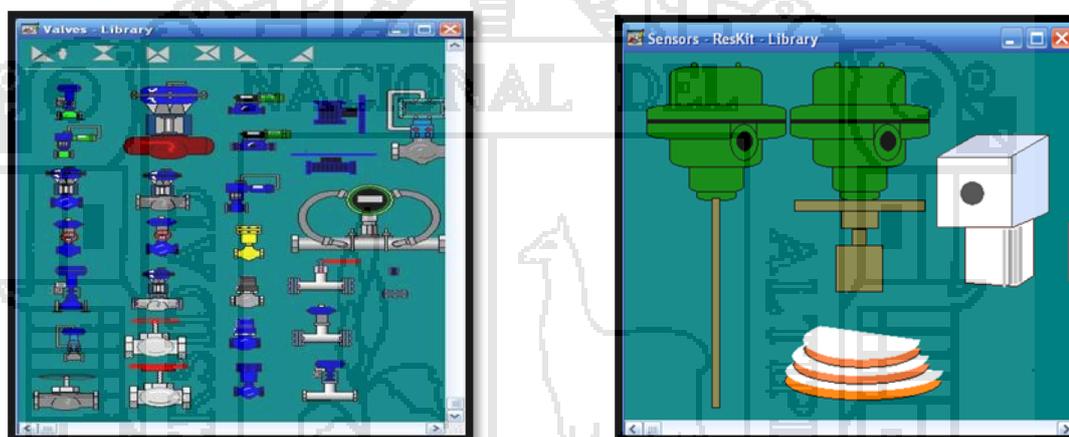


Figura 63 Pantalla ejemplos de librerías de RSView32

4.3.2.4.2 OBJETOS GRÁFICOS

RSView32 cuenta con una amplia variedad de objetos gráficos configurables para la creación y edición de textos, líneas, rectángulos, arcos, etc. además de botones configurables para seteo de tags de dispositivos, de memoria, o navegación de pantallas, entre otros.

Por ejemplo un botón de seteo o navegación tiene opciones o herramientas de configuración como las mostradas en la figura 56. En la opción:

- General: se configura la apariencia del botón.

- Action: la función que se realizará, es decir, seteo de tag(s), navegación entre pantallas, o ejecución de comandos (de RSView o visual basic).
- Up Appearance y Down Appearance: aquí se ingresa el nombre, color, tipo de texto del botón, cuando esta presionado y sin presionar.

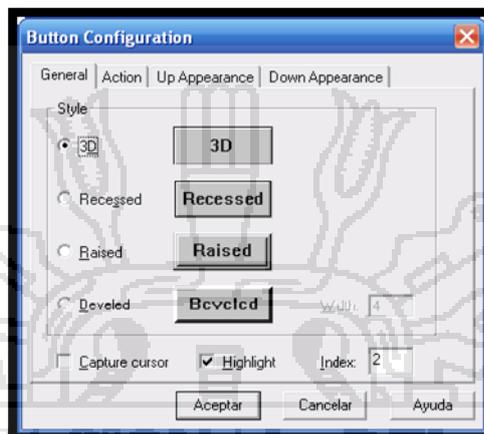


Figura 64 Configuración de Botones

También se dispone de objetos del tipo:

- Numeric Display: visualización de variables numéricas de proceso.
- String Display: visualización de variables en código ASCII de proceso).
- Numeric Input: ingreso, seteo y visualización de variables numéricas de proceso.
- String Input: ingreso, seteo y visualización de variables en código ASCII de proceso.
- Label: visualización de niveles On/Off de variables o tags del sistema.
- Arrow: símbolos gráficos o flechas.
- Tag Monitor: cuadro para monitoreo en tiempo real de tags.
- Alarm Summary: Cuadro/banner de alarmas para elaborar históricos, etc

Estos objetos se encuentran en la barra de herramientas Drawing Tools mostrada en la figura 57, o en el menú Objects, Advanced Objects.



Figura 65 Menú y barra de objetos

RSView32 posee un menú de Editor de Gráficos que se abre cuando se crea o se abre una pantalla gráfica, éste facilita la edición de objetos en la creación de pantallas gráficas, la figura 58 muestra el mencionado menú.



Figura 66 Menú editor de gráficos.

4.3.1.5 ALARMAS

RSView32 tiene un completo sistema de alarmas, las mismas que deben estar presentes en todos los proyectos de control y monitoreo, debido a que los equipos son susceptibles a fallas, en este caso se debe emitir una señal de alarma para que el operador pueda atender y resolver el problema. Entonces a través de elementos auxiliares como sensores y la PC se pueden determinar el correcto funcionamiento de los procesos de manera local y remota

Para configurar las alarmas se tiene el editor TagDataBase en el que se asocian alarmas a los tags a ser monitoreados, los valores de los tags son actualizados en la tabla de valores, son comparados con límites asignados en la configuración de las alarmas, y si el valor del tag excede los límites configurados, una alarma de la severidad programada es activada.

Al definir un tag análogo se puede asignar ocho niveles de severidad para un valor de alarma, los cuales representarán determinada importancia en un proceso.

El nivel 1 es el más severo y el nivel 8 el menos severo, esto es importante ya que determina el destino, color de texto y orden de los mensajes de alarma en el cuadro resumen de alarmas.

Un resumen de alarmas puede enumerar hasta 1.000 entradas de alarmas, a medida que se producen nuevas alarmas, éstas aparecen en la parte superior o inferior de la lista, si el resumen está lleno, una alarma desaparece de la parte inferior de la lista por cada alarma nueva que aparece en la parte superior. Las alarmas también desaparecen en condiciones de reconocimiento.



Figura 67 Creación de un resumen de alarmas

4.3.1.6 TENDENCIAS

Un objeto de tendencia representa visualmente y en tiempo real la respuesta de determinada variable, creando un historial de valores de tags, los cuales proveen al operador información sobre la actividad que se está desarrollando en el proceso. Las tendencias de RSVIEW32 permiten: graficar hasta 16 tags/variables por cada objeto de tendencia.

Los controles deslizantes y botones alrededor de la tendencia son objetos gráficos creados separadamente de la tendencia pero son importantes porque ellos

controlan la tendencia en el tiempo de ejecución. Puede encontrar estos objetos en la biblioteca de Tendencias, o en la herramienta Tendencia.

Para dibujar la tendencia basta con arrastrar el mouse, en una pantalla grafica, del tamaño deseado y luego soltar el mouse. Para configurarla doble click sobre ella y aparece un cuadro de opciones de configuración. La figura 60 muestra una tendencia o histórico.

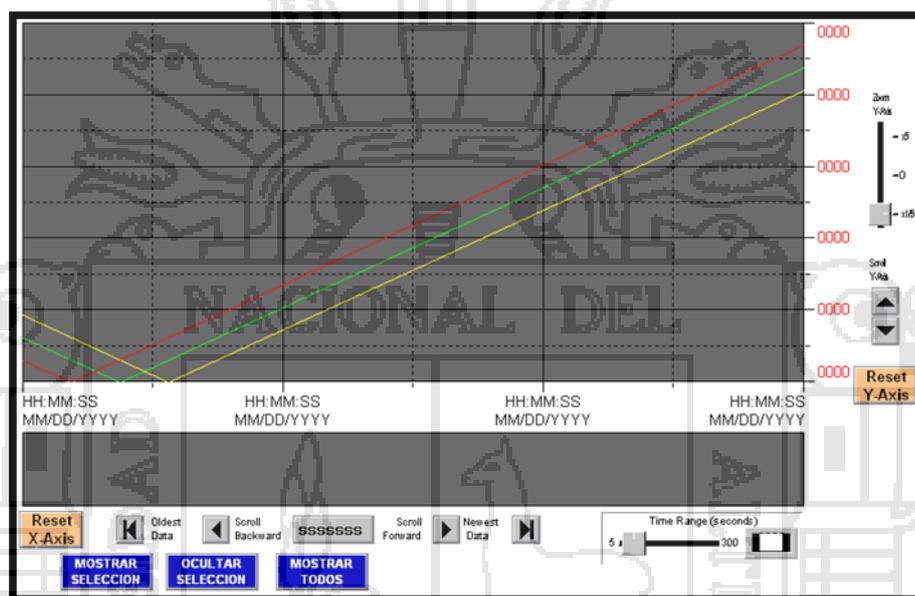


Figura 68 Creación de Trends/Tendencias

4.4 APLICACIÓN DEL EXPERIMENTO

Los resultados Obtenidos de la investigación fueron los siguientes:

Etapa de Recolección de material reciclado o Scrap en esta etapa se recicla material plástico para poder reusarla y procesarla en la etapa de Picado.

Etapa de Picado en esta etapa se realiza la selección de material plástico reciclado en material sucio y limpio, donde el material sucio tiene que pasar por dos etapas antes de ser aglomerado que son la de lavado y la de secado después de pasar estas etapas se aglomera.

4.4.1 PROCESO DE LAVADO



Figura 69 proceso de lavado de material

4.4.2 PROCESO DE AGLOMERADO

Etapa de aglomerado es la etapa mecánica donde se aglomera el material picado para posteriormente pasar a la etapa de calentado.



Figura 70 proceso de aglomerado

4.4.3 PROCESO DE PELETIZADO

Etapa de calentado es la etapa donde se calienta el material aglomerado para pasar a la etapa de Peletizado es la etapa en donde el material de aglomerado junto con los colorantes son mezclados, calentados y filtrado para tener peletizado compacto y bien mezclado y en donde es llevados por un tornillo a una inyectora para después pasar por una trituradora y formar el peletizado.

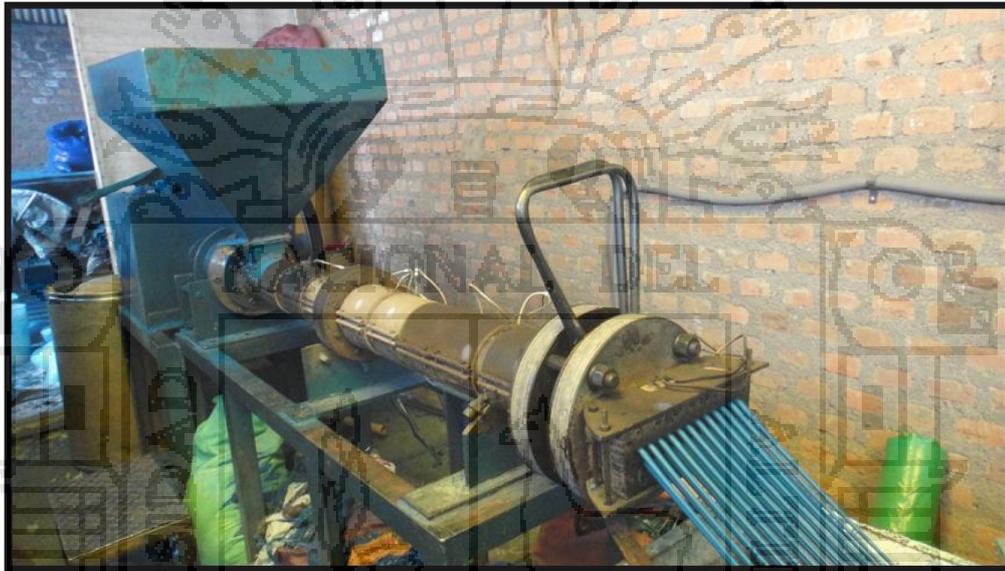


Figura 71 proceso de paletizado

4.4.4 PROCESO DE EXTRUSIÓN

La etapa de extrusión es donde el material peletizado es llevado a la tolva de la extrusora pasando por la etapa de cilindro donde se encuentra el tornillo de extrusión dentro de esta etapa se encuentran cuatro etapas de calentado de las resistencias donde las temperaturas oscilan de la siguiente manera:

Etapa 1 temperatura de 120 a 140 grados centígrados

Etapa 2 temperatura de 160 a 180 grados centígrados

Etapa 3 temperatura de 180 a 200 grados centígrados

Etapa 4 temperatura de 160 a 180 grados centígrados

Para luego pasar por una inyectora a la etapa de jalado y embobinado donde termina el proceso con el Film Plástico producto final.



Figura 72 proceso de Extrusión

4.3.1 PROCESO DE JALADO Y EMOBINADO



Figura 73 Proceso de jalado y embobinado

4.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación, obtenidos después del proceso de experimentación.

Con el fin de determinar los beneficios del diseño y automatización de una planta de extrusión de plástico reciclado utilizando PLC Micrologix 1100 de Allen-Bradley, se utilizó como instrumento el registro anecdótico el cual fue analizado, nos determinó beneficios del experimento de la siguiente manera:

Después de aplicar y observar el experimento se pudo comprobar que:

- Mejorará la productividad de la empresa, habrá mayor producción en menos tiempo y con menores costos.
- Mejorará las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Ayudará a realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorará la disponibilidad de los productos,
- Simplificará el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.

Ciertamente en un futuro se puede mejorar el PLC utilizando sus entradas libres implementando el control de la trituradora de plástico, la faja transportadora, etc, el cual estamos seguros darán mejores resultados en la producción.

CONCLUSIONES

PRIMERA: El diseño y automatización de una planta de extrusión de plástico reciclado utilizando PLC micrologix 1100 de allen-bradley, produce grandes beneficios puesto que mejora la productividad de la planta.

SEGUNDA: El conocimiento del proceso y las variables de la Automatización ayuda mejorar la planta de extrusión de Plástico puesto que nos permite seleccionar de manera adecuada el diseño de la automatización que necesita nuestra planta de extrusión.

TERCERA: La elaboración del Diseño de Automatización facilita el proceso de Extrusión de plástico; ya que va permitir que el trabajo sea más rápido.

CUARTA: La elección adecuada de un PLC de acuerdo a su estructura, tipos de comunicación, software utilizado, hardware ayuda a lograr una correcta automatización en la planta de extrusión.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Para lograr una productividad en la planta de extrusión de plástico reciclado se recomienda usar PLC Bicrologix 1100 de Allen-Bradley.

SEGUNDA: Conocer el proceso y las variables de la Automatización para mejorar la planta de extrusión de Plástico y así seleccionar de manera adecuada el diseño de la automatización que necesita nuestra planta de extrusión.

TERCERA: La elaboración del Diseño de Automatización facilita el proceso de Extrusión de plástico; ya que va permitir que el trabajo sea más rápido.

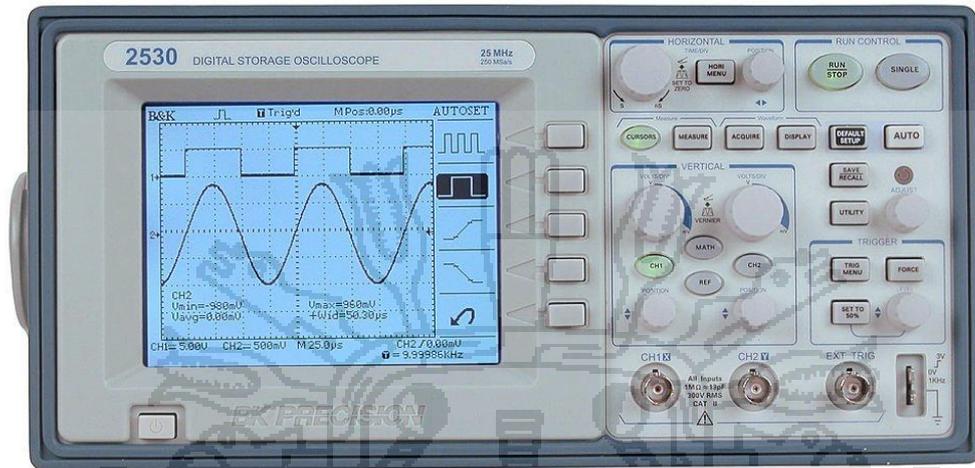
CUARTA: se recomienda ver la estructura, tipos de comunicación, software, hardware utilizado en la planta y en base a ello elegir el PLC adecuado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORTÉS MUÑOZ, Jorge Andrés. DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINA EXTRUSORA PARA RECICLAJE PLÁSTICO. Universidad Autónoma de Occidente Facultad de Ingeniería. Santiago de Cali (2008).
- Ingenieros Ambientales. PLANTA DE RECICLAJE DE PLÁSTICO. 2009. Asunción.
- BONFATI, F., MONARI, P.A., SAMPIERI, U., *IEC 1131-3 Programming Methodology Software engineering methods for industrial automated systems*, Altersys, 1997, p.151-233
- Moldeado, Inyección y Extrusión [en línea]. México: Textos Científicos, 2005.
Disponible en Internet:
http://www.textoscientificos.com/publish/article_829.php
- <http://ab.rockwellautomation.com/es/programmable-controllers/micrologix-systems>
- <http://cadcamcae.wordpress.com/2007/05/15/la-inyeccion-de-plasticos-2-%C2%BFque-necesitamos/>

ANEXO N° 01

INSTRUMENTOS USADOS PARA LA MEDICIÓN



OSCILOSCOPIO

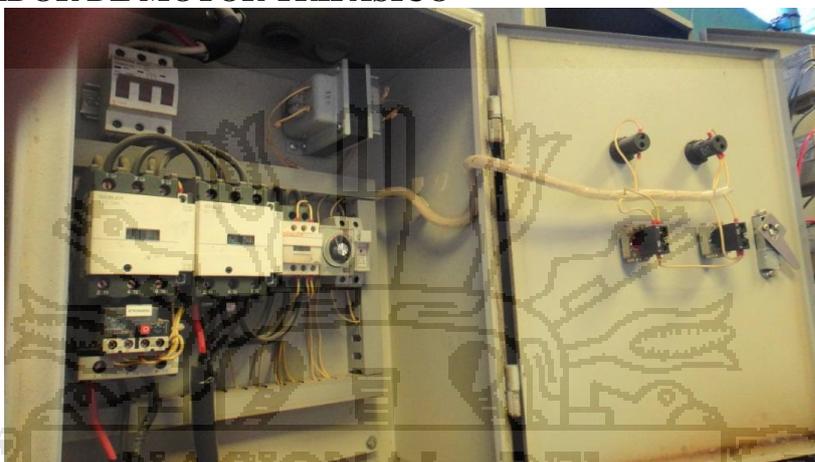


MULTITESTER

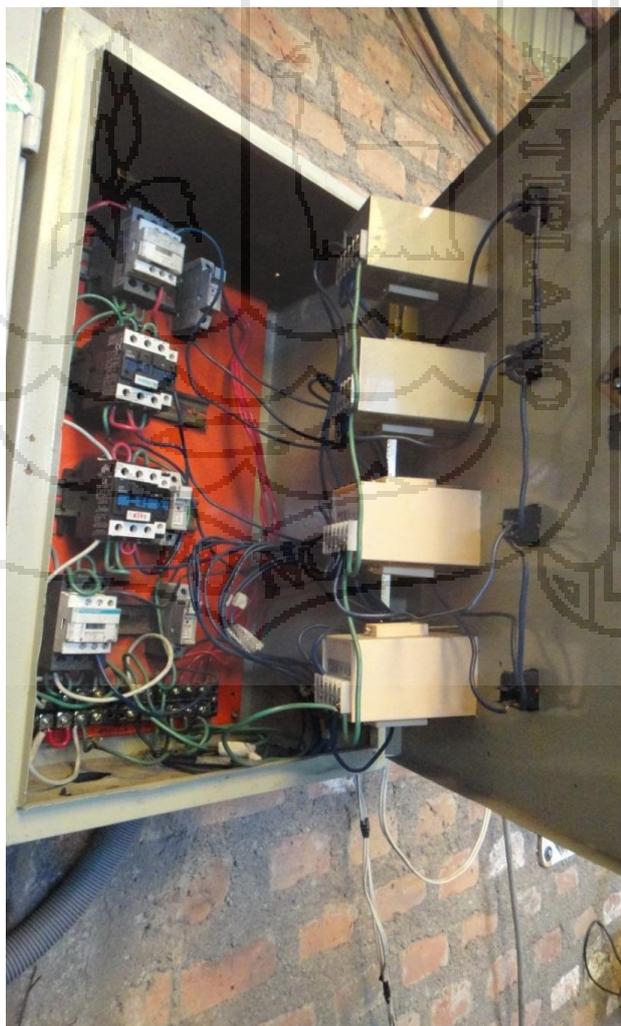
ANEXO N°02

FOTOGRAFÍAS DE LOS PROCESOS DE EXTRUSION

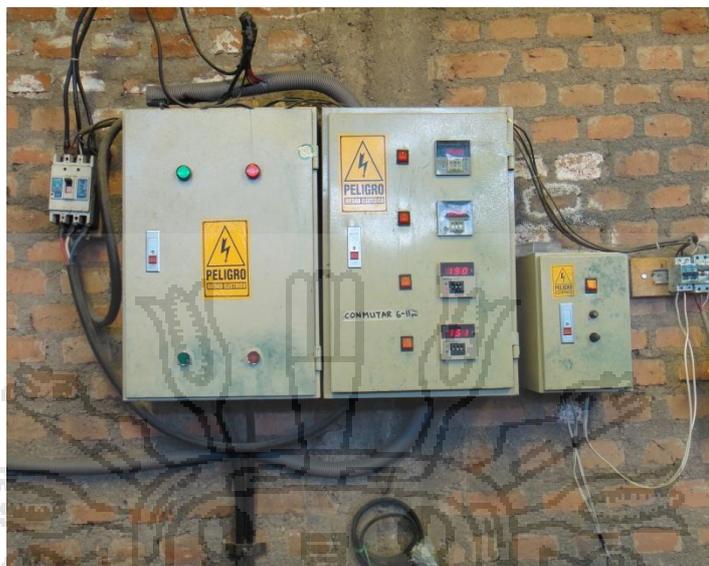
ARRANCADOR DE MOTOR TRIFÁSICO



CONTROL DE TEMPERATURA



TABLERO DE MADO

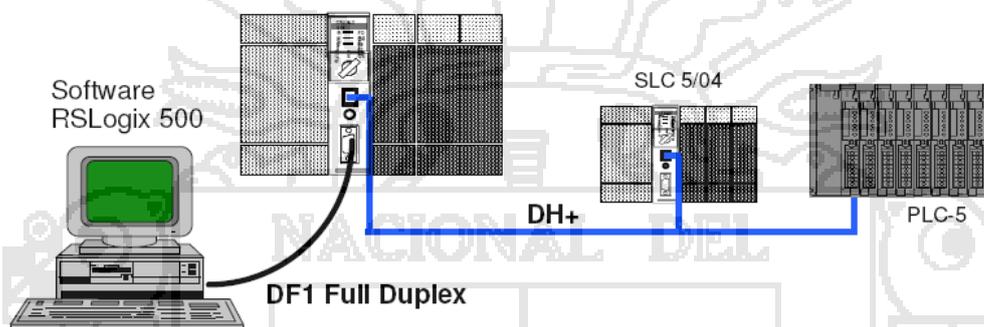


ANEXO N° 03
INTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS
REGISTRO ANECDOTICO

ASPECTO: COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

FECHA: 15/01/2013

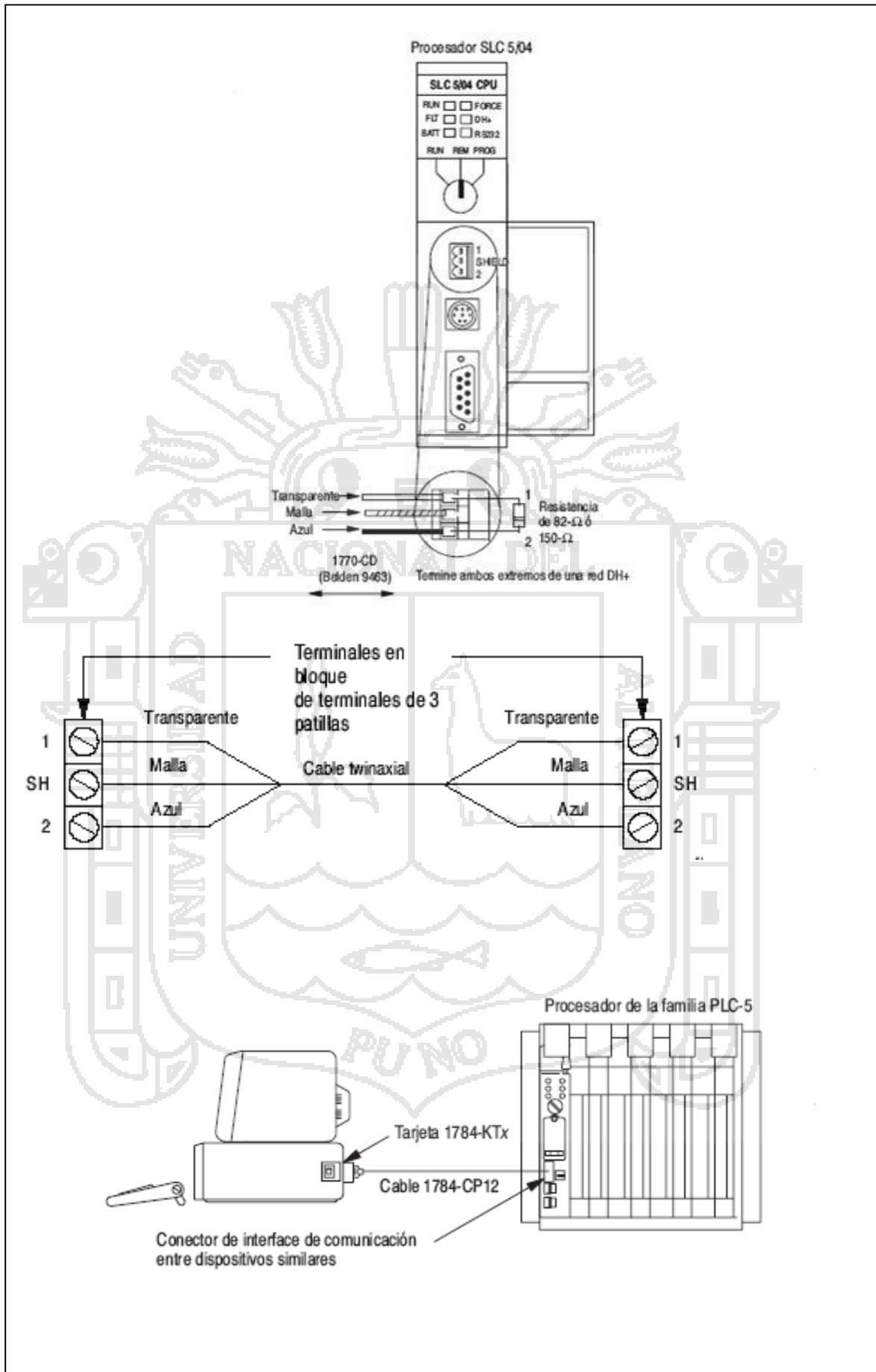
Use el conector de 3 pines en el procesador para conectar una red DH+. El puerto del conector debe estar configurado para aceptar una red de comunicación DH+.



Tenga en mente las siguientes consideraciones cuando configure mensajes que van a comunicarse por una red DH+ entre los procesadores PLC-5 y SLC 5/04.

El procesador SLC sólo puede direccionar las palabras 0 a 255 en una tabla de datos PLC-5.

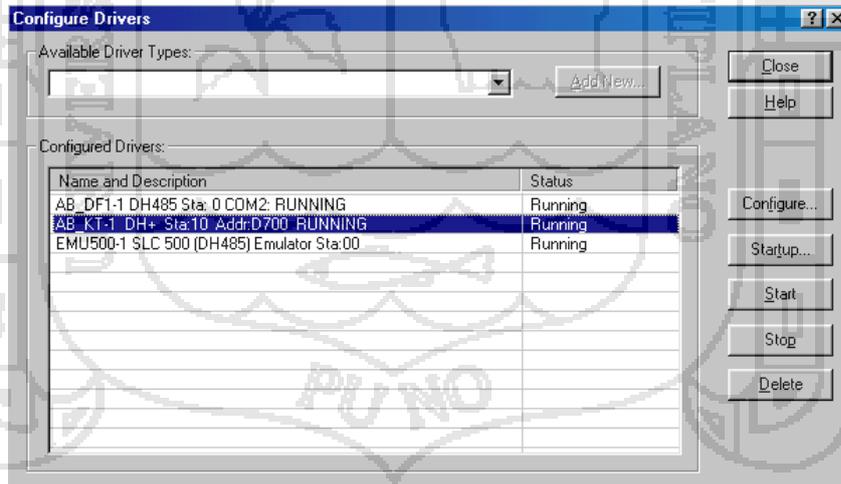
En una instrucción MSG SLC 5/04, el número máximo de palabras que usted puede leer desde, o escribir a, un procesador PLC-5 es 100 palabras.

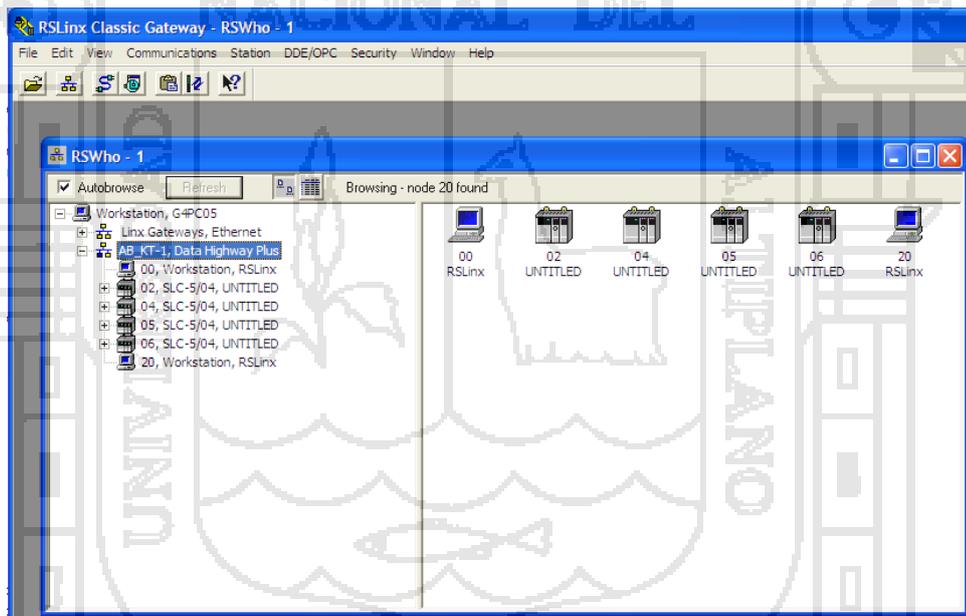
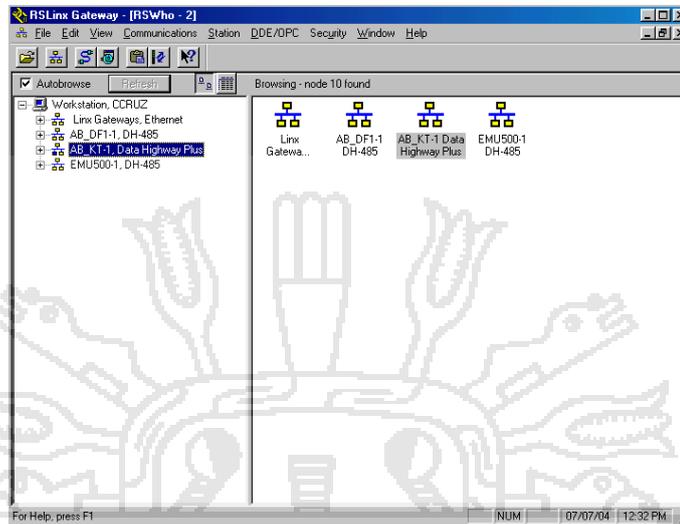


1) Configure la tarjeta en el RSLinx

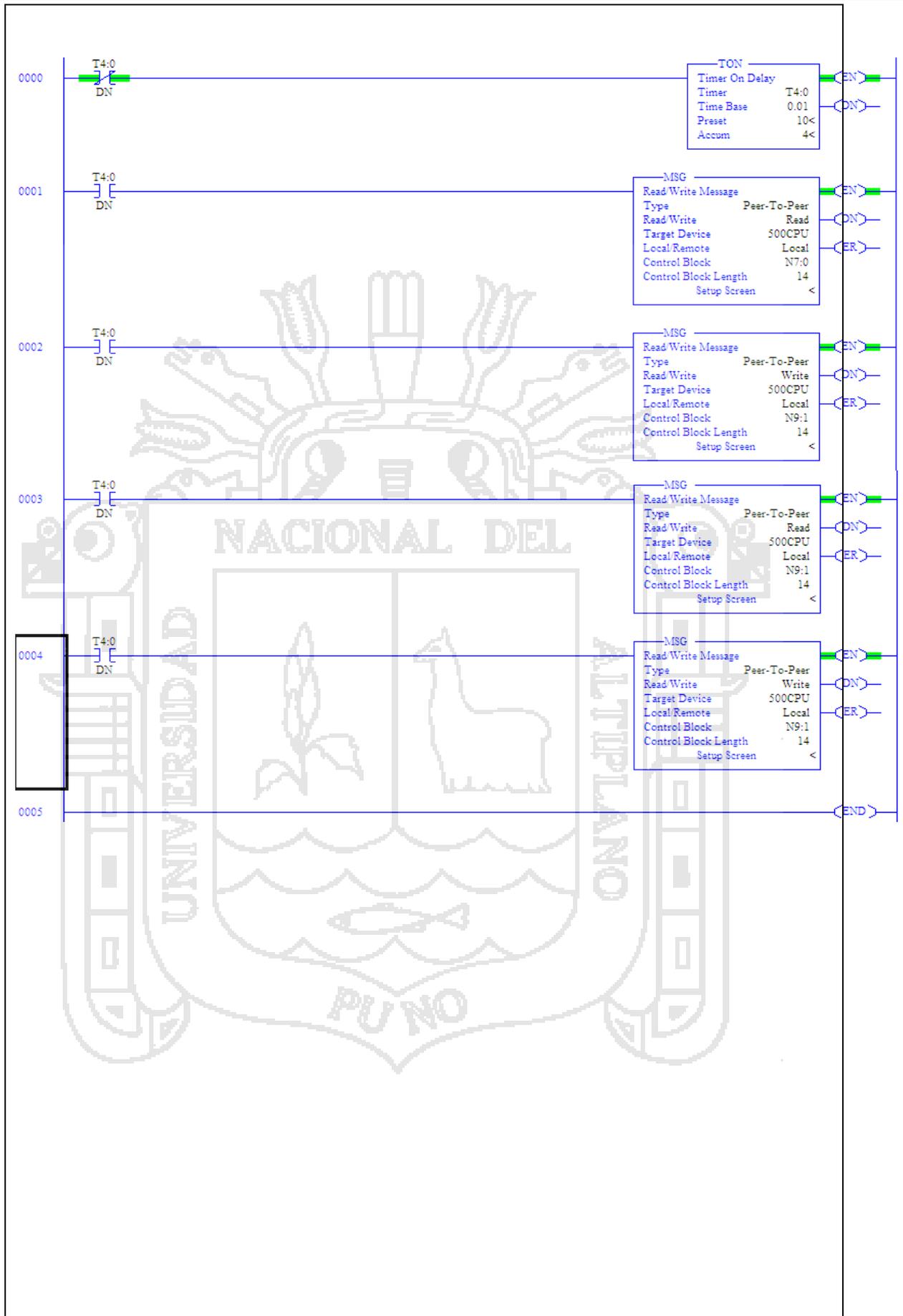


2) Verifique la conexión de la red via el RsWho del RSLinx

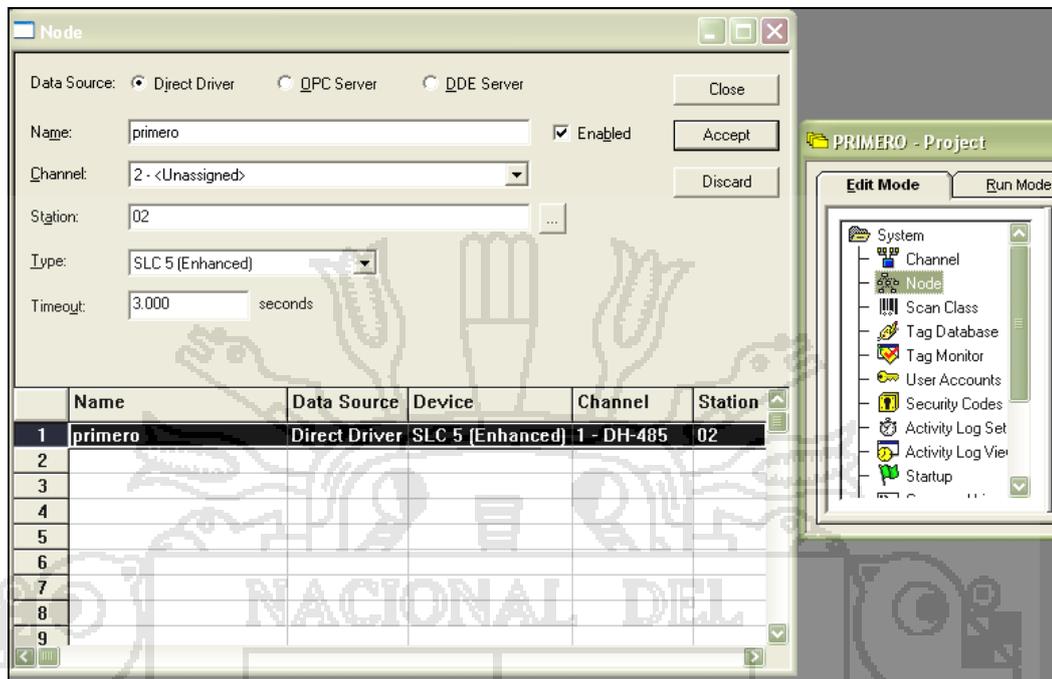




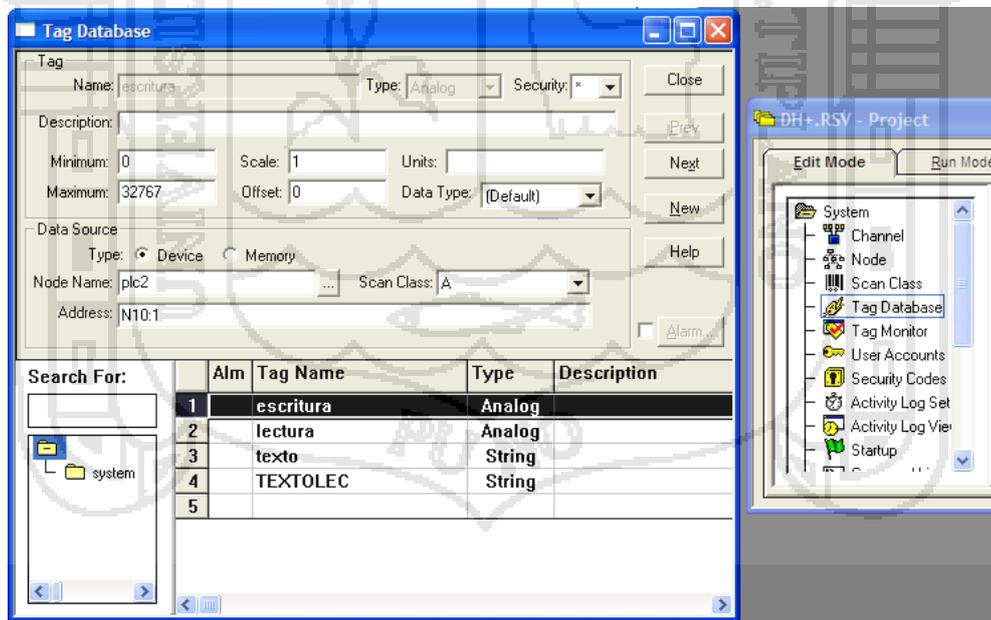
- 3) Programe en dos estaciones SLC 5/04, el envío y recepción de datos correspondiente un proceso que tenga al menos las siguientes condiciones: dos direcciones discretas y dos direcciones analógicas con velocidad de 57.6 Kbaudios

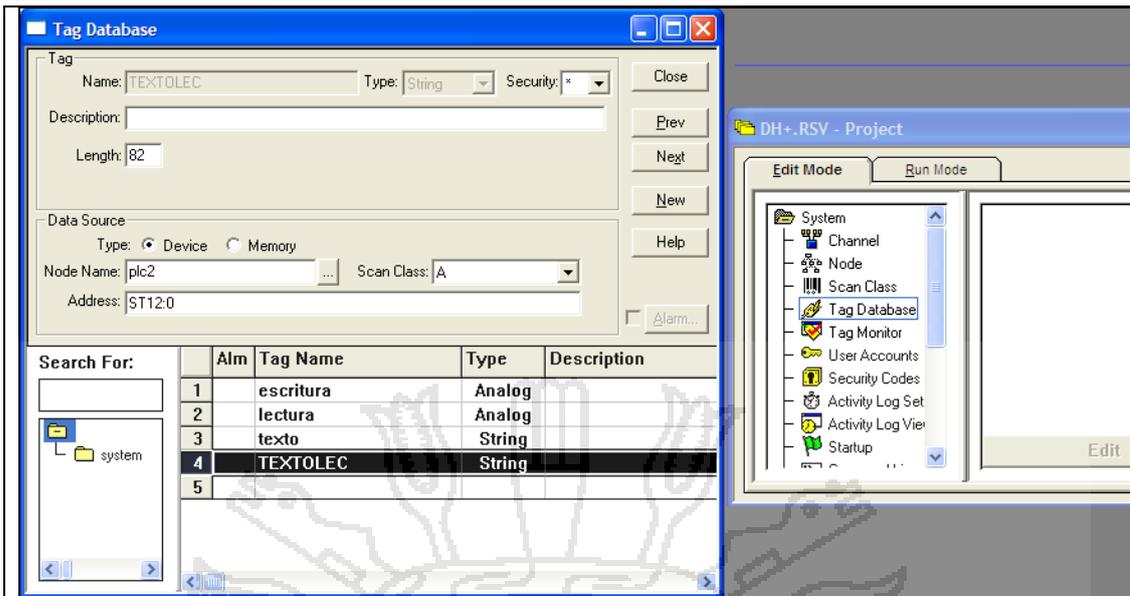


- 4) Configure su nodo correspondiente en el RSView de la estación que tiene el control general (1784 KTX/PKTX) o a través de una comunicación RS232.



- 5) Programe los tags de su control correspondiente en el RSView y establezca la comunicación





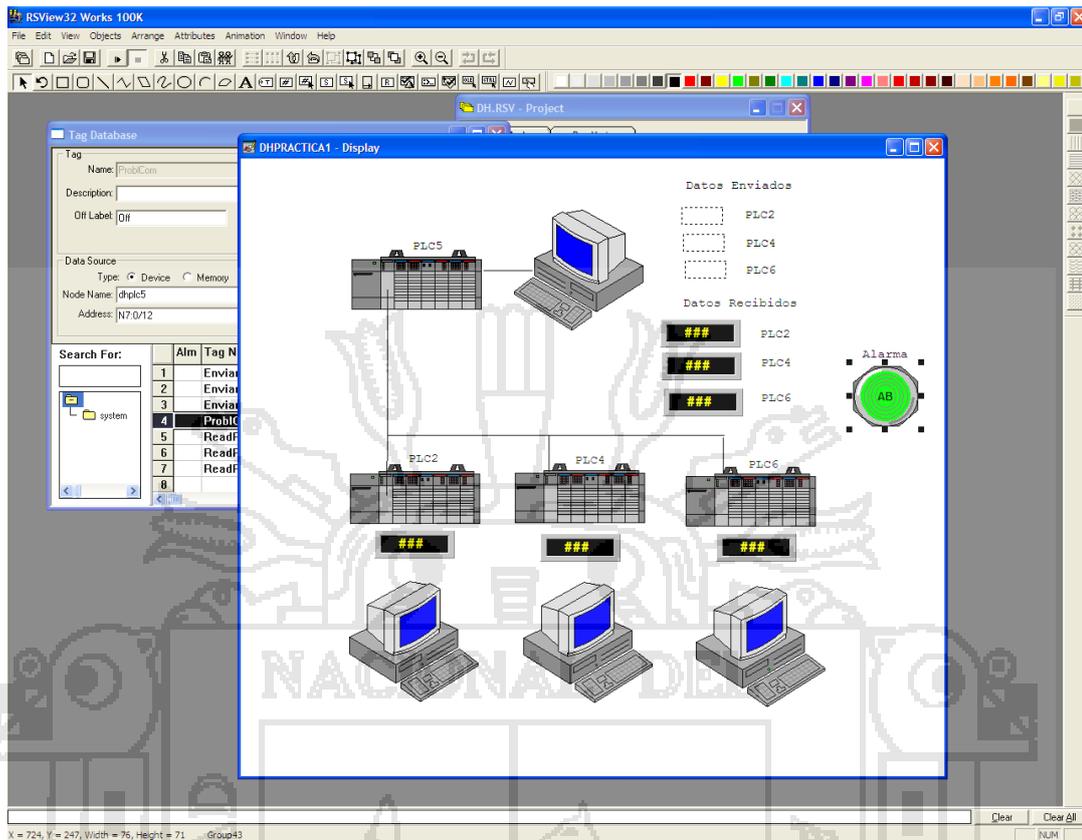
The screenshot displays the 'Tag Database' window in the foreground. The 'Tag' section shows 'Name: TEXTOLEC', 'Type: String', and 'Security: *'. The 'Data Source' section shows 'Type: Device', 'Node Name: plc2', 'Scan Class: A', and 'Address: ST12:0'. Below this is a search table with the following data:

Search For:	Alm	Tag Name	Type	Description
	1	escritura	Analog	
	2	lectura	Analog	
	3	texto	String	
	4	TEXTOLEC	String	
	5			

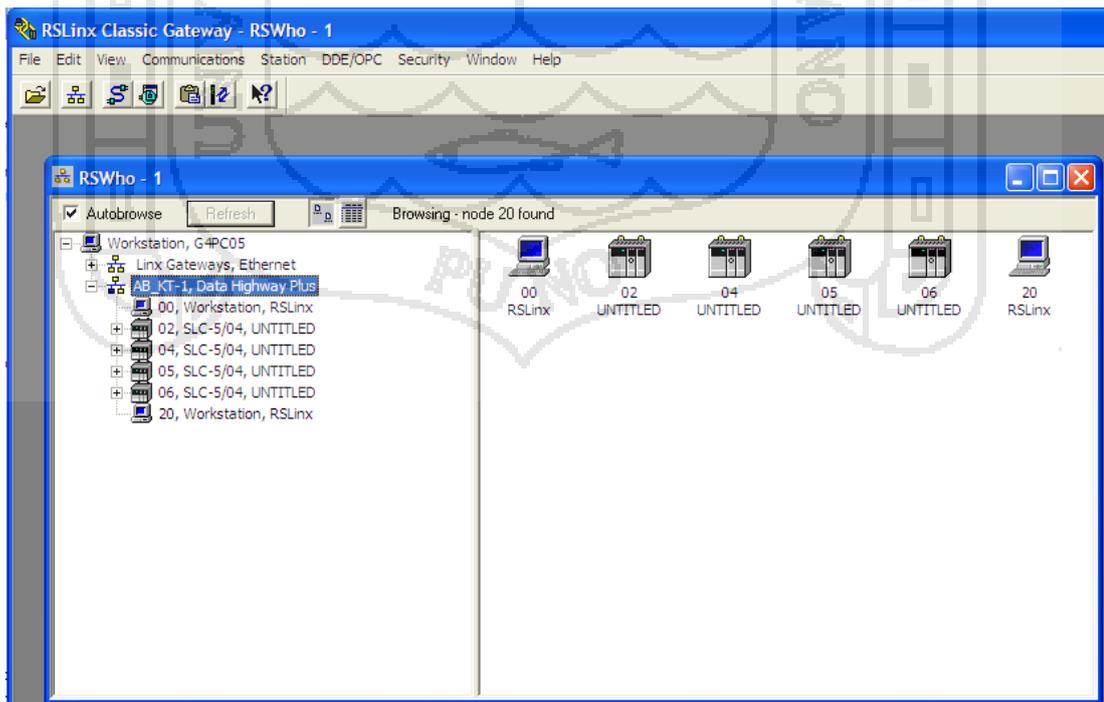
In the background, the 'DH+.RSV - Project' window is visible, showing a tree view with 'Tag Database' selected under the 'System' node.



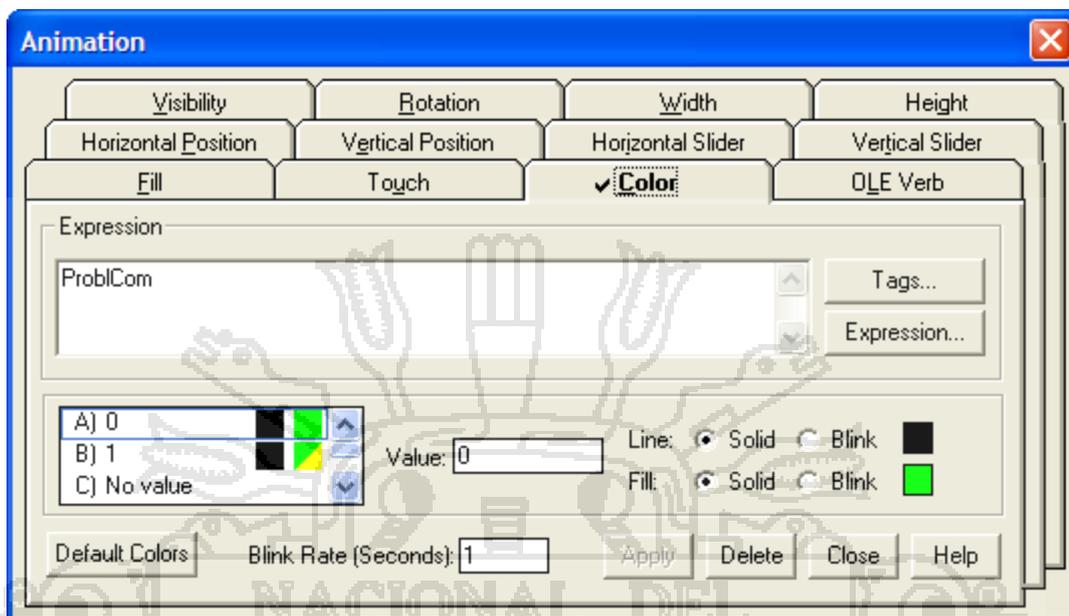
6) Programe su estrategia gráfica en el RSView.



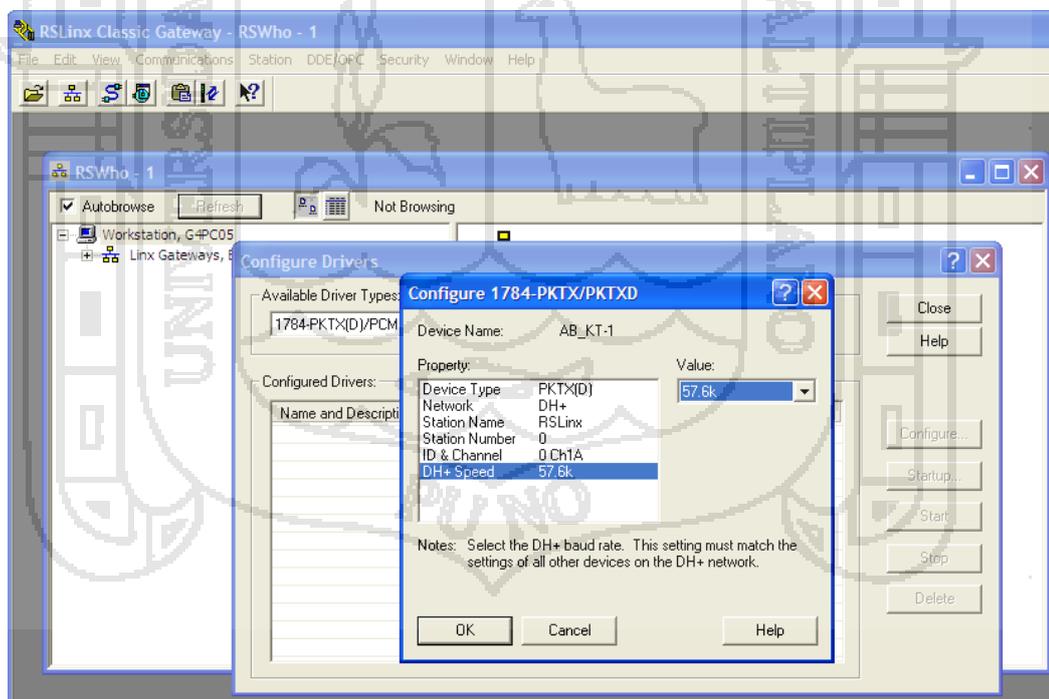
7) Verifique el control general del sistema via la red DH+.



- 8) Implemente Alarmas en el RSView ante perdida de comunicación o problemas asociados a la red DH+



- 9) Modifique la velocidad de comunicación a 115 y 230 Kbaudios.



- Al realizar las conexiones de la red d+ se utilizo el cable twinaxial belden 9463.
- Se hizo una conexión tipo margarita poniendo en cada terminación una resistencia 150ohm.
- La máxima longitud que puede alcanzar la rede es de 3050 metros.

**CONCLUSIONES:**

- Al realizar las conexiones de la red d+ se utilizó el cable twinaxial belden 9463.
- Se hizo una conexión tipo margarita poniendo en cada terminación una resistencia 150ohm.
- La máxima longitud que puede alcanzar la red es de 3050 metros.



REGISTRO ANECDOTICO

ASPECTO: CONVERTOR A/D

FECHA: 15/01/2013

1. Conversión A/D

Los módulos de entrada analógicos convierten la señal de corriente o voltaje en valores binarios de 16 bit complementados a 2.

La siguiente tabla muestra estos rangos de conversión:

Voltaje / Corriente	Representación decimal
-10v a +10v	-32768 a +32767
0 a 10v	0 a 32767
0 a 5v	0 a 16384
1 a 5v	3277 a 16384
-20mA a +20mA	-16384 a 16384
0 a +20mA	0 a 16384
4 a +20mA	3277 a 16384

2. Conversión D/A

Los módulos de salida analógica convierten un valor binario de 16 bit complementado a 2 en una señal analógica. La siguiente muestra los rangos de conversión:

Representación Decimal	Corriente/Voltaje
0 a +32767	0 a 21mA
0 a 31208	0 a +20mA
6242 a 31208	4 a +20mA
-32768 a 32764	-10 a +10 V dc
0 a 32764	0 a +10 V dc
0 a 16384	0 a +5 V dc
3277 a 16384	1 a 5 V dc

3. Lectura y Escritura de Señales Analógicas

El formato para direccionar las entradas y salidas analógicas es el siguiente:

I:e.b O:e.b

I: entrada analógica

O: salida analógica

e: número del módulo

b: número de terminal de conexión en el módulo

Ejemplos:

I:4.1 Tarjeta de entrada analógica ubicada en el módulo 4 terminal de conexión 1.

O:4.0 Tarjeta de salida analógica ubicada en el módulo 4 terminal de conexión 0.

Archivo de enteros (N7:e): este archivo se utiliza para almacenar valores enteros en el rango: -32768 a +32767, donde e es un numero de elemento en el rango de 0-255.

Ejemplo:

N7:1 Elemento 1 archivo entero 7.

4. Bloque de Comando MOV

Esta instrucción de salida permite mover el valor de fuente al lugar de destino.

```

MOV
MOVER
Source
Dest
  
```

La fuente (source): es la dirección o constante de los datos que desea mover.

El destino (dest): es la dirección a la cual la instrucción mueve los datos.

5. Bloque de Comando SCL

La instrucción SCL permite la lectura de las señales de entrada y salida analógica.

```

SCL
SCALE
Source
Rate [/10000]
Offset
Dest
  
```

Source: es una dirección de memoria.

Rate: o pendiente, es un valor positivo o negativo que será multiplicado por 10000.

Offset: puede ser una constante del programa o un direccionamiento.

Dest: direccionamiento de salida

6. Instrucciones Matemáticas

Las instrucciones para operaciones matemáticas con el SLC 5/04 de A-B se agrupan de la siguiente forma:

Instrucción		Propósito.
Mnemónico.	Nombre.	
ADD	Añadir.	Añade la fuente A a la fuente B y almacena el resultado en el destino.
SUB	Restar.	Resta la fuente B de la fuente A y almacena el resultado en el destino.
MUL	Multiplicar.	Multiplica la fuente A por la fuente B y almacena el resultado en el destino.
DIV	Dividir.	Divide la fuente A por la fuente B y almacena el resultado en el destino y el registro matemático.
DDV	División doble.	Divide el contenido del registro matemático por la fuente y almacena el resultado en el destino y el registro matemático.
CLR	Borrar.	Pone todos los bits de una palabra a cero.
SQR	Raíz cuadrada.	Calcula la raíz cuadrada de la fuente y coloca el resultado de entero en el destino.
SCP	Escalar con parámetros.	Produce un valor de salida escalado que tiene una relación lineal entre los valores de entrada y escalados.
SCL	Datos de escala.	Multiplica la fuente por una tasa especificada, añade a un valor offset y almacena el resultado en el destino.
ABS	Absoluto.	Calcula el valor absoluto de la fuente y coloca el resultado en el destino.
CPT	Calcular.	Evalúa una expresión y almacena el resultado en el destino.
SWP	Cambiar.	Cambia los bytes bajos y altos de un número especificado de palabra en un archivo de bit, entero, ASCII o cadena.
ASN	Arco seno.	Acepta el arco seno de un número y almacena el resultado (en radianes) en el destino.
ACS	Arco coseno.	Acepta el arco coseno de un número y almacena el resultado (en radianes) en el destino.
ATN	Arco tangente.	Acepta el arco tangente de un número y almacena el resultado (en radianes) en el destino.
COS	Coseno.	Acepta el coseno de un número y almacena el resultado en el destino.
LN	Logaritmo natural.	Acepta el logaritmo natural del valor en la fuente y lo almacena en el destino.
LOG	Logaritmo de base 10.	Acepta el logaritmo de la base 10 del valor en la fuente y almacena el resultado en el destino.
SIN	Seno.	Acepta el seno de un número y almacena el resultado en el destino.
TAN	Tangente.	Acepta la tangente de un número y almacena el resultado en el destino.
XPY	X a la	Eleva un valor a la potencia y almacena el resultado

La mayor parte de las instrucciones toman dos valores de entrada, realizan la función matemática y colocan el resultado en un lugar de memoria asignado.

Por ejemplo, las instrucciones ADD y SUB toman un par de valores de entrada, los añaden o los restan y colocan el resultado en el destino especificado. Si el resultado de la operación excede el valor permitido, un bit de overflow o underflow se establece.

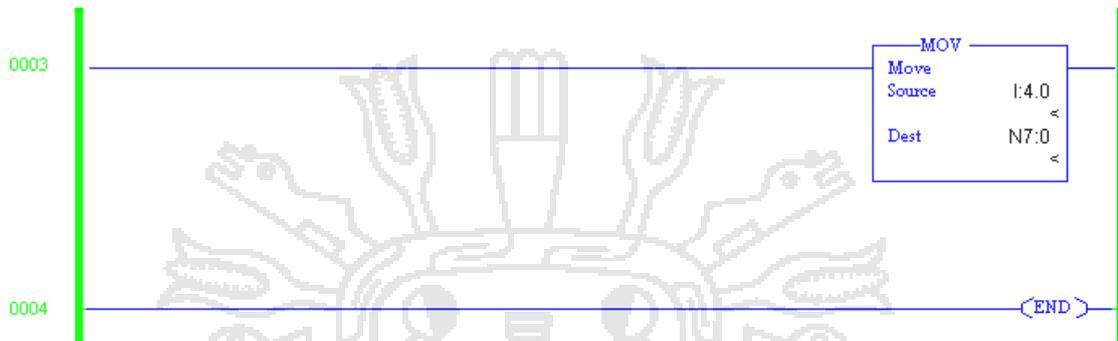
La información general siguiente se aplica a las instrucciones matemáticas.

- La fuente es la(s) dirección (es) de (los) valor (es) en que se realiza una operación matemática, lógica o de movimiento. Esto puede ser direcciones de palabra o constantes de programa. Una instrucción que tiene dos operandos de fuente no aceptan constantes de programa en ambos operandos.
- El destino es la dirección del resultado de la operación. Los enteros con signo se almacenan de forma complementaria de dos y se aplican a los parámetros de fuente y destino.

I. PROCEDIMIENTO

1. CONVERSIÓN ANALÓGICA DIGITAL:

Ingrese el siguiente programa. Verifique que la tarjeta de entrada analógica 1746 NIO4I ocupa el slot 4 del SLC 5/04.

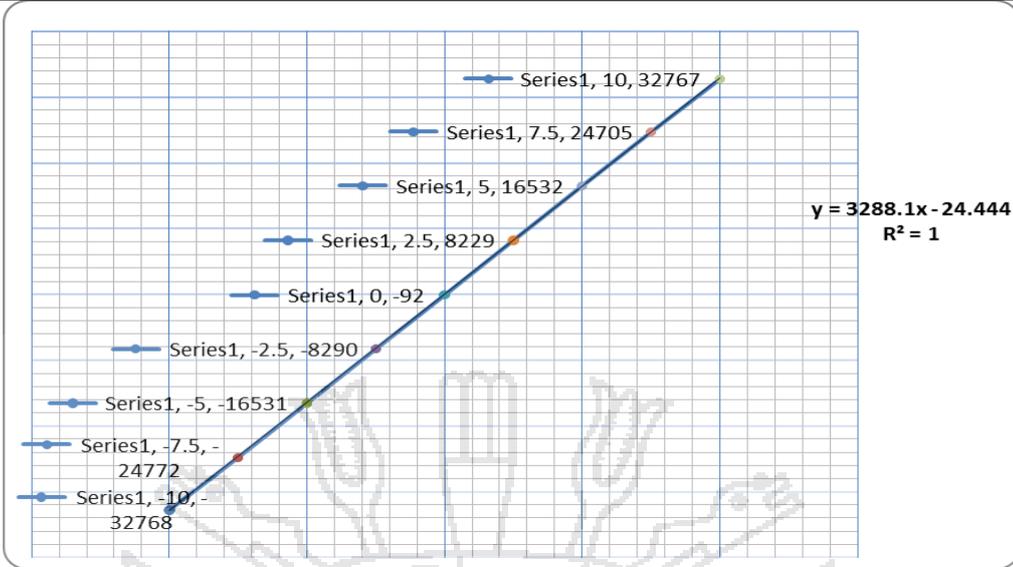


1.1. Proceda a aplicar una tensión de -10 VDC al CH 0 de entradas analógicas del PLC. Observe en la tabla de datos de entrada el valor decimal mostrado en la palabra I:4.0, anótelo en la tabla adjunta.

1.2. Repita el procedimiento para los valores de tensión indicados en la tabla.

Voltaje (V)(I:4.0)	Valor Digitalizado (N7:0)
-10V	-32768
-7.5V	-24772
-5V	-16531
-2.5V	-8290
0V	-92
+2.5V	+8229
+5V	16523
+7.5V	24705
+10V	32767

1.3. Represente en el eje X los voltajes ajustados y en el eje Y los valores digitales logrados



1.4. ¿Es lineal la conversión A/D?, ¿Cuál es la relación matemática que expresa la relación encontrada?

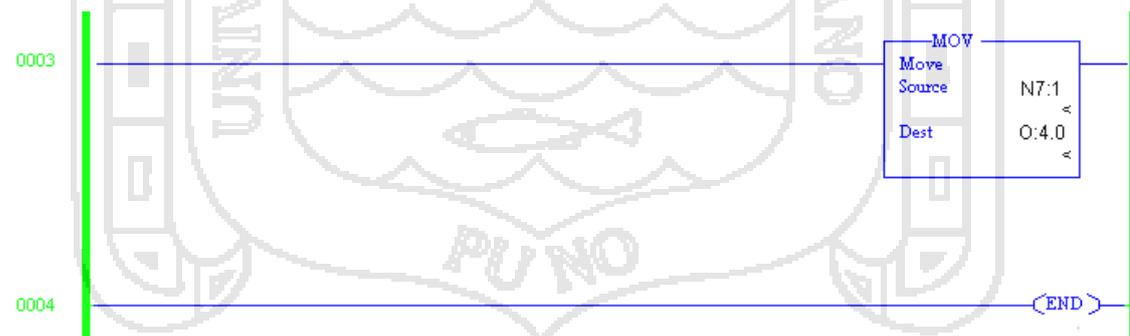
La conversión A/D si es lineal teniendo como valor R cuadrado igual a 1 ($R^2 = 1$)

Su ecuación matemática es:

$$y = 3288,1x - 24,444$$

2. CONVERSIÓN DIGITAL ANALÓGICA:

Ingrese el siguiente programa. Verifique que la tarjeta de entrada analógica 1746 NIO4I ocupa el slot 4 del SLC 5/04.

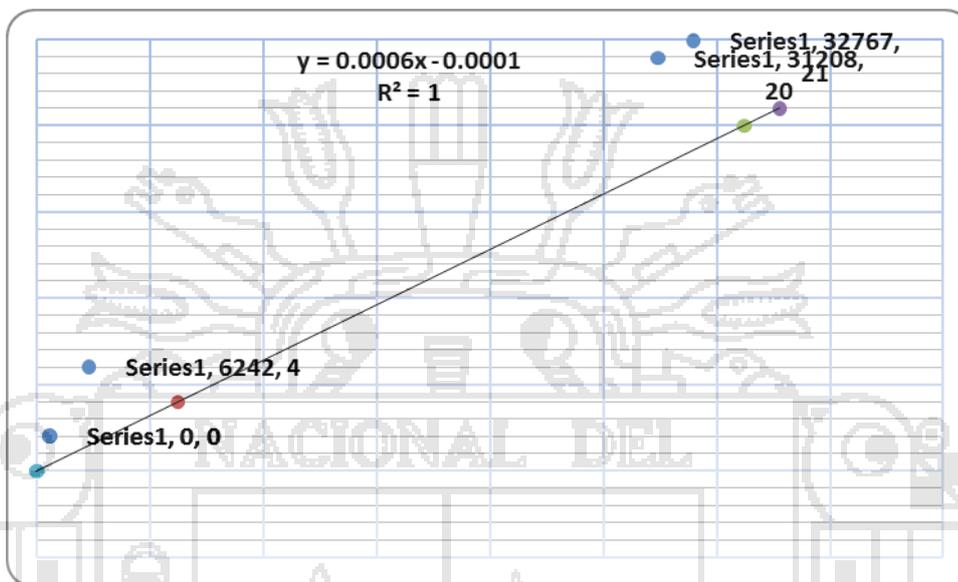


Llene la siguiente tabla indicando los valores de corrientes obtenidos para cada uno de los calores enteros indicados.

Valor Entero (N7:1)	Corriente (mA) (O:4.0)
0	0

6242	4mA
31208	20mA
32767	21mA

2.1. Represente en el eje X los valores enteros y en el eje Y los valores de la corriente obtenidos



2.2. ¿Es lineal la conversión D/A?, ¿Cuál es la relación matemática que expresa la relación encontrada?

Si es lineal la conversión D/A con un R al cuadrado igual a 1 ($R^2 = 1$)

Su ecuación es:

$$y = 0,0006x - 0,0002$$

CONCLUSIONES:

- Cada dato de entrada o salida analógico tiene su representación decimal para poder ser usado en el ladder este valor es binario de 16 bit complementado a 2, como por ejemplo para una entrada de 0 a 10VDC su dato es 0 a 32767, mientras que para una salida de 0 a 10VDC su dato es 0 a 32764.
- Ya que cada dato analógico tiene su representación decimal se tiene que escalar estos datos para poder ser utilizados de una mejor manera en el ladder, una de las instrucciones para escalar es el comando SCL donde se tiene que colocar un Rate , Offset como datos para poder hacer el escalamiento.
- En el SCL el escalamiento se hace calculando la pendiente (Rate) y el Offset. La pendiente se debe de multiplicar por 10000 para colocarlo como dato en esta instrucción.
- Otro comando para hacer el escalamiento es el SCP donde lo único que se debe

tener en cuenta son los valores de entrada máximo, entrada mínimo y para escalarlos los valores de escala máxima, escala mínima a la cual se desean los datos escalados.

- También se puede escalar con el comando CPT en este caso para poder hacer el escalamiento se tiene que saber la ecuación que representa la línea de escalamiento ($y = m*x+b$), esta ecuación se coloca en la expresión y el destino es una dirección donde los datos ya están escalados.

