



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE  
AUTOMATIZACIÓN**

**Tema:**

---

“SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DE FLUJO DE TRIGO EN  
LAS TOLVAS DE LA EMPRESA MOLINOS MIRAFLORES S.A.”

---

Proyecto de Trabajo de Graduación Modalidad: TEMI Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial en Procesos de Automatización.

**Sublínea de Investigación:** Sistemas de control automatizados e instrumentación virtual para procesos industriales de baja y alta potencia.

**AUTOR:** Ortiz Guerrero Daysi Margarita

**TUTOR:** Ing. Edwin Morales. Mg.

Ambato - Ecuador

Julio-2014

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DE FLUJO DE TRIGO EN LAS TOLVAS DE LA EMPRESA MOLINOS MIRAFLORES S.A.” , de la señorita Daysi Margarita Ortiz Guerrero, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para obtener el título terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Julio 2014

TUTOR

-----  
Ing. Edwin Morales. Mg.

## **AUTORÍA**

El presente trabajo de investigación titulado: “SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DE FLUJO DE TRIGO EN LAS TOLVAS DE LA EMPRESA MOLINOS MIRAFLORES S.A.”. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Julio 2014

-----  
Daysi Margarita Ortiz Guerrero

CC: 180440372-1

## **APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA**

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Luis Morales e Ing. Maritza Castro, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado “SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DE FLUJO DE TRIGO EN LAS TOLVAS DE LA EMPRESA MOLINOS MIRAFLORES S.A.”, presentado por la Srta. Daysi Margarita Ortiz Guerrero de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Mario García  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Luis Morales. Mg.  
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Maritza Castro. Mg.  
DOCENTE CALIFICADOR

**DEDICATORIA:**

A mis padres, que gracias a su comprensión, apoyo incondicional y confianza he logrado cumplir los objetivos planteados.

*Daysi Ortiz*

## **AGRADECIMIENTO:**

A Dios por haberme dado salud y sabiduría para alcanzar mis objetivos.

Al Ing. Edwin Morales que en calidad de tutor me proporcionó la ayuda y guía necesaria para poder cumplir con las expectativas y condiciones del proyecto.

A la empresa Molinos Miraflores S.A. que abrió sus puertas, facilitándome tanto la información como el sustento económico necesario para la implementación del sistema automatizado.

Y a todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron con la realización de este proyecto.

*Daysi Ortiz*

## PÁGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR .....	ii
AUTORÍA .....	iii
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ANEXOS .....	xv
RESUMEN .....	xvii
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS.....	xix
INTRODUCCIÓN .....	xxii

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>EL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.3 DELIMITACIÓN.....	3
1.3.1 De contenido.....	3
1.3.2 Espacial.....	3
1.3.3 Temporal.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	5
1.5.1 Objetivo general .....	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	5

<b>CAPÍTULO II</b> .....	6
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	6
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	6
2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	7
2.2.1 Automatización.....	7
2.2.2 Sistema automatizado .....	7
2.2.3 Funciones básicas del autómata programable .....	8
2.2.4 Aplicaciones de la automatización .....	8
2.2.5 Modelo estructural de un sistema automatizado .....	9
2.2.6 Sistema SCADA .....	9
2.2.7 Objetivos de los sistemas SCADA .....	10
2.2.8 Prestaciones del sistema SCADA.....	10
2.2.9 Funciones principales SCADA.....	11
2.2.10 Elementos del sistema SCADA.....	12
2.2.11 Control de flujo de sólidos .....	12
2.2.12 Medición de flujo y caudal .....	13
2.2.13 Cinemática de los engranes .....	13
2.2.14 Nomenclatura y propiedades del diente de engranes rectos .....	14
2.2.15 Diseño de engranes rectos .....	17
2.2.16 Esfuerzos en los dientes de engranes.....	19
2.2.17 Esfuerzo flexionante en dientes de engranes .....	19
2.2.18 Número de esfuerzo flexionante, $St$ .....	20
2.2.19 Selección del material del engrane con base en el esfuerzo flexionante. ....	22
2.2.20 Número de esfuerzo flexionante admisibles ajustados, $S'at$ .....	22
2.2.21 Resistencia a la Picadura de los Dientes de Engranes. ....	23
2.2.22 Número de esfuerzo de contacto .....	23
2.2.23 Selección del material del engrane con base en el esfuerzo de contacto.....	23
2.2.24 Número de esfuerzo de contacto admisible $Sac$ .....	23
2.2.25 Cremallera .....	24
2.2.26 Cuñas .....	24
2.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN .....	24



<b>CAPÍTULO III</b> .....	25
<b>METODOLOGÍA</b> .....	25
3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	25
3.3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	26
3.4 DESARROLLO DEL PROYECTO .....	26
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	27
<b>DESARROLLO DE LA PROPUESTA</b> .....	27
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA .....	27
4.1.1 Descripción del subproceso a optimizar .....	28
4.1.2 Descripción de la situación actual del subproceso. ....	32
4.1.3 Descripción del sistema automatizado y los parámetros de control. ....	49
4.1.4 Selección de los equipos y elementos apropiados para el proceso. ....	51
4.1.5 Conexión y Configuración del PLC S7-200 CPU 224 y CPU 224 XP .....	86
4.1.6 Programación en el Controlador Lógico Programable (PLC). ....	88
4.1.7 Comunicación del PLC con la HMI por NI OPC SERVER. ....	107
4.1.8 Programación del HMI en el software Labview. ....	119
4.1.9 Diseño del diagrama de control y potencia. ....	139
4.1.10 Implementación del Sistema Automatizado .....	139
<b>CAPÍTULO V</b> .....	147
5.1 CONCLUSIONES.....	147
5.2 RECOMENDACIONES. ....	148
<b>BIOGRAFÍA O REFERENCIAS</b> .....	149
<b>ANEXOS Y APÉNDICES:</b> .....	153

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuerzas necesarias para abrir las compuertas de almacenamiento .....	36
Tabla 2. Fuerzas necesarias para abrir las compuertas de descarga .....	36
Tabla 3. Tiempos de reposo del trigo en las tolvas de almacenamiento.....	38

Tabla 4. Distribución de frecuencias de los datos de reposo del trigo.....	39
Tabla 5. Datos del tiempo de reposo del trigo para el análisis de la gráfica $x - R$ .....	40
Tabla 6. Coeficientes determinados por el tamaño del subgrupo $n$ .....	41
Tabla 7. Datos del tiempo de descarga del trigo para el análisis de la gráfica $x - R$ ....	44
Tabla 8. Número mínimo de dientes del piñón .....	52
Tabla 9. Modelos de motores para las compuertas de almacenamiento .....	54
Tabla 10. Factores de tamaño sugeridos .....	57
Tabla 11. Factor de confiabilidad .....	58
Tabla 12. Comparación de alternativas de diseño para el piñón 1 .....	60
Tabla 13. Modelos de motores para las compuertas de descarga .....	63
Tabla 14. Comparación de alternativas de diseño para el piñón 2 .....	67
Tabla 15. Razones de ponderación para la selección de los sensores de nivel.....	73
Tabla 16. Características de selección y valores de ponderación para los sensores .....	74
Tabla 17. Selección del sensor apropiado para la medición de trigo.....	74
Tabla 18. Características del sensor de proximidad capacitivo .....	75
Tabla 19. Características del PLC Siemens S7-200 CPU 224.....	86
Tabla 20. Rangos decimales y hexadecimales de los distintos tamaños de datos .....	89
Tabla 21. Entradas digitales utilizadas para la programación del PLC. ....	99
Tabla 22. Salidas digitales en la programación del PLC .....	100
Tabla 23. Entradas y salidas digitales utilizadas para la programación del PLC. ....	101
Tabla 24. Mediciones del flujo de producción en el dosificador.....	102
Tabla 25. Formato de direcciones en la programación del control automatizado .....	116
Tabla 26. Presupuesto para la implementación del sistema automatizado. ....	146
Tabla 27. Registro del Almacenamiento de trigo del mes de Junio. ....	156
Tabla 28. Registro del Almacenamiento de trigo del mes de Julio. ....	157
Tabla 29. Registro de descarga de trigo del mes de Junio. ....	158
Tabla 30. Registro de descarga de trigo del mes de Julio.....	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Parte de mando y parte operativa .....	9
Fig. 2. Nomenclatura de los dientes del engrane .....	17

Fig. 3. El ángulo de presión en un juego de engranes .....	17
Fig.4 Piñón y cremallera de evolvente.....	24
Fig. 5. Parte uno del diagrama de flujo del proceso de dosificación de trigo .....	28
Fig. 6. Parte dos del diagrama de flujo del proceso de dosificación de trigo .....	29
Fig. 7. Parte tres del diagrama de flujo del proceso de dosificación de trigo .....	30
Fig. 8. Ubicación de la armella .....	34
Fig. 9. Sujetar el aro de metal del dinamómetro .....	34
Fig. 10. Ubicación del dinamómetro .....	35
Fig. 11. Postura del operario para realizar la medición .....	35
Fig. 12. Fuerza realizada para abrir la compuerta.....	35
Fig. 13. Histograma de los tiempos de reposo del trigo .....	39
Fig. 14. Gráfica $\bar{x}$ de los tiempos de reposo del trigo.....	42
Fig. 15. Gráfica R de los tiempos de reposo del trigo .....	43
Fig. 16. Gráfica $\bar{x}$ de los tiempos de reposo del trigo.....	46
Fig. 17. Gráfica R de los tiempos de reposo del trigo .....	47
Fig. 18. Tamaño de dientes de piñón en función del paso diametral.....	53
Fig.19. Motor eléctrico de 2 hp.....	69
Fig.20. Cilindro neumático de doble efecto.....	70
Fig.21. Indicador GSE250 .....	70
Fig.22. Pulsador Siemens tipo hongo NC.....	71
Fig.23. Selector I-O-II 3SB3610 - 2DA11 .....	71
Fig.24. Selector 3SB3602 - 2KA11 .....	72
Fig.25. Luces piloto. ....	72
Fig.26. Relé industrial LZX: PT570730. ....	73
Fig.27. Detector de nivel capacitivo. ....	75
Fig.28. Final de carrera Sirius de tipo 3SE5 250-0KC05 .....	76
Fig.29. Motor DC para compuertas de almacenamiento .....	76
Fig.30. Motor DC para compuertas de descarga .....	76
Fig.31. Esclusa o válvula rotativa.....	77
Fig. 32. Motor eléctrico de 1.5 hp.....	77
Fig.33. Variador de velocidad VFD - EL. ....	78
Fig.34. Modulo de fuente de alimentación Siemens.....	79

Fig.35. Guardamotor Sirius 3RT2015-1AF01 .....	79
Fig.36. Breaker Siemens 5SX1 2.....	80
Fig.37. Breaker Siemens 5SX1 3.....	80
Fig.38. Tablero de control metálico.....	81
Fig.39. Carril DIN y Canaletas .....	81
Fig.40. Distribuidor de borneras.....	82
Fig. 41. Cable de control AWG 18 .....	82
Fig.42. PLC Siemens S7-200 CPU 224.....	83
Fig.43. PLC Siemens S7-200 CPU 224XP .....	83
Fig.44. Módulo de expansión EM223 .....	84
Fig.45. Visualizador de textos.....	84
Fig.46. Universal Converter KA301.....	84
Fig.47. Cable interfaz PPI.....	85
Fig.48. Computador para HMI .....	85
Fig.49. Conectar la alimentación del S7-200.....	87
Fig.50. Red PPI (Interfaz punto a punto).....	87
Fig.51. Conectar el cable multimaestro RS-232/PPI .....	88
Fig.52. Elementos básicos de un programa en STEP 7-Micro/WIN .....	92
Fig.53. Ventana de nuevo proyecto de STEP 7-Micro/WIN .....	93
Fig.54. Configurar los parámetros de comunicación de STEP 7-Micro/WIN.....	93
Fig.55. Ventana de la comunicación entre el PLC S7-200 y STEP 7Micro/Win.....	94
Fig.56. Interfaz de comunicación de STEP7-Micro/WIN .....	94
Fig.57. Seleccionar el puerto en la conexión local del cable PC/PPI .....	95
Fig.58. Configuración de la velocidad de transferencia y la dirección de estación de STEP 7-Micro/WIN .....	96
Fig.59. Identificación del CPU S7-200 conectado a la red.....	96
Fig.60. Configurar los parámetros de comunicación .....	97
Fig. 61. Ícono del Bloque de sistema en la Barra de Navegación .....	97
Fig.62. Configuración de los parámetros de comunicación del PLC S7-200.....	98
Fig. 63. Configuración PPI de la TD 200 con la CPU .....	103
Fig. 64. Teclado estándar del teclado TD 200C .....	104
Fig.65. Guardar el programa desarrollado en STEP 7-Micro/WIN.....	105

Fig.66. Cargar el programa en el S7-200.....	106
Fig.67. Poner el S7-200 en modo STOP.....	106
Fig.68. Ícono para abrir NI OPC Server .....	107
Fig.69. Ventana de nuevo proyecto del NI OPC Server .....	108
Fig.70. Ventana de identificación de canal.....	108
Fig.71. Ventana de selección del controlador del dispositivo .....	109
Fig.72. Ventana de Comunicaciones .....	109
Fig.73. Ventana Write Optimizations .....	110
Fig.74. Ventana de la dirección Master ID.....	110
Fig.75. Ventana de resumen de la configuración del canal de comunicación .....	111
Fig.76. Agregar un nuevo dispositivo para la comunicación .....	111
Fig.77. Ventana de identificación del dispositivo PLC S7-200.....	112
Fig.78. Ventana de selección del modelo de dispositivo .....	112
Fig.79. Ventada de selección de dirección del dispositivo (S7-200).....	113
Fig.80. Ventana de tiempo de espera para la comunicación.....	113
Fig.81. Ventana de auto detección de comunicación.....	114
Fig.82. Ventana de resumen de la configuración del dispositivo .....	114
Fig.83. Ventana para agregar etiquetas.....	115
Fig.84. Configuración de las propiedades de la etiqueta .....	115
Fig.85. Tipos de direcciones disponibles en el PLC S7-200 .....	116
Fig.86. Especificación del tipo de formato de la etiqueta ( <i>tag</i> ).....	117
Fig.87. Etiquetas creadas en el OPC Server. ....	118
Fig.88. OPC quick client verificación de comunicación .....	118
Fig.89. Activar una dirección del PLC mediante OPC Server .....	119
Fig.90. Ventana de inicio del software LabView .....	120
Fig.91. Ventana de un nuevo proyecto en Labview .....	120
Fig.92. Ventana para crear un I/O Server .....	120
Fig.93. Ventana para crear un Cliente OPC.....	121
Fig.94. Ventana de configuración del cliente OPC .....	121
Fig.95. Librería_HMI_MM. ....	122
Fig.96. Ventana de selección de Bound Variables .....	122
Fig.97. Ventana para agregar las variables al proyecto .....	123

Fig.98. Variables disponibles para la HMI .....	123
Fig.99. Variables en el diagrama de bloques del VI .....	124
Fig.100. Pantalla de inicio del programa .....	125
Fig.101. Pantalla principal del programa.....	125
Fig.102. Pantalla del proceso de control de flujo .....	126
Fig.103. Pantalla del proceso de dosificación.....	127
Fig.104. Pantalla de las graficas del proceso .....	127
Fig.105. Descripción de la comunicación del proyecto .....	128
Fig.106. Ventana para guardar la base de datos .....	129
Fig.107. Crear la nueva base de datos .....	129
Fig.108. Ventana de selección del proveedor OLE DB .....	130
Fig.109. Comprobación de la conexión con la base de datos .....	130
Fig.110. Ventana para guardar el enlace de conexión de los datos .....	131
Fig.111. Ventana de la ubicación de la función Connectivity .....	131
Fig.112. Pantalla de las funciones de <i>DB Toolkit</i> .....	132
Fig.113. DB Tools Open Connection.vi .....	132
Fig.114. DB Tools Insert Data.vi.....	133
Fig.115. DB Tools Close Connection.vi.....	133
Fig.116. Programación para guardar la información en la base de datos .....	133
Fig.117. Pantalla de registro de datos .....	134
Fig.118. Ventana principal de la base de datos.....	134
Fig.119. Ventana inicio de aplicación base de datos .....	135
Fig.120. Ventana reportes de producción .....	135
Fig.121. Ventana de los datos de producción .....	136
Fig.122. Ventana informes de datos de la producción.....	136
Fig.123. Pantalla del tablero de control manual .....	137
Fig.124. Pantalla de indicadores .....	137
Fig.125. Pantalla de Configuración .....	138
Fig. 126. Comunicación del Indicador GSE 250 con la HMI.....	138
Fig. 127. Elementos en el exterior del Tablero de Control.....	142
Fig. 128. Elementos en el interior del Tablero de Control .....	142
Fig.129. Pantalla y controles del Indicador GSE250.....	144

## ANEXOS

Anexo 1.- Plano de la distribución física de las tolvas de almacenamiento y los elementos del proceso de distribución del trigo.....	153
Anexo 2.- Hoja de registro de datos para el control de flujo de trigo.....	154
Anexo 3.- Lista de control del proceso de dosificación del flujo de trigo.....	155
Anexo 4.- Registro del Almacenamiento de trigo del mes de Junio.....	156
Anexo 5.- Registro del Almacenamiento de trigo del mes de Julio.....	157
Anexo 6.- Registro de descarga de trigo del mes de Junio.....	158
Anexo 7.- Registro de descarga de trigo del mes de Julio.....	159
Anexo 8.-Sistema de dosificación con cilindros neumáticos. ....	160
Anexo 9.- Coeficiente elástico AGMA $C_p$ . ....	161
Anexo 10.- Número de calidad AGMA recomendados.....	161
Anexo 11.- Factor dinámico $K_v$ . ....	162
Anexo 12.- Factores de sobrecarga sugeridos, $K_o$ . ....	163
Anexo 13.- Factor de geometría J.....	163
Anexo 15.- Factor de proporción del piñón $C_{pf}$ . ....	164
Anexo 16.- Factor de alineamiento del engranado $C_{ma}$ . ....	165
Anexo 17.- Vida de diseño recomendada. ....	165
Anexo 18.- Factor por ciclos de esfuerzo $Y_N$ . ....	166
Anexo 19.- Factor por ciclos de esfuerzo $Z_N$ . ....	166
Anexo 20.- Número de esfuerzo flexionante admisible, $S_{at}$ . ....	167
Anexo 21.- Número de esfuerzo de contacto admisible $S_{ac}$ .....	167
Anexo 22.- Alternativa 1 para el diseño del piñón compuerta de almacenamiento ....	168
Anexo 23.- Alternativa 2 para el diseño del piñón compuerta de almacenamiento ....	169
Anexo 24.- Alternativa 3 para el diseño del piñón compuerta de almacenamiento ....	170
Anexo 25.- Alternativa 4 para el diseño del piñón compuerta de almacenamiento ....	171
Anexo 26.- Parámetros de diseño para el piñón de la compuerta de almacenamiento. ....	172
Anexo 27.- Chaveta para el piñón de la compuerta de almacenamiento. ....	173
Anexo 28.- Mecanismo piñón cremallera de la compuerta de almacenamiento. ....	174
Anexo 29.- Alternativa 1 para el diseño del piñón de la compuerta de descarga.....	175
Anexo 30.- Alternativa 2 para el diseño del piñón de la compuerta de descarga.....	176

Anexo 31.- Alternativa 3 para el diseño del piñón de la compuerta de descarga.....	177
Anexo 32.- Alternativa 4 para el diseño del piñón de la compuerta de descarga.....	178
Anexo 33.- Parámetros de diseño para el piñón de la compuerta de descarga.....	179
Anexo 34.- Chaveta para el piñón de la compuerta de descarga.....	180
Anexo 35.- Mecanismo piñón cremallera de la compuerta de descarga.....	181
Anexo 36.- Diagrama neumático del sistema de dosificación.....	182
Anexo 37.- Diagrama de flujo de la programación del PLC S7-200 CPU 224 y del PLC S7-200 CPU 224 XP.....	183
Anexo 38.- Plano del diagrama de control.....	189
Anexo 39.- Plano del diagrama de potencia.....	190
Anexo 40.- Cronograma de actividades de la implementación.....	191
Anexo 41.- Plano de la disposición física de los elementos de control en el subproceso .....	193
Anexo 42.- Disposición de los elementos de control en el panel de mando.....	194
Anexo 43.- Manual de usuario del sistema automatizado.....	195



## RESUMEN

Los procesos de producción de harina, sémola y afrecho provenientes de la molienda de trigo en la empresa Molinos Miraflores S.A. mantienen un bajo nivel de automatización, por lo tanto requieren del control y supervisión constante del personal encargado; uno de los subprocesos que demanda mayor intervención del factor humano y genera más inconvenientes, es el control de flujo y dosificación de trigo desde las tolvas de almacenamiento hacia el proceso de trituración, pues ha ocasionado desperdicios de materia prima, demoras en la producción y ha disminuido la capacidad de fabricación; además el registro de los datos relacionados con la productividad y calidad del producto final es inadecuado e inseguro porque está sujeto a errores relacionados a la toma de datos. Consecuentemente el desarrollo del proyecto contempla el diseño e implementación de un sistema automatizado por medio de una aplicación SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), la cual se orienta a la supervisión a distancia del subproceso a través de una HMI (Interfaz Hombre-Máquina), desarrollada en el software LabView 2011, por otro lado se controla tanto manual como automáticamente los dispositivos de campo como los sensores y actuadores desde la interfaz gráfica o desde el tablero de mando, mediante la programación realizada en el PLC (Controlador Lógico Programable) S7-200, y finalmente, por medio de la adquisición de datos, proporciona y almacena adecuadamente toda la información proveniente de las variables del subproceso la cual facilite el análisis de su comportamiento; con esto se busca que el suministro de la materia prima sea continuo para eliminar los tiempos improductivos y estabilizar la producción, lo que indica que el proyecto es una oportunidad de mejora que contribuye al desarrollo económico y de la seguridad en la empresa.

## ***Abstract***

*The flour, grits and bran production processes that come from wheat milling at Molinos Miraflores S.A. Company keep on a low level of automation, therefore, the processes need a constant supervision and control of responsible person, one process that demand greater involvement of the human factor and generates problems, is the flow control and wheat dosing of wheat since the storage hopper to the tritulating process, because it occasioned waste of feedstock, delay in production process and it decreased the manufactory capacity; furthermore, recording data related to the productivity and final product quality is inadequate and insecure because it is subject to errors related to data acquisition. Therefore, this project contemplates the design and implementation of an automated system by means of a SCADA application (Supervisory Control and Data Acquisition) which aims to supervise to distance the production process through HMI (Human-Machine Interface), which is developed by LabView 2011 software; on the other hand ,it is controlled either manually or automatically the field devices, among field devices are sensors and actuators, using the graphic interface or the control panel, by programming the PLC (Programmable Logic Controller) S7-200, and finally it provides and properly stores the whole information from the productive process through the data acquisition; With this project, one seeks a continuous supply and control of wheat to eliminate unproductive time and stabilize production, ,besides it provides of important data which facilitates the analysis of production behavior, indicating that the project is an opportunity for improvement that contributes to the economic and security development of the company.*

## GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

**Acondicionamiento.-** El acondicionamiento es el tratamiento en virtud del cual se añade y distribuye uniformemente humedad al grano para que éste alcance un estado físico que permita una molienda de resultados óptimos. [1]

**Alcance.-** Es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento. [2]

**Armella.-** Anillo de metal que suele tener una espiga o tornillo para fijarlo. [3]

**Canaleta.** Ranura guía sobre la que se ubican los cables en una dirección. [3]

**Carril DIN.** Es una barra de metal normalizada de 35 mm de ancho con una sección transversal en forma de sombrero. Es muy usado para el montaje de elementos eléctricos de protección y mando. [3]

**Correlación.-** Correspondencia o relación recíproca entre dos o más cosas o series de cosas. [3]

**Cremallera.** Barra metálica con dientes en uno de sus cantos, para engranar con un piñón y convertir un movimiento circular en rectilíneo o viceversa. [3]

**Cribar.-** Limpiar el trigo u otra semilla, por medio de la criba, del polvo, tierra, neguilla y demás impurezas. [3]

**Cliente OPC.-** Aplicación que sólo utiliza datos. Cualquier cliente OPC se puede comunicar con cualquier servidor OPC sin importar el tipo de elemento que recoge esos datos. [4]

**Dosificación.-** Graduar la cantidad o porción de otras cosas. [3]

**Esclusas.-** Las válvulas rotativas o esclusas, son adecuadas para la alimentación o la descarga controlada de los productos en polvo o granulados de silos, tolvas, instalaciones para transporte neumático, filtros de manga y ciclones. [5]

**Engrane.** Pieza mecánica en forma de disco que en su periferia tiene dientes para funcionar en un engranaje. [3]

**Galgas extensiométricas.-** Son elementos que pueden variar su resistencia interna al ser sometidos a esfuerzos mecánicos. [2]

**HMI.-** (Human Machine Interface) El término interfaz de usuario se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo". La interfaz de usuario / interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina. [6]

**Molienda.-** Acción de moler, especialmente el grano. [3]

**Molturación.-** Moler granos o frutos. [3]

**MYFA.-**Es un equipo el cual se utiliza en el control automático de humedad para granos. [7]

**OPC.-** (OLE for Process Control) es un estándar abierto que permite acceder a los datos desde dispositivos de campo. El método de acceso es siempre el mismo, sin depender del tipo y origen de los datos. Se basa en la tecnología COM de Microsoft, que permite definir cualquier elemento de campo mediante sus propiedades, convirtiéndolo en una interfaz. [6]

**PPI.** Es un protocolo maestroesclavo. Los maestros envían peticiones a los esclavos y éstos responden. Los esclavos no inician mensajes, sino que esperan a que un maestro les envíe una petición o solicite una respuesta. Los maestros se comunican con los esclavos vía un enlace compartido que es gestionado por el protocolo PPI. [8]

**Salvado.-** Cáscara del grano de los cereales desmenuzada por la molienda [3].

**Servidor OPC.-** Es una aplicación que realiza la recopilación de datos de los diversos elementos de campo y permite el acceso libre a estos elementos. Cada fabricante proporciona su servidor OPC con el driver que hace de interfaz con sus datos específicos. [4]

**SCADA.** Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión,Control y Adquisición de Datos). [9]

**DBMS.** DataBase Management System (Sistema de Administración de Base de Datos). [10]

**DSN.** Data Source Names (Fuente de Datos de Nombres). [11]

**UDL.** Universal Data Link (Enlace de Datos Universal). [11]

**ODBC.** Open DataBase Connectivity (Conectividad de Base de Datos abierta). [11]

**OLE DB.** Object Linking and Embedding for DataBases (Enlace e incrustación de Objetos para Bases de Datos), es una tecnología desarrollada por Microsoft usada para tener acceso a diferentes fuentes de información de manera uniforme. [11]

## INTRODUCCIÓN

La automatización para la industria, es usar tecnología que integre un proceso de control a través de dispositivos capaces de tomar decisiones e interactuar con otros, basándose en un programa establecido por el integrador para el manejo de algunas variables, mediante su monitoreo y comparación con un valor esperado del proceso; esto se realiza de manera automática, generando en el sistema mayor productividad, confiabilidad, estabilidad y calidad en sus resultados. [12]

El desarrollo de las diferentes tecnologías a lo largo de la primera mitad del siglo XX dio lugar a una paulatina elevación de la complejidad de los sistemas e hizo que fuesen muchas las variables físicas que deben ser vigiladas y controladas, sin embargo dicho control no puede ser realizado de forma directa por el ser humano debido a que carece de suficiente capacidad de acción mediante sus manos y de sensibilidad y rapidez de respuesta a los estímulos que reciben sus sentidos. [13]

El procedimiento utilizado para la dosificación de la materia prima genera problemas en la producción, pues su manejo está a cargo de los operarios; la industria posee cada vez procesos productivos más automatizados, complejos y en los que coexiste una gran diversidad de elementos: autómatas, ordenadores, accionamientos neumáticos, robots, etc. Además los sistemas de producción fuertemente centralizados y poco flexibles que se utilizaban hace varias décadas ya no son admisibles. Esto dio lugar a la aparición de los sistemas de producción flexibles que proporcionan respuestas rápidas al mercado fuertemente cambiante en el que están inmersas las empresas. [14] Por lo tanto el principal objetivo del trabajo se enmarca en el desarrollo del diseño e implementación de un sistema automatizado que controle el flujo de trigo en la empresa Molinos Miraflores S.A.

La automatización constituye uno de los factores de aumento de la productividad y de mejora de la calidad, consecuentemente se garantizará una producción estable y se perfeccionará las condiciones de trabajo del personal, incrementando su seguridad.

El proyecto incluye el estudio de la situación actual del proceso de suministro de trigo, la identificación de los parámetros de mando, la selección de los elementos y equipos apropiados, y el desarrollo de la aplicación de control, supervisión y adquisición de

datos, de forma que facilite el manejo y proporcione información continua, exacta y en tiempo real del estado del subproceso al operador, a través de una interface de usuario en la cual se representa gráficamente los elementos de control.

Los sistemas de adquisición de datos son una herramienta sumamente útil en las empresas para detectar fallas o errores, obtener un rápido acceso a la información y adquirir varios datos de las variables, los mismos que apropiadamente almacenados y analizados pueden ser importantes para tomar decisiones estratégicas, con el fin de perfeccionar la planificación de la producción en la empresa.

Es así que este proyecto garantizará resultados satisfactorios y permitirá el crecimiento y desarrollo de la empresa tanto en su eficiencia, productividad y competitividad conforme se ejecute su implementación.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Tema

“SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DE FLUJO DE TRIGO EN LAS TOLVAS DE LA EMPRESA MOLINOS MIRAFLORES S.A.”

### 1.2 Planteamiento del problema

El constante desarrollo e innovación de la tecnología ha generado la necesidad de automatizar los procesos industriales, sin embargo no todas las fábricas logran adoptar las técnicas adecuadas que integren sus procesos, aseguren el control y su buen funcionamiento, para reducir los costos de fabricación, proporcionar una calidad constante de sus productos y brindar seguridad a los trabajadores, por lo tanto están inmersos en distintos problemas relacionados a su producción, uno de ellos, es el control de flujo de sus insumos; pues es considerado un parámetro esencial en el monitoreo de los procesos industriales, y ha sido empleado por el hombre como una herramienta para estabilizar la producción.

La mayoría de compañías alimenticias dedicadas a la elaboración de productos de molinería como Molino Electro Moderno S.A. [15] e Industrias Catedral S.A. [16] están implementando controles automáticos en diferentes etapas de sus actividades por lo que se pretende con los avances del mundo científico, abarcar un sector más competitivo, sin embargo existen irregularidades en el control de flujo de la materia prima para lograr que la producción sea continua, por tal motivo no resulta fácil determinar las cantidades de insumos que se están transportando de un proceso a otro, consecuentemente no pueden obtener registros útiles para disminuir los tiempos de producción, controlar la



calidad del producto y sobretodo conseguir que las operaciones de los procesos sean estables.

En los últimos años la empresa MOLINOS MIRAFLORES S.A., ha iniciado un proceso de cambio de su maquinaria y la inclusión de nuevos controles automáticos que le permitan ser más competitivos, pese a su progreso, el control de flujo del trigo en las tolvas no ha sido el más eficiente debido a que se lo realiza manualmente por parte de los operarios los mismos que no tienen una medición exacta de la cantidad de materia prima que se debería suministrar en un tiempo determinado, por ende la capacidad de producción de la planta no está siendo aprovechada adecuadamente lo que ha provocado retrasos en la fabricación.

El deficiente control del flujo de materia prima en las tolvas de almacenamiento, limita la eficiencia de la operación de la planta y su rentabilidad debido a que la producción varía constantemente, incumpliendo con las metas y objetivos propuestos por la empresa, como consecuencia no se puede proveer a la línea de fabricación en el tiempo requerido y la cantidad necesaria en el que se aproveche al máximo tanto la capacidad como los recursos de la planta.

Los escasos registros de la cantidad de trigo procesado ha ocasionado jornadas de trabajo improductivas debido a que los trabajadores para evitar que los conductos por donde circula la materia prima se obstruyan, disminuyen el paso de la materia prima y esto genera un aumento de los tiempos de producción, por tal motivo no se puede controlar el proceso.

El desconocimiento de nueva tecnología ha limitado el progreso de la empresa, por eso todo proceso productivo debe enfocarse en base a la innovación tecnológica y debe poseer el ingenio de disminuir el costo unitario de producción considerando la capacidad de planta en un intervalo de tiempo, continuidad y calidad, es por ello que se deben implementar equipos de control más apropiados que satisfagan las necesidades de este proceso industrial.

La inadecuada capacitación de la mano de obra ha causado el incremento de tiempo del producto en proceso por la inconsciencia de los trabajadores al disminuir la cantidad de trigo que debe circular por el proceso de fabricación.

Por lo tanto esta investigación conduce a dar solución al problema del control de flujo del trigo en las tolvas de almacenamiento en la empresa MOLINOS MIRAFLORES S.A.

### **1.3 Delimitación**

#### **1.3.1 De contenido**

**Área académica:** Electrónica

**Línea de investigación:** Automatización

**Sublínea de investigación:** Sistemas de control automatizados e instrumentación virtual para procesos industriales de baja y alta potencia.

#### **1.3.2 Espacial**

La investigación se desarrollará en la empresa MOLINOS MIRAFLORES S.A, ubicada en la ciudad de Ambato en la Av. Miraflores 114 y Pérez Anda.

#### **1.3.3 Temporal**

Esta investigación se desarrollará en los seis meses siguientes desde la aprobación del proyecto.

### **1.4 Justificación**

La empresa MOLINOS MIRAFLORES S.A. es una empresa que aspira liderar el mercado a nivel nacional, promoviendo la calidad de sus productos de manera eficiente y permanente con un nivel elevado de responsabilidad hacia sus consumidores por ende está consciente de la necesidad de un control más eficaz en ciertas actividades del proceso de producción que garanticen alcanzar los resultados deseados e incrementar el desarrollo productivo de la empresa.

El constante desarrollo tecnológico que ha iniciado, le ha permitido progresar significativamente en el campo de la competitividad, por ende se ha propuesto mejorar el control del flujo de su producción para garantizar que las materias primas se suministren a la velocidad apropiada y en las proporciones correctas.

La investigación tiene como propósito mejorar el proceso de dosificación de trigo en las tolvas de almacenamiento en la empresa MOLINOS MIRAFLORES S.A., mediante la implementación de un sistema automatizado.

Con el control automático se optimizará la productividad de la empresa, reduciendo los costos de producción y se garantizará la fiabilidad y seguridad del proceso por consiguiente se conseguirá una mejora tanto de la calidad del producto como del desarrollo de la producción, evitando de esta manera el contacto directo de la materia prima con el personal.

Al mismo tiempo, se logrará aumentar la capacidad de producción, por ende los tiempos de entrega serán menores y se reducirá los retrasos en la fabricación e inconvenientes causados por el control manual de la distribución del trigo, además se disminuirá la necesidad de la intervención humana y se buscará mejorar la seguridad del trabajador los mismos que pasarán a ocupar cargos superiores como el de supervisor.

Igualmente con la interfaz de usuario se podrá monitorear el flujo de trigo y su correcto funcionamiento teniendo la oportunidad de acudir rápidamente a medidas correctivas en caso de que ocurra algún inconveniente, por otro lado con la adquisición de datos se busca eliminar los errores que existían en la toma de datos y se tendrá un continuo y rápido acceso a la información de las variables de producción a partir de la cuales podrán realizar análisis e interpretaciones de los resultados.

El proyecto resulta factible de realizarse, por contar con la colaboración de todos los que conforman la empresa MOLINOS MIRAFLORES S.A., pues serán los principales beneficiarios con la realización de este proyecto, porque se podrá controlar automáticamente el paso de materia prima con lo cual se conseguirá un flujo continuo de producción, además con el desarrollo de esta investigación se logrará establecer un equilibrio entre la producción y la capacidad de la planta a los distintos niveles para asegurar la ejecución del programa de producción y mantener la estabilidad en los procesos.

Es importante mencionar que todos quienes conforman MOLINOS MIRAFLORES S.A. están totalmente de acuerdo en la implementación de este sistema automatizado el mismo que ayudará al desarrollo sustancial de la empresa.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Implementar un sistema automatizado para el control de flujo del trigo en las tolvas de almacenamiento en la empresa MOLINOS MIRAFLORES S.A.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Realizar un estudio del sistema de flujo del trigo en las tolvas de almacenamiento en la empresa MOLINOS MIRAFLORES S.A.
- Determinar los requerimientos del sistema con el fin de buscar la solución más óptima para el control de flujo de trigo.
- Desarrollar una aplicación en el software LabView que este acorde al análisis previo realizado y que satisfaga las exigencias del sistema.
- Implementar el sistema automatizado y realizar pruebas de la instalación para verificar que esté de acuerdo a lo planeado con el fin de ponerlo en ejecución.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes investigativos

Exploradas diferentes investigaciones a nivel internacional se puede mencionar la aplicación del método Pi-Buckingham para obtener un modelo matemático simple que prediga el flujo y descarga de sólidos granulares a través de un novedoso dispositivo de control conocido como Válvula-S (o válvula que escupe).

A través del teorema de Buckingham se encontraron los números adimensionales que relacionan las variables involucradas; estas variables son: el diámetro de los sólidos, su densidad, el diámetro relativo del conducto horizontal de la válvula, la presión de operación y la velocidad superficial del aire.

Al combinar las variables en un número mucho más pequeño de parámetros adimensionales, se reduce el trabajo experimental de manera significativa. El objetivo de un sistema de control neumático de flujo es controlar flujos de granos y semillas a granel por medio de un flujo de gas que opera a presión. [17]

Por otro lado a nivel nacional se puede mencionar la implementación de un sistema de control automático, el mismo que está enfocado en el reemplazo del controlador FERTRON por un controlador lógico programable MicroLogix 1500 y la introducción de un panel de operador que permita visualizar y controlar las variables pertinentes al proceso, y así obtener una alimentación óptima de la caña hacia el sector de molienda; lo cual repercute en varios factores de la producción, tales como: calidad de extracción del jugo de caña, cantidad de energía requerida en el proceso de molienda, así como también tiempos de producción. [18]

## **2.2 Fundamentación teórica**

A continuación se detalla la fundamentación teórica a partir de la cual se puede obtener un sustento que incremente los conocimientos para el desarrollo de la propuesta.

### **2.2.1 Automatización**

Se define la automatización, como el proceso de hacer que las máquinas sigan un orden predeterminado de operaciones con poca o ninguna mano de obra, usando equipo y dispositivos especializados que ejecutan y controlan los procesos de manufactura. La automatización, en todo su potencial, se logra usando diversos dispositivos, sensores, actuadores, técnica y equipo capaces de observar y controlar todos los aspectos del proceso de manufactura, de tomar decisiones acerca de los cambios que se deben hacer en la operación y de controlar todos los aspectos de ésta. [19]

En el contexto actual, la AUTOMÁTICA se define como la Ciencia y Técnica de la automatización, que agrupa el conjunto de las disciplinas teóricas y tecnológicas que intervienen en la concepción, la construcción y el empleo de los sistemas automáticos. Está vinculada con las matemáticas, la estadística, la teoría de la información, la informática y técnicas de la ingeniería [20] por otro lado la Automatización Industrial, es un conjunto de técnicas que involucran la aplicación e integración de sistemas mecánicos, eléctricos-electrónicos, unidos con los controladores lógicos programables (PLC's) o afines, para operar y controlar diferentes tipos de sistemas industriales de forma autónoma. Es un área en la que confluyen diferentes disciplinas para la solución de problemas industriales. Los problemas de eficiencia, productividad, calidad, decisiones estratégicas y diseño de procesos, tanto en el ámbito de producción y planta como a nivel gerencial. [21]

### **2.2.2 Sistema automatizado**

Los sistemas automatizados son un conjunto de equipos, sistemas de información, y procedimientos que van a permitir asegurar un desempeño independiente del proceso, a través de operaciones de control y supervisión las mismas que permiten tener una lectura de valores de las variables del proceso, con el objetivo de identificar el estado en el que se viene desarrollando el proceso en un tiempo. [22]

### 2.2.3 Funciones básicas del autómata programable

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 de fabricación.
- **Mando:** Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los preaccionadores y accionadores.
- **Dialogo Humano-Maquina:** Mantener un dialogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informarles del estado del proceso.
- **Programación:** Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata controlando la maquina. [23]

### 2.2.4 Aplicaciones de la automatización

Se suele aplicar la automatización a la manufactura de todo tipo de bienes, desde materias primas hasta productos terminados y en todo tipo de producción, desde talleres hasta grandes instalaciones manufactureras. La decisión de automatizar una instalación nueva o existente de producción requiere tener en cuenta los siguientes puntos:

- El tipo de producto manufacturado
- La cantidad y la velocidad de la producción requerida
- La fase particular de la operación de manufactura que se va a automatizar.
- El nivel de capacitación de la mano de obra disponible.
- La economía.

Debido a que la automatización suele implicar altos costos iniciales de equipo, y requiere un conocimiento de los principios de operación y mantenimiento, para tomar la decisión de implementar aun bajos niveles de automatización debe implicar un estudio cuidadoso de las necesidades reales de una organización. [19]

### 2.2.5 Modelo estructural de un sistema automatizado

Una forma clásica de abordar el estudio de los sistemas Automatizados es la división en Parte de Mando y Parte Operativa.

#### Parte operativa

El sometimiento de la Parte Operativa se logra mediante el mantenimiento continuo de un intercambio de información entre la primera y la Parte de Control o mando. Dicho intercambio se establece a través de los captadores binarios, transductores analógicos y digitales y los dispositivos de pre-accionamiento.

#### Parte de control

La Parte de Control o Mando es el dispositivo encargado de realizar el control coordinador de las distintas operaciones encaminadas a mantener a la Parte Operativa bajo un determinado funcionamiento preestablecido de antemano en las especificaciones de diseño. [20]

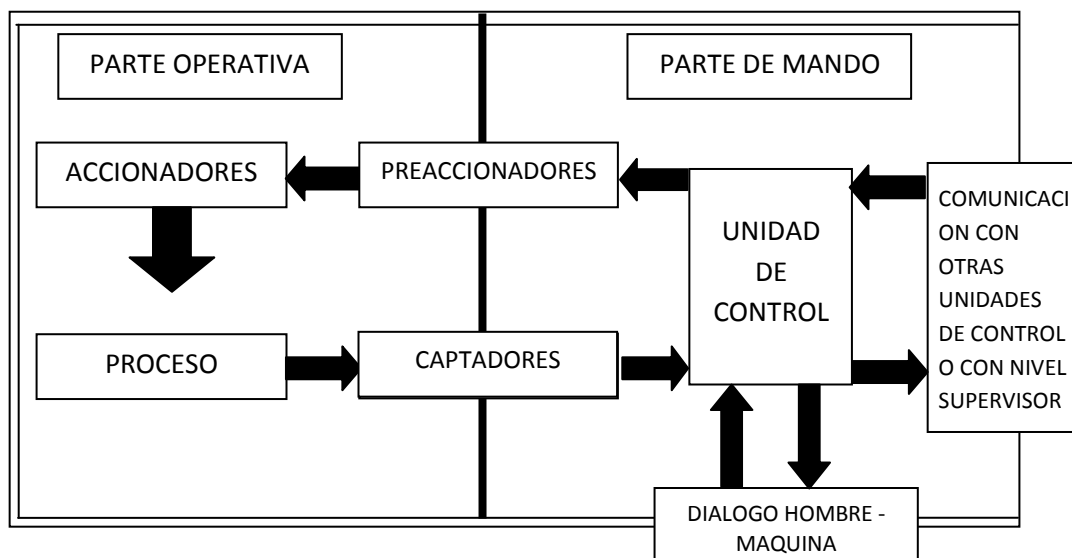


Fig. 1. Parte de mando y parte operativa

### 2.2.6 Sistema SCADA

Se da el nombre de SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition o Control con Supervisión y Adquisición de Datos) a cualquier software que permita el acceso a datos



remotos de un proceso y permita, utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, el control del mismo. [9]

### **2.2.7 Objetivos de los sistemas SCADA**

Los sistemas SCADA se conciben principalmente como una herramienta de supervisión y mando. Entre sus objetivos podemos destacar:

- **Economía:** Es más fácil observar lo que ocurre en la instalación desde la oficina en lugar de enviar a un operario a realizar la tarea.
- **Mantenimiento:** La adquisición de datos materializa la posibilidad de obtener datos de un proceso, almacenarlos y presentarlos de manera inteligente para un usuario no especializado.
- **Ergonomía:** Procura hacer que la relación entre el usuario y el proceso sea lo menos tirante posible.
- **Gestión:** Todos los datos recopilados pueden ser valorados de múltiples maneras mediante herramientas estadísticas, gráficas, valores tabulados, que permitan explotar el sistema con el mejor rendimiento posible.
- **Flexibilidad:** Cualquier modificación de alguna de las características del sistema de visualización no significa un gasto en tiempo y medios, pues no hay modificaciones físicas que requieran la instalación de un cableado. [9]

### **2.2.8 Prestaciones del sistema SCADA**

#### **1. La monitorización:**

Representación de datos en tiempo real a los operadores de planta.

#### **2. La supervisión:**

Es un proceso y herramientas de gestión para la toma de decisiones. Tiene además la capacidad de ejecutar programas que puedan supervisar y modificar el control establecido y bajo ciertas condiciones, anular o modificar tareas asociadas a los autómatas.

### 3. La adquisición de datos:

Por sistema de adquisición de datos se entiende el conjunto de dispositivos, líneas e interfaces que realizan la conexión entre los sensores de medición y un ordenador central que realiza el procesado y almacenamiento de la información. [24]

#### 2.2.9 Funciones principales SCADA

**Supervisión remota de instalaciones y equipo:** Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.

**Control remoto de instalaciones y equipos:** Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control.

**Procesamiento de datos:** El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.

**Visualización gráfica dinámica:** El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.

**Generación de reportes:** El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.

**Representación de señales de alarma:** A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.

**Almacenamiento de información histórica:** Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.

**Programación de eventos:** Esta referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc. [25]

#### **2.2.10 Elementos del sistema SCADA**

**Interfaz Operador-Máquina:** Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.

**Unidad Central (MTU):** Conocido como Unidad Maestra. Ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel. También se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

**Unidad Remota (RTU):** Lo constituye todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central. Es parte del proceso productivo y necesariamente se encuentra ubicada en la planta.

**Sistema de Comunicaciones:** Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.

**Transductores:** Son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos. [26]

#### **2.2.11 Control de flujo de sólidos**

Una mínima mejoría en el proceso de manipulación de los sólidos granulares aportaría grandes beneficios, en virtud de que tiene que existir un equilibrio económico entre los gastos de inversión y de operación del sistema. [25] La descarga y control de flujo de los sólidos que provienen de diversos procesos debe ser una operación simple y eficiente; es deseable que el dispositivo utilizado para ello no tenga partes móviles en contacto con los sólidos y que sea mecánicamente simple. [27]

De igual manera la medición de caudal en la industria es de suma importancia, en la gran parte de los procesos existe la necesidad de controlar el caudal, pero para mantener este control lo primero que se debe hacer es medirlo. Existen diferentes técnicas e instrumentos para medir el caudal, la técnica a utilizar dependerá de la necesidad y condiciones en las cuales se esté.

### **Objetivos del control de flujo**

- **Calidad:** Garantizar que las materias primas se suministren a la velocidad apropiada y en las proporciones correctas.
- **Seguridad:** Prevenir la ocurrencia de presiones a temperaturas peligrosas, así como desbordamientos y otros efectos nocivos.

### **2.2.12 Medición de flujo y caudal**

La medición de flujo es uno de los aspectos más importantes en el control de procesos. Los sensores de flujo detectan y miden transferencia de materiales de un sitio a otro a través de tuberías, mangueras, canales, bandas transportadoras, conductos abiertos y cerrados. [28]

### **Objetivo de la medición de caudal**

- **Contabilidad:** Se utilizan para contabilizar la transferencia de materia entre diversas partes del proceso, diferentes compañías, o bien entre suministrador y usuario.
- **Control de procesos:** La medición de caudal es imprescindible para poder realizar control automático, así como para optimizar rendimientos en las unidades de producción aplicando balances de materia. Por esta causa, los caudales deben medirse y controlarse cuidadosamente. [29]

### **2.2.13 Cinemática de los engranes**

Los engranes son ruedas dentadas cilíndricas que se usan para transmitir movimiento y potencia desde un eje giratorio hacia otro. Los dientes de un engrane conductor encajan con precisión en los espacios entre los dientes del engrane conducido. Los dientes del

impulsor empujan a los dientes del impulsado, lo cual constituye una fuerza perpendicular al radio del engrane. Con esto se transmite un par torsional, y como el engrane es giratorio también se transmite potencia.

Los engranes rectos tienen dientes rectos y paralelos al eje del árbol que los sostiene. La forma curva de las caras de los dientes de engranes rectos tiene una geometría especial, llamada curva involuta. Con esta forma, es posible que dos engranes trabajen juntos con una transmisión de potencia uniforme y positiva.

#### 2.2.14 Nomenclatura y propiedades del diente de engranes rectos

- **Diámetro de paso  $D_p$ :** El diámetro del círculo de paso de un engrane es su diámetro de paso; el punto de tangencia es el punto de paso. [30]
- **Circunferencia de paso:** Es el elemento geométrico en que generalmente se basan todos los cálculos. Las circunferencias de paso de un par de engranes conectados son tangentes entre sí.
- **Paso circular  $p$ :** Es la distancia, medida sobre la circunferencia de paso, entre determinado punto de un diente y el correspondiente de uno inmediato.

$$p = \frac{\pi}{P_d} \quad (1)$$

- **Módulo  $m$ :** Es la relación del diámetro de paso al número de dientes. En este caso, el diámetro generalmente se expresa en milímetros. El módulo es el índice del tamaño de los dientes, cuando se utilizan unidades métricas.

$$m = \frac{D}{N} \quad (2)$$

- **Paso diametral  $P_d$ :** Es la relación del número de dientes al diámetro de paso. En consecuencia es el recíproco del módulo. El paso diametral se emplea cuando se consideran unidades inglesas y, por tanto, se expresa en dientes por pulgada. [31]

$$P_d = \frac{N}{D} \quad (3)$$

- **Adendum, o altura de la cabeza ( $a$ ):** La distancia radial desde el círculo de paso hasta el exterior de un diente.

$$a = \frac{1}{P_d} \quad (4)$$

- **Dedendum, o altura del pie ( $b$ ):** La distancia radial desde el círculo de paso hasta el fondo del espacio del diente.

$$b = \frac{1.25}{P_d} \quad (5)$$

- **Holgura ( $c$ ):** La distancia radial desde el exterior del diente hasta el fondo del hueco entre dientes del engrane opuesto, cuando el diente es totalmente engranado.

$$c = b - a \quad (6)$$

- **Diámetro exterior ( $D_o$ ):** El diámetro del círculo que encierra el exterior de los dientes del engrane.

$$D_o = D + 2a \quad (7)$$

- **Diámetro de raíz ( $D_R$ ):** También se llama diámetro de fondo, y es el diámetro del círculo que contiene el fondo del espacio de diente, que es la circunferencia de raíz o círculo de raíz.

$$D_R = D - 2b \quad (8)$$

- **Altura total ( $h_t$ ):** También se llama profundidad total, y es la distancia radial del exterior.

$$h_t = a + b \quad (9)$$

- **Profundidad de trabajo ( $h_k$ ):** Es la distancia radial que un diente de engrane se introduce en el espacio entre dientes del engrane.

$$h_k = 2a \quad (10)$$

- **Espesor del diente ( $t$ ):** Es la longitud del arco, medida en el círculo de paso, de un lado de un diente al otro lado. A veces a esto se llama espesor circular y su valor teórico es la mitad del paso circular.

$$t = \frac{p}{2} = \frac{\pi}{2P_d} \quad (11)$$

- **Espesor entre dientes:** Es la longitud de arco, medida desde el lado derecho de un diente hasta el lado izquierdo del siguiente. Teóricamente, es igual al espesor del diente, pero por razones prácticas, se hace mayor.
- **Ancho de la cara ( $F$ ):** Se llama también longitud del diente o ancho del flanco. Es el ancho del diente, medida en dirección paralela al eje del diente. El límite inferior, superior y nominal del ancho de cara del piñón se lo determina mediante las ecuaciones 43, 44 y 45 respectivamente. El límite superior tiende a minimizar los problemas de alineamiento y a asegurar que haya una carga razonablemente uniforme en toda la cara. [30]

$$\text{Límite inferior} = \frac{8}{P_d} \quad (12)$$

$$\text{Límite Superior} = \frac{16}{P_d} \quad (13)$$

$$\text{Límite nominal} = \frac{12}{P_d} \quad (14)$$

- **Chaflán:** También se llama filete. Es el arco que une el perfil de involuta del diente con la raíz del espacio entre dientes.
- **Cara:** Es la superficie del diente de un engrane, desde el círculo de paso hasta el círculo externo de engrane.
- **Flanco:** Es la superficie del diente de un engrane, desde la raíz del espacio entre dientes, incluyendo el chaflán.

La figura 2 contiene dibujos de dientes de engranes rectos, donde se indican los símbolos de las diversas propiedades.

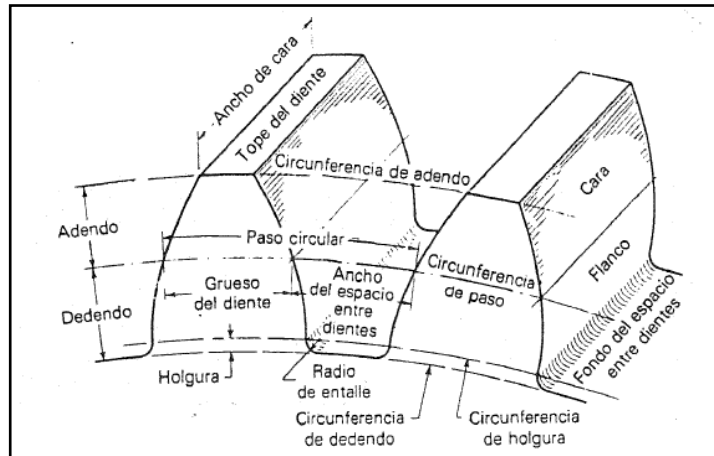


Fig. 2. Nomenclatura de los dientes del engrane

- **Ángulo de presión  $\phi$ :** Es el que forma la tangente a los círculos de paso y la línea trazada normal (perpendicular) a la superficie del diente del engrane como se observa en la figura 3. Los valores estándar son 14.5, 20 y 25 grados, el de 20 grados es el más utilizado y el de 14.5 grados es considerado como obsoleto. [30]

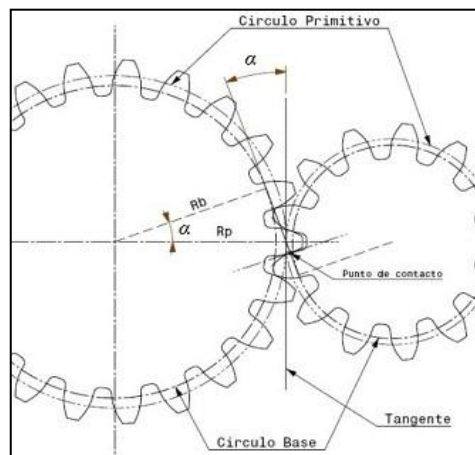


Fig. 3. El ángulo de presión en un juego de engranes

### 2.2.15 Diseño de engranes rectos

Un engrane recto tiene dientes de involuta que son rectos y paralelos a la línea de centro del eje que soporta al engrane.

- **Velocidad de la línea de paso**

$$\text{Velocidad de la línea de paso} = v_t = R\omega = \left(\frac{D}{2}\right)\omega \quad (15)$$



Donde:

- $R$  = Radio del círculo de paso
- $D$  = Diámetro de paso
- $\omega$  = Velocidad angular del engrane

En el cálculo de los esfuerzos en dientes de engranes se acostumbra expresar la velocidad de la línea de paso en pies/min, mientras que el tamaño del engrane se indica con su diámetro de paso expresado en pulgadas. La velocidad de rotación se indica como  $\pi$  rpm, esto es,  $n$  rev/min, en el caso típico.

$$v_t = \left(\frac{D}{2}\right)\omega = \frac{D \text{ pulg.}}{2} * \frac{n \text{ rev.}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{rev}} * \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ pulg}} = \left(\frac{\pi D n}{12}\right) \frac{\text{pies}}{\text{min}} \quad (16)$$

- **Par Torsional**

El par torsional que se ejerce sobre un engrane es el producto de la carga transmitida,  $W_t$  por el radio de paso del engrane. Ese par torsional también es igual a la potencia transmitida, dividida entre la velocidad angular.

$$T = W_t(R) = W_t\left(\frac{D}{2}\right) = \frac{P}{n} \quad (17)$$

- **Fuerza Tangencial**

Entonces, se puede despejar la fuerza y ajustar las unidades como sigue:

$$W_t = \frac{2P}{Dn} = \frac{2P(\text{hp})}{D(\text{pulg}) * n(\text{rev/min})} * \frac{550\text{lb} * \text{pie/s}}{(\text{hp})} * \frac{1.0\text{rev}}{2\pi \text{ rad}} * 60\text{s/min} * \frac{12\text{pulg}}{\text{pie}}$$

$$W_t = \frac{(126000)(P)}{(nD)} \text{ lb} \quad (18)$$

La potencia también es:

$$P = W_t * v_t \quad (19)$$

Entonces, al despejar la fuerza y ajustar las unidades, se tiene:

$$W_t = \frac{P}{v_t} = \frac{P(\text{hp})}{v_t(\text{pie/min})} * \frac{550\text{lb} * \text{pie/s}}{1.0\text{hp}} * 60\text{s/min} = \frac{33000(P)}{v_t} \text{ lb} \quad (20)$$

Par torsional en lb-pulg:

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{P(\text{hp})}{n(\text{rev/min})} * \frac{550\text{lb} * \text{pie/s}}{1.0\text{hp}} * \frac{1.0\text{rev}}{2\pi\text{rad}} * 60\text{s/min} * \frac{12\text{pulg}}{\text{pie}}$$

$$T = \frac{63000(P)}{n} \text{lb} * \text{pulg} \quad (21)$$

La fuerza normal,  $W_n$  y la fuerza radial,  $W_r$  se puede calcular a partir de  $W_t$  conocida.

- **Fuerza radial**

$$W_r = W_t * \tan\phi \quad (22)$$

- **Fuerza normal**

$$W_n = \frac{W_t}{\cos\phi} \quad (23)$$

Donde  $\phi$  es el ángulo de presión del perfil del diente.

### 2.2.16 Esfuerzos en los dientes de engranes

### 2.2.17 Esfuerzo flexionante en dientes de engranes

El esfuerzo flexionante que resulta es máximo en la base del diente. Al tomar en cuenta la geometría detallada del diente, Wilfred Lewis dedujo la ecuación del esfuerzo en la base del perfil de involuta.

$$\sigma_f = \frac{W_t P_d}{FY} \quad (24)$$

Donde

- $W_t$  = fuerza tangencial
- $P_d$  = paso diametral del diente
- $F$  = ancho de la cara del diente
- $Y$  = factor de forma de Lewis, que depende de la forma del diente, el ángulo de presión, el paso diametral, el número de dientes en el engrane y el lugar donde actúa  $W_t$ .

Al comparar el esfuerzo real en la raíz, con el que indica la ecuación de Lewis, se puede determinar el factor  $K_t$  de concentración de esfuerzos para la zona del chaflán.

$$\sigma_f = \frac{W_t P_d K_t}{F Y} \quad (25)$$

El valor del factor de concentración de esfuerzos depende de la forma del diente, la forma y tamaño del chaflán en la raíz del diente, y del punto de aplicación de la fuerza en el diente. El valor de  $Y$ , el factor de Lewis, depende también de la geometría del diente. Por lo tanto, los dos factores se combinan en un término, el factor de geometría  $J$ , donde  $J = Y/K_t$ .

$$\sigma_f = \frac{W_t P_d}{F J} \quad (26)$$

El método AGMA aplica una serie de factores adicionales de modificación de esfuerzo flexionante calculado con la ecuación de Lewis modificada, para calcular un valor conocido como número de esfuerzo flexionante  $S_t$ . Estos factores representan el grado con el que el caso real de carga difiere de la base teórica de la ecuación de Lewis.

### 2.2.18 Número de esfuerzo flexionante, $S_t$

$$S_t = \frac{W_t P_d}{F J} K_o K_s K_m K_B K_v \quad (27)$$

Donde:

- $K_o$  = factor de sobrecarga para resistencia flexionante
- $K_s$  = factor de tamaño para la resistencia flexionante
- $K_m$  = factor de distribución de carga para la resistencia flexionante
- $K_B$  = factor de espesor de orilla
- $K_v$  = factor dinámico para la resistencia flexionante

### Factor de sobrecarga, $K_o$

Los factores de sobrecarga consideran la probabilidad de que variaciones de carga, vibraciones, choques, cambios de velocidad y otras condiciones específicas de la

aplicación, puedan causar cargas máximas mayores que  $W_t$ , aplicada a los dientes del engrane durante el funcionamiento.

### **Factor de tamaño, $K_s$**

La AGMA indica que se puede suponer el factor de tamaño como 1.00 para la mayoría de los engranes. Pero para engranes con dientes grandes o grandes anchos de caras, se recomienda manejar un valor mayor que 1.00.

### **Factor de distribución de carga, $K_m$**

La determinación del factor de distribución de carga se basa en muchas variables en el diseño de los engranes mismos, pero también en los ejes, cojinetes, cajas y la estructura donde se instalará el reductor con engranes.

$$K_m = 1.0 + C_{pf} + C_{m\alpha} \quad (28)$$

Donde:

- $C_{pf}$  = factor de proporción del piñón
- $C_{m\alpha}$  = factor de alineamiento de engranado

### **Factor de espesor de orilla, $K_B$**

Si la orilla del engrane es muy delgada, se puede deformar, y causa que el punto de esfuerzo máximo se mueva, desde el área del chaflán del diente hasta un punto inferior a la orilla. El parámetro geométrico principal se llama relación de respaldo  $m_B$ .

$$m_B = \frac{t_R}{h_t} \quad (29)$$

Donde:

- $t_R$  = espesor de la orilla
- $h_t$  = profundidad total del diente

Para  $m_B > 1.2$ , la orilla es bastante fuerte para soportar al diente, y  $K_B = 1.0$ . También, el factor  $K_B$  se puede usar cerca de un cuñero, donde existe poco espesor de metal entre la parte superior del cuñero y la parte inferior del espacio entre dientes.

### **Factor dinámico, $K_v$**

Con el factor dinámico se considera que la carga es resistida por un diente, con cierto grado de impacto, y que la carga real sobre el diente es mayor que la carga transmitida sola. El valor de  $K_v$  depende de la exactitud del perfil del diente, sus propiedades elásticas y la velocidad con la cual se ponen en contacto los dientes.

### **2.2.19 Selección del material del engrane con base en el esfuerzo flexionante.**

### **2.2.20 Número de esfuerzo flexionante admisibles ajustados, $S'_{at}$**

Se han generado datos para distintos valores de vida esperada y confiabilidad. También los diseñadores pueden optar por aplicar un factor de seguridad al número de esfuerzo flexionante admisible, para considerar las incertidumbres en el análisis del diseño, las características del material, o las tolerancias de manufactura, o bien para tener una medida adicional de seguridad, en aplicaciones críticas.

$$S'_{at} = \frac{S_{at} Y_N}{SF * K_R} \quad (30)$$

### **Factor por ciclos de esfuerzo, $Y_N$**

El cálculo del número de ciclos de carga esperado se puede efectuar mediante:

$$N_c = 60(L)(n)(q) \quad (31)$$

Donde:

- $N_c$ = número de ciclos de carga esperado.
- $L$ = Vida de diseño, en horas.
- $n$ = velocidad de giro del engrane, en rpm.
- $q$ = número de aplicaciones de carga por revolución.

### **Factor de seguridad, $SF$**

Se puede emplear el factor de seguridad para tener en cuenta lo siguiente:

- Incertidumbres en el análisis de diseño
- Incertidumbres en las características del material

- Incertidumbres en las tolerancias de manufactura

### **Factor de confiabilidad, $K_R$**

Se selecciona el factor que se ajuste a la confiabilidad de diseño que se desee.

#### **2.2.21 Resistencia a la Picadura de los Dientes de Engranés.**

La picadura es el fenómeno en el que se eliminan pequeñas partículas de la superficie de las caras del diente, debido a los grandes esfuerzos de contacto que causan fatiga.

$$\sigma_c = C_P \sqrt{\frac{W_t}{FD_P I}} \quad (32)$$

#### **2.2.22 Número de esfuerzo de contacto**

Se agregan varios factores a la ecuación del esfuerzo de contacto. La cantidad que resulta de llaman número de esfuerzo de contacto,  $S_c$ .

$$S_c = C_P \sqrt{\frac{W_t K_o K_s K_m K_v}{FD_P I}} \quad (33)$$

#### **2.2.23 Selección del material del engrane con base en el esfuerzo de contacto**

#### **2.2.24 Número de esfuerzo de contacto admisible $S_{ac}$**

$$S_c < S_{ac} \frac{Z_N C_H}{(SF) K_R} \quad (34)$$

### **Factor de resistencia a la picadura por número de ciclos de esfuerzo, $Z_N$**

El término  $Z_N$  es el factor de resistencia a la picadura por número de ciclos de esfuerzo, para un número de contactos esperado distinto de  $10^7$ .

### **Factor por relación de durezas, $C_H$**

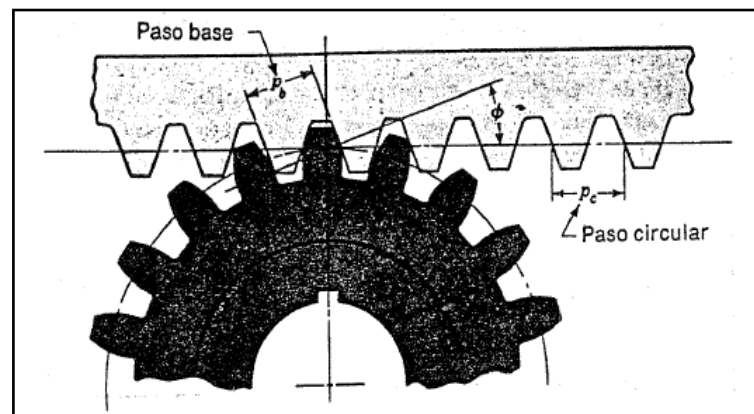
Se recomienda emplear un valor inicial de  $C_H = 1.00$ . Después, cuando se especifiquen los materiales, se puede determinar un valor inicial de  $C_H$ . [30]

Número de esfuerzo de contacto admisible requerido:

$$\frac{K_R(SF)}{Z_N C_H} S_c < S_{ac} \quad (35)$$

### 2.2.25 Cremallera

Puede considerarse que una cremallera es un engrane X recto, cuyo diámetro de paso es infinito. En consecuencia, tiene un número infinito de dientes y una circunferencia de base que está a una distancia infinita del punto de paso. Los lados de los dientes de evolvente de una cremallera son rectas que, con respecto a la línea de los centros, forman un ángulo igual al de presión. En la figura 4 se muestra una cremallera de evolvente conectada a un piñón. [32]



**Fig.4** Piñón y cremallera de evolvente

### 2.2.26 Cuñas

Una cuña (o chaveta) es un componente de maquinaria que se instala en la interfaz entre un eje y el cubo de un elemento de transmisión de potencia, con el objeto de transmitir par torsional. [30]

## 2.3 Propuesta de solución

La implementación de un sistema automatizado mejorará el control de flujo del trigo en las tolvas de la empresa MOLINOS MIRAFLORES S.A.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Modalidad de la investigación**

El presente es un proyecto de Investigación aplicada (I), en la cual se utilizan los conocimientos científicos adquiridos de varias ciencias como la Ingeniería, la Industria y la Tecnología para desarrollar el diseño e implementación del sistema automatizado que de solución al control del flujo de trigo y por ende al mejoramiento de la productividad de la empresa.

El proyecto se desarrolló utilizando la investigación de campo debido a que se efectúa dentro de las instalaciones de la empresa MOLINOS MIRAFLORES S.A. y se mantiene contacto de forma directa con la realidad es decir en donde se genera el problema, mediante esta investigación se obtiene información relevante sobre el método utilizado para el control de flujo de trigo, pues estos datos son la base para el desarrollo de la propuesta y apoyan al cumplimiento de los objetivos de la investigación.

Igualmente se realiza una investigación bibliográfica - documental para poder profundizar diferentes enfoques con respecto al control de flujo de trigo y sus posibles soluciones a través de la automatización industrial, de esta manera se recopila información valiosa que sirve como sustento científico del proyecto, ampliando teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores, acorde a los requerimientos del proyecto.

#### **3.2 Recolección de información**

Se utilizó una lista de control, llamada también hoja de verificación en la cual se registra el cumplimiento de las tareas necesarias para el control de flujo de trigo, con el



fin de evaluar el desempeño de las actividades desarrolladas por los trabajadores y anotar los inconvenientes que se puedan generar, también se utilizó hojas de registro con los campos necesarios para la información proveniente del subproceso mencionado y además se realizaron mediciones con un dinamómetro que determinó la fuerza requerida para abrir las compuertas tanto de almacenamiento como de descarga.

### **3.3 Procesamiento y análisis de la información**

- Análisis de la situación actual del proceso a través de la observación.
- Recolección de datos mediante la lista de control y la hoja de registro, las cuales nos ayudan obtener información para el análisis del subproceso.
- Organización y tabulación de los datos de acuerdo a las jornadas de trabajo para determinar la cantidad de trigo que es enviada a la línea de producción.
- Análisis de la información recogida mediante histogramas, diagramas de dispersión y gráficas de control.
- Interpretación de resultados con el apoyo de las técnicas de control descritas en el punto anterior.

### **3.4 Desarrollo del proyecto**

- Estudio y descripción del método utilizado para la dosificación del trigo.
- Determinación de los requerimientos del sistema a partir de los problemas encontrados en el subproceso.
- Selección de los equipos y elementos de mando adecuados para automatizar el control de flujo del trigo.
- Diseño del sistema automatizado, y sus diagramas tanto de control como de potencia.
- Desarrollo de la aplicación SCADA para el control, monitoreo y adquisición de datos.
- Realización de Pruebas del sistema diseñado.
- Implementación del sistema automatizado en la empresa en cuestión.
- Evaluación del sistema.

## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **4.1 Descripción de la propuesta**

La secuencia de tareas que se desarrollan para el diseño e implementación del sistema automatizado se describen a continuación:

- 1.** Descripción del subproceso a optimizar.
- 2.** Descripción de la situación actual del subproceso.
- 3.** Descripción del sistema automatizado y los parámetros de control.
- 4.** Selección de los equipos y elementos apropiados para el subproceso.
- 5.** Conexión y Configuración del PLC Siemens S7-200 CPU 224 y CPU 224 XP.
- 6.** Programación en el Controlador Lógico Programable (PLC).
- 7.** Comunicación del PLC con la HMI por NI OPC SERVER.
- 8.** Programación del HMI en el software Labview.
- 9.** Diseño de los diagramas de control y de potencia.
- 10.** Implementación de los elementos y equipos de control.

### 4.1.1 Descripción del subproceso a optimizar

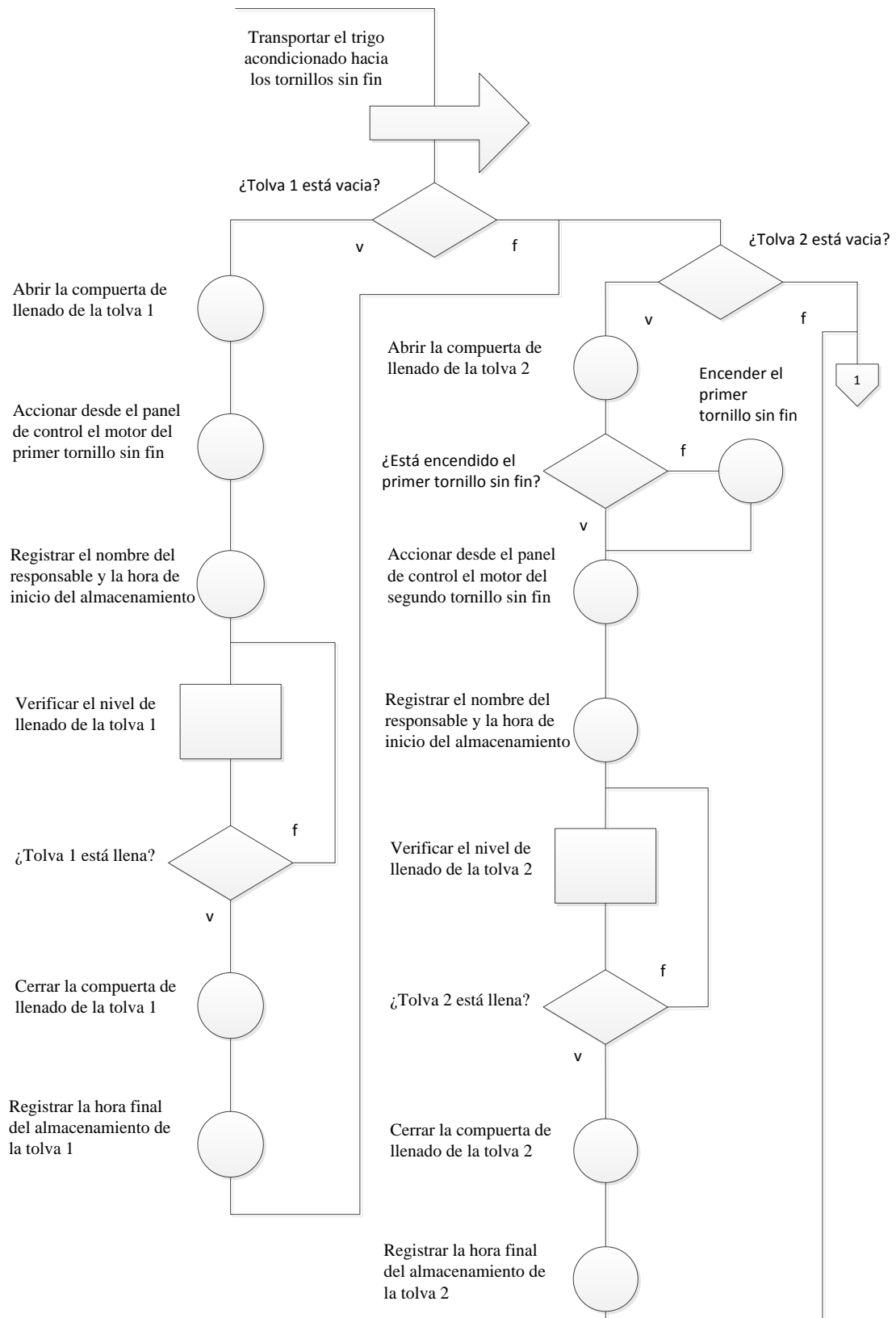


Fig. 5. Parte uno del diagrama de flujo del proceso de dosificación de trigo

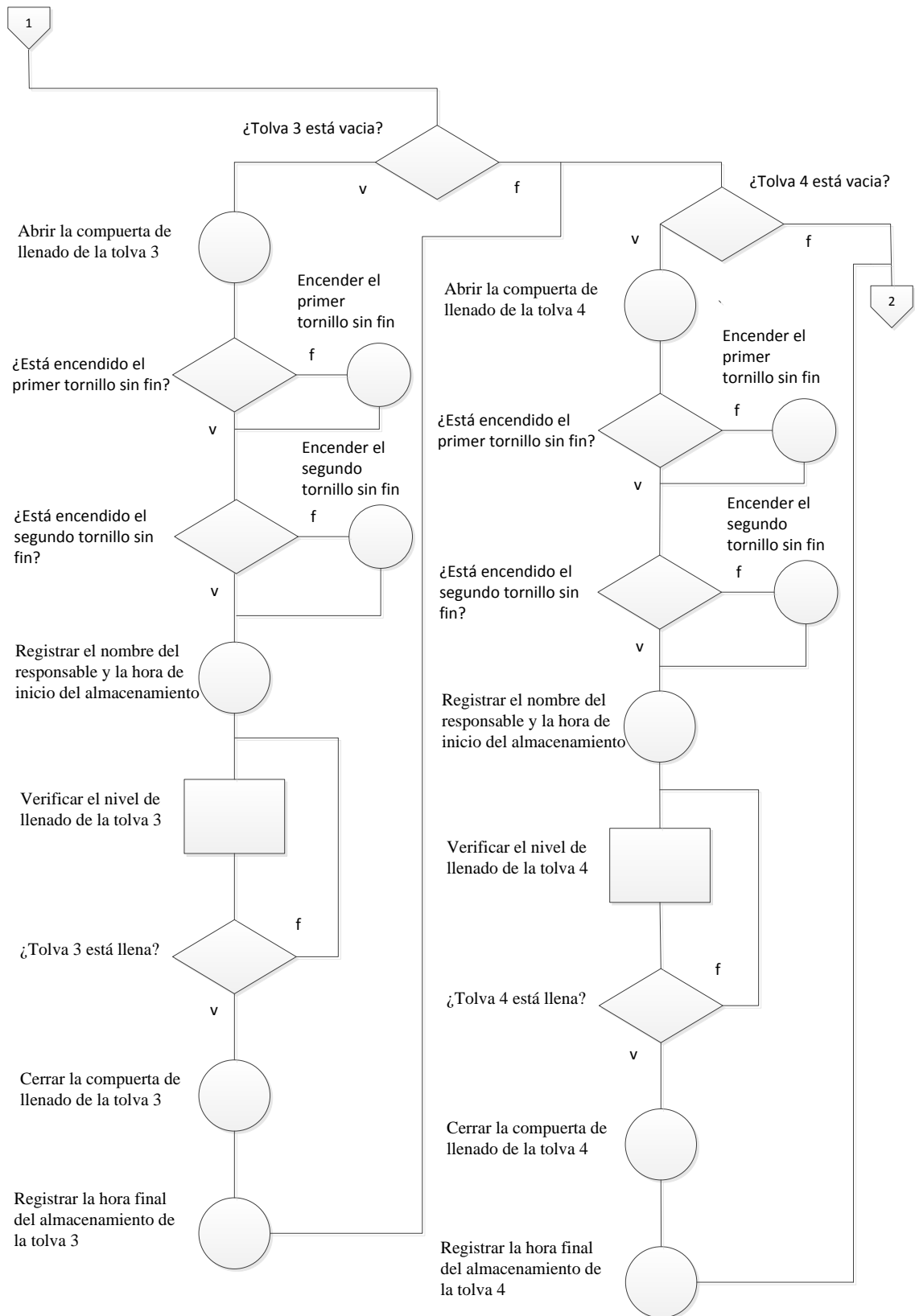


Fig. 6. Parte dos del diagrama de flujo del proceso de dosificación de trigo

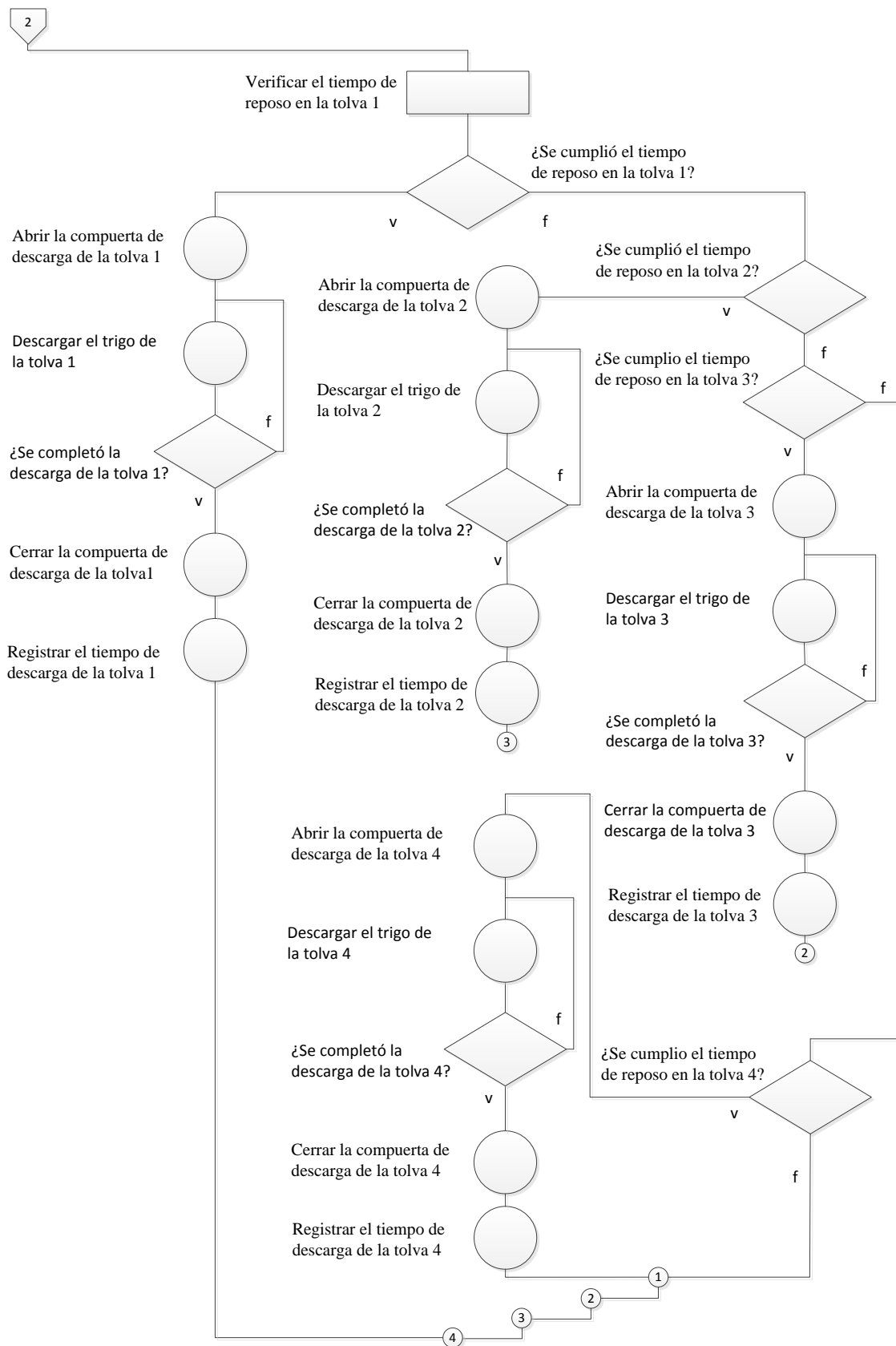


Fig. 7. Parte tres del diagrama de flujo del proceso de dosificación de trigo

## **Descripción del diagrama de flujo**

Cuando el trigo ha sido previamente tratado, es decir una vez que pasa por los subprocesos de limpieza y acondicionamiento; es transportado hacia el área de almacenamiento donde existen cuatro tolvas con una capacidad aproximada de dieciocho a veinte kilogramos.

El trigo es distribuido a la primera tolva por medio de una rosca transportadora accionada por el operario desde un panel de control, seguidamente abre la compuerta que permite el paso del trigo, para el llenado de la segunda, tercera y cuarta tolva se acciona la segunda rosca transportadora y se mantiene encendida la primera, del mismo modo, el operador abre el paso de la compuerta según la tolva que se desee cargar. El tiempo que tarda en llenarse es de cuatro a cinco horas aproximadamente.

Después de que el trigo ha permanecido en reposo por un tiempo indeterminado, se suministra hacia el proceso de molienda para que el grano sea fragmentado y con esto retirar la mayor cantidad de harina blanca que se encuentre adherida al salvado, para lo cual el operario abre la compuerta ubicada en la parte inferior de la tolva, esta compuerta es regulada en tres posiciones distintas, la posición de esta depende del estado y cantidad de trigo acumulado en el depósito, además los trabajadores deben estar pendientes de que no ocurran obstrucciones.

Cuando la primera tolva acaba de suministrar el trigo, el operador cierra el paso para volver a llenarla y continuar con el proceso anteriormente descrito; e inmediatamente descarga el trigo de la siguiente tolva.

Además el encargado del control del subproceso registra los tiempos de inicio y de finalización del llenado, los tiempos de reposo y de descarga del trigo de cada tolva en el cuaderno de registro diario de la producción.

El proceso de producción empieza el día domingo a las 22h00 y termina el día viernes a las 22h00, existen tres jornadas de producción, en cada de ellas, dos operadores son los encargados del control manual de la distribución de la materia prima. En el anexo 1 se puede apreciar la disposición física actual de las tolvas de almacenamiento y los elementos que intervienen en el subproceso.

#### **4.1.2 Descripción de la situación actual del subproceso.**

Para conocer la situación actual del subproceso, se establece los siguientes pasos:

1. Recolección de información
2. Procesamiento de datos
3. Análisis e interpretación de datos

##### **1.- Recolección de información**

Se recolectan datos utilizando hojas de registro y listas de control, por otro lado se realizan mediciones para encontrar la fuerza requerida que abra las compuertas tanto de almacenamiento y descarga.

##### **Hoja de Registro.<sup>1</sup> Ver anexo 2.**

Esta hoja contiene varios campos, los cuales se llenan como se detallan a continuación:

- La hoja de registro de datos se divide en dos partes, la primera en donde se especifican las características respecto al almacenamiento de trigo y la segunda parte en donde se anotan los datos sobre la descarga del trigo.
- Se registra la fecha y la jornada de trabajo en la que se utiliza cada hoja de registro, existen tres jornadas de trabajo, en la mañana (6:00am-14:00pm), en la tarde (14:00pm-22:00pm) y en la noche (22:00pm-6:00am).
- Se apunta el nombre del molinero encargado de controlar tanto el almacenamiento de la tolva como el control del flujo de trigo.
- Se especifica el número de tolva que está siendo almacenada o descargada.
- Se anota la hora de inicio y fin de almacenamiento de cada una de las tolvas, así como la hora de inicio y fin de la descarga de trigo hacia el proceso de molienda.
- Se determina el tiempo empleado tanto para almacenar como para descargar el trigo a partir de los tiempos registrados de inicio y fin respectivamente.

---

<sup>1</sup> Se utiliza una hoja de registro por cada jornada de trabajo.

- Adicionalmente se registra el valor de kilogramos totalizados que indica el equipo MYFA, sin embargo esta información se la utiliza simplemente como referencia para los registros de producción, ya que el peso acumulado es del trigo que se encuentra aún con impurezas.
- Finalmente se registra la cantidad de inconvenientes del proceso ocurridos debido al inadecuado control del flujo de trigo que se suministra hacia el proceso de molienda (número de regulaciones de la compuerta) y el número de obstrucciones que se generan debido al grado de humedad del trigo en cada tolva de almacenamiento.

**Lista de Control.** Ver anexo 3.

En la lista de control se escriben y se verifican los siguientes datos:

- Se selecciona la tolva que está en proceso de almacenamiento y la que está en proceso de descarga.
- Se anota la fecha y el responsable de la hoja de control.
- Se verifica la realización o el cumplimiento de las siguientes actividades:
  1. ¿Se siguieron los procedimientos para el llenado de la tolva?
  2. ¿Se siguieron los procedimientos para la descarga del trigo?
  3. ¿Se llenaron los registros de almacenamiento y descarga y estos son correctos?
  4. ¿Existieron retrasos en el almacenamiento del trigo?
  5. ¿Existieron retrasos en la descarga del trigo?
- En caso del incumplimiento de las actividades descritas anteriormente, se registran las causas y observaciones respectivas.

Para el desarrollo de la investigación se recolectan datos del mes de Junio y Julio del año 2013 durante las tres jornadas de trabajo, con el fin de analizar su comportamiento y proceder a determinar los factores que limitan el buen funcionamiento del subproceso en cuestión.



## Mediciones con el dinamómetro.

- **Características del dinamómetro**

**Tipo:** Tubular de resorte

**Alcance:** 50 kg-f

**Unidad de medida:** Kg-f

- **Protocolo de medición**

Es importante indicar que las mediciones realizan los trabajadores encargados del almacenamiento y del control del flujo y dosificación del trigo. Los datos de fuerza para abrir las compuertas de descarga se toman cuando las tolvas están llenas y hayan cumplido con el tiempo de reposo. Se realizan las siguientes actividades:

1. Se coloca la armella del dinamómetro en la mitad de la manija de la compuerta.



Fig. 8. Ubicación de la armella

2. Se sujeta el aro de metal con el dedo índice y el dedo medio de la mano derecha.



Fig. 9. Sujetar el aro de metal del dinamómetro

3. Se ubica el dinamómetro en sentido horizontal, paralelo a la compuerta, de tal manera que la escala de medida quede hacia el lado derecho.



Fig. 10. Ubicación del dinamómetro

4. El trabajador se ubica en posición inclinada como se muestra en la figura 11.



Fig. 11. Postura del operario para realizar la medición

5. Se ejerce la fuerza para la apertura de la compuerta.



Fig. 12. Fuerza realizada para abrir la compuerta

6. Finalmente se registra el dato observado en la escala de medición.

- **Registro de los valores de fuerza**

### **Compuertas de Almacenamiento:**

Se adquieren 10 mediciones en cada compuerta de almacenamiento.

Tabla 1. Fuerzas necesarias para abrir las compuertas de almacenamiento

<b>MEDICIONES</b>	<b>TOLVA 1</b>	<b>TOLVA 2</b>	<b>TOLVA 3</b>	<b>TOLVA 4</b>
1	2.0kg-f	2.5kg-f	2.5kg-f	3.0kg-f
2	2.3kg-f	3.0kg-f	2.0kg-f	2.9kg-f
3	2.0kg-f	2.5kg-f	2.5kg-f	3.0kg-f
4	2.3kg-f	3.0kg-f	2.0kg-f	2.9kg-f
5	2.0kg-f	2.6kg-f	2.5kg-f	3.0kg-f
6	2.3kg-f	3.0kg-f	2.0kg-f	2.9kg-f
7	2.1kg-f	2.5kg-f	2.7kg-f	3.0kg-f
8	2.3kg-f	3.0kg-f	2.0kg-f	2.9kg-f
9	2.3kg-f	2.8kg-f	2.0kg-f	2.8kg-f
10	2.5kg-f	2.7kg-f	2.0kg-f	2.5kg-f

De los datos, se selecciona el valor mayor de todas las fuerzas para evitar elegir un motor que no pueda mover la carga necesaria, en este caso  $3.0\text{kg-f} = 29.42\text{N} = 6.61\text{lb-f}$ .

### **Compuertas de Descarga:**

Se realizan únicamente 2 mediciones en cada compuerta de descarga del trigo para no intervenir con el proceso de producción, estas mediciones se representan en la tabla 2.

Tabla 2. Fuerzas necesarias para abrir las compuertas de descarga

<b>MEDICIONES</b>	<b>TOLVA 1</b>	<b>TOLVA 2</b>	<b>TOLVA 3</b>	<b>TOLVA 4</b>
1	9.0kg-f	9.0kg-f	9.5kg-f	8.5kg-f
2	8.5kg-f	8.0kg-f	9.0kg-f	8.0kg-f

Del mismo modo, se selecciona el valor mayor de todas las fuerzas registradas, en este caso  $9.5\text{kg-f} = 93.16\text{N} = 20.94\text{lb-f}$ .

## **2.- Procesamiento de datos**

Una vez que se han recolectado los datos, se los ordena para su posterior análisis, estos datos se encuentran tabulados en cuatro tablas, las cuales se mencionan a continuación:

1. Registro del Almacenamiento de trigo del mes de Junio. Ver Anexo 4.
2. Registro del Almacenamiento de trigo del mes de Julio. Ver Anexo 5.
3. Registro de descarga de trigo del mes de Junio. Ver anexo 6.
4. Registro de descarga de trigo del mes de Julio. Ver anexo 7.

En la tabla 2 y 3 se presenta un campo adicional que representa el valor aproximado de los kg almacenados en cada una de las tolvas. Por lo tanto se resta el valor registrado de los kg acumulados de la tolva que se desea calcular, con el valor de la tolva anterior.

En la tabla 4 y 5 se aprecia dos campos adicionales, el penúltimo representa el tiempo de reposo del trigo, y se calcula a partir de la fecha y hora que se terminó de almacenar hasta que se empezó a descargar, y el último campo representa los kilogramos almacenados en cada tolva que se determinó en las tablas 2 y 3.

Además se visualiza el número de regulaciones de la compuerta de descarga (A), y el número de obstrucciones que ocurren a causa de la humedad del trigo (B).<sup>2</sup>

### **3.- Análisis e interpretación de datos**

Los datos recogidos se los analiza mediante las siguientes técnicas:

#### **1. Histograma**

De los datos recolectados en los anexos 6 y 7 correspondientes al registro de descarga de trigo del mes de junio y julio del año 2013, se analiza el comportamiento del tiempo de reposo del trigo mediante un histograma.

---

<sup>2</sup>Los granos de trigo se adhieren debido al grado de humedad que reciben en el proceso de acondicionamiento, por lo tanto provocan taponamientos u obstrucciones, impidiendo de esta manera el suministro el trigo hacia el proceso de molienda.

Tabla 3. Tiempos de reposo del trigo en las tolvas de almacenamiento

Muestra	Resultados de los tiempos de reposo									
	1-10	59:20:00	61:45:00	12:50:00	16:50:00	20:00:00	21:15:00	18:00:00	20:25:00	23:30:00
11-20	22:15:00	20:25:00	19:50:00	19:50:00	19:40:00	20:40:00	21:25:00	48:15:00	45:35:00	50:40:00
21-30	24:20:00	54:00:00	53:10:00	51:55:00	54:00:00	22:25:00	22:40:00	24:45:00	60:00:00	67:30:00
31-40	67:15:00	22:40:00	23:15:00	23:35:00	23:20:00	21:45:00	21:30:00	27:50:00	28:55:00	27:55:00
41-50	71:25:00	69:26:00	67:40:00	21:05:00	22:00:00	20:50:00	21:15:00	21:46:00	22:50:00	23:05:00
51-60	21:00:00	20:10:00	18:30:00	22:15:00	28:00:00	57:40:00	56:00:00	55:13:00	18:45:00	20:31:00
61-70	21:00:00	19:40:00	20:20:00	19:45:00	23:05:00	21:00:00	21:30:00	19:55:00	20:55:00	78:40:00
71-80	79:25:00	81:30:00	84:30:00	25:45:00	47:40:00	21:45:00	24:20:00	24:25:00	24:05:00	20:50:00
81-90	23:45:00	18:45:00	67:25:00	67:50:00	75:36:00	17:15:00	35:35:00	22:00:00	22:10:00	21:00:00
91-100	14:40:00	19:30:00	24:30:00	50:00:00	64:35:00	63:40:00	78:25:00	21:40:00	22:45:00	19:20:00

### Cálculos para la elaboración del histograma

Valor mínimo y máximo de los datos:

$$Valor_{mínimo} = 12:50:00 \text{ horas} = 12.8 \text{ horas}$$

$$Valor_{máximo} = 84:30:00 \text{ horas} = 84.5 \text{ horas}$$

Cálculo del rango. Se resuelve con la ecuación 36:

$$R = Valor_{máximo} - Valor_{mínimo} \quad (36)$$

$$R = (84.5 - 12.8) = 71.7 \text{ horas}$$

Cálculo del intervalo de clase. Se resuelve con la ecuación 37:

$$i = \frac{R}{\sqrt{n}} \quad (37)$$

$$i = \frac{71.7}{\sqrt{100}} = 7.17$$

Cálculo del punto medio de clase. Se resuelve con la ecuación 38:

$$X = \frac{\text{límite superior} + \text{límite inferior}}{2} \quad (38)$$

$$X = \frac{(19.97 + 12.8)}{2} = 16.39 \text{ horas}$$

Tabla 4. Distribución de frecuencias de los datos de reposo del trigo

Número	Clase		Punto medio de la clase(x)	Frecuencia	Frecuencia Relativa
1	12.8	19.97	16.39	11	11 %
2	19.97	27.14	23.56	54	54 %
3	27.14	34.31	30.73	4	4 %
4	34.31	41.48	37.90	1	1 %
5	41.48	48.65	45.07	3	3 %
6	48.65	55.82	52.24	7	7 %
7	55.82	62.99	59.41	5	5 %
8	62.99	70.16	66.58	8	8 %
9	70.16	77.33	73.75	2	2 %
10	77.33	84.5	80.92	5	5 %
				100	100%

**Gráfico del histograma con los límites de especificación:**

El límite inferior y superior de la especificación es de 18 y 22 horas respectivamente, pues son los límites adecuados del tiempo de reposo según el nivel de acondicionamiento proporcionado al trigo.

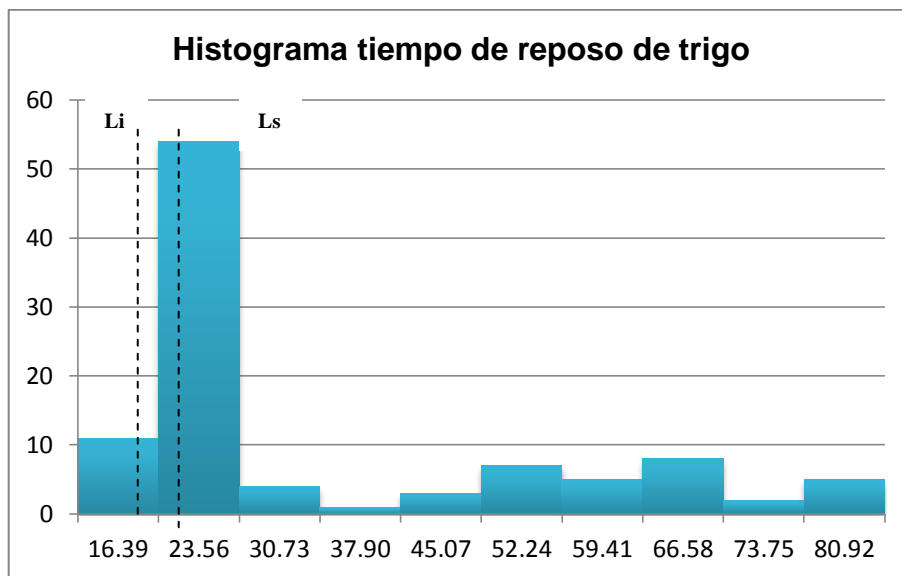


Fig. 13. Histograma de los tiempos de reposo del trigo

**Análisis:**

La tendencia central tiene desviación negativa y la distribución está fuera de los límites de control, pues son tres o cuatro veces mayores que el límite superior permitido para mantener una adecuada calidad del trigo.

## Interpretación:

El gráfico confirma que no hay un correcto control del tiempo de reposo del trigo, y que el proceso está descentrado, esto se debe al descuido de los operarios y a los paros de producción por ende el trigo permanece más tiempo en reposo.

### 2. Gráficas de control $\bar{x} - R$

1.- Con los datos recolectados en los anexos 6 y 7 correspondientes al registro de descarga de trigo del mes de junio y julio del año 2013, se analiza el comportamiento de los del tiempo de reposo del trigo mediante las gráficas  $\bar{x} - R$ .

Tabla 5. Datos del tiempo de reposo del trigo para el análisis de la gráfica  $\bar{x} - R$

Subgrupo	x1	x2	x3	x4	x5	$\Sigma x$	$\bar{x}$	R
1	59.33	61.75	12.83	16.83	20.00	170.74	34.15	48.92
2	21.25	18.00	20.42	23.5	21.00	104.17	20.83	5.5
3	22.25	20.42	19.83	19.83	19.67	102.00	20.40	2.58
4	20.67	21.42	48.25	45.58	50.67	186.59	37.32	30
5	24.33	54.00	53.17	51.92	54.00	237.42	47.48	29.67
6	22.42	22.67	24.45	60.00	67.5	197.04	39.41	45.08
7	67.25	22.67	23.25	23.33	21.75	158.25	31.65	45.5
8	21.75	21.5	27.83	28.92	27.92	127.92	25.58	7.42
9	71.42	69.43	67.67	21.08	22.00	251.6	50.32	50.34
10	20.83	21.25	21.77	22.83	23.08	109.76	21.95	2.25
11	21.00	20.17	18.5	22.25	28.00	109.92	21.98	9.5
12	57.67	56.00	55.22	18.75	20.52	208.16	41.63	38.92
13	21.00	19.67	20.33	19.75	23.08	103.83	20.77	3.41
14	21.00	21.5	19.92	20.92	78.67	162.01	32.40	58.75
15	79.42	81.5	84.5	25.75	47.67	318.84	63.77	58.75
16	21.75	24.33	24.42	24.08	20.83	115.41	23.08	3.59
17	23.75	18.75	67.42	67.83	75.6	253.35	50.67	56.85
18	17.25	35.58	22.00	22.17	21.00	118.00	23.60	18.33
19	14.67	19.5	24.5	50.00	64.58	173.25	34.65	49.91
20	63.67	78.42	21.67	22.75	19.33	205.84	41.17	59.09
						$\Sigma x$	682.82	624.36

Cálculo del promedio  $\bar{x}$  para cada subgrupo. Se resuelve con la ecuación 39:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 \dots + x_n}{n} \quad (39)$$

$$\bar{x}_1 = \frac{59.33 + 61.75 + 12.83 + 16.83 + 20}{5} = \frac{170.7}{5} = 34.15 \text{ horas}$$

Cálculo del promedio bruto  $\bar{\bar{x}}$ , donde k es el número de subgrupos. Se resuelve con la ecuación 40:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 \dots + \bar{x}_k}{k} \quad (40)$$

$$\bar{\bar{x}} = \frac{682.82}{20} = 34.14 \text{ horas}$$

Cálculo del rango de cada subgrupo. Se resuelve con la ecuación 36:

$$R_1 = 61.75 - 12.83 = 48.92 \text{ horas}$$

Cálculo del rango promedio. Se resuelve con la ecuación 41:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 \dots + R_k}{k} \quad (41)$$

$$\bar{R} = \frac{624.36}{20} = 31.22 \text{ horas}$$

Coefficientes para el tamaño de muestra:

Para determinar los límites de control de las graficas  $\bar{x} - R$  se necesitan constantes  $A_2, D_4$  y  $D_3$  que son los coeficientes determinados por el tamaño del subgrupo  $n$ , y se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Coeficientes determinados por el tamaño del subgrupo  $n$

Tamaño de la muestra	Gráfica X	Gráfica R				
	A2	d2	1/d2	d3	D3	D4
2	1.880	1,128	0.8862	0.893	-	3,257
3	1.023	1,693	0.5908	0.888	-	2,575
4	0.729	2,059	0.4857	0.88	-	2,282
5	0.577	2,326	0.4299	0.864	-	2,115
6	0.483	2,534	0.3946	0.848	-	2,004
7	0.419	2,704	0.3698	0.833	0.076	1,924
8	0.373	2,847	0.3512	0.82	0.136	1,864
9	0.337	2,790	0.3367	0.808	0.184	1,816
10	0.308	3,078	0.3249	0.797	0.223	1,777



## Cálculo de las líneas de control

### Gráfica $\bar{x}$

- Límite Central. Se resuelve con la ecuación 42:

$$Lc = \bar{\bar{x}} \quad (42)$$

$$Lc = 34.14 \text{ horas}$$

- Límite de control superior. Se resuelve con la ecuación 43:

$$Lcs = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \quad (43)$$

$$Lcs = 34.14 + (0.577 * 31.22) = 52.15 \text{ horas}$$

- Límite de control inferior. Se resuelve con la ecuación 44:

$$Lci = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} \quad (44)$$

$$Lci = 34.14 - (0.577 * 31.22) = 16.13 \text{ horas}$$

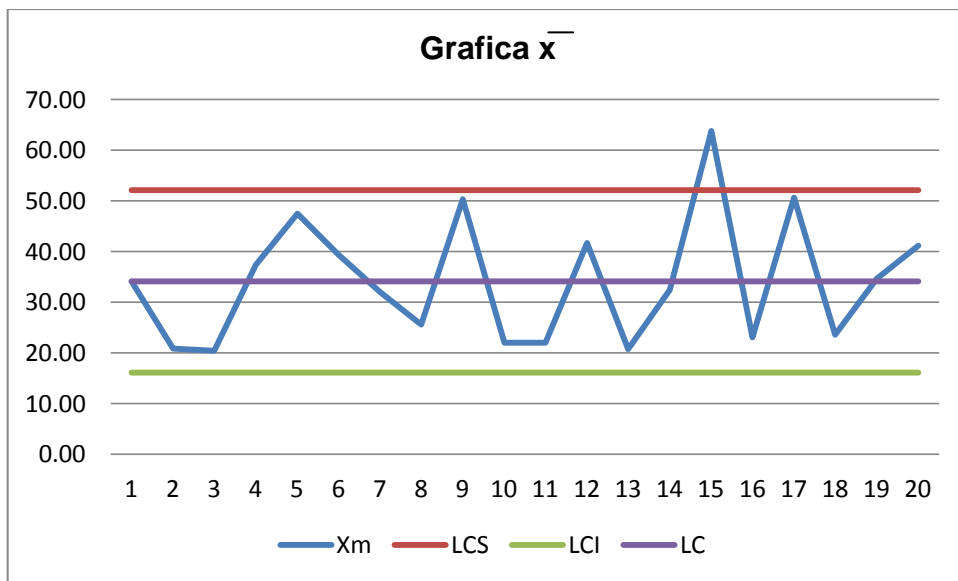


Fig. 14. Gráfica  $\bar{x}$  de los tiempos de reposo del trigo

### Análisis:

Como se puede observar en la figura 14, existe un punto fuera de los límites de control perteneciente al subgrupo 15, por lo tanto indica un cambio en la medida del tiempo de reposo.

### Interpretación:

El proceso está fuera de control, pues el punto fuera indica que los valores del tiempo de reposo del trigo son mayores que el límite superior por lo tanto esto se asocia al control manual de la dosificación del trigo lo cual retrasa la producción.

### Gráfica R

- Límite Central. Se resuelve con la ecuación 45:

$$Lc = \bar{R} \quad (45)$$

$$Lc = 31.22 \text{ horas}$$

- Límite de control superior. Se resuelve con la ecuación 46:

$$Lcs = D_4 \bar{R} \quad (46)$$

$$Lcs = 2.115 * 31.22 = 66.03 \text{ horas}$$

- Límite de control inferior. Se resuelve con la ecuación 47:

$$Lci = D_3 \bar{R} \quad (47)$$

$D_3$  no existe para el número de muestra  $n = 5$ , por lo tanto  $Lci$  no se considera.

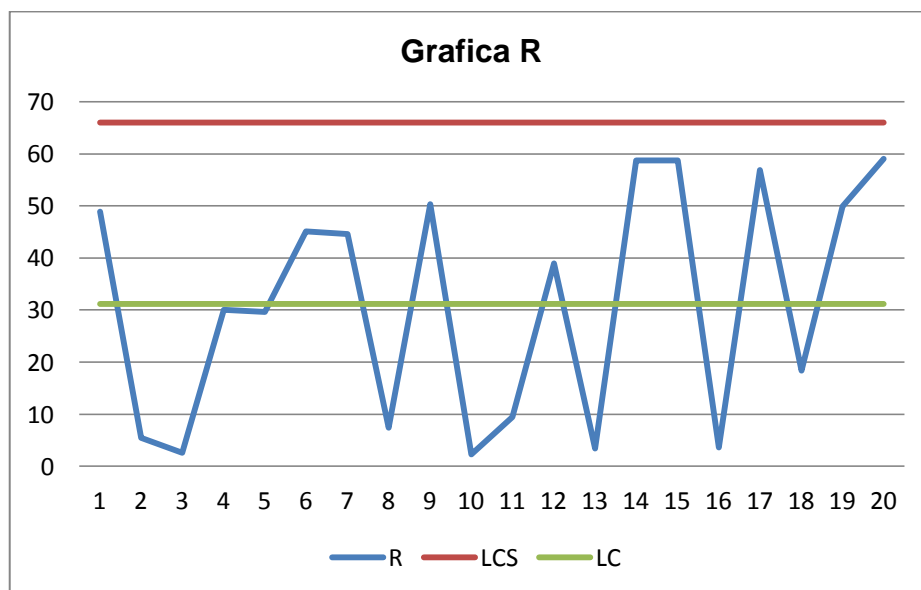


Fig. 15. Gráfica R de los tiempos de reposo del trigo

### Análisis:

Como se puede observar en la figura 15, todos los datos están dentro de los límites por lo que el subproceso está controlado, además no se ha identificado una tendencia en los valores del tiempo de reposo.

### Interpretación:

No existe variabilidad en los datos, se concluye que el proceso se encuentra bajo control estadístico debido a que los valores de las muestras se encuentran dentro de los límites de control. Adicionalmente los tiempos de reposo se distribuyen aproximadamente a ambos lados de la línea central.

2.- Con los datos recolectados en los anexos 6 y 7 correspondientes al registro de descarga de trigo del mes de junio y julio del año 2013, se analiza el comportamiento del tiempo de descarga del trigo mediante las gráficas  $\bar{x} - R$ .

Tabla 7. Datos del tiempo de descarga del trigo para el análisis de la gráfica  $\bar{x} - R$

Subgrupo	X1	X2	X3	X4	X5	$\Sigma X$	$X_m$	R
1	8.17	6.92	7.83	8.17	8.42	39.51	7.90	1.50
2	8.42	7.92	9.17	8.08	8.25	41.84	8.37	1.25
3	7.67	7.67	7.67	8.17	8.50	39.68	7.94	0.83
4	8.50	8.42	9.67	9.58	8.50	44.67	8.93	1.25
5	8.00	8.75	8.42	9.08	8.50	42.75	8.55	1.08
6	8.75	8.75	3.50	8.08	8.50	37.58	7.52	5.25
7	9.50	9.50	8.67	9.17	8.00	44.84	8.97	1.50
8	8.50	14.67	10.00	7.58	9.42	50.17	10.03	7.09
9	8.00	9.00	7.83	8.67	7.83	41.33	8.27	1.17
10	8.17	10.25	8.50	8.42	7.92	43.26	8.65	2.33
11	6.67	8.33	7.75	8.75	8.42	39.92	7.98	2.08
12	2.58	6.17	7.92	8.67	7.92	33.26	6.65	6.09
13	8.33	7.42	8.75	7.83	10.25	42.58	8.52	2.83
14	6.75	8.58	8.08	8.25	8.17	39.83	7.97	1.83
15	6.50	2.25	11.25	9.00	8.25	37.25	7.45	9.00
16	8.75	8.58	8.33	8.50	9.00	43.16	8.63	0.67
17	8.08	8.17	4.33	1.17	9.00	30.75	6.15	7.83
18	9.25	3.50	9.00	3.75	4.42	29.92	5.98	5.75
19	1.00	1.00	5.42	5.00	3.83	16.25	3.25	4.42
20	8.50	3.00	4.58	9.58	7.33	32.99	6.60	6.58

Se calcula el promedio  $\bar{x}$  para cada subgrupo, con la ecuación 39:

$$\bar{x}_1 = \frac{8.17 + 6.92 + 7.83 + 8.17 + 8.42}{5}$$

$$\bar{x}_1 = \frac{39.51}{5} = 7.90 \text{ horas}$$

Se calcula el promedio bruto  $\bar{\bar{x}}$ , con la ecuación 40:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{154.31}{20} = 7.72 \text{ horas}$$

Se calcula el rango de cada subgrupo, con la ecuación 36:

$$R_1 = 8.42 - 6.92 = 1.5 \text{ horas}$$

Se calcula el rango promedio, con la ecuación 41:

$$\bar{R} = \frac{70.33}{20} = 3.52 \text{ horas}$$

### **Cálculo de las líneas de control**

#### **Gráfica $\bar{x}$**

- Límite Central, se determina con la ecuación 42:

$$Lc = 7.72 \text{ horas}$$

- Límite de control superior, se determina con la ecuación 43:

$$Lcs = 7.72 + (0.577 * 3.52) = 9.74 \text{ horas}$$

- Límite de control inferior, se determina con la ecuación 44:

$$Lci = 7.72 - (0.577 * 3.52) = 5.69 \text{ horas}$$

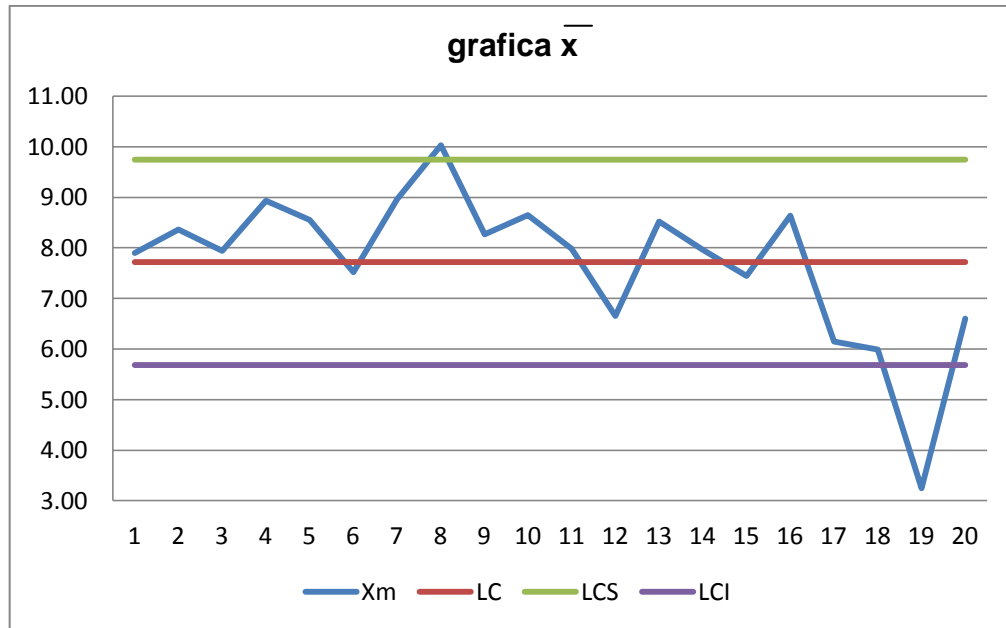


Fig. 16. Gráfica  $\bar{x}$  de los tiempos de reposo del trigo

**Análisis:**

Como se puede observar existen dos puntos fuera de los límites en la figura 16, en el subgrupo 8 y en el subgrupo 19, por lo tanto se dice que el subproceso está fuera del control.

**Interpretación:**

Los datos muestran que los tiempos de descarga de trigo están fuera de control, esto se debe a las calibraciones manuales de la compuerta, ocasionando inestabilidad en la dosificación.

**Gráfica R**

- Límite Central. Se resuelve con la ecuación 45:

$$Lc = 3.52 \text{ horas}$$

- Límite de control superior. Se resuelve con la ecuación 46:

$$Lcs = 2.115 * 3.52 = 7.44 \text{ horas}$$

- Límite de control inferior. Se resuelve con la ecuación 47:

$$Lci = D_3 \bar{R}$$

$D_3$  no existe para el número de muestra  $n = 5$ , por lo tanto  $Lci$  no se considera.

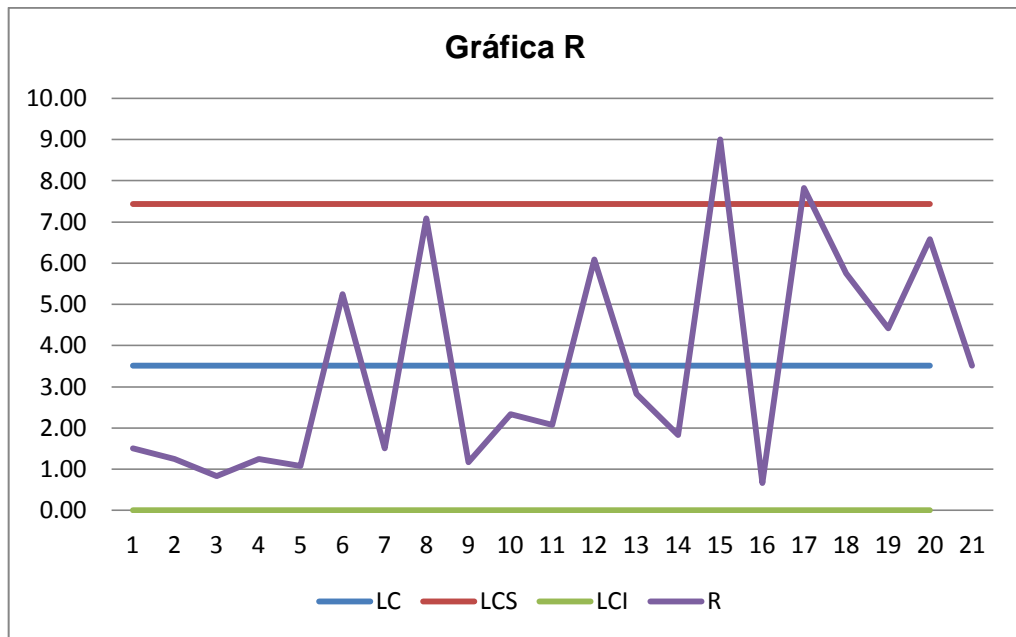


Fig. 17. Gráfica R de los tiempos de reposo del trigo

#### Análisis:

Como se puede observar en la figura 17, existen dos puntos fuera del límite superior, el subgrupo 15 y el subgrupo 17, por lo tanto se dice que el subproceso está fuera del control.

#### Interpretación:

Los resultados muestran que existe variabilidad en los tiempos de descarga, pues están muy cerca de los límites de control, esto se debe a descuidos de los operadores en la descarga de trigo pues no se la realiza en proporciones correctas y a la velocidad adecuada.

De los datos tabulados, se deriva el siguiente análisis de la situación actual del proceso de control de flujo de trigo.

- La cantidad de trigo que se almacena en cada tolva, no es la misma, ya que los operadores no tienen una medida exacta y asumen un nivel máximo de llenado para cada tolva.
- El tiempo de reposo del trigo es inestable, y esto genera variaciones en el nivel de acondicionamiento del trigo, es decir en el porcentaje de humedad del grano, por lo tanto surgen inconformidades en la calidad del producto final.<sup>3</sup>
- El tiempo que tarda en descargarse el trigo de cada tolva, varía constantemente, por lo que no se cumplen con los tiempos de producción preestablecidos. Esto se debe a la calibración manual de la apertura de las compuertas de descarga, la cual está sujeta a errores por parte de los operarios.
- De los datos registrados se observa que mientras el tiempo de reposo del trigo es menor, se generan más obstrucciones dentro de la tolva porque los granos de trigo se adhieren a las paredes debido a su alto grado de humedad, esto afecta al proceso de molienda al no obtener la separación óptima entre el endospermo y el salvado del grano.
- Por otro lado conforme aumenta el tiempo de reposo también aumenta el número de veces que se regula la apertura de la compuerta para la distribución del trigo, consecuentemente los operadores deben estar pendientes en todo momento para el buen funcionamiento del proceso.
- Existe un cuaderno en donde cada molinero registra estos datos particulares del proceso, sin embargo no son analizados a tiempo, lo cual hace que el registro sea innecesario.

---

<sup>3</sup>El acondicionamiento es el tratamiento en virtud del cual se añade y distribuye uniformemente humedad al grano para que éste alcance un estado físico que permita una molienda de resultados óptimos y poder ser cribado enteramente y con facilidad, esto se consigue con un buen acondicionamiento.

## **Lista de control**

De la lista de control se mencionan las siguientes observaciones e inconvenientes durante el proceso de almacenamiento y distribución del trigo:

- Descuidos al anotar la hora de inicio y finalización del almacenamiento y de descarga del trigo.
- Se anota incorrectamente la hora de finalización de la descarga del trigo.
- Asumieron valores incorrectos del tiempo que tarda en almacenarse cada tolva.
- No se abrió el paso para el almacenamiento de la tolva uno y el trigo se dirigió hasta la tolva cuatro desde la cual se estaba descargando el trigo para el proceso de producción.
- Se obstruyeron las tuberías porque se abrió completamente la compuerta debido a la presencia de vibraciones en la planta y los trabajadores no se percataron.
- No se almaceno inmediatamente el trigo en la tolva dos después de haber almacenado la tolva uno.
- Se descarga hacia el proceso de molienda el trigo de la tolva dos que aún no cumplía con el tiempo de reposo.
- Se olvidaron de cerrar la compuerta de almacenamiento de la tolva tres, por lo que se obstruyo el trigo en los tornillos sin fin.

### **4.1.3 Descripción del sistema automatizado y los parámetros de control.**

Con todo lo antes mencionado es posible describir los controles necesarios para que el subproceso en cuestión funcione correctamente y facilite su supervisión desde un lugar central. Este proyecto requiere de diferentes elementos y controles los cuales se mencionan a continuación:

1. Controlador mediante el cual se controle tanto las señales de entrada como las de salida del sistema en donde el funcionamiento de los elementos de salida es producido en base a las condiciones de los elementos de entrada.



2. Panel o tablero de control el cual contenga los dispositivos de conexión y comando con sus cubiertas y protecciones correspondientes. Desde este tablero se controlará tanto manual como automáticamente el funcionamiento del proceso, y además se podrá detenerlo al accionar el paro de emergencia.
3. Accionamiento automático de los motores eléctricos que están conectados a los tornillos sin fin los mismos que transportan el trigo hacia cada una de las tolvas de almacenamiento.
4. Mecanismo Piñón-Cremallera acoplado a un motor que permita mediante la conversión de su movimiento giratorio en lineal continuo abrir o cerrar las compuertas de descarga y almacenamiento.
5. Finales de carrera para detectar el límite de apertura y cierre de las compuertas.
6. Sensores detectores de nivel mínimo y máximo los mismos que serán ubicados en cada una de las tolvas, estos sensores enviarán las señales al PLC para que controle automáticamente la apertura de las compuertas de almacenamiento como de descarga de trigo.
7. Válvulas rotativas las cuales estén comandadas por un motor reductor y su velocidad se regule por un variador de frecuencia, la velocidad de la esclusa depende del flujo de trigo determinado en el dosificador. Estas válvulas estarán acopladas a cada conducto por el cual fluye el trigo de cada una de las tolvas.
8. Una HMI (Human Machine Interface) realizada en un ordenador a través del software Labiew en la que se representará el proceso en sí, y además se podrá monitorear, supervisar y controlar el proceso mediante la interacción con un operador, La comunicación del PLC con la HMI se realiza por medio del OPC Server (*OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control*).
9. Una base de datos con la finalidad de tener un fácil acceso a los datos generados en el proceso, la misma que se ejecutará desde la HMI en la cual se podrán hacer consultas e imprimir reportes de todos los datos de producción como tiempos de reposo flujo de producción, kilogramos y fechas tanto de la carga como de la descarga del trigo.

Cabe mencionar que antes existía un control de dosificación en donde se pesaba el trigo justo antes de distribuirse al proceso de molienda y después de suministrarlo de las tolvas de almacenamiento, este sistema de balanza consta de dos cilindros neumáticos, ver anexo 8.

Por lo tanto se controla la dosificación para que el trigo sea descargado cada 10 kilogramos y mediante una comunicación serial se adquiere los valores que envía el indicador GSE 250, estos datos se acumulan en el programa y se los compara en relación al tiempo, para estimar el caudal del trigo. Previamente se debe determinar un valor deseado del caudal para que mediante el controlador (PLC) se compare y obtener así una señal de error la misma que sirve para que el actuador en este caso el variador de frecuencia regule automáticamente la velocidad del motor de la válvula rotativa.

Una vez que el sistema automatizado este completo se requiere adquirir la licencia del software LabView con la aplicación OPC Server para que el programa funcione adecuadamente y sin restricciones.

#### **4.1.4 Selección de los equipos y elementos apropiados para el proceso.**

Los elementos y equipos que son parte de la automatización se indican a continuación:

1. Elementos mecánicos.
2. Elementos de control y mando.
3. Elementos de protección.
4. Equipos de Control.

A continuación se describe cada uno de ellos:

##### **1. Elementos mecánicos.**

##### **Mecanismo Piñón – Cremallera**

Se utiliza el mecanismo piñón-cremallera con el fin de conseguir un movimiento lineal de precisión para la apertura de las compuertas que permiten el paso de trigo hacia el

almacenamiento y hacia el proceso de molienda. De esta manera cuando el piñón gira, sus dientes empujan los de la cremallera, provocando el desplazamiento lineal de ésta.

## 1.- Mecanismo Piñón – Cremallera para la compuerta de almacenamiento

### Selección del motor

Para seleccionar el motor adecuado primeramente se calcula el par torsional, pues su valor se basa en los datos de fuerza tangencial (fuerza necesaria para abrir la compuerta) determinada anteriormente. Por lo tanto es necesario especificar los siguientes valores.

#### a) La fuerza (en Newtons) requerida para mover la compuerta $W_{tca}$

De las mediciones realizadas se determina que la fuerza mínima requerida es:

$$W_{tca} = 3.0 \text{ kgf} = 29.42 \text{ N} = 6.61 \text{ lbf}$$

Sin embargo se considera un factor de seguridad de 2, puesto que la medición solo se pudo realizar de la fuerza necesaria para abrir la compuerta más no la fuerza requerida para cerrarla por lo tanto:

$$W_{tca} = 3.0 \text{ kgf} * 2 = 6.0 \text{ kgf} = 58.84 \text{ N} = 13.23 \text{ lbf}$$

#### b) El número de dientes del piñón por dimensionar $N_{ca}$

Tabla 8. Número mínimo de dientes del piñón [32]

Ángulo de Presión (grados)	Número mínimo de dientes
14.5	32
20.0	18
25.0	12

Para un ángulo de presión de 20 grados, 18 es el número mínimo de dientes para evitar interferencia entre un piñón de profundidad total y una cremallera de profundidad total. Por lo tanto para el diseño inicial se utiliza:

$$N_{ca} = 18 \text{ dientes}$$

c) **Paso diametral  $P_{dca}$**

El paso de los dientes del piñón determina su tamaño, por lo tanto como criterio de diseño se selecciona de la figura 18 un valor tentativo para el paso diametral, el cual está sujeto de modificaciones, según condiciones de diseño posteriores.

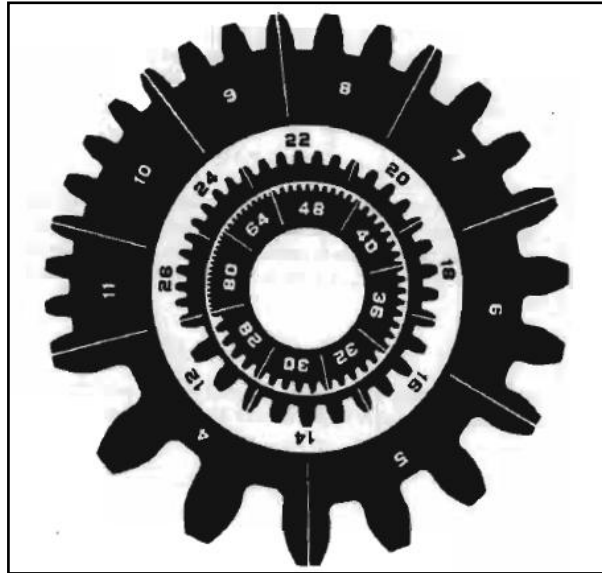


Fig. 18. Tamaño de dientes de piñón en función del paso diametral

Se elige un paso diametral inicial de 8, pues el tamaño del engrane es adecuado al considerar el tamaño de las compuertas de almacenamiento.

$$P_{dca} = 8 \text{ dientes/pulg}$$

d) **Diámetro de paso del piñón  $D_{pca}$**

Se resuelve despejando la ecuación 3:

$$D_{pca} = \frac{N_{ca}}{P_{dca}} \frac{18 \text{ dientes}}{8 \text{ dientes/pulg}} = 2.25 \text{ pulg}$$

e) **Radio del piñón  $R_{ca}$**

$$R_{ca} = \frac{D_{ca}}{2} = \frac{2.25}{2} = 1.125 \text{ pulg}$$

f) **Par torsional  $T_{ca}$ .** Se resuelve con la ecuación 17.

$$T_{ca} = W_{tca} * R_{ca} = (13.23 \text{ lbf} * 1.125 \text{ plg}) = 14.88 \text{ lb pulg}$$

A continuación se realiza una selección de los motores disponibles, en base al par torsional determinado, y sus características se indican en la tabla 9.

Tabla 9. Modelos de motores para las compuertas de almacenamiento

CARACTERÍSTICAS	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
Model Number	2216	N2228	0665
Speed (rpm)	142	283	170
Torque	19 lb-in	21 lb-in	45 lb-in
Motor Output Power (hp)	1/17	1/6	1/4
Voltage (AC)	230	230	230
Current (amps)	0.48	0.73	1.2
Rated Frequency (Hz)	60	60	60
Gear Ratio	12	6	10
Length XH (inches)	6	5.5	6.08
Weight (lbs)	7.5	10.5	14.5
Motor Type	30R4BEPP-D3	34R6BFPP-Z2	42R5BFPP-E2
Cost	220.55	269.36	215.67

**Selección:** De los tres modelos propuestos en la tabla 9, se elige el modelo 3 por sus reducidas dimensiones y porque su costo es accesible. Por lo tanto de las características del motor se obtiene los siguientes datos útiles para el diseño del piñón:

- *La velocidad (en rpm) del piñón por dimensionar  $\eta_{ca}$*

$$\eta_{ca} = 170 \text{ rpm}$$

- *La potencia (en caballos)  $P_{ca}$*

$$P_{ca} = 0.25 \text{ hp}$$

### Procedimiento para diseñar una transmisión segura y duradera

1. **Velocidad de la línea de paso  $V_{tca}$ .** Se resuelve con la ecuación 16.

$$V_{tca} = \frac{\pi D_{pca} \eta_{ca}}{12} = \frac{\pi (2.25 \text{ pulg}) (170 \text{ rpm})}{12} = 100.138 \text{ pies/min}$$

2. **Carga transmitida  $W_{tca}$ .** Se resuelve con la ecuación 18.

$$W_{tca} = \frac{33000(P_{ca})}{V_{tca}} = \frac{33000(0.25 \text{ hp})}{100.138 \text{ pies/min}} = 82.39 \text{ lb}$$

**3. Ancho de cara del piñón  $F_{ca}$ .** Se resuelve con las ecuaciones 12, 13 y 14 respectivamente.

$$\text{Límite inferior} = \frac{8}{P_{dca}} = \frac{8}{8} = 1 \text{ pulg}$$

$$\text{Límite Superior} = \frac{16}{P_{dca}} = \frac{16}{8} = 2 \text{ pulg}$$

$$\text{Límite nominal} = \frac{12}{P_{dca}} = \frac{12}{8} = 1.5 \text{ pulg}$$

#### **4. Material para el piñón**

Se elige un acero, pues es el material más empleado porque permite obtener la mayor seguridad con un tamaño mínimo del piñón.

**5. Coeficiente elástico  $C_{pca}$ .** Ver anexo 9.

$$C_{pca} = 2300$$

**6. Número de calidad  $Q_{vca}$ .** Ver anexo 10.

Se determina el número de calidad del material de acuerdo a la velocidad de paso establecida anteriormente, por lo tanto el número de calidad es:

$$Q_{vca} = 6$$

**7. Factor dinámico  $K_{vca}$ .** Ver anexo 11.

El factor dinámico se determina en función de la velocidad en la línea de paso y de la curva representativa de los números de calidad, por lo tanto:

$$k_{vca} = 1.10$$

**8. Factor de sobrecarga  $K_o$ .** Ver anexo 12.

La fuente de potencia es un motor eléctrico perfectamente uniforme que impulsa una compuerta que soporta una carga uniforme, por lo tanto el factor de sobrecarga es:

$$K_{oca} = 1.00$$

**9. Factor de geometría J.** Ver anexo 13.

Para un ángulo de presión de 20 grados y número de dientes del piñón igual a 18, se tiene un factor de geometría:

$$J_{ca} = 0.30$$

**10. Factor de geometría para resistencia a la picadura I.** Ver anexo 14.

Para una relación de engranes igual a 1.00 y para el número de dientes del piñón igual a 18. El factor de geometría es:

$$I_{ca} = 0.070$$

**11. Factor de distribución de carga  $K_{mca}$**

Para determinar el factor de distribución de carga se debe especificar los factores que se nombran a continuación:

**Factor de proporción del piñón  $C_{pf}$ .** Ver anexo 15.

Para un ancho de cara  $F_{ca} = 1.50 \text{ pulg}$  y un diámetro de paso del piñón  $D_{pca} = 2.25 \text{ pulg}$ , se calcula la siguiente relación:

$$\frac{F_{ca}}{D_{pca}} = \frac{1.50 \text{ pulg}}{2.25 \text{ pulg}} = 0.67$$

Como la relación es mayor que 0.5 y el ancho de la cara  $F_{ca} = 1.50 \text{ pulg}$ , es decir está entre  $1.0 \leq F \leq 15$ , se determinan el factor de proporción del piñón con la ecuación 48.

$$C_{pf} = \frac{F}{10D_p} - 0.0375 + 0.0125 F \quad (48)$$

$$C_{pf} = \frac{F_{ca}}{10D_{pca}} - 0.0375 + 0.0125 F_{ca}$$

$$C_{pf} = \frac{1.50}{(10)(2.25)} - 0.0375 + (0.0125 * 1.5)$$

$$C_{pf} = 0.0479$$

**Factor de alineamiento del engranado  $C_{ma}$ .** Ver anexo 16.

Para engranes abiertos el factor se determina a través de la ecuación 47:

$$C_{ma} = 0.247 + 0.0167F - 0.765 \times 10^{-4} F^2 \quad (47)$$

$$C_{ma} = 0.247 + 0.0167F_{ca} - 0.765 \times 10^{-4} F_{ca}^2$$

$$C_{ma} = 0.247 + 0.0167(1.50) - 0.765 \times 10^{-4} (1.50)^2 = 0.2719$$

Por lo tanto, el factor de distribución de carga se determina con la ecuación 28:

$$k_{mca} = 1.0 + C_{pf} + C_{ma}$$

$$k_{mca} = 1.0 + 0.0479 + 0.2719 = 1.3198$$

## 12. Factor de tamaño $K_{sca}$

Tabla 10. Factores de tamaño sugeridos  $K_s$

Paso diametral, $Pd$	Módulo métrico, $m$	Factor de tamaño, $K_s$
$\geq 5$	$\leq 5$	1.00
4	6	1.05
3	8	1.15
2	12	1.25
1.25	20	1.40

De la tabla 10 se determina que para un paso diametral de 8, el factor de tamaño es:

$$K_{sca} = 1.00$$

## 13. Factor de espesor de borde $K_{Bca}$

Para estimar la influencia del espesor de la orilla, se especifica un modelo sólido de engrane, por lo tanto:

$$K_{Bca} = 1.00$$

## 14. Factor de servicio $SF_{ca}$

En el caso típico el factor de seguridad va de 1.00 a 1.50, de acuerdo con la incertidumbre de los datos. Para este caso no existe ninguna incertidumbre excepcional.



$$SF_{ca} = 1.00$$

**15. Factor de relación de dureza  $C_{Hca}$**

Hasta haber especificado los materiales, en los primeros intentos se utiliza un valor de:

$$C_{Hca} = 1.00$$

**16. Factor de confiabilidad  $K_{Rca}$**

Tabla 11. Factor de confiabilidad  $K_R$

<b>Confiabilidad</b>	<b><math>K_R</math></b>
0.90, una falla en 10	0.85
0.99, una falla en 100	1.00
0.999, una falla en 1000	1.25
0.9999, una falla en 10000	1.50

La confiabilidad de diseño que se desea es de 0.99 por lo tanto:

$$K_{Rca} = 1.00$$

**17. Vida de diseño  $L_{ca}$ . Ver anexo 17**

Para el diseño se considera:

$$L_{ca} = 20000 \text{ horas}$$

**18. Factor por ciclos de esfuerzo  $Y_{Nca}$ . Ver anexo 18.**

**Número de ciclos de carga esperado  $N_{cca}$ .** Se resuelve con la ecuación 31.

Se determina mediante la ecuación 26, el número de aplicaciones de carga por revolución normal ( $q$ ) para determinado diente de engrane es, naturalmente uno.

$$N_{cca} = (60)(20000)(170)(1) = 2.04 * 10^8 \text{ ciclos}$$

Según el número de ciclos, el valor de  $Y_{Nca} = 0.96$ .

**19. Factor de resistencia a la picadura por número de ciclos de esfuerzo ( $Z_N$ ).**

Para  $10^8$  ciclos, el valor de  $Z_N = 0.87$ . Ver anexo 19.

**Esfuerzo flexionante esperado en el piñón  $S_{tca}$ .** Se resuelve con la ecuación 27.

$$S_{tca} = \frac{(82.39)(8)}{(1.5)(0.30)} (1.00)(1.00)(1.3198)(1.00)(1.10) = 2126.33 \text{ psi}$$

**Ajuste del esfuerzo flexionante  $S_{atca}$ .** Se resuelve con la ecuación 30.

$$S_{at} > S_t \frac{K_R(SF)}{Y_N} = (2126.33) \frac{(1.00)(1.00)}{0.96} = 2214.93 \text{ psi}$$

**Esfuerzo de contacto esperado.  $S_{cca}$ .** Se resuelve con la ecuación 33.

$$S_c = 2300 \sqrt{\frac{(82.39)(1.00)(1.00)(1.3198)(1.10)}{(1.50)(2.250)(0.070)}} = 51750.96 \text{ psi}$$

**Ajuste del esfuerzo de contacto  $S_{ac}$ .** Se resuelve con la ecuación 35.

$$S_{ac} > S_c \frac{K_R(SF)}{Z_N C_{Hca}} = (51750.96) \frac{(1.00)(1.00)}{0.87} = 59483.86 \text{ psi}$$

### **Especificación del material**

Se selecciona el material adecuado, para obtener esfuerzos flexionante y de contacto admisibles mayores que los determinados, en este caso, el esfuerzo de contacto es el factor que controla. El anexo 20 y 21 indica que se requiere un acero templado totalmente de 150 HB de grado 1.

### **Diseño y análisis de engranes rectos asistido por computadora**

La hoja de cálculo facilita la terminación de un diseño tentativo para el piñón, por lo tanto es proponer y analizar varias alternativas de diseño, para avanzar hacia la meta de optimizar el diseño con respecto al tamaño, costo u otros parámetros importantes del diseño.

En los anexos 22, 23, 24 y 25 se encuentran las hojas de cálculo correspondientes a las alternativas de diseño propuestas para el piñón de las compuertas de almacenamiento.

## Comparación de alternativas de diseño.

Tabla 12. Comparación de alternativas de diseño para el piñón de las compuertas de almacenamiento

<b>COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO</b>				
<b>Geometría, calidad y carga transmitida</b>				
<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Np</b>	18	18	20	20
<b>Pd</b>	8	10	12	10
<b>Dp (pulg)</b>	2.250	1.800	1.667	2.000
<b>Wt (lb)</b>	82.39	102.98	111.22	92.68
<b>F (pulg)</b>	1.5	1.2	1	1.2
<b>Qv</b>	6	6	6	6
<b>Kv</b>	1.10	1.10	1.10	1.10
<b>Esfuerzos</b>				
<b>Sat (psi)</b>	2214.93	4297.52	6619.91	3848.10
<b>Sac (psi)</b>	59483.86	82856.83	97558.92	74381.31
<b>Materiales</b>				
<b>Piñón</b>	Acero grado 1	Acero grado 1	Acero grado 1	Acero grado 1
	150 HB	160HB	210 HB	130 HB

**Selección:** Se selecciona para el diseño del piñón los datos de la alternativa 3, pues sus dimensiones son adecuadas y su costo no es alto, además la carga transmitida es mayor que la necesaria para mover la compuerta.

**Parámetros de diseño para el piñón.** Ver anexo 26.

- **Paso circular  $p$ :** Se resuelve con la ecuación 1.

$$p = \frac{\pi}{12} = 0.2618$$

- **Adendum, o altura de la cabeza ( $a$ ):** Se resuelve con la ecuación 4.

$$a = \frac{1}{12} = 0.0833 \text{ pulg}$$

- **Dedendum, o altura del pie ( $b$ ):** Se resuelve con la siguiente ecuación 5.

$$b = \frac{1.25}{12} = 0.1042 \text{ pulg}$$

- **Holgura ( $c$ ):** Se resuelve con la siguiente ecuación 6.

$$c = 0.1042 - 0.0833 = 0.0209 \text{ pulg}$$

- **Diámetro exterior ( $D_o$ ):** Se resuelve con la siguiente ecuación 7.

$$D_o = 1.667 \text{ pulg} + 2(0.0833 \text{ pulg}) = 1.8336 \text{ pulg}$$

- **Diámetro de raíz ( $D_R$ ):** Se resuelve con la siguiente ecuación 8.

$$D_R = 1.667 \text{ pulg} - 2(0.1042 \text{ pulg}) = 1.4586 \text{ pulg}$$

- **Altura total ( $h_t$ ):** Se resuelve mediante la ecuación 7.

$$h_t = 0.0833 + 0.1042 = 0.1875 \text{ pulg}$$

- **Profundidad de trabajo ( $h_k$ ):** Se resuelve mediante la ecuación 8.

$$h_k = 2(0.0833 \text{ pulg}) = 0.1666 \text{ pulg}$$

- **Espesor del diente ( $t$ ):** Se resuelve mediante la ecuación 9.

$$t = \frac{0.2618}{2} = 0.1309 \text{ pulg}$$

### Chaveta

La chaveta se puede apreciar en el anexo 27 y se la diseña en base al chavetero ya prediseñado en el eje del motor seleccionado.

### Cremallera

- **Paso base  $pb$**

Los lados correspondientes de dientes de evolvente son curvas paralelas; el *passo base* es la distancia fundamental y constante que hay entre ellos a lo largo de una normal común. El *passo base* está relacionado con el paso circular por la ecuación 48. [31]

$$pb = p \cos \phi \quad (48)$$

La distancia de la cremallera para las compuertas de almacenamiento es de 15cm, y el paso base se determina a continuación:

$$pb = p \cos \phi = \frac{\pi}{12} \cos 20 = 0.1068 \text{ pulg}$$

El diseño del mecanismo piñón cremallera para las compuertas de almacenamiento se encuentra en el anexo 28.

## 2.- Mecanismo Piñón – Cremallera para las compuertas de descarga

### Selección del motor

a) *La fuerza (en Newtons) requerida para mover la compuerta  $W_{tcd}$*

$$W_{tcd} = 9.5 \text{ kgf} = 93.16 \text{ N} = 20.94 \text{ lbf}$$

$$W_{tcd} = 9.5 \text{ kgf} * 2 = 19.0 \text{ kgf} = 186.32 \text{ N} = 41.88 \text{ lbf}$$

b) *El número de dientes del piñón por dimensionar  $N_{cd}$*

$$N_{cd} = 18 \text{ dientes}$$

c) *Paso diametral  $P_{dcd}$*

El paso tentativo inicial para el paso diametral es:

$$P_{dcd} = 6 \text{ dientes/pulg}$$

d) *Diámetro de paso del piñón  $D_{pcd}$*

$$D_{pcd} = \frac{N_{cd}}{P_{dcd}} \frac{18 \text{ dientes}}{6 \text{ dientes/pulg}} = 3 \text{ pulg}$$

e) *Radio del piñón  $R_{cd}$*

$$R_{cd} = \frac{D_{cd}}{2} = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ pulg}$$

f) *Par torsional  $T_{cd}$*

$$T_{cd} = W_{tcd} * R_{cd} = (41.88 \text{ lbf} * 1.5 \text{ plg}) = 62.82 \text{ lb pulg}$$

A continuación se realiza una selección de los motores disponibles, en base al par torsional determinado, y sus características se indican en la tabla 13.

Tabla 13. Modelos de motores para las compuertas de descarga

CARACTERÍSTICAS	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
Model Number	0652	0663	3382
Speed (rpm)	85	85	125
Rated Torque (lb-in)	90	167	90
Motor HP	1/6	1/3	1/4
Volts	115	115/230	130V
Hz	60	60	60
Amps	3.6	4.8/2.4	2
Gear Ratio	20	20	20
Length XH (inch)	9.08	10.47	7.189
Weight (lbs)	14.5	26	12
Product Type	42R5BFSI-E3	48R6BFSI-F3	BLDC Connection
Cost	254.35	298.49	201.57

**Selección:** De los tres modelos propuestos en la tabla 13, se elige el modelo 3 porque su costo es accesible. Por lo tanto de las características del motor se obtiene los siguientes datos útiles para el diseño del piñón:

- *La velocidad (en rpm) del piñón por dimensionar  $\eta_{cd}$*

$$\eta_{cd} = 125 \text{ rpm}$$

- *La potencia (en caballos)  $P_{cd}$*

$$P_{cd} = 0.25 \text{ hp}$$

### Procedimiento para diseñar una transmisión segura y duradera

1. **Velocidad de la línea de paso  $V_{tcd}$ .** Se resuelve con la ecuación 16.

$$V_{tcd} = \frac{\pi D_{pca} \eta_{cd}}{12} = \frac{\pi (3 \text{ pulg}) (125 \text{ rpm})}{12} = 98.175 \text{ pies/min}$$

2. **Carga transmitida  $W_{tcd}$ .** Se resuelve con la ecuación 18.

$$W_{tcd} = \frac{33000(P_{cd})}{V_{tcd}} = \frac{33000(0.25 \text{ hp})}{98.175 \text{ pies/min}} = 84.03 \text{ lb}$$

3. **Ancho de cara del piñón  $F_{cd}$ .** Se resuelve con las ecuaciones 12, 13 y 14.

$$\text{Límite inferior} = \frac{8}{P_{dca}} = \frac{8}{6} = 1.3333 \text{ pulg}$$

$$\text{Límite Superior} = \frac{16}{P_{dca}} = \frac{16}{6} = 2.6667 \text{ pulg}$$

$$\text{Límite nominal} = \frac{12}{P_{dca}} = \frac{12}{6} = 2 \text{ pulg}$$

4. **Coefficiente elástico  $C_{pcd}$ .** Ver anexo 9.

$$C_{pcd} = 2300$$

5. **Número de calidad  $Q_{vcd}$ .** Ver anexo 10.

$$Q_{vcd} = 6$$

6. **Factor dinámico  $K_{vcd}$ .** Ver anexo 11

$$k_{vcd} = 1.10$$

7. **Factor de sobrecarga  $K_o$ .** Ver anexo 12.

$$K_{ocd} = 1.00$$

8. **Factor de geometría  $J$ .** Ver anexo 13.

$$J_{cd} = 0.30$$

9. **Factor de geometría para resistencia a la picadura  $I$ .** Ver anexo 14.

$$I_{cd} = 0.070$$

10. **Factor de distribución de carga  $K_{mcd}$**

**Factor de proporción del piñón  $C_{pf}$ .** Ver anexo 15.

Para un ancho de cara  $F_{cd} = 2 \text{ pulg}$  y un diámetro de paso del piñón  $D_{pcd} = 3 \text{ pulg}$ , se calcula la siguiente relación:

$$\frac{F_{cd}}{D_{pcd}} = \frac{2 \text{ pulg}}{3 \text{ pulg}} = 0.67$$

Como la relación es mayor que 0.5 y el ancho de la cara  $F_{ca} = 2 \text{ pulg}$ , se determinará el factor de proporción del piñón con la ecuación 48.

$$C_{pf} = \frac{F_{cd}}{10D_{pcd}} - 0.0375 + 0.0125 F_{cd}$$

$$C_{pf} = \frac{2}{(10)(3)} - 0.0375 + (0.0125 * 2) = 0.0542$$

**Factor de alineamiento del engranado  $C_{ma}$ .** Ver anexo 16.

$$C_{ma} = 0.247 + 0.0167F_{cd} - 0.765 \times 10^{-4} F_{cd}^2$$

$$C_{ma} = 0.247 + 0.0167(2) - 0.765 \times 10^{-4}(2)^2 = 0.2801$$

Por lo tanto, el factor de distribución de carga es:

$$k_{mcd} = 1.0 + C_{pf} + C_{ma}$$

$$k_{mca} = 1.0 + 0.0542 + 0.2801 = 1.3343$$

**11. Factor de tamaño  $K_{scd}$**

$$K_{scd} = 1.00$$

**12. Factor de espesor de borde  $K_{Bcd}$ .**

$$K_{Bcd} = 1.00$$

**13. Factor de servicio  $SF_{cd}$**

$$SF_{cd} = 1.00$$

**14. Factor de relación de dureza  $C_{Hcd}$**

$$C_{Hcd} = 1.00$$

**15. Factor de confiabilidad  $K_{Rca}$**



La confiabilidad de diseño que se desea es de 0.99 por lo tanto:

$$K_{Rcd} = 1.00$$

**16. Vida de diseño  $L_{cd}$ .** Ver anexo 17

$$L_{cd} = 20000 \text{ horas}$$

**17. Factor por ciclos de esfuerzo  $Y_{Ncd}$ .** Ver anexo 18.

**Número de ciclos de carga esperado  $N_{ccd}$**

$$N_{ccd} = (60)(20000)(125)(1) = 1.50 * 10^8 \text{ ciclos}$$

Según el número de ciclos, el valor de  $Y_{Ncd} = 0.96$ .

**18. Factor de resistencia a la picadura por número de ciclos de esfuerzo ( $Z_N$ ).**

Para  $10^8$  ciclos, Ver anexo 19:

$$Z_N = 0.87.$$

**Esfuerzo flexionante esperado en el piñón  $S_{tcd}$ .** Se resuelve con la ecuación 27.

$$S_{tcd} = \frac{(84.03)(6)}{(2)(0.30)} (1.00)(1.00)(1.3343)(1.00)(1.10) = 1233.35 \text{ psi}$$

**Ajuste del esfuerzo flexionante  $S_{atcd}$ .** Se resuelve con la ecuación 30.

$$S_{at} > S_t \frac{K_R(SF)}{Y_N} = (1233.35) \frac{(1.00)(1.00)}{0.96} = 1284.74 \text{ psi}$$

**Esfuerzo de contacto esperado.  $S_{ccd}$ .** Se resuelve con la ecuación 33.

$$S_c = 2300 \sqrt{\frac{(84.03)(1.00)(1.00)(1.3343)(1.10)}{(2)(3)(0.070)}} = 39413.67 \text{ psi}$$

**Ajuste del esfuerzo de contacto  $S_{ac}$ .** Se resuelve con la ecuación 35.

$$S_{ac} > S_c \frac{K_R(SF)}{Z_N C_{Hcd}} = (39413.67) \frac{(1.00)(1.00)}{0.87(1.00)} = 45303.07 \text{ psi}$$

## Especificación del material

El anexo 21 indica que se requiere un acero templado totalmente de 150 HB de grado 1.

## Diseño y análisis de engranes rectos asistido por computadora

En los anexos 29, 30,31 y 32 se encuentran las hojas de cálculo correspondientes a las alternativas de diseño propuestas para el piñón de las compuertas de descarga.

## Comparación de alternativas de diseño

Tabla 14. Comparación de alternativas de diseño para el piñón de las compuertas de descarga

COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO				
Geometría, calidad y carga transmitida				
ALTERNATIVAS	1	2	3	4
Np	18	18	18	19
Pd	6	8	10	12
Dp (pulg)	3.000	2.250	1.800	1.583
Wt (lb)	84.03	112.05	140.06	159.22
F (pulg)	2	1.5	1.2	1
Qv	6	6	6	6
Kv	1.10	1.10	1.10	1.10
Esfuerzos				
Sat (psi)	1284.74	3012.30	5844.62	9499.97
Sac (psi)	45303.07	69369.50	96626.84	119905.81
Materiales				
Piñón	Acero grado 1	Acero grado 1	Acero grado 1	Acero grado 1
	150 HB	150 HB	200 HB	275 HB

**Selección:** Se selecciona para el diseño del piñón los datos de la alternativa 4, pues su tamaño es adecuado para las dimensiones de las compuertas.

**Parámetros de diseño para el piñón.** Ver anexo 33.

- **Paso circular  $p$ :** Se resuelve con la ecuación 1.

$$p = \frac{\pi}{12} = 0.2618$$

- **Adendum, o altura de la cabeza ( $a$ ):** Se resuelve con la ecuación 4.

$$a = \frac{1}{12} = 0.0833 \text{ pulg}$$

- **Dedendum, o altura del pie ( $b$ ):** Se resuelve con la siguiente ecuación 5.

$$b = \frac{1.25}{12} = 0.1042 \text{ pulg}$$

- **Holgura ( $c$ ):** Se resuelve con la siguiente ecuación 6.

$$c = 0.1042 - 0.0833 = 0.0209 \text{ pulg}$$

- **Diámetro exterior ( $D_o$ ):** Se resuelve con la siguiente ecuación 7.

$$D_o = 1.583 \text{ pulg} + 2(0.0833 \text{ pulg}) = 1.7496 \text{ pulg}$$

- **Diámetro de raíz ( $D_R$ ):** Se resuelve con la siguiente ecuación 8.

$$D_R = 1.583 \text{ pulg} - 2(0.1042 \text{ pulg}) = 1.3746 \text{ pulg}$$

- **Altura total ( $h_t$ ):** Se resuelve mediante la ecuación 7.

$$h_t = 0.0833 + 0.1042 = 0.1875 \text{ pulg}$$

- **Profundidad de trabajo ( $h_k$ ):** Se resuelve mediante la ecuación 8.

$$h_k = 2(0.0833 \text{ pulg}) = 0.1666 \text{ pulg}$$

- **Espesor del diente ( $t$ ):** Se resuelve mediante la ecuación 9.

$$t = \frac{0.2618}{2} = 0.1309 \text{ pulg}$$

**Chaveta.** Ver anexo 34.

**Cremallera.**

$$pb = p \cos \phi = \frac{\pi}{12} \cos 20 = 0.1068 \text{ pulg}$$

El diseño del mecanismo piñón cremallera para las compuertas de descarga se encuentra en el anexo 35.

## 2. Elementos de control y de mando.

### Elementos existentes

Cabe recalcar que en la empresa existen elementos de control y mando que se los debe acoplar y adaptar al nuevo sistema automatizado de control de flujo de trigo, y se describen a continuación:

### Motores.

- **Características:** Motor eléctrico de 1.5 kw, voltaje de 220v, con una velocidad de 1700 revoluciones por minuto, frecuencia 60Hz, de la marca Brook Crompton Parkinson Motors.
- **Funcionamiento:** Existen dos motores, y están acoplados directamente a las roscas que transportan el trigo hacia el almacenamiento. En el modo automático, si el proceso detecta que se debe almacenar la primera tolva, entonces se enciende el primer motor, por otro lado, si se quiere almacenar las tolvas 2, 3 y 4 se mantiene encendido el motor 1 y se acciona automáticamente el motor 2.



Fig.19. Motor eléctrico de 2 hp

### Cilindros Neumáticos.

- **Características:** Cilindro neumático de doble efecto, vástago simple y doble.
- **Funcionamiento:** Existen dos cilindros neumáticos dispuestos en un dosificador, el primero se encuentra en la parte superior y el segundo está ubicado en la parte inferior del dosificador para abrir o cerrar las compuertas que permiten el paso del trigo, el diagrama neumático se encuentra en el anexo 36.

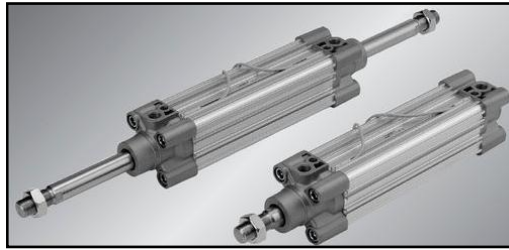


Fig.20. Cilindro neumático de doble efecto

### **Indicador GSE250.**

**Características:** Este instrumento es un indicador digital de precisión el cual usa la última tecnología de Sigma-Delta A/D para asegurar lecturas de peso extremadamente rápidas y precisas. **Comunicaciones:** Puerto: RS232 bi-direccional, **Baudios:** 2400, 4800, o 9600 bps con selección de protocolo. [33]

**Funcionamiento:** Se utiliza el indicador GSE250 el mismo que está ubicado junto al dosificador, y muestra el peso en kg que se obtiene de las galgas extensiométricas.



Fig.21. Indicador GSE250

### **Elementos adquiridos.**

Los elementos de control y mando que intervienen en el sistema automatizado son:

#### **Pulsador emergencia.**

- **Características:** Pulsador Siemens tipo hongo 3SB6130-1HB20-1CA0, botón emergencia 40mm, 1NC (1 contacto normalmente cerrado) el mismo que se desenclava al giro.
- **Funcionamiento:** Se utiliza 1 pulsador para el paro de emergencia en caso de generarse algún inconveniente durante el funcionamiento del proceso.



Fig.22. Pulsador Siemens tipo hongo NC.

## Selectores.

### Selector de tres posiciones:

- **Características:** Selector Siemens de tres posiciones I-O-II, de tipo 3SB3610 - 2DA11 de color negro. 2NA (2 contactos normalmente abiertos).
- **Funcionamiento:**
  - a. Se utiliza 1 selector para elegir el funcionamiento manual o automático del proceso de control de flujo.
  - b. Se utilizan 4 selectores para accionar cada uno de los motores que impulsan el mecanismo piñón-cremallera de las compuertas de almacenamiento así como de las compuertas de descarga, con el contacto NA izquierdo cierra la compuerta y con el contacto NA derecho se abre la compuerta.



Fig.23. Selector I-O-II 3SB3610 - 2DA11

### Selector de dos posiciones.

- **Características:** Selector dos posiciones O-I, de tipo 3SB3602 - 2KA11 de color negro. 1NA(1 contacto normalmente abierto).
- **Funcionamiento:**
  - a. Se utiliza 2 selectores para comandar el encendido de los motores que accionan las roscas transportadoras.
  - b. Se utilizan 4 selectores para activar o desactivar el funcionamiento de los variadores de frecuencia.

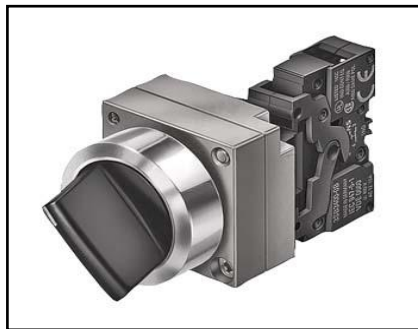


Fig.24. Selector 3SB3602 - 2KA11

### Luz Piloto.

- **Características:** Luz piloto LED 24VAC / VDC de Siemens tipo 3SB6213-6AA40-1AA0 de color verde.
- **Funcionamiento:** Se utilizan 2 luces piloto para indicar el estado del proceso, ya sea que se encuentre en manual o en automático.



Fig.25. Luces piloto.

## Relés Industriales.

- **Características:** Relé Industrial miniatura de tipo LZX:PT370024, dispone de 11 pines de 5 le,10 lth, y cuenta con 3 contactos conmutados NA/NC, con una tensión de 24 VDC, 10A/250VAC.
- **Funcionamiento:** Este dispositivo electromecánico funciona como un interruptor el cual acciona uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes, con el fin de evitar que se produzcan arranques accidentales.



Fig.26. Relé industrial LZX: PT570730.

## Sensores de Nivel.

Existen varios sensores de nivel para la medición de sólidos, por lo tanto se procede a realizar una selección por el método de ponderación de acuerdo a las características más importantes de los sensores.

Tabla 15. Razones de ponderación para la selección de los sensores de nivel

<b>Razón de ponderación</b>	<b>Ponderación</b>
<b>Bajo</b>	<b>1</b>
<b>Medio</b>	<b>2</b>
<b>Normal</b>	<b>3</b>
<b>Alto</b>	<b>4</b>
<b>Muy alto</b>	<b>5</b>



Se determinaron factores de ponderación de acuerdo a la importancia de cada característica de selección de los sensores de nivel, los cuales se mencionan a continuación:

Tabla 16. Características de selección y valores de ponderación para los sensores de nivel

<b>Características de selección</b>	<b>Factor de ponderación</b>	<b>Descripción</b>
<b>Costo</b>	0.2	Es importante tener en cuenta el precio de los sensores, para salvaguardar la economía de la empresa.
<b>Alcance</b>	0.15	No se necesita de un gran alcance, pues el trigo va a estar cerca del sensor.
<b>Sensibilidad</b>	0.3	Es el factor más importante porque se requiere un sensor para determinar el nivel del trigo.
<b>Disponibilidad</b>	0.15	Se requiere de un producto que exista en el mercado nacional, para evitar costos de importación.
<b>Campo de aplicación</b>	0.2	Es importante para que el sensor soporte el trabajo sin que se presente una falla de funcionamiento.

Tabla 17. Selección del sensor apropiado para la medición de trigo

	<b>Factor de ponderación</b>	<b>Sensor de proximidad capacitivo</b>	<b>Sensor Capacitivo Medición continua</b>	<b>Sensor Ultrasonico Medición continua</b>
<b>Costos (Dólares)</b>	<b>0.2</b>	398.50 \$ (4*0.2)=0.8	730\$ (3*0.2)=0.6	\$1534 (1*0.2)=0.2
<b>Alcance</b>	<b>0.15</b>	15mm (4*0.15)=0.6	8m (3*0.15)=0.45	40m (4*0.15)=0.6
<b>Sensibilidad</b>	<b>0.3</b>	Sólidos (4*0.3)=1.2	Sólidos y líquidos (3*0.3)=0.9	Líquidos y sólidos a granel (3*0.3)=0.9
<b>Disponibilidad</b>	<b>0.15</b>	Alta (4*0.15)=0.6	Raro (2*0.15)=0.3	Escaso (1*0.15)=0.15
<b>Campo de aplicación</b>	<b>0.2</b>	Industria química, minera, áridos. (3*0.2)=0.6	Industria química, minera, áridos. (4*0.2)=0.8	Temperaturas extremas y soporta químicos (3*0.2)=0.6
<b>Total</b>	<b>1.0</b>	<b>3.8</b>	<b>3.05</b>	<b>2.45</b>

**Selección:** Según la tabla 17, el sensor de proximidad capacitivo es el más óptimo debido a su bajo costo y sobretodo es muy útil para el campo de aplicación y las condiciones del ambiente en donde se instalará.

- **Características:**

Tabla 18. Características del sensor de proximidad capacitivo

<b>Power supply</b>	12-24 VDC
<b>Current consumption</b>	Max. 1.5 mA
<b>Response Frequency</b>	50 Hz
<b>Control Output</b>	200 mA
<b>Ambient temperature</b>	-25 to + 70 °C (non-freezing condition)
<b>Sensing distance</b>	15 mm +- 10%

- **Funcionamiento:** Se utilizan 2 sensores para determinar el nivel máximo y mínimo de trigo en cada una de las tolvas.



Fig.27. Detector de nivel capacitivo.

### Interrupción de Posición.

#### Finales de Carrera

- **Características:** Final de carrera Sirius de tipo 3SE5 250-0KC05 Tipo pulsante sencillo 1NA + 1NC. Acción rápida, 30mm (ancho), terminales IP20.
- **Funcionamiento:** Se utiliza para interrumpir el movimiento del motor eléctrico el cual esta acoplado el mecanismo piñón-cremallera, con el fin de controlar la apertura o el cierre de las compuertas que permiten el paso del trigo.



Fig.28. Final de carrera Sirius de tipo 3SE5 250-0KC05

### Motores para las compuertas de almacenamiento.

- **Funcionamiento:** Se utilizan 4 motores los cuales son acoplados al mecanismo piñón-cremallera para cada una de las compuertas de almacenamiento.

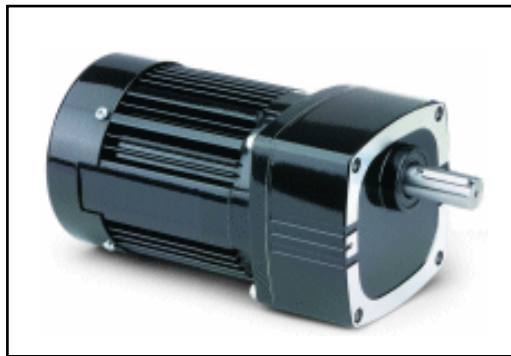


Fig.29. Motor DC para compuertas de almacenamiento

### Motores para las compuertas de descarga.

- **Funcionamiento:** Se utilizan 4 motores los cuales son acoplados al mecanismo piñón-cremallera para cada una de las compuertas de almacenamiento.

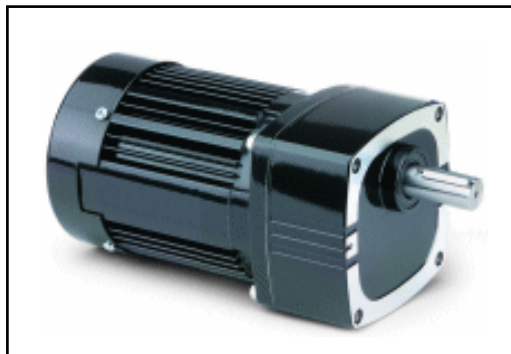


Fig.30. Motor DC para compuertas de descarga

### Válvula rotativa.

- **Características:** Válvula de descarga directa tipo VSD.
- **Funcionamiento:** Se utilizan 4 válvulas rotativas para la dosificación adecuada del trigo hacia el proceso de molienda desde cada una de las tolvas de almacenamiento.

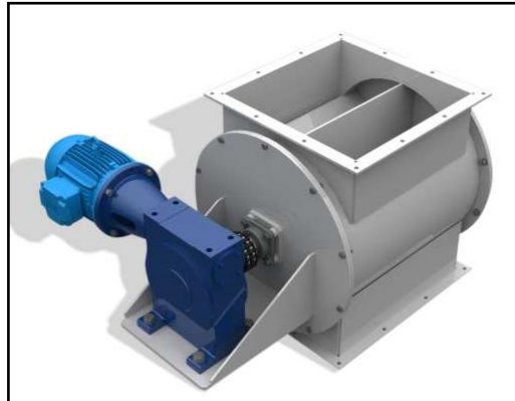


Fig.31. Esclusa o válvula rotativa

### Motor eléctrico.

- **Características:** Motor eléctrico. Frecuencia: 50hz. Fase: de potencia de salida: 1.5hp/1.1kw. Voltaje ca: 208-230/240v, con velocidad 1750rpm.
- **Funcionamiento:** Se utilizan 4 motores eléctricos para mover las válvulas rotativas.



Fig. 32. Motor eléctrico de 1.5 hp

### Variador de velocidad.

- **Características:** Variador de velocidad VFD- EL VAC, ofrece funcionalidad básica para la mayor parte de las aplicaciones industriales de velocidad variable.

### Especificaciones técnicas VFD - EL:

**Tensión de Alimentación:** Monofásica 200-240 VAC +/- 10%.

**Frecuencia de Salida:** 0-650 Hz, resolución 0.01 Hz.

**Tipo de Protección:** IP20.

**Temperatura de Operación:** Máxima 40 °C (hasta 50° con desclasificación).

**Factor de sobrecarga:** 150% durante 60 seg.

**Entradas digitales:** 3.

**Salidas digitales:** 1 (24 VDC).

**Entradas análogas:** 1 entrada analógica.

**Salidas análogas:** 1 salida analógica.

- **Funcionamiento:** Se utilizan 4 variadores para regular la velocidad del motor que controla la válvula rotativa y así conseguir un flujo de trigo constante e uniforme para el proceso de molienda.



Fig.33. Variador de velocidad VFD - EL.

### Módulo de fuente de alimentación SITOP

- **Características:** Fuente SITOP Modular entrada 120/230-500 VAC; salida 24 VDC a 10A.
- **Funcionamiento:** Se utiliza para alimentar al PLC y a varios elementos del sistema automatizado.



Fig.34. Modulo de fuente de alimentación Siemens.

### 3. Elementos de Protección.

#### Guarda motor:

- **Características:** Guardamotor Sirius de tipo 3RT2015-1AF01, Bobina 120VAC, potencia del motor (HP) 2.
- **Funcionamiento:** Se utiliza 4 guardamotors especialmente para la protección de los motores eléctricos, frente a sobrecargas y cortocircuitos.



Fig.35. Guardamotor Sirius 3RT2015-1AF01

### Breaker sobrepuesto termomagnético 5SX1 2.

- **Características:** Breaker Siemens de tipo 5SX1 302-7, con corriente térmica  $I_n$  (A) de 2.0 y una capacidad de ruptura en (kA) 220 VAC de 10.
- **Funcionamiento:** Se utiliza 1 breaker para permitir el paso de la alimentación de 24 VDC hacia el PLC.



Fig.36. Breaker Siemens 5SX1 2.

### Breaker sobrepuesto termomagnético 5SX1 3.

- **Características:** Breaker Siemens de tres polos tipo 5SX1 302-7, con corriente térmica  $I_n$  (A) de 2.0 y una capacidad de ruptura en (kA) 220 VAC de 10.
- **Funcionamiento:** Se utiliza 1 breaker para permitir el paso de la alimentación de 220 VAC a los elementos de control.



Fig.37. Breaker Siemens 5SX1 3.

### Tablero de Control .

- **Características:** Gabinete metálico Beaucoup, de dimensiones (800x600x250).
- **Funcionamiento:** Se utiliza para ubicar todos los elementos de control, mando y protección utilizados en el sistema automatizado.



Fig.38. Tablero de control metálico.

### Carril DIN y Canaletas.

- **Características:** Carril DIN de 35 mm x 7.5 mm. Canaleta de PVC rígido antinflama, con adhesivo de alta calidad.
- **Funcionamiento:** Se utiliza el Carril DIN para el montaje de los elementos eléctricos de protección y mando, y se utilizan las canaletas para proteger el cableado de la instalación eléctrica.

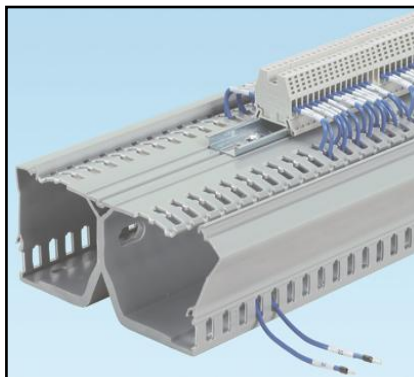


Fig.39. Carril DIN y Canaletas



### Distribuidor de borneras.

- **Características:** Distribuidor de borneras para 4 fases de la marca Legrand.
- **Funcionamiento:** Se utiliza para conectar las diferentes líneas de alimentación.



Fig.40. Distribuidor de borneras.

### Cable de control AWG 18



Fig. 41. Cable de control AWG 18

## 4. Equipos de Control

Los equipos de control necesarios para el desarrollo

### PLC Siemens S7-200 CPU 224

- **Características:** CPU224 AC/DC/Relé, alimentación 110/220VAC. Incluye 14DI a 24VDC, 10DO tipo relé, memoria de programa 12KB, memoria de datos 8KB. Con 1 puerto de comunicación RS-485, protocolo PPI.
- **Funcionamiento:** Se utiliza para automatizar el proceso de almacenamiento y control de flujo de trigo, donde los resultados a las salidas se producen en respuesta a las condiciones de entrada de las variables del proceso.

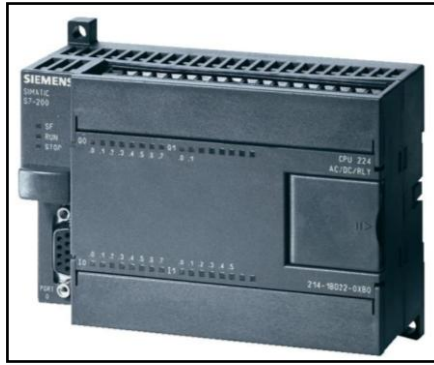


Fig. 42. PLC Siemens S7-200 CPU 224

### PLC Siemens S7-200 CPU 224XP

- **Características:** CPU224XP DC/DC/DC funcionalidad extendida, alimentación 24 VDC. Incluye 14DI a 24VDC, 10DO a 24VDC, 2AI de voltaje, 1AO de voltaje (V) / corriente (mA). Memoria de programa 16KB, memoria de datos 10KB. Con 2 puertos de comunicación RS-485 protocolo PPI. Capacidad de expansión hasta 7 módulos.
- **Funcionamiento:** Se utiliza para controlar el funcionamiento del dosificador.



Fig.43. PLC Siemens S7-200 CPU 224XP

### Modulo de entradas y salidas digitales.

- **Características:** EM223 Módulo de expansión de 16DI 24 VDC / 16DO tipo relé, de la serie 6ES7223-1PL22-0XA0.
- **Funcionamiento:** Este módulo es una expansión del módulo S7-200 CPU 224, utilizado para la automatización del proceso de almacenamiento y control del flujo de trigo.



Fig.44. Módulo de expansión EM223

### Visualizador de textos.

- **Características:** El TD 200 tiene un display de texto de 2 líneas de 20 caracteres cada una, El frente del TD 200 incorpora cuatro teclas con funciones predefinidas activadas por bits, permitiendo configurar hasta ocho funciones activadas por bits.
- **Funcionamiento:** Se utiliza para visualizar mensajes recibidos de la CPUS7-200.



Fig.45. Visualizador de textos.

### Convertidor

- **Características:** Convertidor KA301, convierte de USB a RS-232/422/485/TTL
- **Funcionamiento:** Se utiliza para comunicar el OPC Server con el PLC S7-200.

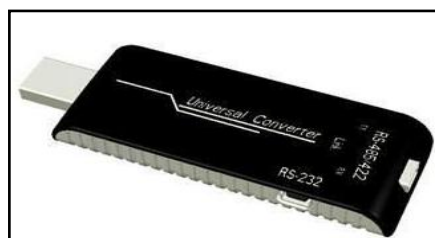


Fig.46. Universal Converter KA301.

## Cable de Comunicación PPI

- **Características:** Cable interfaz PPI de tipo 6ES7901-3CB30-0XA0 para comunicación y programación S7-200/PC (RS -232).
- **Funcionamiento:** Se utiliza para establecer la comunicación entre el PLC s7-200 CPU 224 XP y su software de programación Simatic STEP7 MicroWin.



Fig.47. Cable interfaz PPI

## Computador.

- **Características:** Memoria de 4GB, Sistema Operativo Windows 7, Computadora Core I3 Hd 1tb Lg Samsung 18.5.
- **Funcionamiento:** Se utiliza para visualizar la HMI y generar los reportes del estado actual del proceso de almacenamiento y control de flujo de trigo en las tolvas de almacenamiento.



Fig.48. Computador para HMI

#### 4.1.5 Conexión y Configuración del PLC Siemens S7-200 CPU 224 y CPU 224 XP

##### Características del PLC Siemens S7-200 CPU 224 y CPU 224 XP

Tabla 19. Características del PLC Siemens S7-200 CPU 224

<b>FUNCIÓN</b>	<b>CPU 224</b>	<b>CPU 224XP</b>
Dimensiones físicas(mm)	120,5 x 80 x 62	140 x 80 x 62
<b>Memoria del programa:</b>		
con edición en runtime	8192 bytes	12288 bytes
sin edición en runtime	12288 bytes	16384 bytes
Memoria de datos	8192 bytes	10240 bytes
Memoria de backup	100 horas (típ.)	100 horas (típ.)
<b>E/S integradas</b>		
Digitales	14 E/10 S	14 E/10 S
Analógicas		2 E/1 S
Módulos de ampliación	7 módulos	7 módulos
<b>Contadores rápidos</b>		
Fase simple	6 a 30 kHz	4 a 30 kHz
Dos fases	4 a 20 kHz	3 a 20 kHz
Salidas de impulsos (DC)	2 a 20 kHz	2 a 100 kHz
Potenciómetros analógicos	2	2
Reloj de tiempo real	Incorporado	Incorporado
Puertos de comunicación	1 RS—485	2 RS--485
Aritmética en coma flotante	Sí	
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E / 128 S)	
Velocidad de ejecución booleana	0.22 microseg/operación	

##### Conectar el PLC S7-200 CPU 224

Para conectar los PLC S7-200 y obtener un correcto funcionamiento entre la PC y el PLC primeramente se conecta a una fuente de alimentación. La figura 49 muestra el cableado de la CPU S7-200 CPU 224 XP con alimentación DC y el cableado de la CPU S7-200 CPU 224 con alimentación AC respectivamente.

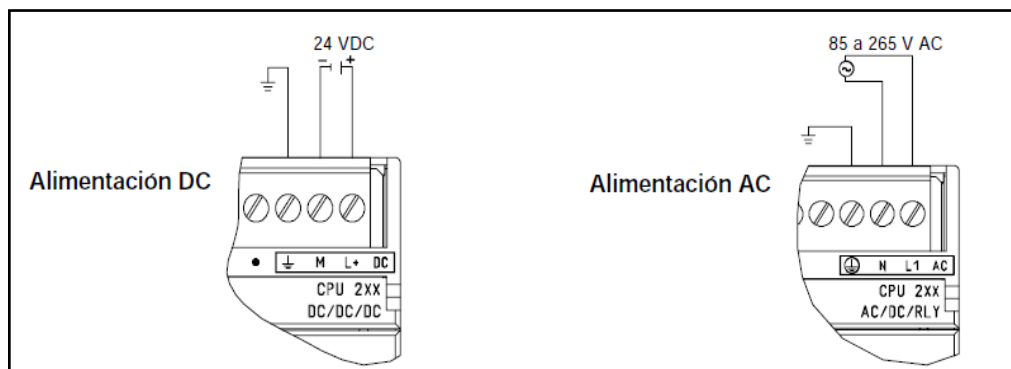


Fig.49. Conectar la alimentación del S7-200

### Seleccionar el protocolo para la comunicación en la red

El protocolo que se utiliza es una Interfaz punto a punto (PPI) como se muestra en la figura 50, es decir es un protocolo maestro-esclavo. Los esclavos no inician mensajes, sino que esperan a que un maestro les envíe una petición o solicite una respuesta. El protocolo PPI no limita el número de maestros que se pueden comunicar con un mismo esclavo. [34]

En este caso existen dos maestros el primero es el software de programación STEP 7-Micro/WIN y el segundo es la HMI (Human Interface Machine) los cuales envían peticiones al esclavo que es el PLC S7-200 para que este responda. Tanto STEP 7--Micro/WIN como el dispositivo HMI deben tener direcciones de estación unívocas.

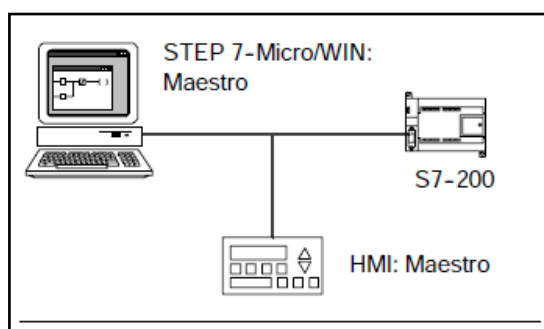


Fig.50. Red PPI (Interfaz punto a punto)

### Conectar el cable multimaestro RS-232/PPI

El cable multimaestro RS-232/PPI se utiliza como interfaz de comunicación en la red del S7-200, el mismo conecta el S7-200 con la PC, para lo cual se realiza los pasos siguientes:

1. Se une el conector RS-232 del cable multimaestro RS-232/PPI al puerto de comunicación del computador (PC o programadora).
2. Se une el conector RS-485 identificado como PPI del cable multimaestro RS-232/PPI al puerto 0 de PLC S7-200.
3. Se configura los interruptores DIP (Dual in-line package) del cable multimaestro RS-232/PPI como muestra la figura 51.

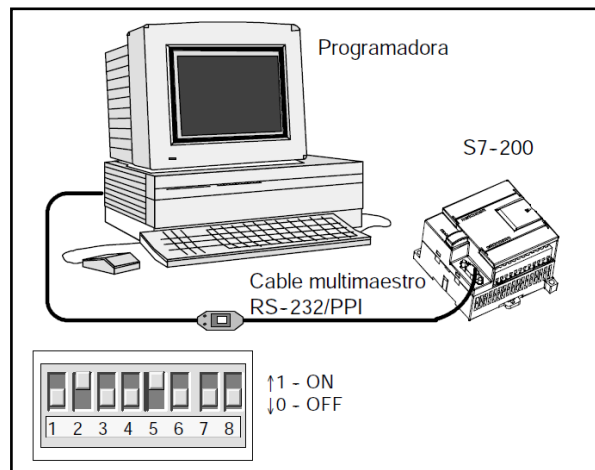


Fig.51. Conectar el cable multimaestro RS-232/PPI

Una vez que se ha conectado el PLC S7-200 con la PC se establece la comunicación con su software de programación **STEP 7--Micro/WIN**.

#### **4.1.6 Programación en el Controlador Lógico Programable (PLC).**

##### **Software STEP 7--Micro/WIN**

Para programar el PLC Siemens S7-200 CPU 224 se necesita del software STEP 7--Micro/WIN el mismo que constituye un entorno de fácil manejo para desarrollar, editar y observar el programa necesario con objeto de controlar la aplicación. STEP 7--Micro/WIN provee tres editores que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control.

##### **Ejecutar la lógica de control en el S7-200**

El S7-200 ejecuta cíclicamente la lógica de control del programa, leyendo y escribiendo datos. El S7--200 lee el estado de las entradas. El programa almacenado en el S7--200

utiliza las entradas para evaluar la lógica. Durante la ejecución del programa, el S7--200 actualiza los datos. El S7--200 escribe los datos en las salidas.

### Acceder a los datos del S7-200

El S7--200 almacena información en diferentes áreas de la memoria que tienen direcciones unívocas. Es posible indicar explícitamente la dirección a la que se desea acceder. El programa puede acceder entonces directamente a la información. La tabla 20 muestra el rango de números enteros representables en los distintos tamaños de datos.

Tabla 20. Rangos decimales y hexadecimales de los distintos tamaños de datos

Representación	Byte (B)	Palabra (W)	Palabra doble (D)
Entero sin signo	0 a 255 0 a FF	0 a 65.535 0 a FFFF	0 a 4.294.967.295 0 a FFFF FFFF
Entero con signo	128 a +127 80 a 7F	32.768 a +32.767 8000 a 7FFF	-2.147.483.648 a +2.147.483.647 8000 0000 a 7FFF FFFF
Real IEEE de 32 bits en coma flotante	<i>No aplicable</i>	<i>No aplicable</i>	+1.175495E-38 a +3.402823E+38 (positivo) -1.175495E-38 a -3.402823E+38 (negativo)

### Acceder a los datos en las áreas de memoria

Las áreas de memoria que se utilizan en el programa se describen a continuación:

- **Imagen de proceso de las entradas: I**

El S7--200 lee las entradas físicas al comienzo de cada ciclo y escribe los correspondientes valores en la imagen de proceso de las entradas. A ésta última se puede acceder en formato de bit, byte, palabra o palabra doble:

Bit:  $I[\text{direcc. byte}].[\text{direcc. bit}]$  I0.1

Byte, palabra o palabra doble:  $I[\text{tamaño}][\text{direcc. byte inicial}]$  IB4

- **Imagen de proceso de las salidas: Q**

Al final de cada ciclo, el S7--200 copia en las salidas físicas el valor almacenado en la imagen de proceso de las salidas. A ésta última se puede acceder en formato de bit, byte, palabra o palabra doble:

Bit:  $Q[\text{direcc. byte}].[\text{direcc. bit}]$  Q1.1

Byte, palabra o palabra doble:  $Q[\text{tamaño}][\text{direcc. byte inicial}]$  QB5



- **Memoria de variables: V**

La memoria de variables (memoria V) se puede utilizar para almacenar los resultados intermedios calculados por las operaciones en el programa. La memoria V también permite almacenar otros datos relativos al proceso o a las tareas actuales. A la memoria V se puede acceder en formato de bit, byte, palabra o palabra doble:

Bit:  $V[\text{direcc. byte}].[\text{direcc. bit}]$  V10.2

Byte, palabra o palabra doble:  $V[\text{tamaño}][\text{direcc. byte inicial}]$  VW100

- **Área de marcas: M**

El área de marcas (memoria M) se puede utilizar como relés de control para almacenar el estado inmediato de una operación u otra información de control. Al área de marcas se puede acceder en formato de bit, byte, palabra o palabra doble:

Bit:  $M[\text{direcc. byte}].[\text{direcc. bit}]$  M26.7

Byte, palabra o palabra doble:  $M[\text{tamaño}][\text{direcc. byte inicial}]$  MD20

- **Área de temporizadores: T**

Los temporizadores del S7--200 tienen resoluciones (intervalos) de 1 ms, 10 ms ó 100 ms. Existen dos variables asociadas a los temporizadores:

*Valor actual:* en este número entero de 16 bits con signo se almacena el valor de tiempo contado por el temporizador.

*Bit del temporizador (bit T):* este bit se activa o se desactiva como resultado de la comparación del valor actual con el valor de preselección. Éste último se introduce como parte de la operación del temporizador.

- **Área de contadores: C**

Los contadores del S7--200 son elementos que cuentan los cambios de negativo a positivo en la(s) entrada(s) de contaje. Hay contadores que cuentan sólo adelante, otros que cuentan sólo atrás y otros cuentan tanto adelante como atrás. Existen dos variables asociadas a los contadores:

*Valor actual:* en este número entero de 16 bits con signo se almacena el valor de contaje acumulado.

*Bit del contador (bit C):* este bit se activa o se desactiva como resultado de la comparación del valor actual con el valor de preselección. El valor de preselección se introduce como parte de la operación del contador.

- **Acumuladores: AC**

Los acumuladores son elementos de lectura/escritura que pueden utilizarse para transferir parámetros de y a subrutinas, así como para almacenar valores intermedios utilizados en cálculos. El S7-200 ofrece cuatro acumuladores de 32 bits (AC0, AC1, AC2 y AC3). A los acumuladores se puede acceder en formato de byte, palabra o palabra doble. [34]

### **Editores para crear un programa**

STEP 7-Micro/WIN ofrece tres editores para crear programas: Esquema de contactos (KOP), Lista de instrucciones (AWL) y Diagrama de funciones (FUP).

En este caso se desarrolla la programación de los controles del sistema automatizado mediante el editor en esquema de contactos KOP, y se describe a continuación las funciones de este editor.

- **Funciones del editor KOP**

El editor KOP visualiza el programa gráficamente, de forma similar a un esquema de circuitos. Los programas KOP hacen que el programa emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que, a su vez, habilitan condiciones lógicas de salida.

Los programas KOP incluyen una barra de alimentación izquierda que está energizada. Los contactos cerrados permiten que la corriente circule por ellos hasta el siguiente elemento, en tanto que los contactos abiertos bloquean el flujo de energía.

La lógica se divide en segmentos ("networks"). El programa se ejecuta un segmento tras otro, de izquierda a derecha y luego de arriba abajo. [34]

## Elementos básicos de un programa en STEP 7-Micro/WIN

El entorno de programación del STEP 7-Micro/WIN está dividido en tres elementos básicos como se muestra en la figura 52.

- **Programa principal**

Esta parte del programa contiene las operaciones que controlan la aplicación. El S7-200 ejecuta estas operaciones en orden secuencial una vez por ciclo.

- **Subrutinas**

Estos elementos opcionales del programa se ejecutan sólo cuando se llaman desde el programa principal, desde una rutina de interrupción, o bien desde otra subrutina. Las subrutinas son elementos opcionales del programa, adecuándose para funciones que se deban ejecutar repetidamente.

- **Rutinas de interrupción**

Estos elementos opcionales del programa reaccionan a determinados eventos de interrupción. Las rutinas de interrupción se pueden programar para gestionar eventos de interrupción predefinidos. [34]

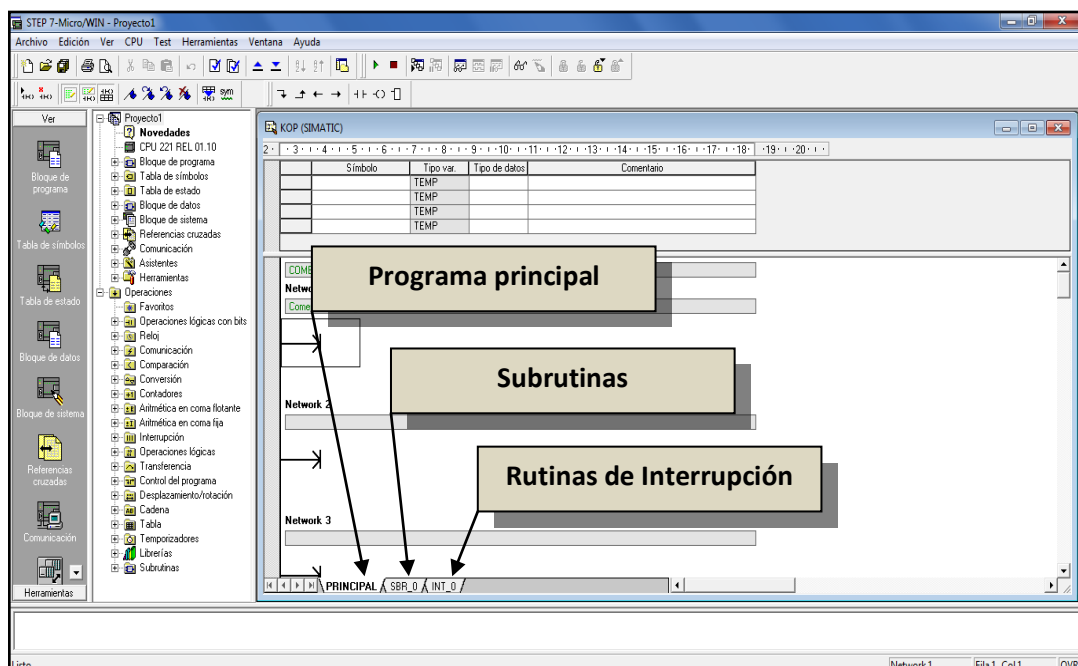


Fig.52. Elementos básicos de un programa en STEP 7-Micro/WIN

## Iniciar el software de programación STEP 7-Micro/WIN

El software se inicia al hacer doble clic en el icono STEP 7-Micro/WIN en donde se despliega la pantalla de nuevo proyecto que se observa en la figura 53, en la cual se aprecia las herramientas que facilitan la programación como el editor de programas, la barra de navegación, el árbol de operaciones y la ventana de resultados.

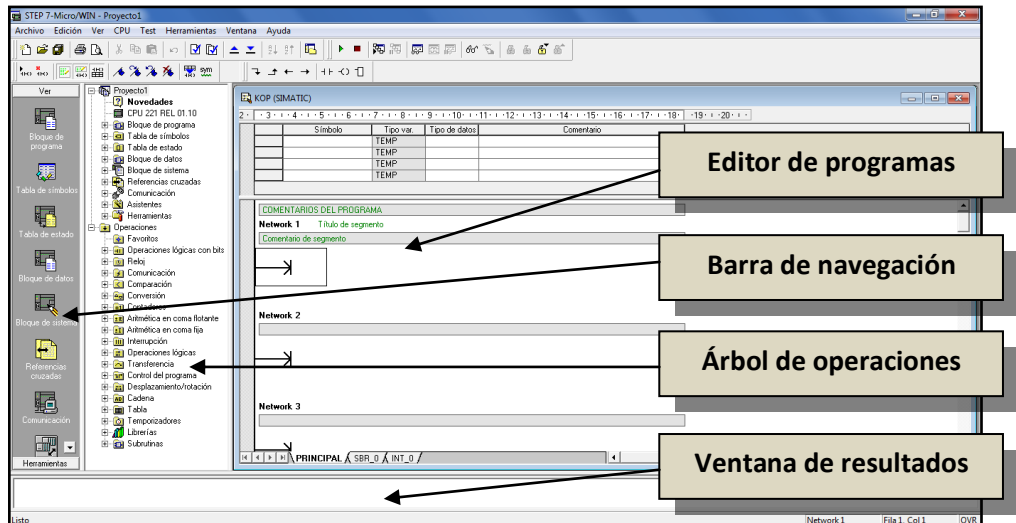


Fig.53. Ventana de nuevo proyecto de STEP 7-Micro/WIN

## Configurar los parámetros de comunicación de STEP 7-Micro/WIN

Para realizar la comunicación del S7-200 con el software STEP 7-Micro/WIN se selecciona el icono “Comunicación” en la barra de navegación como en la figura 54.

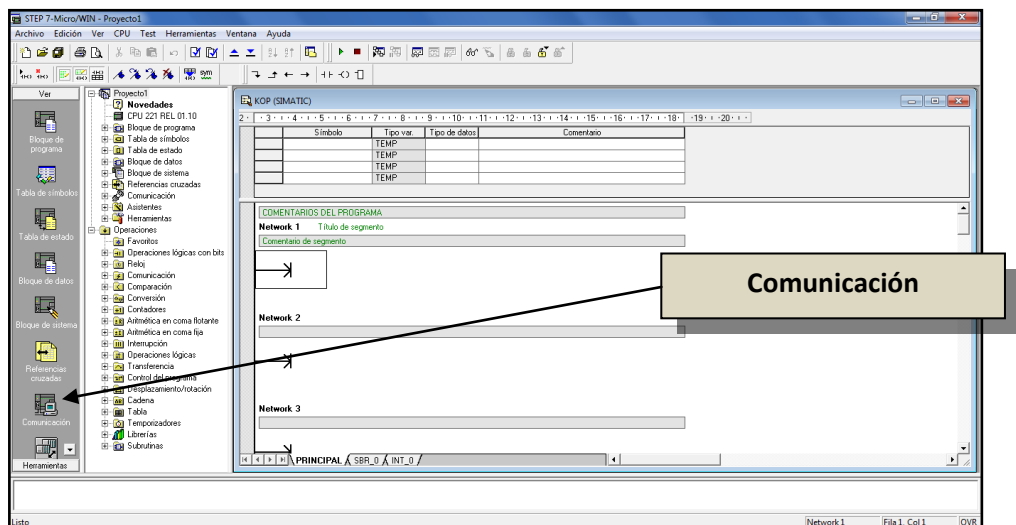


Fig.54. Configurar los parámetros de comunicación de STEP 7-Micro/WIN

El cuadro de dialogo “Comunicación” se representa en la figura 55:

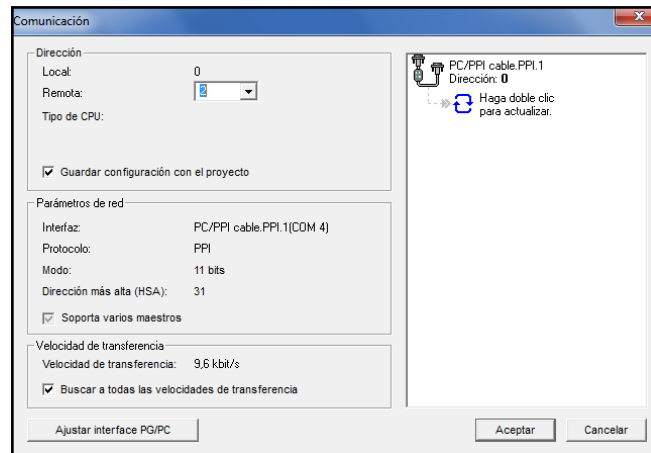


Fig.55. Ventana de la comunicación entre el PLC S7-200 y STEP 7Micro/Win

### Seleccionar la interface de Comunicación en la red.

Para establecer este parámetro se selecciona el icono “Ajustar interface PG/PC”, en este caso, el medio que permite comunicarse entre el PLC y el computador es el cable multimaestro PPI por lo tanto en la opción “Interface Parameter Assignment Used:”, se selecciona *PC/PPI cable (PPI)*.

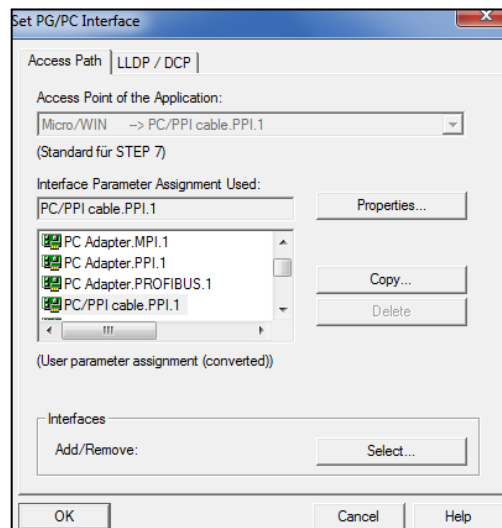


Fig.56. Interfaz de comunicación de STEP7-Micro/WIN

En el cuadro de dialogo “Set PG/PC Interface” se selecciona el icono “Properties” y en la pestaña “Local Connection” se elige el puerto de comunicación, en este caso (COM 1) como se indica en la figura 57.

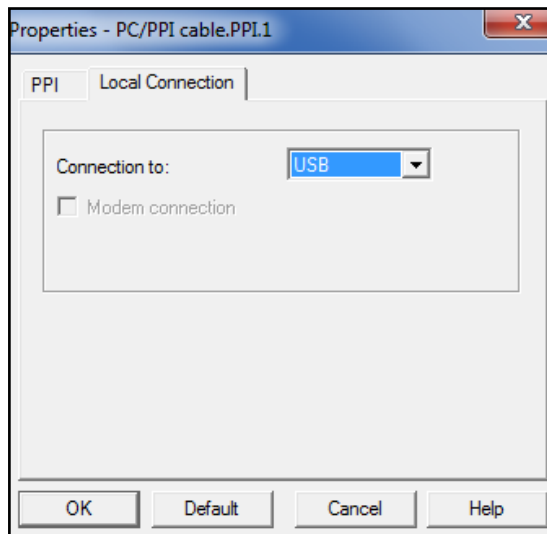


Fig.57. Seleccionar el puerto en la conexión local del cable PC/PPI

## **Ajustar la velocidad de transferencia y la dirección de estación de STEP7-Micro/WIN**

### **Velocidad de transferencia de STEP7-Micro/WIN**

La velocidad de transferencia de los datos en la red se indica, por lo general, en kilobits por segundo (kbit/s), o bien, en megabits por segundo (Mbit/s). La velocidad de transferencia mide cuántos datos se pueden transmitir en un determinado período. La velocidad de transferencia debe ser igual a la de los demás equipos que conforman la red.

### **Dirección de estación de STEP7-Micro/WIN**

La dirección de estación es un número unívoco que se asigna a cada aparato de la red. La dirección de estación unívoca garantiza que los datos sean enviados al o recibidos del aparato correcto. El S7-200 soporta direcciones de estación comprendidas entre 0 y 126. [34]

Por lo tanto en el cuadro de dialogo *“Propiedades-PC/PPI cable (PPI)”* en la pestaña *PPI* se ajusta la velocidad de transmisión a 9,6 kbit/s y la dirección de estación a (0).

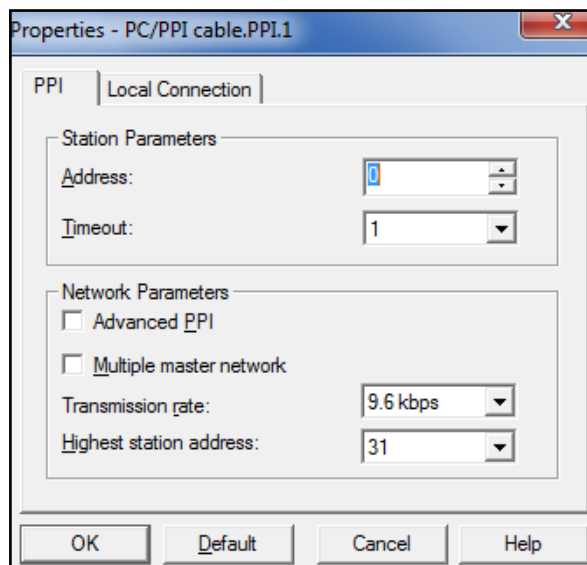


Fig.58. Configuración de la velocidad de transferencia y la dirección de estación de STEP 7-Micro/WIN

### Identificar el CPU S7-200 conectado a la red.

El software de programación permite buscar las CPUs conectadas a una velocidad de transferencia determinada, o bien a todas las velocidades de transferencia, en este caso a 9,6 kbit/s, al accionar el icono “Actualizar” que se muestra en la figura 59, el STEP 7--Micro/WIN busca el S7-200 y visualiza el icono correspondiente a la CPU S7-200

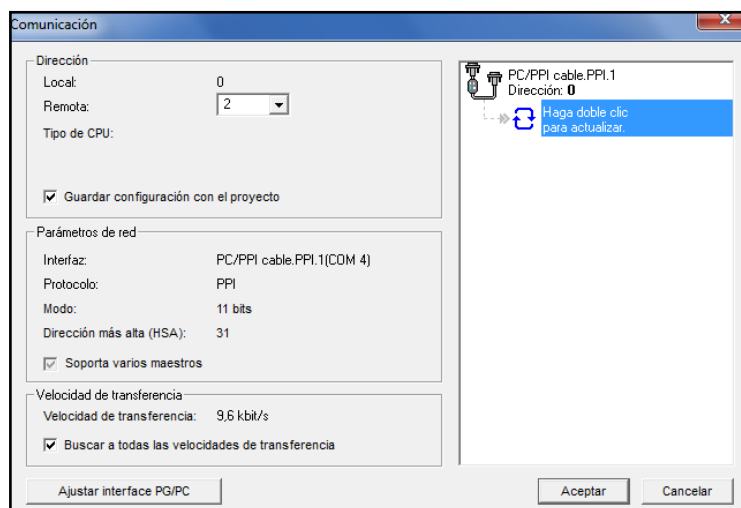


Fig.59. Identificación del CPU S7-200 conectado a la red.

Una vez configurados y verificados todos los parámetros necesarios para que la comunicación funcione correctamente, se selecciona la CPU conectada y se acepta los cambios realizados como se observa en la figura 60.

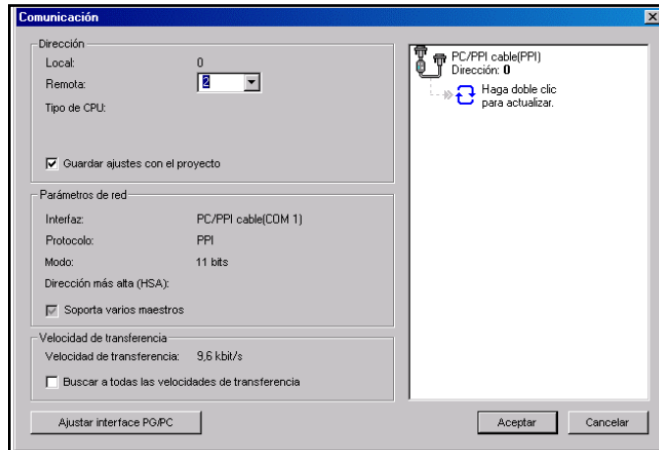


Fig.60. Configurar los parámetros de comunicación

## Configurar los parámetros de comunicación del PLC S7-200

### Ajustar la velocidad de transferencia y la dirección de estación del S7-200

A través de STEP 7-Micro/WIN se configura estos parámetros en el PLC S7-200, por lo tanto se toma en cuenta que la velocidad de transferencia estándar del puerto del S7-200 es 9,6 kbit/s, y su dirección estándar es (2).

- Se selecciona el icono “*Bloque de sistema*” ubicado en la “*Barra de navegación*” como se muestra en la figura 61.

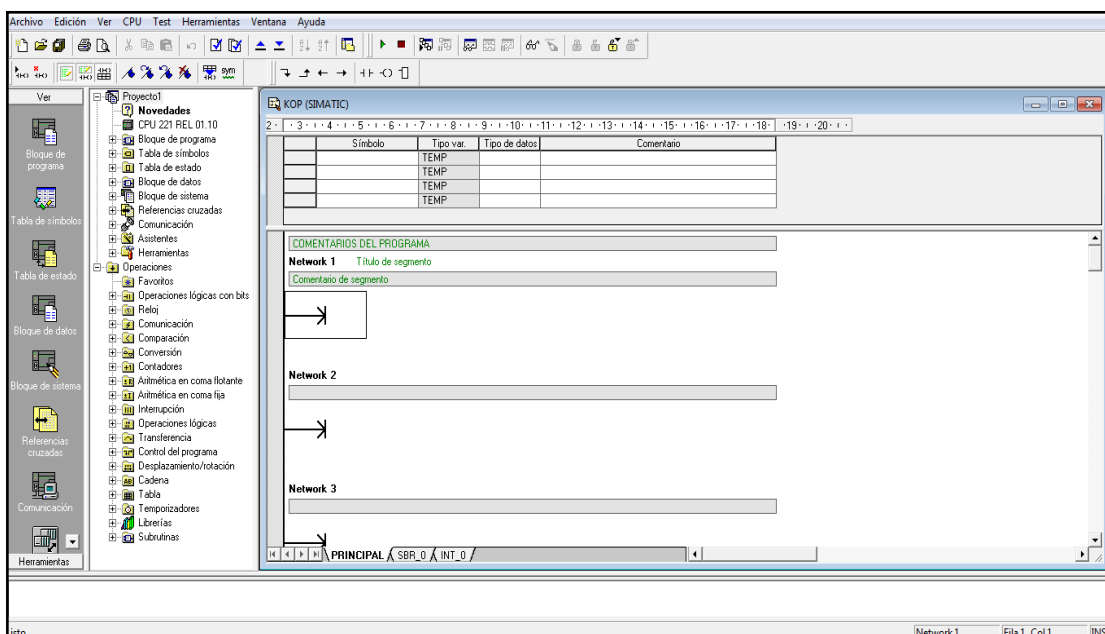


Fig. 61. Ícono del Bloque de sistema en la Barra de Navegación



- En la opción “*Puertos de comunicación*” se selecciona la dirección de estación y la velocidad de transferencia del S7-200 especificadas anteriormente.

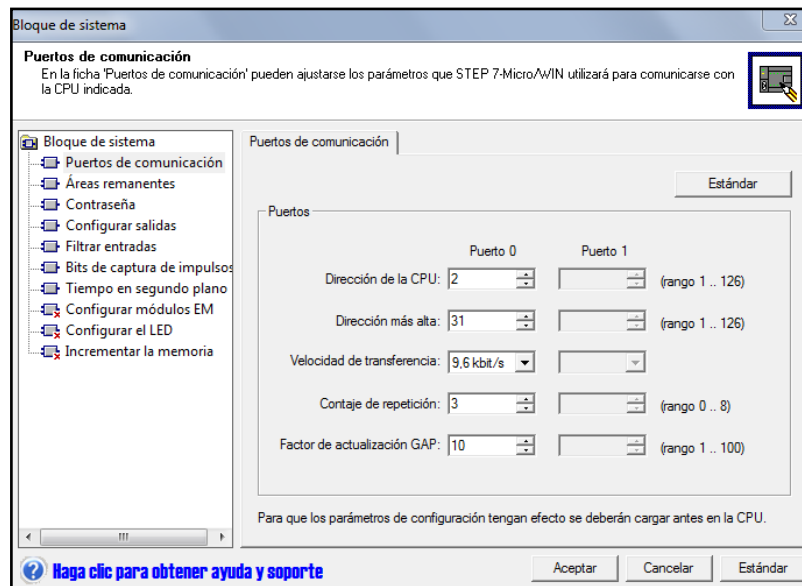


Fig.62. Configuración de los parámetros de comunicación del PLC S7-200

## Crear el Programa para el PLC S7-200

Una vez que el PLC está configurado correctamente se procede a realizar la programación lógica respectiva en el entorno de programación del software para cumplir con los controles que demanda el proceso.

La programación se la realiza mediante el lenguaje de programación gráfico KOP (esquema de contactos), este entorno de programación tiene diversos segmentos y cada uno de ellos debe terminar en una asignación de un valor a una bobina (salida) o marca (variable auxiliar).

Para realizar la programación en el PLC S7-200 primeramente se identifica el número de señales digitales necesarias tanto para las entradas como para las salidas del PLC, por lo tanto a continuación se designan las direcciones para cada uno de los elementos de control con el fin de facilitar y agilizar la programación.

## Codificación de los elementos de control para programar el PLC S7-200 CPU 224.

En la tabla 21 y 22 se muestra la dirección, el símbolo y la descripción de cada uno de los elementos utilizados para la programación del control de flujo de trigo:

Tabla 21. Entradas digitales utilizadas para la programación del PLC.

<b>DIRECCIÓN</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO</b>
I0.0	SELEC_ON_LL_T3	Selector manual
I0.1	SELEC_OFF_LL_T3	Selector automático
I0.2	SELEC_ON_LL_T4	Selector motor tornillo sin fin 1
I0.3	SELEC_OFF_LL_T4	Selector motor tornillo sin fin 2
I0.4	PULS_A_DMP_T1	Selector motor abrir almacenamiento t1
I0.5	PULS_C_DMP_T1	Selector motor cerrar almacenamiento t1
I0.6	PULS_A_DMP_T2	Selector motor abrir almacenamiento t2
I0.7	PULS_C_DMP_T2	Selector motor cerrar almacenamiento t2
I1.0	PULS_A_DMP_T3	Selector motor abrir almacenamiento t3
I1.1	PULS_C_DMP_T3	Selector motor cerrar almacenamiento t3
I1.2	PULS_A_DMP_T4	Selector motor abrir almacenamiento t4
I1.3	PULS_C_DMP_T4	Selector motor cerrar almacenamiento t4
I1.4	PISTON_S_BALANZA	Selector motor abrir DMP tolva 1
I1.5	SENSOR_C_NS_T1	Selector motor cerrar DMP tolva 1
I2.0	SENSOR_C_NI_T1	Selector motor abrir DMP tolva 2
I2.1	SENSOR_C_NS_T2	Selector motor cerrar DMP tolva 2
I2.2	SENSOR_C_NI_T2	Selector motor abrir DMP tolva 3
I2.3	SENSOR_C_NS_T3	Selector motor cerrar DMP tolva 3
I2.4	SENSOR_C_NI_T3	Selector motor abrir DMP tolva 4
I2.5	SENSOR_C_NS_T4	Selector motor cerrar DMP tolva 4
I2.6	SENSOR_GAL_EXT	Sensor capacitivo nivel superior tolva 1
I2.7	SELEC_ON_LL_T3	Sensor capacitivo nivel inferior tolva 1
I3.0	SELEC_OFF_LL_T3	Sensor capacitivo nivel superior tolva 2
I3.1	SELEC_ON_LL_T4	Sensor capacitivo nivel inferior tolva 2
I3.2	SELEC_OFF_LL_T4	Sensor capacitivo nivel superior tolva 3
I3.3	PULS_A_DMP_T1	Sensor capacitivo nivel inferior tolva 3
I3.4	PULS_C_DMP_T1	Sensor capacitivo nivel superior tolva 4
I3.5	PULS_A_DMP_T2	Sensor capacitivo nivel inferior tolva 4

Tabla 22. Salidas digitales en la programación del PLC

<b>DIREC</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO</b>
Q0.0	ACTIVA_MANUAL	Activación manual
Q0.1	ACTIVA_AUTOMATICO	Activación automática
Q0.2	MOTOR_TS_1	Motor tornillo sin fin 1
Q0.3	MOTOR_TS_2	Motor tornillo sin fin 2
Q0.4	MOTOR_ABRIR_AL_T1	Motor abrir almacenamiento de la t1
Q0.5	MOTOR_CERRAR_AL_T1	Motor cerrar almacenamiento de la t1
Q0.6	MOTOR_ABRIR_AL_T2	Motor abrir almacenamiento de la tolva 2
Q0.7	MOTOR_CERRAR_AL_T2	Motor cerrar almacenamiento de la tolva 2
Q1.0	MOTOR_ABRIR_AL_T3	Motor abrir almacenamiento de la tolva 3
Q1.1	MOTOR_CERRAR_AL_T3	Motor cerrar almacenamiento de la tolva 3
Q2.0	MOTOR_ABRIR_AL_T4	Motor abrir almacenamiento de la tolva 4
Q2.1	MOTOR_CERRAR_AL_T4	Motor cerrar almacenamiento de la tolva 4
Q2.2	MOTOR_ABRIR_DMP_T1	Motor abrir la descargar de MP tolva 1
Q2.3	MOTOR_CERRAR_DMP_T1	Motor cerrar la descargar de MP tolva 1
Q2.4	MOTOR_ABRIR_DMP_T2	Motor abrir la descargar de MP tolva 2
Q2.5	MOTOR_CERRAR_DMP_T2	Motor cerrar la descargar de MP tolva 1
Q2.6	MOTOR_ABRIR_DMP_T3	Motor abrir la descargar de MP tolva 1
Q2.7	MOTOR_CERRAR_DMP_T3	Motor cerrar la descargar de MP tolva 1
Q3.0	MOTOR_ABRIR_DMP_T4	Motor abrir la descargar de MP tolva 1
Q3.1	MOTOR_CERRAR_DMP_T4	Motor cerrar la descargar de MP tolva 1
Q5.0	VARIADOR_T1_F1	Variador frecuencia_t1_f1
Q5.1	VARIADOR_T1_F2	Variador frecuencia_t1_f2
Q5.2	VARIADOR_T2_F1	Variador frecuencia_t2_f1
Q5.3	VARIADOR_T2_F2	Variador frecuencia_t2_f2
Q5.4	VARIADOR_T3_F1	Variador frecuencia_t3_f1
Q5.5	VARIADOR_T3_F2	Variador frecuencia_t3_f2
Q5.6	VARIADOR_T4_F1	Variador frecuencia_t4_f1
Q5.7	VARIADOR_T4_F2	Variador frecuencia_t4_f2

## Codificación de los elementos para programar el PLC S7-200 CPU 224 XP.

En la tabla 23 se muestra la dirección, el símbolo y la descripción de cada uno de los elementos utilizados para la programación del dosificador:

Tabla 23. Entradas y salidas digitales utilizadas para la programación del PLC.

DIRECCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO
I0.4	SET_POINT	Set Point balanza
Q0.2	PISTON_SUPERIOR_B	Pistón Superior Balanza
Q0.3	PISTON_INFERIOR_B	Pistón Inferior Balanza

Una vez identificados todos los elementos que van a actuar en las entradas y los elementos que van hacer controlados en las salidas, se desarrolla a continuación la programación del PLC S7-200 según los controles que demanda el correcto funcionamiento del sistema automatizado y se describen a continuación:

### Etapas de Programación en el PLC S7-200 CPU 224

- En el funcionamiento manual, se controla cada uno de los elementos desde el panel central de control de acuerdo a los requerimientos que demande el proceso de producción.
- En el funcionamiento automático, el almacenamiento de cada una de las tolvas depende del estado de los sensores de nivel máximo y mínimo a partir de los cuales se determina la tolva que se debe almacenar. Siempre se verifica el estado desde la tolva 1 a la 4 y se controla para que el almacenamiento y descarga de trigo sea secuencial.
- Los mecanismos de almacenamiento y descarga de cada una de las tolvas se activan o desactivan automáticamente y están controlados por los finales de carrera ubicados en cada una de ellas.
- El programa determina el tiempo de almacenamiento, de reposo y de descarga de cada una de las tolvas, cada uno de estos valores son registrados en la base de datos para su posterior análisis.

- El tiempo de reposo se empieza a contar desde que la tolva termine de almacenarse hasta que empiece a descargar. Una vez que el trigo fue descargado se reinicia los contadores de los tiempos y la tolva queda activada nuevamente para su almacenamiento.
- Una vez que el trigo cumpla con su tiempo de reposo se activa el mecanismo de descarga y el funcionamiento de la esclusa para suministrar el trigo hacia el proceso de molienda. Además el programa verifica que tolva se está descargando para evitar que se llene nuevamente.
- Si se almacena la tolva 1 entonces se enciende el primer tornillo sin fin, mientras que si se llena la tolva 2,3 y 4 se enciende el tornillo sin fin 1 y 2. Y cuando se terminan de almacenar las tolvas se apagan automáticamente.

### **Etapas de Programación en el PLC S7-200 CPU 224 XP**

- El pistón superior del dosificador está conectado a un contacto normalmente abierto de un relé, en ese estado la compuerta direccionada por este pistón se encuentra abierta, mientras el pistón inferior está conectado a un contacto normalmente cerrado de un relé, por lo tanto la compuerta está cerrada, y de esta manera el trigo que proviene de las tolvas de almacenamiento se sigue acumulando en el dosificador.
- El valor del set point se determina en base a pruebas y mediciones realizadas, debido a que la producción es aproximadamente de 2400kg/h es decir 40kg/min, se determinaron tres tipos de valores para el set point y su tiempo en llenarse, con el fin de buscar un valor óptimo útil para el flujo de producción. En la tabla 24 se muestran las mediciones realizadas.

Tabla 24. Mediciones del flujo de producción en el dosificador

<b>VALOR KG</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>Promedio</b>
8kg	8seg	9seg	9seg	8seg	8.5seg
10kg	14seg	13seg	15seg	14seg	14seg
12 kg	20seg	19seg	18seg	20seg	19.25seg

En 8kg con un tiempo promedio de 8.5seg, el flujo de producción es 56.47 kg/min.

En 10kg con un tiempo promedio de 14seg, el flujo de producción es 42.85 kg/min.

En 12kg con un tiempo promedio de 19.25seg, el flujo de producción es 37.40 kg/min.

Por lo tanto el set point se establece en 10kg, sin embargo está sujeto a cambios para así aumentar el flujo de producción mientras se vayan realizando las pruebas.

- Cada vez que el Indicador GSE 250 pesa 10 kg envía la señal al PLC, al activarse el set point se cierra el pistón superior, luego se mantiene cerrado un segundo para que el peso se estabilice, transcurrido este tiempo, el pistón inferior se activa para descargar el trigo y enseguida regresa a su posición inicial, y se vuelve a abrir el pistón superior para continuar con la dosificación.

La programación del PLC CPU224 y CPU224XP se encuentra representa mediante diagramas de flujo en el anexo 37 debido al extenso número de hojas de programación.

### Programación del visualizador de Textos TD 200

El TD 200 es un visualizador de textos y un interface de operador para el sistema de automatización S7-200. Y se utiliza para conocer el estado actual de la CPU S7-000 CPU 224 XP. A continuación se describen los pasos para su configuración:

1. Se alimenta el TD 200 es alimentado desde la CPU S7-200 a través del cable TD/CPU como se muestra en la figura 63. El TD 200 funciona como un interface maestro punto a punto (PPI) cuando se conecta a la CPU S7-200.

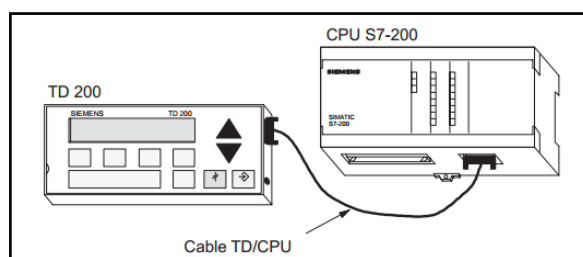


Fig. 63. Configuración PPI de la TD 200 con la CPU

2. Se selecciona la opción *asistente del visualizador de textos* ubicado en el menú *herramientas*. En este asistente se configuran los siguientes parámetros:
  - Modelo y versión del TD: TD 200C (versión 1.0).

- Contraseña de acceso al menú: 0000
- Activar diferentes funciones de la CPU: “Reloj de tiempo real (TOD)”, “Cambiar modo de la CPU”.
- Idioma de visualización de los menús: español.
- Finalización de la configuración.

Visualizar el estado de la CPU S7-200

- ENTER permite seleccionar un elemento de menú o confirma un valor.
- ESC permite salir de un menú o cancelar una selección.

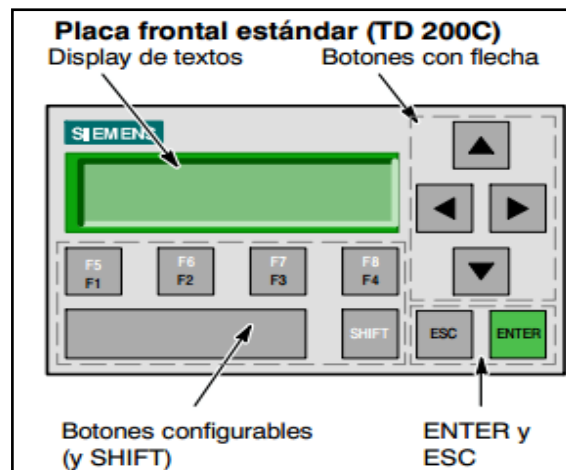


Fig. 64. Teclado estándar del teclado TD 200C

En la lista de menús se encuentra la opción de Estado de la CPU.

El comando “Estado de la CPU” permite visualizar las informaciones siguientes:

- Modelo y versión de la CPU S7-200
- Avisos de error generados por la CPU S7-200

Tras haber seleccionado el comando “Estado de la CPU”, el TD visualizará el modelo y la versión de la CPU.

Pulse las flechas ARRIBA o ABAJO para visualizar los avisos de error generados por la CPU S7-200

El TD sólo visualizará un aviso de error si se ha detectado un error en la CPU S7-200. En la CPU pueden ocurrir errores fatales o no fatales, como por ejemplo errores asociados a la memoria de la CPU.

### Guardar el proyecto realizado en STEP 7-Micro/WIN

Tras haber programado todos los controles indispensables con las funciones apropiadas en el “*Editor del programa*” se guarda el programa, cabe recalcar que al guardar el programa se crea un proyecto que incluye el tipo de CPU S7-200 y los parámetros ya configurados.

- En la barra de menús, se elige el comando del menú *Archivo > Guardar como*.
- En el cuadro de diálogo “*Guardar como*”, se introduce el nombre del proyecto, en este caso Proyecto 1.
- Se hace clic en “*Aceptar*” para guardar el proyecto en la dirección seleccionada.

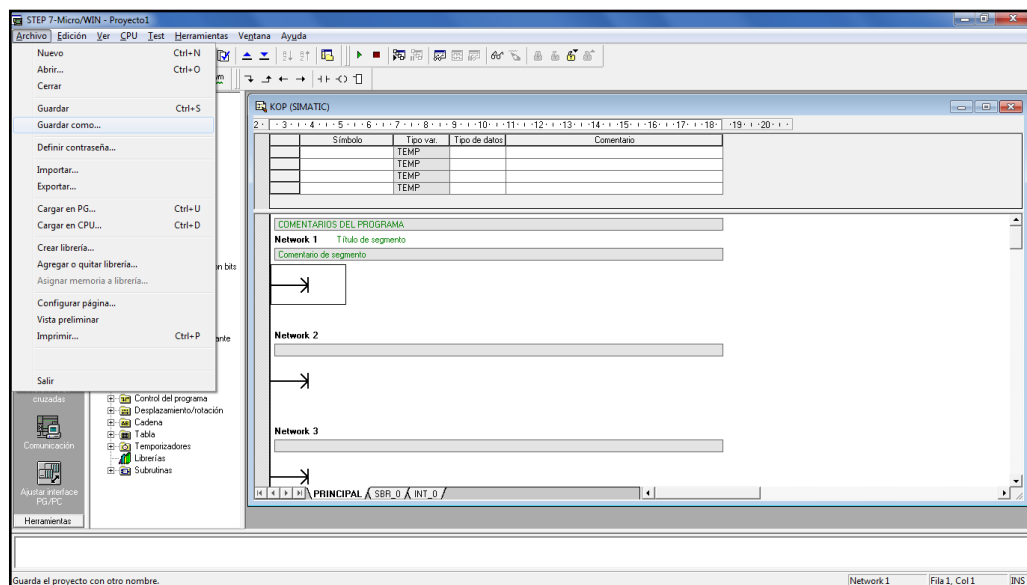



Fig.65. Guardar el programa desarrollado en STEP 7-Micro/WIN

### Cargar el programa en el S7—200

Cuando un proyecto se carga en la CPU, los bloques de programa, de datos y del sistema se guardan de forma segura en la memoria no volátil. Para transferir el programa al PLC se sigue los pasos que se describen a continuación:



- En la barra de herramientas se hace clic en el botón “Cargar”  o se selecciona el comando del menú *Archivo*>*Cargar en CPU*.
- En la pantalla de diálogo que se muestra en la figura 66 se selecciona el icono “Cargar a CPU”.
- Una vez que se han transferido todos los datos se hace clic en “Aceptar”.

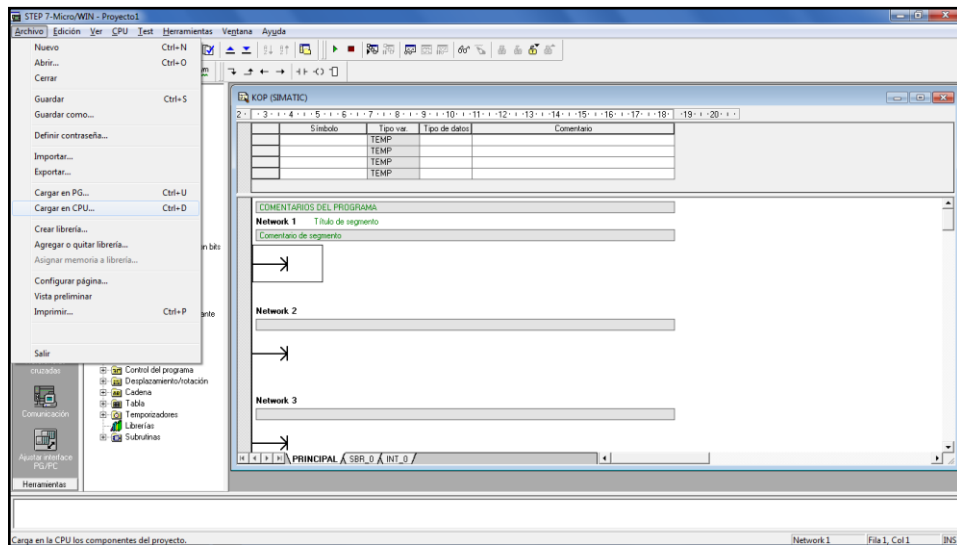


Fig.66. Cargar el programa en el S7-200

Si el S7-200 está en modo RUN, aparecerá un mensaje indicando que debe cambiar el S7-200 a modo STOP. Se hace clic en “Sí” para poner el S7-200 en modo STOP.

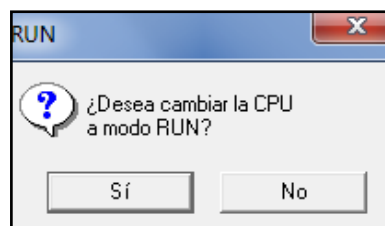





Fig.67. Poner el S7-200 en modo STOP

### **Poner el S7-200 en modo RUN**

Para que STEP 7--Micro/WIN pueda poner el S7--200 en modo RUN, el selector de modo de la CPU debe estar en posición TERM o RUN. El programa se ejecuta cuando el S7--200 cambia a modo RUN:

- En la barra de herramientas, se hace clic en el botón “RUN”  o se elije el comando del menú *CPU > RUN*.
- Se Hace clic en “Aceptar” para cambiar el modo de operación del S7-200.

#### Supervisar el estado del programa a través de STEP 7-Micro/WIN

Para supervisar el programa se selecciona el ícono “Estado del programa”  de la barra de herramientas, o se selecciona el comando de menú *Test > Iniciar estado del programa*. STEP 7--Micro/WIN visualizará los valores de las operaciones. Para detener la ejecución del programa, se cambia el S7-200 a modo STOP, haciendo clic en el botón “STOP”  de la barra de herramientas, o bien eligiendo el comando del menú *CPU > STOP*.

#### 4.1.7 Comunicación del PLC con la HMI por NI OPC SERVER.

Para establecer la comunicación entre el PLC S7-200 CPU 224 y la HMI, la misma que se desarrolla en el software LabView y permite realizar la supervisión, monitoreo y adquisición de datos, es preciso configurar el NI OPC SERVER para lo cual se siguen los pasos que se mencionan a continuación:

#### Creación de un nuevo proyecto

1. Se ejecuta el programa haciendo doble clic sobre el ícono *NI OPC Server*.

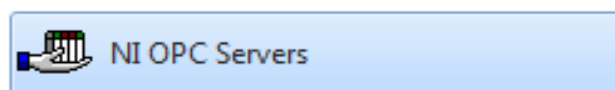



Fig.68. Ícono para abrir NI OPC Server

2. Se abre un nuevo proyecto usando el botón *New Project*  ubicado en la barra de herramientas, o se selecciona el comando del menú *File < New* ubicado en el cuadro de dialogo *NI OPC Server*. Posteriormente se selecciona “Aceptar” y en caso de que fuera necesario el programa alerta para cerrar y desconectar los clientes activos. El nuevo proyecto se muestra en la figura 69.

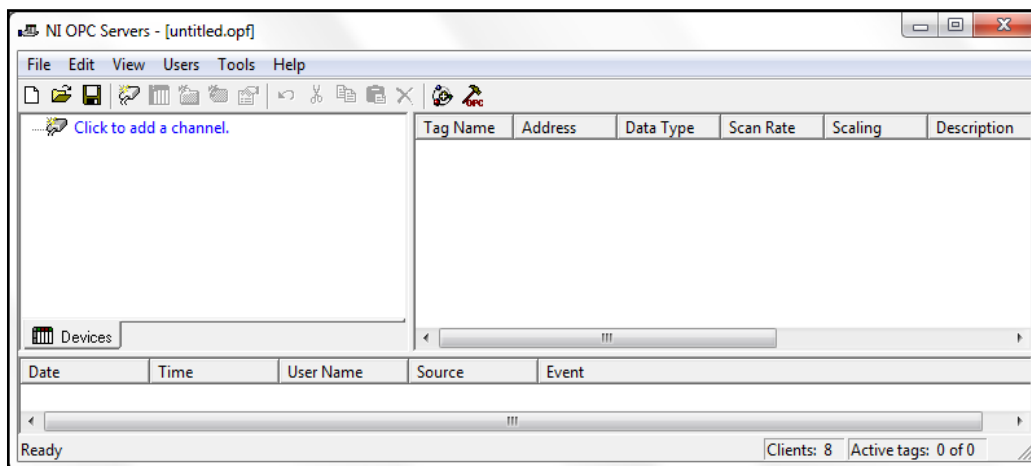


Fig.69. Ventana de nuevo proyecto del NI OPC Server

### Añadir y configurar un nuevo canal de comunicación.

Cabe mencionar que un canal representa el medio de comunicación desde el PC a uno o más dispositivos externos. Un canal se refiere a un controlador de comunicaciones.

1. Se crea un nuevo canal de comunicación en el cual se indica el tipo de dispositivo que se va a controlar en este caso es el PLC S7-200, para ello se hace clic en el icono *Click to add a channel*, e inmediatamente se abre la ventana que se muestra en la figura 70.
2. Se asigna un nombre al canal de comunicación, para esta aplicación se utiliza el nombre *Siemens S7-200* y se selecciona la opción *Next*.

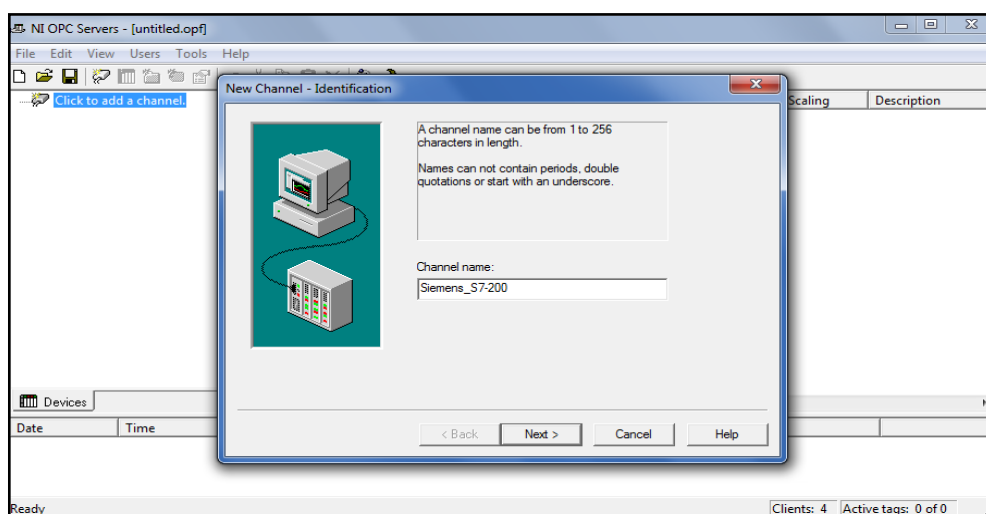


Fig.70. Ventana de identificación de canal

3. En el cuadro de diálogo *New Channel- Device Driver* se selecciona de la lista despegable el tipo de controlador que se utiliza para la comunicación, en este caso *Siemens S7-200*, como se indica en la figura 71 y finalmente se presiona en el ícono *Next*.

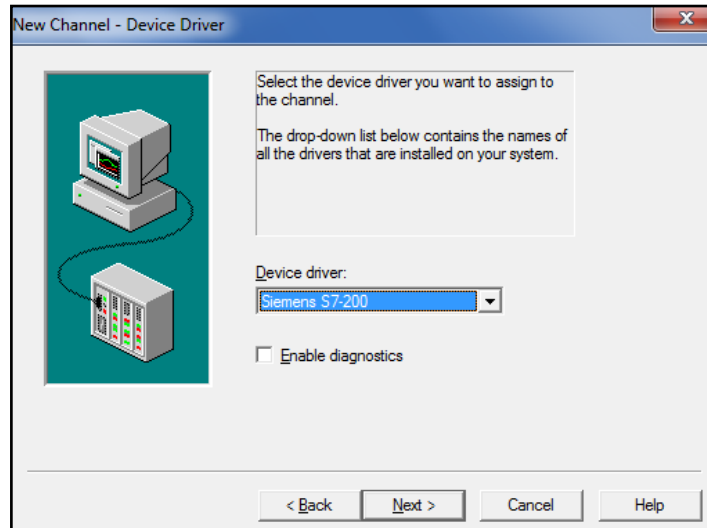


Fig.71. Ventana de selección del controlador del dispositivo

4. Se selecciona los parámetros de comunicación de acuerdo a la configuración realizada en el software **STEP 7-Micro/WIN** del PLC S7-200, y además se selecciona el número de puerto mediante el cual se establece la comunicación con el dispositivo asignado al canal, en este caso (*COM 1*) como se muestra en la figura 72.

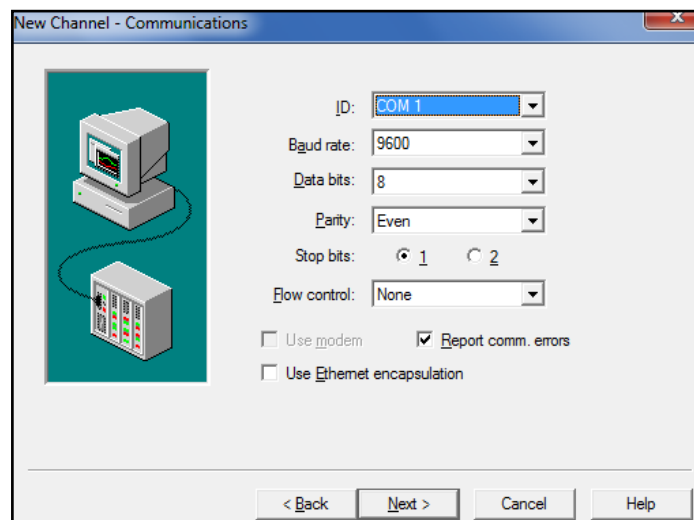


Fig.72. Ventana de Comunicaciones

5. En la ventana **Write Optimizations** el servidor proporciona una serie de ajustes de optimización que se pueden utilizar para mejorar la capacidad de respuesta de la aplicación y para garantizar que los datos escritos desde la aplicación cliente OPC con el producto, se den en el momento oportuno. En este caso se selecciona **Write only latest value for all tags** de modo que la aplicación solo envíe el último valor al dispositivo.
6. En la sección **Duty Cycle** se especifica el ciclo de trabajo, por defecto se establece en **diez**. Esto significa que diez escrituras se producirá para cada operación de lectura, y se presiona **Next**.

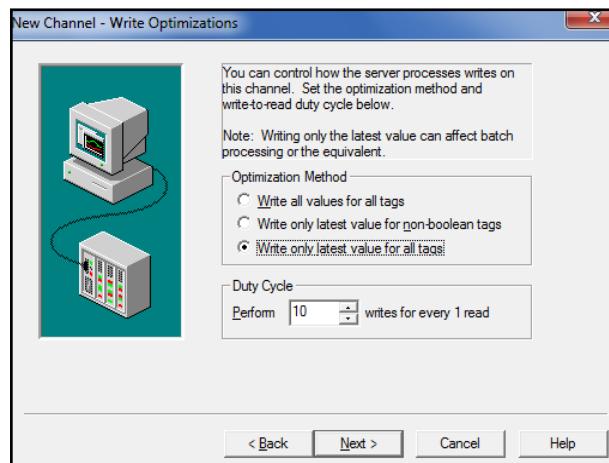


Fig.73. Ventana Write Optimizations

7. Se especifica la dirección **Master ID** de la aplicación, debido a que las direcciones son univocas, se ajusta en (1).

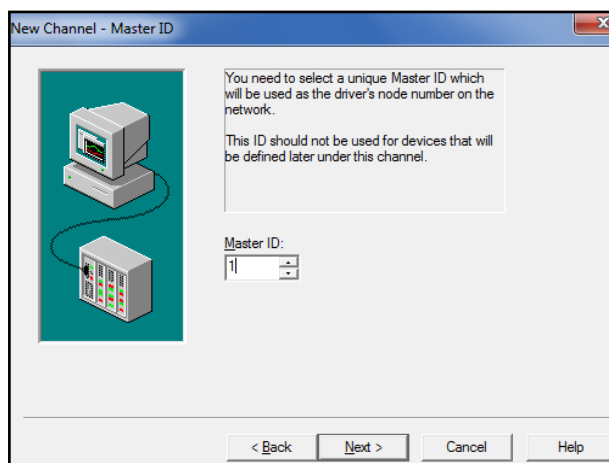


Fig.74. Ventana de la dirección Master ID

- Finalmente se visualiza la pantalla que resume la configuración del canal y se presiona en “*Finish*” para terminar la configuración.

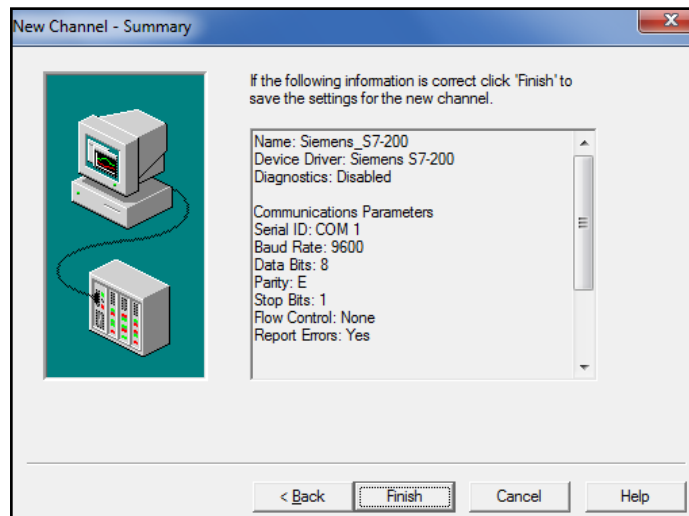


Fig.75. Ventana de resumen de la configuración del canal de comunicación

### **Añadir y configurar un nuevo dispositivo de comunicación.**

Los dispositivos representan PLCs u otro hardware con el que el servidor se comunicará, a continuación se agrega el PLC S7-200 al canal de comunicaciones como dispositivo, para lo cual se desarrollan los pasos que se mencionan a continuación:

- Se selecciona “*Click to add a device*” en la parte superior izquierda de la pantalla como se muestra en la figura 76.

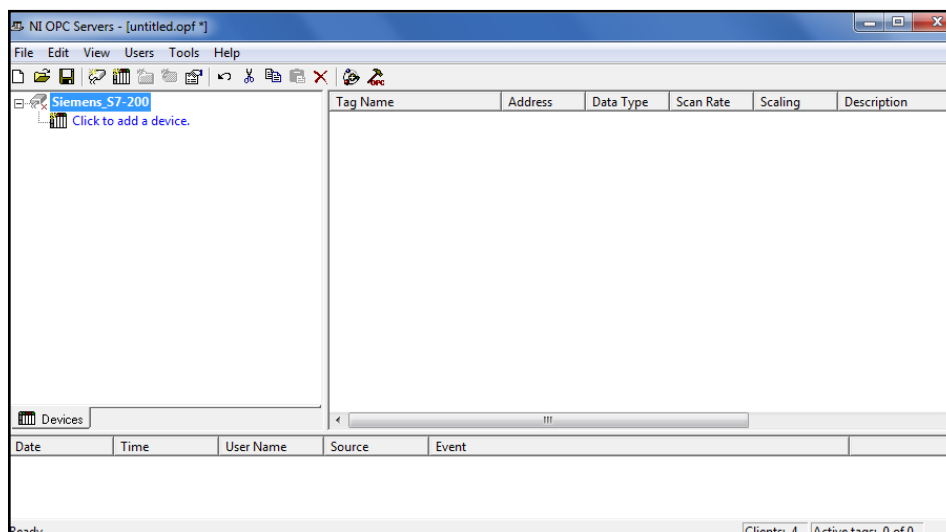


Fig.76. Agregar un nuevo dispositivo para la comunicación

2. Se asigna un nombre al dispositivo en este caso se ha determinado con el nombre **PLC S7-200** y se pasa al siguiente cuadro de dialogo a presionar **Next**.

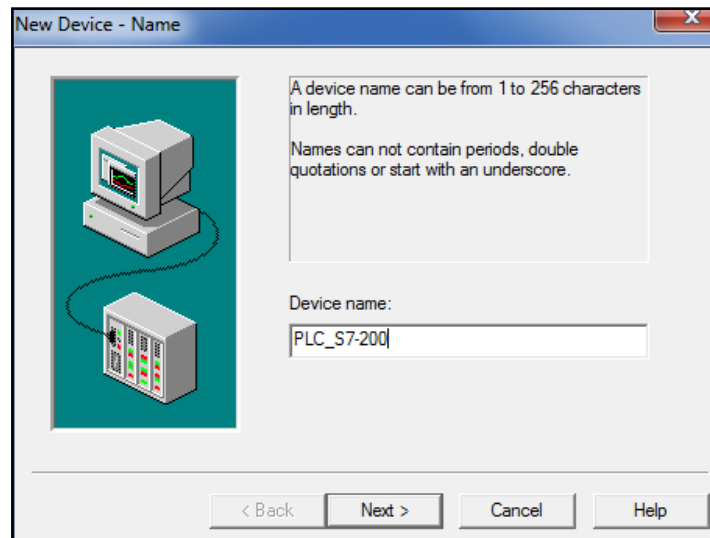


Fig.77. Ventana de identificación del dispositivo PLC S7-200

3. Se selecciona el modelo del dispositivo de la lista desplegable, en este caso el modelo del PLC es **S7-200**.

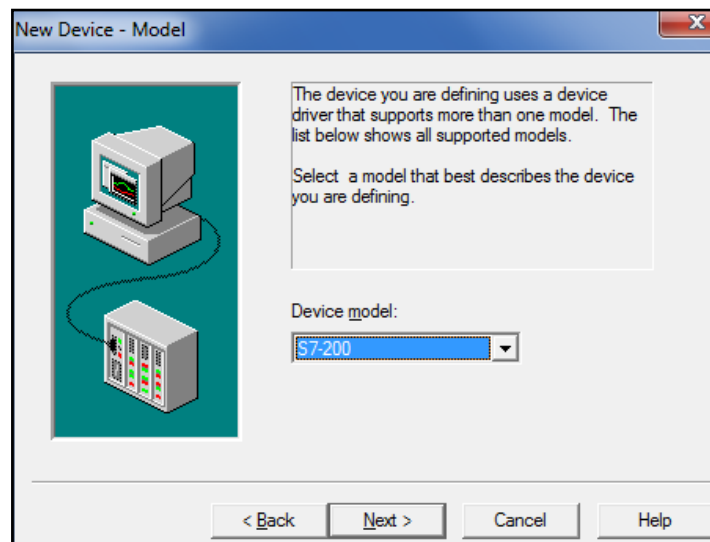


Fig.78. Ventana de selección del modelo de dispositivo

4. Se asigna la dirección del dispositivo (PLC S7-200). Esta debe coincidir con la dirección de estación que fue configurada anteriormente en STEP 7Micro/Win. Por lo tanto la dirección del dispositivo es (2) como se indica en la figura 79, para continuar con el siguiente cuadro de dialogo, se presiona en el botón **Next**.

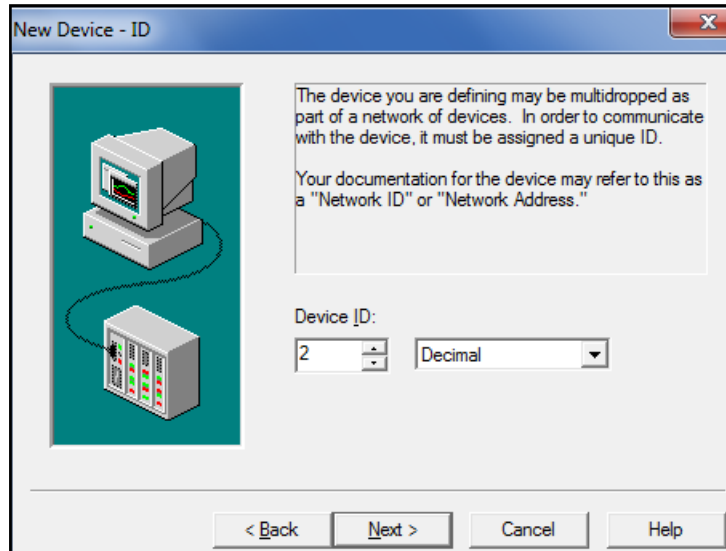


Fig.79. Ventada de selección de dirección del dispositivo (S7-200)

5. En el cuadro de dialogo *New Device – Timing* se configura el campo *Request timeout* que establece el valor en milisegundos del tiempo que espera el driver sin comunicación antes de emitir una falla, en este caso se espera 1000 milisegundo.
6. En el campo *Fail after* se determina el número de veces que el controlador volverá a intentar una petición de comunicaciones antes de considerar que la solicitud ha fallado, por defecto este valor es 3, después se presiona en el botón *Next*.

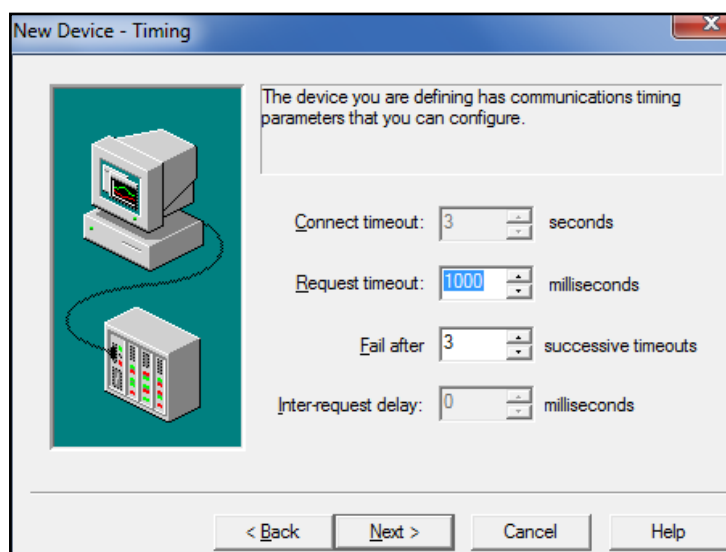


Fig.80. Ventana de tiempo de espera para la comunicación



7. En el cuadro de dialogo *New Device – Auto-Demotion* se puede activar la opción *Enable auto device on communication failures* para que el driver intente reconectar el dispositivo en caso de una pérdida de comunicación. Seguidamnte se presiona en *Next*.

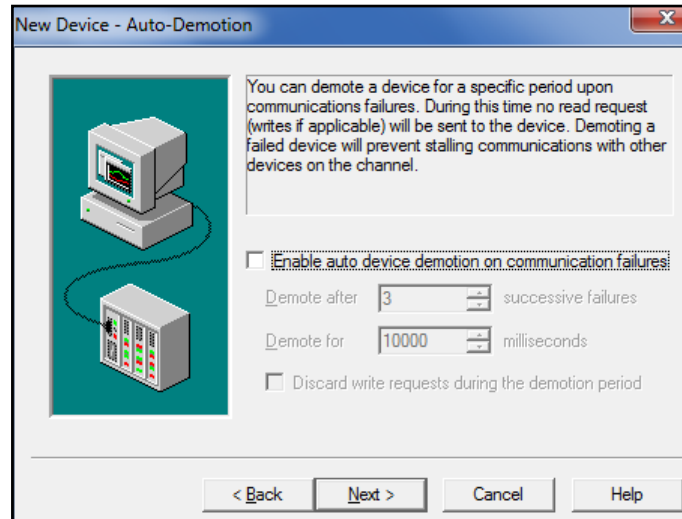


Fig.81. Ventana de auto detección de comunicación

8. Finalmente se visualiza la pantalla que resume la configuración del dispositivo (S7-200) y se presiona en “*Finish*” para terminar la configuración.

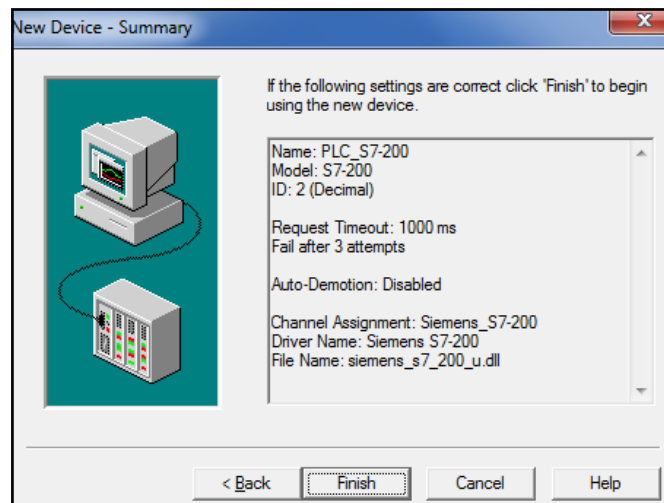


Fig.82. Ventana de resumen de la configuración del dispositivo

Una vez que la configuración se completo exitosamente, se añaden las etiquetas de las variables, las mismas que se utilizan en la programación del PLC con el fin de monitorear las entradas, salidas y parámetros del sistema del PLC.

## Agregar etiquetas (*tags*) al proyecto.

Para agregar etiquetas se siguen los pasos descritos a continuación:

1. Se añade una etiqueta haciendo clic en *Click to add a static tag*.

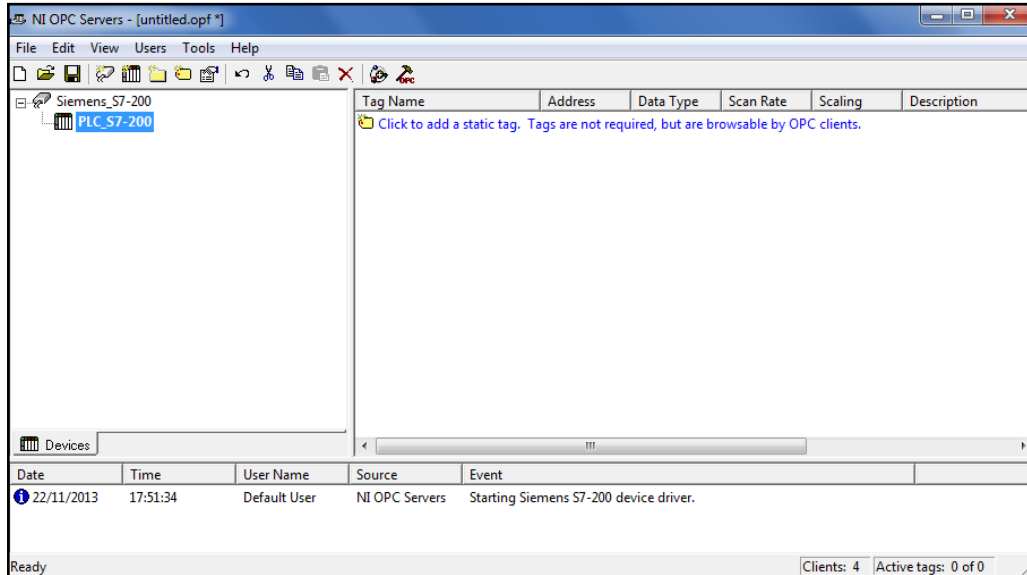


Fig.83. Ventana para agregar etiquetas

2. En el cuadro de dialogo *Tag Properties* se configuran los parámetros de la etiqueta de acuerdo a la dirección de cada una de las señales de entrada y salida que se asignaron en la programación del PLC S7-200.

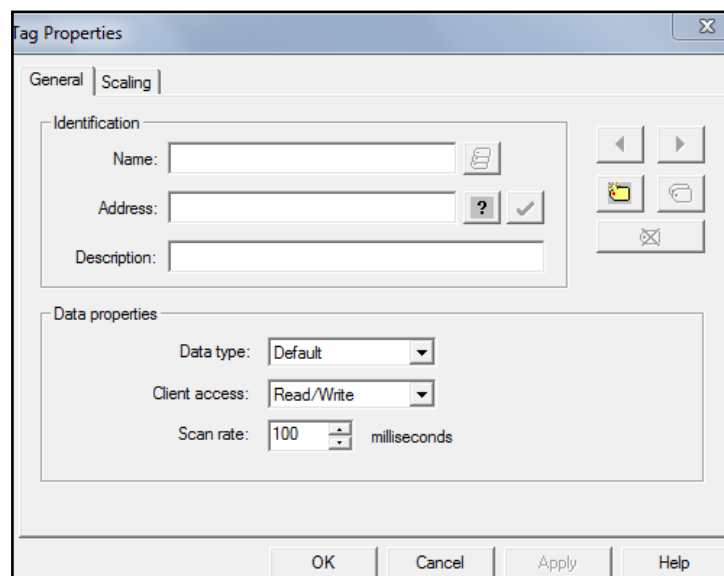



Fig.84. Configuración de las propiedades de la etiqueta

En el área **Identification** se determinan los siguientes campos:

- **Name:** En este campo se especifica el nombre de la variable, y se la determina con el mismo nombre que se utiliza para la programación en el PLC S7-200.
- **Address:** Este parámetro se utiliza para introducir la dirección del driver (controlador) deseado para esta tag. El formato de la dirección introducida se basa en el controlador que se utiliza en este caso (Siemens S7-200).

Para determinar cómo introducir una dirección se puede utilizar el botón  **Hints** (*Sugerencias*) que se encuentra al lado del parámetro de dirección como se muestra en la figura 85, el mismo que ofrece una guía de referencia rápida para el formato de direcciones del controlador.

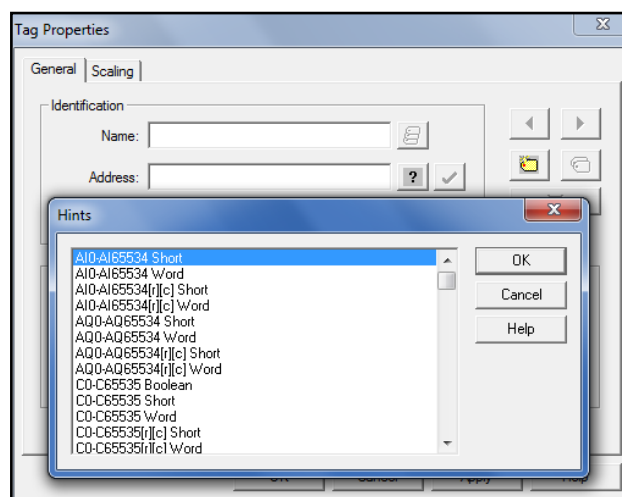



Fig.85. Tipos de direcciones disponibles en el PLC S7-200

En la tabla 25, se muestran los formatos de las direcciones de cada uno de los tipos de datos utilizados en la programación del PLC S7-200:

Tabla 25. Formato de direcciones en la programación del control automatizado

<b>Tipo de dato</b>	<b>Address</b>
<i>Entradas:</i>	I00000.00
<i>Salidas:</i>	Q00000.00
<i>Variables:</i>	V00100.00
<i>Marcas:</i>	M00000.00

<i>Temporizadores:</i>	T35
<i>Contadores:</i>	C0
<i>Acumuladores:</i>	AC0

Una vez que la dirección ha sido ingresada, se la puede verificar usando el botón  **Check Address (Comprobar Dirección)**. El ícono de verificación de direcciones intenta validar la dirección con el controlador. Si la dirección es correcta no se muestra ningún mensaje, caso contrario el programa informa de cualquier error.

- **Description:** Se utiliza para adjuntar un comentario a la etiqueta, y de esta manera se pueda entender su funcionamiento en el control automático.

En el área **Data properties** se determinan los siguientes parámetros según sea el caso:

- **Data Type:** Se utiliza para especificar el tipo de dato de la etiqueta.

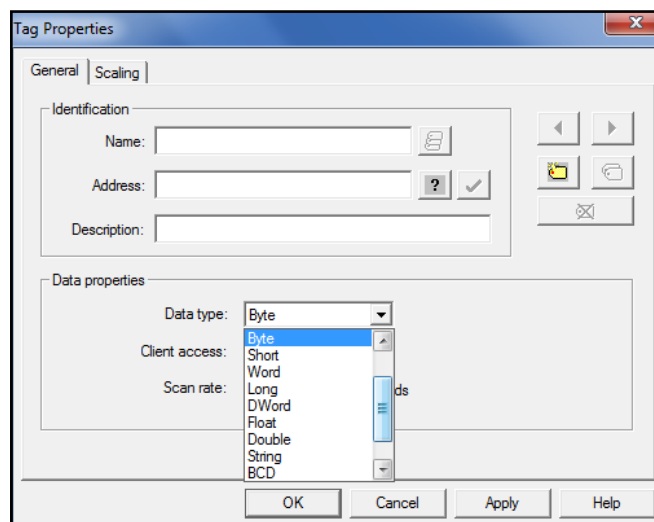


Fig.86. Especificación del tipo de formato de la etiqueta (*tag*)

- **Client Access:** En este parámetro se especifica el método de acceso de la etiqueta, es decir se determina si la etiqueta es de *sólo lectura* o de *lectura y escritura*.
- **Scan Rate:** Este parámetro se utiliza para especificar el intervalo de actualización para la etiqueta cuando se usa con un cliente que no sea OPC.

En la figura 87 se muestran algunas de las etiquetas creadas con su respectiva configuración, las mismas que son utilizadas para desarrollar la interface de usuario, en la cual se pueda observar el estado actual del proceso.

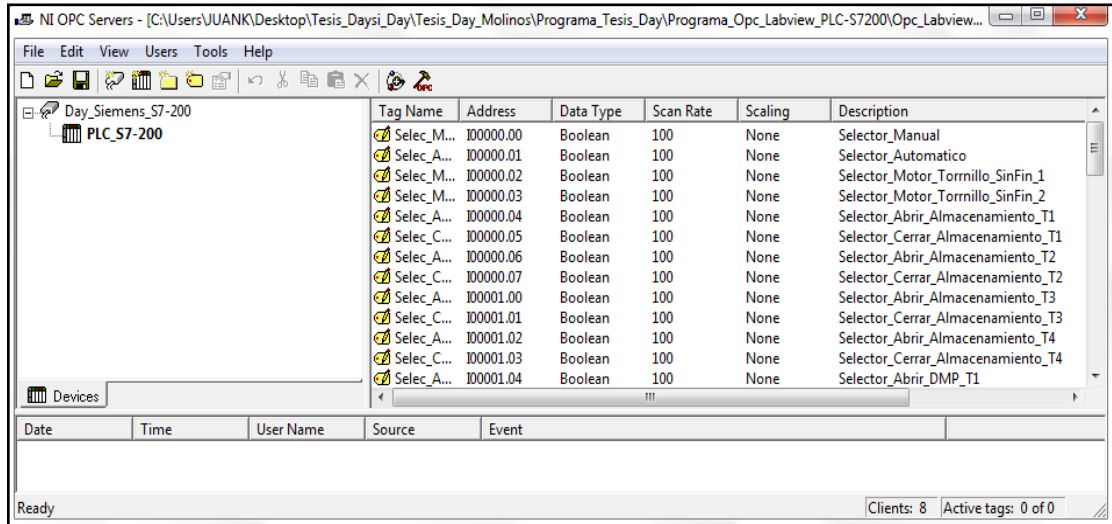


Fig.87. Etiquetas creadas en el OPC Server.

## OPC Quick Client

Se ejecuta el ícono *Quick Client* para confirmar que el PLC se esté comunicando con el servidor OPC correctamente, el cual está ubicado en la parte superior izquierda de la ventana *OPC Quick Client*, se selecciona el canal de comunicación (*Siemens S7-200*) y el dispositivo (*PLC S7-200*) que se creó anteriormente. En esta nueva pantalla aparecen las etiquetas con su configuración.

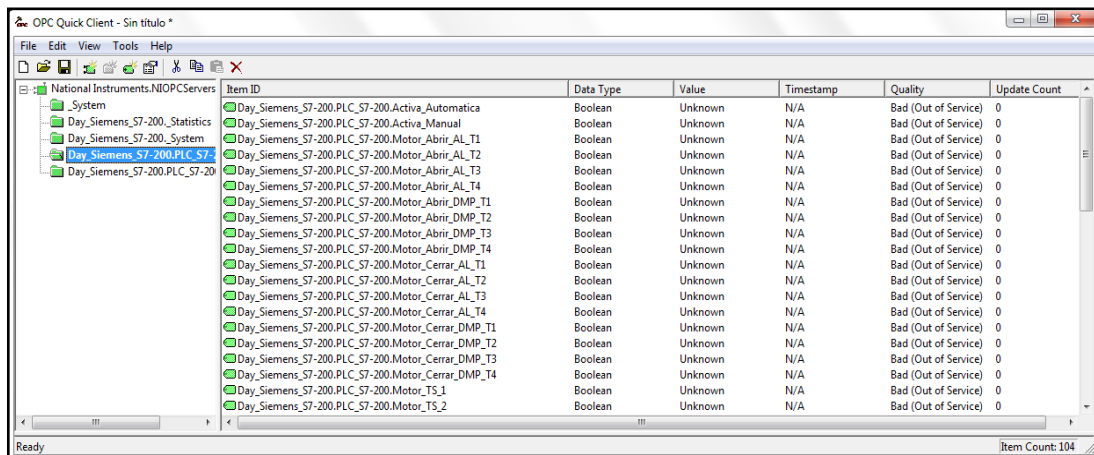


Fig.88. OPC quick client verificación de comunicación

Para comprobar que cualquiera de las etiquetas se esté comunicando correctamente entre el *Servidor OPC* y el *PLC* es necesario que se tenga el programa corriendo en el PLC, primeramente se selecciona una de estas etiquetas, por ejemplo *Activación Automática* y se acciona clic derecho sobre ella, al realizar esta operación se despliega varias opciones de selección. Se selecciona *Synchronous Write* y en el campo *Write Value* se escribe el valor (1), de esta manera se activa esta dirección en el PLC.

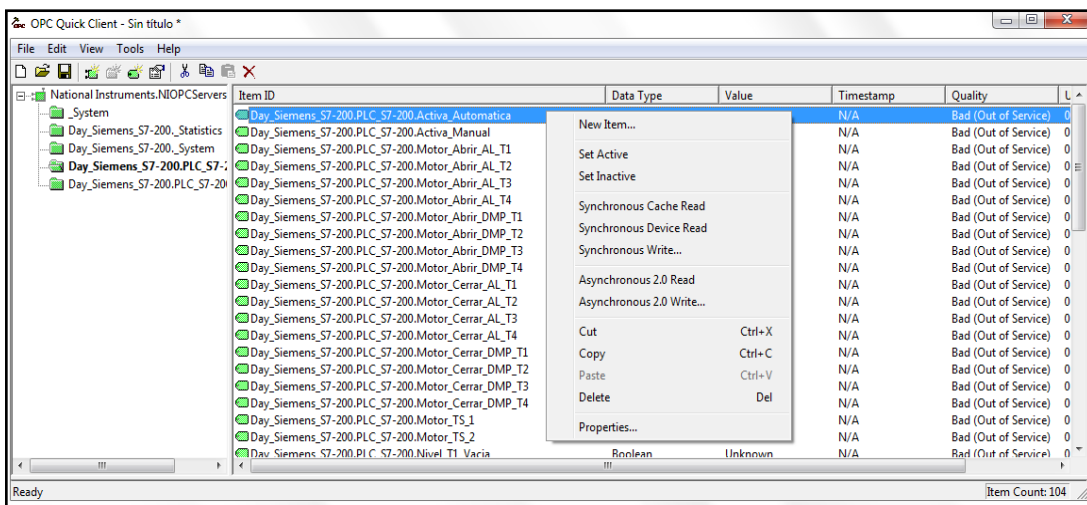


Fig.89. Activar una dirección del PLC mediante OPC Server

Una vez que se verifica la comunicación se cierra el cuadro de diálogo *OPC Quick Client*. No es necesario guardar la configuración. Finalmente se guarda el Proyecto creado en el *OPC Server*.

#### 4.1.8 Programación del HMI en el software Labview.

Una vez que la configuración del servidor OPC ha terminado correctamente, se procede a conectar el cliente OPC, que en este caso es el software LabView, para monitorear y controlar cada una de las señales de entrada y salida del PLC S7-200.

La comunicación de LabView como cliente OPC se puede hacer de varias maneras. En este proyecto se utiliza Bound Variable para conectar al servidor OPC, para ello se siguen los pasos que se mencionan a continuación:

1. Se inicia *Labview* y se crea un nuevo proyecto en *File > New Project* y se graba con el nombre *Proyecto\_Tesis\_MM*.

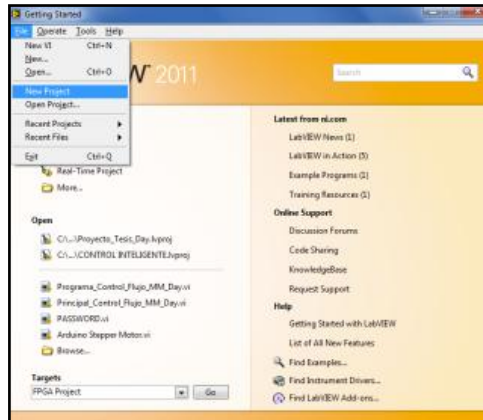


Fig.90. Ventana de inicio del software LabView

2. En el cuadro de diálogo *Project Explorer* se crea un nuevo *VI* y se lo guarda con el nombre de *HMI\_Control\_Flujo\_MM*.

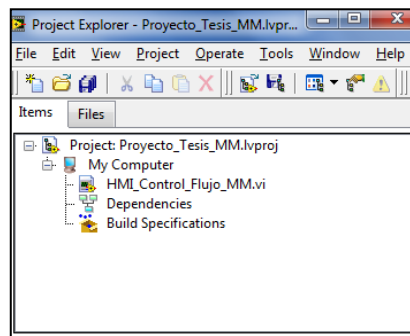


Fig.91. Ventana de un nuevo proyecto en Labview

3. En la ventana *Project Explorer* se hace clic derecho en *My Computer* y se selecciona *New > I/O Server*, como se muestra en la figura 92.

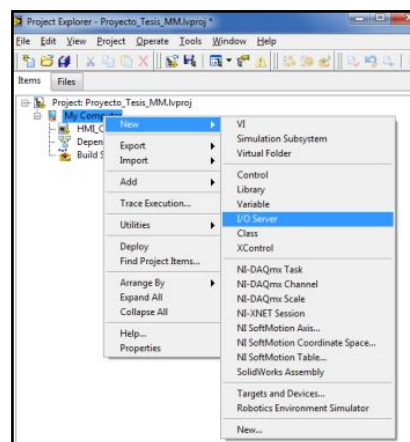


Fig.92. Ventana para crear un I/O Server

4. Se selecciona **OPC Client** en el cuadro de dialogo que se muestra en la figura 93 y se selecciona continuar.

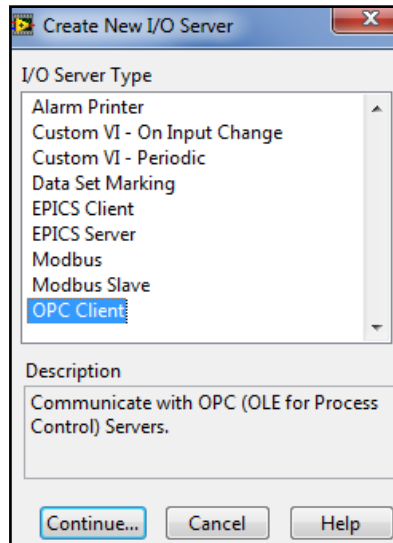


Fig.93. Ventana para crear un Cliente OPC

5. En el cuadro de diálogo **configure OPC Client I/O Server** se selecciona el servidor **National Instruments.NIOPCServers**. En el campo **Update Rate (ms)** se fija la tasa a la que el servidor se comunica con el PLC. Se configura a 100 ms ya que el programa del PLC se ejecuta relativamente rápido.

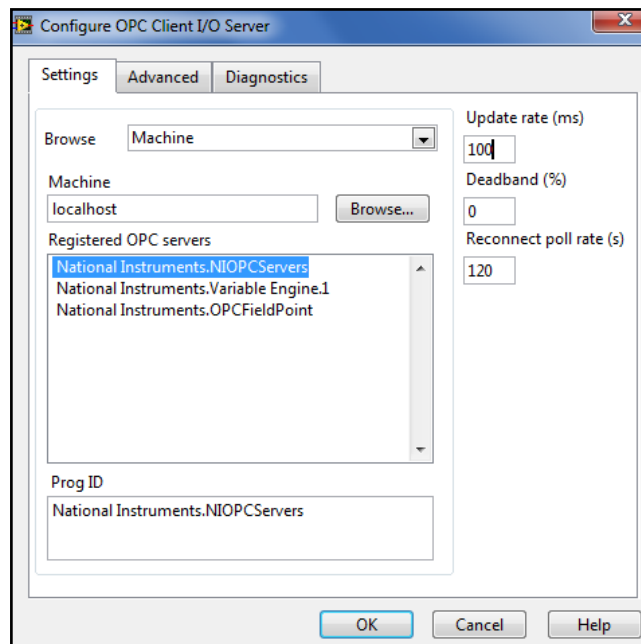


Fig.94. Ventana de configuración del cliente OPC



- Al realizar esta configuración se crea una nueva librería con el servidor OPC dentro de ella. Se cambia el nombre a la librería llamada *Untitled Library1* por el nombre *Librería\_HMI\_MM*.

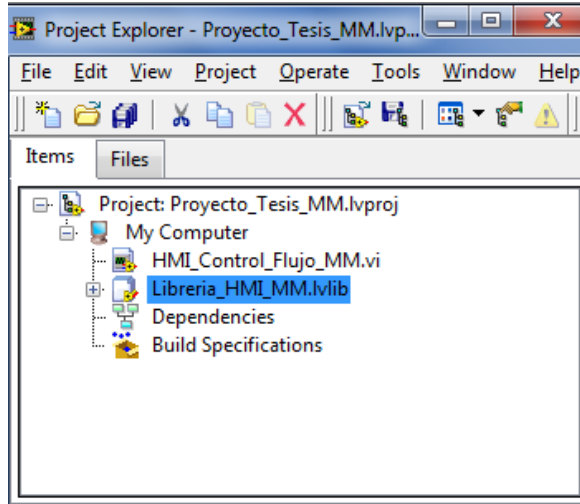


Fig.95. Librería\_HMI\_MM.

- Se realiza clic derecho en la nueva librería y se selecciona la opción *Create Bound Variables*.

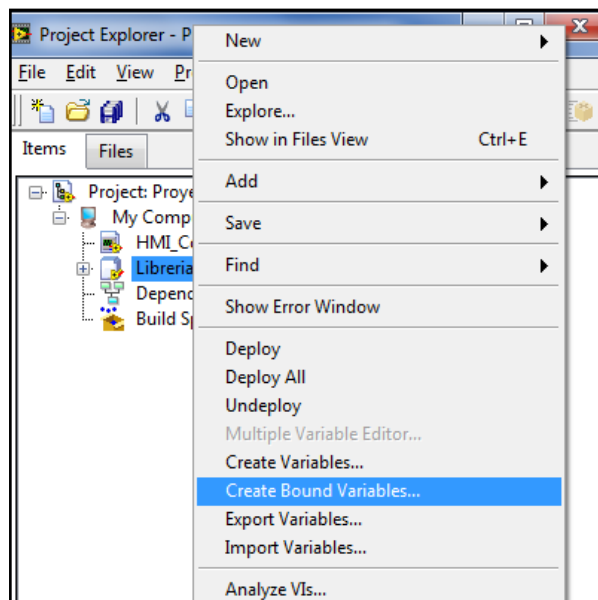


Fig.96. Ventana de selección de Bound Variables

- En la ventana *Create Bound Variables* se selecciona el servidor OPC1 que se encuentra en la librería *Librería\_HMI\_MM*, a continuación se selecciona el

canal de comunicación que fue creado *Siemens\_S7-200* y dentro de esta carpeta se selecciona el dispositivo que fue creado *PLC\_S7200* en donde se encuentran las variables creadas en NI OPC Server.

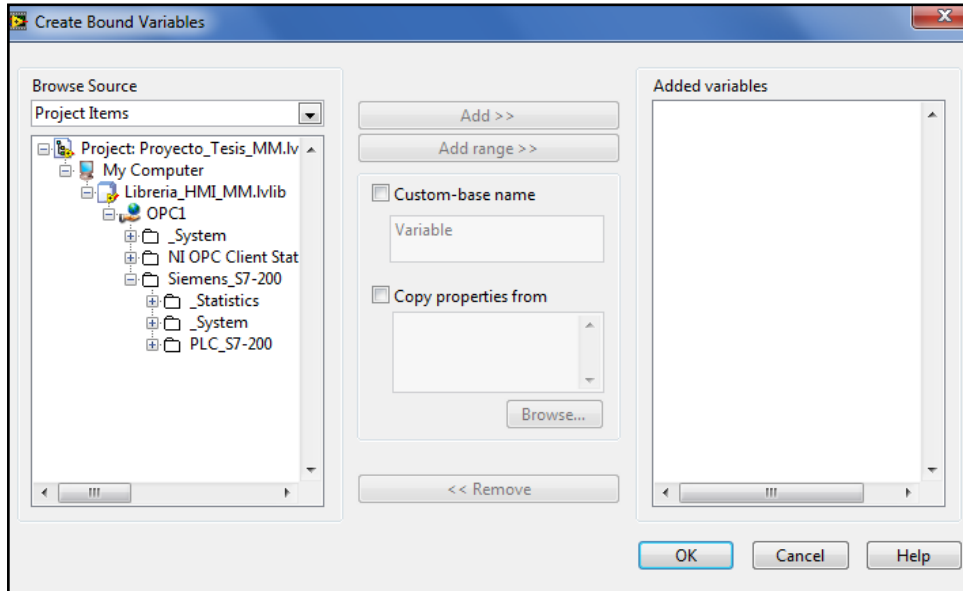


Fig.97. Ventana para agregar las variables al proyecto

Se añaden todas las variables, las mismas que se utilizan para crear la interface de usuario (HMI) en LabView.

9. Finalmente en el cuadro de diálogo *Project Explorer* dentro de *Librería\_HMI\_MM* quedan guardadas las variables que se agregaron.

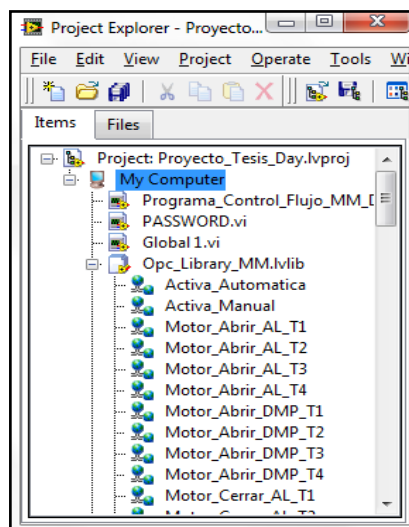


Fig.98. Variables disponibles para la HMI

Una vez que las variables están disponibles en el proyecto, se arrastran directamente al diagrama de bloques del VI como se muestra en la figura 99.

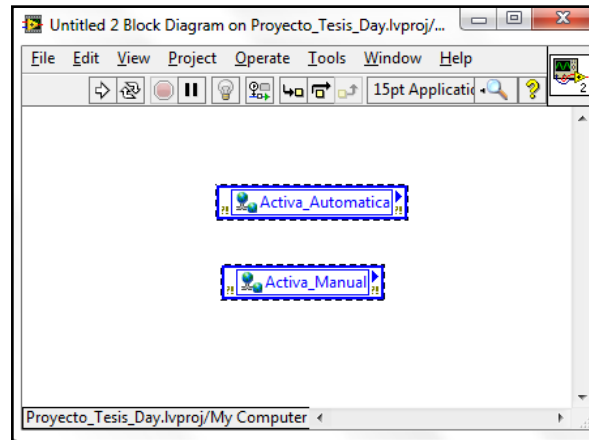


Fig.99. Variables en el diagrama de bloques del VI

A continuación se realiza la programación visual gráfica de la HMI, utilizando el módulo DSC (NI LabVIEW Datalogging and Supervisory Control) el mismo que permite desarrollar de manera interactiva un sistema de monitoreo y control de todas las variables (*tags*) creadas.

### **Funcionamiento de la HMI**

La HMI se desarrolla en el software LabView, mediante el cual es posible observar los datos en tiempo real del proceso, facilitando de esta manera su comprensión e interacción con el usuario. A continuación se describe cada una de las pantallas de acceso que muestran el proceso controlado automáticamente:

#### **Pantalla de INICIO:**

En esta pantalla se controla el acceso del usuario al programa, existen cuatro usuarios los mismos que pueden acceder a la aplicación con una contraseña distinta, si el usuario es un ADMINISTRADOR, este tiene la capacidad de monitorear, supervisar y de controlar el funcionamiento del proceso de almacenamiento y control de flujo de trigo, por otra parte los tres usuarios restantes corresponden a cada OPERARIO de cada una de las tres jornadas de trabajo los mismos que únicamente puede supervisar el proceso e informar de algún defecto determinante o anomalía. Si la contraseña es incorrecta la aplicación informa del error e impedirá el ingreso al programa.



Fig.100. Pantalla de inicio del programa

### Pantalla PRINCIPAL:

Después de registrar el usuario y la contraseña satisfactoriamente, se despliega la pantalla principal de acceso que se muestra en la figura 101. Aquí se indican todas las pantallas de la aplicación a las que se puede acceder tanto para controlar monitorear o simplemente para visualizar el proceso. Se tiene en cuenta que para regresar a la pantalla de INICIO o para ingresar a cualquiera de estas pantallas, se lo hace desde la principal.

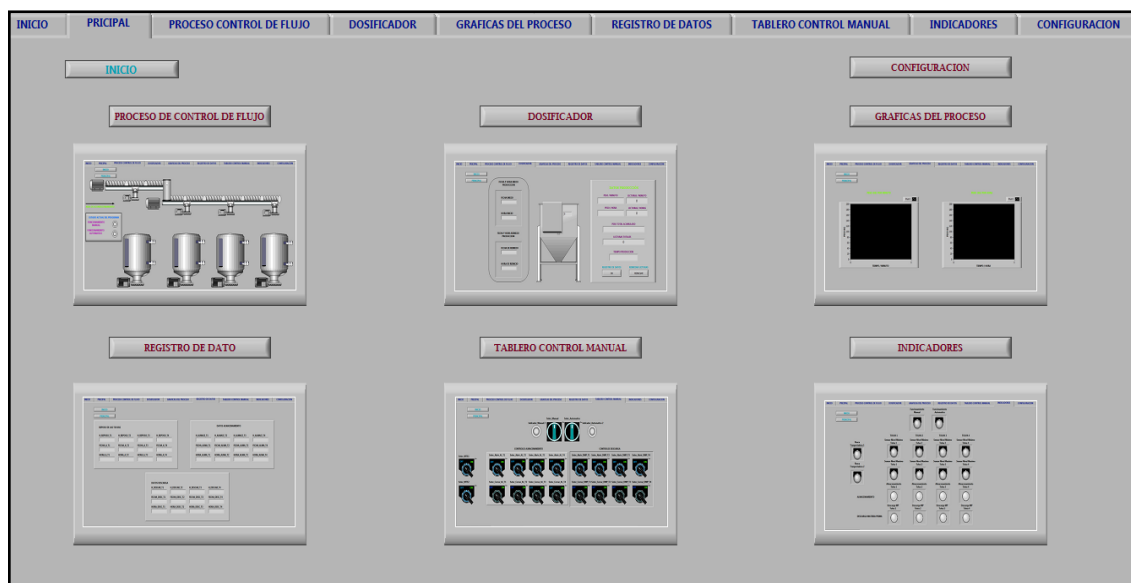


Fig.101. Pantalla principal del programa

## Pantalla del PROCESO DE CONTROL DE FLUJO

En esta pantalla se visualiza el estado actual del proceso de control de flujo de trigo, por ende se puede apreciar el funcionamiento de cada uno de los de los elementos tanto mecánicos como electrónicos que interactúan en este proceso.

Los elementos que intervienen en este proceso son:

- Los motores de control de las roscas transportadoras.
- Los motores de control del paso del trigo para el almacenamiento.
- Los motores de control del suministro del trigo hacia el proceso de molienda.
- Válvulas rotativas para la dosificación del trigo.
- Variadores de frecuencia que controlan a los motores de las válvulas rotativas.
- Los sensores de nivel máximo y mínimo de cada una de las tolvas.

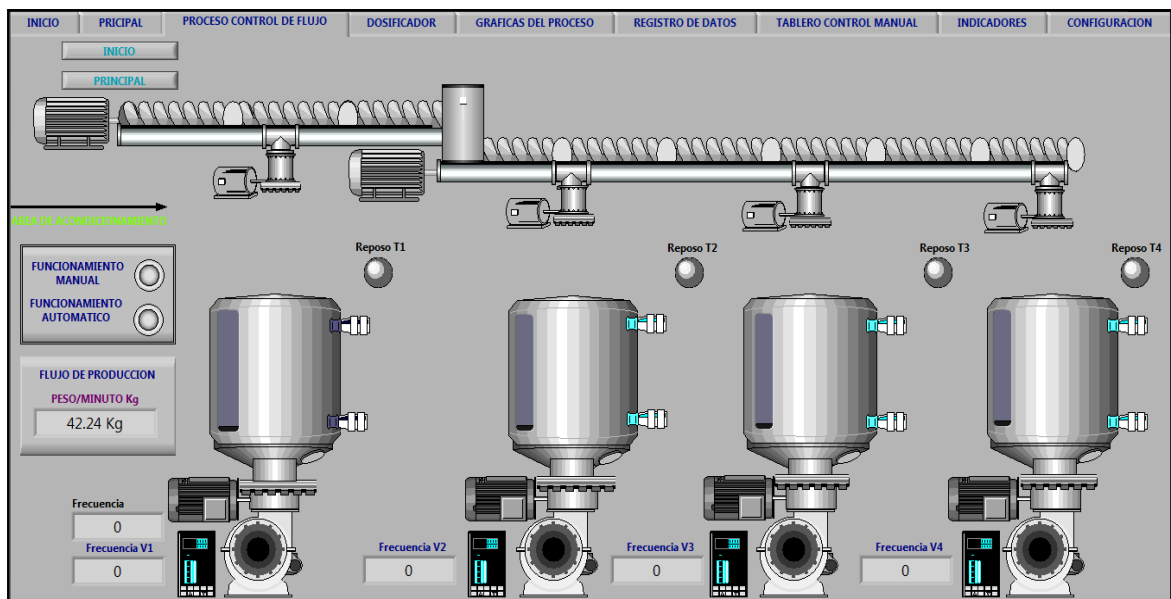


Fig.102. Pantalla del proceso de control de flujo

## Pantalla del Proceso de DOSIFICACIÓN

En esta pantalla se muestra el funcionamiento del dosificador, el cual está compuesto por dos cilindros neumáticos que abren o cierran el paso de trigo cada 10 kg, además se observa la cantidad en kg acumulados y el número de lecturas que se realizan cada minuto, cada hora y el total acumulado en el día. También se indica la fecha y hora de inicio y el tiempo de producción.

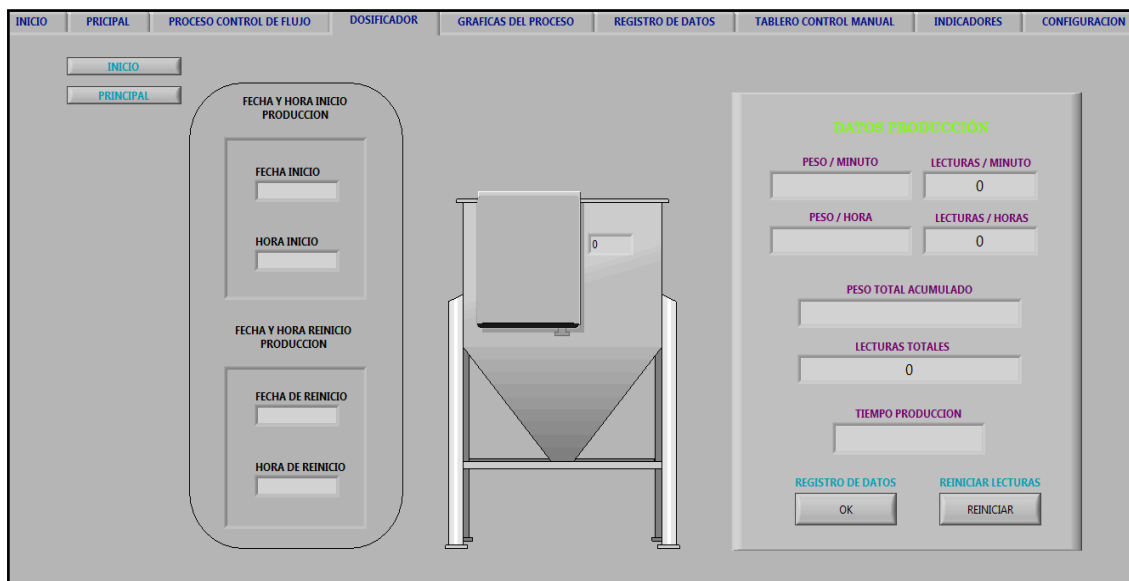


Fig.103. Pantalla del proceso de dosificación

### Pantalla de las GRAFICAS DEL PROCESO

En esta pantalla se muestran las gráficas que representan la cantidad de trigo procesado por minuto y la cantidad de trigo procesado por hora respectivamente, a partir de estos datos se determina el flujo de trigo actual el cual se compara con el flujo de trigo estándar, para modificar o regular la velocidad del suministro de trigo que proviene de las tolvas de almacenamiento y así se consigue un flujo de trigo estable y continuo, con esto se logra reducir los paros del proceso.

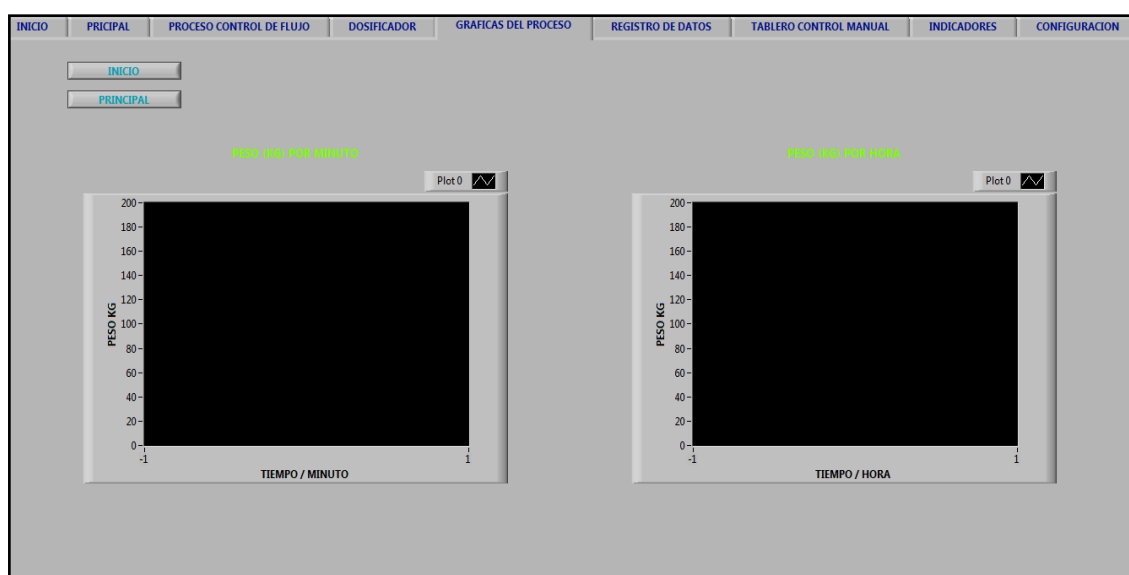


Fig.104. Pantalla de las graficas del proceso

## Pantalla del REGISTRO DE DATOS

Para el almacenamiento y registro de los datos de las variables del proceso se desarrollo una aplicación en el software LabView, la misma que permite exportar los datos adquiridos a una base de datos creada en *Microsoft Office Access* con el fin de realizar un posterior análisis de los mismos. La herramienta que permite establecer la conexión con LabView y la Base de Datos se describe a continuación:

### Labview Database Connectivity Toolkit

Esta herramienta de LabView permite conectar rápidamente a una base de datos local y desarrollar operaciones comunes, LabView se comunica con un administrador de base de datos *Data base Management System* (DBMS).

Hay dos tipos principales de conexiones que se pueden crear en LabVIEW para comunicarse con una base de datos. *Data Source Names (DSN)* y *Universal Data Link (UDL)*. *DSN* se utiliza para facilitar la comunicación ODBC (*Open DataBase Connectivity*) y *UDL* se utilizan para conexiones OLE DB entre el DBMS y LabVIEW.

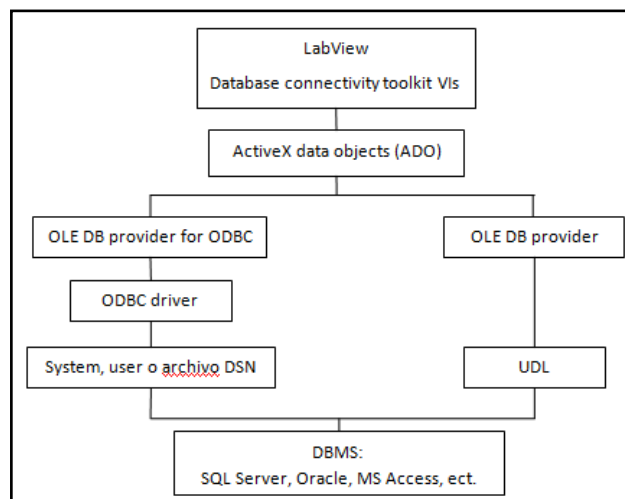


Fig.105. Descripción de la comunicación del proyecto

Esta aplicación se desarrolla a través de la conexión UDL (*Universal Data Link*) ya que es más eficiente y recomendada como método de conexión con *Labview Database Connectivity Toolkit* debido a que el software labview dispone de la interface OLE DB Provider (*Object Linking and Embedding for Databases*) que establece la comunicación con la base de datos.

Los pasos para realizar la comunicación entre la base de datos de *Microsoft Office Access* y el software *Labview* se presentan a continuación:

### 1.- Crear la base de datos:

- Se abre *Microsoft Access*.
- Se crea una nueva base de datos en blanco (*Blank Database*) y se busca una ubicación en donde se pueda colocar la base.
- Se guarda la base de datos con el nombre *Registro\_Datos\_MM* con el *Tipo: Bases de datos de Microsoft Office Access (formato 2002-2003) (\*.mdb)*, como se muestra en la figura 106.

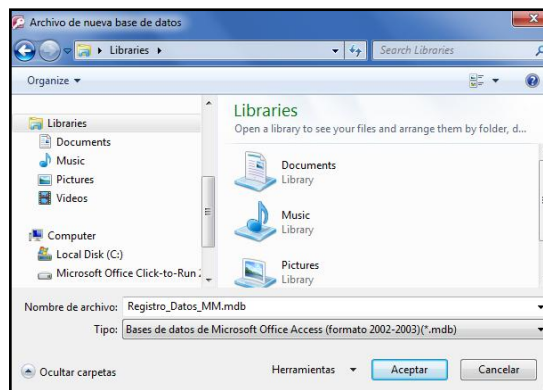


Fig.106. Ventana para guardar la base de datos

- Finalmente se selecciona el icono *crear* para generar la base de datos y se cierra.



Fig.107. Crear la nueva base de datos



## 2.-Crear la conexión UDL

- En el panel frontal del software LabView se selecciona la opción **Tools < Create Data Link** y se despliega el cuadro de dialogo que se muestra en la figura 108.
- En esta ventana se selecciona el proveedor **Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider**, el mismo que permite establecer la conexión con la base de datos, este proveedor se utiliza cuando se trabaja con la versión de **Microsoft Access 2003 a 2007**. Seguidamente se presiona **Next**.

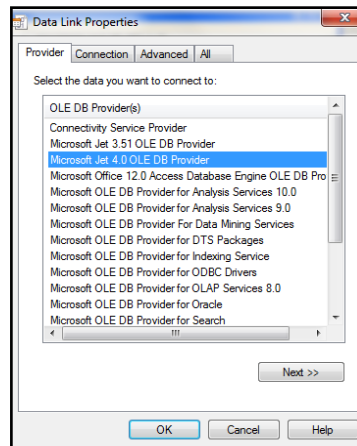


Fig.108. Ventana de selección del proveedor OLE DB

- En la pestaña "**Connection**" se procede a seleccionar el nombre de la base de datos que se creó anteriormente.
- Se prueba la conexión en **Test Connection** para comprobar si la conexión es satisfactoria.

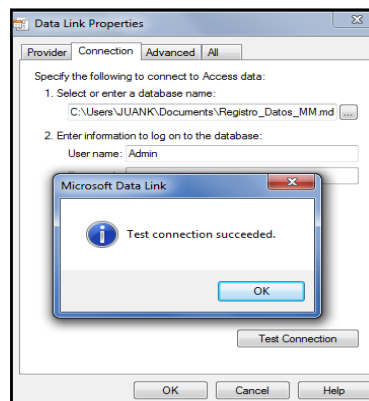


Fig.109. Comprobación de la conexión con la base de datos

- Se selecciona el ícono **OK** para terminar la conexión y aparece el cuadro de dialogo **Save Data Link** es decir para guardar el enlace de conexión de los datos como se muestra en la figura 110. Se guarda con el nombre **Base\_Datos\_MM** con la extensión **Custom Pattem (\*.udl)**. Finalmente se selecciona **OK**.

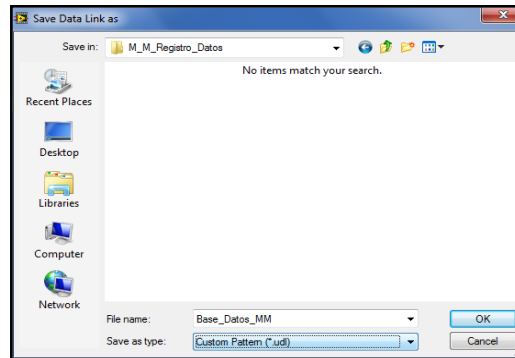


Fig.110. Ventana para guardar el enlace de conexión de los datos

### 3.- Insertar Datos a la Base de Datos.

Una vez que la conexión a la base de datos se ha establecido, es posible usar los **Database Connectivity Vis en LabView** para insertar los datos necesarios.

Para insertar los datos se siguen los pasos que se muestran a continuación:

En el VI **HMI\_Control\_Flujo\_MM.vi** que se creó anteriormente, se realiza clic derecho sobre el **diagrama de bloques** del mismo, aquí se despliegan las funciones de programación existentes en **LabView**, y se elige la función **Connectivity** y posteriormente se selecciona **Database** en donde se encuentran todas las funciones para utilizar la base de datos creada.

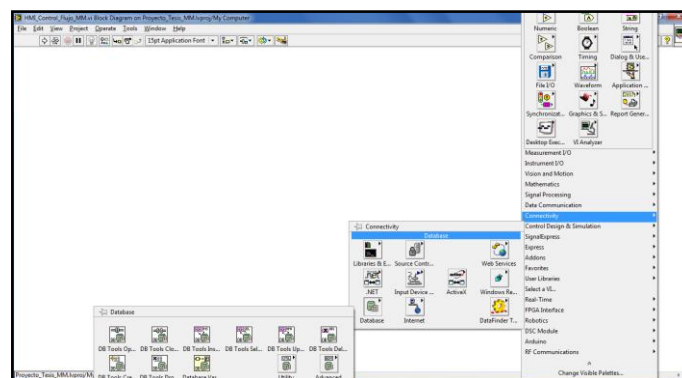


Fig.111. Ventana de la ubicación de la función Connectivity

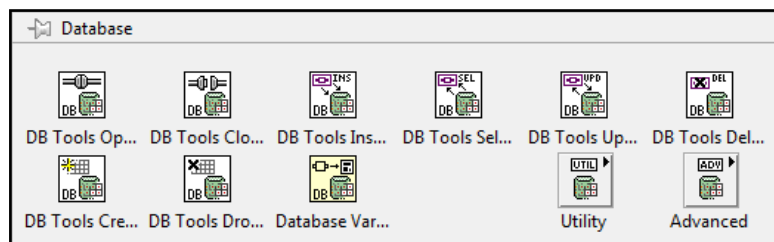


Fig.112. Pantalla de las funciones de *DB Toolkit*

De todas las funciones que se encuentran en el cuadro de diálogo *Database*, las que se utilizan para insertar los datos son las que se muestran a continuación:

- Se selecciona la función *DB Tools Open Connection VI* que es usada para abrir la conexión de la base de datos.
- En el campo *connection information* se especifica la dirección en donde se encuentra el archivo UDL creado anteriormente y en el terminal de salida *connection reference* que es ActiveX ADO refnum se conecta a la siguiente función *database*.

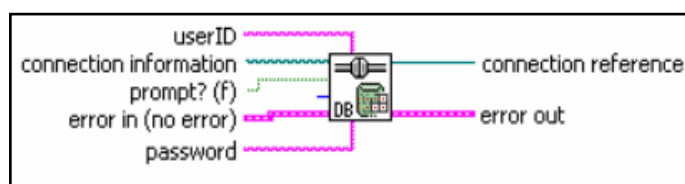


Fig.113. DB Tools Open Connection.vi

- Se selecciona la función *Insert or Select Data* para insertar los datos a la base de datos. Primeramente el terminal de salida *connection reference* de la función *DB Tools Open Connection Vi* se conecta al terminal de entrada especificado con el mismo nombre.
- Se asigna un nombre a la tabla en el terminal *table* en este caso la tabla se llama *DATOS* en donde se guardan los datos recogidos por el programa en cada uno de los *campos* (cada columna que forma la tabla que contienen datos de tipo diferentes a los otros campos).

El número de campos depende del número de columnas que se creen en el terminal *columns*.

Los datos hacia cada uno de los *campos* son enviados a través de la terminal *data*. Los datos se devuelven como una matriz bidimensional de variantes. Cada fila de la matriz es un registro diferente y cada columna es un campo diferente en el registro.

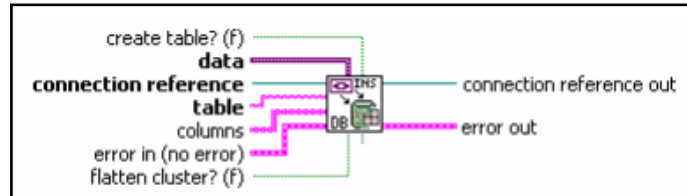


Fig.114. DB Tools Insert Data.vi

- Se selecciona la función *Close Connection* para cerrar la conexión de la base de datos. Además se conectan todos los terminales de cada una de las funciones de *database* utilizadas para visualizar los errores en caso de que existieran.

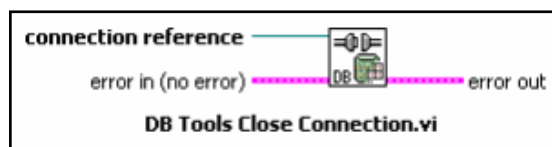


Fig.115. DB Tools Close Connection.vi

- Finalmente se observa en la figura 116. el programa que permite enviar la información de las variables a la base de datos.

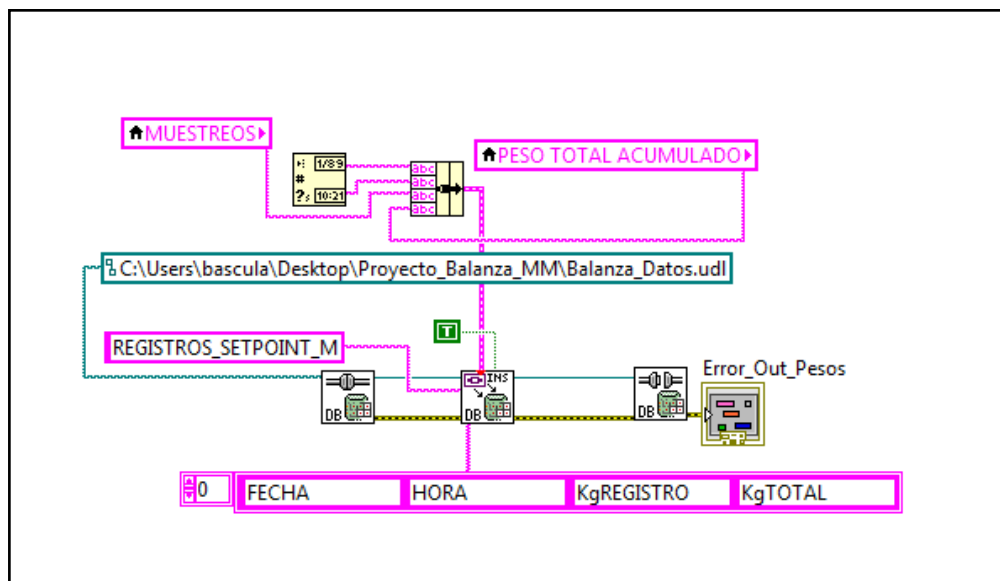


Fig.116. Programación para guardar la información en la base de datos

## Ejecutar la Base de Datos desde Labview

Para abrir la base de datos se presiona el ícono **OK** que se muestra en la pantalla de REGISTRO DE DATOS, como se observa en la figura 117; además en esta pantalla se visualiza los tiempos de reposo, de almacenamiento y de descarga de trigo de cada una de las tolvas de almacenamiento.

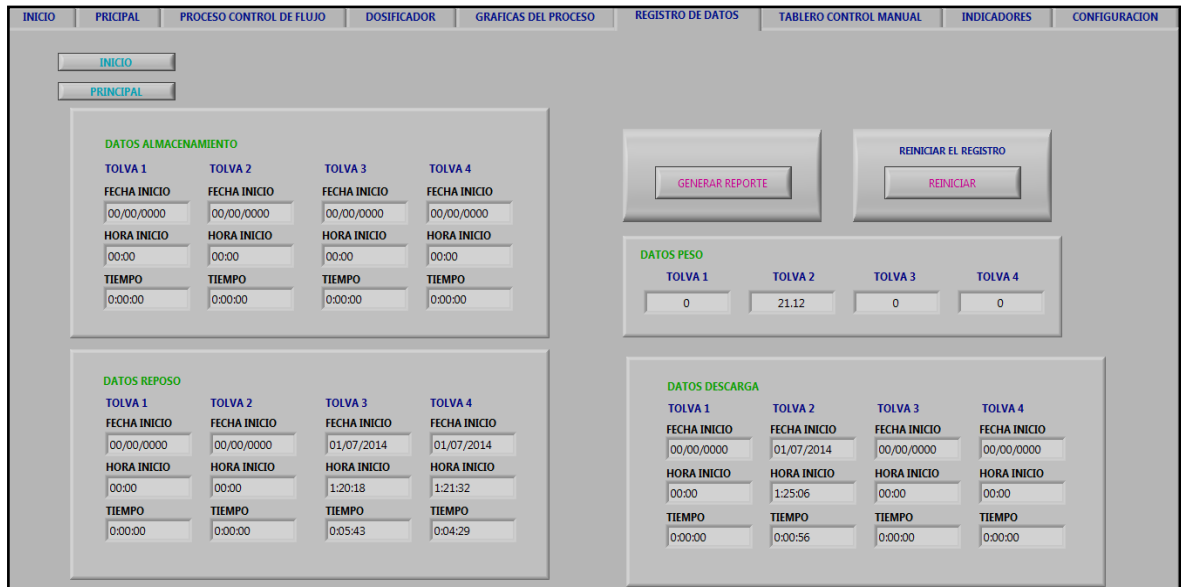


Fig.117. Pantalla de registro de datos

## Funcionamiento de la Base de Datos

Al abrir la base de datos se muestra la pantalla principal de la aplicación como se indica en la figura 118, si se selecciona el botón **Iniciar** se abre la pantalla **Iniciar Aplicación**, caso contrario al presionar el botón **Salir** automáticamente se cierra la base de datos.

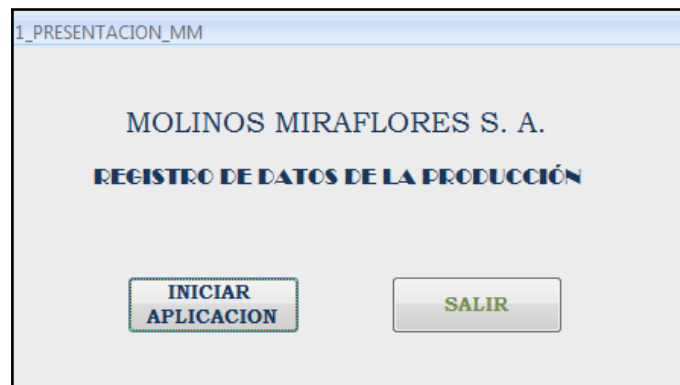


Fig.118. Ventana principal de la base de datos

En la pantalla **Iniciar aplicación** se registra el **usuario** con su respectiva **contraseña** para tener acceso a los datos previamente almacenados. Existen cuatro tipos de usuarios un **administrador** y tres **operarios**, uno por cada jornada de trabajo, los cuales deben ingresar su misma clave de acceso necesaria para ingresar a la interfaz de usuario en LabView.



Fig.119. Ventana inicio de aplicación base de datos

Una vez que se ingresa satisfactoriamente a la pantalla **Datos de Producción** es posible acceder a los tres tipos de reportes que se observan en la figura 120. Los cuales corresponden a los datos del almacenamiento, descarga y flujo de trigo respectivamente.



Fig.120. Ventana reportes de producción

Al ingresar a cada reporte de producción se visualizan los datos como se observa en la figura 121. Desde esta pantalla se pueden generar los reportes y guardarlos o mandarlos a imprimir directamente.



Fig.121. Ventana de los datos de producción

La primera opción se denomina *Informes* en donde el usuario puede acceder a todos los datos registrados por la aplicación Labview como se observa en la figura 122.

The image shows a software window titled 'REGISTROS\_HORAS\_M'. It displays a table with the following columns: 'ID', 'Hora', 'Cantidad', 'Tipo de Salida', and 'Estado'. The data in the table is as follows:

ID	Hora	Cantidad	Tipo de Salida	Estado
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1151	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1159	0	000Kg	0
0M020216	1154	0	000Kg	0
0M020216	1154	0	000Kg	0
0M020216	1154	0	000Kg	0

Fig.122. Ventana informes de datos de la producción

En la segunda opción son las consultas en donde existen dos tipos de consultas de los datos de producción.

### Pantalla del TABLERO DE CONTROL MANUAL

En esta pantalla se representan los elementos de control a través de los cuales se puede manipular el estado de cada una de los elemento en las salidas del PLC. Estos controles se pueden utilizar únicamente cuando el proceso este en modo manual, además el Administrador es el único que podrá acceder a esta pantalla.

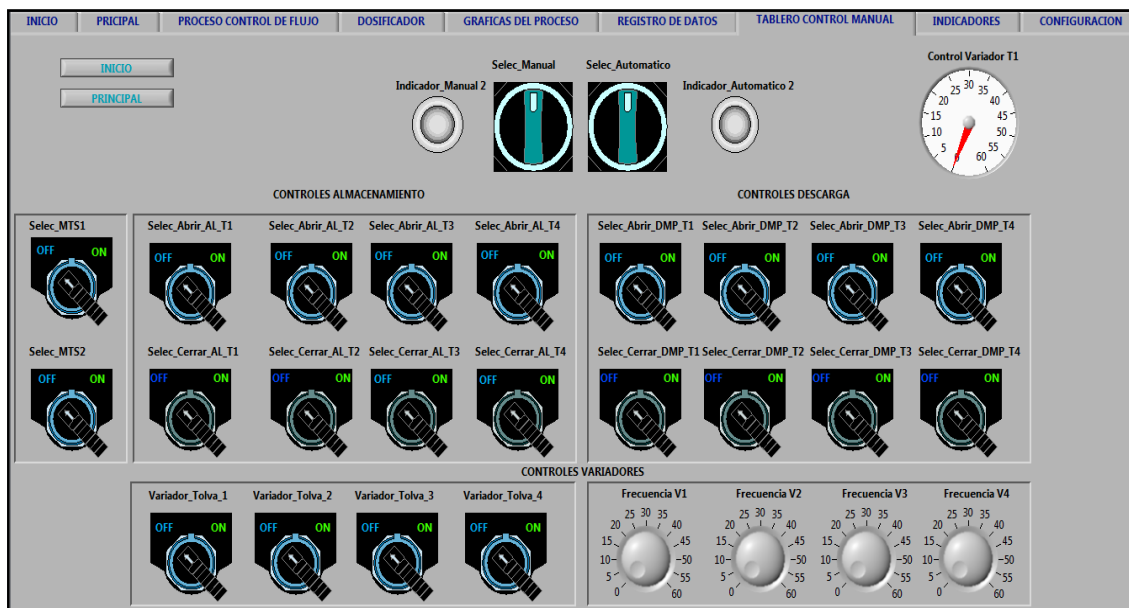


Fig.123. Pantalla del tablero de control manual

## Pantalla de INDICADORES

Esta pantalla se desarrolla con el fin de proporcionar al personal que accede a esta aplicación una visión clara y real del estado actual de cada elemento del control automatizado desde un lugar central. Por lo tanto se puede conocer que elementos están operando en el proceso de control de flujo del trigo en cualquier momento.

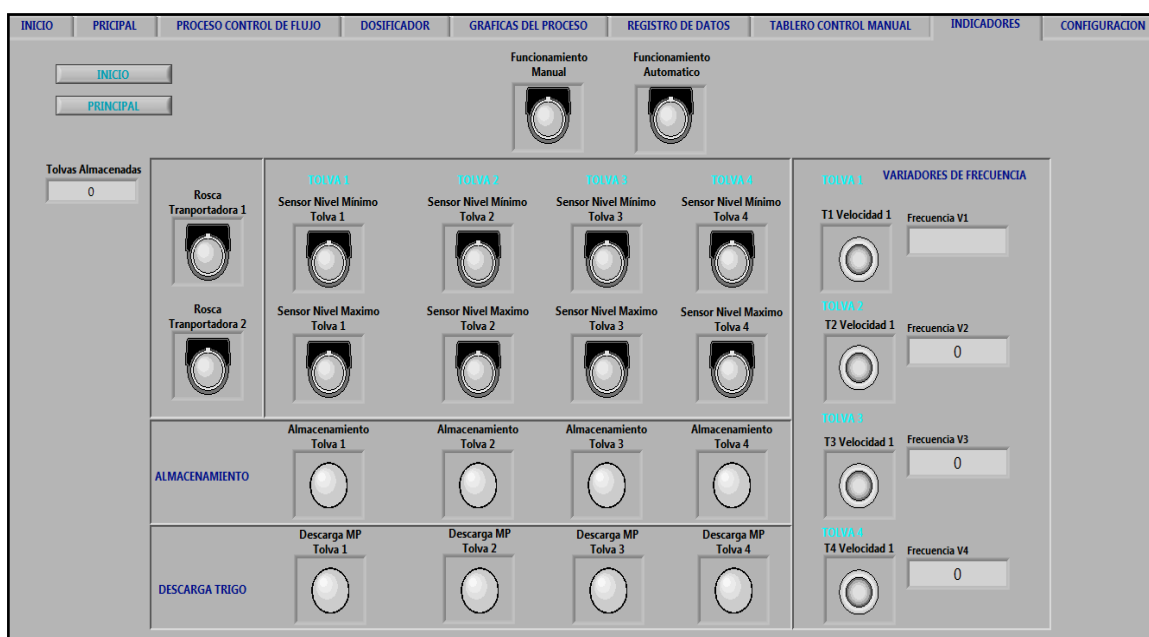


Fig.124. Pantalla de indicadores



## Pantalla de CONFIGURACIÓN

En esta pantalla se selecciona el puerto COM de la comunicación serial entre el Indicador GSE250 y Labview, además permite visualizar el estado de la comunicación entre la aplicación y la base de datos.

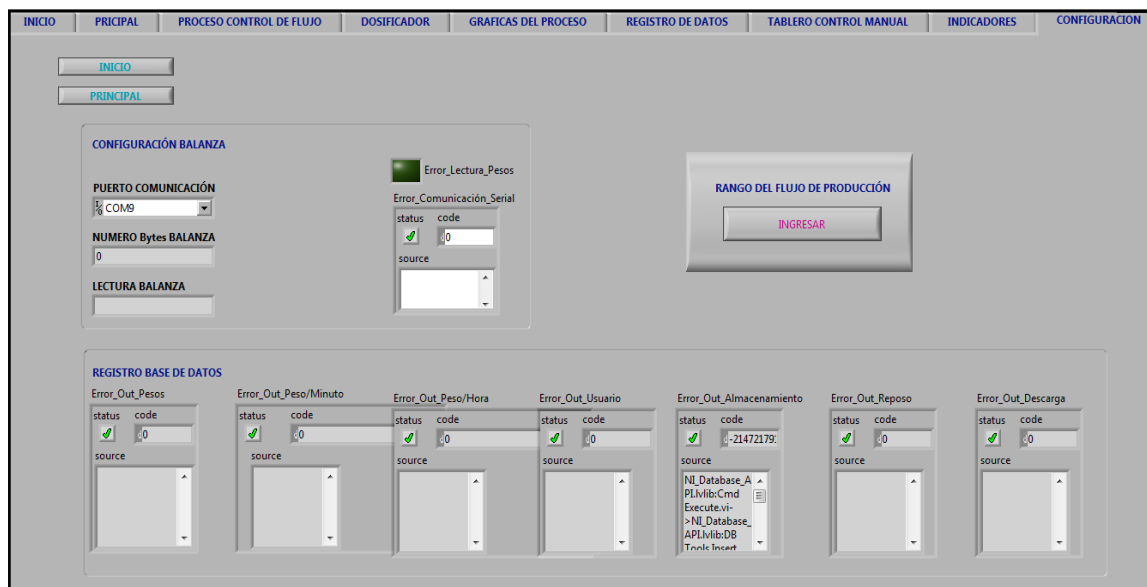


Fig.125. Pantalla de Configuración

## Comunicación del Indicador GSE 250 con la HMI

La comunicación se la realiza a través del puerto RS232 bidimensional del indicador GSE 250, por donde se adquieren las lecturas de los pesos determinados en el dosificador como se muestra en la figura 126.

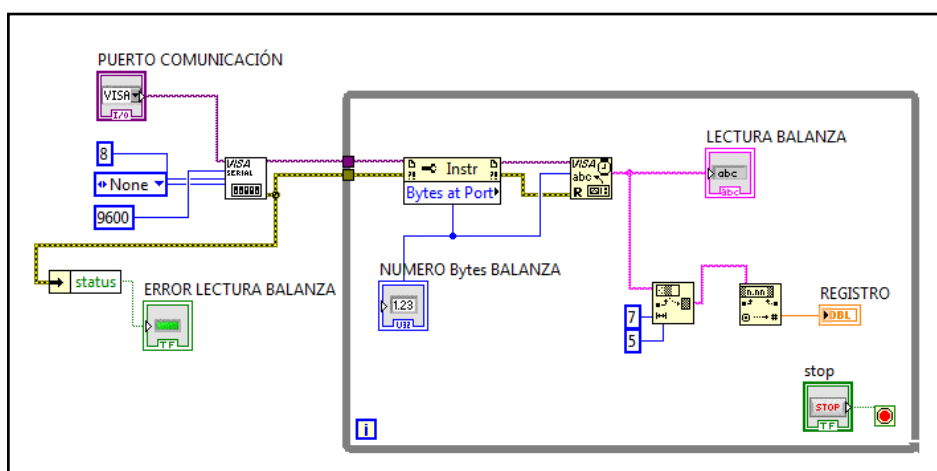


Fig. 126. Comunicación del Indicador GSE 250 con la HMI

#### **4.1.9 Diseño del diagrama de control y potencia.**

El diseño del diagrama de control y potencia se encuentran representados en el anexo 38 y en el anexo 39 respectivamente. En ellos se encuentran todas las conexiones necesarias para el buen funcionamiento del sistema.

#### **4.1.10 Implementación del Sistema Automatizado**

En la implementación del sistema automatización intervienen varios factores importantes de los cuales se depende para que la instalación se lleve adecuadamente, y uno de ellos es el recurso económico, gracias al apoyo de la empresa se ha comprado todos los elementos necesarios, sin embargo la empresa se encuentra en un proceso de implementación de las BPM's (Buenas Prácticas de Manufactura), por lo que deben realizar modificaciones en la infraestructura, además la estructura de madera de las tolvas de almacenamiento serán reemplazadas por acero inoxidable y serán cubiertas herméticamente, por otro lado se necesita de tiempo suficiente para la instalación de las exclusas, sin embargo no es posible detener la producción ya que el trabajo es continuo, por lo que se ha planeado terminar con la instalación al momento en que se concluya con las modificaciones que requiere la empresa. En el anexo 40 se encuentra el cronograma de actividades de la implementación.

Sin embargo la primera parte del sistema automatizado que corresponde a la automatización del dosificador está instalado y funcionando correctamente en la empresa, y gracias a ello se están generando los reportes de producción de cada una de las tolvas, se debe tomar en cuenta que la empresa no tenía un valor exacto que determine los kg de trigo limpio que se estaban procesando, y con este sistema se tiene conocimiento del total de la producción diaria, además mediante un análisis adecuado de estos registros se puede determinar el estado actual del proceso de producción .

Por otro lado la aplicación desarrollada en Labview y el panel de control están funcionando correctamente por lo que se desarrolla un prototipo para simular y apreciar el buen funcionamiento del sistema.

La implementación tiene como finalidad la entrega del sistema automatizado en su totalidad y la realización de todas las actividades necesarias para la puesta en marcha, el

objetivo principal es asegurarse que el sistema sea funcional y permita a los usuarios tomar control sobre el uso y evaluación del mismo. A continuación se indican los elementos esenciales para su realización, incluyendo la elaboración de los manuales necesarios para el buen manejo del sistema por parte de los usuarios.

## **1. Recursos Humanos.**

### **Personal para Plomería:**

Se necesita de personal de plomería para construir las bases en la cuales se ubican a las válvulas rotativas de cada una de las tolvas de almacenamiento, además se debe acoplar el conducto (tubería) que ingresa y sale de la misma. Además se debe tomar en cuenta que no se tiene acceso a los conductos de las tolvas 3 y 4, por lo tanto se debe derrumbar la pared para proceder con la instalación. En el anexo 41 se puede apreciar la conexión y disposición de las válvulas rotativas en cada una de las tolvas y su acoplamiento a los conductos por donde fluye el trigo.

### **Personal Mecánico:**

Se requiere de personal mecánico especializado en el manejo de fresadora para la construcción de los mecanismos piñón-cremallera de acuerdo a los parámetros de diseño determinados anteriormente.

Una vez diseñado el mecanismo piñón-cremallera se acopla el engrane al motor y se ubica la cremallera en la parte inferior de la compuerta para que esta se cierre o se abra dependiendo del sentido de giro del motor.

### **Personal Eléctrico:**

Se requiere de personal eléctrico encargado de la conexión de varios elementos como son: motores, variadores de frecuencia, el mismo que realice el manejo adecuado de los ductos y tuberías para el uso de la instalación eléctrica desde el panel de control hasta cada uno de los elementos.

### **Instalación eléctrica de mando y control.**

Una vez concluida la parte mecánica se procede a la instalación eléctrica de mando y control, para ello se siguen los pasos que se describen a continuación:

#### **Montaje del panel central de control.**

- **Diseño del Panel de Control**

Una vez que se dispone de los elementos que intervienen en el sistema automatizado se procede a realizar un diseño previo para la correcta ubicación de cada uno de los elementos tanto de potencia como de control.

En el anexo 42 se puede apreciar la disposición de los elementos de control como son los pulsadores y selectores, e indicadores como las luces piloto y TD200 ubicados en el exterior del panel.

- **Implementación de los elementos en el exterior del Tablero de Control.**

Basándose en el diagrama previamente diseñado se realiza los siguientes pasos:

- a) Se dimensiona en el tablero de control los lugares en donde se ubica cada elemento.
- b) Se taladra en cada una de las señales realizadas.
- c) Con la ayuda del taladro y una corona circular se realizan las perforaciones respectivas en el tablero para los elementos de control.
- d) Seguidamente se ubican cada uno de los selectores con sus respectivos contactos ya sean NA o NC y las luces piloto.

En la figura 127 se observa la disposición actual de los elementos en el exterior del panel de control.



Fig. 127. Elementos en el exterior del Tablero de Control

- **Implementación de los elementos en el interior del Tablero de Control.**

Después de realizar los diagramas relacionados con la disposición de los elementos se procede a ubicar las canaletas en el interior del panel para organizar correctamente los cables de conexión y además se ubican los rieles (Carriel DIN) en donde se coloca los elementos de protección y control como se observa en la figura 128.



Fig. 128. Elementos en el interior del Tablero de Control

## **Cableado y conexión del panel central de control**

Existen diferentes etapas las cuales se las describe a continuación:

- **Conexión de la etapa de Potencia.**

Se distribuye la alimentación hacia los equipos y elementos de control como se puede observar en el anexo 39 Para la conexión de la alimentación se utiliza cable flexible AWG # 18.

- **Conexión de la parte de Control.**

Se conecta mediante el cable los elementos tanto para las entradas como a las salidas del PLC S7-200 según el anexo 38 el cual muestra las conexiones necesarias para el control y el buen funcionamiento del sistema automatizado.

- **Conexión de la Interface de Comunicación.**

Se establece la comunicación mediante el conversor ka301 el cual conecta el puerto RS485n del PLC con el puerto USB del computador para poder monitorear las entradas y salidas del sistema automatizado.

- **Marcación de los Cables de Conexión.**

Finalmente todos los cables de conexión se los etiqueta para poder realizar algún tipo de mantenimiento, de esta manera se evitara equivocaciones al momento de conectarlos nuevamente.

## **Configuración del Indicador GSE 250**

La configuración y calibración del instrumento son digitales, con un almacén de seguridad no volátil para todos los parámetros de configuración. En la figura 129. Se muestra los elementos que componen el Indicador GSE 250.

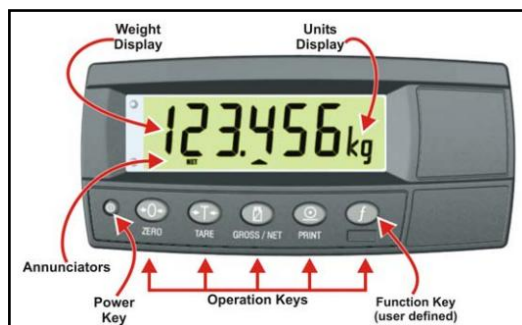


Fig.129. Pantalla y controles del Indicador GSE250

Para configurar la balanza GSE 250, se siguen los pasos que se muestran a continuación:

1. Se enciende el indicador GSE 250.
2. Para ingresar a la configuración y calibración del dispositivo se presiona por dos segundos los botones **power + function**.
3. Cada uno de los grupos con sus ítems de configuración, se los establece con los valores que se indican más adelante.

#### **BUILD** (Scale Options)

Ajustes dentro de este grupo se utilizan para configurar el indicador para adaptarse a la aplicación actual.

- DP (Decimal Point Position): 0000.00
- CAP (Maximum Capacity): 0070.00
- RES (Count-by Resolution): 1
- UNITS (Weighed Units): 0000.00 kg
- HI.RES (High Resolution x 10 mode): OFF
- CABLE (4-Wire or 6-Wire): Default: 4

#### **OPTION** (Scale Options)

Los elementos incluidos en este grupo se utilizan para configurar los parámetros de funcionamiento de la balanza.

- USE (Scale Use): INDUST

- FILTER (Reading Average): Default: 1.0 (seconds)
- MOTION (Motion Detection): Default: 0.5-1.0 (0.5 graduations per second)
- INIT.Z (Initial-Zero on Startup): ON
- Z.TRAC (Zero Tracking Sensitivity): FAST
- Z.RANGE (Allowable Zero Operating Range): Default: -2\_ 2 (-2% to +2%)
- Z.BAND (Zero 'Dead' Band): 0000.00 kg

#### **CAL** (Scale Calibration)

Los elementos incluidos en este grupo realizan varias rutinas de calibración.

- ZERO (Zero Calibration): 0.00kg
- SPAN (Span Calibration): 0.00 kg
- ED.LIN (Edit Linearization Points: 0.00 kg
- CLR.LIN (Clear Linearization Points: Cont. N
- DIR.ZER (Direct Zero Calibration): 0.00 kg
- DIR.SPN (Direct Span Calibration): 0.00 kg
- FAC.CAL (Restore Default Factory Calibration): Cont. N

#### **Presupuesto.**

A continuación se describen todos los costos involucrados en la implementación del sistema automatizado para el control de flujo de trigo en las tolvas de la empresa Molinos Miraflores S.A.



Tabla 26. Presupuesto para la implementación del sistema automatizado.

	<b>ELEMETO</b>	<b>Cant.</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
	<b>ELEMENTOS DE CONTROL Y MANDO</b>			
1	Pulsador de emergencia tipo hongo 3SB6130-1HB20-1CA0	1	15.1	15.1
2	Selector dos posiciones O-I 3SB3602 - 2KA11	6	13.88	83.28
3	Selector tres posiciones I-O-II 3SB3610 - 2DA11	9	18.21	163.89
4	Luz piloto 3SB6213-6AA40-1AA0 de color verde	2	6.46	12.92
5	Relé Industrial LZX:PT370024 24VDC	26	6.13	159.38
6	Guardamotor Sirius 3RT2015-1AF01	8	19.47	155.76
7	Final de Carrera Sirius 3SE5 250-0KC05	8	43.88	351.04
8	Distribuidor de Fase Legrand	1	37	37
	<b>ELEMENTOS DE PROTECCIÓN</b>			
9	Breaker sobrepuesto termomagnético 5SX1 2	1	21.6	21.6
10	Breaker sobrepuesto termomagnético 5SX1 3.	1	37.8	37.8
	<b>EQUIPOS DE CONTROL</b>			
11	PLC Siemens S7-200 CPU 224XP 6ES7214-2AD23-0XB0	1	880	880
12	EM223 Módulo de expansión de 16DI 24VDC / 16DO 24VDC	1	495	495
13	Visualizador de textos TD 200	1	250	250
14	Convertidor KA301	1	81	81
15	Cable de Comunicación PPI	1	200	200
16	Fuente SITOP entrada 120/230-500 VAC; salida 24 VDC 10A.	1	345	345
17	Válvulas Rotativas	4	450	1800
18	Motores Eléctricos 1hp	4	150	600
20	Variadores de Frecuencia	4	179	716
21	Detectores de nivel capacitivo de siemens	8	240	1920
22	Tablero de Control Metálico	1	80	80
23	Rollo de cable flexible, Canaletas, Riel DIN	1	100	100
24	Conectores Sujetadores y demás	1	100	100
25	Mecanismo Piñón-Cremallera para Almacenamiento	4	70	280
26	Mecanismo Piñón-Cremallera para Descarga	4	60	240
	<b>SOFTWARE</b>			
27	Simatic STEP7 MicroWin para programar el Simatic S7-200.	1	540	540
28	Licencia Run Time Interfaz Gráfica en Labview + OPC Server	1	1000	1000
	<b>TOTAL</b>			10664.77

## CAPÍTULO V

### 5.1 Conclusiones

- De la implementación del sistema automatizado se realizó la instalación del panel de control, además se efectuaron pruebas para mantener el flujo de producción requerido, es decir para garantizar que la materia prima se suministren a la velocidad apropiada y en las proporciones correctas., y se desarrolló por completo la aplicación SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de datos) la cual facilitará el manejo del subproceso, contribuyendo al aumento de la productividad y mejora de la calidad.
- El control de flujo de trigo se lo realiza manualmente, por lo tanto el suministro de trigo hacia el proceso de molienda es inestable, consecuentemente ocasiona retrasos en la producción, obstrucciones de la materia prima e incrementos en el tiempo de reposo, esto implica que el nivel de calidad del producto final disminuya notablemente, limitando así el mejoramiento continuo de la empresa.
- El sistema requiere de varios elementos para monitorear, supervisar y controlar las operaciones de la dosificación del flujo de trigo y del almacenamiento del mismo, se necesita de un controlador, un panel o tablero de control, mecanismos piñón cremallera, finales de carrera, sensores detectores de nivel, válvulas rotativas, variadores de frecuencia y motores, los cuales están monitoreados por una HMI. El panel de control facilita la manipulación de cada uno de los elementos del sistema desde un lugar específico, por lo tanto se reducen los esfuerzos físicos realizados por los operarios.
- Mediante la aplicación desarrollada en el software LabVIEW se puede realizar un control, ya sea manual o automático para el almacenamiento y dosificación del trigo de cada una de las tolvas. Con la interface gráfica es posible supervisar y monitorear el estado de cada etapa del subproceso, por lo tanto se puede tomar

decisiones en base a los datos observados en caso de existir algún inconveniente, además la adquisición de los datos del sistema automatizado proporciona información clara y en tiempo real de las variables de producción, la misma que interpretada correctamente sea útil para conseguir el buen funcionamiento del subproceso.

- En la implementación del sistema automatización intervienen varios factores importantes de los cuales se depende para que la instalación se lleve adecuadamente, y uno de ellos es el recurso económico, gracias al apoyo de la empresa se ha comprado todos los elementos necesarios, sin embargo la empresa se encuentra en un proceso de implementación de las BPM's (Buenas Prácticas de Manufactura), por lo que deben realizar modificaciones en la infraestructura, además la estructura de madera de las tolvas de almacenamiento serán reemplazadas por acero inoxidable y serán cubiertas herméticamente, por lo que se ha planeado terminar con la instalación al momento en que se concluya con las modificaciones que requiere la empresa.

## **5.2 Recomendaciones**

- Realizar la instalación mecánica de todos los elementos que son parte del sistema automatizado para concluir con las pruebas necesarias que satisfagan la efectividad del subproceso de control de flujo de trigo.
- Es importante implementar un sistema de supervisión, control y adquisición de datos, pues permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en el subproceso.
- Realizar capacitaciones a los trabajadores para aprovechar al máximo los beneficios del sistema automatizado, con el fin de que conozcan correctamente el funcionamiento de cada elemento y prevenir de esta manera su seguridad.
- Analizar e interpretar los registros obtenidos del programa de adquisición de datos para verificar que se cumplan los objetivos planeados y así poder corregir el desarrollo del proceso centrarse en una mejora continua.

Es sustancial que la empresa Molinos Miraflores S.A. realice los todos los cambios necesarios en su infraestructura para que el sistema automatizado garantice su eficiencia y con esto se logre estabilizar el flujo de producción

### **Biografía o Referencias**

- [1] «Tecnologías Limpias,» [En línea]. Available: [http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311602/311602\\_ee.htm](http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311602/311602_ee.htm). [Último acceso: 5 Enero 2014].
- [2] A. Creus, Instrumentación Industrial, Barcelona: Marcombo, S.A., 2011.
- [3] F. pro-RAE, «REAL ACADEMIA ESPAÑOLA,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.rae.es/recursos/diccionarios/drae>. [Último acceso: 5 Enero 2014].
- [4] Z. Davis, «Encyclopedia PC Magazine,» *PC Magazine*, 1982.
- [5] [En línea]. Available: [http://www.loporcaro.it/esclusa\\_rotativa.htm](http://www.loporcaro.it/esclusa_rotativa.htm).
- [6] J. M. M. MARTÍNEZ y M. JIMÉNEZ BUENDÍA, PROGRAMACIÓN GRÁFICA PARA INGENIEROS, PRIMERA EDICIÓN ed., BARCELONA: MARCOMBO, S.A., 2010.
- [7] E. Nieto, «Buhler,» Noviembre 2012. [En línea]. Available: <http://www.iaom.info/content/wp-content/uploads/4buhler.pdf>. [Último acceso: 3 Enero 2014].
- [8] SIEMENS, «Manual del sistema de automatización S7-200,» Geschäftsgebiet Industrial Automation System, Nuremberg, 2008.
- [9] A. R. PENIN, SISTEMAS SCADA - GUIA PRACTICA, MARCOMBO, EDICIONES TECNICAS: BARCELONA, 2007.
- [10] P. Gill, Database Management Systems, I.K. Internacional Publishing Pvt. Ltd.,

2008.

- [11] National Instruments, «LabVIEW Database Connectivity Toolkit,» [En línea]. Available: [http://www.ni.com/pdf/labview/us/database\\_connectivity\\_toolkit.pdf](http://www.ni.com/pdf/labview/us/database_connectivity_toolkit.pdf). [Último acceso: 2 Enero 2014].
- [12] M. Vázquez Coronel, «Revista manufactura industrial,» *Revista manufactura industrial, Estados Unidos*, 2003.
- [13] E. MANDADO PEREZ, J. MARCOS ACEVEDO, C. FERNANDEZ SILVA y J. ARMESTO QUIROGA, AUTOMATAS PROGRAMABLES Y SISTEMAS DE AUTOMATIZACION, BARCELONA: MARCOMBO, S.A., 2009.
- [14] D. Chacón, O. Dijort y J. Castillo, «SUPERVISIÓN Y CONTROL DE PROCESOS,» Febrero 2001. [En línea]. Available: <http://ocw.upc.edu/sites/default/files/materials/15012628/40194-3452.pdf>.
- [15] I. Pástor, «DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA PRODUCCIÓN DE HARINA EN LA EMPRESA,» RIOBAMBA, 2008.
- [16] G. Ávila, E. M. Córdor Laica y M. A. Morales Salaza, «Diseño e implementación de un sistema de pesado y humectación de grano limpio para los silos de molienda, en la empresa Industrias Catedral, S. A.,» ESPE, LATACUNGA, 2009.
- [17] F. SANTOYO, G. GUATEMALA, I. OROZCO y A. E., «LA VALVULA-S: MODELADO DEL FLUJO DE SÓLIDOS GRANULARES ,» *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 9, nº 2, p. 188, 2010.
- [18] H. ORTIZ y A. M. Robalino Rubio, «Diseño e implementación del sistema de control automático para la alimentación de caña en el ingenio azucarero Valdez,» ESPE, QUITO, 2006.
- [19] V. H. R. ARELLANO, «EXTRACCION DE TECNOLOGIA DE LA CAMARA DE TOSTADO PARA UN TOSTADOR DE CAFE,» INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL, MEXICO, 2006.

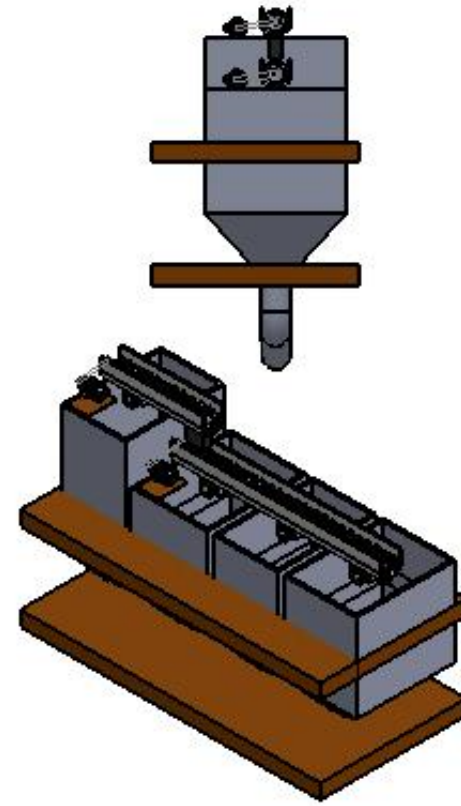
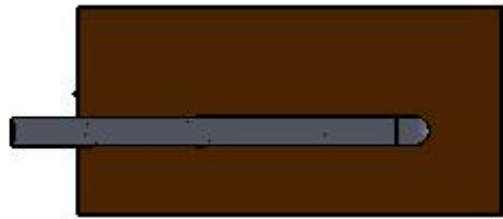
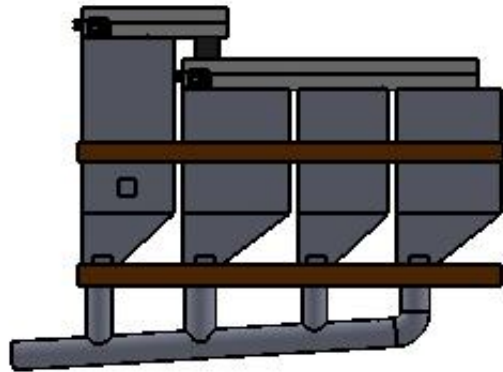
- [20] E. G. MORENO, AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES, VALENCIA: REPROVAL, S.L., 1999.
- [21] J. M. Rodríguez Rivera, F. D. Tapia Molina y E. Galarza, «Automatización y puesta en Marcha de la Máquina Empacadora Cassoli PAC600R de la Planta Productos Familia Sancela del Ecuador S.A.,» ESPE, LATACUNGA, 2006.
- [22] H. A. Mendiburu Díaz, AUTOMATIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL, LIMA: INDECOPI, 2003.
- [23] R. PIEDRAFITA MORENO, INGENIERIA DE LA AUTOMATIZACION INDUSTRIAL, Zaragoza, 2004.
- [24] J. R. LAJARA VIZCAINO y J. PELEGRI SEBASTIA, LabVIEW ENTORNO GRAFICO DE PROGRAMACION, BARCELONA: MARCOMBO, S.A., 2011.
- [25] E. Romero, «UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA,» [En línea]. Available: [datateca.unad.edu.co/contenidos/2150509/Contenido\\_en\\_linea/leccin\\_42\\_funciones\\_principales\\_del\\_sistema\\_scada.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150509/Contenido_en_linea/leccin_42_funciones_principales_del_sistema_scada.html).
- [26] J. M. G. CORTÉS, «ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA,» Mayo 2012. [En línea]. Available: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150509/Contenido\\_en\\_linea/leccin\\_41\\_fundamentos\\_del\\_sistema\\_scada.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150509/Contenido_en_linea/leccin_41_fundamentos_del_sistema_scada.html). [Último acceso: 3 DICIEMBRE 2013].
- [27] D. GELDART y P. JONES, «SCIENCE DIRECT,» de *POWDER TECHNOLOGY*, Bradford, West Yorkshire, ELSEVIER, 1991, p. 163–174.
- [28] M. ROMAN, «Profesor Roman,» 18 JULIO 2010. [En línea]. Available: [http://profesorroman.blogspot.com/2010\\_07\\_01\\_archive.html](http://profesorroman.blogspot.com/2010_07_01_archive.html).
- [29] J. A. SANCHEZ, INSTRUMENTACION Y CONTROL AVANZADO DE PROCESOS, MADRID: Díaz de Santos, S.A., 2013.

- [30] R. L. Mott, DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS, Cuarta Edición ed., México: Pearson Education, 2006.
- [31] J. E. Shigley y M. D. Larry, Diseño en ingeniería mecánica, Cuarta edición ed., México: McGRAW-HILL, 1985.
- [32] R. L. Norton, Diseño de Maquinaria (síntesis y análisis de máquinas y mecanismos), Tercera edición ed., S. C. Peláez, Ed., México: McGraw-Hill Interamericana, 2004, p. 407.
- [33] «Balanzas Electrónicas Digitales,» 2014. [En línea]. Available: <http://lasbalanzas.com/product.php?productid=91&cat=24&page=1>. [Último acceso: 14 Diciembre 2014].
- [34] Siemens, «Manual del sistema de automatización S7-200,» [En línea]. Available: <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7200ManualSistema.pdf>. [Último acceso: 6 Octubre 2013].
- [35] Direct Industry, «Fiama,» [En línea]. Available: <http://www.directindustry.es/prod/fiama/sensores-nivel-capacitivos-solidos-liquidados-15050-465421.html>. [Último acceso: 22 Noviembre 2013].
- [36] «Factores de Análisis al Realizar una Automatización,» [En línea]. Available: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21319/Capitulo5.pdf>. [Último acceso: 25 Octubre 2013].
- [37] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Octava edición ed., S. C. Peláez, Ed., México: McGraw-Hill Interamericana, 2004, p. 714.
- [38] R. Acero, «Ramit,» [En línea]. Available: <http://www.acerosramit.com/productos.html>. [Último acceso: 7 Diciembre 2013].

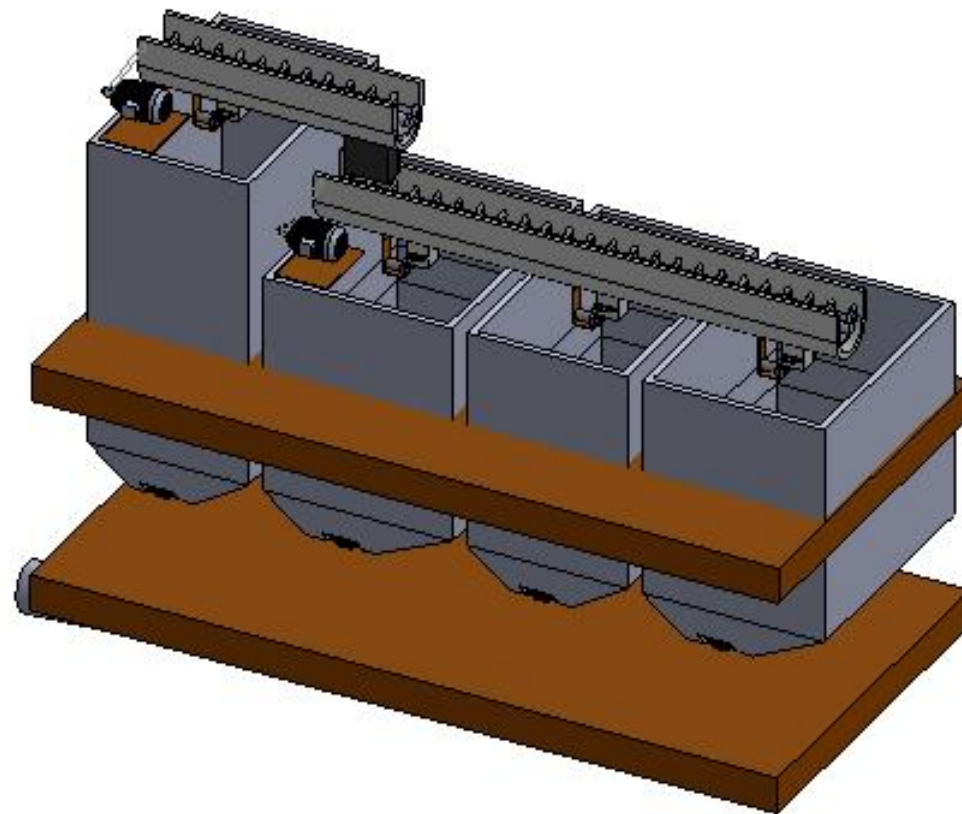
**Anexos y Apéndices:**

**Anexo 1.-** Plano de la distribución física de las tolvas de almacenamiento y los elementos del proceso de distribución del trigo.






1. OBJETIVO 2. ALCANCE 3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS 4. ALCANCE 5. ALCANCE				6. ALCANCE 7. ALCANCE	
8. ALCANCE 9. ALCANCE 10. ALCANCE 11. ALCANCE	12. ALCANCE 13. ALCANCE 14. ALCANCE			15. ALCANCE 16. ALCANCE	
Subproceso de control de flujo de trigo				Disposición Actual	
				A3	



DESCRIPCIÓN DE LA VISTA		PROYECTANTE	REVISOR
1	Subproceso de control de flujo de trigo		
2	Vista general		

Anexo 2.- Hoja de registro de datos para el control de flujo de trigo.

				
<b>MOLINOS MIRAFLORES S.A.</b> <b>Dirección:</b> Av. Miraflores Nro. 114 y Pérez de Anda – La Matriz – Ambato <b>FICHA DE REGISTRO DE DATOS</b>				
<b>Responsable:</b>			<b>Fecha:</b> DD /MM/ Año	
<b>OBJETIVO:</b> Determinar las características del proceso de control de flujo de trigo.				
<b>Jornada de Trabajo:</b> Mañana <input type="checkbox"/> Tarde <input type="checkbox"/> Noche <input type="checkbox"/>			<b>Nombre del molinero encargado del almacenamiento:</b>  <b>Nombre del molinero encargado de la descarga de trigo:</b>	
<b>ALMACENAMIENTO DE TRIGO</b>				
<b>TOLVAS</b>	<b>HORA INICIO</b>	<b>HORA FINAL</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>Kg MYFA</b>
TOLVA 1 <input type="checkbox"/>				
TOLVA 2 <input type="checkbox"/>				
TOLVA 3 <input type="checkbox"/>				
TOLVA 4 <input type="checkbox"/>				
<b>DESCARGA DE TRIGO</b>				
<b>TOLVAS</b>	<b>HORA INICIO</b>	<b>HORA FINAL</b>	<b>TIEMPO</b>	
TOLVA 1 <input type="checkbox"/>				
TOLVA 2 <input type="checkbox"/>				
TOLVA 3 <input type="checkbox"/>				
TOLVA 4 <input type="checkbox"/>				
<b>FALLAS DEL PROCESO</b>			<b>CANTIDAD</b>	
<b>Regulaciones Compuerta:</b>				
<b>Obstrucciones:</b>				

Firma:

**Anexo 3.-** Lista de control del proceso de dosificación del flujo de trigo.

LISTA DE VERIFICACIÓN

Tolva almacenada	Tolva descargada	Fecha: dd/mm/año
TOLVA 1 <input type="checkbox"/>	TOLVA 1 <input type="checkbox"/>	<b>Responsable:</b>
TOLVA 2 <input type="checkbox"/>	TOLVA 2 <input type="checkbox"/>	
TOLVA 3 <input type="checkbox"/>	TOLVA 3 <input type="checkbox"/>	
TOLVA 4 <input type="checkbox"/>	TOLVA 4 <input type="checkbox"/>	
<b>Actividades realizadas.</b>		
<b>1.- ¿Se siguieron los procedimientos para el llenado de la tolva?</b>		
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
<b>Observación:</b>		
<b>2.- ¿Se siguieron los procedimientos para la descarga del trigo?</b>		
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
<b>Observación:</b>		
<b>3.- ¿Se llenaron los registros y estos son correctos?</b>		
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
<b>Observación:</b>		
<b>Tiempos de producción</b>		
<b>4.-Existieron retrasos en el almacenamiento del trigo?</b>		
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
<b>Observación:</b>		
<b>5.-Existieron retrasos en la descarga de trigo?</b>		
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
<b>Observación:</b>		

Anexo 4.- Registro del Almacenamiento de trigo del mes de Junio.

MOLINOS MIRAFLORESA.								
INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD								
ALMACENAMIENTO DE TRIGO								
PERIODO:	2013	MES:	Junio					
DIA	FECHA	MOLINERO	TOLVA	INICIO	FINAL	TIEMPO	MMA	KILOS
Viernes	31/05/2013	Miguel Mishqui	Tolva 1	8:25	12:40	4:15	49264	20456
Viernes	31/05/2013	Miguel Mishqui	Tolva 2	14:35	18:25	3:50	511588	18964
Domingo	02/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 3	22:15	2:15	4:00	531922	20334
Lunes	03/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 4	2:20	6:25	4:05	553485	21563
Lunes	03/06/2013	Hector Yancha	Tolva 1	7:05	11:25	4:20	575943	22458
Lunes	03/06/2013	Hector Yancha	Tolva 2	14:30	18:35	4:05	597165	21222
Martes	04/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 3	2:15	6:15	4:00	616288	19123
Martes	04/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 4	8:00	12:05	4:05	639688	23400
Martes	04/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 1	14:15	18:10	3:55	659911	20223
Miércoles	05/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 2	0:20	4:45	4:25	682259	22348
Miércoles	05/06/2013	Jose Luis Chango	Tolva 3	8:15	12:15	4:00	704010	21751
Miércoles	05/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 4	17:45	21:45	4:00	725353	21343
Jueves	06/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 1	2:00	6:00	4:00	744988	19635
Jueves	06/06/2013	Jose Luis Chango	Tolva 2	10:00	14:00	4:00	765553	20665
Jueves	06/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 3	18:15	22:20	4:05	786758	21205
Viernes	07/06/2013	Jose Luis Chango	Tolva 4	2:00	6:00	4:00	809395	22637
Viernes	07/06/2013	Jose Luis Chango	Tolva 1	9:45	13:45	4:00	829845	20450
Viernes	07/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 2	18:10	22:15	4:05	851005	21205
Sábado	08/06/2013	Hector Yancha	Tolva 3	6:35	10:35	4:00	872672	27667
Sábado	08/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 4	11:30	15:30	4:00	892925	20253
Domingo	09/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 1	22:20	2:20	4:00	913309	20384
Lunes	10/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 2	8:15	12:15	4:00	935033	21724
Lunes	10/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 3	17:50	21:50	4:00	955845	20812
Martes	11/06/2013	Jose Luis Chango	Tolva 4	3:50	8:00	4:10	978370	22525
Martes	11/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 1	11:00	15:00	4:00	999800	21430
Jueves	13/06/2013	Jose Luis Chango	Tolva 2	3:00	7:05	4:05	22500	22700
Jueves	13/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 3	11:35	15:35	4:00	43853	21353
Jueves	13/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 4	21:10	22:15	1:05	49356	5503
Viernes	14/06/2013	Jose Luis Chango	Tolva 1	6:10	10:10	4:00	70130	20774
Viernes	14/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 2	14:30	18:30	4:00	91084	20954
Viernes	14/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 3	23:00	3:15	4:00	111074	19990
Lunes	17/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 4	4:50	9:20	4:30	135397	24323
Lunes	17/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 1	14:15	18:15	4:00	156995	21598
Lunes	17/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 2	22:35	2:35	4:00	177900	20905
Martes	18/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 3	8:05	12:00	3:55	199631	21731
Martes	18/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 4	17:35	21:35	4:00	220547	20916
Miércoles	19/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 1	2:15	6:20	4:05	241099	20552
Miércoles	19/06/2013	Jose Luis Chango	Tolva 2	10:40	14:40	4:00	261920	20821
Miércoles	19/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 3	19:35	23:35	4:00	282840	20920
Jueves	20/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 4	4:00	8:10	4:10	306099	23259
Jueves	20/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 1	18:45	22:45	4:00	326243	20144
Viernes	21/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 2	4:35	8:44	4:09	348576	22333
Viernes	21/06/2013	Jose Luis Chango	Tolva 3	15:30	19:30	4:00	371169	22593
Domingo	23/06/2013	Jose Luis Chango	Tolva 4	22:30	2:30	4:00	392120	20951
Lunes	24/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 1	6:15	10:15	4:00	412044	19924
Lunes	24/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 2	15:15	19:15	4:00	432804	20760
Lunes	24/06/2013	Jose Luis Chango	Tolva 3	23:00	3:00	4:00	453710	20906
Martes	25/06/2013	Eduardo Santos	Tolva 4	8:20	12:44	4:24	476699	22989
Martes	25/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 1	16:10	20:10	4:00	497732	21033
Miércoles	26/06/2013	Jose Luis Chango	Tolva 2	0:20	4:20	4:00	519315	21583
Miércoles	26/06/2013	Miguel Mishqui	Tolva 3	10:40	14:40	4:00	540080	20765
Miércoles	26/06/2013	Jose Luis Chango	Tolva 4	19:10	23:10	4:00	560721	20641

Anexo 5.- Registro del Almacenamiento de trigo del mes de Julio.

MOLINOS MIRAFLORESA.								
INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD								
ALMACENAMIENTO TRIGO								
PERIODO:	2013	MES:	Julio					
DIA	FECHA	MOLINERO	TOLVA	INICIO	FINAL	TIEMPO	MYEA	KILOS
Jueves	04/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 1	9:00	13:00	4:00	581400	20679
Jueves	04/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 2	13:00	17:00	5:00	601310	19910
Jueves	04/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 3	17:00	20:00	3:00	619512	18202
Viernes	05/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 4	4:34	9:00	4:26	645111	25699
Viernes	05/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 1	15:25	19:25	4:00	665541	20430
Sabado	06/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 2	00:05	4:22	4:17	686679	27138
Domingo	07/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 3	21:30	1:30	4:00	707760	21081
Lunes	08/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 4	3:30	7:39	4:09	730323	22563
Lunes	08/07/2013	Ramiro Toaquiza	Tolva 1	11:45	15:45	4:00	749807	19404
Lunes	08/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 2	20:30	0:30	4:00	770250	20443
Martes	09/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 3	4:20	8:35	4:15	791599	21349
Martes	09/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 4	13:05	17:00	3:55	816859	25260
Martes	09/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 1	20:10	0:10	4:00	837823	20964
Miércoles	10/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 2	5:00	9:00	4:00	859966	22143
Miércoles	10/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 3	13:00	17:05	4:05	881022	21056
Miércoles	10/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 4	23:05	3:05	4:00	904236	23214
Jueves	11/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 1	6:05	10:20	4:15	924483	20247
Jueves	11/07/2013	Ramiro Toaquiza	Tolva 2	14:50	18:50	4:00	945341	20858
Jueves	11/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 3	22:50	2:50	4:00	966320	20979
Viernes	12/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 4	7:20	12:00	4:40	988388	22068
Viernes	12/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 1	15:30	19:20	3:50	8839	20451
Lunes	15/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 2	10:20	14:20	4:00	3050	21661
Lunes	15/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 3	21:35	1:35	4:00	51915	21415
Martes	16/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 4	8:05	12:15	4:10	74666	22751
Martes	16/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 1	16:10	20:10	4:00	95777	21111
Miércoles	17/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 2	0:50	4:50	4:00	116678	20901
Miércoles	17/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 3	10:10	14:10	4:00	137725	21047
Miércoles	17/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 4	21:30	1:30	5:00	160338	22613
Jueves	18/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 1	5:15	6:45	1:30	170578	10240
Jueves	18/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 2	18:40	19:25	0:45	175180	4602
Jueves	18/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 3	23:05	3:05	4:00	195970	20790
Viernes	19/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 4	7:10	11:40	4:30	218448	22478
Viernes	19/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 1	11:40	13:09	1:29	227747	9299
Domingo	21/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 2	23:00	3:00	4:00	249733	21986
Lunes	22/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 3	8:00	12:00	4:00	270771	21038
Martes	23/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 1	10:20	10:50	0:30	274116	3345
Martes	23/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 2	11:10	11:40	0:30	277350	3234
Martes	23/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 4	12:00	14:50	2:50	291030	13680
Jueves	25/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 1	6:00	10:00	4:00	312700	21670
Jueves	25/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 2	10:00	14:00	4:00	334600	21900
Jueves	25/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 3	14:00	17:30	3:30	352020	17420
Viernes	26/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 4	7:00	11:00	4:00	375340	23320
Viernes	26/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 1	11:00	15:00	4:00	399120	23780
Viernes	26/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 2	18:20	22:00	4:00	417700	18880
Lunes	29/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 3	3:40	8:00	4:20	440570	22870
Lunes	29/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 4	13:20	15:20	2:00	455075	14508
Lunes	29/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 2	21:00	1:00	4:00	476831	21753
Martes	30/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 1	5:45	10:00	4:15	498486	21655
Martes	30/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 3	14:20	18:20	4:00	519826	21340
Martes	30/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 4	19:30	23:30	4:00	541775	21949
Miércoles	31/07/2013	Eduardo Santos	Tolva 2	4:50	7:00	2:10	553529	11754
Miércoles	31/07/2013	Jose Luis Chango	Tolva 1	14:30	18:30	4:00	574130	20601
Miércoles	31/07/2013	Miguel Mishqui	Tolva 3	22:05	2:50	4:45	595538	21408

**Anexo 6.-** Registro de descarga de trigo del mes de Junio.

<b>MOLINOS MIRAFLORESA.</b>										
<b>INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD</b>										
<b>DATOS DE DESCARGA DE TRIGO</b>										
<b>PERIODO:</b>	<b>2013</b>	<b>MES:</b>	<b>JUNIO</b>							
<b>DIA</b>	<b>FECHA</b>	<b>MOLINERO</b>	<b>TOLVA</b>	<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>	<b>HORAS</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>REFUSO</b>	<b>KG</b>
Domingo	02/06/2013	Hector Yancha	Tolva 1	0:00	8:10	8:10	3	1	59:20:00	20456
Lunes	03/06/2013	Byron Montachana	Tolva 2	8:10	15:05	6:55	3	0	61:45:00	18964
Lunes	03/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 3	15:05	22:55	7:50	2	3	12:50:00	20334
Martes	04/06/2013	Byron Montachana	Tolva 4	23:15	7:25	8:10	2	2	16:50:00	21563
Martes	04/06/2013	Hector Yancha	Tolva 1	7:25	15:50	8:25	3	3	20:00:00	22458
Martes	04/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 2	15:50	0:15	8:25	2	3	21:15:00	21222
Miércoles	05/06/2013	Hector Yancha	Tolva 3	0:15	8:10	7:55	2	3	18:00:00	19123
Miércoles	05/06/2013	Byron Montachana	Tolva 4	8:30	17:40	9:10	3	3	20:25:00	23400
Miércoles	05/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 1	17:40	1:45	8:05	3	2	23:30:00	20223
Jueves	06/06/2013	Hector Yancha	Tolva 2	1:45	10:00	8:15	3	2	21:00:00	22348
Jueves	06/06/2013	Byron Montachana	Tolva 3	10:30	18:10	7:40	3	3	22:15:00	21751
Jueves	06/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 4	18:10	1:50	7:40	2	3	20:25:00	21343
Viernes	07/06/2013	Hector Yancha	Tolva 1	1:50	9:30	7:40	3	3	19:50:00	19635
Viernes	07/06/2013	Byron Montachana	Tolva 2	9:50	18:00	8:10	3	2	19:50:00	20565
Viernes	07/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 3	18:00	2:30	8:30	3	3	19:40:00	21205
Sábado	08/06/2013	Hector Yancha	Tolva 4	2:40	11:10	8:30	2	3	20:40:00	22637
Sábado	08/06/2013	Byron Montachana	Tolva 1	11:10	19:35	8:25	3	3	21:25:00	20450
Domingo	09/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 2	22:30	8:10	9:40	3	1	48:15:00	21205
Lunes	10/06/2013	Hector Yancha	Tolva 3	8:10	17:45	9:35	4	0	45:35:00	27667
Lunes	10/06/2013	Byron Montachana	Tolva 4	18:10	2:40	8:30	3	0	50:40:00	20253
Martes	11/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 1	2:40	10:40	8:00	3	2	24:20:00	20384
Martes	11/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 2	10:40	14:40	4:00	2	2	22:25:00	21724
Miércoles	12/06/2013	Byron Montachana	Tolva 2	22:15	3:00	4:45	1	1	31:35:00	
Jueves	13/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 3	3:00	11:25	8:25	3	0	53:10:00	20812
Jueves	13/06/2013	Hector Yancha	Tolva 4	11:55	21:00	9:05	2	0	51:55:00	22525
Jueves	13/06/2013	Byron Montachana	Tolva 1	21:00	5:30	8:30	3	0	54:00:00	21430
Viernes	14/06/2013	Hector Yancha	Tolva 2	5:30	14:15	8:45	2	3	22:25:00	22700
Viernes	14/06/2013	Byron Montachana	Tolva 3	14:15	23:00	8:45	2	2	22:40:00	21353
Viernes	14/06/2013	Byron Montachana	Tolva 4	23:00	2:30	3:30	2	1	24:45:00	5505
Domingo	16/06/2013	Hector Yancha	Tolva 1	22:10	6:15	8:05	3	2	60:00:00	20774
Lunes	17/06/2013	Hector Yancha	Tolva 2	14:00	22:30	8:30	2	2	67:30:00	20954
Lunes	17/06/2013	Byron Montachana	Tolva 3	22:30	8:00	9:30	4	0	67:15:00	19990
Martes	18/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 4	8:00	17:30	9:30	3	2	22:40:00	24323
Martes	18/06/2013	Hector Yancha	Tolva 1	17:30	2:10	8:40	3	3	23:15:00	21598
Miércoles	19/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 2	2:10	11:20	9:10	4	3	23:35:00	20905
Miércoles	19/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 3	11:20	19:20	8:00	4	4	23:20:00	21731
Miércoles	19/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 4	19:20	3:50	8:30	2	3	21:45:00	20916
Jueves	20/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 1	3:50	18:30	14:40	3	3	21:30:00	20552
Jueves	20/06/2013	Hector Yancha	Tolva 2	18:30	4:30	10:00	3	2	27:50:00	20821
Viernes	21/06/2013	Byron Montachana	Tolva 3	4:30	12:05	7:35	4	2	28:55:00	20920
Viernes	21/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 4	12:05	21:30	9:25	4	2	27:55:00	23259
Domingo	23/06/2013	Hector Yancha	Tolva 1	22:10	6:10	8:00	4	0	71:25:00	20144
Lunes	24/06/2013	Hector Yancha	Tolva 2	6:10	15:10	9:00	3	0	69:26:00	22333
Lunes	24/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 3	15:10	23:00	7:50	4	0	67:40:00	22593
Lunes	24/06/2013	Hector Yancha	Tolva 4	23:35	8:15	8:40	3	2	21:05:00	20951
Martes	25/06/2013	Byron Montachana	Tolva 1	8:15	16:05	7:50	3	2	22:00:00	19924
Martes	25/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 2	16:05	0:15	8:10	3	3	20:50:00	20760
Miércoles	26/06/2013	Byron Montachana	Tolva 3	0:15	10:30	10:15	2	2	21:15:00	20906
Miércoles	26/06/2013	Byron Montachana	Tolva 4	10:30	19:00	8:30	2	2	21:46:00	22989
Miércoles	26/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 1	19:00	3:25	8:25	3	3	22:50:00	21033
Jueves	27/06/2013	Hector Yancha	Tolva 2	3:25	11:20	7:55	3	2	23:05:00	21583
Jueves	27/06/2013	Byron Montachana	Tolva 3	11:40	19:20	6:40	3	1	21:00:00	20765
Jueves	27/06/2013	Juan Quinapanta	Tolva 4	19:20	3:40	8:20	4	3	20:10:00	20641

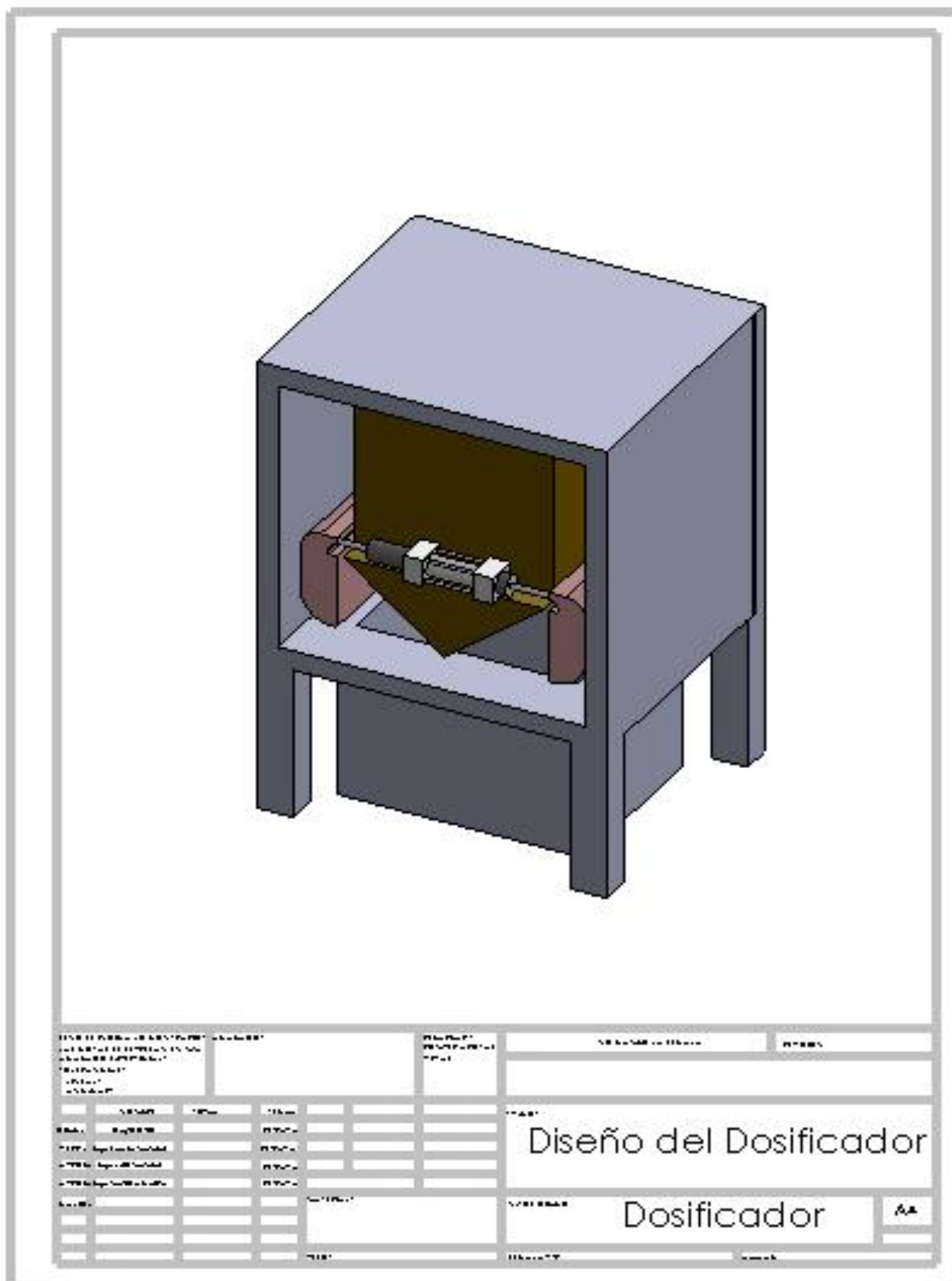


Anexo 7.- Registro de descarga de trigo del mes de Julio.

MOLINOS MIRAFLORESA.										
INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD										
DATOS DE DESCARGA DE TRIGO										
PERIODO:	2013	MES:	JULIO							
DIA	FECHA	MOLINERO	TOLVA	INICIO	FINAL	HURAS	A	B	REFUSO	KG
Viernes	05/07/2013	Hector Yancha	Tolva 1	7:30	15:15	7:45	4	2	18:30.00	20679
Viernes	05/07/2013	Byron Montachana	Tolva 2	15:15	00:00	8:45	3	3	22:15.00	19910
Sábado	06/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 3	00:00	8:25	8:25	3	2	28:00.00	18202
Sábado	06/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 4	8:25	11:00	2:35	3	1	23:25.00	25699
Domingo	07/07/2013	Hector Yancha	Tolva 4	21:15	3:25	6:10	2	1	34:15.00	
Lunes	08/07/2013	Byron Montachana	Tolva 1	3:25	11:20	7:55	5	0	56:00.00	20430
Lunes	08/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 2	11:35	20:15	8:40	4	0	55:13.00	27138
Lunes	08/07/2013	Hector Yancha	Tolva 3	20:15	4:10	7:55	3	3	18:45.00	21081
Martes	09/07/2013	Byron Montachana	Tolva 4	4:10	12:30	8:20	3	2	20:31.00	22563
Martes	09/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 1	12:45	20:10	7:25	3	2	21:00.00	19404
Martes	09/07/2013	Hector Yancha	Tolva 2	20:10	4:55	8:45	3	2	19:40.00	20443
Miércoles	10/07/2013	Hector Yancha	Tolva 3	4:55	12:45	7:50	2	2	20:20.00	21349
Miércoles	10/07/2013	Hector Yancha	Tolva 4	12:45	23:00	10:15	2	2	19:45.00	25260
Miércoles	10/07/2013	Hector Yancha	Tolva 1	23:15	6:00	6:45	3	2	23:05.00	20964
Jueves	11/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 2	6:00	14:35	8:35	2	3	21:00.00	22143
Jueves	11/07/2013	Hector Yancha	Tolva 3	14:35	22:40	8:05	3	3	21:30.00	21056
Jueves	11/07/2013	Byron Montachana	Tolva 4	23:00	7:15	8:15	2	2	19:55.00	23214
Viernes	12/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 1	7:15	15:25	8:10	2	3	20:55.00	20247
Viernes	12/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 2	15:25	21:55	6:30	3	2	20:35.00	20858
Lunes	15/07/2013	Hector Yancha	Tolva 2	8:00	10:15	2:15	3	0	58:05.00	
Lunes	15/07/2013	Byron Montachana	Tolva 3	10:15	21:30	11:15	2	0	79:25.00	20979
Lunes	15/07/2013	Hector Yancha	Tolva 4	21:30	6:30	9:00	3	0	81:30.00	22068
Martes	16/07/2013	Byron Montachana	Tolva 1	7:50	16:05	8:15	4	0	84:30.00	20451
Martes	16/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 2	16:05	0:50	8:45	2	2	25:45.00	21661
Miércoles	17/07/2013	Hector Yancha	Tolva 3	1:15	9:50	8:35	2	3	47:40.00	21415
Miércoles	17/07/2013	Hector Yancha	Tolva 4	10:00	18:20	8:20	3	2	21:45.00	22751
Miércoles	17/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 1	20:30	5:00	8:30	3	3	24:20.00	21111
Jueves	18/07/2013	Byron Montachana	Tolva 2	5:15	14:15	9:00	4	3	24:25.00	20901
Jueves	18/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 3	14:15	22:20	8:05	3	2	24:05.00	21047
Jueves	18/07/2013	Hector Yancha	Tolva 4	22:20	6:30	8:10	2	2	20:50.00	22613
Viernes	19/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 1	6:30	10:50	4:20	3	1	23:45.00	10240
Viernes	19/07/2013	Hector Yancha	Tolva 2	14:10	15:20	1:10	3	2	18:45.00	4602
Domingo	21/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 3	22:30	7:30	9:00	4	0	67:25.00	20790
Lunes	22/07/2013	Hector Yancha	Tolva 4	7:30	16:45	9:15	3	0	67:50.00	22478
Lunes	22/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 1	16:45	20:15	3:30	3	0	75:36.00	9299
Lunes	22/07/2013	Hector Yancha	Tolva 2	20:15	5:15	9:00	2	2	17:15.00	21986
Martes	23/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 3	5:15	9:00	3:45	2	3	17:15.00	21058
Miércoles	24/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 3	3:20	7:45	4:25	2	2	18:20.00	
Miércoles	24/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 1	8:50	9:50	1:00	1	2	22:00.00	3345
Miércoles	24/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 2	9:50	10:50	1:00	1	1	22:10.00	3234
Miércoles	24/07/2013	Hector Yancha	Tolva 4	11:50	17:15	5:25	3	2	21:00.00	13680
Viernes	26/07/2013	Byron Montachana	Tolva 1	0:20	5:20	5:00	2	3	14:20.00	21670
Viernes	26/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 1	5:40	9:30	3:50	1	1	00:20.00	
Viernes	26/07/2013	Hector Yancha	Tolva 2	9:30	18:00	8:30	2	2	19:30.00	21900
Viernes	26/07/2013	Hector Yancha	Tolva 3	18:00	21:00	3:00	2	2	24:30.00	17420
Domingo	28/07/2013	Hector Yancha	Tolva 3	23:00	05:35	4:35	3	0	50:00.00	
Lunes	29/07/2013	Byron Montachana	Tolva 4	3:35	13:10	9:35	3	0	64:35.00	23320
Lunes	29/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 2	13:40	21:00	7:20	3	0	63:40.00	23780
Lunes	29/07/2013	Hector Yancha	Tolva 1	21:25	05:40	8:25	4	0	78:25.00	18580
Martes	30/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 3	5:40	14:05	8:25	3	2	21:40.00	22870
Martes	30/07/2013	Juan Quinapanta	Tolva 4	14:05	19:30	5:25	2	2	22:45.00	14508
Martes	30/07/2013	Byron Montachana	Tolva 2	20:20	04:45	8:25	3	2	19:20.00	21753



Anexo 8.-Sistema de dosificación con cilindros neumáticos.



**Anexo 9.-** Coeficiente elástico AGMA  $C_p$ .

Coeficiente elástico AGMA $C_p$ en unidades de $[\text{psi}]^{0.5}$ ( $[\text{MPa}]^{0.5}$ )*							
Material del piñón	$E_p$ psi (MPa)	Material del engrane					
		Acero	Hierro maleable	Hierro nodular	Hierro fundido	Bronce al aluminio	Bronce al estaño
Acero	30E6 (2E5)	2 300 (191)	2 180 (181)	2 160 (179)	2 100 (174)	1 950 (162)	1 900 (158)
Hierro maleable	25E6 (1.7E5)	2 180 (181)	2 090 (174)	2 070 (172)	2 020 (168)	1 900 (158)	1 850 (154)
Hierro nodular	24E6 (1.7E5)	2 160 (179)	2 070 (172)	2 050 (170)	2 000 (166)	1 880 (156)	1 830 (152)
Hierro fundido	22E6 (1.5E5)	2 100 (174)	2 020 (168)	2 000 (166)	1 960 (163)	1 850 (154)	1 800 (149)
Bronce al aluminio	17.5E6 (1.2E5)	1 950 (162)	1 900 (158)	1 880 (156)	1 850 (154)	1 750 (145)	1 700 (141)
Bronce al estaño	16E6 (1.1E5)	1 900 (158)	1 850 (154)	1 830 (152)	1 800 (149)	1 700 (141)	1 650 (137)

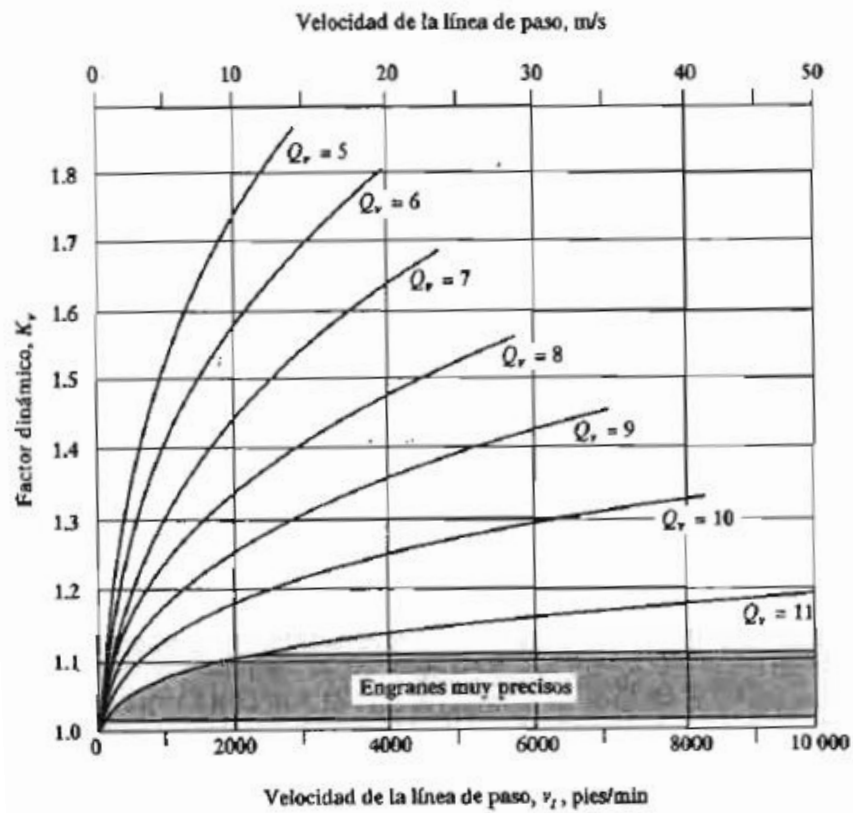
† Los valores de  $E_p$  de esta tabla son aproximados, y se aplicó  $\nu = 0.3$  como aproximación de la razón de Poisson para todos los materiales.

**Anexo 10.-** Número de calidad AGMA recomendados.

Aplicación	Número de calidad	Aplicación	Número de calidad
Accionamiento de tambor mezclador de cemento	3-5	Taladro pequeño	7-9
Horno de cemento	5-6	Lavadora de ropa	8-10
Impulsores de laminadoras de acero	5-6	Prensa de impresión	9-11
Cosechadora de granos	5-7	Mecanismos de cómputo	10-11
Grúas	5-7	Transmisión automotriz	10-11
Prensas de punzonado	5-7	Accionamiento de antena del radar	10-12
Transportador de mina	5-7	Accionamiento de propulsión marina	10-12
Máquina para fabricar cajas de papel	6-8	Accionamiento de motor de avión	10-13

Mecanismo de medidores de gas	7-9	Giroscopio	12-14
Accionamiento de máquinas herramientas y de otros sistemas mecánicos de alta calidad			
Velocidad de la línea de paso (pies/min)	Número de calidad		Velocidad de la línea de paso
0-800	6-8		0-4
800-2000	8-10		4-11
2000-4000	10-12		11-22
Más de 4000	12-14		Más de 22

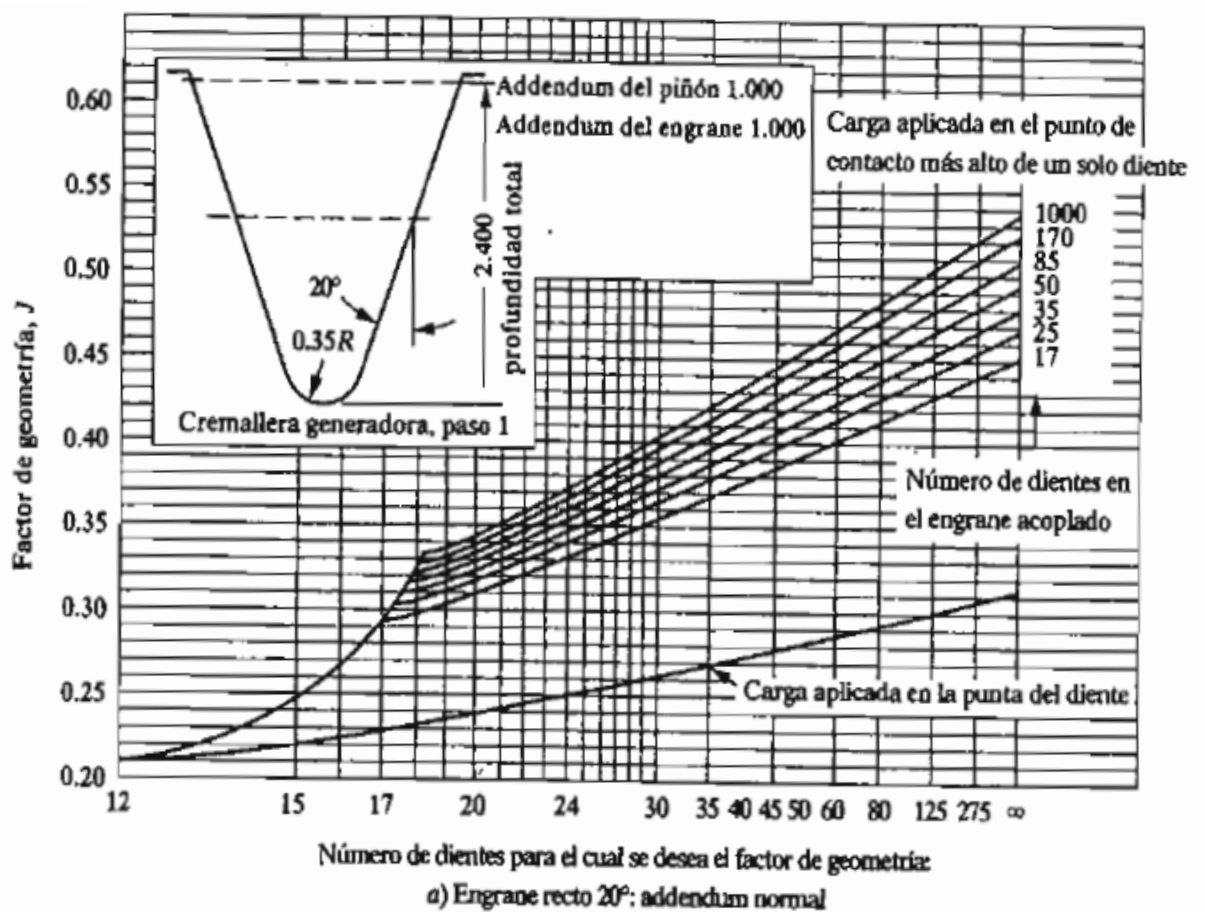
**Anexo 11.-** Factor dinámico  $K_v$ .



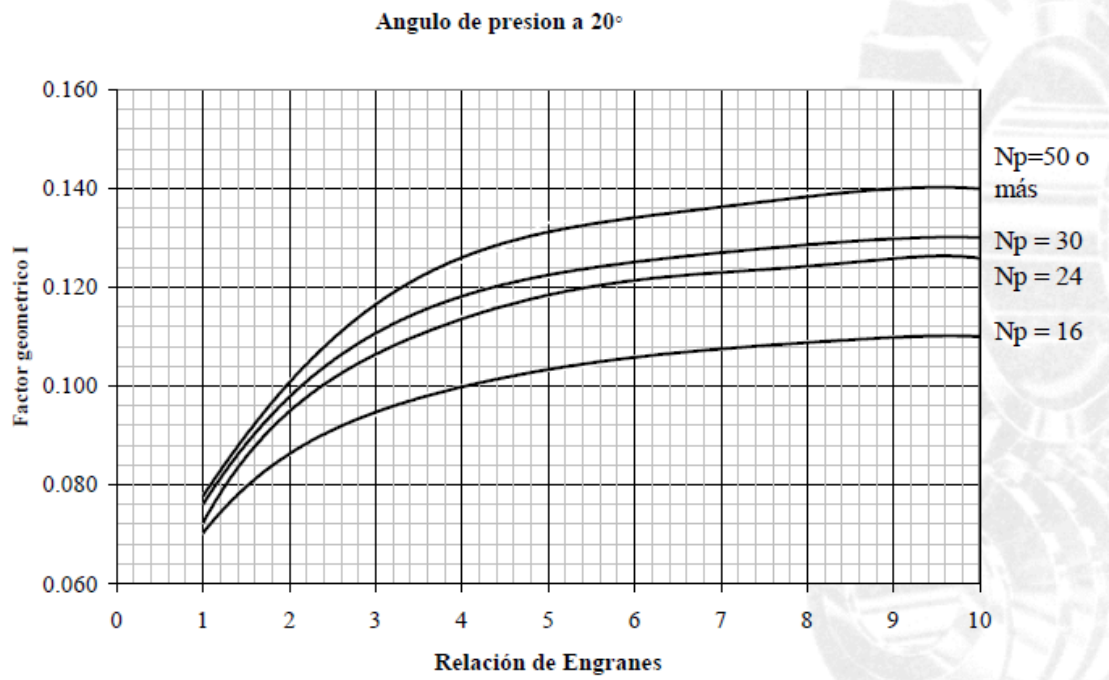
**Anexo 12.-** Factores de sobrecarga sugeridos,  $K_o$

	<b>Máquina impulsada</b>			
<b>Fuente de potencia</b>	<b>Uniforme</b>	<b>Choque ligero</b>	<b>Choque moderado</b>	<b>Choque pesado</b>
<b>Uniforme</b>	1.00	1.25	1.50	1.75
<b>Choque ligero</b>	1.20	1.40	1.75	2.25
<b>Choque moderado</b>	1.30	1.70	2.00	2.75

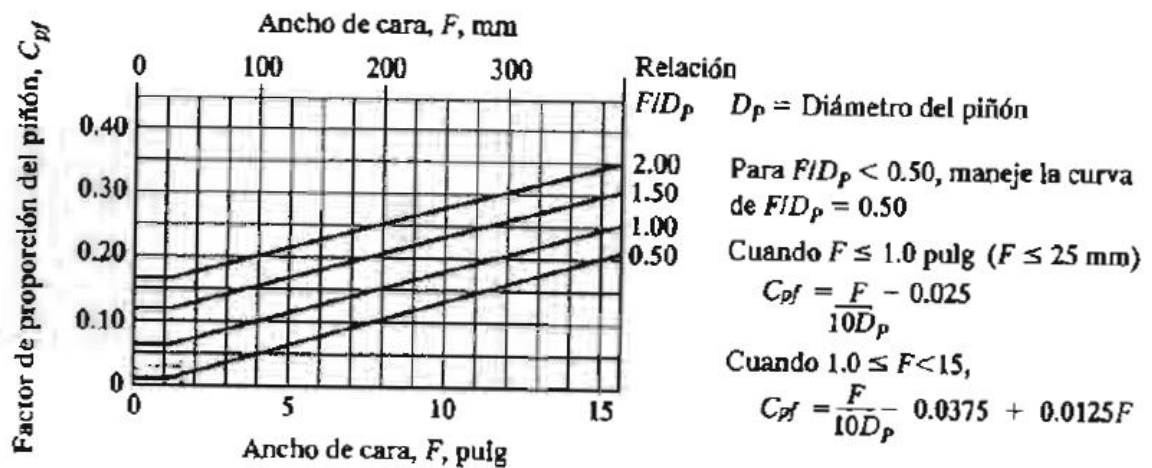
**Anexo 13.-** Factor de geometría J.



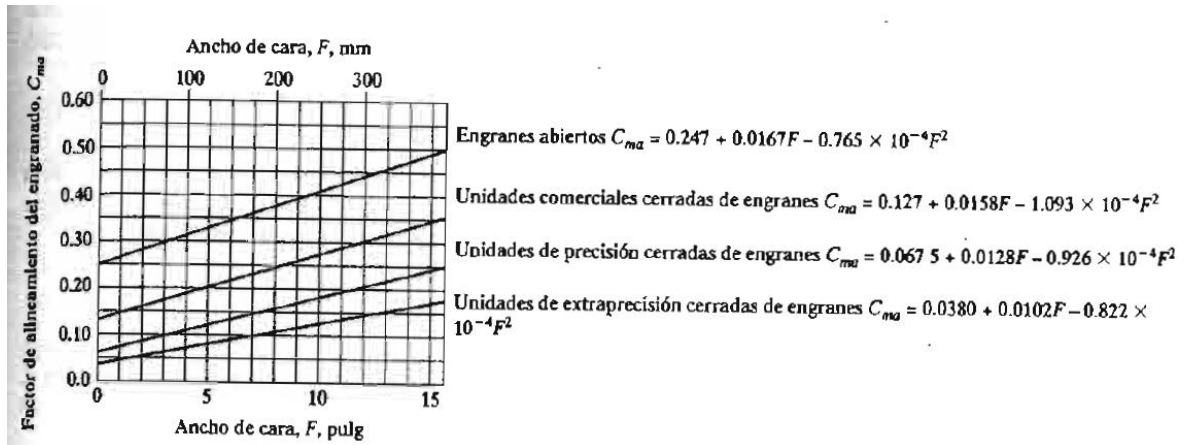
Anexo 14.- Factor de geometría I.



Anexo 15.- Factor de proporción del piñón  $C_{pf}$ .



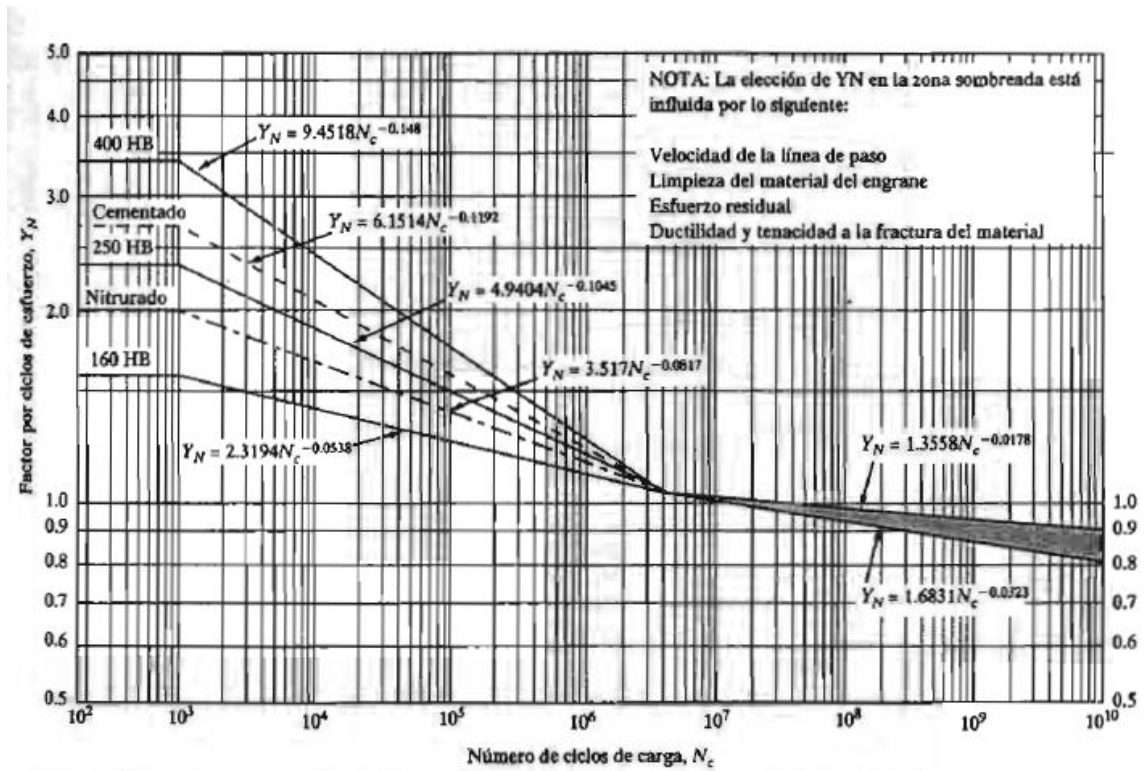
**Anexo 16.-** Factor de alineamiento del engranado  $C_{ma}$ .



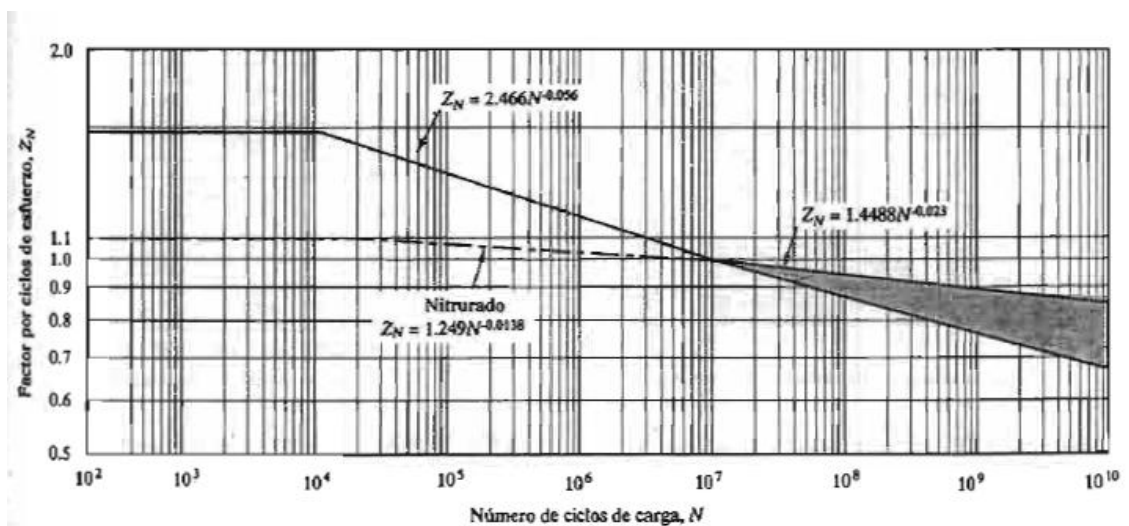
**Anexo 17.-** Vida de diseño recomendada.

<b>Aplicación</b>	<b>Vida de diseño (h)</b>
<b>Electrodomésticos</b>	1000-2000
<b>Motores de avión</b>	1000-4000
<b>Automotriz</b>	1500-5000
<b>Elevadores, ventiladores industriales, transmisiones de usos múltiples</b>	3000-5000
<b>Motores eléctricos, sopladores industriales, máquina industrial en general</b>	20000-30000
<b>Bombas y compresores</b>	40000-60000
<b>Equipo crítico en funcionamiento continuo durante 40h</b>	100000-200000

Anexo 18.- Factor por ciclos de esfuerzo  $Y_N$ .

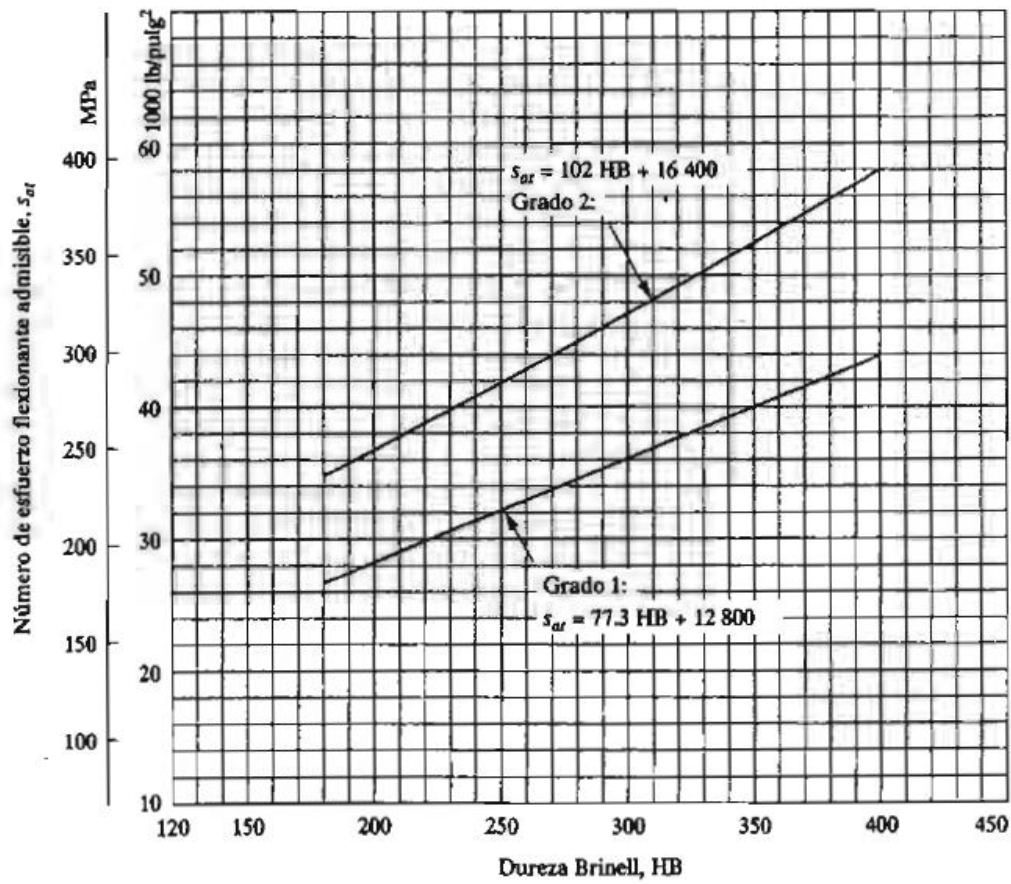


Anexo 19.- Factor por ciclos de esfuerzo  $Z_N$ .

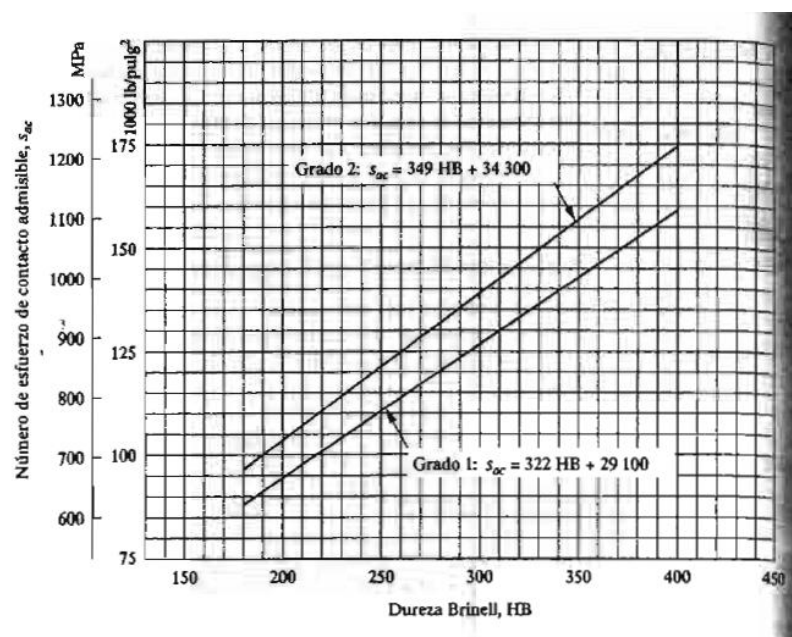




Anexo 20.- Número de esfuerzo flexionante admisible,  $S_{at}$ .



Anexo 21.- Número de esfuerzo de contacto admisible  $S_{ac}$ .





ANEXO22.- Alternativa 1 para el diseño del piñón de la compuerta de almacenamiento.

<b>DISEÑO DE ENGRANES RECIOS ALTERNATIVA I</b>				
Potencia de entrada P (hp):	0.25			
Velocidad de entrada $n$ (rpm):	170			
Paso diametral Pd:	<b>8</b>			
Número de dientes del piñón $N_p$ :	<b>18</b>			
<b>Datos calculados:</b>				
Díametro de paso, piñón $D_p$ (pulg):	2.250			
Velocidad de la línea de paso $V_t$ (pies/min):	100.138			
Carga transmitida $W_t$ (lb):	8239			
	<b>Min.</b>	<b>Nom.</b>	<b>Max.</b>	
Lineamientos para ancho de cara F (pulg):	1	15	2	
Ancho de cara F (pulg):	15			
Relación: Ancho de cara/diámetro del piñón:	0.67			
Intervalo recomendado de la relación F/ $D_p$ :	$0.50 < F/D_p < 2.00$			
<b>Ingreso:</b> Coeficiente elástico $C_p$ :	230			
<b>Ingreso:</b> Número de calidad $Q_v$ :	6			
<b>Ingreso:</b> Factores de geometría para flexión:				
Pinón $J_p$ :	0.30			
<b>Ingreso:</b> Factor de geometría para picadura I:				
Pinón $I_p$ :	0.070			
<b>Factores en el análisis de diseño:</b>				
Factor de alineamiento, $K_m$	$SIF \leq 1.0$	$SIF > 1.0$		
Factor de proporción del piñón, $C_{pf}$	0.0417	0.0479		
<b>Ingreso <math>C_{pf}</math></b>	0.0479			
Tipo de transmisión:	Abierta	Comercial	Precisión	Extr. Prec.
Factor alineamiento de engranado $C_{ma}$ :	0.2719	0.1505	0.0865	0.0531
<b>Ingreso <math>C_{ma}</math></b>	0.2719			
<b>Factor de alineamiento, <math>K_m =</math></b>	1.3198			
<b>Factor por sobrecarga, <math>K_o =</math></b>	1.00			
<b>Factor por tamaño, <math>K_s =</math></b>	1.00			
<b>Factor por espesor de borde en piñón, <math>K_B =</math></b>	1.00			
<b>Factor dinámico <math>K_v =</math></b>	1.10			
Factor de servicio $S_F =$	1.00			
Factor por relación de durezas $C_H =$	1.00			
Factor de confiabilidad $K_R =$	1.00			
<b>Ingreso:</b> Duración de diseño, L (horas) =	2000			
Número de ciclos de carga, $N_c =$	$2.04E+08$			
Factor por ciclos de esfuerzo flexionante: $Y_{Np} =$	0.96			
Factor por ciclos de esfuerzos de picadura: $Z_{Np} =$	0.87			
<b>Análisis de esfuerzos: Flexión</b>				
$S_t$ Esfuerzo flexionante (psi) =	<b>2126.33</b>			
$S_{at}$ requerido (psi) =	<b>2214.93</b>			
<b>Análisis de esfuerzos: Picadura</b>				
$S_c$ Esfuerzo de contacto =	<b>51750.96</b>			
$S_{ac}$ requerido (psi) =	<b>59483.86</b>			

ANEXO23.- Alternativa 2 para el diseño del piñón de la compuerta de almacenamiento.

<b>DISEÑO DE ENGRANES RECIOS ALTERNATIVA 2</b>				
Potencia de entrada P (hp):	0.25			
Velocidad de entrada $n$ (rpm):	170			
Paso diametral Pd:	<b>10</b>			
Número de dientes del piñón $N_p$ :	<b>18</b>			
<b>Datos calculados:</b>				
Díametro de paso, piñón $D_p$ (pulg):	1.800			
Velocidad de la línea de paso $V_t$ (pies/min):	80.111			
Carga transmitida $W_t$ (lb):	102.98			
	<b>Mn</b>	<b>Nom</b>	<b>Máx</b>	
Lineamientos para ancho de cara F (pulg):	0.8	1.2	1.6	
Ancho de cara F (pulg):	1.2			
Relación: Ancho de cara/diámetro del piñón:	0.67			
Intervalo recomendado de la relación F/Dp:	$0.50 < F/D_p < 2.00$			
<b>Ingreso:</b> Coeficiente elástico $C_p$ :	2300			
<b>Ingreso:</b> Número de calidad $Q_v$ :	6			
<b>Ingreso:</b> Factores de geometría para flexión:				
Piñón $J_p$ :	0.30			
<b>Ingreso:</b> Factor de geometría para picadura I:				
Piñón $I_p$ :	0.070			
<b>Factores en el análisis de diseño:</b>				
Factor de alineamiento, $K_m$	Si $F \leq 1.0$	Si $F > 1.0$		
Factor de proporción del piñón, $C_{pt}$	0.0417	0.0442		
<b>Ingreso <math>C_{pt}</math></b>	0.0442			
Tipo de transmisión:	Abierta	Comercial	Precisión	Extr Prec.
Factor alineamiento de engranado $C_{ma}$ :	0.2669	0.1458	0.0827	0.0501
<b>Ingreso <math>C_{ma}</math></b>	0.2669			
<b>Factor de alineamiento, <math>K_m =</math></b>	1.3111			
<b>Factor por sobrecarga, <math>K_o =</math></b>	1.00			
<b>Factor por tamaño, <math>K_s =</math></b>	1.00			
<b>Factor por espesor de borde en piñón, <math>K_B =</math></b>	1.00			
<b>Factor dinámico <math>K_v =</math></b>	1.10			
<b>Factor de servicio <math>S_F =</math></b>	1.00			
<b>Factor por relación de durezas <math>C_H =</math></b>	1.00			
<b>Factor de confiabilidad <math>K_R =</math></b>	1.00			
<b>Ingreso:</b> Duración de diseño, L (horas) =	2000			
Número de ciclos de carga, $N_c =$	$2.04E+08$			
<i>Factor por ciclos de esfuerzo flexionante: <math>Y_{Np} =</math></i>	0.96			
<i>Factor por ciclos de esfuerzos de picadura: <math>Z_{Np} =</math></i>	0.87			
<b>Análisis de esfuerzos: Flexión</b>				
<b><math>S_t</math> Esfuerzo flexionante (psi) =</b>	<b>4125.62</b>			
<b><math>S_{at}</math> requerido (psi) =</b>	<b>4297.52</b>			
<b>Análisis de esfuerzos: Picadura</b>				
<b><math>S_c</math> Esfuerzo de contacto =</b>	<b>72085.44</b>			
<b><math>S_{ac}</math> requerido (psi) =</b>	<b>82856.83</b>			

ANEXO24- Alternativa 3 para el diseño del piñón de la compuerta de almacenamiento.

<b>DISEÑO DE ENGRANES RECIOS ALTERNATIVA 3</b>				
Potencia de entrada P (hp):	0.25			
Velocidad de entrada $n$ (rpm):	170			
Paso diametral Pd:	<b>12</b>			
Número de dientes del piñón $N_p$ :	<b>20</b>			
<b>Datos calculados:</b>				
Díametro de paso, piñón $D_p$ (pulg):	1.667			
Velocidad de la línea de paso $V_t$ (pies/min):	74.176			
Carga transmitida $W_t$ (lb):	111.22			
	<b>Mn</b>	<b>Nom</b>	<b>Máx</b>	
Lineamientos para ancho de cara $F$ (pulg):	0.66666667	1	1.33333333	
Ancho de cara $F$ (pulg):	1			
Relación: Ancho de cara/diámetro del piñón:	0.60			
Intervalo recomendado de la relación $F/D_p$ :	$0.50 < F/D_p < 2.00$			
<b>Ingrese:</b> Coeficiente elástico $C_p$ :	2300			
<b>Ingrese:</b> Número de calidad $Q_v$ :	6			
<b>Ingrese:</b> Factores de geometría para flexión:				
Piñón $J_p$ :	0.30			
<b>Ingrese:</b> Factor de geometría para picadura $I$ :				
Piñón $J_p$ :	0.070			
<b>Factores en el análisis de diseño:</b>				
Factor de alineamiento, $K_m$	Si $F \leq 1.0$	Si $F > 1.0$		
Factor de proporción del piñón, $C_{pt}$	0.0350	0.0350		
<b>Ingrese</b> $C_{pt}$	0.0350			
Tipo de transmisión:	Abierta	Comercial	Precisión	Extr Prec.
Factor alineamiento de engranado $C_{ma}$ :	0.2636	0.1427	0.0802	0.0481
<b>Ingrese</b> $C_{ma}$	0.2636			
<b>Factor de alineamiento, <math>K_m =</math></b>	1.2986			
<b>Factor por sobrecarga, <math>K_o =</math></b>	1.00			
<b>Factor por tamaño, <math>K_s =</math></b>	1.00			
<b>Factor por espesor de borde en piñón, <math>K_B =</math></b>	1.00			
<b>Factor dinámico <math>K_v =</math></b>	1.10			
Factor de servicio $S_F =$	1.00			
Factor por relación de durezas $C_H =$	1.00			
Factor de confiabilidad $K_R =$	1.00			
<b>Ingrese:</b> Duración de diseño, $L$ (horas) =	2000			
Número de ciclos de carga, $N_c =$	$2.04E+08$			
Factor por ciclos de esfuerzo flexionante: $Y_{Np} =$	0.96			
Factor por ciclos de esfuerzos de picadura: $Z_{Np} =$	0.87			
<b>Análisis de esfuerzos: Flexión</b>				
$S_t$ Esfuerzo flexionante (psi) =	<b>6355.12</b>			
$S_{at}$ requendo (psi) =	<b>661991</b>			
<b>Análisis de esfuerzos: Picadura</b>				
$S_c$ Esfuerzo de contacto =	<b>84876.26</b>			
$S_{ac}$ requendo (psi) =	<b>97558.92</b>			

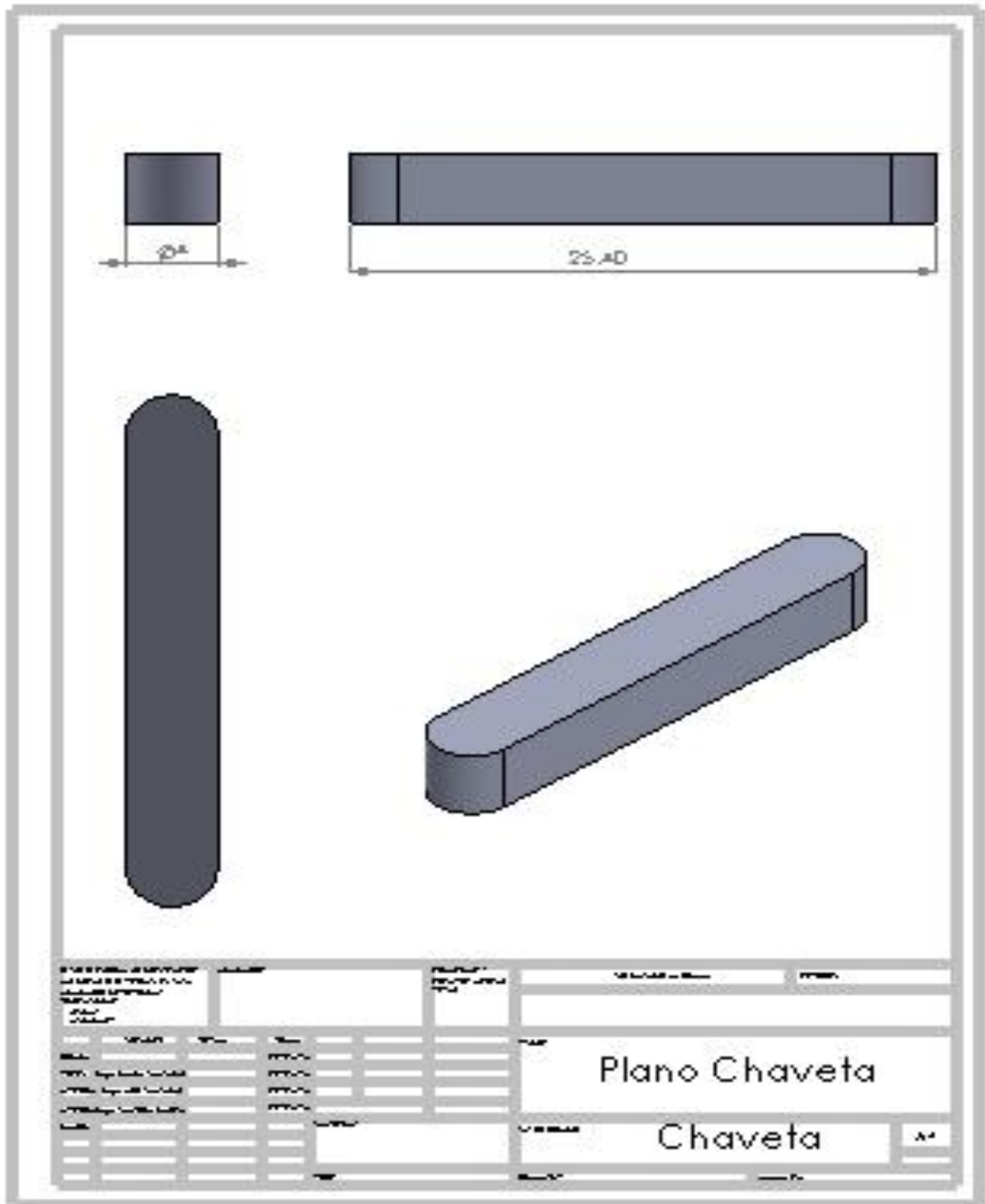
ANEXO25.- Alternativa 4 para el diseño del piñón de la compuerta de almacenamiento.

<b>DISEÑO DE ENGRANES RECIOS ALTERNATIVA 4</b>				
Potencia de entrada P (hp):	0.25			
Velocidad de entrada $n$ (rpm):	170			
Paso diametral Pd:	<b>10</b>			
Número de dientes del piñón $N_p$ :	<b>20</b>			
<b>Datos calculados:</b>				
Díametro de paso, piñón $D_p$ (pulg):	2.000			
Velocidad de la línea de paso $V_t$ (pies/min):	89.012			
Carga transmitida $W_t$ (lb):	92.68			
	<b>Mín.</b>	<b>Nom.</b>	<b>Máx.</b>	
Lineamientos para ancho de cara F (pulg):	0.8	1.2	1.6	
Ancho de cara F (pulg):	1.2			
Relación: Ancho de cara/diámetro del piñón:	0.60			
Intervalo recomendado de la relación F/ $D_p$ :	0.50 < F/ $D_p$ < 2.00			
<b>Ingreso:</b> Coeficiente elástico $C_p$ :	2300			
<b>Ingreso:</b> Número de calidad $Q_v$ :	6			
<b>Ingreso:</b> Factores de geometría para flexión:				
Piñón $J_p$ :	0.30			
<b>Ingreso:</b> Factor de geometría para picadura I:				
Piñón $I_p$ :	0.070			
<b>Factores en el análisis de diseño:</b>				
Factor de alineamiento, $K_m$	Si $F \leq 1.0$	Si $F > 1.0$		
Factor de proporción del piñón, $C_{pt}$	0.0350	0.0375		
<b>Ingreso <math>C_{pt}</math></b>	0.0375			
Tipo de transmisión:	Abierta	Comercial	Precisión	Extr. Prec.
Factor alineamiento de engranado $C_{ma}$ :	0.2669	0.1458	0.0827	0.0501
<b>Ingreso <math>C_{ma}</math></b>	0.2669			
<b>Factor de alineamiento, <math>K_m =</math></b>	1.3044			
<b>Factor por sobrecarga, <math>K_o =</math></b>	1.00			
<b>Factor por tamaño, <math>K_s =</math></b>	1.00			
<b>Factor por espesor de borde en piñón, <math>K_B =</math></b>	1.00			
<b>Factor dinámico <math>K_v =</math></b>	1.10			
Factor de servicio $S_F =$	1.00			
Factor por relación de durezas $C_H =$	1.00			
Factor de confiabilidad $K_R =$	1.00			
<b>Ingreso:</b> Duración de diseño, L (horas) =	20000			
Número de ciclos de carga, $N_c =$	2.04E+08			
Factor por ciclos de esfuerzo flexionante: $Y_{Np} =$	0.96			
Factor por ciclos de esfuerzos de picadura: $Z_{Np} =$	0.87			
<b>Análisis de esfuerzos: Flexión</b>				
$S_t$ Esfuerzo flexionante (psi) =	<b>3694.17</b>			
$S_{at}$ requerido (psi) =	<b>3848.10</b>			
<b>Análisis de esfuerzos: Picadura</b>				
$S_c$ Esfuerzo de contacto =	<b>64711.74</b>			
$S_{ac}$ requerido (psi) =	<b>74381.31</b>			

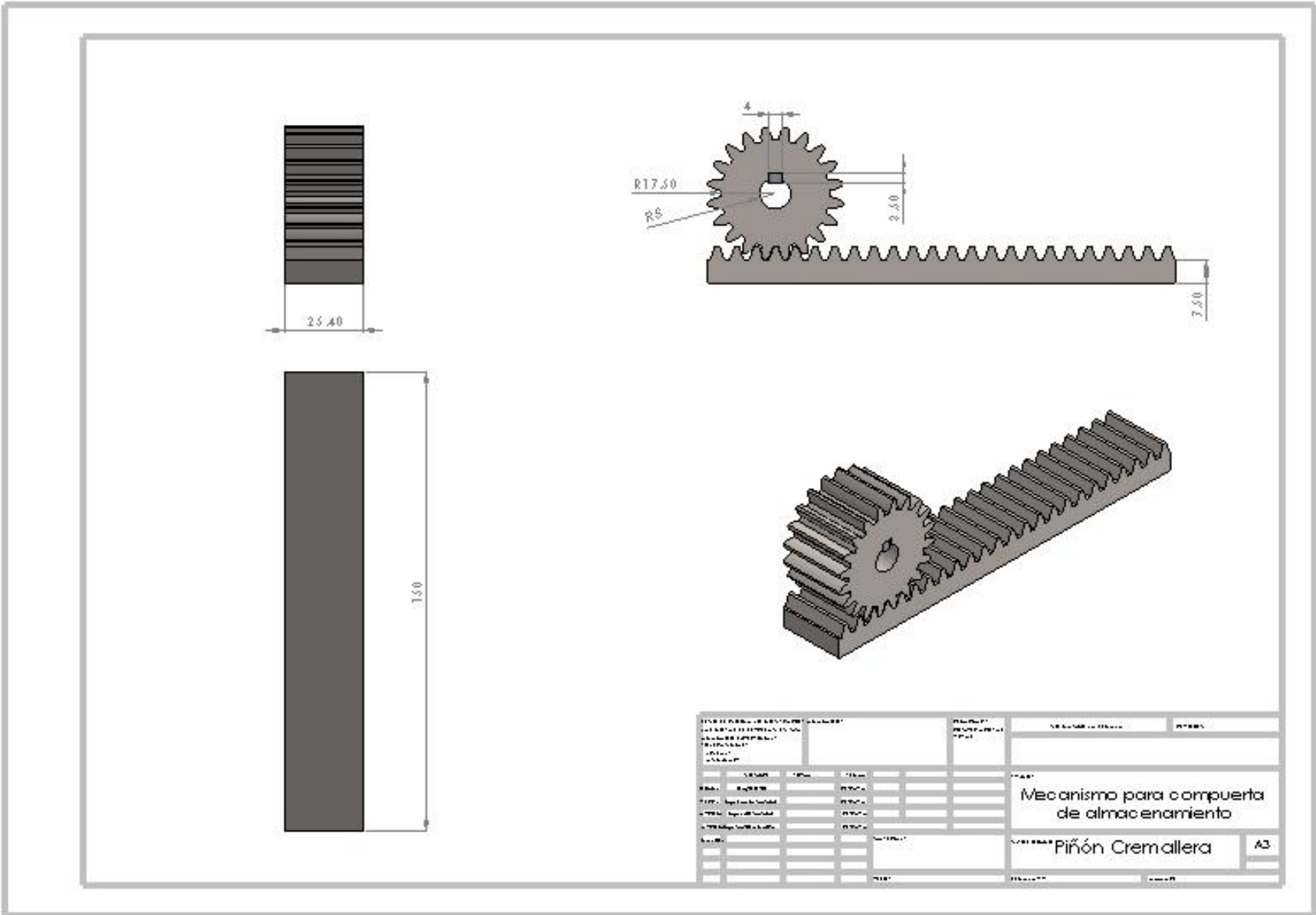
**ANEXO 26.-** Parámetros de diseño para el piñón de la compuerta de almacenamiento.

<b>Parámetros de diseño</b>	<b>Datos de diseño</b>
<b>Número de dientes (<math>N_P</math>)</b>	20
<b>Paso diametral (<math>P_d</math>)</b>	12 dent/pulg
<b>Diámetro de paso (<math>D_P</math>)</b>	1.667 pulg
<b>Fuerza tangencial (<math>W_t</math>)</b>	111.22 lbf
<b>Ancho de la cara (<math>F</math>)</b>	1.00 pulg
<b>Paso circular (<math>p</math>)</b>	0.2618
<b>Adendum (<math>a</math>)</b>	0.083 pulg
<b>Dedendum (<math>b</math>)</b>	0.1042 pulg
<b>Holgura (<math>c</math>):</b>	0.0209 pulg
<b>Diámetro exterior (<math>D_o</math>):</b>	1.8336 pulg
<b>Diámetro de raíz (<math>D_R</math>):</b>	1.4586 pulg
<b>Altura total (<math>h_t</math>):</b>	0.1875 pulg
<b>Profundidad de trabajo (<math>h_k</math>):</b>	0.1666 pulg
<b>Espesor del diente (<math>t</math>):</b>	0.1309 pulg

ANEXO 27.- Chaveta para el piñón de la compuerta de almacenamiento.



**ANEXO 28.- Mecanismo piñón cremallera de la compuerta de almacenamiento.**



[Escribir texto]



ANEXO29.- Alternativa 1 para el diseño del piñón de la compuerta de descarga.

<b>DISEÑO DE ENGRANES RECIOS ALTERNATIVA I</b>				
Potencia de entrada P (hp):	0.25			
Velocidad de entrada $n$ (rpm):	125			
Paso diametral Pd:	<b>6</b>			
Número de dientes del piñón $N_p$ :	<b>18</b>			
<b>Datos calculados:</b>				
Díametro de paso, piñón $D_p$ (pulg):	3.000			
Velocidad de la línea de paso $V_t$ (pies/min):	98.175			
Carga transmitida $W_t$ (lb):	84.03			
	<b>Mín.</b>	<b>Nom.</b>	<b>Máx.</b>	
Lineamientos para ancho de cara $F$ (pulg):	1.333333333	2	2.66666667	
Ancho de cara $F$ (pulg):	2			
Relación: Ancho de cara/diámetro del piñón:	0.67			
Intervalo recomendado de la relación $F/D_p$ :	$0.50 < F/D_p < 2.00$			
<b>Ingreso:</b> Coeficiente elástico $C_p$ :	2300			
<b>Ingreso:</b> Número de calidad $Q_v$ :	6			
<b>Ingreso:</b> Factores de geometría para flexión:				
Piñón $J_p$ :	0.30			
<b>Ingreso:</b> Factor de geometría para picadura $I$ :				
Piñón $I_p$ :	0.070			
<b>Factores en el análisis de diseño:</b>				
Factor de alineamiento, $K_m$	Si $F \leq 1.0$	Si $F > 1.0$		
Factor de proporción del piñón, $C_{pt}$	0.0417	0.0542		
<b>Ingreso</b> $C_{pt}$	0.0542			
Tipo de transmisión:	Abierta	Comercial	Precisión	Extr. Prec.
Factor alineamiento de engranado $C_{ma}$ :	0.2801	0.1582	0.0927	0.0581
<b>Ingreso</b> $C_{ma}$	0.2801			
<b>Factor de alineamiento, <math>K_m =</math></b>	1.3343			
<b>Factor por sobrecarga, <math>K_o =</math></b>	1.00			
<b>Factor por tamaño, <math>K_s =</math></b>	1.00			
<b>Factor por espesor de borde en piñón, <math>K_B =</math></b>	1.00			
<b>Factor dinámico <math>K_v =</math></b>	1.10			
Factor de servicio $S_F =$	1.00			
Factor por relación de durezas $C_H =$	1.00			
Factor de confiabilidad $K_R =$	1.00			
<b>Ingreso:</b> Duración de diseño, $L$ (horas) =	2000			
Número de ciclos de carga, $N_c =$	1.50E+08			
Factor por ciclos de esfuerzo flexionante: $Y_{Np} =$	0.96			
Factor por ciclos de esfuerzos de picadura: $Z_{Np} =$	0.87			
<b>Análisis de esfuerzos: Flexión</b>				
$S_t$ Esfuerzo flexionante (psi) =	<b>1233.35</b>			
$S_{at}$ requerido (psi) =	<b>1284.74</b>			
<b>Análisis de esfuerzos: Picadura</b>				
$S_c$ Esfuerzo de contacto =	<b>39413.67</b>			
$S_{ac}$ requerido (psi) =	<b>45303.07</b>			

ANEXO30.- Alternativa 2 para el diseño del piñón de la compuerta de descarga.

<b>DISEÑO DE ENGRANES RECIOS ALTERNATIVA 2</b>				
Potencia de entrada P (hp):	0.25			
Velocidad de entrada $n$ (rpm):	125			
Paso diametral Pd:	<b>8</b>			
Número de dientes del piñón $N_p$ :	<b>18</b>			
<b>Datos calculados:</b>				
Díametro de paso, piñón $D_p$ (pulg):	2.250			
Velocidad de la línea de paso $V_t$ (pies/min):	73.631			
Carga transmitida $W_t$ (lb):	112.05			
	<b>Mn</b>	<b>Nom</b>	<b>Máx</b>	
Lineamientos para ancho de cara F (pulg):	1	15	2	
Ancho de cara F (pulg):	15			
Relación: Ancho de cara/diámetro del piñón:	0.67			
Intervalo recomendado de la relación F/Dp:	$0.50 < F/D_p < 2.00$			
<b>Ingreso:</b> Coeficiente elástico $C_p$ :	2300			
<b>Ingreso:</b> Número de calidad $Q_v$ :	6			
<b>Ingreso:</b> Factores de geometría para flexión:				
Piñón $J_p$ :	0.30			
<b>Ingreso:</b> Factor de geometría para picadura I:				
Piñón $I_p$ :	0.070			
<b>Factores en el análisis de diseño:</b>				
Factor de alineamiento, $K_m$	Si $F \leq 1.0$	Si $F > 1.0$		
Factor de proporción del piñón, $C_{pt}$	0.0417	0.0479		
<b>Ingreso <math>C_{pt}</math></b>	0.0479			
Tipo de transmisión:	Abierta	Comercial	Precisión	Extr Prec.
Factor alineamiento de engranado $C_{ma}$ :	0.2719	0.1505	0.0865	0.0531
<b>Ingreso <math>C_{ma}</math></b>	0.2719			
<b>Factor de alineamiento, <math>K_m =</math></b>	1.3198			
<b>Factor por sobrecarga, <math>K_o =</math></b>	1.00			
<b>Factor por tamaño, <math>K_s =</math></b>	1.00			
<b>Factor por espesor de borde en piñón, <math>K_B =</math></b>	1.00			
<b>Factor dinámico <math>K_v =</math></b>	1.10			
Factor de servicio $S_F =$	1.00			
Factor por relación de durezas $C_H =$	1.00			
Factor de confiabilidad $K_R =$	1.00			
<b>Ingreso:</b> Duración de diseño, L (horas) =	2000			
Número de ciclos de carga, $N_c =$	1.50E+08			
Factor por ciclos de esfuerzo flexionante: $Y_{Np} =$	0.96			
Factor por ciclos de esfuerzos de picadura: $Z_{Np} =$	0.87			
<b>Análisis de esfuerzos: Flexión</b>				
<b><math>S_t</math> Esfuerzo flexionante (psi) =</b>	<b>2891.81</b>			
<b><math>S_{at}</math> requerido (psi) =</b>	<b>3012.30</b>			
<b>Análisis de esfuerzos: Picadura</b>				
<b><math>S_c</math> Esfuerzo de contacto =</b>	<b>60351.47</b>			
<b><math>S_{ac}</math> requerido (psi) =</b>	<b>69369.50</b>			

ANEXO31.- Alternativa 3 para el diseño del piñón de la compuerta de descarga.

<b>DISEÑO DE ENGRANES RECIOS ALTERNATIVA 3</b>				
Potencia de entrada P (hp):	0.25			
Velocidad de entrada $n$ (rpm):	125			
Paso diametral Pd:	<b>10</b>			
Número de dientes del piñón $N_p$ :	<b>18</b>			
<b>Datos calculados:</b>				
Díametro de paso, piñón $D_p$ (pulg):	1.800			
Velocidad de la línea de paso $V_t$ (pies/min):	58.905			
Carga transmitida $W_t$ (lb):	140.06			
	<b>Mn</b>	<b>Nom</b>	<b>Máx</b>	
Lineamientos para ancho de cara F (pulg):	0.8	12	1.6	
Ancho de cara F (pulg):	1.2			
Relación: Ancho de cara/diámetro del piñón:	0.67			
Intervalo recomendado de la relación F/ $D_p$ :	$0.50 < F/D_p < 2.00$			
<b>Ingreso:</b> Coeficiente elástico $C_p$ :	2300			
<b>Ingreso:</b> Número de calidad $Q_v$ :	6			
<b>Ingreso:</b> Factores de geometría para flexión:				
Piñón $J_p$ :	0.30			
<b>Ingreso:</b> Factor de geometría para picadura I:				
Piñón $I_p$ :	0.070			
<b>Factores en el análisis de diseño:</b>				
Factor de alineamiento, $K_m$	Si $F \leq 1.0$	Si $F > 1.0$		
Factor de proporción del piñón, $C_{pt}$	0.0417	0.0442		
<b>Ingreso <math>C_{pt}</math></b>	0.0442			
Tipo de transmisión:	Abierta	Comercial	Precisión	Extr Prec.
Factor alineamiento de engranado $C_{ma}$ :	0.2669	0.1458	0.0827	0.0501
<b>Ingreso <math>C_{ma}</math></b>	0.2669			
<b>Factor de alineamiento, <math>K_m =</math></b>	1.3111			
<b>Factor por sobrecarga, <math>K_o =</math></b>	1.00			
<b>Factor por tamaño, <math>K_s =</math></b>	1.00			
<b>Factor por espesor de borde en piñón, <math>K_B =</math></b>	1.00			
<b>Factor dinámico <math>K_v =</math></b>	1.10			
<b>Factor de servicio <math>S_F =</math></b>	1.00			
<b>Factor por relación de durezas <math>C_H =</math></b>	1.00			
<b>Factor de confiabilidad <math>K_R =</math></b>	1.00			
<b>Ingreso:</b> Duración de diseño, L (horas) =	2000			
Número de ciclos de carga, $N_c =$	1.50E+08			
<i>Factor por ciclos de esfuerzo flexionante: <math>Y_{Np} =</math></i>	0.96			
<i>Factor por ciclos de esfuerzos de picadura: <math>Z_{Np} =</math></i>	0.87			
<b>Análisis de esfuerzos: Flexión</b>				
<b><math>S_t</math> Esfuerzo flexionante (psi) =</b>	<b>5610.84</b>			
<b><math>S_{at}</math> requerido (psi) =</b>	<b>5844.62</b>			
<b>Análisis de esfuerzos: Picadura</b>				
<b><math>S_c</math> Esfuerzo de contacto =</b>	<b>84065.35</b>			
<b><math>S_{ac}</math> requerido (psi) =</b>	<b>96626.84</b>			

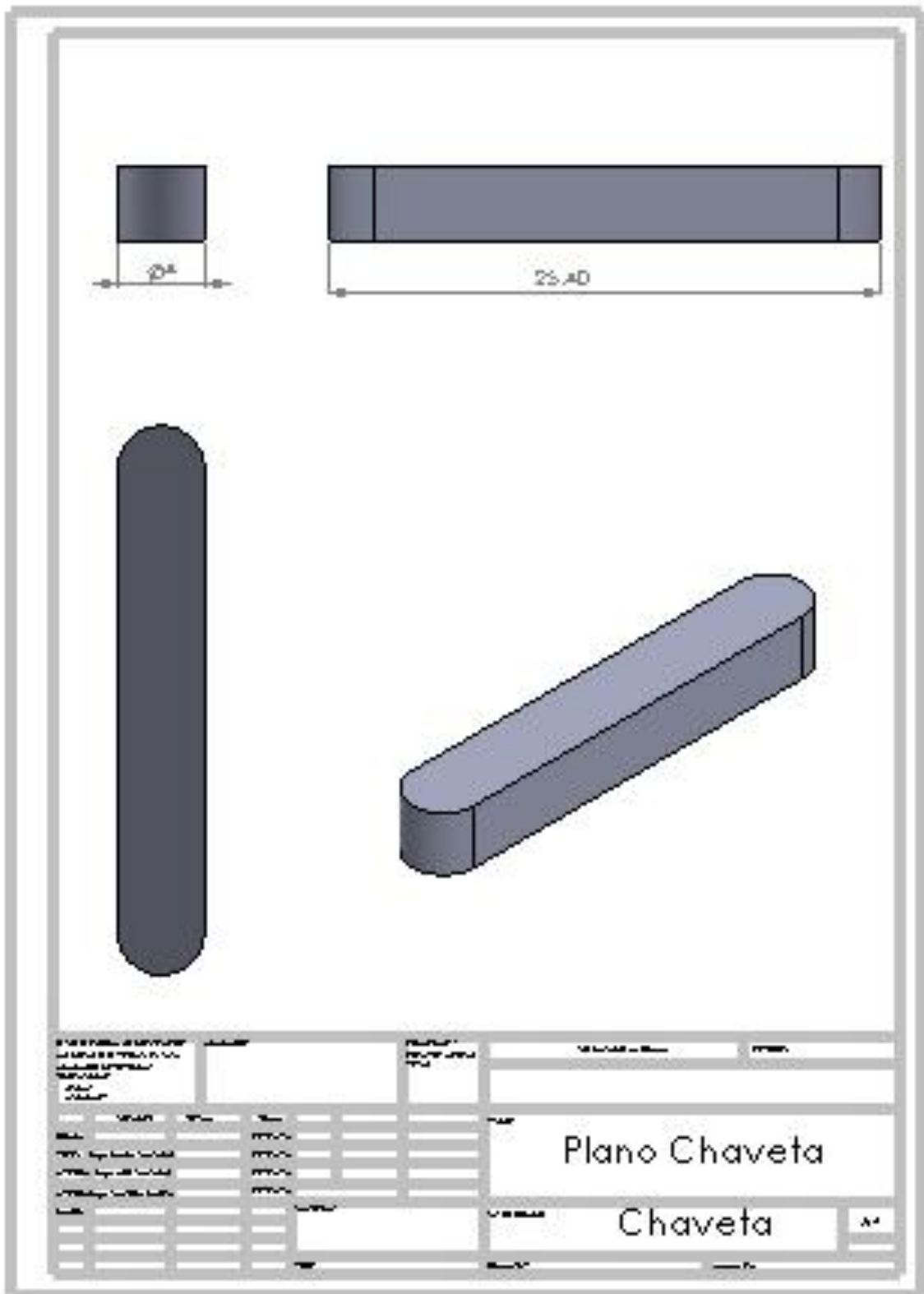
ANEXO32.- Alternativa 4 para el diseño del piñón de la compuerta de descarga.

<b>DISEÑO DE ENGRANES RECIOS ALTERNATIVA 4</b>				
Potencia de entrada P (hp):	0.25			
Velocidad de entrada $n$ (rpm):	125			
Paso diametral Pd:	<b>12</b>			
Número de dientes del piñón $N_p$ :	<b>19</b>			
<b>Datos calculados:</b>				
Díametro de paso, piñón $D_p$ (pulg):	1.583			
Velocidad de la línea de paso $V_t$ (pies/min):	51.814			
Carga transmitida $W_t$ (lb):	159.22			
	<b>Mn</b>	<b>Nom</b>	<b>Máx</b>	
Lineamientos para ancho de cara F (pulg):	0.66666667	1	1.33333333	
Ancho de cara F (pulg):	1			
Relación: Ancho de cara/diámetro del piñón:	0.63			
Intervalo recomendado de la relación F/Dp:	$0.50 < F/D_p < 2.00$			
<b>Ingreso:</b> Coeficiente elástico $C_p$ :	2300			
<b>Ingreso:</b> Número de calidad $Q_v$ :	6			
<b>Ingreso:</b> Factores de geometría para flexión:				
Piñón $J_p$ :	0.30			
<b>Ingreso:</b> Factor de geometría para picadura I:				
Piñón $I_p$ :	0.070			
<b>Factores en el análisis de diseño:</b>				
Factor de alineamiento, $K_m$	Si $F \leq 1.0$	Si $F > 1.0$		
Factor de proporción del piñón, $C_{pt}$	0.0382	0.0382		
<b>Ingreso</b> $C_{pt}$	0.0382			
Tipo de transmisión:	Abierta	Comercial	Precisión	Extr Prec.
Factor alineamiento de engranado $C_{ma}$ :	0.2636	0.1427	0.0802	0.0481
<b>Ingreso</b> $C_{ma}$	0.2636			
<b>Factor de alineamiento, <math>K_m =</math></b>	1.3018			
<b>Factor por sobrecarga, <math>K_o =</math></b>	1.00			
<b>Factor por tamaño, <math>K_s =</math></b>	1.00			
<b>Factor por espesor de borde en piñón, <math>K_B =</math></b>	1.00			
<b>Factor dinámico <math>K_v =</math></b>	1.10			
<b>Factor de servicio <math>S_F =</math></b>	1.00			
<b>Factor por relación de durezas <math>C_H =</math></b>	1.00			
<b>Factor de confiabilidad <math>K_R =</math></b>	1.00			
<b>Ingreso:</b> Duración de diseño, L (horas) =	2000			
Número de ciclos de carga, $N_c =$	1.50E+08			
<i>Factor por ciclos de esfuerzo flexionante: <math>Y_{Np} =</math></i>	0.96			
<i>Factor por ciclos de esfuerzos de picadura: <math>Z_{Np} =</math></i>	0.87			
<b>Análisis de esfuerzos: Flexión</b>				
<b><math>S_t</math> Esfuerzo flexionante (psi) =</b>	<b>9119.98</b>			
<b><math>S_{at}</math> requerido (psi) =</b>	<b>9499.97</b>			
<b>Análisis de esfuerzos: Picadura</b>				
<b><math>S_c</math> Esfuerzo de contacto =</b>	<b>104318.06</b>			
<b><math>S_{ac}</math> requerido (psi) =</b>	<b>119905.81</b>			

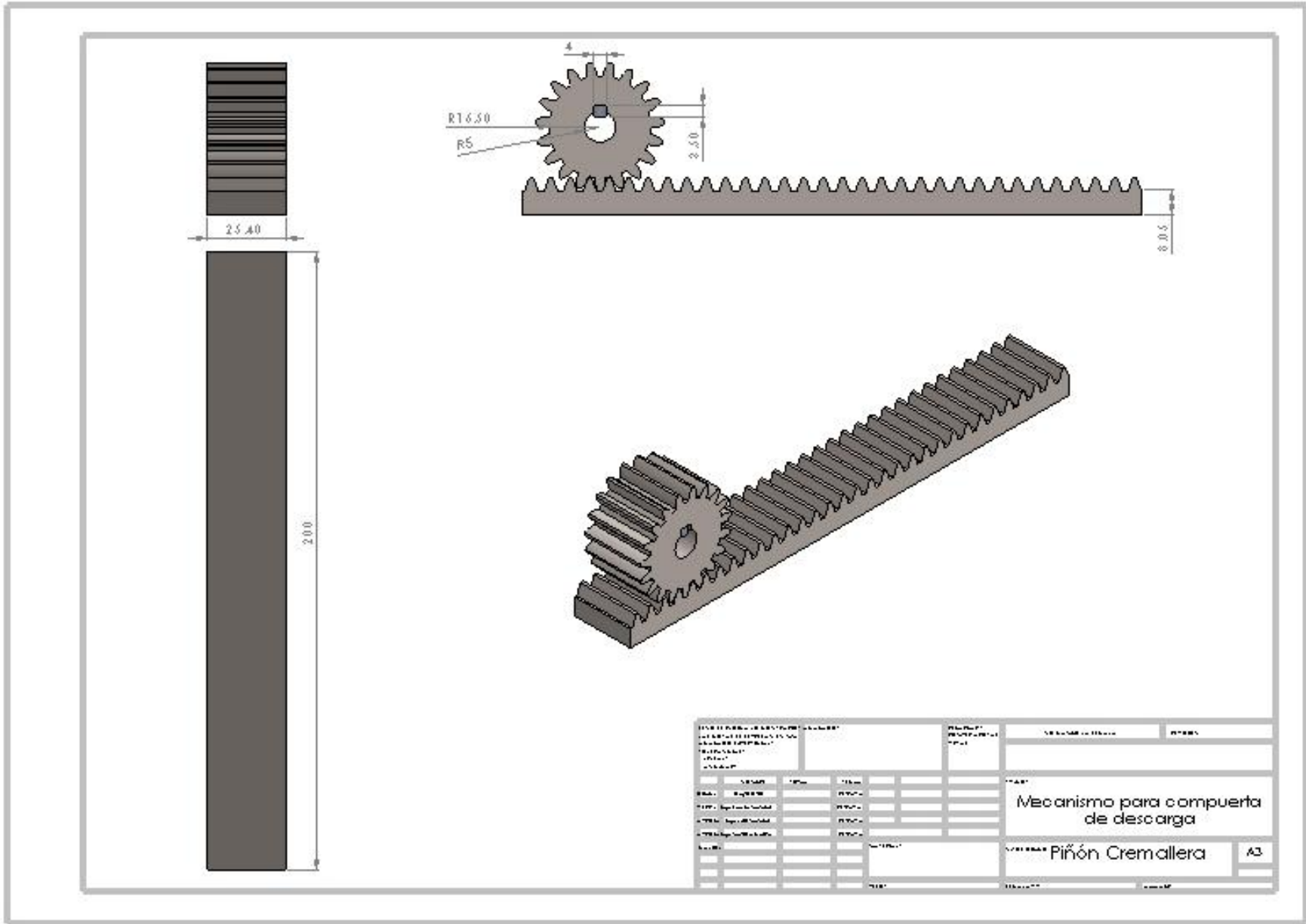
**ANEXO 33.-** Parámetros de diseño para el piñón de la compuerta de descarga.

<b>Parámetros de diseño</b>	<b>Datos de diseño</b>
<b>Número de dientes (<math>N_P</math>)</b>	19
<b>Paso diametral (<math>P_d</math>)</b>	12 dent/pulg
<b>Diámetro de paso (<math>D_P</math>)</b>	1.583 pulg
<b>Fuerza tangencial (<math>W_t</math>)</b>	159.22 lbf
<b>Ancho de la cara (<math>F</math>)</b>	1.00 pulg
<b>Paso circular (<math>p</math>)</b>	0.2618
<b>Adendum (<math>a</math>)</b>	0.083 pulg
<b>Dedendum (<math>b</math>)</b>	0.1042 pulg
<b>Holgura (<math>c</math>):</b>	0.0209 pulg
<b>Diámetro exterior (<math>D_o</math>):</b>	1.7496 pulg
<b>Diámetro de raíz (<math>D_R</math>):</b>	1.3746 pulg
<b>Altura total (<math>h_t</math>):</b>	0.1875 pulg
<b>Profundidad de trabajo (<math>h_k</math>):</b>	0.1666 pulg
<b>Espesor del diente (<math>t</math>):</b>	0.1309 pulg

ANEXO 34.- Chaveta para el piñón de la compuerta de descarga.



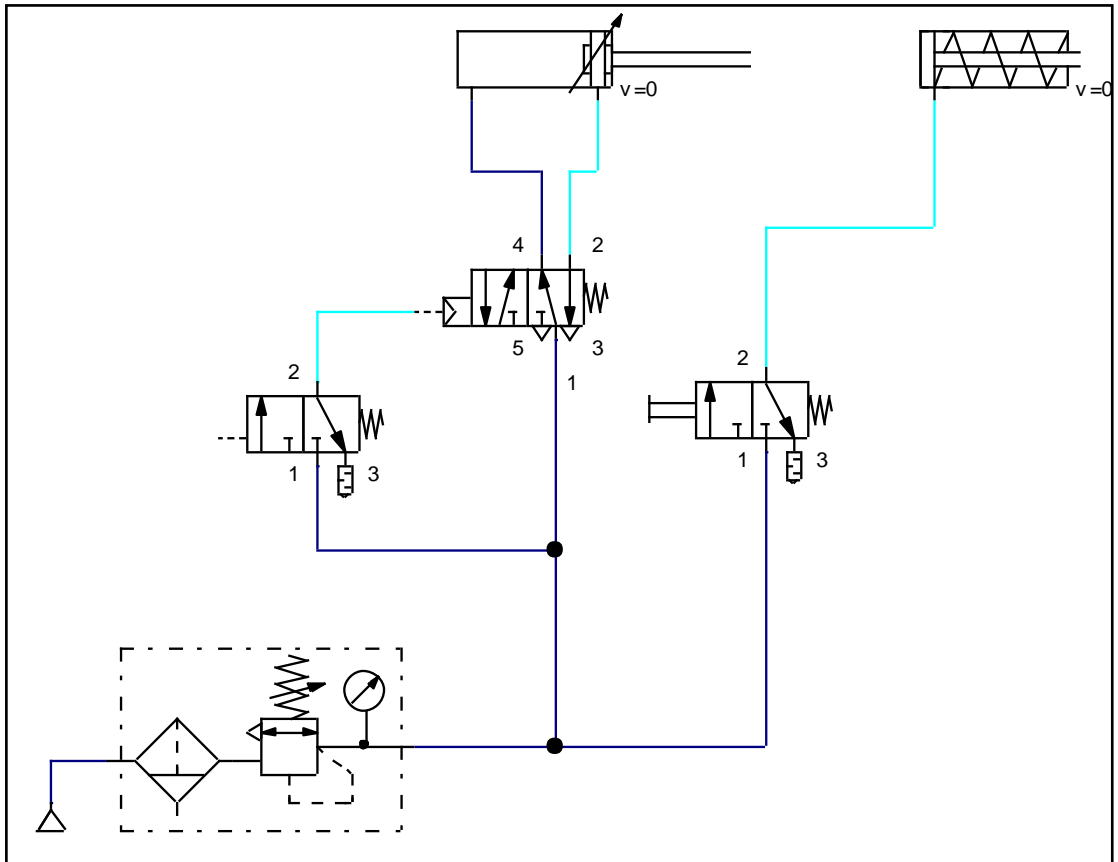
**ANEXO 35.- Mecanismo piñón cremallera de la compuerta de descarga.**



[Escribir texto]



**ANEXO 36.-** Diagrama neumático del sistema de dosificación.



ANEXO 37.- Diagrama de flujo de la programación del PLC S7-200 CPU 224 y del PLC S7-200 CPU 224 XP.

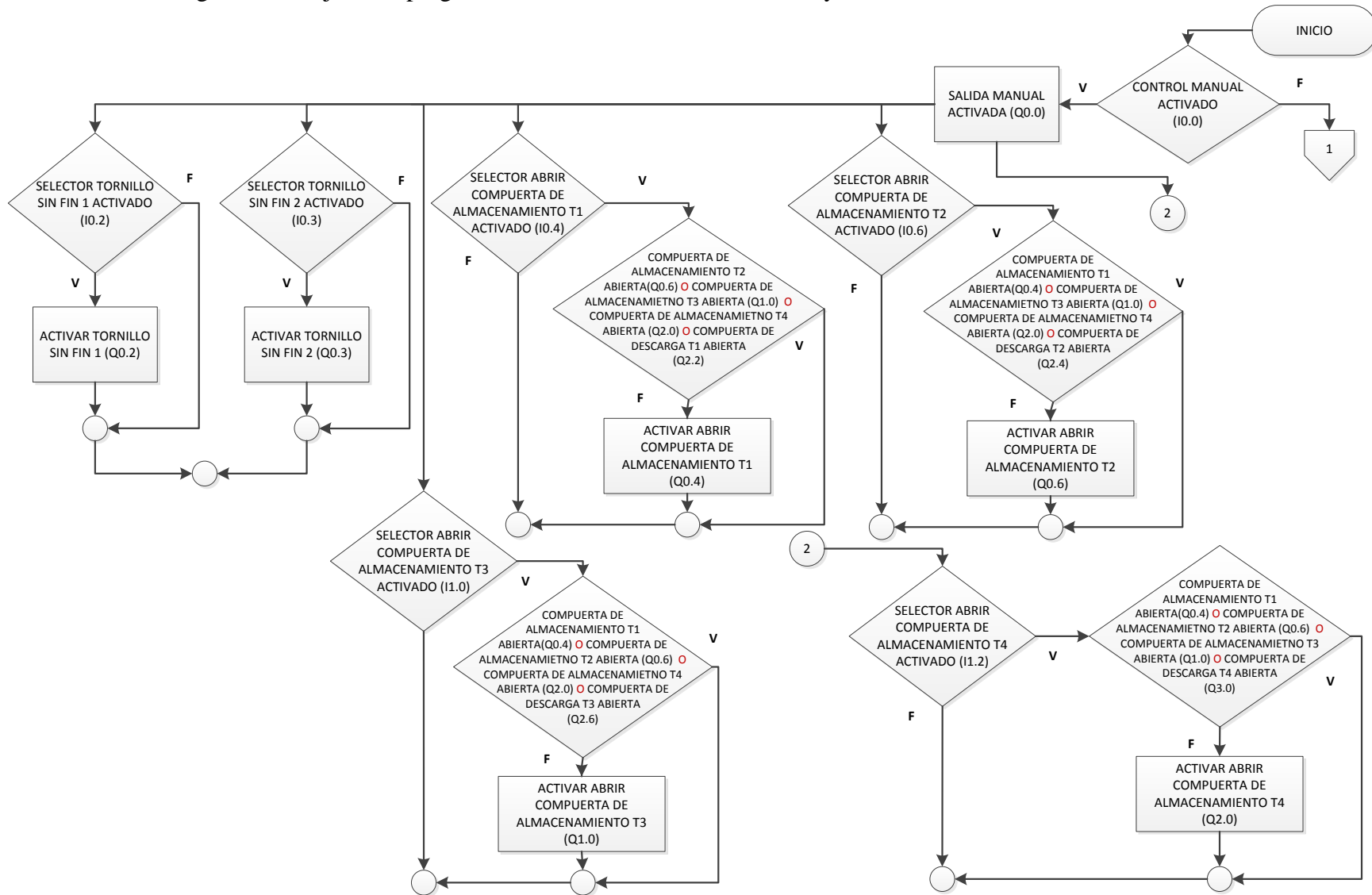


Fig. 130. Diagrama de programación del PLC parte 1.

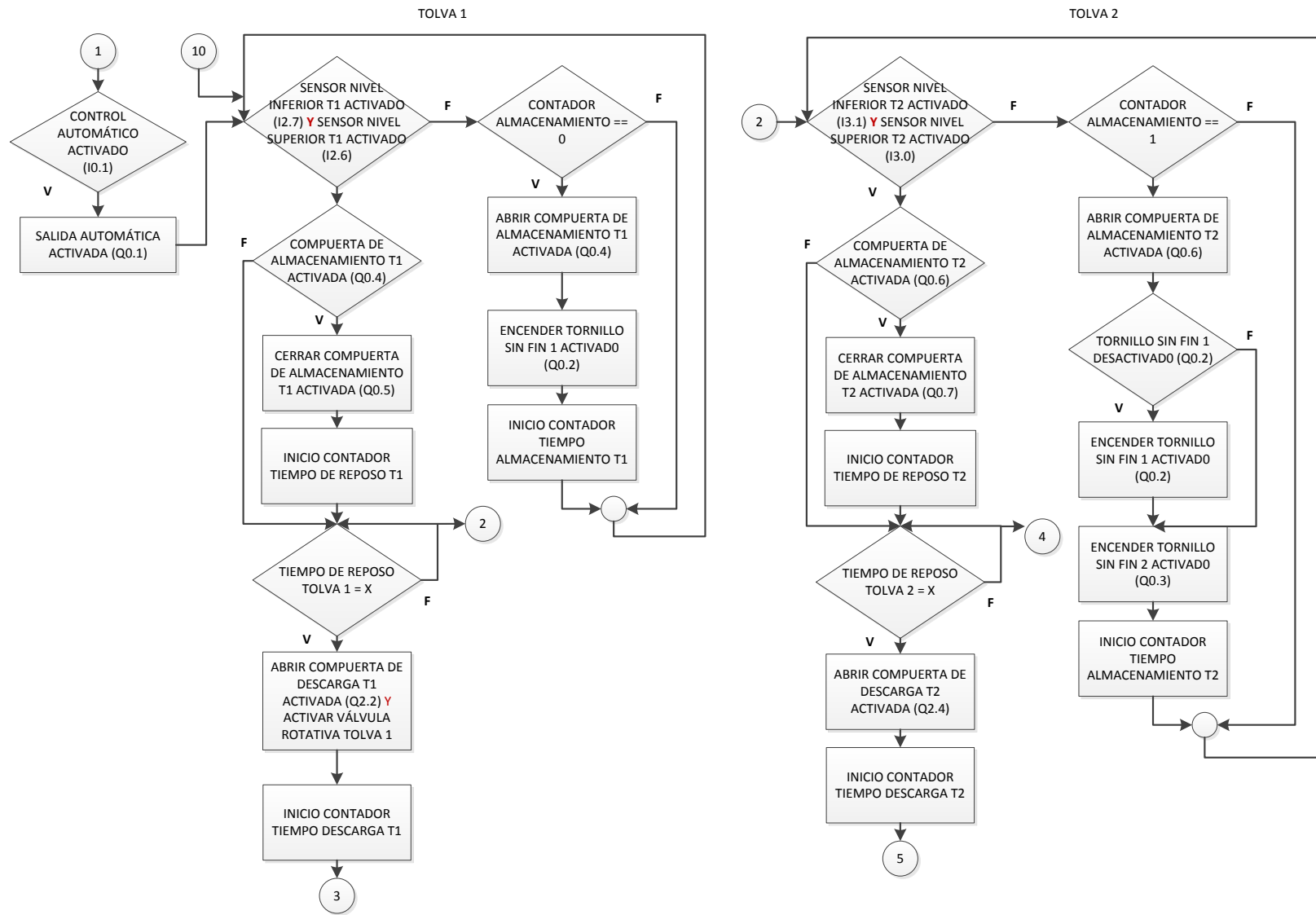


Fig. 131. Diagrama de programación del PLC parte 2.

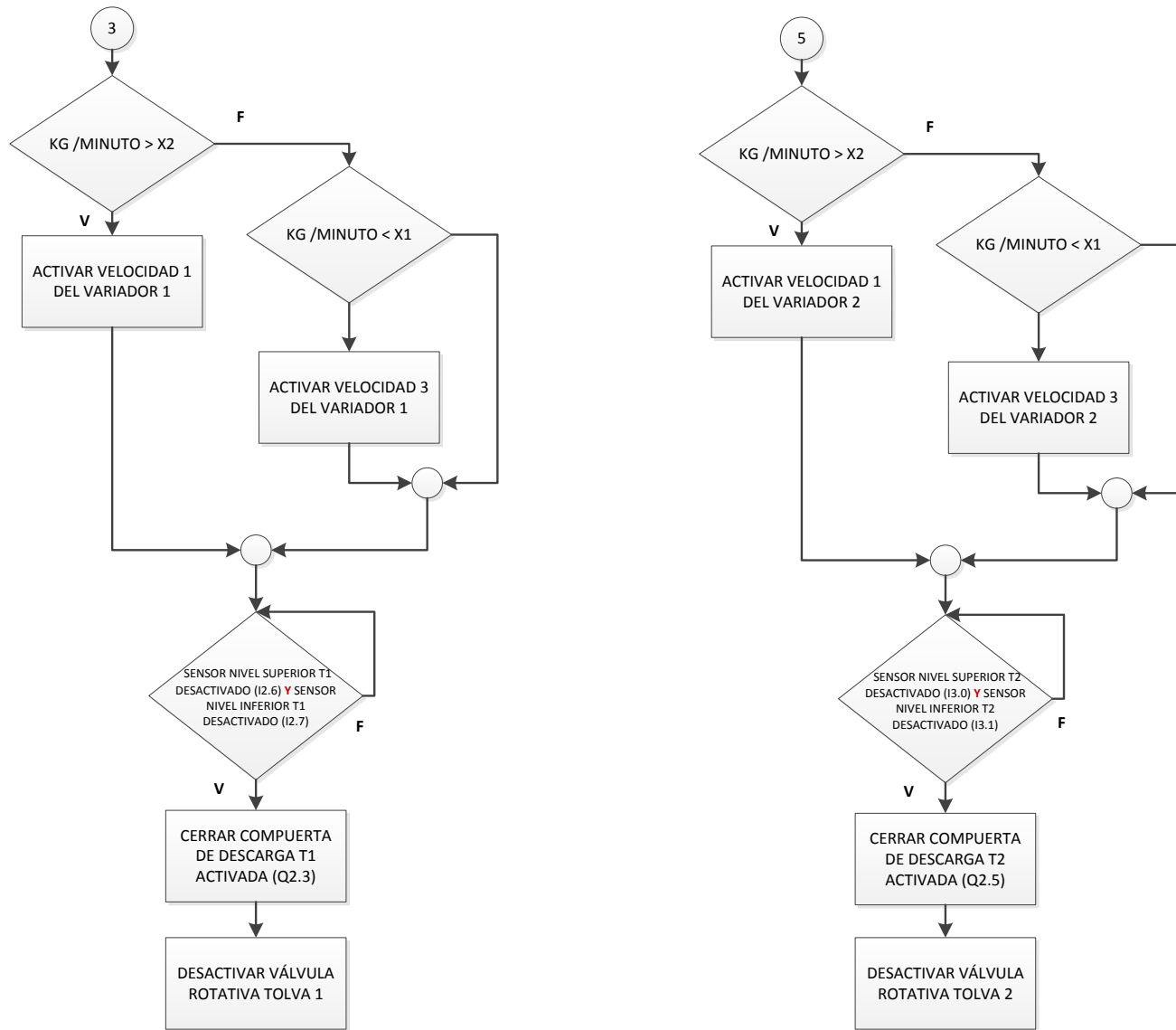


Fig. 132. Diagrama de programación del PLC parte 3.

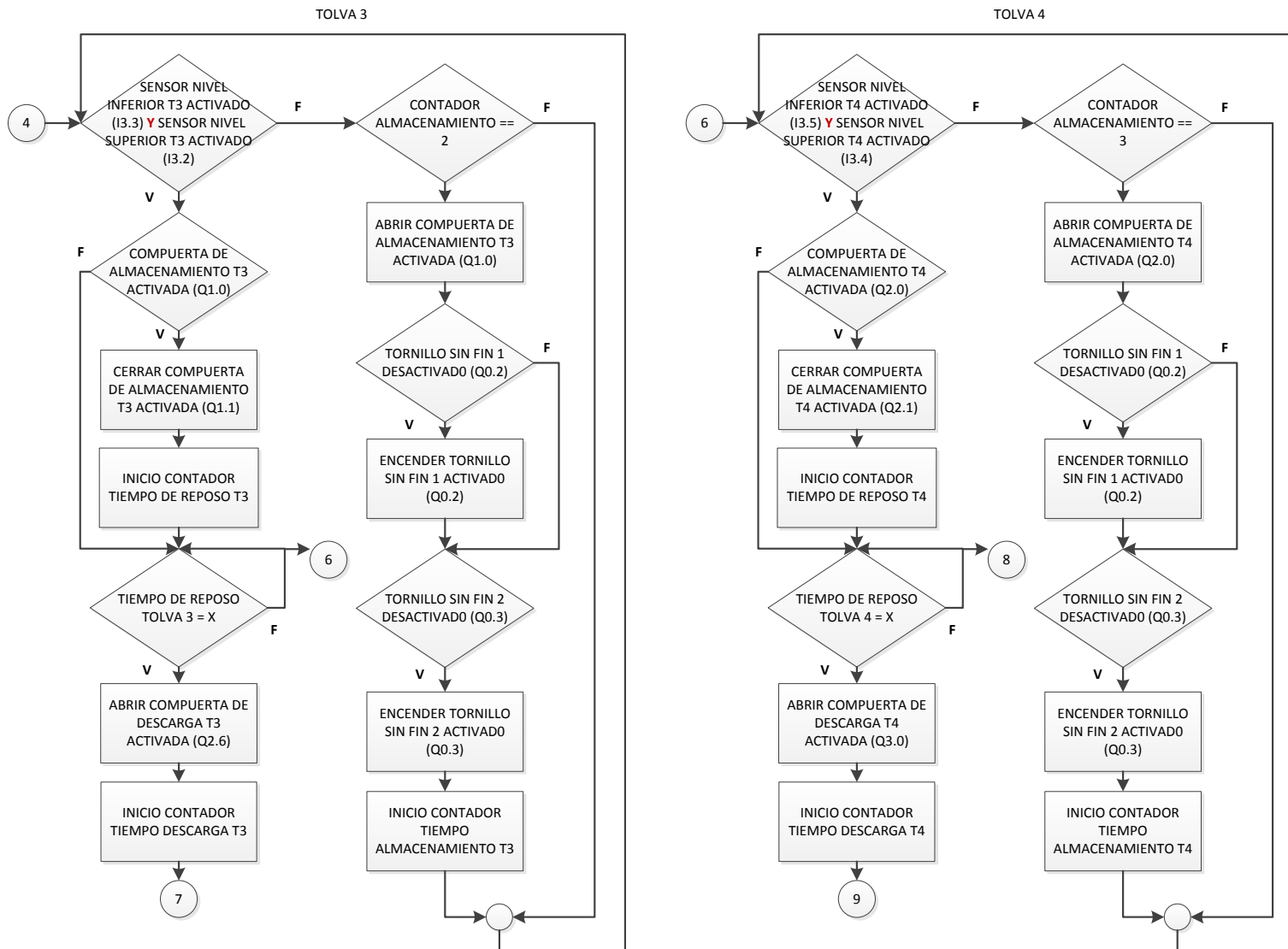


Fig. 133. Diagrama de programación del PLC parte 4.

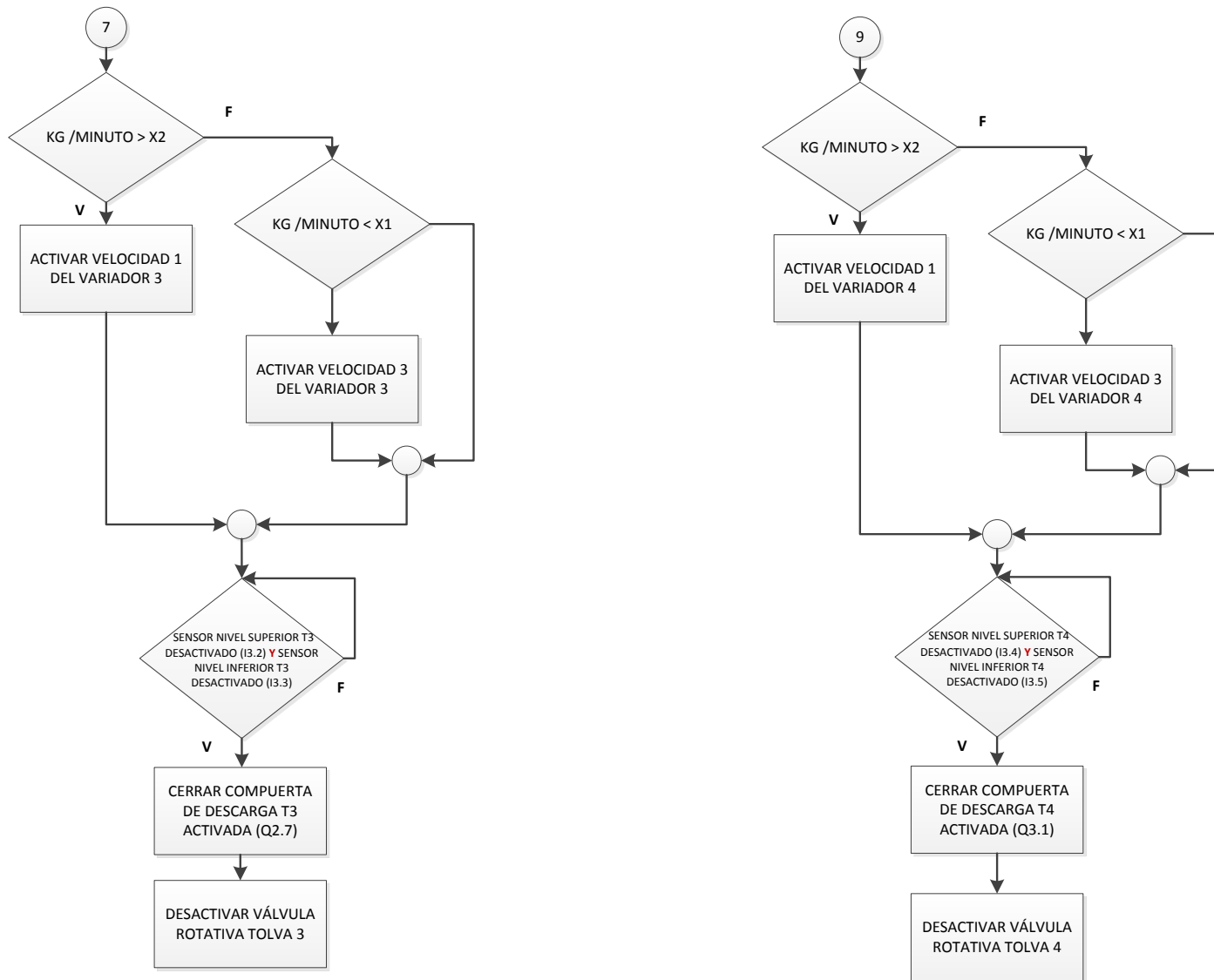


Fig. 134. Diagrama de programación del PLC parte 5.

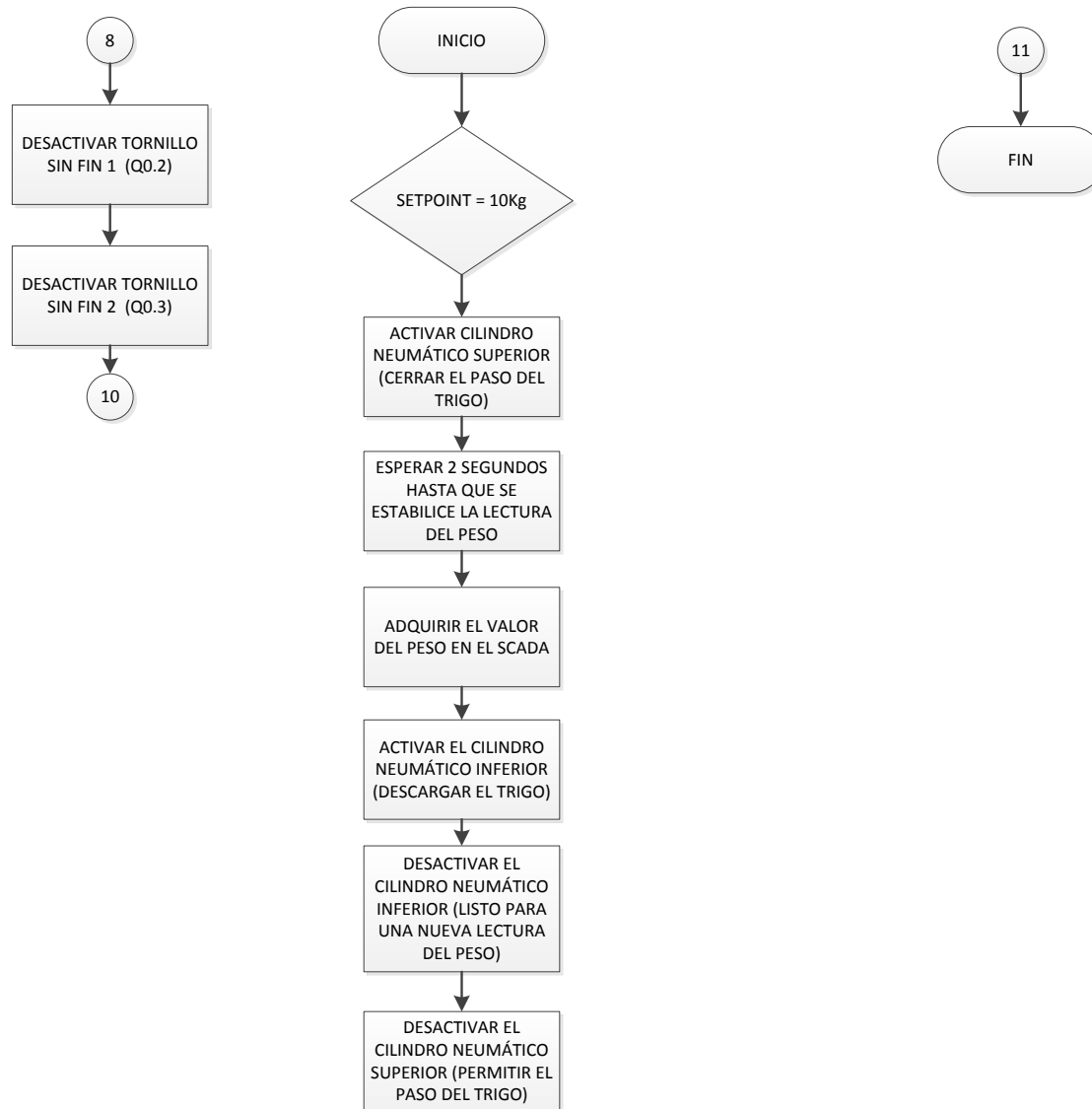


Fig. 135. Diagrama de programación del PLC parte 6.

**ANEXO 38.-** Plano del diagrama de control.

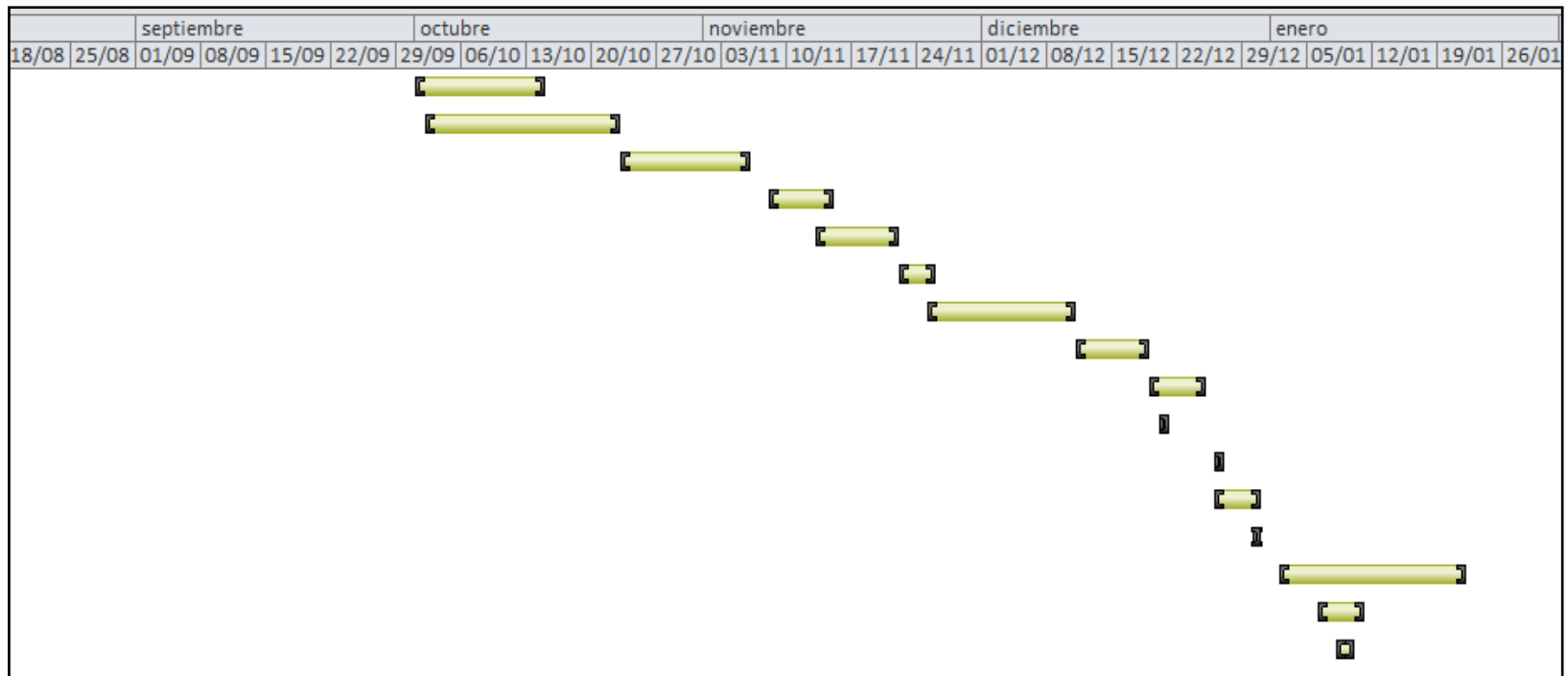


**ANEXO 39.-** Plano del diagrama de potencia.

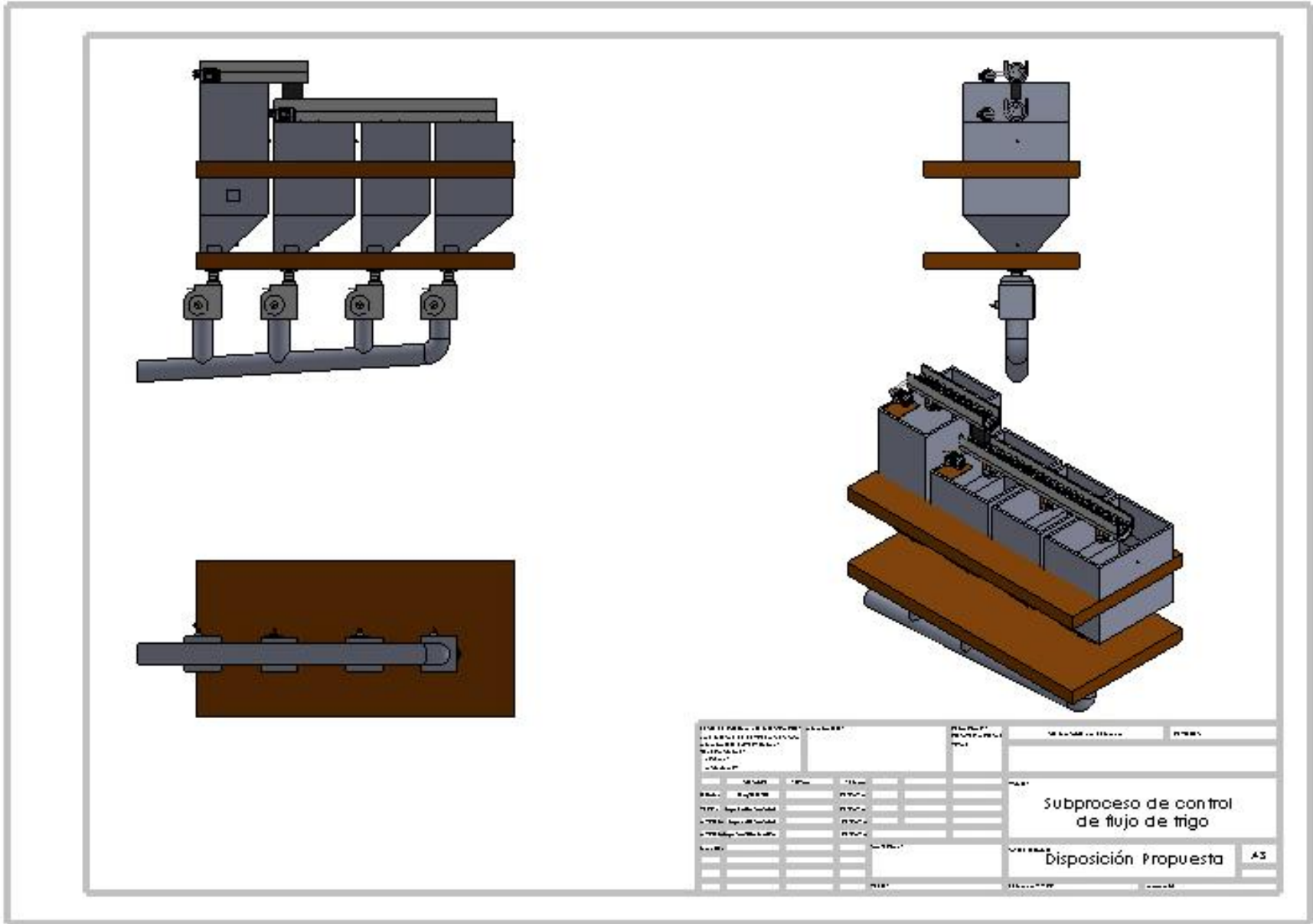
**ANEXO 40.-** Cronograma de actividades de la implementación.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Adquisición del panel de control y materiales para el cableado eléctrico.	10 días	mar 01/10/13	lun 14/10/13
Adquisición de los elementos de mando y protección.	15 días	mié 02/10/13	mar 22/10/13
Montaje del panel de control.	10 días	mié 23/10/13	mar 05/11/13
Conexión del circuito de potencia.	5 días	vie 08/11/13	jue 14/11/13
Adquisición del módulo de expansión de entradas y salidas digitales EM223.	7 días	mié 13/11/13	jue 21/11/13
Cargar los programas de control a los PLCs.	2 días	vie 22/11/13	lun 25/11/13
Conexión del circuito de control.	12 días	lun 25/11/13	mar 10/12/13
Pruebas del circuito de mando para el funcionamiento del dosificador.	6 días	mié 11/12/13	mié 18/12/13
Configuración del Indicador GSE250.	4 días	jue 19/12/13	mar 24/12/13
Mantenimiento de los elementos neumáticos del dosificador.	1 día	vie 20/12/13	vie 20/12/13
Instalación de la aplicación SCADA ejecutable en la PC.	1 día	jue 26/12/13	jue 26/12/13
Configuración de la comunicación serial.	3 días	jue 26/12/13	lun 30/12/13
Pruebas de adquisición de datos del indicador GSE250.	1 día	lun 30/12/13	lun 30/12/13
Adquisición de los sensores de proximidad capacitivos.	14 días	jue 02/01/14	mar 21/01/14
Construcción del mecanismo de prueba piñon cremallera.	5 días	lun 06/01/14	vie 10/01/14
Comunicación entre los PLCs y el "OPC client" del programa en Labview.	2 días	mié 08/01/14	jue 09/01/14
Rediseño de la instalación para el acceso a las tolvas 3 y 4.	15 días	lun 02/06/14	vie 20/06/14
Adquisición del motor para el mecanismo de prueba.	20 días	lun 02/06/14	vie 27/06/14
Adquisición de los finales de carrera Sirius de tipo 3SE5 250-0KC05.	20 días	lun 02/06/14	vie 27/06/14
Adquisición de las válvulas rotativas.	20 días	lun 02/06/14	vie 27/06/14
Adquisición de los motores eléctricos de 1.5 hp para las esclusas.	20 días	lun 02/06/14	vie 27/06/14
Adquisición de los variadores de velocidad SINAMICS G110 - 220 VAC.	20 días	lun 02/06/14	vie 27/06/14
Instalación de las esclusas con sus respectivos motores y variadores.	15 días	vie 27/06/14	jue 17/07/14

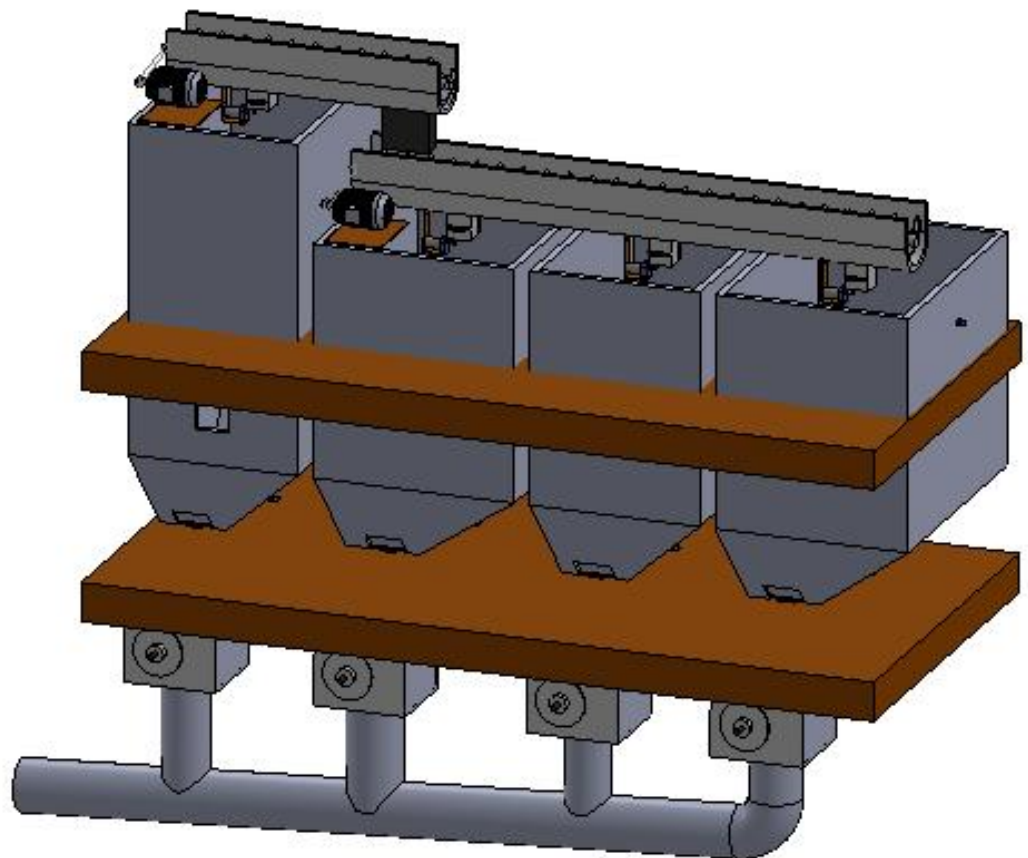
Instalación de los sensores de nivel máximo y mínimo.	5 días	vie 27/06/14	jue 03/07/14
Pruebas del mecanismo piñon cremallera con el motor.	8 días	lun 30/06/14	mié 09/07/14
Orden de fabricación de los mecanismos para las compuertas de almacenamiento y descarga de las tolvas.	15 días	mar 08/07/14	lun 28/07/14
Adquisición de los motores para los mecanismos.	20 días	mar 08/07/14	lun 04/08/14
Instalación de los mecanismos piñon cremallera.	15 días	sáb 09/08/14	jue 28/08/14
Acometida al tablero central de control desde los elementos y equipos.	5 días	vie 29/08/14	jue 04/09/14
Pruebas del sistema automatizado.	8 días	mié 10/09/14	vie 19/09/14



**ANEXO 41.-** Plano de la disposición física de los elementos de control en el subproceso.



[Escribir texto]



LISTA DE PARTES DE LA SUBPROCESO DE CONTROL DE FUJO DE TRIGO				DESCRIPCION		CANTIDAD	
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD		
1	VALVULA DE CONTROL DE FUJO DE TRIGO	UNIDAD	1				
2	ACTUADOR	UNIDAD	4				
3	PLACA DE MONTAJE	UNIDAD	1				
4	POSTE DE SOPORTE	UNIDAD	4				
5	PIPE DE MONTAJE	UNIDAD	1				
6	CONEXION	UNIDAD	4				
7	CONEXION	UNIDAD	4				
8	CONEXION	UNIDAD	4				
9	CONEXION	UNIDAD	4				
10	CONEXION	UNIDAD	4				
11	CONEXION	UNIDAD	4				
12	CONEXION	UNIDAD	4				
13	CONEXION	UNIDAD	4				
14	CONEXION	UNIDAD	4				
15	CONEXION	UNIDAD	4				
16	CONEXION	UNIDAD	4				
17	CONEXION	UNIDAD	4				
18	CONEXION	UNIDAD	4				
19	CONEXION	UNIDAD	4				
20	CONEXION	UNIDAD	4				
21	CONEXION	UNIDAD	4				
22	CONEXION	UNIDAD	4				
23	CONEXION	UNIDAD	4				
24	CONEXION	UNIDAD	4				
25	CONEXION	UNIDAD	4				
26	CONEXION	UNIDAD	4				
27	CONEXION	UNIDAD	4				
28	CONEXION	UNIDAD	4				
29	CONEXION	UNIDAD	4				
30	CONEXION	UNIDAD	4				
31	CONEXION	UNIDAD	4				
32	CONEXION	UNIDAD	4				
33	CONEXION	UNIDAD	4				
34	CONEXION	UNIDAD	4				
35	CONEXION	UNIDAD	4				
36	CONEXION	UNIDAD	4				
37	CONEXION	UNIDAD	4				
38	CONEXION	UNIDAD	4				
39	CONEXION	UNIDAD	4				
40	CONEXION	UNIDAD	4				
41	CONEXION	UNIDAD	4				
42	CONEXION	UNIDAD	4				
43	CONEXION	UNIDAD	4				
44	CONEXION	UNIDAD	4				
45	CONEXION	UNIDAD	4				
46	CONEXION	UNIDAD	4				
47	CONEXION	UNIDAD	4				
48	CONEXION	UNIDAD	4				
49	CONEXION	UNIDAD	4				
50	CONEXION	UNIDAD	4				
51	CONEXION	UNIDAD	4				
52	CONEXION	UNIDAD	4				
53	CONEXION	UNIDAD	4				
54	CONEXION	UNIDAD	4				
55	CONEXION	UNIDAD	4				
56	CONEXION	UNIDAD	4				
57	CONEXION	UNIDAD	4				
58	CONEXION	UNIDAD	4				
59	CONEXION	UNIDAD	4				
60	CONEXION	UNIDAD	4				
61	CONEXION	UNIDAD	4				
62	CONEXION	UNIDAD	4				
63	CONEXION	UNIDAD	4				
64	CONEXION	UNIDAD	4				
65	CONEXION	UNIDAD	4				
66	CONEXION	UNIDAD	4				
67	CONEXION	UNIDAD	4				
68	CONEXION	UNIDAD	4				
69	CONEXION	UNIDAD	4				
70	CONEXION	UNIDAD	4				
71	CONEXION	UNIDAD	4				
72	CONEXION	UNIDAD	4				
73	CONEXION	UNIDAD	4				
74	CONEXION	UNIDAD	4				
75	CONEXION	UNIDAD	4				
76	CONEXION	UNIDAD	4				
77	CONEXION	UNIDAD	4				
78	CONEXION	UNIDAD	4				
79	CONEXION	UNIDAD	4				
80	CONEXION	UNIDAD	4				
81	CONEXION	UNIDAD	4				
82	CONEXION	UNIDAD	4				
83	CONEXION	UNIDAD	4				
84	CONEXION	UNIDAD	4				
85	CONEXION	UNIDAD	4				
86	CONEXION	UNIDAD	4				
87	CONEXION	UNIDAD	4				
88	CONEXION	UNIDAD	4				
89	CONEXION	UNIDAD	4				
90	CONEXION	UNIDAD	4				
91	CONEXION	UNIDAD	4				
92	CONEXION	UNIDAD	4				
93	CONEXION	UNIDAD	4				
94	CONEXION	UNIDAD	4				
95	CONEXION	UNIDAD	4				
96	CONEXION	UNIDAD	4				
97	CONEXION	UNIDAD	4				
98	CONEXION	UNIDAD	4				
99	CONEXION	UNIDAD	4				
100	CONEXION	UNIDAD	4				

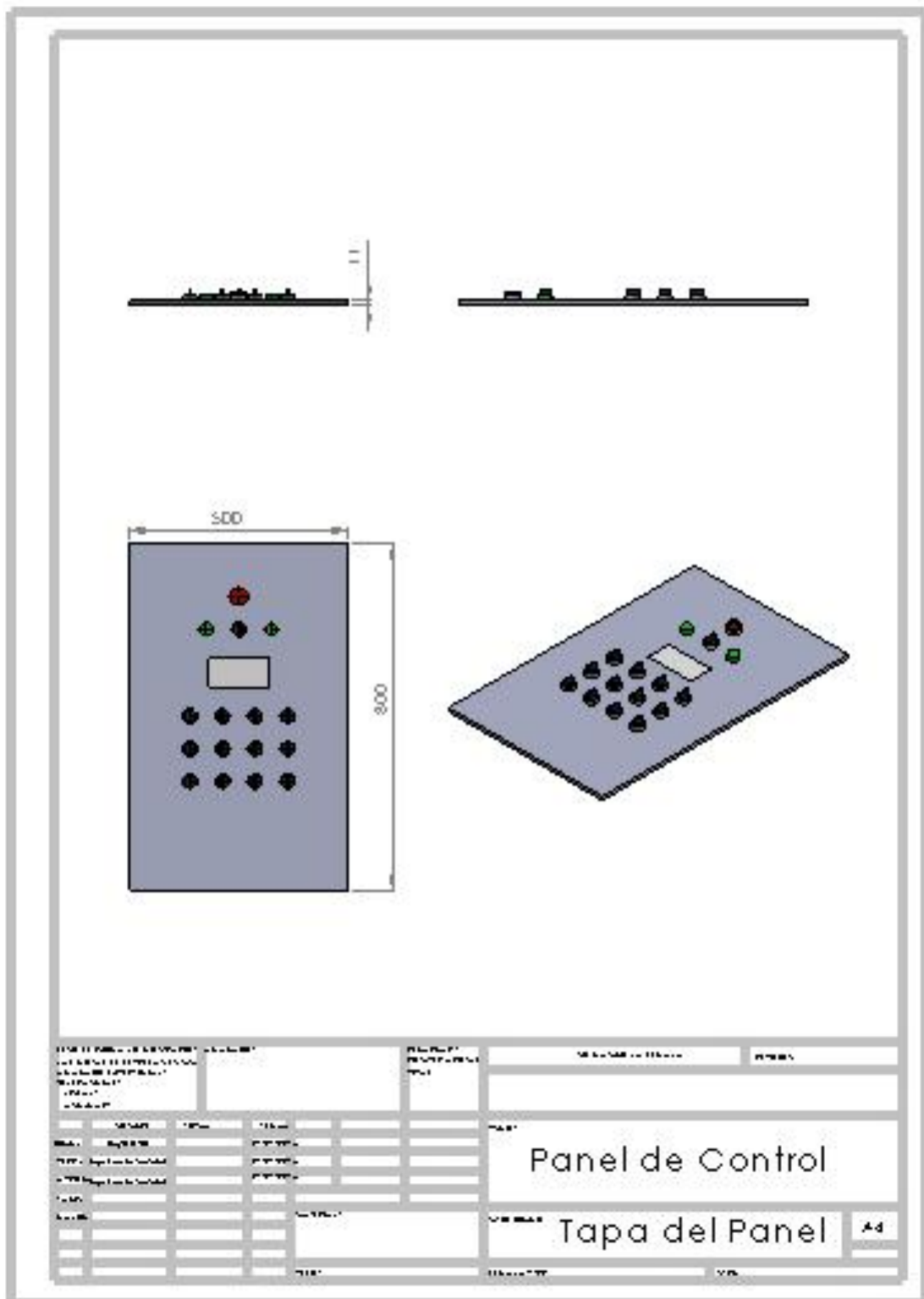
Subproceso de control de fujo de trigo

Vista general

A3

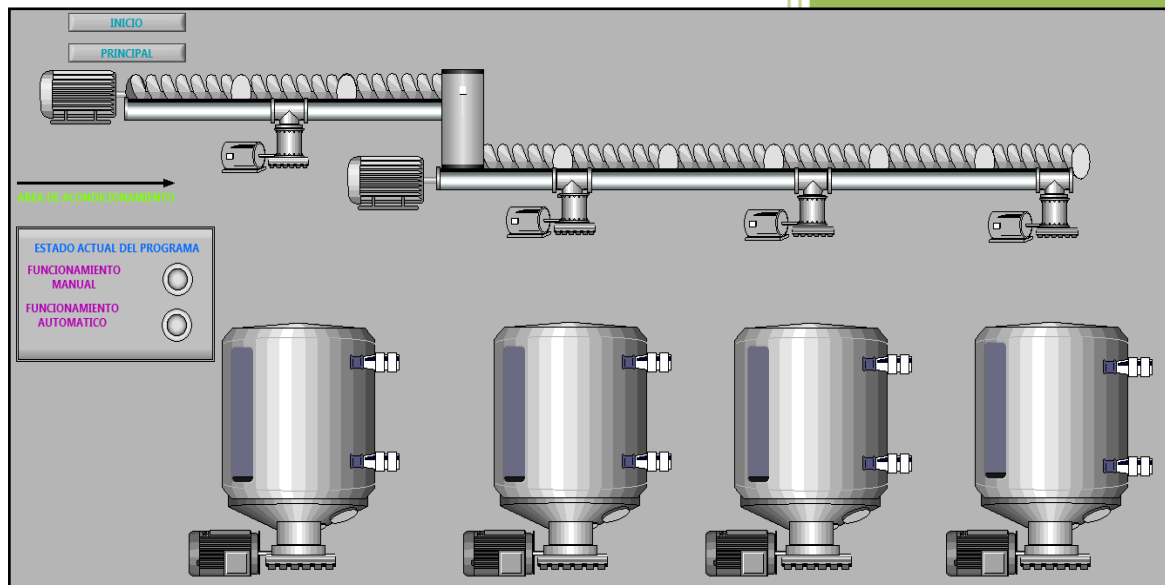
[Escribir texto]

ANEXO 42.- Disposición de los elementos de control en el panel de mando.



# MANUAL DE USUARIO

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DE FLUJO DE TRIGO EN LAS TOLVAS DE LA EMPRESA MOLINOS MIRAFLORES S.A TOLVAS DE LA EMPRESA MOLINOS MIRAFLORES S.A.





## **INTRODUCCION**

El principal objetivo de este trabajo se enmarca en el desarrollo del diseño e implementación integral de un sistema automatizado que contribuya a la mejora del rendimiento y desempeño del proceso de control de flujo de trigo en la empresa Molinos Miraflores S.A.

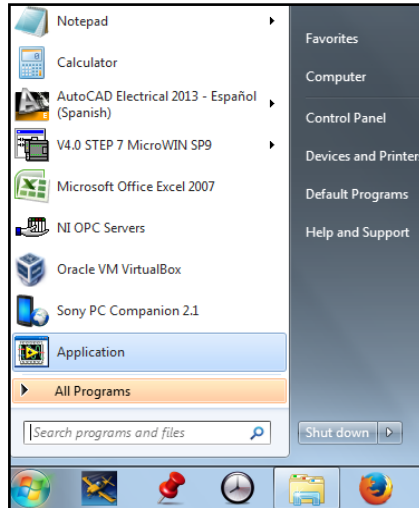
El sistema automatizado permite el control de flujo de trigo en las tolvas de la empresa Molinos Miraflores S.A., mediante el cual se puede intervenir y monitorear automáticamente el proceso desde un lugar central a través de un panel de control y por medio de una interface de usuario, capaz de mostrar información acerca del estado del proceso y representar gráficamente los elementos de control y medida. Además se pueden acceder a los reportes y datos almacenados de las variables relacionadas al control del flujo de trigo.

Este manual de usuario lo puede hacer uso tanto los trabajadores de la empresa como el personal de producción con el fin de facilitar el uso del mismo y solucionar cualquier inconveniente que se pueda generar durante la ejecución del sistema.

## GUIA DE USUARIO

### 1. Ingreso a la interface de usuario.

Para abrir la aplicación (Interface de usuario) del sistema automatizado, seleccione el ícono **Inicio** de la PC y seleccione **Aplicación**. Automáticamente se abre la aplicación la misma que muestra la pantalla de inicio.



### 2. Pantalla de inicio.

Esta es la primera pantalla en la cual el usuario debe registrarse como se indica a continuación:

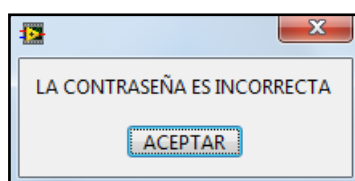
1. Seleccione el tipo de usuario, existe cuatro usuarios que son **administrador**, **turno 1**, **turno 2** y **turno 3** según la jornada de trabajo.
2. Digite la contraseña correspondiente al usuario seleccionado.
3. Finalmente presione el botón ingresar.

#### Nota:

- Cada usuario tiene su respectiva contraseña.
- Si el usuario se registra como administrador, puede controlar, supervisor o monitorear el proceso de producción desde la aplicación.
- Sin embargo si el usuario se registra en el turno 1, 2 y 3, únicamente puede supervisar el sistema, por lo tanto se bloquearán algunas funciones las cuales son solamente decisión del jefe de producción.



Si el usuario y la contraseña son correctos, automáticamente se despliega la *pantalla principal* donde se observa cada uno de los íconos los cuales dan acceso a las demás pantallas de la aplicación. Caso contrario se muestra el siguiente mensaje. Presione *Aceptar* y vuelva a escribir correctamente la contraseña.

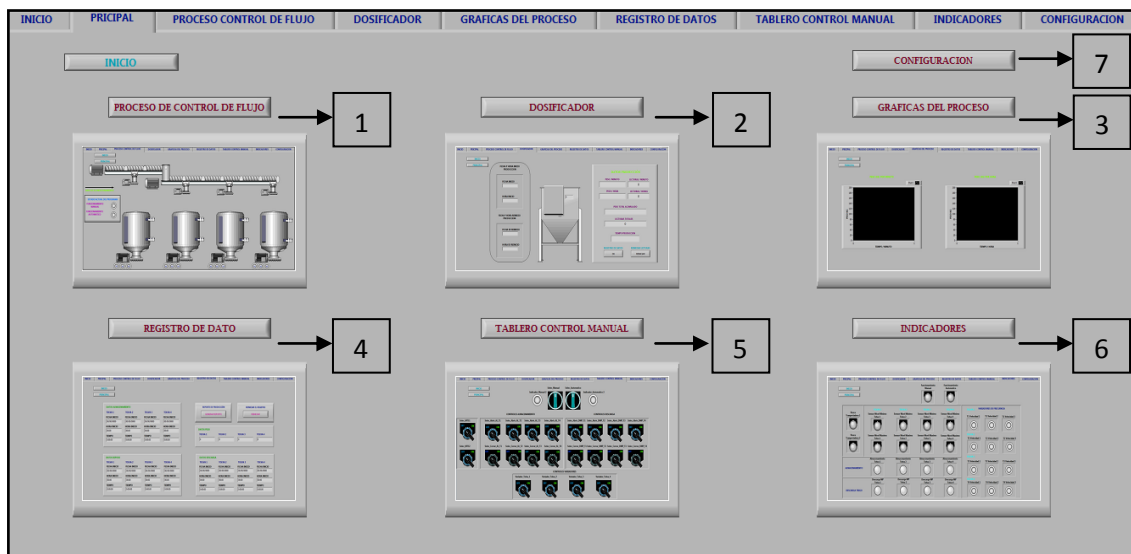


### 3. Pantalla principal.

Desde esta pantalla principal se puede acceder a cada una de las pantallas que se enumeran a continuación:

1. Proceso de Control de Flujo
2. Dosificador
3. Graficas del Proceso
4. Registro de Datos
5. Tablero de Control Manual
6. Indicadores
7. Configuración

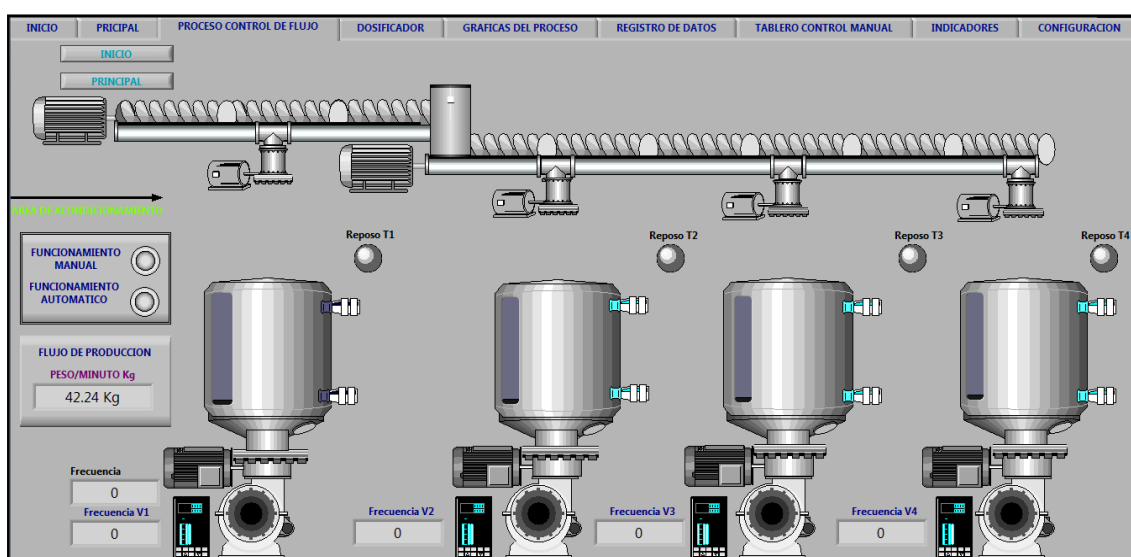
Si el usuario se registra en el turno 1, 2 o 3 no tiene acceso a las pantallas 5 y 7.



#### 4. Pantalla del proceso de control de flujo.

En esta pantalla se visualiza la recepción del trigo previamente tratado y el funcionamiento en tiempo real de cada uno de los elementos, los cuales son:

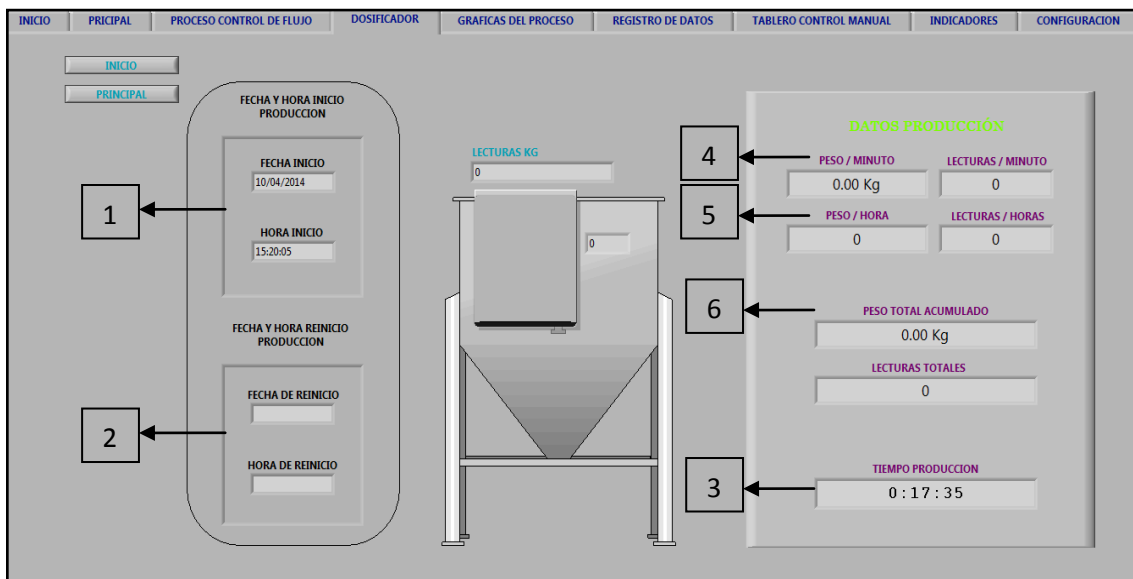
1. Estado actual del sistema Manual/ Automático.
2. Motores de los tonillos sin fin.
3. Funcionamiento de los tornillos sin fin.
4. Distribución del trigo a cada una de las tolvas.
5. Estado actual de los sensores de nivel máximo y mínimo.
6. Funcionamiento de las compuertas de almacenamiento.
7. Funcionamiento de las compuertas de descarga.



## 5. Pantalla del Proceso de dosificación.

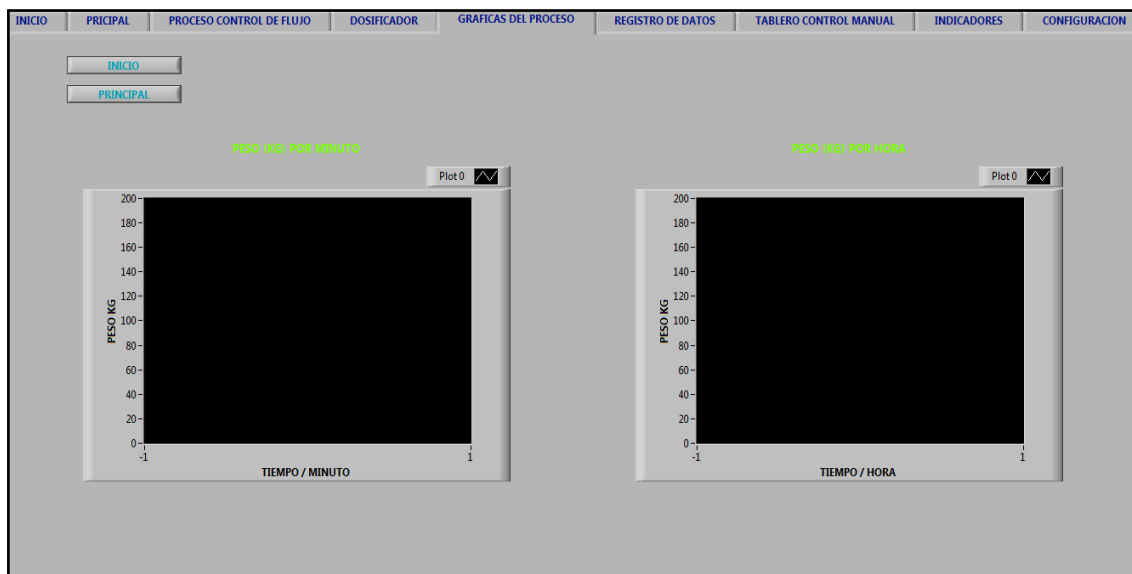
En esta pantalla se muestra el funcionamiento del dosificador, el cual está compuesto por dos cilindros neumáticos que abren o cierran el paso de trigo cada 10 kg, y los datos que se observan en esta pantalla corresponden a:

1. La fecha y hora de inicio de la producción.
2. La fecha y hora del reinicio de la producción.
3. El tiempo de producción transcurrido.
4. La cantidad en kg acumulados y el número de lecturas que se realizan cada minuto de producción.
5. La cantidad en kg acumulados y el número de lecturas que se realizan cada hora de producción.
6. El total en kg y el número de lecturas realizadas desde el inicio de la producción.



## 6. Pantalla de las gráficas del proceso.

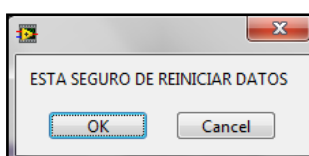
En esta pantalla se muestran las gráficas que representan la cantidad de trigo procesado por minuto y la cantidad de trigo procesado por hora respectivamente, a partir de estos datos se determina el flujo de trigo actual el cual se compara con el flujo de trigo estándar, para modificar o regular la velocidad del suministro de trigo que proviene de las tolvas de almacenamiento y así se consigue un flujo de trigo estable y continuo, con esto se logra reducir los paros del proceso.

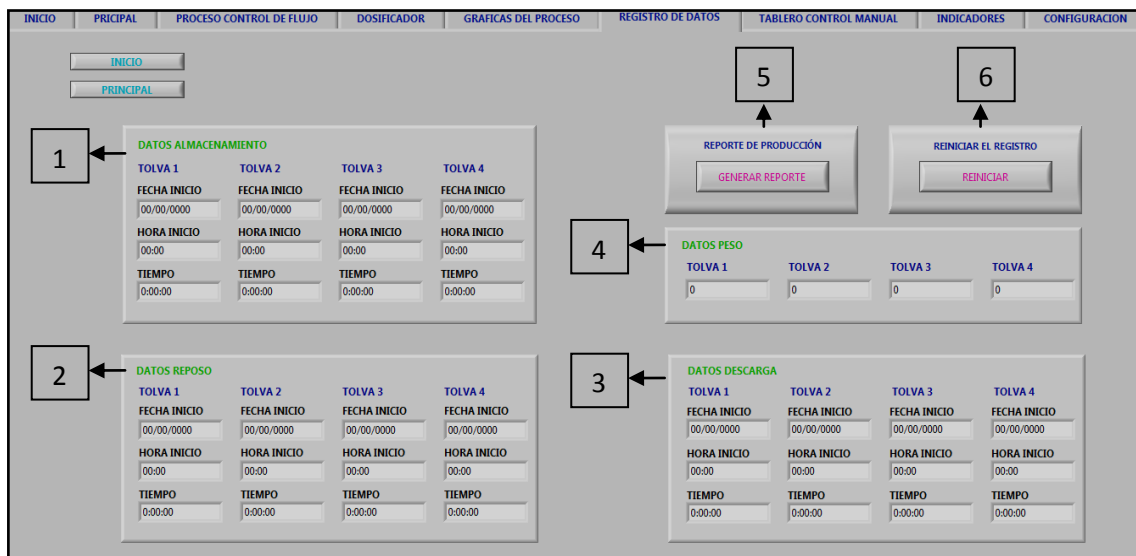


## 7. Pantalla de registro de datos.

En esta pantalla se visualiza los siguientes datos de producción los cuales se mencionan a continuación:

1. En el recuadro *datos almacenamiento* se indica la fecha y hora de inicio y el tiempo que tarda en almacenarse cada una de las tolvas.
2. En el recuadro *datos reposo* se indica la fecha y hora de inicio y el tiempo que lleva de reposo el trigo de cada una de las tolvas.
3. En el recuadro *datos descarga* se indica la fecha y hora de inicio y el tiempo que tarda en descargarse el trigo de cada una de las tolvas hacia el proceso de molienda.
4. En el recuadro *datos peso* se muestra el peso en kg con el que fue almacenado cada una de las tolvas.
5. Al presionar el botón *Generar Reporte* de la pantalla, se abre automáticamente la base de datos, y su funcionamiento se indica posteriormente.
6. Al presionar el botón *Reiniciar*, se borran los datos de la base de datos, pero antes aparece el siguiente recuadro de información para confirmar que los datos se borrarán.

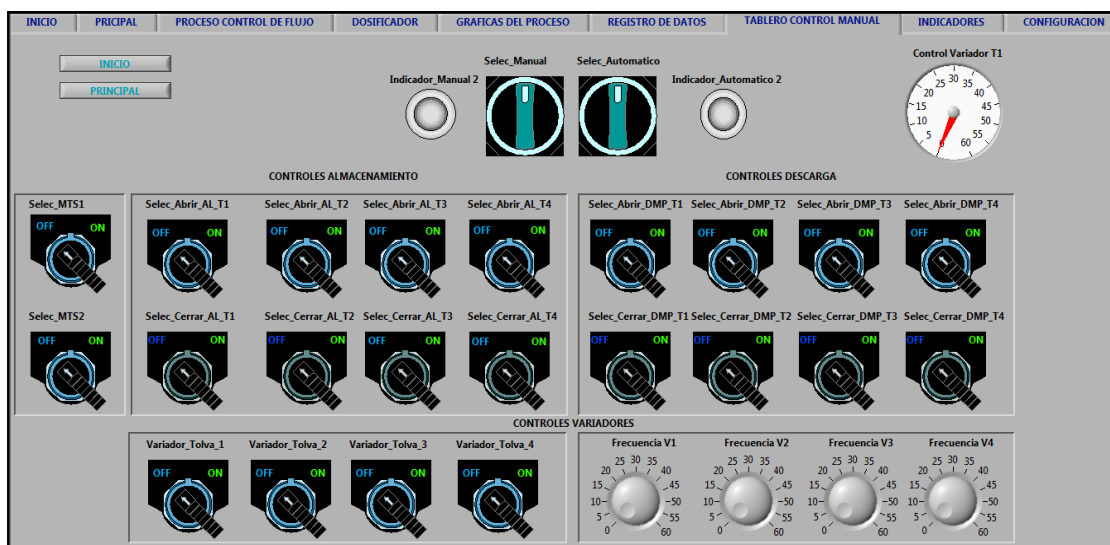




## 8. Pantalla del tablero de control manual.

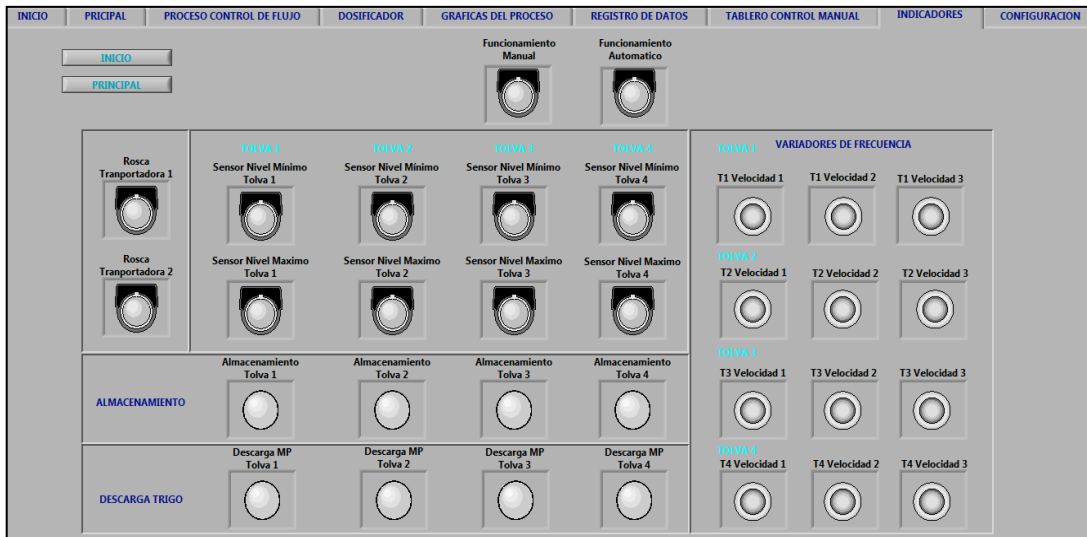
En esta pantalla se representan los elementos de control a través de los cuales se puede manipular el estado de cada una de los elemento en las salidas del PLC. Estos controles se pueden utilizar únicamente cuando el proceso este en modo manual, y tiene el mismo funcionamiento que el panel de control, además el usuario registrado como *administrador* es el único que podrá acceder a esta pantalla.

Se puede controlar el estado manual y automático del sistema, el funcionamiento del primer y segundo tornillo sin fin, así como también la apertura o cierre de las compuertas de almacenamiento y descarga de trigo, además el encendido de los variadores que activan el funcionamiento de las esclusas.



## 9. Pantalla de indicadores.

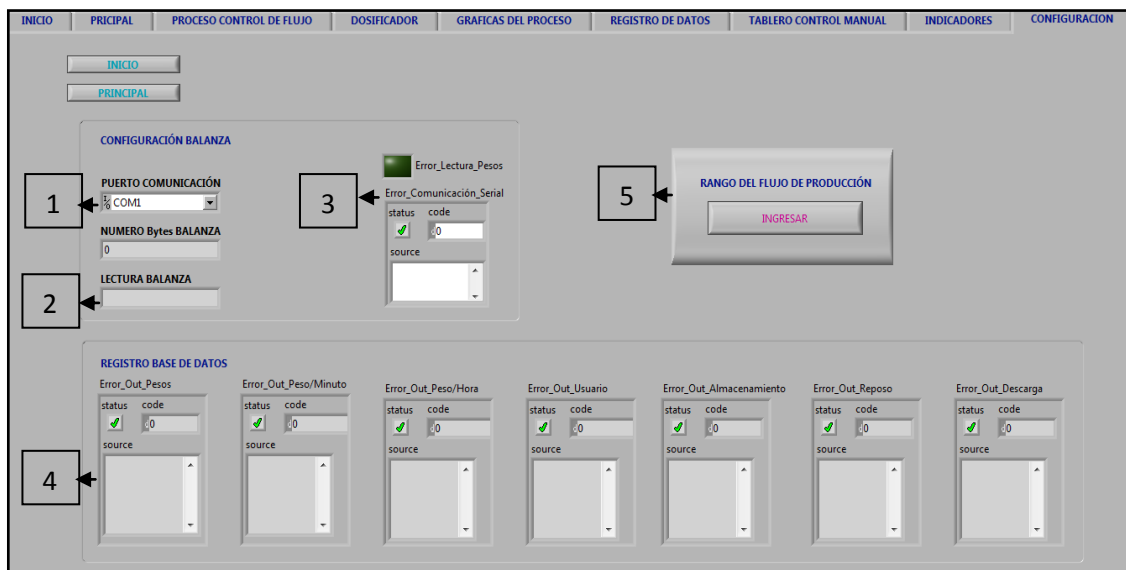
En esta pantalla se puede conocer y visualizar el estado de los elementos que están operando en el proceso de control de flujo del trigo en cualquier momento.



## 10. Pantalla de configuración.

En esta pantalla realice las siguientes configuraciones:

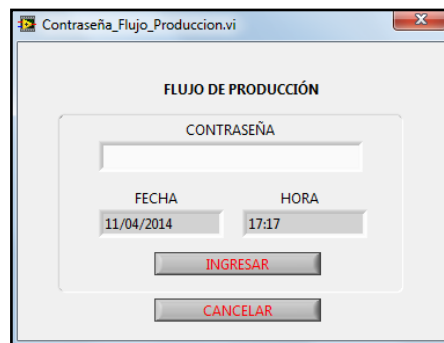
- 1 Seleccione COM1 para el puerto de comunicación.
- 2 Verifique que se esté leyendo la trama enviada por el indicador GSE250.
- 3 Verifique que no exista error en la comunicación serial.
- 4 Verifique que los datos se guarden correctamente en la base de datos.



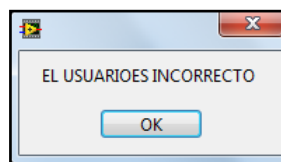


- 5 Seleccione el botón **Ingresar Valores** para especificar los valores del rango de flujo de producción.

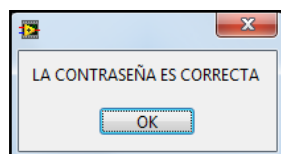
Automáticamente se abre la pantalla de la contraseña del flujo de producción, Si desea ingresar los valores del rango de producción, ingrese la **contraseña** y presione **ingresar**, caso contrario presione **cancelar** y se cerrará la ventana.



En caso de que la contraseña sea incorrecta, aparecerá el siguiente mensaje, seleccione **ok** y vuelva a ingresar la contraseña correctamente.



Cuando la contraseña se haya ingresado satisfactoriamente aparecerá el siguiente mensaje. Seleccione **ok**.



Seguidamente aparecerá la pantalla para ingresar los valores del flujo de producción, ingrese el **valor mínimo** del flujo de producción. Si está de acuerdo con el valor presione **ok**.

Nota:

- El valor mínimo del flujo de producción debe ser mayor que 0.
- Asegúrese de que el valor ingresado sea el adecuado para el flujo de producción.



Después de ingresar correctamente el *valor mínimo*, automáticamente se habilita el recuadro para ingresar el *valor máximo* del flujo de producción. Si está de acuerdo con el valor presione *ok*. Y seguidamente presione ingresar para regresar a la aplicación.



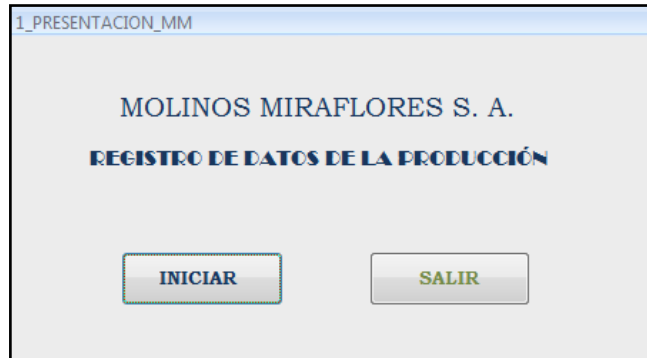
Nota:

- Si desea salir del editor de los valores del flujo de producción presione *cancelar*.
- El valor máximo del flujo de producción no puede ser igual que el valor mínimo
- El valor máximo del flujo de producción no puede ser inferior que el valor mínimo.

## 11. Utilización de la base de datos.

Al presionar el botón *Generar Reporte* de la pantalla de registro de datos de la interface de usuario se abre la base de datos realizada en Microsoft Office Access, y seguidamente se visualiza la pantalla *1\_Presentación\_MM*.

1. Al seleccionar el botón *Iniciar*, sigue a la pantalla *2\_Inicio\_Aplicación\_MM*.
2. Al presionar el botón *Salir*, automáticamente se cierra la base de datos, y regresa a la interface de usuario desarrollada en LabView.



### **Pantalla: 2\_Inicio\_Aplicación\_MM.**

1. En la casilla **usuario** registre el nombre de usuario.
2. En la casilla **contraseña** registre la contraseña correspondiente al usuario ingresado.
3. Una vez que se ingresan los dos campos se habilita el botón **aceptar**. Seleccione **aceptar** para ingresar a la siguiente pantalla.



Nota:

- Existen cuatro tipos de usuarios un **administrador** y tres **operarios**, uno por cada jornada de trabajo, los cuales deben ingresar su misma clave de acceso necesaria para ingresar a la interfaz de usuario en LabView.
- Si desea regresar a la pantalla principal, presione **cancelar**.

### **Pantalla: 3\_Reportes**

Una vez que se ingresa satisfactoriamente a la pantalla **3\_Reportes** es posible acceder a los tres tipos de reportes los cuales son:

1. Reporte de registro de usuario.
2. Reporte de almacenamiento del trigo.
3. Reporte de reposo del trigo.
4. Reporte de descarga del trigo
5. Reporte de flujo de trigo.



### 1. Reporte de registro de usuario.

En este reporte se puede visualizar el tipo de usuario, la fecha y la hora en la que el usuario ingreso a la aplicación del sistema automatizado.

REGISTRO USUARIO		
FECHA	HORA	USUARIO
2023/01/01	00:01	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:02	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:03	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:04	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:05	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:06	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:07	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:08	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:09	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:10	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:11	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:12	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:13	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:14	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:15	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:16	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:17	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:18	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:19	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:20	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:21	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:22	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:23	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:24	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:25	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:26	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:27	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:28	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:29	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:30	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:31	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:32	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:33	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:34	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:35	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:36	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:37	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:38	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:39	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:40	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:41	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:42	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:43	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:44	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:45	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:46	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:47	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:48	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:49	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:50	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:51	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:52	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:53	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:54	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:55	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:56	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:57	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:58	ADMINISTRADOR
2023/01/01	00:59	ADMINISTRADOR
2023/01/01	01:00	ADMINISTRADOR

### Visualización de los datos de producción.

Se tiene dos opciones para la visualización de los datos.

La primera opción se denomina **Informes** en donde el usuario puede acceder a todos los datos registrados desde que empezó el proceso de producción.

La segunda opción son las consultas en donde existen dos tipos de consultas las cuales se describen a continuación:

- **Consulta por fecha:** Al seleccionar la consulta por fecha se genera una nueva ventana para ingresar la fecha de inicio y luego ingresar la fecha de final, una vez que los datos se han ingresado correctamente, se genera el reporte desde los datos especificados.
- **Consulta por hora:** Si se selecciona la consulta por hora, la aplicación solicita la hora de inicio y la hora final para generar el reporte de producción.

## 2. Reporte de almacenamiento del trigo.



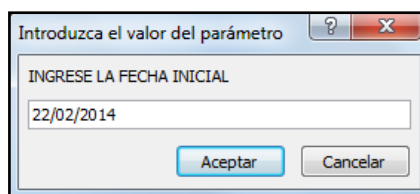
1. Seleccione *generar reporte* para visualizar todos los datos registrados del almacenamiento de trigo.

TIEMPO_ALMACENAMIENTO					
TIPO	FECHA INICIO	HORA INICIO	TIEMPO ALMACENAMIENTO	FECHA FINAL	HORA FINAL
TIPO 1	02/02/2014	14:00	4:00	02/02/2014	18:00
TIPO 2	02/02/2014	14:00	4:00	02/02/2014	18:00
TIPO 3	02/02/2014	14:00	4:00	02/02/2014	18:00
TIPO 4	02/02/2014	14:00	4:00	02/02/2014	18:00
TIPO 1	02/02/2014	14:00	4:00	02/02/2014	18:00
TIPO 2	02/02/2014	14:00	4:00	02/02/2014	18:00
TIPO 3	02/02/2014	14:00	4:00	02/02/2014	18:00
TIPO 4	02/02/2014	14:00	4:00	02/02/2014	18:00
TIPO 1	02/02/2014	14:00	4:00	02/02/2014	18:00
TIPO 2	02/02/2014	14:00	4:00	02/02/2014	18:00
TIPO 3	02/02/2014	14:00	4:00	02/02/2014	18:00
TIPO 4	02/02/2014	14:00	4:00	02/02/2014	18:00

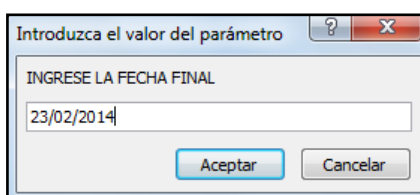
Los datos que se visualizan en el reporte son:

El número de tolva, fecha de inicio, hora de inicio, tiempo de almacenamiento, la fecha de final y la hora final del almacenamiento.

2. Seleccione **consulta por fecha**. Ingrese la fecha de inicio y la fecha final para que se genere el reporte. Ejemplo: DD/MM/AAAA.

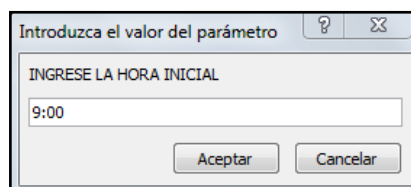


A dialog box titled "Introduzca el valor del parámetro" with a question mark icon and a close button. The main text is "INGRESE LA FECHA INICIAL". Below it is a text input field containing "22/02/2014". At the bottom are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

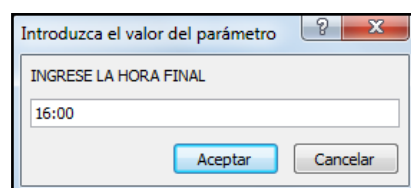


A dialog box titled "Introduzca el valor del parámetro" with a question mark icon and a close button. The main text is "INGRESE LA FECHA FINAL". Below it is a text input field containing "23/02/2014". At the bottom are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

3. Seleccione **consulta por hora**, e ingrese la hora de inicio y la hora final para conocer los datos acerca del almacenamiento en ese día de producción. Ejemplo: HH/MM.



A dialog box titled "Introduzca el valor del parámetro" with a question mark icon and a close button. The main text is "INGRESE LA HORA INICIAL". Below it is a text input field containing "9:00". At the bottom are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".



A dialog box titled "Introduzca el valor del parámetro" with a question mark icon and a close button. The main text is "INGRESE LA HORA FINAL". Below it is a text input field containing "16:00". At the bottom are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

Seleccione **regresar** para ir a la pantalla principal de los reportes. Y acceder a cualquiera de los reportes anteriores.

### 3. Reporte de reposo del trigo.

El funcionamiento del reporte de reposo del trigo es el mismo del reporte de almacenamiento del trigo.

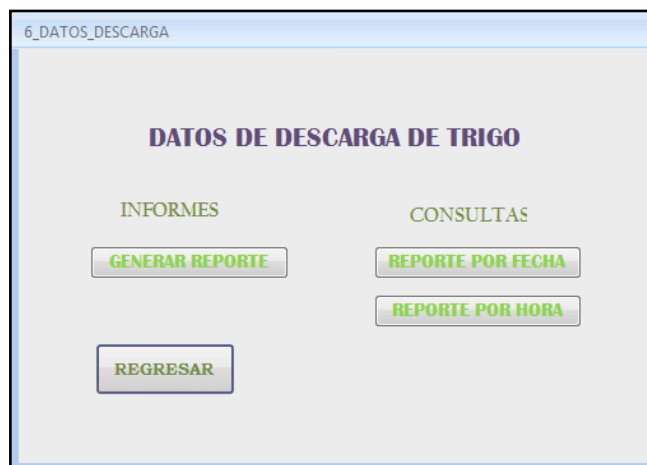


Los datos que se visualizan en el reporte son:

El número de tolva, fecha de inicio, hora de inicio, tiempo de reposo, la fecha final y la hora final del reposo.

REPORTE REPOSO					
TOLVA	FECHA INICIO	HORA INICIO	TIEMPO DE REPOSO	FECHA FINAL	HORA FINAL
TOLVA 1	10/05/2024	16:00	4:00	10/05/2024	16:00
TOLVA 1	10/05/2024	16:00	4:00	10/05/2024	16:00
TOLVA 2	10/05/2024	16:00	4:00	10/05/2024	16:00
TOLVA 3	10/05/2024	16:00	4:00	10/05/2024	16:00
TOLVA 4	10/05/2024	16:00	4:00	10/05/2024	16:00
TOLVA 1	10/05/2024	16:00	4:00	10/05/2024	16:00
TOLVA 2	10/05/2024	16:00	4:00	10/05/2024	16:00
TOLVA 3	10/05/2024	16:00	4:00	10/05/2024	16:00
TOLVA 4	10/05/2024	16:00	4:00	10/05/2024	16:00
TOLVA 1	10/05/2024	16:00	4:00	10/05/2024	16:00
TOLVA 2	10/05/2024	16:00	4:00	10/05/2024	16:00
TOLVA 3	10/05/2024	16:00	4:00	10/05/2024	16:00
TOLVA 4	10/05/2024	16:00	4:00	10/05/2024	16:00

#### 4. Reporte de descarga del trigo.



Los datos que se visualizan en el reporte son:

El número de tolva, fecha de inicio, hora de inicio, tiempo de descarga, la fecha final, la hora final de la descarga y el peso de cada una de las tolvas.

REPORTE DE DESCARGA						
TOLVA	FECHA INICIO	HORARIO INICIO	TIEMPO DE DESCARGA	FECHA FINAL	HORARIO FINAL	PESO KG
TOLVA1	10/01/2014	1400	4:20	10/01/2014	1800	18100
TOLVA1	10/01/2014	1400	4:20	10/01/2014	1800	20200
TOLVA2	10/01/2014	1400	4:20	10/01/2014	1800	20200
TOLVA3	10/01/2014	1400	4:20	10/01/2014	1800	19100
TOLVA4	10/01/2014	1400	4:20	10/01/2014	1800	18200
TOLVA1	10/01/2014	1400	4:20	10/01/2014	1800	19100
TOLVA2	10/01/2014	1400	4:20	10/01/2014	1800	20200
TOLVA3	10/01/2014	1400	4:20	10/01/2014	1800	18200
TOLVA4	10/01/2014	1400	4:20	10/01/2014	1800	19100
TOLVA1	10/01/2014	1400	4:20	10/01/2014	1800	19100
TOLVA2	10/01/2014	1400	4:20	10/01/2014	1800	18200
TOLVA3	10/01/2014	1400	4:20	10/01/2014	1800	19100
TOLVA4	10/01/2014	1400	4:20	10/01/2014	1800	20200

## 5. Reporte de flujo del trigo.

3\_PRINCIPAL\_MM

### DATOS DE LA PRODUCCIÓN

INFORMES

**GENERAR REPORTE H**

**GENERAR REPORTE M**

**IMPRIMIR REPORTE**

**REGRESAR INICIO**

CONSULTAS

**CONSULTA POR FECHA**

**CONSULTA POR HORA**

1. El Informe **Generar Reporte H** muestra los datos ya sea de almacenamiento, descarga o flujo de trigo almacenados cada hora.
2. El Informe **Generar Reporte M** muestra los datos ya sea de almacenamiento, descarga o flujo de trigo almacenados cada minuto.
3. El ícono **Imprimir Reporte** manda a imprimir el reporte general de datos.