

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA**

**REINGENIERIA DEL FARINÓGRAFO Y EXTENSÓGRAFO DE LOS
LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS PERTENECIENTE A LA FACULTAD DE CIENCIA E
INGENIERÍA DE ALIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
AMBATO**

DANIEL ALEJANDRO ÁLVAREZ ROBALINO

MARÍA ELIZABETH MACAS GUANOQUIZA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2011

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Proyecto de Grado “Reingeniería del Farinógrafo y Extensógrafo de los laboratorios de investigación en tecnología de alimentos perteneciente a la facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato”, fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Daniel Alejandro Alvarez Robalino y la Srta. María Elizabeth Macas Guanoquiza, bajo nuestra dirección, como requerimiento parcial a la obtención del título de INGENIERO ELECTRÓNICO.

Sangolquí, Abril del 2011.

Ing. Xavier Segovia
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Diego Morillo
CODIRECTOR DEL PROYECTO

RESUMEN

La “Reingeniería del Farinógrafo y Extensógrafo de los laboratorios de investigación en tecnología de alimentos perteneciente a la facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato”, permitió obtener datos digitalizados mediante la utilización de un encoder incremental CUI INC AME-1000V-800K, el mismo que posee dos señales A y B, las cuales son procesadas por una tarjeta de adquisición de datos dedicada, diseñada con un PIC 18F2550, la misma que realiza el conteo de las señales del encoder que representa el cambio angular de la pluma del registrador, dicho dato del contador es enviado hacia la PC mediante una interface USB.

La representación de los datos se visualizara en un HMI diseñado en Visual Basic, en la misma se puede visualizar la gráfica en tiempo real, así como los cálculos tanto del Farinógrafo y Extensógrafo. El HMI también dispone de las siguientes ventanas: calibración y ayuda; además de las opciones de almacenamiento de la gráfica en un archivo BMP, nos permite abrir archivos anteriores y el almacenamiento de los cálculos en una base de datos que fue diseñada en EXCEL.

El dispositivo soluciona problemas de falta de papel de los registradores, problemas del registrador como: pluma mal colocada, atasco del papel y problemas de tinta. Además nos da la ventaja de disponer de todos los datos digitalizados para un mejor manejo del proceso.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos la oportunidad de cumplir con una de nuestras metas y darnos la sabiduría para poder seguir adelante en todos los objetivos que nos propongamos en un futuro.

Un especial agradecimiento a nuestros queridos padres que son un pilar muy importante en nuestras vidas, ya que gracias a su sacrificio constante nos han apoyado en todo lo que necesitamos sin condición alguna, también a nuestra familia por su constante apoyo y preocupación.

Por último a nuestros amigos que han sido un apoyo incondicional, a nuestros profesores que tuvieron la paciencia y sabiduría para enseñarnos, a nuestro director y codirector de tesis quienes nos ayudaron a solucionar todos los problemas que se presentaron en el desarrollo de este proyecto.

*María Elizabeth Macas Guanoquiza
Daniel Alejandro Alvarez Robalino*

DEDICATORIA

Este arduo trabajo lo dedico a mis padres por las facilidades que me brindaron para cumplir mis objetivos, a mi tía Norma y mi tío Miguel quienes fueron como unos padres para mí, acogiéndome en su casa y brindándome todo su apoyo, también a todos mis familiares, amigos y compañeros que siempre estuvieron ahí en los buenos y malos momentos.

Daniel Alejandro Alvarez Robalino

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios por darme la dicha de despertar cada mañana a lado de las personas que más amo, a mis padres ya que gracias al esfuerzo y al apoyo constante que ellos me brindan pude cumplir una meta más en mi vida, a mis hermanos por ser un gran apoyo, a mis abuelitos Sebastián y Josefina por ser uno de los pilares mas importantes de mi vida y a mis tíos que siempre me han apoyado en todas las decisiones que he tomado.

A mis amigos quien han sido un gran apoyo durante toda la carrera y que siempre han estado presentes en los momentos más difíciles de mi vida.

María Elizabeth Macas Guanoquiza.

PRÓLOGO

Los equipos del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos poseen un dispositivo tipo báscula que registra en un papel los datos obtenidos del proceso de medición, estos equipos son de gran utilidad ya que la universidad presta servicio de análisis de calidad de harina a varias industrias y también realizan investigaciones propias.

Debido a la antigüedad de estos equipos y la carencia del papel para los registros a pesar de que los equipos están totalmente funcionales, se vio a la necesidad de digitalizar los datos obtenidos del proceso de medición para lo cual se realizará una reingeniería de los equipos.

Las ventajas que obtendrá el laboratorio son varias entre las más importantes están: ahorro económico, debido al alto costo de que representara la adquisición de nuevos equipos.

Ahorro de tiempo ya que los cálculos se realizaran por computadora y además se podrá almacenar en una base de datos todos los cálculos obtenidos para mejorar la administración de proceso.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación e Importancia.....	3
1.3 Alcance.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo General	6
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO	7
2.1 Descripción actual de los equipos.....	7
2.1.1 Farinógrafo.....	7
2.1.1.1 Características generales.....	8
2.1.1.2 Metodología.....	12
2.1.1.3 Curva de titulación.....	12
2.1.1.4 Curva estándar	15
2.1.2 Extensógrafo.....	16
2.1.2.1 Características generales.....	17
2.1.2.2 Instrucciones para la utilización del Extensógrafo Barbrender.....	18
2.1.2.3 Metodología	20
2.1.2.3 División y moldeo de la masa.....	20
2.1.2.4 Interpretación de Resultados	25

CAPITULO 3

DISEÑO Y DESARROLLO DEL HARDWARE DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS ..27

3.1	Introducción.....	27
3.2	Sistema de adquisición de datos.	28
3.2.1	Especificaciones de las entradas analógicas.	29
3.2.2	El número de canales.	29
3.2.3	Velocidad máxima de muestreo.....	30
3.2.4	Resolución de datos.	30
3.2.5	Mecanismo de muestreo.....	30
3.2.6	Aislamiento eléctrico del dispositivo.	32
3.2.7	Bus de comunicación con la PC.	33
3.2.8	Software controlador o driver para comunicarse con el equipo.	34
3.3	Selección del dispositivo de sensado del Farinógrafo y Extensógrafo.....	34
3.3.1	Encoders.	35
3.3.2	Encoder Incremental.....	37
3.4	Microcontroladores.....	39
3.5	El Bus Serie Universal (USB).....	44
3.6	Diagrama de Bloques del Sistema de Adquisición de Datos del Farinógrafo y Extensógrafo.....	49
3.6.1	Bloque de Sensamiento.....	49
3.6.2	Bloque del microcontrolador.	51
3.6.2.1	Organigrama del Software.....	51
3.6.2.2	Descripción de los Módulos.....	54
3.6.2.2.1	Función principal.	54
3.6.2.2.2	Subrutina interrupción.	54
3.6.3	Bloque de indicadores.	54
3.6.4	Bloque de comunicación.....	55
3.7	Componentes de Hardware utilizados.....	55
3.8	Desarrollo del hardware del sistema de adquisición de datos.	56

CAPITULO 4

DISEÑO Y DESARROLLO DE LA INTERFACE GRÁFICA DE ADQUISICIÓN DE DATOS. (SOFTWARE)	60
4.1 Introducción.....	60
4.2 Software de monitoreo.	60
4.2.1 Sistema HMI.....	61
4.2.1.1 Funciones de un Software HMI	62
4.2.2 Software y lenguajes de programación para el desarrollo de interfaces gráficas.	63
4.2.2.1 Visual Basic 6.0	63
4.2.3 Diseño con Visual Basic.	65
4.2.3.1 Crear una aplicación con Visual Basic.	65
4.2.3.1.1 Creación de un Formulario.....	66
4.2.3.1.2 Agregar Controles al formulario.	67
4.2.3.1.3 Propiedades de los Objetos.	67
4.2.3.1.4 Unir Código a los Objetos.	68
4.3 Diseño de la Interface Gráfica del sistema de adquisición de datos.....	70
4.3.1 Desarrollo de la Interface Gráfica del Farinógrafo y Extensógrafo.....	70
4.3.1.1 Pantalla 1. (Presentación).	71
4.3.1.1.1 Funcionamiento.....	72
4.3.1.2 Pantalla 2. (Pantalla de Control y Monitoreo).	73
4.3.1.2.1 Funciones de la pantalla 2.	76
4.3.1.3 Pantalla 3. (CÁLCULOS).....	77
4.3.1.3.1 Funciones de la Pantalla 3.....	79
4.3.1.4 Pantalla 4. (CONTRASEÑA).	80
4.3.1.4.1 Funciones de la pantalla 4.	81
4.3.1.5 Pantalla 5. (ACERCA DEL FARINÓGRAFO Y EXTENSÓGRAFO).	82
4.3.1.5.1 Funciones de la pantalla 5.	83
4.3.1.6 Pantalla 6. (CALIBRACIÓN).	84
4.3.1.6.1 Funciones de la pantalla 6.	86
4.4 Diseño de la Base de Datos.	87
4.5 Diagrama de flujos de la interfaz gráfica de adquisición de datos. (HMI).....	88

CAPITULO 5

IMPLEMENTACIÓN	91
5.1 Introducción.....	91
5.2 Elaboración de elementos y calibración del dispositivo.	91
5.2.1 Piezas para el Farinógrafo.....	92
5.2.2 Piezas para el Extensógrafo.....	97
5.2.3 Curva de calibración.	100
5.3 Instalación.....	106
5.3.1 Instalación del driver de la tarjeta de adquisición de datos.....	106
5.3.2 Instalación del dispositivo.	109
5.3.2.1 Instalación del dispositivo para el Farinógrafo.	109
5.3.2.2 Instalación del dispositivo para el Extensógrafo.	112
5.3.3 Instalación del software.	115
5.4 Pruebas.	117
5.4.1 Pruebas para el Farinógrafo.....	117
5.4.1.1 Problemas encontrados en el Farinógrafo.	124
5.4.2 Pruebas para el Extensógrafo.	125
5.4.2.1 Problemas encontrados en el Extensógrafo.	132
5.5 Funcionamiento.....	133
5.5.1 Funcionamiento del Software del Farinógrafo.....	133
5.5.2 Funcionamiento del Software del Extensógrafo.....	135
5.5.3 Pasos para realizar la calibración del equipo.	136
5.6 Resultados.	139
5.6.1 Resultados del Farinógrafo.....	139
5.6.2 Resultados del Extensógrafo.....	140

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	143
6.1 Conclusiones.....	143
6.2 Recomendaciones.....	146
ANEXO 1: PROGRAMA DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	149

ANEXO 2: PROGRAMA DEL SOFTWARE DE LA INTERFACE GRAFICA DEL EXTENSÓGRAFO.	153
ANEXO 3: PROGRAMA DEL SOFTWARE DE LA INTERFACE GRAFICA DEL FARINÓGRAFO.	166
ANEXO 4: MANUAL DE USUARIO DEL EXTENSÓGRAFO.	182
ANEXO 5: MANUAL DE USUARIO DEL FARINÓGRAFO.	196
ANEXO 6: DATASHEET PIC 18F2550.....	210
BIBLIOGRAFIA.....	218
GLOSARIO	219

INCIDE DE FIGURAS

Figura. 2.1. Farinógrafo Brabender.....	7
Figura. 2.2. Farinogramas de dos clases de harina de trigo.....	10
Figura. 2.3. Farinogramas de harina de trigo de acuerdo a su fuerza y elasticidad.....	11
Figura. 2.4. Bureta.....	12
Figura. 2.5. Mezclador.....	13
Figura. 2.6. Encendido y apagado de la máquina.....	13
Figura. 2.7. Registrador.....	14
Figura. 2.8. Curva de titulación.	14
Figura. 2.9. Curva de titulación finalizada.	15
Figura. 2.10. Extensógrafo BARBRENDER.....	16
Figura. 2.11. Mezclador-Amazador.	21
Figura. 2.12. Rodillo del extensógrafo.	21
Figura. 2.13. Masa en forma cilíndrica después de pasar por el rodillo.	21
Figura. 2.14. Cilindro de masa a ensayarse	22
Figura. 2.15. Cámara de fermentación.	22
Figura. 2.16. Grapas de Sujeción.....	23
Figura. 2.17. Brazo de extensión.	24
Figura. 2.18. Descenso del gancho con la masa.	24
Figura. 2.19. Curva de titulación.	24
Figura. 2.20. Extensogramas de dos clases de harina de trigo.....	26
Figura. 3.1. Encoder.....	36
Figura. 3.2. Representación gráfica de las señales incrementales A, B, y Z.	37
Figura. 3.3. Representación de las señales incrementales A, B y Z en disco óptico.	38
Figura. 3.4. Arquitectura Von Neumann.....	41
Figura. 3.5. Arquitectura Harvard.....	42
Figura. 3.6. Topología de una conexión USB.	46
Figura. 3.7. Formato del cable USB.....	47
Figura. 3.8. Diagrama de bloques del Sistema de Adquisición de Datos.	49
Figura. 3.9. Diagrama de flujo del Programa Principal.	52
Figura. 3.10. Diagrama de flujo de la Interrupción void_TIMER1_isr.	53
Figura. 3.11. Diagrama electrónico del hardware del sistema de adquisición de datos.....	56
Figura. 3.12. Diagrama de pistas del circuito impreso realizado en ISIS.	57
Figura. 3.13. Prototipo de la tarjeta del Sistema de Adquisición de Datos.	58
Figura. 3.14. Prototipo de la tarjeta de adquisición en circuito impreso.	58
Figura. 3.15. Tarjeta de adquisición de datos con todos los elementos electrónicos.....	59

Figura. 4.1. Sistema básico de monitoreo.....	61
Figura. 4.2. Selección del tipo de proyecto.	66
Figura. 4.3. Controles intrínsecos de Visual Basic.....	67
Figura. 4.4. Ventana de propiedades de un objeto.	68
Figura. 4.5. Ventana de código.	69
Figura. 4.6. Eventos asociados al objeto botón.	69
Figura. 4.7. Pantalla de presentación de la interface gráfica del Farinógrafo.	71
Figura. 4.8. Pantalla de presentación de la interface gráfica del Extensógrafo.....	72
Figura. 4.9. Pantalla de control y monitoreo del Farinógrafo.	75
Figura. 4.10. Pantalla de control y monitoreo del Extensógrafo.	75
Figura. 4.11. Pantalla de Cálculos del Farinógrafo.	78
Figura. 4.12. Pantalla de Cálculos del Extensógrafo.	78
Figura. 4.13. Pantalla de Contraseña.	81
Figura. 4.14. Mensaje de error.	81
Figura. 4.15. Pantalla Final Acerca del Farinógrafo.....	83
Figura. 4.16. Pantalla Final Acerca del Extensógrafo.....	83
Figura. 4.17. Pantalla de Calibración del Farinógrafo.....	85
Figura. 4.18. Pantalla de Calibración del Extensógrafo.....	86
Figura. 4. 19. Diagrama de Flujo del programa.	89
Figura. 4.20. Diagrama de Flujo de la calibración de los equipos.	90
Figura. 5. 1. Base y cilindro de soporte.....	92
Figura. 5.2. Soporte del encoder.....	94
Figura. 5.3. Pieza para el centro de giro del registrador.....	96
Figura. 5.4. Soporte del Encoder.	97
Figura. 5.5. Pieza para el centro de giro del registrador.....	98
Figura. 5.6. Pieza para el centro de giro del registrador.....	99
Figura. 5.7. Curva de calibración del Farinógrafo.	104
Figura. 5.8. Curva de calibración del Extensógrafo.	105
Figura. 5.9. Ventana Nuevo hardware encontrado 1.	107
Figura. 5.10. Ventana Nuevo hardware encontrado 2.	107
Figura. 5.11. Ventana Nuevo hardware encontrado 3.	108
Figura. 5.12. Ventana Nuevo hardware encontrado 4.	108
Figura. 5.13. Estructura del encoder en el soporte.	109
Figura. 5.14. Colocar soporte en la Base.....	110
Figura. 5.15. Pieza del centro de giro en el registrador.	110
Figura. 5.16. Colocar Base en el equipo.	111
Figura. 5.17. Colocar disco del encoder.	111
Figura. 5.18. Ajustar encoder al soporte.	112
Figura. 5.19. Pieza del centro de giro en el registrador.	113
Figura. 5.20. Ajustar soporte al equipo.	113

Figura. 5.21. Colocar disco del Encoder.	114
Figura. 5.22. Ventana de Instalación.	115
Figura. 5.23. Icono de Instalación.	115
Figura. 5.24. Ventana de Instalación 2.	116
Figura. 5.25. Ventana de Instalación 3.	116
Figura. 5.26. Amasadora y Encendido del Farinógrafo.	117
Figura. 5.27. Bureta.....	118
Figura. 5.28. Ventana de Control y Monitoreo.	118
Figura. 5.29. Primera gráfica del Programa del Farinógrafo.....	119
Figura. 5.30. Segunda gráfica del Programa del Farinógrafo.....	120
Figura. 5.31. Grafica obtenida del registrador.....	120
Figura. 5.32. Tercera gráfica del Programa del Farinógrafo.....	121
Figura. 5.33. Gráfica obtenida del registrador.....	122
Figura. 5.34. Cuarta gráfica del Programa del Farinógrafo.	123
Figura. 5.35. Gráfica obtenida del registrador.....	123
Figura. 5.36. Grapas de Sujeción.....	125
Figura. 5.37. Pantalla de Control y Monitoreo del Extensógrafo.	126
Figura. 5.38. Gráfica del Programa del Extensógrafo.....	127
Figura. 5.39. Gráfica del Programa del Extensógrafo.....	128
Figura. 5.40. Gráfica obtenida del registrador.....	128
Figura. 5.41. Gráfica del Programa del Extensógrafo.....	129
Figura. 5.42. Gráfica obtenida del registrador.....	130
Figura. 5.43. Gráfica del Programa del Extensógrafo.....	131
Figura. 5.44. Gráfica del Programa del Extensógrafo.....	131
Figura. 5.45. Pluma del Registrador colocada en cero.	133
Figura. 5.46. Encendido del Farinógrafo.....	134
Figura. 5.47. Pluma del Registrador colocada en cero.	135
Figura. 5.48. Masa de harina en las grapas de sujeción.	136
Figura. 5.49. Pluma del Registrador colocada en cero.	136
Figura. 5.50. Pluma del Registrador colocada en cien.	137
Figura. 5.51. Mensaje de error de calibración.....	138
Figura. 5.52. Resultado de la primera gráfica del Farinógrafo.....	139
Figura. 5.53. Resultado de la segunda gráfica del Farinógrafo.	140
Figura. 5.54. Resultado de la primera gráfica del Extensógrafo.....	141
Figura. 5.55. Resultado de la segunda gráfica del Extensógrafo.	141

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Especificaciones Eléctricas.....	50
Tabla 3.2. Especificaciones mecánicas.	50
Tabla 3.3. Asignación de Terminales.....	50
Tabla 3.4. Dispositivos electrónicos del hardware de adquisición de datos.....	55
Tabla. 4.1. Controles internos de la pantalla 1.....	71
Tabla. 4.2. Controles internos de la pantalla 2.....	73
Tabla. 4.3. Controles internos de la escala de la pantalla 2 del Extensógrafo.	74
Tabla. 4.4. Funciones de la Barra de Herramientas.	76
Tabla. 4.5. Controles internos de la pantalla 3.....	77
Tabla. 4. 6. Controles internos de la Pantalla 4.	80
Tabla. 4.7. Controles internos de la Pantalla 5.	82
Tabla. 4. 8. Controles internos de la pantalla 6.....	84
Tabla. 5.1. Valores del Farinógrafo.....	100
Tabla. 5.2. Valores del Farinógrafo.....	101
Tabla. 5.3. Valores del Farinógrafo.....	102
Tabla. 5.4. Valores del Extensógrafo.....	102
Tabla. 5.5. Valores del Extensógrafo.....	103
Tabla. 5.6 Los cálculos obtenidos en Excel.....	140
Tabla. 5.7. Los cálculos obtenidos en Excel.....	142

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.

Los Laboratorios de Investigación en Tecnología de Alimentos perteneciente a la Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, se dedican al análisis e investigación de diversos productos alimenticios procesados y no procesados, para mejorar sus propiedades ó encontrar nuevos usos de los mismos. Los laboratorios de la universidad disponen de los siguientes equipos:

El farinógrafo mide y registra la consistencia de la masa de cualquier tipo de harina en UB (unidades brabender o farinográficas), mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y la absorción del agua necesaria para alcanzar está consistencia.

El farinógrafo dispone de un registrador que produce una curva que se imprime sobre un papel. Esta curva reproduce un conjunto de características de la calidad de la harina. La curva aumenta hasta un máximo de consistencia a medida que las proteínas de la harina forman el gluten (Proteína de la reserva nutritiva que se encuentra en las semillas de las gramíneas junto con el almidón) y cae la curva a medida que éste pierde resistencia por el amasado continuo.

Los valores que normalmente se determinan con el análisis farinográfico de la curva obtenida son:

- **Tiempo de Llegada**, es el tiempo en minutos requerido por la curva para alcanzar la línea de las 500 unidades Brabender. Esto nos da el promedio de hidratación de la harina.
- **Tiempo Pico**, es el tiempo en minutos requerido por la harina para alcanzar el desarrollo total, o la máxima curva. Esto nos indica el tiempo óptimo de mezclado de la masa.
- **Tiempo de Salida**, es el tiempo en minutos en el cual la curva deja las 500 unidades Brabender.
- **Tiempo de Estabilidad**, es el intervalo en minutos entre el tiempo de llegada y el tiempo de salida.

El extensógrafo mide la estabilidad de la masa y la resistencia que la misma opone durante el período de reposo en unidades de resistencia a la extensión o extensibilidad (UE). Se utiliza exclusivamente para los trigos blandos y es, particularmente apto para examinar la influencia que tienen algunos agentes mejorantes, como el ácido ascórbico sobre la masa.

Los principales índices que se obtienen de la curva son:

- **Resistencia R**, altura del extensograma (U.E.) correspondientes al punto de base situado a 5cm de distancia del comienzo de la curva.
- **Resistencia R1**, altura máxima de la curva.

- **Extensibilidad E**, corresponde a la longitud de la base desde el comienzo hasta el final del extensograma (mm).
- **Extensibilidad E1**, longitud de la base desde el comienzo de la curva hasta el final del punto correspondiente a la máxima resistencia R1.
- **La resistencia R/E.**
- **Área del extensograma**, fuerza de la masa, área bajo la curva del extensograma.

Estos equipos se encuentran funcionales en su totalidad, el único problema que poseen es la carencia del papel para el registrador, debido a la antigüedad de los equipos no es posible encontrar el papel que necesita dicho registrador, por lo que se restringe la utilización de los mismos sólo para proyectos de investigación impidiendo que los mismos sean utilizados por los estudiantes del establecimiento para realizar prácticas de laboratorio.

1.2 Justificación e Importancia.

Los equipos del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos poseen un dispositivo tipo báscula que registra en un papel los datos obtenidos del proceso de medición, estos equipos son de gran utilidad ya que la universidad presta servicio de análisis de calidad de harina a varias industrias y también realizan investigaciones propias.

Debido a la antigüedad de estos equipos y la carencia del papel para los registros a pesar de que los equipos están totalmente funcionales, se vio a la necesidad de digitalizar los datos obtenidos del proceso de medición para lo cual se realizará una reingeniería de los equipos.

Las ventajas que obtendrá el laboratorio son varias entre las más importantes están: ahorro económico, ya que los equipos se encuentran actualmente funcionales y en buen estado; lo que sería un desperdicio de recursos la adquisición de un equipo nuevo, por lo que se opto por la opción de digitalizar los datos obtenidos por el registrador y prescindir del papel.

Ahorro de tiempo ya que los cálculos se realizaran y presentarán por computadora, lo que evita posibles errores humanos. Además se tiene la ventaja de disponer los valores y gráficas obtenidos del registrador en forma digital y se puede almacenar dichos valores en una base de datos para mejorar la administración de proceso.

Debido a la carencia del papel el uso de los equipos será restringido; con esta reingeniería los equipos podrán ser utilizados tanto para proyectos de investigación y prácticas de laboratorio para los alumnos sin restricción alguna debido a la carencia del papel.

Los problemas presentados por el registrador como: atasco del papel, problemas de tinta, mala colocación de la pluma y del papel del registrador; ya no serán un problema al momento de obtener la curva, ya que gracias a la reingeniería de estos equipos ya no se dependerá del registrador para obtener la curva.

1.3 Alcance.

Para la reingeniería del Farinógrafo y Extensógrafo se utilizará un Encoder rotatorio CUI INC AME-1000V-800K para el sensamiento del registrador; los datos obtenidos serán enviadas a una tarjeta de adquisición dedicada la cuál será diseñada con un PIC 18F2550, el cuál se encargará de procesar y transmitir los datos al PC mediante una interface USB.

Con la utilización del software Visual Basic 6.0 se realizará la programación del HMI, el mismo que presentará gráficas, cálculos y resultados tanto del Farinógrafo como el Extensógrafo.

Los resultados obtenidos (Farinógrafo: Tiempo de llegada, tiempo pico, tiempo de salida, tiempo de estabilidad; Extensógrafo: La resistencia, extensibilidad, relación R/E, área del extensograma) serán almacenados en una base de datos en Exel, y las gráficas serán almacenadas en un archivo BNG, para que posteriormente los mismos puedan ser comparados y analizados para una mejor administración de los procesos.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo General

Realizar la digitalización de datos mediante la reingeniería del Farinógrafo y Extensógrafo.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar el funcionamiento y el proceso de medición del Farinógrafo y Extensógrafo.
- Analizar el sistema de adquisición de datos del Farinógrafo y Extensógrafo, para definir la utilización de una solución comercial o el desarrollo (diseño e implementación) de una solución dedicada.
- Diseñar la Interfaz Hombre Máquina del sistema de adquisición y presentación mediante algún software para la presentación de datos y cálculos.
- Desarrollar una Base de Datos que maneje los respectivos datos y cálculos que se hallen inmersos en los procesos.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción actual de los equipos.

2.1.1 Farinógrafo.¹

El farinógrafo mide y registra la resistencia de una masa durante su mezcla. Con este aparato se puede medir el efecto de compuestos que influyen en la consistencia de una masa, como metabisulfito y proteasa. Una consistencia de aproximadamente 500 UB (Unidades Brabender) es una buena consistencia para la cocción de pan.



Figura. 2.1. Farinógrafo Brabender.

¹ Manual de Usuario del Farinógrafo BRABENDER, Serie #182510, Tipo 810144.

El Farinógrafo (figura 2.1) produce una curva la cual se imprime sobre un papel, esta curva reproduce un conjunto de características de la calidad de la harina. La curva aumenta hasta un máximo de consistencia a medida que las proteínas de la harina forman el gluten (Proteína de la reserva nutritiva que se encuentra en las semillas de las gramíneas junto con el almidón) y cae la curva a medida que éste pierde resistencia por el amasado continuo.

El equipo está compuesto por un amasadora de dos brazos que giran a 55 y 82 rpm, respectivamente, Está conectado a un dinamómetro compensado, cuyos movimientos se transmiten, por un sistema de palancas, con amortiguador de aceite a un dispositivo tipo báscula y este último conectado a un aparato registrador, donde se graba en un papel la resistencia que opone la masa al trabajo mecánico al que se le somete en la amasadora.

La amasadora está dotada con camisa de agua y control termostático para mantenerla a 30°C. Se coloca en la amasadora 50 gramos de harina y, con una bureta, se va añadiendo agua hasta conseguir la absorción correcta, lo cual ocurre cuando la curva que señala en el registrador alcanza la línea 500 U.B (unidades brabender o farinográficas, 1 U.B es la altura de 0,18 mm en el papel del registrador; 500 U.B es igual a la altura de 90 mm desde el punto cero que señala el registrador del equipo). Luego se toma una muestra nueva de harina y se comienza el amasado, al tiempo que se registra en el farinógrafo la evolución de la masa y la resistencia que opone al amasado. Esta operación se prolonga hasta que la curva muestra síntomas de debilitamiento al caer su valor.

2.1.1.1 Características generales.

Características

- Marca BRABENDER
- Serie #182510
- Tipo 810144

- Cabezal BRANBENDER # 184509
- Tipo T 115
- Serie 8117015
- Color blanco
- Modelo p150-t15
- Adquirido en Diciembre de 1986

Datos Técnicos.

- Dinamómetro: Motor con engranajes de 0.5 H.P, velocidad 31.5 a 63 rpm switchable.
- Escala: 0 – 1000 U.B. Lineal
- Cero Ajustable.
- Amortiguación 0.5 – 5 sec
- Precisión ± 1 % de la escala total.

Registrador.

- Recorrido lateral lineal con switch on/off
- Ancho de la grabación 180 mm.
- Velocidad del papel: 10mm/min
- Temporizador: 1 a 60 minutos ajustable.

Fuente de alimentación.

- 220V, 3 fases 50 cps, 1.75 A
- 380 V, 3 fases 50 cps, 1.1 A.
- 220 V, 3 fases 60 cps, 1,75 A

Máxima desviación permisible en la línea de voltaje ± 10 %.

Dimensiones.

- Largo: 500 mm
- Alto: 500 mm
- Profundidad: 820 mm

- Peso: 105 kg.

Los valores que normalmente se determinan con el análisis farinográfico son:

- **Tiempo de Llegada**, es el tiempo en minutos requerido por la curva para alcanzar la línea de las 500 unidades Brabender. Esto nos da el promedio de hidratación de la harina.
- **Tiempo Pico**, es el tiempo en minutos requerido por la harina para alcanzar el desarrollo total, o la máxima curva. Esto nos indica el tiempo óptimo de mezclado de la masa.
- **Tiempo de Salida**, es el tiempo en minutos en el cual la curva deja las 500 unidades Brabender.
- **Tiempo de Estabilidad**, es el intervalo en minutos entre el tiempo de llegada y el tiempo de salida.

La caída o debilitamiento de la masa o grado de ablandamiento (U.B.) representa la diferencia entre la máxima consistencia y la que se obtiene después de 10-20 minutos.

La clasificación más general se interpreta en la figura 2.2, con dos harinas distintas. Se pueden observar grandes diferencias principalmente en la gran estabilidad de la harina fuerte y el grado de decaimiento pronunciado en la harina débil.

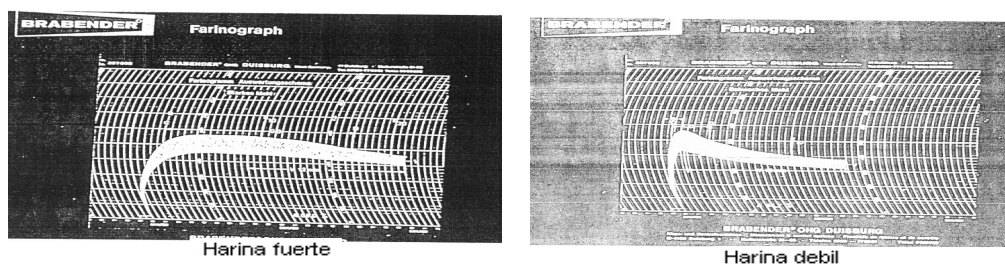


Figura. 2.2. Farinogramas de dos clases de harina de trigo.

En la figura 2.3, se puede observar cómo se clasifican las harinas interpretadas por el farinógrafo. De izquierda a derecha: harinas fuertes y de arriba a abajo: harinas más elásticas (más ancho más elástica).

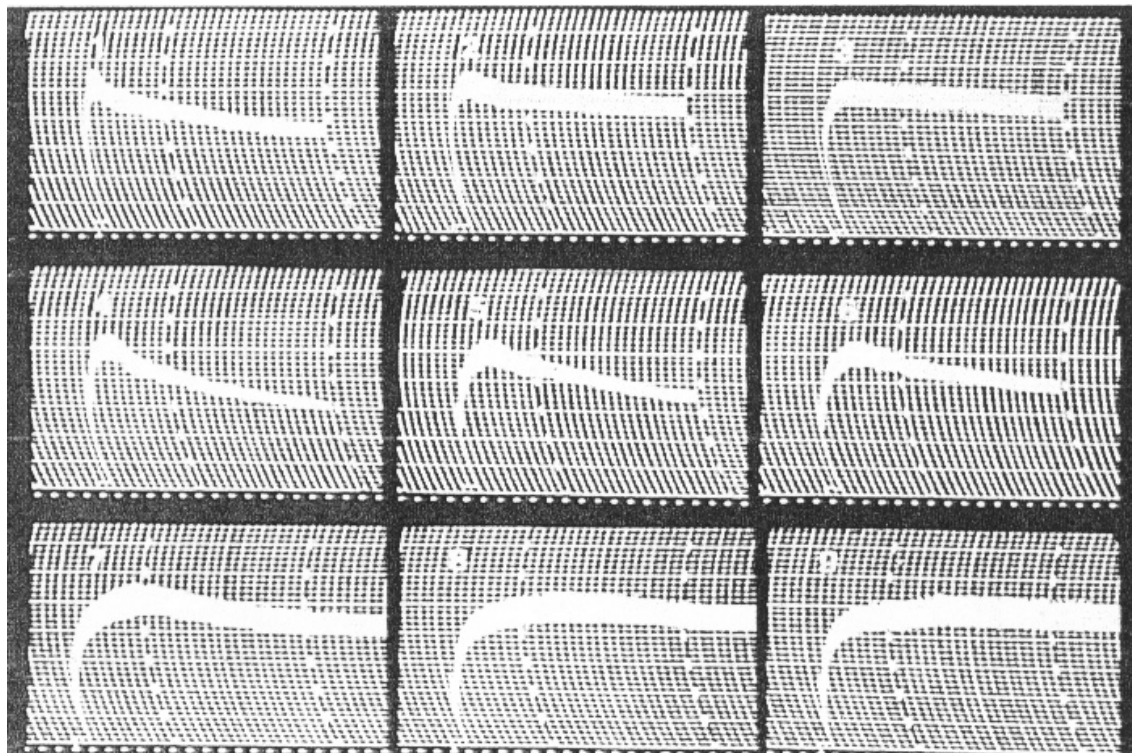


Figura. 2.3. Farinogramas de harina de trigo de acuerdo a su fuerza y elasticidad.

Según Pantenelli (1996) la aptitud de una harina para panificación utilizando los análisis farinográficos se puede evaluar mediante la siguiente clasificación:

- **Calidad óptima:** caída de la masa entre 0 y 30 unidades farinográficas, y una estabilidad superior a 10 minutos.
- **Calidad buena:** caída de la masa entre 30 y 50 unidades y estabilidad no inferior a 7 minutos.
- **Calidad discreta:** caída de la masa entre 50 y 70 unidades farinográficas y estabilidad no inferior a 5 minutos.
- **Calidad mediocre:** caída de la masa entre 70 y 130 unidades farinográficas y estabilidad no inferior a 3 minutos.
- **Calidad baja:** caída superior a 130 unidades farinográficas y estabilidad inferior a 2 minutos.

2.1.1.2 Metodología

Se siguió el método de trabajo recomendado por la casa BRABENDER fabricante del equipo y se efectuaron los siguientes pasos con el fin de obtener la curva de titulación y curva estándar de análisis.

2.1.1.3 Curva de titulación

Para operar el farinógrafo se requiere ajustar la temperatura de la mezcladora a $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y encender la bomba de recirculación de agua al menos una hora antes de utilizar el equipo.

Es necesario hacer una revisión y limpieza previa del equipo, así como verificar las condiciones óptimas del papel y tinta del farinógrafo.

Se determina la humedad de las muestras de harina que van a ser analizadas farinográficamente.

Se llena con agua destilada la bureta como se observa en la figura 2.4, de acuerdo a la capacidad del mezclador utilizado, que es de 50g.



Figura. 2.4. Bureta

Se pesa la harina de acuerdo a su contenido de humedad y se procede a verterla en el mezclador en 2 partes como se observa en la figura 2.5, luego de haber añadido la primera mitad, se pone el equipo en posición "ON"(63 rpm), se lo enciende presionando al mismo tiempo los dos botones de contacto como se muestra en la figura 2.6 y se permite rotar las paletas unos cuantos segundos, se levanta la tapa del mezclador con lo cual se detiene el equipo, se añade el otro 50% de harina y se arranca nuevamente el mismo para dar inicio al ensayo.



Figura. 2.5. Mezclador



Figura. 2.6. Encendido y apagado de la máquina

Transcurrido aproximadamente un minuto (durante el cual se controla la temperatura y se realiza el mezclado de la harina), con el equipo en funcionamiento, se vierte desde la bureta agua destilada (30°C) en una cantidad tal que la línea continua obtenida en el registrador que se observa en la figura 2.7 y que corresponde al desarrollo de la masa que alcanza una consistencia de 500 unidades farinográficas en el punto máximo de desarrollo (el centro de la banda en el punto de máximo desarrollo debe alcanzar la consistencia de 500 U.B.).

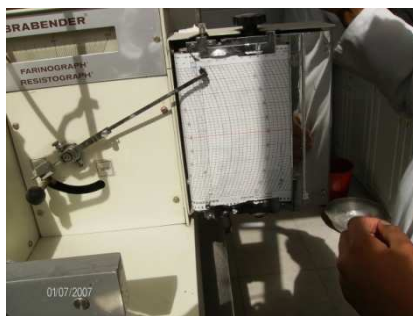


Figura. 2.7. Registrador

La cantidad de agua añadida desde la bureta indica la absorción de la muestra de harina, en porcentaje, así por ejemplo 54% de absorción de agua significa, peso de agua consumida en porcentaje o lo que es lo mismo, 54% del peso de la harina.

Si hay desviaciones de las 500 unidades de consistencia, puede calcularse la absorción correcta de agua a partir de las desviaciones: 20 unidades de desviación, corresponden a 0,5% de absorción (si la consistencia es mayor de 500 U.B., se necesita más agua y viceversa). En caso de desviaciones más grandes a 20 U.B., la curva de titulación que se observa en la figura 2.8 debe repetirse.

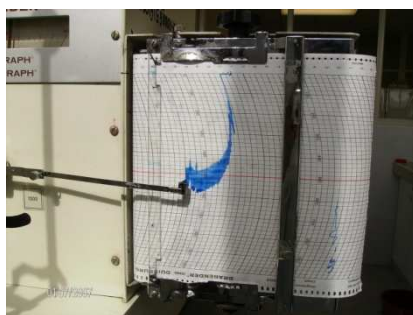


Figura. 2.8. Curva de titulación.

El operador debe permitir el funcionamiento del equipo por suficiente tiempo, hasta que se note una caída apreciable de la curva o que la consistencia sea constante como se muestra en la figura 2.9, luego debe desconectarse el equipo y proceder a la limpieza completa del mezclador. Terminado el proceso de limpieza armar el equipo y ponerlo a punto para correr la curva estándar de análisis.

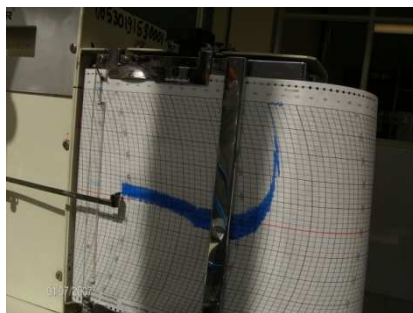


Figura. 2.9. Curva de titulación finalizada.

2.1.1.4 Curva estándar

Se añaden 50 g. de harina en el cabezal, si es que la humedad de la misma es del 14 % y cuando esta difiere se utiliza tablas de compensación.

Arrancar el farinografo a 63 rpm y luego de haber corrido por un minuto (controlando la temperatura y el mezclado de la harina), verter la cantidad de agua que se determinó en la curva de titulación lo más rápidamente posible.

Con cuidado y utilizando una espátula de plástico incorporar a la mezcla la masa y la harina acumuladas en las paredes del mezclador, luego que se note una caída apreciable de la curva, dejar funcionar el equipo por 12 minutos adicionales y desconectarlo. El tiempo total del ensayo es generalmente de 20 minutos.

2.1.2 Extensógrafo.²

El Extensógrafo (figura 2.10) mide la estabilidad de la masa y la resistencia que la misma opone durante el período de reposo. Se utiliza exclusivamente para los trigos blandos y es particularmente apto para examinar la influencia que tienen algunos agentes mejorantes, como el ácido absórbico sobre la masa.



Figura. 2.10. Extensógrafo BARBENDER.

Los principales índices que se obtienen de la curva son:

- **Resistencia R**, altura del extensograma (U.E.) correspondientes al punto de base situado a 5cm de distancia del comienzo de la curva.
- **Resistencia R1**, altura máxima de la curva.

² Manual de Usuario del Extensómetro BRABENDER, Tipo 860000

- **Extensibilidad E**, corresponde a la longitud de la base desde el comienzo hasta el final del extensograma (mm).
- **Extensibilidad E1**, longitud de la base desde el comienzo de la curva hasta el final del punto correspondiente a la máxima resistencia R1.
- **La resistencia R/E.**
- **Área del extensograma**, fuerza de la masa, área bajo la curva del extensograma.

2.1.2.1 Características generales.

Características

- Marca BRABENDER
- Serie # 9765183
- Tipo 860000
- Posee dos motores tipo DM-90-40
- Posee tres celdas de incubación, 3 soportes y 6 celdas de moldeo
- Color blanco
- Modelo p150-t15
- Adquirido en Diciembre de 1986

Datos Técnicos.

- Dinamómetro: Motor con engranajes de 0.5 H.P, velocidad 31.5 a 63 rpm switchable.
- Escala: 0 – 1000 U.E. Lineal
- Cero Ajustable.
- Amortiguación 0.5 – 5 sec
- Precisión ± 1 % de la escala total.

Registrador.

- Recorrido lateral lineal con switch on/off
- Ancho de la grabación 180 mm.
- Velocidad del papel: 10mm/sec

Fuente de alimentación.

- 220V, 3 fases 50 cps, 1.75 A
- 380 V, 3 fases 50 cps, 1.1 A.
- 220 V, 3 fases 60 cps, 1,75 A

Máxima desviación permisible en la línea de voltaje ± 10 %.

Dimensiones.

- Largo: 1000 mm
- Alto: 1000 mm
- Profundidad: 500 mm
- Peso: 130 kg.

2.1.2.2 Instrucciones para la utilización del Extensógrafo Barbrender.

Primero que nada hay que asegurarse de que el Farinógrafo utilizado para la mezcla de harina del Extensógrafo, así como los 300 grs de la mezcla de masa de si mismo y el Extensógrafo están ajustados correctamente, es decir, que se calibran los instrumentos de ese modo se puede considerarse como perfecta en su desempeño y función.

La preparación de masas en el Farinógrafo para las pruebas posteriores sobre el extensógrafo debe hacerse en estricta conformidad con la rutina establecida para el Farinógrafo; además de las instrucciones que deben observarse son las siguientes:

- 1) El Extensógrafo debe ser operado en una habitación de 22 a 24°C temperatura constante. Esto es particularmente importante durante la estación fría.
- 2) La temperatura en los contenedores de fermentación de masa debe ser de 29°. También se debe considerar que la bola homogeneizador y el rodillo de la masa se mantengan a una temperatura constante por parte del agua que circula desde el depósito del termostato.
- 3) Los titulares de la bandeja de la masa dentro de los recipientes de fermentación debe estar siempre llenas de una pequeña cantidad de agua a 30°C de temperatura. Las superficies de metal de los titulares de la bandeja al ponerse en contacto con la masa debe ser untado con aceite de parafina antes de las pruebas (un ligero toque de aceite es suficiente).
- 4) Una limpieza a fondo de la batidora del Farinógrafo es esencial, ya que incluso trazos de óxidos metálicos pueden tener una gran influencia en las propiedades de masa durante el estiramiento de la masa. Por ello se recomienda siempre limpiar la mesa de mezclas a fondo y amasar una masa extraña en primer lugar (sin adición de sal) durante unos 10 minutos, incluso si el mezclador ha estado inactivo durante sólo una hora.
- 5) La harina a ensayar debe ser siempre a temperatura ambiente. Se recomienda, especialmente durante la época fría, que la harina de muestras para las pruebas deba mantenerse en un recipiente abierto a temperatura ambiente durante algún

tiempo, con el fin de asegurarse de que todas las partículas de harina asuman una temperatura ambiente uniforme. Este punto es de gran importancia para las pruebas de control o pruebas comparativas.

2.1.2.3 Metodología

La masa que posteriormente, se ensayará en el extensógrafo debe previamente prepararse en un mezclador-amasador para lo cual se toma 300 g de harina y se coloca en el mismo.

Se disuelve 6 g de cloruro de sodio químicamente puro en un erlenmeyer con 135 mililitros de agua destilada (que corresponde al 45% de los 300 g de harina) y son añadidos al mezclador en el primer medio minuto. En caso de que la absorción de agua sea mayor del 55% y que ha sido determinado previamente por ensayo en el farinógrafo, la cantidad de agua utilizada para disolver la sal debe incrementarse en forma correspondiente.

Luego de transcurrido un minuto detener el equipo y dejar reposar la masa por un lapso de 5 minutos, seguidamente poner en marcha el mezclador por 2 minutos adicionales, de forma que luego de un mezclado total de 3 minutos la masa se encuentre lista para los ensayos en el extensógrafo.

2.1.2.3 División y moldeo de la masa.

- a) La masa obtenida del mezclador, se divide en dos porciones de 150 g. A cada porción se le da la forma redondeada utilizando el homogenizador de bola como se muestra en la figura 2.11. Para este fin sacar la tapa o cubierta e introducir la porción de masa dentro del contenedor. Poner la cubierta en su lugar y pulsar el botón de arranque del homogenizador.



Figura. 2.11. Mezclador-Amazador.

- b) Luego de 20 rotaciones del plato, el motor se detiene automáticamente. Levantar la cubierta, y sacar cuidadosamente la bola de masa.

- c) La masa redondeada se la colocará a la entrada del dispositivo de rodillo (figura 2.12) a fin de obtener una probeta de masa en forma cilíndrica. Al arrancar el sistema, el cilindro atrapa la masa (para facilitar esta acción debe presionarse ligeramente la masa con los dedos pulgares), la misma que al ser presionada entre el cilindro rotatorio y la pared adquiere una forma cilíndrica uniforme (figura 2.13). Para el caso de masas húmedas y pegajosas antes del formado deben espolvorearse ligeramente con almidón.



Figura. 2.12. Rodillo del extensógrafo.



Figura. 2.13. Masa en forma cilíndrica después de pasar por el rodillo.

- d) Abrir una de las cabinas y sacar el plato portador de masa con sus respectivas bandejas, llenar los recipientes de agua y proceder a lubricar con parafina líquida las partes centrales de las bandejas que sirven de apoyo al cilindro de masa.
- e) Colocar el cilindro de masa a ensayarse, cuidando que se sitúe en el centro, y luego colocar en su sitio las respectivas grapas de sujeción mediante la introducción de las guías en los orificios correspondientes como se observa en la figura 2.14, garantizando así que la masa quede bien sujeta. Proceder de igual manera con los restantes 150 g de masa.

Las dos muestras así preparadas se colocan en la cámara de fermentación (figura 2.15) o reposo en donde permanecerán por 45 minutos.



Figura. 2.14. Cilindro de masa a ensayarse



Figura. 2.15. Cámara de fermentación.

Transcurridos 45 minutos, extraer las muestras de la cámara y proceder al ensayo de extensión, cada una por separado. Para ello separar una bandeja con la muestra y colocarla en el portabandejas del sistema de extensión como se muestra en la figura 2.16, cuidando que la parte arqueada de la bandeja no apunte hacia el brazo de extensión sino al lado opuesto. Cuando la bandeja está bien colocada en el portabandejas, las dos guías de la bandeja coinciden dentro de los orificios del portabandejas; de forma que la bandeja con la masa a ensayar siempre estará en la misma posición en los ensayos.



Figura. 2.16. Grapas de Sujeción

- f) Llenar la pluma del sistema de registro con tinta y maniobrar el dispositivo del brazo que permite que baje la pluma y se apoye en la carta de registro. Presionar el botón de arranque que pone en funcionamiento el brazo extensor. La presión que se ejerce debe ser por un lapso aproximado de 2 segundos, si la pulsación es muy rápida el equipo se detiene.

- g) El brazo de extensión comenzará a descender a una velocidad constante y su gancho abraza a la masa (figura 2.17), la extiende y la desgarrá hasta romperla en dos partes (figura 2.18). La fuerza necesaria para extender la masa se registra en la carta, obteniéndose así una gráfica o extensograma (figura 2.19). El brazo del equipo continúa descendiendo hasta el fondo, para luego ascender y detenerse automáticamente, se procede de igual forma con el segundo cilindro de masa.



Figura. 2.17. Brazo de extensión.



Figura. 2.18. Descenso del gancho con la masa.



Figura. 2.19. Curva de titulación.

- h) Las masas que han sido extendidas como se describe arriba, deben manejarse de la misma forma como se indicó anteriormente: esto es, moldearlas y dejarlas en reposo por otros 45 minutos en las cámaras de fermentación. Procediendo de esta forma se consiguen extensogramas de la misma pieza de masa después de 45, 90 y 135 minutos de reposo.

2.1.2.4 Interpretación de Resultados

La harina de buena calidad dará curvas cada vez más elevadas, demostrando su buena estabilidad. Para la interpretación de los resultados se toma la altura de la curva a los 5 cm. La extensibilidad viene dada por la longitud de la curva; el área abarcada representa la energía, pues prácticamente está compuesta por: cantidad de deformación y fuerza necesaria para efectuarla.

Un valor alto de energía unido a gran extensibilidad, indica una harina fuerte. Un valor bajo de energía y gran extensibilidad, muestra una harina floja inadecuada para panificación, y es mas a propósito para galletas, harinas preparadas con levaduras artificiales o para pastas. Una masa corta da una curva alta y baja extensibilidad.

Stanley y col. (1998) menciona que las únicas propiedades reológicas necesarias para un buen comportamiento durante la panificación parecen ser la extensibilidad y una viscosidad lo suficientemente grande.

En la figura 2.20, se muestra los extensogramas de harina canadiense y de harina de 81% de extracción.

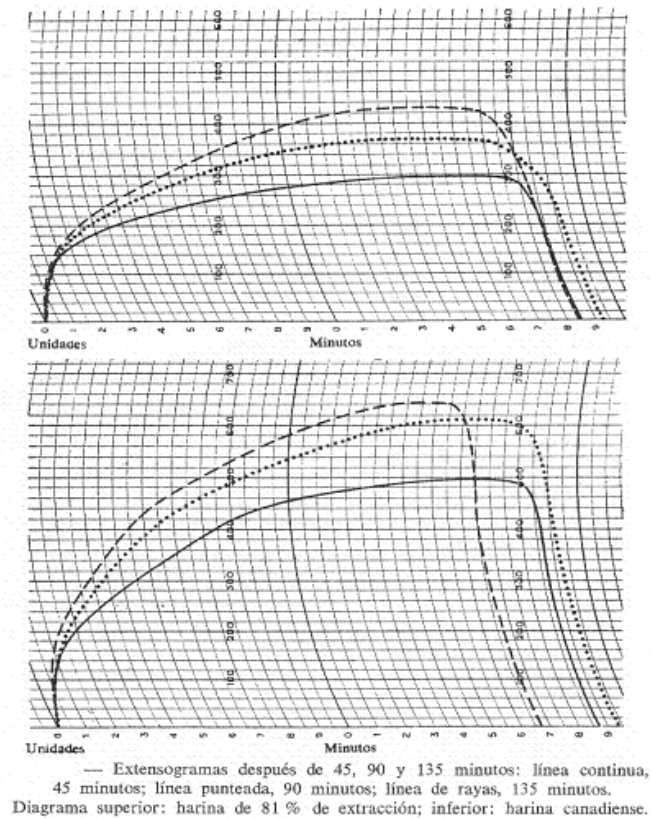


Figura. 2.20. Extensogramas de dos clases de harina de trigo.

La aptitud de una harina para panificación utilizando los análisis extensográficos se puede evaluar mediante la siguiente clasificación:

1. Óptimo: relación entre 0.5 y 1.
2. Bueno: relación no inferior a 0.35
3. Discreto: relación no inferior a 0.25
4. Mediocre: no inferior a 0.1
5. Bajo: relación inferior a 0.1

CAPITULO 3

DISEÑO Y DESARROLLO DEL HARDWARE DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

3.1 Introducción

En el presente capítulo se describen y seleccionan las características, elementos, funciones necesarias para el desarrollo del hardware del sistema de adquisición de datos así como la selección de sensores adecuados.

Para el sistema de adquisición de datos se desarrollo una tarjeta de adquisición de datos dedicada, con un microcontrolador (18F2550) el cual permite una comunicación USB con la PC.

Para el sensamiento tanto del Farinógrafo como del Extensógrafo se utilizo un encoder (AME – 1000V – 800K) el cual será descrito con mayor detalle más adelante.

3.2 Sistema de adquisición de datos³.

En general, cuando se habla de un sistema de adquisición de datos, se pueden identificar cuatro partes o elementos principales: hardware, software, PC y sensores. Las características y funciones de cada uno de estos elementos determinan en gran parte el adecuado desempeño del sistema. Por ejemplo, la PC debe contar con un buen procesador o suficiente memoria RAM para poder transferir y procesar continuamente todos los datos adquiridos, de lo contrario la velocidad máxima de lectura se limitará. El software de aplicación debe ser poderoso para analizar y presentar la información correctamente al usuario, además debe ser flexible para poder evolucionar conforme cambien las necesidades de la aplicación. Por otro lado, una elección correcta de los sensores y del hardware para el acondicionamiento y conversión de señales es clave para obtener una lectura correcta de las señales.

A continuación se presentaran de manera general algunas de las características y funciones más sobresalientes de un sistema de adquisición de datos.

- Especificaciones de las entradas analógicas.
- Número de canales.
- Velocidad máxima de muestreo.
- Resolución de los datos.
- Mecanismo de muestreo de las entradas analógicas.
- El bus de comunicación con la PC.

³ Sistemas de Adquisición, <http://www.docstoc.com/docs/3171649/Sistemas-de-Adquisicion-de-Datos>, 16/06/2010

- El aislamiento eléctrico del dispositivo.
- Software controlador o driver para comunicarse con el equipo.

Conocer cómo afecta cada una de las funciones y características anteriores, el rendimiento total del sistema de adquisición de datos, es clave para determinar si el sistema cumple con los requisitos que el proceso demanda. A continuación se describirán algunas de las funciones y características anteriores.

3.2.1 Especificaciones de las entradas analógicas.

Las especificaciones de la entrada analógica, sirven para determinar la capacidad y precisión de dispositivo de adquisición de datos. Las especificaciones más básicas son: el número de canales, la máxima velocidad de muestreo, la resolución y el rango de entrada.

3.2.2 El número de canales.

El número de canales analógicos de entrada se especifica en número de entradas diferenciales y entradas de Terminal sencilla. Las entradas de Terminal sencilla están referenciadas a una Terminal de tierra común. Es recomendable utilizar este tipo de entrada analógica cuando las señales de voltaje son mayores a 1 V, las terminales de la fuente de la señal están a menos de 5 metros y todas las entradas comparten la misma tierra. Si las señales no cumplen con los criterios anteriores, se recomienda utilizar los canales de entrada en modo diferencial. Con entradas diferenciales, cada entrada tiene su propia referencia a tierra; de esta forma los errores por ruido se reducen debido a que el ruido captado normalmente por una sola terminal se cancela entre las terminales.

3.2.3 Velocidad máxima de muestreo.

La velocidad máxima de muestreo de un convertidor analógico/digital determina la velocidad en que ocurren las conversiones. A mayores velocidades de muestreo, se adquieren más datos en un periodo de tiempo y por lo tanto se representa mejor la señal original.

Para aplicaciones de múltiples canales, existen dos arquitecturas principales de los convertidores de señal analógico/digital para adquirir las señales: muestreo multiplexado y simultáneo.

3.2.4 Resolución de datos.

La resolución es el número de bits que el convertidor analógico/digital utiliza para representar la señal analógica. A mayores resoluciones, mejor será la detección en los cambios mínimos de voltaje de la señal.

3.2.5 Mecanismo de muestreo.

Para configurar un sistema de adquisición de datos de múltiples canales, es importante no sólo considerar la máxima velocidad de muestreo y el número de canales, sino también el mecanismo de muestreo de los canales ya que éste también determinará la velocidad de lectura de los canales de entrada y la precisión del dispositivo de adquisición de datos. En términos generales, se pueden identificar tres mecanismos para el muestreo de los canales analógicos: multiplexado simultáneo de muestreo y retención, simultáneo con múltiples convertidores de señal analógica/digital. A continuación se describirá cada uno de estos mecanismos y sus áreas de aplicación.

- **Mecanismo multiplexado:** Este tipo de mecanismo solo cuenta con un convertidor analógico-digital y un amplificador para todos los canales. Para cubrir todas las entradas, el dispositivo de adquisición de datos utiliza un multiplexor, que barre todos los canales y arroja una única salida a la vez. Una característica de este tipo de arquitecturas es que la velocidad máxima de muestreo que se especifique en el dispositivo de adquisición de datos se debe dividir entre el número de canales muestreados.
- **Mecanismo simultaneo de muestreo y retención:** Este mecanismo cuenta con un preamplificador y un circuito de retención antes del multiplexor, este circuito constantemente está registrado el valor de la señal de entrada antes de la lectura. Justo antes de que se realice el muestreo, el dispositivo de adquisición de datos retiene simultáneamente el valor de voltaje de los circuitos mediante un condensador interno. Posteriormente, el multiplexor y el convertidor analógico/digital muestrean todos los canales en orden y liberan los circuitos para que continúen registrando las entradas. Utilizando este mecanismo, los voltajes de entrada son simultáneos aún cuando el muestreo propiamente sea de forma secuencial.
- **Mecanismo Simultáneo con múltiples convertidores:** Permite lograr mayores velocidades de muestreo por canal, mayor precisión dinámica y menor complejidad en los circuitos. Está arquitectura no requiere de multiplexores para enrutar todos los canales a un solo convertidor analógico/digital.

Con esta arquitectura es posible muestrear las señales de entrada de manera independiente (a velocidades distintas) o de manera simultánea a alta velocidad.

Además, la velocidad máxima de muestreo no se divide entre el número de canales de entrada. Este tipo de arquitecturas es ideal para aplicaciones donde se necesita tener altas velocidades de muestreo y mediciones 100% simultáneas; ejemplos de estas aplicaciones son medición de sonido de micrófonos, o medición de señales de vibración en aplicaciones de mantenimiento predictivo de maquinaria.

3.2.6 Aislamiento eléctrico del dispositivo.

En muchas aplicaciones industriales donde se miden señales de voltaje, corriente, temperatura, presión, tensión y flujo, es común encontrar elementos que pueden dañar los sistemas de medición y perjudicar las mediciones como voltajes peligrosos, señales transitorias, voltajes de modo común y referencias a tierra fluctuantes. Para solucionar o prevenir estos problemas, los sistemas de medición para aplicaciones industriales deben contar con aislamiento eléctrico. El aislamiento separa eléctricamente las señales del sensor, que puedan estar expuestas a voltajes peligrosos, el plano del sistema de medición. De esta forma, el aislamiento protege contra todas las situaciones mencionadas: protege al equipo de medición, al usuario y los datos contra picos de voltaje; mejora la inmunidad al ruido; remueve los diferentes lazos de tierra y rechaza el voltaje de modo común.

Un sistema de medición aislado cuenta con planos de tierra separados para la parte de entradas analógicas y la conectividad con el resto del sistema. De esta forma, la terminal de tierra de las entradas analógicas puede operar a niveles de potencial de voltaje diferentes a la tierra del sistema ya que es una terminal que está flotando.

El aislamiento requiere que las señales sean transmitidas a través de la barrera de aislamiento sin tener ningún contacto eléctrico directo. Para implementar esta transmisión, existen tres componentes comúnmente utilizados: diodo emisor de luz, condensadores e inductores.

3.2.7 Bus de comunicación con la PC.

El propósito principal de un bus de comunicación es enviar comandos y datos entre el dispositivo de medición y una unidad central, como una PC, o entre diferentes dispositivos, como tarjetas insertables. Hoy en día, existe una gran variedad de buses de comunicación disponibles para dispositivos de adquisición de datos: desde buses antiguos, como GPIB o serial hasta buses populares externos como USB.

Terminando como buses internos de muy alta velocidad como PCI y PXI Express. La selección del bus de comunicación en el dispositivo de adquisición de datos dependerá mucho de las características de las aplicaciones en donde se utilizara. En cuestiones de velocidad de transferencia, un bus de comunicación se puede definir por dos características: el ancho de banda y la latencia. El ancho de banda mide la velocidad a la cuál los datos son enviados a través del bus, regularmente en mega bytes por segundo, o MB/s. Un mayor ancho de banda es importante para aplicaciones donde se trabaja con señales complejas o señales de RF. La latencia mide el retraso en la transmisión de datos a través del bus. Una menor latencia introducirá menos tiempo de retraso entre los datos que son transmitidos desde un extremo de comunicación hasta que son procesados en el otro extremo.

3.2.8 Software controlador o driver para comunicarse con el equipo.

El driver es la capa de software que permite la comunicación con el hardware desde el software de aplicación en la PC. El controlador permite al usuario indicar al hardware de adquisición de datos cuáles son los parámetros bajo los cuales debe operar (como el rango o la velocidad de muestreo) además de indicarle las operaciones que debe realizar (configurar la memoria de entrada, leer uno o múltiples canales, etc.). Uno de los beneficios de contar con un controlador es que previene al ingeniero de programar a nivel de registro o enviar comandos complicados de manera manual para acceder a las funciones del hardware.

Comúnmente el controlador es uno de los factores menos considerado al momento de elegir un sistema de adquisición de datos; sin embargo, un software controlador intuitivo y con acceso completo al hardware es crucial para asegurar un rápido desarrollo de la aplicación de medición.

Una vez que se conocieron y comprendieron los elementos y funciones que componen un sistema de adquisición de datos, se procederá a diseñar el hardware del sistema de adquisición de datos de este proyecto.

3.3 Selección del dispositivo de sensado del Farinógrafo y Extensógrafo⁴.

La creciente presencia de sistemas digitales para el tratamiento y presentación de la información en los sistemas de medida y control hace muy atractivos aquellos transductores que ofrecen directamente a su salida una señal en forma digital, por la sencillez que supone el acondicionamiento de señales y su

⁴ Encoder Incremental, <http://bc.inter.edu/facultad/arincon/encoderIncrementales.pdf>, 04/05/2010

mayor inmunidad a las interferencias electromagnéticas. Hay que destacar que no existe prácticamente ningún fenómeno cuya transducción ofrezca directamente una salida digital. Lo que se hace es convertir una magnitud analógica de entrada en una señal digital por medio de un transductor, sin necesidad de convertir una tensión analógica en su equivalente digital.

Las aplicaciones de los codificadores de posición son relativas a la medida y control de posición lineal y angular de alta resolución. Se emplean así en robótica, plotters, máquinas y herramientas, posicionamiento de cabezales de lectura en discos magnéticos y de fuentes de radiación en radioterapia, radares, orientación de telescopios etc.

3.3.1 Encoders.

Un encoder es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales. Estos impulsos generados pueden ser utilizados para controlar los desplazamientos de tipo angular o de tipo lineal, si se asocian a cremalleras o a husillos.

Las señales eléctricas de rotación pueden ser elaboradas mediante controladores numéricos (CNC), controladores lógicos programables (PLC), sistemas de control etc. Las aplicaciones principales de estos transductores están en las máquinas herramienta o de elaboración de materiales, en los robots, en los sistemas de motores, en los aparatos de medición y control.

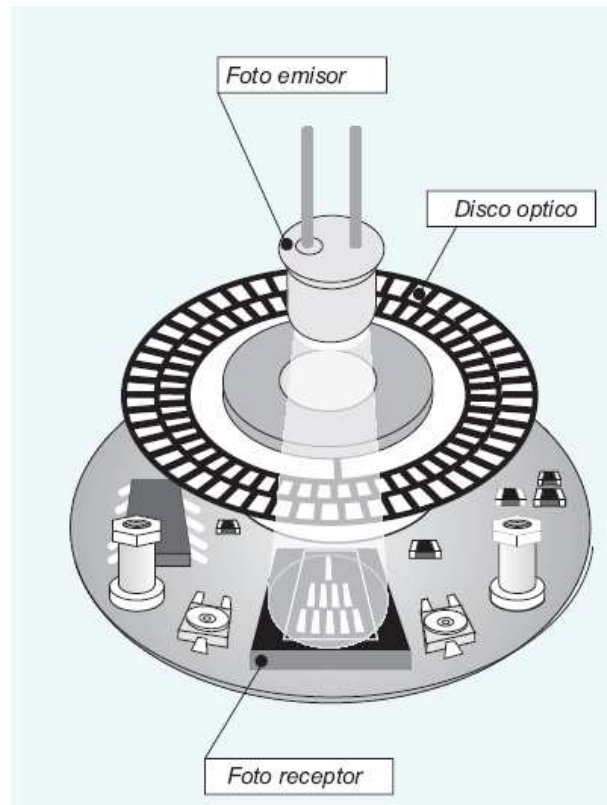


Figura. 3.1. Encoder.

En la figura 3.1, la detección del movimiento angular se ejecuta en base al principio de exploración fotoeléctrico. El sistema de lectura se basa en la rotación de un disco graduado con un reticulado radial formado por líneas opacas, alternadas con espacios transparentes. Este conjunto está iluminado de modo perpendicular por una fuente de rayos infrarrojos. El disco proyecta de este modo su imagen sobre la superficie de varios receptores oportunamente enmascarados por otro reticulado que tiene el mismo paso del anterior llamado colimador. Los receptores tienen la tarea de detectar las variaciones de luz que se producen con el desplazamiento del disco convirtiéndolas en las correspondientes variaciones eléctricas.

La señal eléctrica detectada, para generar impulsos correctamente escuadrados y sin interferencias, deben ser procesadas electrónicamente. Para incrementar la calidad y estabilidad de las señales, el sistema de lectura se

efectúa generalmente de manera diferencial, comparando dos señales casi idénticas, pero desfasados en 90° eléctrico. Su lectura se efectúa en base a la diferencia de las dos señales, eliminando de este modo las interferencias definidas “de modo común” por que están superpuestas de igual manera en toda forma de onda.

3.3.2 Encoder Incremental.

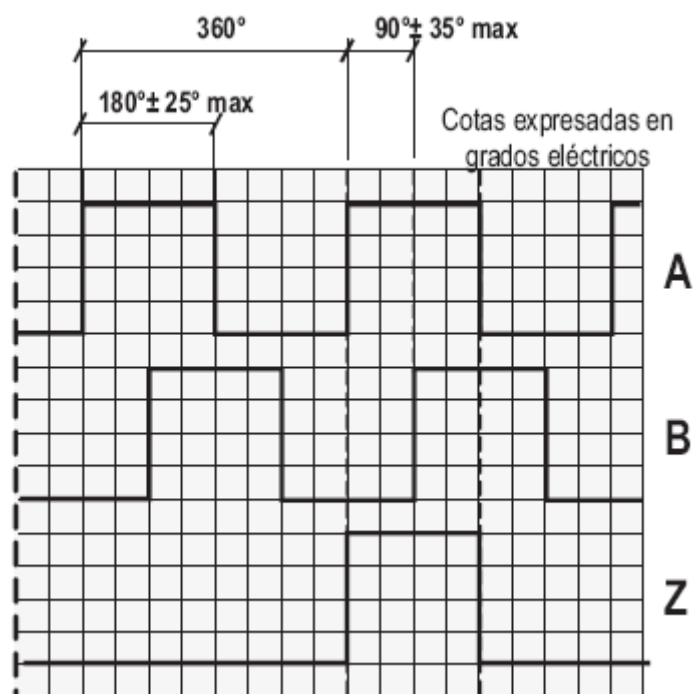


Figura. 3.2. Representación gráfica de las señales incrementales A, B, y Z.

El encoder incremental proporciona normalmente dos formas de onda cuadrada y desfasada entre sí en 90° eléctricos como se observa en la figura 3.2, los cuales por lo general son “canal A” y canal “B”. Con la lectura de un solo canal se dispone de la información correspondiente a la velocidad de rotación, mientras que si se capta también la señal “B” es posible discriminar el sentido de rotación en base a la secuencia de datos que producen ambas señales. Está disponible

además otra señal llamado canal Z o Cero, que proporciona la posición absoluta de cero del eje del encoder. Esta señal se presenta bajo la forma de impulso cuadrado con fase y amplitud centrada en el canal A como se observa en la figura 3.2.

En la figura 3.3 se muestra las señales incrementales A, B y Z en un disco óptico.

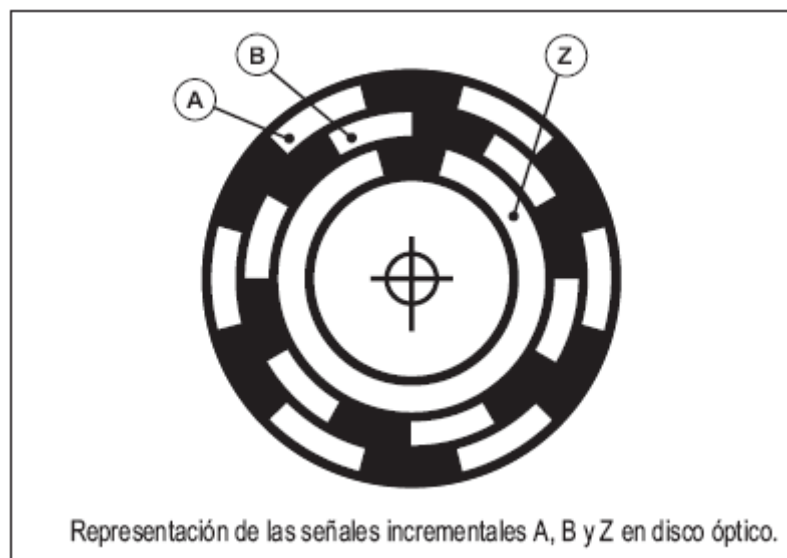


Figura. 3.3. Representación de las señales incrementales A, B y Z en disco óptico.

La precisión de un encoder incremental depende de factores mecánicos y eléctricos entre los cuales, el error de división de retícula, la excentricidad del disco, la de los dos rodamientos, el error introducido por la electrónica de lectura, imprecisiones de tipo óptico.

La unidad de medida para definir la precisión de un encoder es el grado eléctrico. Éste determina la división de un impulso generado por el encoder: en

efecto, los 360° eléctricos corresponden a la rotación mecánica del eje, necesaria para hacer que se realice un ciclo o impulso completo de la señal de salida. Para saber a cuántos grados mecánicos corresponden 360 grados eléctricos es suficiente aplicar la fórmula siguiente.

$$360^{\circ} \text{ eléctricos} = \frac{360^{\circ} \text{ mecánicos}}{N^{\circ} \text{ impulsos/ giro}}$$

El error de división en un encoder, está dado por el máximo desplazamiento expresado en grados eléctricos, de dos frentes de onda consecutivos. Este error existe en cualquier encoder y se debe a los factores antes citados.

3.4 Microcontroladores⁵.

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador. Se utiliza para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducida mediada, suele ser incorporado en el propio dispositivo que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de controlador incrustado (*embedded controller*).

El microcontrolador es un computador dedicado. En su memoria reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan la conexión de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

⁵ Microcontroladores, <http://www.olimex.cl/tutorial/tutorial1.pdf>, 01/06/2010

Un microcontrolador posee todos los componentes de un computador pero con unas características fijas que no pueden alterarse. Todos disponen de los bloques esenciales: procesador, memoria de datos y de instrucción, módulos de E/S, oscilador de reloj y módulos controladores de periféricos. Además de estos elementos, existen una serie de recursos especiales que los fabricantes pueden ofertar, algunos amplían las capacidades de las memorias, otros incorporan nuevos recursos y hay quienes reducen las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples.

Depende del programador el encontrar el modelo mínimo que se ajuste a sus requerimientos y así minimizar el coste. Algunos de los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Temporizadores (Timers).
- Protección frente a fallo de alimentación (Brown-out).
- Estado de bajo consumo.
- Conversores AD y DA.
- Modulador de anchura de pulsos PWM.
- Comparadores analógicos.
- Puertos de E/S digital.
- Puertos de comunicación: serie, CAN, USB, I2C.

Los microcontroladores pueden clasificarse según su arquitectura, que puede ser Von Neumann o Harvard. La arquitectura Von Neumann se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacena datos e

instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un solo bus, esta arquitectura puede observarse en la figura 3.4.

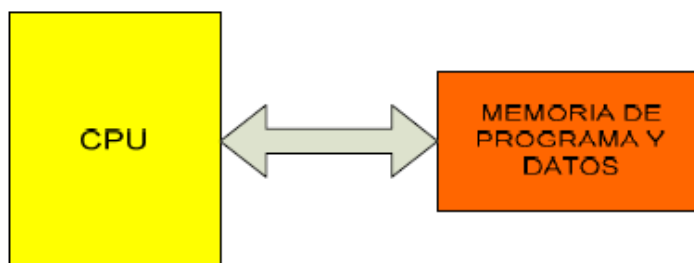


Figura. 3.4. Arquitectura Von Neumann.

Hay aspectos positivos en esta configuración como los accesos a tablas almacenadas en memoria ROM y un set de instrucciones más ortogonal. El bus de direcciones es usado para identificar qué posición de memoria esta siendo accedida, mientras que el bus de datos es utilizado para trasladar información entre la CPU y alguna dirección de memoria o viceversa. Con un único bus, la arquitectura Von Neumann es usada secuencialmente para acceder a instrucciones de la memoria de programa y ejecutarlas regresando desde/hacia la memoria de datos. Esto significa que el ciclo de instrucción no puede solaparse con ningún acceso a la memoria de datos.

La arquitectura Harvard se caracteriza por disponer de dos memorias independientes, una que contiene sólo instrucciones y otra sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias. Una de las ventajas de esta arquitectura es que la operación del microcontrolador puede ser controlada más fácilmente si se presentara una anomalía en el contador de programa. Esta arquitectura se muestra en la figura 3.5.

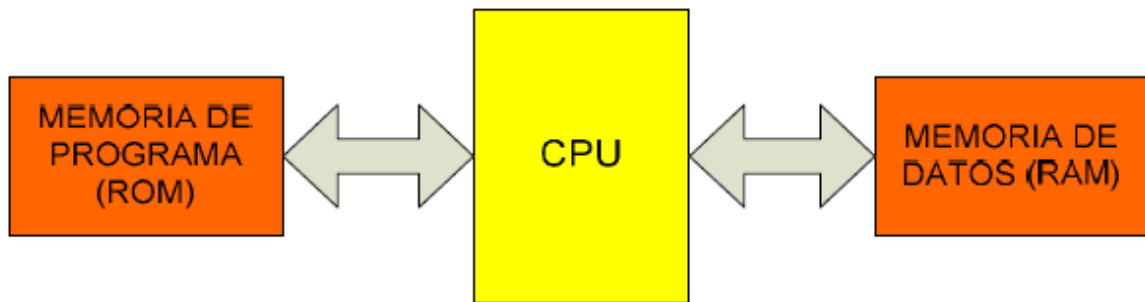


Figura. 3.5. Arquitectura Harvard.

Existe otra arquitectura que permite accesos a tablas de datos desde la memoria de programa. Esta arquitectura es la llamada arquitectura Harvard modificada.

Esta arquitectura es la dominante en los microcontroladores actuales ya que la memoria de programa es usualmente ROM, OTP, EPROM o FLASH mientras que la memoria de datos es usualmente RAM. Consecuentemente, las tablas de datos pueden estar en la memoria de programa sin que sean perdidas cada vez que el sistema es apagado. Otra ventaja importante en la arquitectura Harvard modificada es que las transferencias de datos pueden ser solapadas con los ciclos de decodificación de instrucciones. Esto quiere decir que la siguiente instrucción puede ser cargada de la memoria de programa mientras se está ejecutando una instrucción que accede a la memoria de datos. La desventaja de la arquitectura Harvard modificada podría ser que se requieren instrucciones especiales para acceder a valores en memoria RAM y ROM haciendo la programación un poco complicada.

Las principales ventajas que se pueden encontrar en el uso de microcontroladores son:

- Gestión eficiente de procesos.
- Aumento de la fiabilidad.
- Reducción del tamaño, consumo y coste.
- Mayor flexibilidad (únicamente se requiere la reprogramación).

Existe una gran variedad de microcontroladores. Quizá la clasificación más importante sea entre microcontroladores de 4, 8, 16, 28 o 32 bits. Aunque las prestaciones de los microcontroladores de 16 y 32 bits son superiores a los de 4 y 8 bits, la realidad es que los microcontroladores de 8 bits dominan el mercado y los de 4 bits se resisten a desaparecer. La razón de esta tendencia es que los microcontroladores de 4 y 8 bits son apropiados para la gran mayoría de las aplicaciones, lo que hace innecesario emplear microcontroladores más potentes y consecuentemente más caros.

En cuanto a las técnicas de fabricación, cabe decir que prácticamente la totalidad de los microcontroladores actuales se fabrican con tecnología CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Esta tecnología supera a las técnicas anteriores por su bajo consumo y alta inmunidad al ruido.

La instrumentación y la electromedicina son dos campos idóneos para la implementación de estos circuitos integrados.

3.5 El Bus Serie Universal (USB)⁶.

El USB es un estándar (1995) que define un bus utilizado para conectar periféricos al ordenador. La principal característica que tiene es que la conexión es muy sencilla, ya que utiliza un solo conector para conectar a través de un bus serie todos los dispositivos. En él se definen los conectores y los cables, una topología especial tipo estrella para conectar hasta 127 dispositivos y protocolos que permiten la detección y configuración automática de los dispositivos conectados. USB 1.0 soporta dos tasas de transferencia diferentes, una baja de 1.5 Mbps para la conexión de dispositivos lentos de bajo coste (joysticks, ratones) y otra alta de hasta 12 Mbps para la conexión de dispositivos que requieren un mayor ancho de banda (discos o CD ROMS).

Especificaciones:

- Longitud 5 metro (máximo)
 - Ancho 11.5 mm (A-plug), 8.45 mm (B-plug)
 - Alto 4.5 mm (A-plug), 7.78 mm (B-plug,)
- Conectable en caliente
- Externo
- Voltaje máximo 5 volts
- Corriente máxima 500-900 mA
- **Paquete de datos.**
 - Ancho 1 bit
 - Ancho de banda 1.5-4.8 Mb/s
 - Max nº dispositivos 127
- Protocolo Serial
- Cable 4 wires
- Pines 4 (1 supply, 2 data, 1 ground)
- Conector Unique

⁶ USB (Universal Serial Bus), <http://www.masadelante.com/faqs/usb>, 16/06/2010.

La especificación de este estándar ha sido respaldada por las empresas líderes mundiales en el campo de la información: Intel, IBM, DEC, Microsoft, Compac, NEC y Northern Telecom, empresas que garantizan su continuidad y utilización.

A medidas del año 2000 aparece la versión 2.0, que fue creada por el conjunto de compañías mencionadas, a las cuales se unieron Hewlett Packard, Lucent y Philips. USB 2.0 multiplica la velocidad del bus por un factor de 30 o 40, llegando a alcanzar una velocidad de 480 Mbps, con una diferencia de coste casi inapreciable. Es compatible con la versión anterior y utiliza los mismos cables y conectores, únicamente se necesitan nuevos hubs que soporten la versión 2.0.

Estos hubs son algo más complejos que los anteriores, ya que tienen que manejar el tráfico de datos de tres velocidades distintas sin ser excluyentes entre ellas.

Cabe también destacar que USB 2.0 nunca llegará a reemplazar completamente a USB 1.0, ya que existen algunos tipos de dispositivos, como los HID (teclados, ratones,...), que no requieren las altas velocidades que alcanza esta nueva versión y que únicamente encarecerían el dispositivo.

Anteriormente los periféricos se conectaban mapeados directamente en direcciones de E/S, se les asignaba una dirección específica y en algunos casos un canal DMA. Esta situación conducía a tener conflictos en la asignación de estos recursos, puesto que siempre han estado bastante limitados en el ordenador. Además cada dispositivo tenía su propio puerto de conexión y utilizaba sus cables específicos, lo que daba lugar a un incremento de los costes. Debido a que a cada dispositivo se le tenían que asignar unos recursos específicos la detección del mismo debía hacerse a la hora de arrancar el sistema y nunca se podían incorporar un nuevo dispositivo cuando el sistema estaba en marcha.

Este estándar define una topología de conexión en estrella, tal como se muestra en la figura 3.6, por medio de la incorporación de varios concentradores (hubs) conectados en serie. Cada concentrador se conecta por un lado al ordenador, que contiene una o dos interfaces de este tipo en la placa base, o a otro concentrador y, por otro lado, se conecta a varios dispositivos o incluso a otro concentrador. De este modo pueden existir periféricos que vengan ya preparados con nuevos conectores USB para incorporar nuevos dispositivos, hasta un total de 127, todos ellos funcionando simultáneamente. Los hubs tienen la misión de ampliar el número de dispositivos que se pueden conectar al bus. Sus concentradores cableados que permiten la conexión simultánea de múltiples dispositivos y lo más importante es que se pueden concatenar entre sí ampliando la cantidad de puertos disponibles para los periféricos. El concentrador detecta cuándo un periférico es conectado o desconectado a/de uno de sus puertos, notificándolo de inmediato al controlador de USB. También realiza funciones de acoplamiento de las velocidades de los dispositivos más lentos.

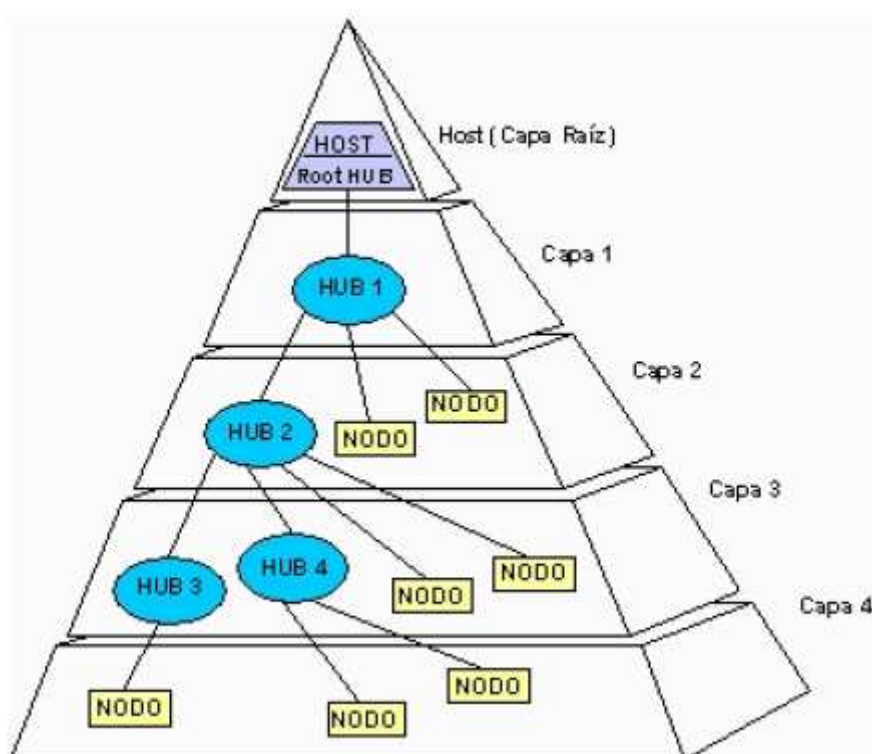


Figura. 3.6. Topología de una conexión USB.

El host decide qué dispositivo puede acceder al bus, utilizando un protocolo parecido al de paso de testigo. Este protocolo se caracteriza porque entre los diferentes dispositivos se va pasando un identificador a lo largo del tiempo que permite la utilización del bus.

El host USB tiene las funciones de:

- Detectar la conexión/desconexión de dispositivos y configurarlos.
- Controlar las transferencias de datos y de control que tiene lugar en el bus.
- Realización de auditorias sobre la actividad del sistema.
- Servir como fuente de alimentación a los dispositivos.

El USB define dos líneas para transmitir datos y otros dos para transmitir potencia, observe la figura 3.7. Los datos se transmiten de forma balanceada a velocidades entre 1,5 Mbps y 12 Mbps. La señal se transmite codificada en un código autoreloj de no retorno a cero invertido (NRZI) para poder incluir junto con los datos información de sincronización. Las líneas de alimentación (Vbus y GND) evitan la necesidad de utilizar fuentes de alimentación externas. Tiene una tensión de 5 V y la corriente se limita a un máximo de 3 a 5 amperios por razones de seguridad, siendo el consumo y la configuración eléctrica totalmente transparente al usuario. La distancia entre dos periféricos conectados al mismo cable no debe ser superior a 5 metros para evitar problemas de caídas de tensión.

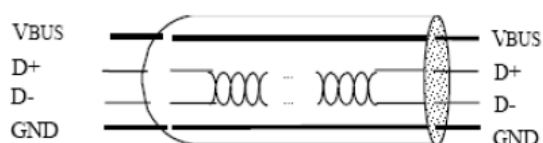


Figura. 3.7. Formato del cable USB.

La computadora identifica automáticamente el dispositivo que se conecta mientras opera y lo configura sin tener que instalar drivers específicos del fabricante. Al comienzo se detectan los dispositivos conectados midiendo los niveles de voltaje de las líneas. Si un dispositivo está conectado, entonces el dispositivo envía información sobre el tipo o la clase a la que pertenece, el modo de transferencia utilizará y cuáles son sus necesidades de ancho de banda. El host reconocerá el dispositivo buscando en la lista de drivers del sistema operativo y teniendo en cuenta los demás dispositivos conectados les asignará un ancho de banda determinado. De la misma forma también se pueden desconectar los dispositivos del sistema. El controlador USB del host asigna un número diferente de dispositivo a cada uno de los periféricos que se conectan a este bus. Para empezar la transferencia, éste envía un paquete que identifica al dispositivo objeto de la transferencia. El protocolo soporta cuatro tipos de transferencias:

- **Control.** Son transferencias que se utilizan para leer información de los descriptores en los registros de los dispositivos (llamados endpoints).
- **Interrupción:** Usadas en los periféricos del tipo de los controladores de juegos, teclados y ratones, cuya comunicación es unidireccional y poco frecuente.
- **Masiva.** Son transferencias no periódicas que precisan de todo el ancho de banda disponible. Utilizadas por las impresoras y los scanners.
- **Isócrona.** Dedicadas a las transferencias de telecomunicaciones, con voz o video, que garantiza unas tasas de transferencia constantes. Se caracterizan porque el número de pulsos de reloj que transcurren entre la transmisión de dos caracteres es constante, por lo tanto, se está enviando información constantemente entre el host y el dispositivo.

3.6 Diagrama de Bloques del Sistema de Adquisición de Datos del Farinógrafo y Extensógrafo.

En la Figura 3.8, se muestra el diagrama de bloques de nuestro sistema de adquisición de datos tanto para el Farinógrafo como para el Extensógrafo.

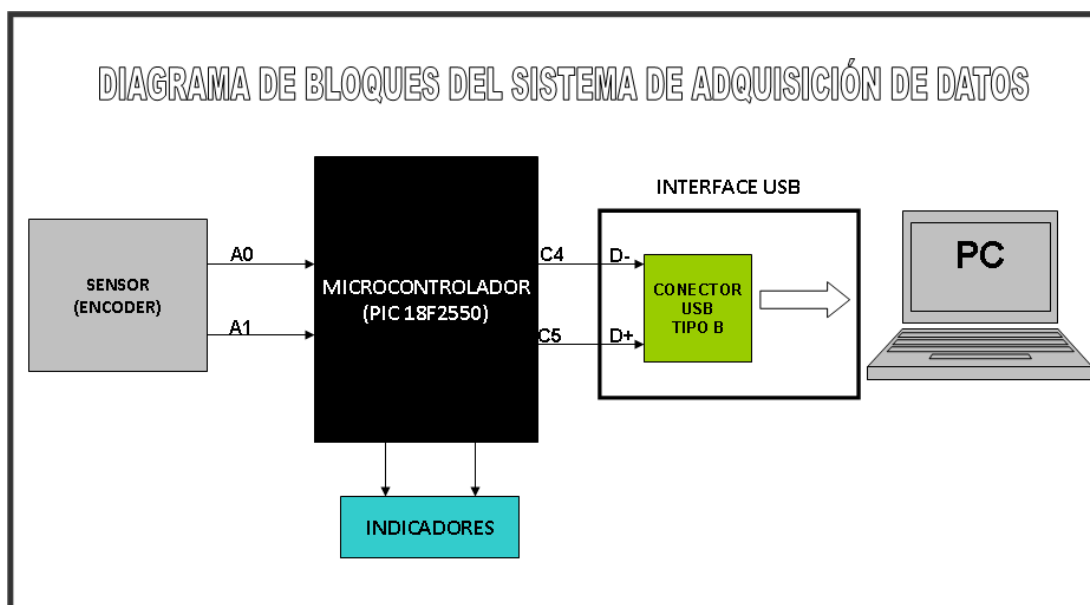


Figura. 3.8. Diagrama de bloques del Sistema de Adquisición de Datos.

A continuación se describirá cada uno de los bloques de nuestro sistema de adquisición de datos.

3.6.1 Bloque de Sensamiento.

Para el sensamiento de nuestro sistema de adquisición de datos utilizamos un Encoder Rotatorio CUI INC AME-1000V-800K tanto para el Farinógrafo como para el Extensógrafo.

Las señales de salida A y B del Encoder rotatorio son conectadas a los pines A0 y A1 al puerto A del microcontrolador (PIC18F2550).

El encoder rotatorio CUI INC AME-1000V-800K tiene las siguientes características eléctricas (Tabla 3.1) y mecánicas (Tabla 3.2); así como la siguiente asignación de terminales (Tabla 3.3):

Tabla 3.1. Especificaciones Eléctricas.

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS	
Salida	Señal Cuadrada
Señales de salida	A,B
Consumo de corriente	$\leq 25\text{Ma}$
Corriente de salida	0~5mA
Respuesta en frecuencia	0~20KHz (Salida)
	0~50KHz (line driver)
Desfase de salida	$90\pm 45^\circ$
Fuente de Voltaje	5V DC
Pulsos por Revolución	1000

Tabla 3.2. Especificaciones mecánicas.

ESPECIFICACIONES MECÁNICAS	
Inercia del Rotor	$6.0 \times 10^{-8} \text{ kgm}^2$
Diámetro del eje hueco de x	$\leq \varnothing 8\text{mm}$
Resistencia	980m/s^2 , 6ms, 2 tiempos cada uno en XYZ
Prueba de vibraciones	50m/s^2 , 10~200Hz, 2 horas en XYZ
Tiempo de vida	MTBF $\geq 50000\text{h}$ (+25°C, 2000rpm)
Medidas	10g (with 0.5 meter cable)

Tabla 3.3. Asignación de Terminales.

ASIGNACIÓN DE TERMINALES						
Color del cable	Negro	Rojo	Verde	Café	Blanco	Plomo
Line Driver	0V	VCC	A	\bar{A}	B	\bar{B}
Color del cable	Negro	Rojo	Verde	Café	-	-
Voltage de salida	0V	A	VCC	B	N.C.	-

3.6.2 Bloque del microcontrolador.

En este bloque utilizamos el microcontrolador PIC18F2550, el mismo que nos permite la comunicación entre el microcontrolador y la PC vía USB.

En este bloque también se encuentra el organigrama del programa del microcontrolador el mismo que se realizó en el programa pic C. Este programa realiza el conteo de pulsos que envía el encoder mediante las señales Ay B, dicho conteo es enviado a la PC por el puerto C (C4 y C5) en dos variables de 8 bits cada uno. El programa se encuentra en el Anexo 1.

3.6.2.1 Organigrama del Software.

En este apartado se mostrarán los diagramas de flujos de las funciones que intervienen en el programa: principal (figura 3.9) y la subrutina de interrupción (figura 3.10).

Programa principal

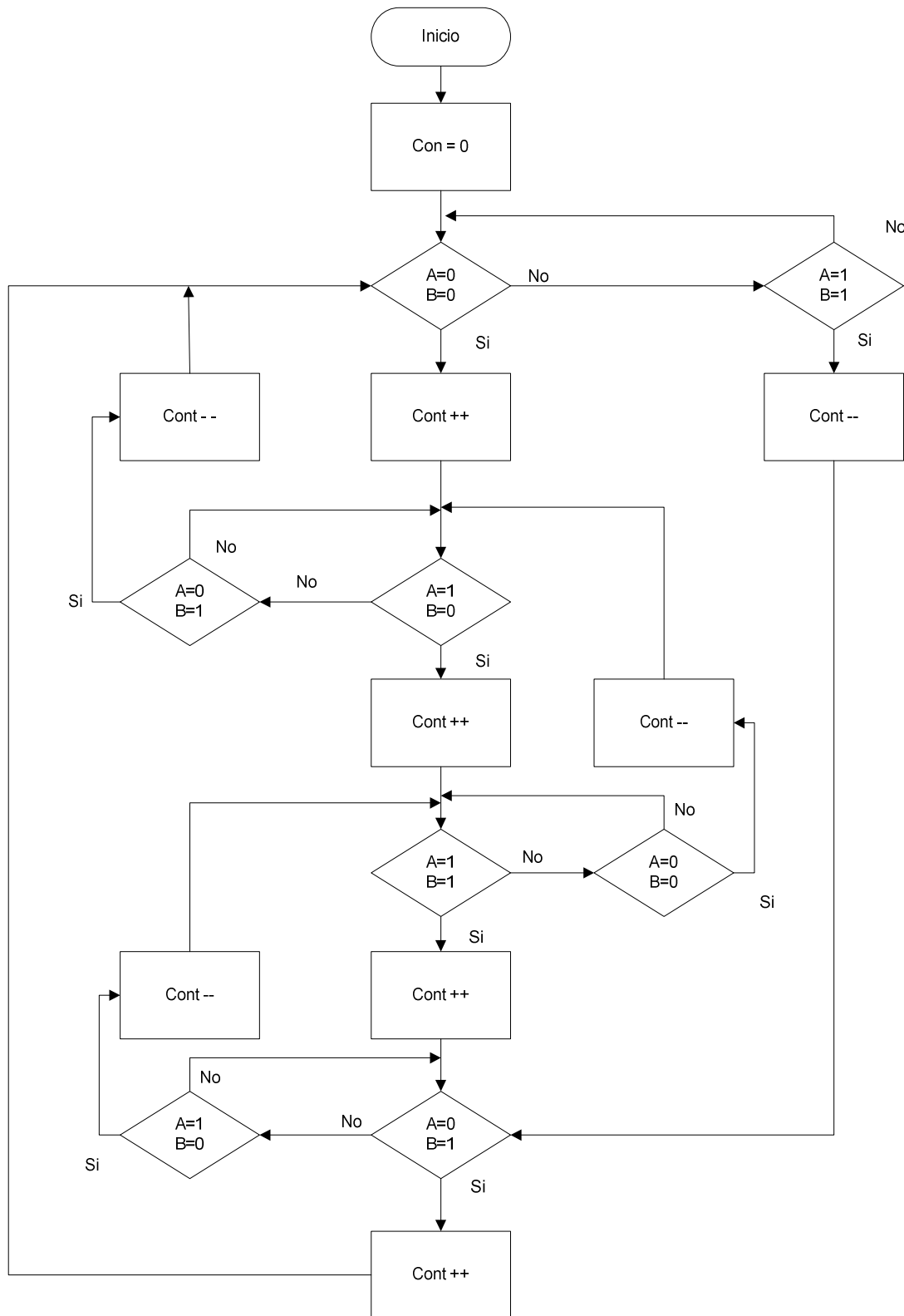


Figura. 3.9. Diagrama de flujo del Programa Principal.

- Subrutina interrupción.

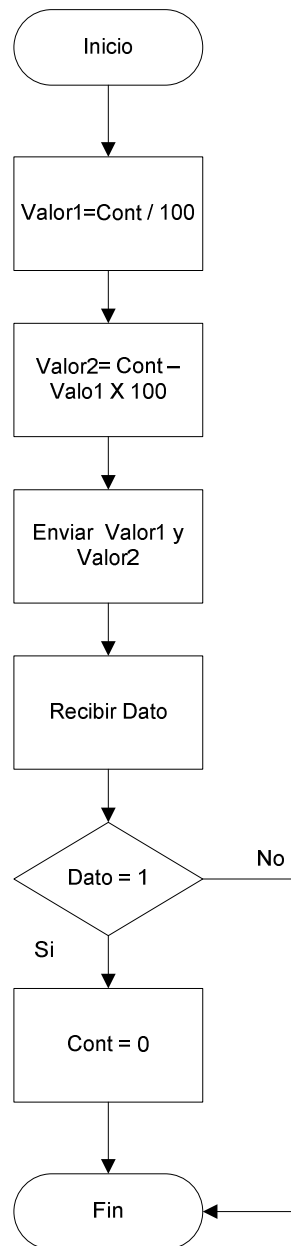


Figura. 3.10. Diagrama de flujo de la Interrupción `void_TIMER1_isr`.

En el siguiente apartado 3.6.2.2 se explicará detalladamente cada módulo, justificando los pasos dados para traducir los diagramas de bloques a lenguaje C.

3.6.2.2 Descripción de los Módulos.

3.6.2.2.1 Función principal.

En la función principal del programa. Aquí se configuran todos los registros del microcontrolador.

En esta función inicializaremos los registros. Configuraremos los puertos como entradas o salidas, configuraremos las interrupciones y sus propiedades, el interfaz y los timers.

Una vez configurado el microcontrolador entraremos en un bucle sin fin, en el que evaluamos continuamente los datos A y B transmitidos por el encoder, dichos datos son contados y almacenados en una variable **Cont**.

3.6.2.2.2 Subrutina interrupción.

La función void_TIMER1_isr (), nos permite enviar dos variables: Variable 1 y Variable 2 de ocho bits cada uno por el puerto C hacia la PC. Dichas variables guardan una operación matemática realizada con la variable **Cont**.

3.6.3 Bloque de indicadores.

En este bloque tenemos dos indicadores luminosos uno de color verde que nos indica que la conexión entre la tarjeta de adquisición y la PC fue exitosa; y otro indicador luminoso de color rojo que nos indica que no existe conexión entre la tarjeta de adquisición y la PC.

3.6.4 Bloque de comunicación.

Para la comunicación entre la tarjeta de adquisición y la PC vamos a utilizar una interfaz USB, la misma nos permite realizar la transmisión y recepción de datos de una manera más rápida gracias a su velocidad de transferencia. En cuestiones de velocidad de transferencia, un bus de comunicación se puede definir por dos características: el ancho de banda y la latencia. El ancho de banda mide la velocidad a la cuál los datos son enviados a través del bus, regularmente en mega bytes por segundo, o MB/s. Un mayor ancho de banda es importante para aplicaciones donde se trabaja con señales complejas o señales de RF. La latencia mide el retraso en la transmisión de datos a través del bus. Una menor latencia introducirá menos tiempo de retraso entre los datos que son transmitidos desde un extremo de comunicación hasta que son procesados en el otro extremo.

3.7 Componentes de Hardware utilizados.

En la Tabla 3.4 se define toda una lista de todos los dispositivos electrónicos que serán necesarios para el diseño y desarrollo del hardware del sistema de adquisición de datos de este proyecto.

Tabla 3.4. Dispositivos electrónicos del hardware de adquisición de datos

Dispositivos Electrónicos	No. De piezas
Microcontrolador PIC 18F2550	2
Conector USB tipo B	2
Cristal de cuarzo de 12 Mhz	2
Capacitor electrolítico de 10 F a 25 V	2
Capacitor cerámico 18Pf	4
Resistencias de 100 ohm	4
resistencia de 1 Kohm	2
Leds de 50 mw a 1.5 volts color rojo	2
Leds de 50 mw a 1.5 volts color verde	2

La conexión de los dispositivos electrónicos que integran el hardware de adquisición de datos, se puede observar en la figura 3.11:

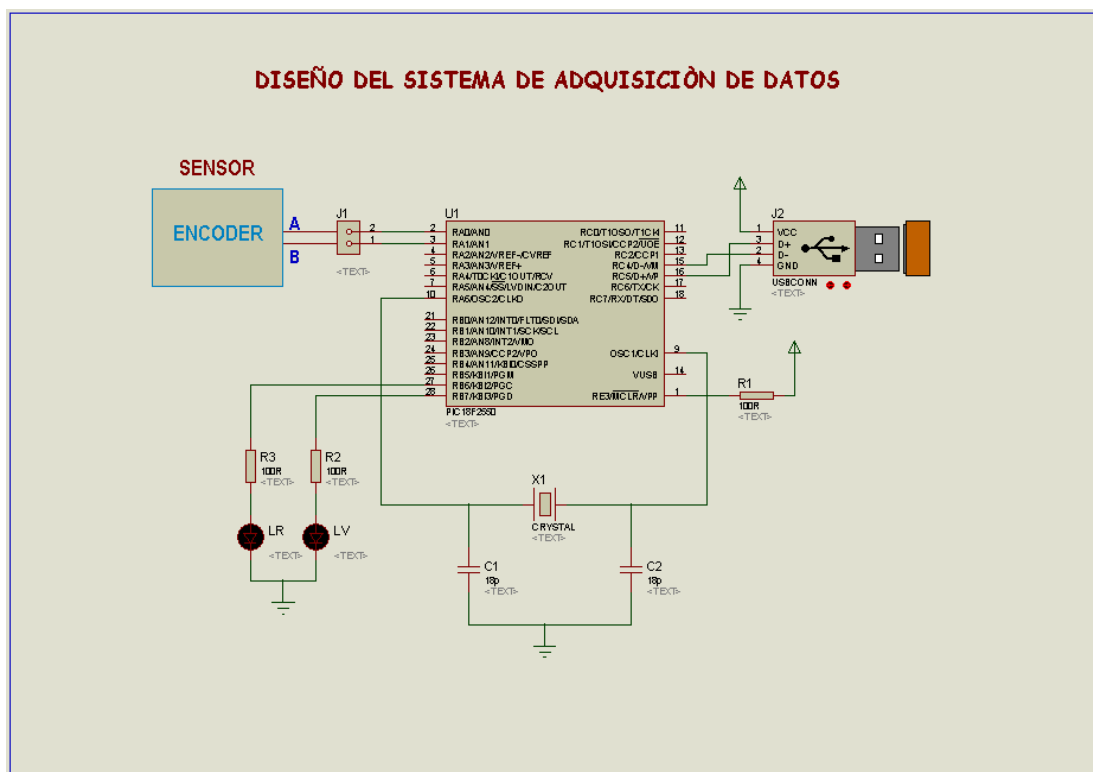


Figura. 3.11. Diagrama electrónico del hardware del sistema de adquisición de datos.

3.8 Desarrollo del hardware del sistema de adquisición de datos.

Antes de la fabricación del circuito impreso final se creará una placa de prueba para comprobar que la selección de los componentes y el diseño del sistema eléctrico son correctos. La placa de prueba se realizará montando los componentes electrónicos, sobre una tarjeta de prueba (Protoboard), tomando en cuenta el diagrama eléctrico mostrado en la figura 3.11. Si el diseño funciona correctamente se procederá a la creación del circuito impreso partiendo del diagrama eléctrico. Esta tarea será dividida en dos fases que son:

- Diseño del circuito impreso. El diseño de las pistas del circuito impreso se realizara con el software ISIS de PROTEUS.
- Fabricación y montaje del PCB. Se imprimirá el fichero generado por el software ISIS, sobre hojas para circuito impreso y se vulcanizara sobre la tablilla fenolica, finalmente se perforara y colocaran los componentes.

En la figura 3.12, se muestra el diagrama físico de las pistas del hardware del sistema de adquisición de datos.

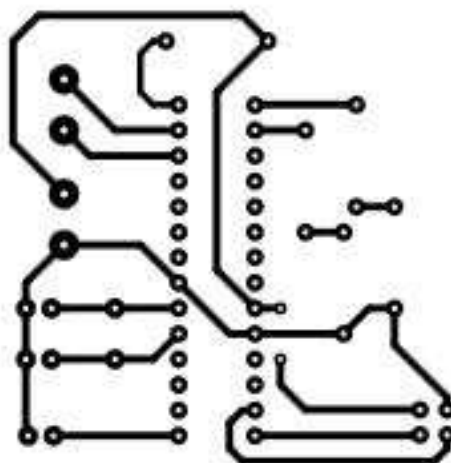


Figura. 3.12. Diagrama de pistas del circuito impreso realizado en ISIS.

Una vez que se obtuvo el hardware (observe figura 3.13) se procederá, al diseño y desarrollo del algoritmo que será programado en el microcontrolador, para que este puede comunicarse con la PC y realice la función o tarea que seleccione el usuario a través de un interface gráfica (software). Las tareas y funciones que realizara el microcontrolador serán definidas, configuradas y programadas en la siguiente parte.

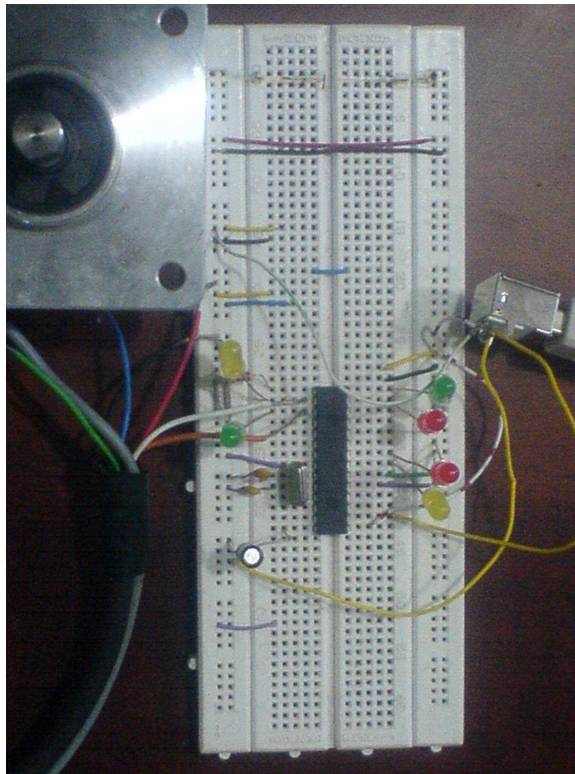


Figura. 3.13. Prototipo de la tarjeta del Sistema de Adquisición de Datos.

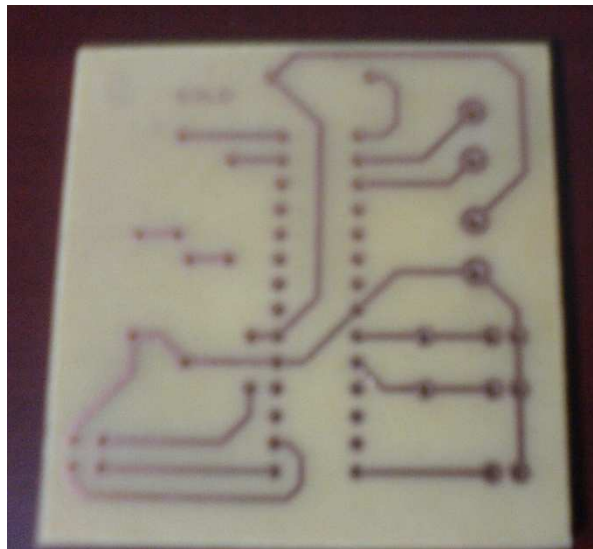


Figura. 3.14. Prototipo de la tarjeta de adquisición en circuito impreso.

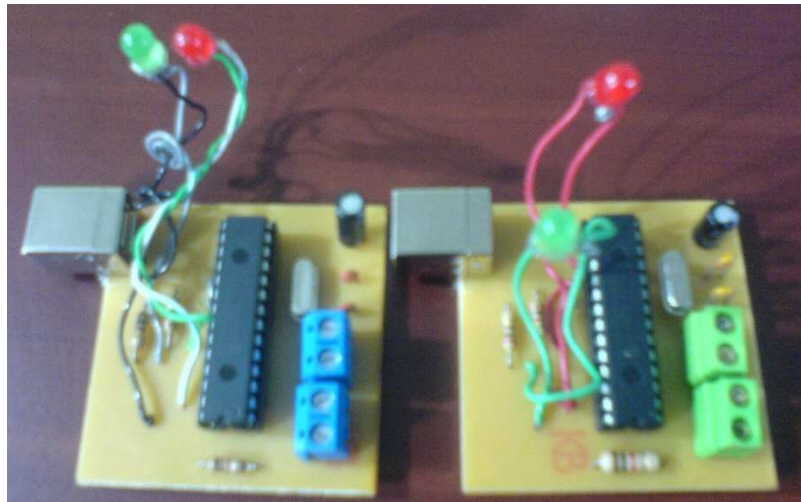


Figura. 3.15. Tarjeta de adquisición de datos con todos los elementos electrónicos.

CAPITULO 4

DISEÑO Y DESARROLLO DE LA INTERFACE GRÁFICA DE ADQUISICIÓN DE DATOS. (SOFTWARE)

4.1 Introducción

El presente capítulo muestra el diseño y desarrollo del software mediante el cual el usuario podrá monitorear e interactuar con el hardware del sistema de adquisición de datos, así como también las funciones que van a cumplir cada una de las ventanas de nuestro software. Se realizará también una base de datos mediante la ayuda de Excel.

4.2 Software de monitoreo.

Para la elaboración de un excelente sistema de adquisición de datos que cumpla con todas las exigencias, desde su versatilidad de operación hasta la viabilidad económica, se deben contemplar todos y cada uno de los equipos de control que interactúan con el sistema de visualización de las máquinas, así como también el software que intervendrá como herramienta compatible con los equipos de instalación de campo. La figura 4.1 muestra la forma básica y general de cómo fluye la información en un sistema automático visualizado.



Figura. 4.1. Sistema básico de monitoreo.

Al estudiar profundamente la configuración de los sistemas de adquisición modernos (DAQ: Data Acquisition System), basados en equipos PC (Personal Computer), se aprecia que una de las partes que componen dichos sistemas, es el software quien controla y administra los recursos del computador, presenta los datos, y participa en el análisis.

Analizado de este modo, el software es un tópico muy importante que requiere de especial cuidado ya que un buen diseño agiliza el uso de una aplicación tanto al visualizar aquella información más importante, como al realizar aquellas tareas más habituales con sólo unos pocos clicks de ratón. El diseño de la interfaz debe realizarse de manera que esta resulte simple e intuitiva de utilizar.

4.2.1 Sistema HMI⁷

La sigla HMI es la abreviación en ingles de Human Machine Interface. Es el dispositivo o sistema que permite la interacción entre la persona y la máquina.

Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectan con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en

⁷Sistema de Adquisición de Datos de Sensores Analógicos y Digitales,
<http://www.google.com.ec/search?hl=es&q=sistemadquisicion.pdf&aq=f&aqi=&aql=&oq=> ,16/06/2010

general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI más poderosos y eficientes, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas. Las señales de los procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida digitales y analógicas.

4.2.1.1 Funciones de un Software HMI

- Permitir una comunicación con dispositivos de campo.
- **Monitoreo.** Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, textos o gráficas que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- **Supervisión.** Está función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- **Alarmas.** Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.
- **Control.** Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. El control va más allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.
- **Históricos.** Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos

es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

El software y los lenguajes de programación que cumplen con las características anteriores, existen en gran números en el mercado actual, como por ejemplo Visual Basic, C, C++, Visual C++, Pascal, LabWindows CVI, Labview, y algunos otros confeccionados específicamente para sistemas que requieran además de la adquisición de datos, el control, algunos de estos son: Fix, WinCC, Wonderware ya que estos cumplen con los estándares necesarios para realizar dichas funciones.

4.2.2 Software y lenguajes de programación para el desarrollo de interfaces gráficas.

A continuación se hará una breve descripción del software que será utilizado para el diseño y desarrollo de la interface gráfica del sistema de adquisición de datos de este proyecto.

4.2.2.1 Visual Basic 6.0

Es un lenguaje de programación visual, también llamados lenguaje de 4^a generación. Esto quiere decir que un gran número de tareas se realizan sin escribir código, simplemente con operaciones gráficas realizadas con el ratón sobre la pantalla es un programa basado, aunque no orientado a objetos como C++ o Java. La diferencia está en que Visual Basic 6.0 utiliza objetos con propiedades y métodos, pero carece de los mecanismos de herencia y polimorfismo propios de los verdaderos lenguajes orientados a objetos como Java y C++. Prácticamente todos los elementos de interacción con el usuario de los que dispone Windows 95/98/NT pueden ser programados. Es un lenguaje de fácil aprendizaje, guiado por eventos, y centrado en un motor de formularios que facilita el rápido desarrollo de aplicaciones gráficas. Su sintaxis, derivada del

antiguo BASIC, ha sido ampliada con el tiempo al agregarse las características típicas de los lenguajes estructurados modernos. Para soportar este tipo de desarrollos, Visual Basic utiliza fundamentalmente dos herramientas, una que permite realizar diseños gráficos y un lenguaje de alto nivel.

Algunas de las características más sobresalientes de este software, son las siguientes:

- Es un entorno de desarrollo integrado (editor de texto, intérprete, depurador, examinador de objetos, explorador de proyectos, compilador, etc).
- Fue diseñado para ser un intérprete, lo que favorece a la creación y depuración de una aplicación.
- Permite crear una interface para múltiples documentos (MDI- Múltiple Document Interface), es decir permite la creación de una aplicación con una ventana principal y múltiples ventanas de documento.
- Soporta para la programación de aplicaciones para Internet.
- Acceso a base de datos a través del control de datos ADO, utilizando un monitor de Access o controladores ODBC.

A continuación se describirá la forma de diseñar una aplicación con Visual Basic 6.0 ya que este es el software que se utilizara para desarrollar la interface gráfica del sistema de adquisición de datos.

4.2.3 Diseño con Visual Basic.

La unidad fundamental de una aplicación en Visual Basic es el formulario. Un formulario es realmente una ventana sobre la que se dibujan otros objetos llamados controles, tales como etiquetas, cajas de texto, marcos, casillas de verificación botones de opción, botones de pulsación, etc., con fines de aceptar, ejecutar o visualizar datos.

En una aplicación se pueden utilizar tantos formularios como se necesiten y dependiendo de la utilidad que se les de, estos serán de diferentes tipos.

4.2.3.1 Crear una aplicación con Visual Basic.

Para crear una aplicación con Visual Basic, hay tres pasos fundamentales que se deben realizar:

1. Crear la interface gráfica del usuario.
2. Establecer las propiedades de los objetos.
3. Escribir el código asociado a cada uno de los objetos.

Para diseñar la interface gráfica (medio de comunicación entre el usuario y la aplicación) se debe seguir los siguientes pasos;

1. Crear un formulario.
2. Añadir los controles al formulario.

4.2.3.1.1 Creación de un Formulario

La figura 4.2 se muestra la pantalla que se despliega cuando iniciamos Visual Basic y dentro de esta se muestran los diferentes tipos de proyectos que se pueden realizar con este software, algunos de estos son:

- Exe Estándar. Este tipo de aplicación se construye a partir de uno o más formularios, módulos y clases.
- Exe ActiveX. Crea un componente ActiveX (fichero.exe). Un componente ActiveX es una unidad de código ejecutable, como un fichero.exe, .dll.
- Exe de documento ActiveX. Se trata de un formulario que puede aparecer en un explorador Web.



Figura. 4.2. Selección del tipo de proyecto.

Una vez que se creó el formulario es necesario agregar los controles, estos pueden ser: cajas de texto, botones, etiquetas, marcos, listas y temporizadores los cuales permiten introducir o extraer datos.

4.2.3.1.2 Agregar Controles al formulario.

Para añadir un control a un formulario, utilizaremos la caja de herramientas. Cada herramienta de la caja crea un único control. Estos controles se muestran en la figura 4.3 y se les nombran controles intrínsecos.



Figura. 4.3. Controles intrínsecos de Visual Basic.

4.2.3.1.3 Propiedades de los Objetos.

En Visual Basic, tanto los formularios como cada uno de los controles tienen predefinidos un conjunto de propiedades o datos y un conjunto de procedimientos para actuar sobre sus datos. Cada tipo de objeto tiene predefinido un conjunto de propiedades, como título, nombre, color, tamaño, etc. Las propiedades de un objeto presentan todos los datos que por definición están asociados con ese objeto.

En la figura 4.4 se muestra la ventana de propiedades, en la cual se puede observar que todas las propiedades de un objeto tienen un valor por defecto, las cuales pueden ser modificadas si se desea.

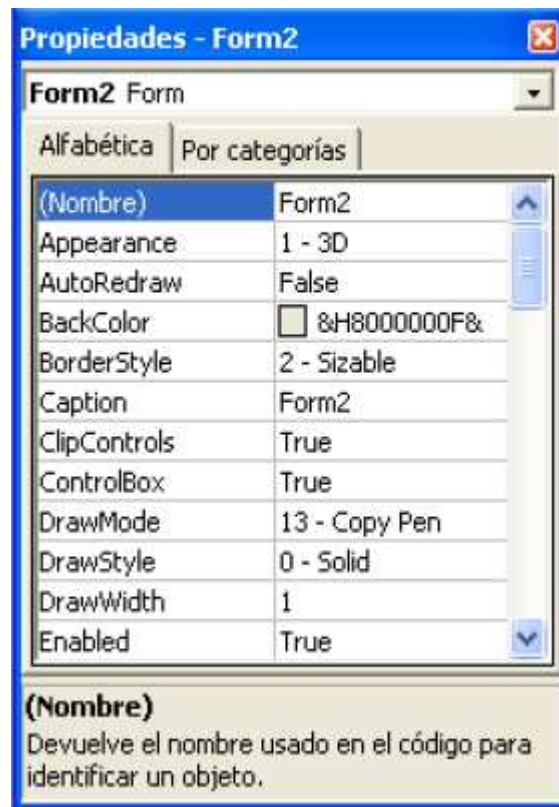


Figura. 4.4. Ventana de propiedades de un objeto.

4.2.3.1.4 Unir Código a los Objetos.

El nombre de un objeto, propiedad Name, nos permite referirnos a ese objeto dentro del código de la aplicación es decir:

Objeto.Propiedad

Donde Objeto es el nombre del formulario o control y Propiedad es el nombre de la propiedad del objeto que se desea modificar. Las aplicaciones con Visual Basic son conducidas por eventos, esto significa que nosotros tenemos que ligar unidades de código escritas para un determinado objeto a eventos que pueden ocurrir sobre dicho objeto, de tal forma que cuando ocurra un evento se ejecute la unidad de código correspondiente. Por ello, la unidad que agrupa ese código recibe el nombre de procedimiento conducido por un evento.

Para observar mientras diseñamos una aplicación, los posibles eventos que se pueden asociar con un objeto, se hace un doble clic sobre el objeto y enseguida aparece una nueva ventana como la que se muestra en la figura 4.5 la cual es llamada ventana de código.

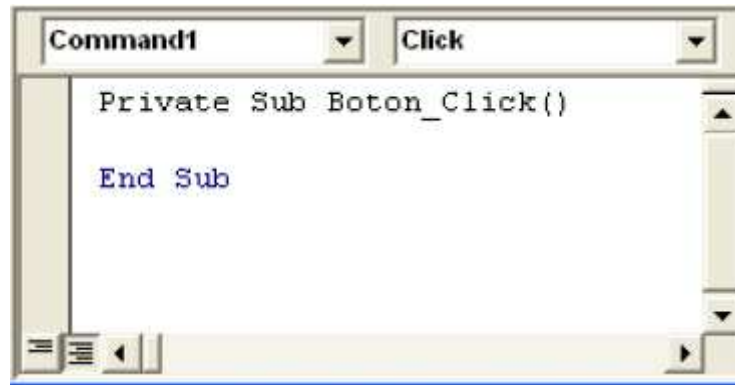


Figura. 4.5. Ventana de código.

La figura anterior muestra el procedimiento vacío, que se ha de ejecutar cuando sobre el Botón, ocurra el evento Click.

Además del evento Click, hay otros eventos asociados con un botón de pulsación.

La figura 4.6 muestra la lista de los eventos que se pueden dar para el objeto Botón.



Figura. 4.6. Eventos asociados al objeto botón.

Una vez que la aplicación tiene el aspecto deseable y que su ejecución transcurre satisfactoriamente, se puede generar un fichero ejecutable que permite ejecutar dicha aplicación fuera del entorno de Visual Basic. Para generar este fichero, se tiene que ejecutar la orden Generar proyecto.exe del menú Archivo.

4.3 Diseño de la Interface Gráfica del sistema de adquisición de datos.

Toda la interface gráfica tanto del Farinógrafo como del Extensógrafo estará integrada por seis pantallas gráficas cada una. El software que se empleara para desarrollar dicha interface será Visual Basic 6.0.

4.3.1 Desarrollo de la Interface Gráfica del Farinógrafo y Extensógrafo.

Para iniciar una aplicación con Visual Basic 6.0 es necesario definir el tipo de proyecto que se desea realizar, por lo tanto se creara un proyecto Exe Estándar, ya que la interface gráfica estará compuesta por seis pantallas tanto para el Farinógrafo como el Extensógrafo y este tipo de proyecto tiene la facilidad de agregar varios formularios, en el mismo proyecto. Ahora se procederá al desarrollo de cada una de las pantallas que compone la interface gráfica.

La interface gráfica tanto para el Farinógrafo como para el Extensógrafo son similares, solo cambia ciertos aspectos en la pantalla 3, que es la pantalla de cálculos.

4.3.1.1 Pantalla 1. (Presentación).

En la tabla 4.1 se muestra los controles y propiedades que se utilizaran para desarrollar la pantalla principal de la interface gráfica del sistema de adquisición de datos.

Tabla. 4.1. Controles internos de la pantalla 1.

No.	Control	Procedencia	Propiedad	Valor
1	CommandButton	Visual Basic	Name	Command1
			Caption	SALIR
2	CommandButton	Visual Basic	Name	Command2
			Caption	INICIO

Después de agregar los controles anteriores al formulario, la forma final de la pantalla principal, que corresponde a la interface gráfica del extensógrafo y la interface gráfica del farinógrafo, se puede observar en las figuras 4.7 y 4.8 respectivamente.



Figura. 4.7. Pantalla de presentación de la interface gráfica del Farinógrafo.



Figura. 4.8. Pantalla de presentación de la interface gráfica del Extensógrafo.

Las aplicaciones con Visual Basic son conducidas por eventos, por lo que es necesario, ligar unidades de código de programación, a un determinado objeto, de tal forma que cuando ocurra algún evento sobre este objeto, se ejecute la unidad de código correspondiente.

4.3.1.1.1 Funcionamiento.

El código de programación de Visual Basic 6.0, que se agregara a cada uno de los controles estará basado en las tareas o funciones que se describieron al inicio de este capítulo pero para que se realicen dichas tareas es necesario tomar en cuenta las siguientes condiciones y pasos:

- Al ejecutar un click con el Mouse sobre el botón INICIO, se abrirá la pantalla 2 y la pantalla 1 se ocultará.

- Al ejecutar un click con el Mouse sobre el botón SALIR, la aplicación se cerrara.

4.3.1.2 Pantalla 2. (Pantalla de Control y Monitoreo).

En la tabla 4.2 se muestra los controles y propiedades que se utilizaran para desarrollar la pantalla 2 de la interface gráfica del sistema de adquisición de datos del Farinógrafo y Extensógrafo.

Tabla. 4.2. Controles internos de la pantalla 2.

No.	Control	Procedencia	Propiedad	Valor
1	CommandButton	Visual Basic	Name	Start
			Caption	START
2	CommandButton	Visual Basic	Name	Stop
			Caption	STOP
3	CommandButton	Visual Basic	Name	Cero
			Caption	CERO
4	CommandButton	Visual Basic	Name	Clear
			Caption	RESET
5	CommandButton	Visual Basic	Name	Calcular
			Caption	CALCULOS
6	CommandButton	Visual Basic	Name	cmd Terminar
			Caption	SALIR
7	Menu	Visual Basic	Name	MenuAbrir
			Caption	Abrir
8	Menu	Visual Basic	Name	MenuAcerca
			Caption	Acerca del Farinógrafo
9	Menu	Visual Basic	Name	MenuAyuda
			Caption	Ayuda
10	Menu	Visual Basic	Name	MenuCalibrar
			Caption	Calibrar
11	Menu	Visual Basic	Name	MenuCero
			Caption	Cero
12	Menu	Visual Basic	Name	MenuCerrar
			Caption	Cerrar
13	Menu	Visual Basic	Name	MenuContenido
			Caption	Contenido

14	Menu	Visual Basic	Name	MenuEdicion
			Caption	Edicion
15	Menu	Visual Basic	Name	MenuGuardar
			Caption	Guardar
16	Menu	Visual Basic	Name	MenuReset
			Caption	Reset
17	Menu	Visual Basic	Name	MenuStart
			Caption	Start
18	Menu	Visual Basic	Name	MenuStop
			Caption	Stop
			Name	Picture1
			DataField	Imágenes
19	PictureBox	Visual Basic	Enable	True
			ScaleHeigh	8190
			ScaleWidth	11745
			Name	Timer 1
20	Timer	Visual Basic	Enabled	True
			Interval	90

Para la pantalla 2 del Extensógrafo lo único que cambia es la escala para lo cuál en la tabla 4.3 se puede observar dichos cambios.

Tabla. 4.3. Controles internos de la escala de la pantalla 2 del Extensógrafo.

No.	Control	Procedencia	Propiedad	Valor
1	PictureBox	Visual Basic	Name	Picture1
			DataField	Imágenes
			Enable	Trae
			ScaleHeigh	7830
			ScaleWidth	10950

Después de agregar los controles anteriores a cada formulario, la forma final de la pantalla 2 para el Farinógrafo y Extensógrafo puede observarse en las figuras 4.9 y 4.10 respectivamente.

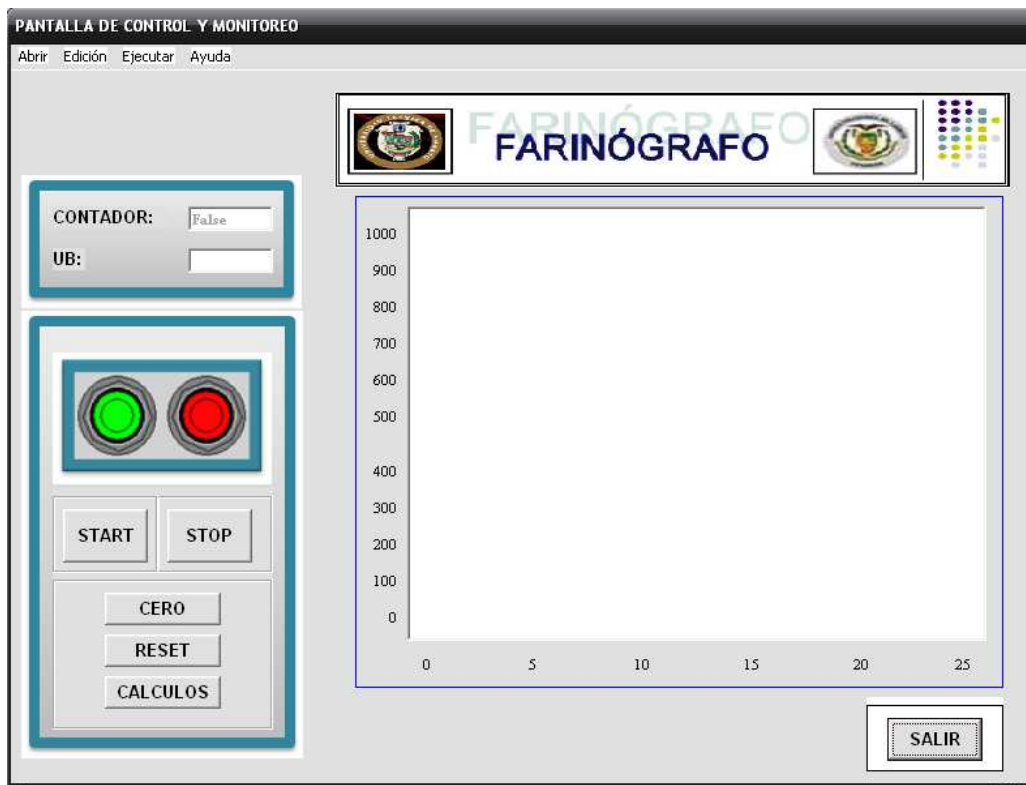


Figura. 4.9. Pantalla de control y monitoreo del Farinógrafo.

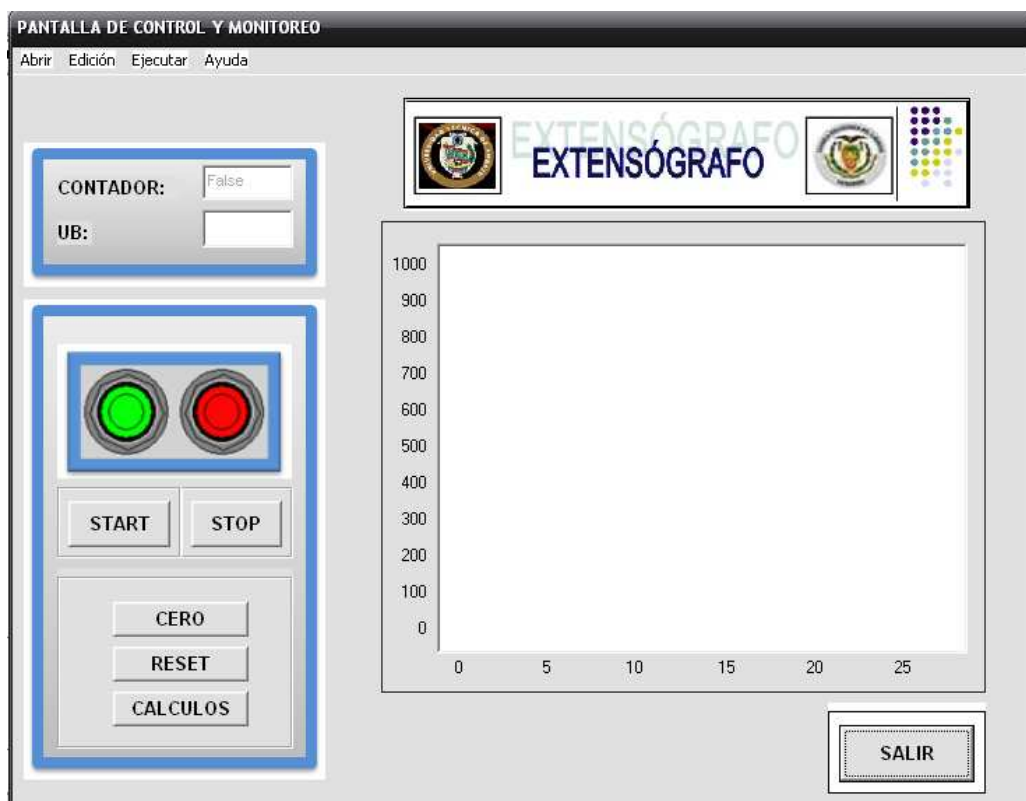


Figura. 4.10. Pantalla de control y monitoreo del Extensógrafo.

4.3.1.2.1 Funciones de la pantalla 2.

El código de programación de Visual Basic 6.0, que se agregara a cada uno de los controles estará basado en las tareas o funciones, pero para que se realicen dichas tareas es necesario tomar en cuenta las siguientes condiciones y pasos:

- Al ejecutar un click con el Mouse sobre el botón START, los datos enviados por el sensor son transformados en unidades de ingeniería (Unidades Brabender), comenzando así a graficar dichos datos en la pantalla.
- Al ejecutar un click con el Mouse sobre el botón de RESET, inicializa la gráfica y el tiempo vuelve al inicio.
- Al ejecutar un click con el Mouse sobre el botón CERO, se coloca el valor del contador en cero. Sirve como offset.
- Al ejecutar un click con el Mouse sobre el botón de STOP, se detiene la captura de la gráfica. Pero no reinicia la grafica al principio.
- Al ejecutar un click con el Mouse sobre el botón CALCULOS se obtiene los resultados de la curva, una vez que se finaliza la gráfica.
- Al ejecutar un click con el Mouse sobre el botón SALIR, el programa finalizará.

La pantalla 2 consta también de una barra de herramientas las cuales tiene las siguientes funciones y tareas, las mismas son descritas en la tabla 4.4.

Tabla. 4.4.Funciones de la Barra de Herramientas.

Menú Abrir	Guardar	Guarda la gráfica en una imagen BNG en el disco C
	Cerrar	Sale del programa
Menú Edición	Cero	Posee las mismas funciones que los botones en la pantalla principal.
	Reset	Posee las mismas funciones que los botones en la pantalla principal.

	Calibrar	Ajusta los valores de las unidades crudas a las unidades de ingeniería.
Menú Ejecutar	Star	Posee las mismas funciones que los botones en la pantalla principal.
	Stop	Posee las mismas funciones que los botones en la pantalla principal.
Menú Ayuda	Contenido	Presenta un archivo acerca del manual de usuario tanto del Farinógrafo y Extensógrafo.
	Acerca del Farinógrafo	Abre una ventana en la que se encuentra los datos de las personas que realizaron el Software

4.3.1.3 Pantalla 3. (CÁLCULOS).

En la tabla 4.4 y 4.5 se muestra los controles y propiedades que se utilizaran para desarrollar la pantalla de Cálculos de la interface gráfica del sistema de adquisición de datos del Farinógrafo y Extensógrafo.

Tabla. 4.5. Controles internos de la pantalla 3

No.	Control	Procedencia	Propiedad	Valor
1	CommandButton	Visual Basic	Name	GUARDAR
			Caption	GUARDAR
2	CommandButton	Visual Basic	Name	SALIR
			Caption	SALIR

Después de agregar los controles anteriores a cada formulario, la forma final de la pantalla 3 del Farinógrafo y Extensógrafo, se puede apreciar en las figuras 4.11 y 4.12 respectivamente.

Calculos

FARINÓGRAFO

Calculos

Tiempo de Desarrollo Min

Tiempo de Estabilidad Min

Indice de Tolerancia UB

SALIR GUARDAR

Figura. 4.11. Pantalla de Cálculos del Farinógrafo.

CALCULOS

EXTENSÓGRAFO

CALCULOS

R1 UB

R UB

E mm

E1 mm

R/E UB/mm

Area mm²

SALIR GUARDAR

Figura. 4.12. Pantalla de Cálculos del Extensógrafo.

El código de programación de Visual Basic 6.0, que se agregara a cada uno de los controles estará basado en las tareas o funciones, pero para que se realicen dichas tareas es necesario tomar en cuenta las siguientes condiciones y pasos.

4.3.1.3.1 Funciones de la Pantalla 3.

En la pantalla de cálculos del Farinógrafo aparecerán los siguientes cálculos siempre y cuando haya recorrido la grafica un tiempo de 15 min. Los cálculos son detallados a continuación:

- Tiempo de desarrollo; esté tiempo representa el pico más alto de la curva está dado en minutos.
- Tiempo de Estabilidad; representa el tiempo tomado desde que la curva entra a los 500 UB hasta que la misma salga de los 500UB. Está dado en minutos.
- Índice de Tolerancia; está dado en UB (Unidades Brabender), este valor se toma desde el pico más alto hasta que la curva haya transcurrido 5 minutos.

En la pantalla de cálculos del Extensógrafo aparecerán los siguientes cálculos siempre y cuando la masa se haya roto cuando el gancho del Extensógrafo haya descendido completamente. Los cálculos son detallados a continuación:

- Resistencia R, altura del extensograma (U.E.) correspondientes al punto de base situado a 5cm de distancia del comienzo de la curva.
- Resistencia R1, altura máxima de la curva.
- Extensibilidad E, corresponde a la longitud de la base desde el comienzo hasta el final del extensograma (mm).

- Extensibilidad E1, longitud de la base desde el comienzo de la curva hasta el final del punto correspondiente a la máxima resistencia R1.
- La resistencia R/E.
- Área del extensograma, fuerza de la masa, área bajo la curva del extensograma.

Tanto la pantalla de cálculos del Farinógrafo y Extensógrafo poseen los siguientes botones cuya función se describe a continuación:

- Al ejecutar un click con el Mouse sobre el botón GUARDAR, los cálculos serán enviados a una hoja de EXCEL, el mismo será ubicado en la unidad raíz de la PC.
- Al ejecutar un click con el Mouse sobre el botón SALIR, la aplicación se cerrara.

4.3.1.4 Pantalla 4. (CONTRASEÑA).

En la tabla 4.6 se muestra los controles y propiedades que se utilizaran para desarrollar la pantalla de Contraseña de la interface gráfica del sistema de adquisición de datos del Farinógrafo y Extensógrafo.

Tabla. 4. 6. Controles internos de la Pantalla 4.

No.	Control	Procedencia	Propiedad	Valor
1	CommandButton	Visual Basic	Name	Command1
			Caption	ACEPTAR
2	CommandButton	Visual Basic	Name	Command2
			Caption	CANCELAR

Después de agregar los controles anteriores a cada formulario, la forma final de la pantalla 4 puede observarse en la figura 4.13:



Figura. 4.13. Pantalla de Contraseña.

4.3.1.4.1 Funciones de la pantalla 4.

El código de programación de Visual Basic 6.0, que se agregara a cada uno de los controles estará basado en las tareas o funciones, pero para que se realicen dichas tareas es necesario tomar en cuenta las siguientes condiciones y pasos:

- Al ejecutar un click con el Mouse sobre la opción Calibrar de la pantalla 2, la pantalla de Contraseña aparecerá.
- Primero hay que ingresar la clave correcta en el espacio en blanco, luego hay que ejecutar un click con el Mouse sobre la opción ACEPTAR y de inmediato aparecerá la Pantalla de Calibración.
- Caso contrario si la clave es errónea aparecerá un cuadro de dialogo con el siguiente mensaje "Clave errónea" figura 4.14.

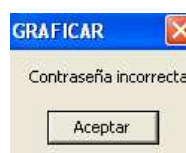


Figura. 4.14. Mensaje de error.

- Al ejecutar un click con el Mouse sobre la opción Cancelar permitirá que no se habrá la pantalla de Calibración y volverá a la pantalla 2.

4.3.1.5 Pantalla 5. (ACERCA DEL FARINÓGRAFO Y EXTENSÓGRAFO).

En la tabla 4.7 se muestra los controles y propiedades que se utilizaran para desarrollar la pantalla de Acerca del Farinógrafo y Extensógrafo, de la interface gráfica del sistema de adquisición de datos del Farinógrafo y Extensógrafo.

Tabla. 4.7. Controles internos de la Pantalla 5.

No.	Control	Procedencia	Propiedad	Valor
1	CommandButton	Visual Basic	Name	Salir
			Caption	SALIR

Después de agregar los controles anteriores a cada formulario, la forma final de la pantalla 5 puede observarse en las figuras 4.15 y 4.16 respectivamente:



Figura. 4.15. Pantalla Final Acerca del Farinógrafo.**Figura. 4.16.** Pantalla Final Acerca del Extensógrafo.

La pantalla 5 tanto del Farinógrafo y Extensógrafo contiene todos los datos referentes a las personas que desarrollaron el software.

4.3.1.5.1 Funciones de la pantalla 5.

El código de programación de Visual Basic 6.0, que se agregara a cada uno de los controles estará basado en las tareas o funciones, pero para que se realicen dichas tareas es necesario tomar en cuenta la siguiente condición y paso:

- Al ejecutar un clic con el Mouse sobre el botón SALIR, la aplicación se cerrara.

4.3.1.6 Pantalla 6. (CALIBRACIÓN).

En la tabla 4.8 se muestra los controles y propiedades que se utilizaran para desarrollar la pantalla de Calibración, de la interface gráfica del sistema de adquisición de datos del Farinógrafo y Extensógrafo.

Tabla. 4. 8. Controles internos de la pantalla 6.

No.	Control	Procedencia	Propiedad	Valor
1	CommandButton	Visual Basic	Name	Command1
			Caption	Captar
2	CommandButton	Visual Basic	Name	Command2
			Caption	Captar
3	CommandButton	Visual Basic	Name	Command3
			Caption	Captar
4	CommandButton	Visual Basic	Name	Command4
			Caption	Captar
5	CommandButton	Visual Basic	Name	Command5
			Caption	Captar
6	CommandButton	Visual Basic	Name	Command6
			Caption	Captar
7	CommandButton	Visual Basic	Name	Command7
			Caption	Captar
8	CommandButton	Visual Basic	Name	Command8
			Caption	Captar
9	CommandButton	Visual Basic	Name	Command9
			Caption	Captar
10	CommandButton	Visual Basic	Name	Command10
			Caption	Captar
11	CommandButton	Visual Basic	Name	Command12
			Caption	POR DEFECTO
12	CommandButton	Visual Basic	Name	Command13
			Caption	CALCULAR
13	CommandButton	Visual Basic	Name	Guardar
			Caption	GUARDAR
14	CommandButton	Visual Basic	Name	Salir
			Caption	SALIR
15	Timer	Visual Basic	Name	Timer1
			Enabled	True
			Interval	300

Después de agregar los controles anteriores a cada formulario, la forma final de la pantalla 6 del Farinógrafo y Extensógrafo, se puede apreciar en las figuras 4.17. y 4.18 respectivamente.

The screenshot shows a software window titled "CALIBRACIÓN" for a "FARINÓGRAFO". The interface includes a header with logos and the word "FARINÓGRAFO". Below this, there are input fields for "CONTADOR:" (set to "False") and "UB:" (set to "0"). A "CALCULAR" button is located below these fields. To the right, a vertical list of values from 0 to 900 in increments of 100 is shown, each with a "Captar" button. At the bottom, there are three buttons: "GUARDAR", "POR DEFECTO", and "SALIR".

Figura. 4.17. Pantalla de Calibración del Farinógrafo.



Figura. 4.18. Pantalla de Calibración del Extensógrafo.

4.3.1.6.1 Funciones de la pantalla 6.

El código de programación de Visual Basic 6.0, que se agregara a cada uno de los controles estará basado en las tareas o funciones, pero para que se realicen dichas tareas es necesario tomar en cuenta las siguientes condiciones y pasos:

- La pantalla contiene indicadores los mismos que representan las unidades crudas (contador) y unidades de ingeniería (UB).
- Al ejecutar un click con el Mouse sobre la opción Capturar, los valores en unidades crudas de los respectivos valores en UB serán capturados.
- Al ejecutar un click con el Mouse sobre la opción Calcular, los valores de a y b se calcularán para la ecuación lineal de adaptación a la curva.
- Al ejecutar un click con el Mouse sobre la opción Guardar, acepta los cambios en la calibración y la almacena para el uso posterior del equipo.

- Al ejecutar un click con el Mouse sobre la opción Por Defecto, vuelve los valores por defecto de las constantes de calibración de las rectas, los aplica y los guarda.
- Al ejecutar un click con el Mouse sobre la opción Salir, la ventana de calibración se cerrara.

4.4 Diseño de la Base de Datos.

Una base de datos es una colección de información organizada de forma que un programa de ordenador pueda seleccionar rápidamente los fragmentos de datos que necesite. Una base de datos es un sistema de archivos electrónico.

Las bases de datos tradicionales se organizan por campos, registros y archivos. Un campo es una pieza única de información; un registro es un sistema completo de campos; y un archivo es una colección de registros.

Microsoft Excel es una aplicación muy flexible y permite la comunicación con otros programas como Visual Basic. Esto significa que podemos pasar datos entre Excel y programas como Visual Basic.

En Visual Basic, a veces se utiliza una hoja Excel como una sencilla base de datos, y por consiguiente tendremos la necesidad de poder abrir este archivo Excel desde la otra aplicación. A continuación detallamos cómo proceder para establecer contacto entre Excel y Visual Basic.

- Creamos una ruta para el archivo Excel desde VB
- Creamos referencias a Excel.
- Abrimos el libro de Excel.
- Captamos los valores a la hoja de Cálculo.
- Activamos la Hoja de Cálculo.
- Por último Cerramos la hoja de cálculo y cerramos la aplicación de Excel.

El código que se utilizó para crear la base de datos utilizando Excel es el siguiente:

```
Dim xlapp As Excel.Application, xlsheet As Excel.Worksheet
Dim strRutaLibro As String

If k = 2 Then

strRutaLibro = "C:\Base de Datos.xls"
Set xlapp = CreateObject("Excel.Application") 'Crea y devuelve referencia a Excel
xlapp.Workbooks.Open strRutaLibro, , False, , "", "" 'Abre el libro
Set xlsheet = xlapp.Workbooks(1).Worksheets(3) ' Se capta la hoja "HOJA3"

xlsheet.Activate 'activar la hoja "HOJA3"

a1 = sa1
a2 = sa2
b2 = sb2
a3 = sa3
b3 = sb3

xlsheet.Range("A" & Format(1)).Value = a1
xlsheet.Range("A" & Format(2)).Value = a2
xlsheet.Range("B" & Format(2)).Value = b2
xlsheet.Range("A" & Format(3)).Value = a3
xlsheet.Range("B" & Format(3)).Value = b3

xlapp.Workbooks(1).Save
xlapp.Workbooks(1).Close 'Cierra el libro
xlapp.Quit ' Cierra la aplicacion de Excel
Set xlapp = Nothing 'Libera el objeto Excel de la memoria del PC
```

4.5 Diagrama de flujos de la interfaz gráfica de adquisición de datos. (HMI)

En la figura 4.19 se encuentra el diagrama de flujo de todo el programa del equipo tanto para el Farinógrafo como el Extensógrafo.

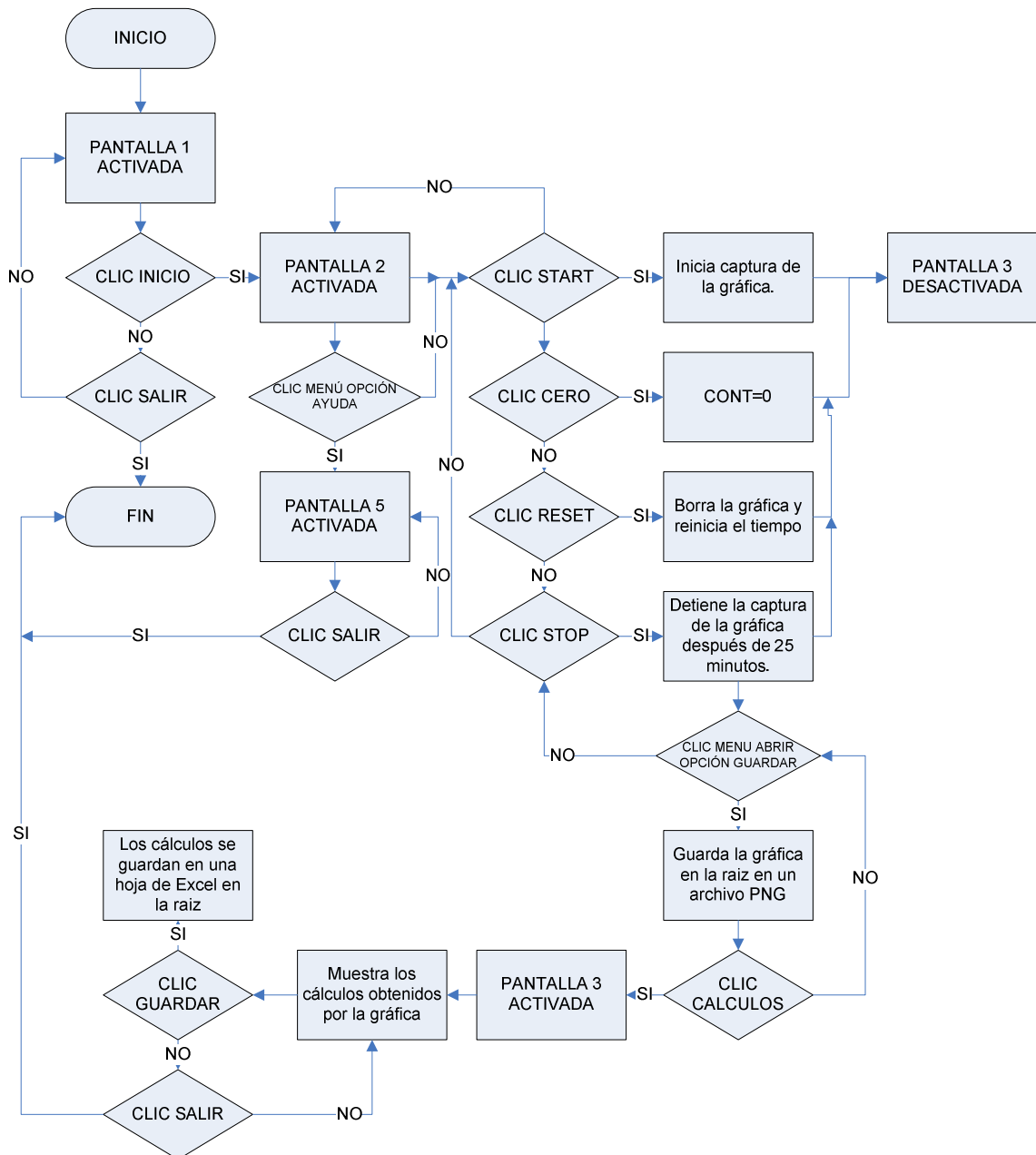


Figura. 4. 19. Diagrama de Flujo del programa.

En la figura 4.20 se encuentra el diagrama de flujo de la calibración del equipo tanto para el Farinógrafo como el Extensógrafo.

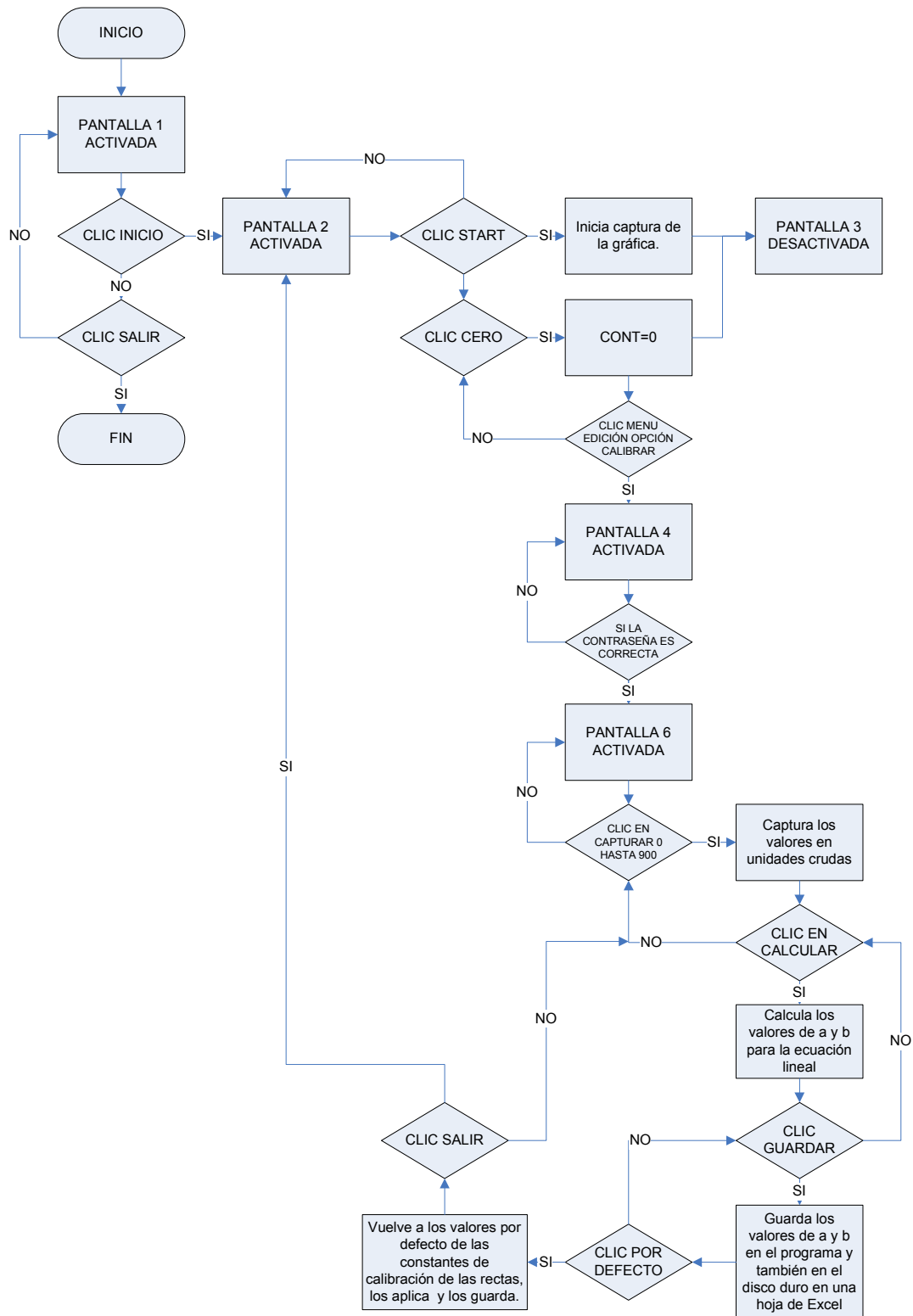


Figura. 4.20. Diagrama de Flujo de la calibración de los equipos.

CAPITULO 5

IMPLEMENTACIÓN

5.1 Introducción

En este capítulo veremos los elementos necesarios para la instalación de nuestro dispositivo, así como también los pasos para instalar tanto el hardware como el software en el Farinógrafo y en le Extensógrafo.

Se describirá las pruebas realizadas para ajustar, calibrar y corregir errores tanto de software como de hardware.

También se describirá los pasos para el correcto uso del dispositivo y del software del Farinógrafo y del Extensógrafo.

5.2 Elaboración de elementos y calibración del dispositivo.

Para la implementación de los dispositivos en los equipos, tanto el Farinógrafo y el Extensógrafo se vio en la necesidad de fabricar varias piezas de metal para adaptar los sensores, entre las cuales tenemos:

5.2.1 Piezas para el Farinógrafo.

Base y cilindro: Sirve de soporte para las piezas que sostienen el sensor, debido a que no se pueden realizar ningún tipo de perforación en el equipo, se opto por utilizar una pieza con un peso considerable como soporte.

Además de un cilindro el cual sirve para ajustar la pieza que sostiene el sensor mediante un tornillo que sirve de prisionero como se observa en la figura 5.1.

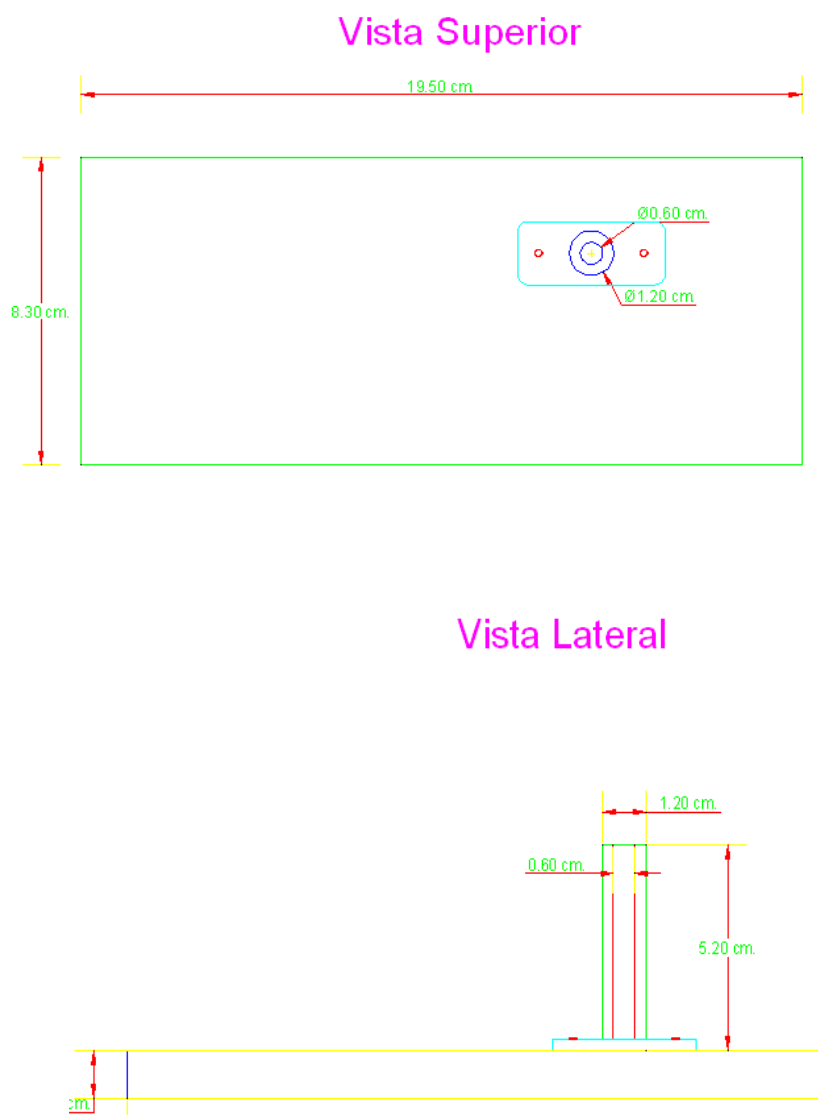


Figura. 5. 1. Base y cilindro de soporte.

- Entre sus características están:

Peso Total: 1.394 Kg.

Material: Hierro

- Dimensiones de la base.

Largo: 19.5 cm

Ancho: 8.3 cm

Espesor: 1.2 cm

- Dimensiones del cilindro.

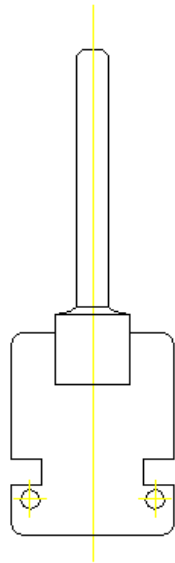
Altura: 5.2 cm

Diámetro Interior: 0.6 cm

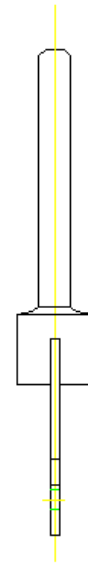
Diámetro Exterior: 1.2 cm

Soporte del encoder: esta pieza sirve para ajustar la estructura del encoder a la base podemos observarla en la figura 5.2.

Vista frontal



Vista Lateral



Vista Superior

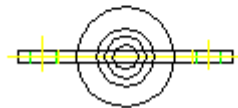


Figura. 5.2. Soporte del encoder.

- Entre sus características están:

Peso Total: 28,942 g.

Material: Hierro

- Dimensiones.

Altura: 5,2 cm

Ancho: 2,3 cm

Espesor: 2,1 mm

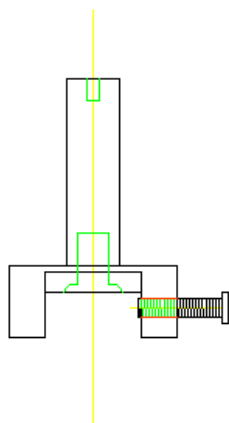
- Dimensiones Cilindro.

Altura: 3,1 cm

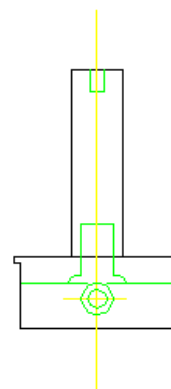
Diámetro: 0.6 cm

Pieza para el centro de giro del registrador: esta pieza se ubica en el centro de giro de la pluma del registrador, el cual transfiere el movimiento circular al disco del encoder se la observa en la figura 5.3.

Vista frontal



Vista Lateral



Vista Superior

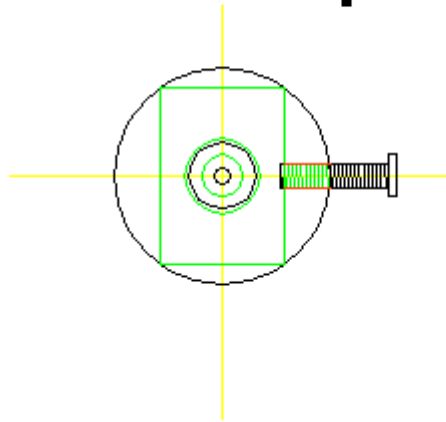


Figura. 5.3. Pieza para el centro de giro del registrador.

- Entre sus características están:

Peso Total: 10,980 g.

Material: Aluminio.

- Dimensiones Totales.

Largo: 3.5 cm

Ancho: 2.2 cm

Espesor: 2.2 cm

- Dimensiones del cilindro.

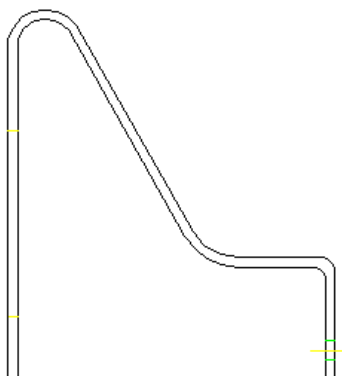
Altura: 2,8 cm

Diámetro: 1 cm

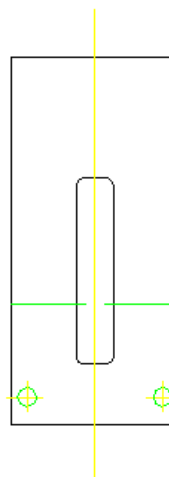
5.2.2 Piezas para el Extensógrafo.

Soporte del encoder: esta pieza ajusta el encoder al equipo, debido a que no se pueden realizar ninguna perforación al equipo, se opto por utilizar uno de los tornillos que se encuentra en el registrador para ajustar la pieza al equipo, se puede observar la pieza en la figura 5.4.

Vista frontal



Vista Lateral



Vista Superior

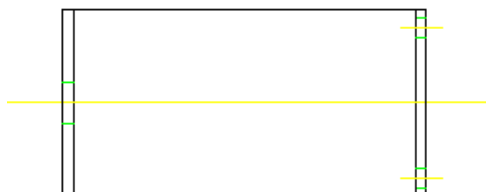


Figura. 5.4. Soporte del Encoder.

- Entre sus características están:

Peso Total: 30,428 g.

Material: Hierro

- Dimensiones.

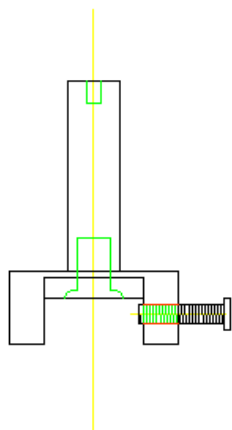
Largo: 3,4 cm

Ancho: 2,2 cm

Espesor: 2,1 mm

Pieza para el centro de giro del registrador: esta pieza se ubica en el centro de giro de la pluma del registrador, el cual se ajusta mediante un tornillo que sirve de prisionero, esta pieza transfiere el movimiento circular al disco del encoder, se la puede observar en las figuras 5.5 y 5.6.

Vista frontal



Vista Lateral

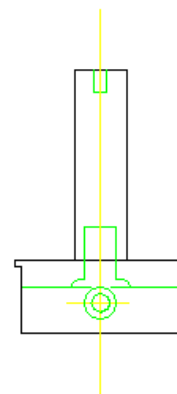


Figura. 5.5. Pieza para el centro de giro del registrador.

Vista Superior

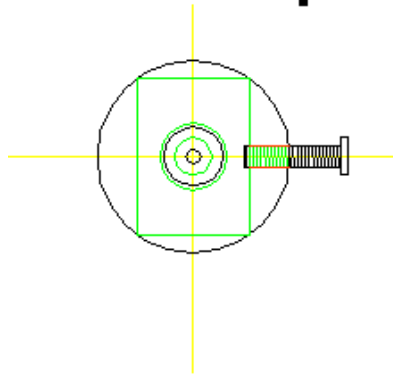


Figura. 5.6. Pieza para el centro de giro del registrador.

- Entre sus características están:

Peso Total: 11.250 g.

Material: Aluminio.

- Dimensiones Totales.

Largo: 3.5 cm

Ancho: 2.2 cm

Espesor: 2.2 cm

- Dimensiones del cilindro.

Altura: 2,8 cm

Diámetro: 1 cm

5.2.3 Curva de calibración.

Una vez obtenidas todas las piezas se procede a obtener la curva de calibración, para lo cual se ensambla todas las piezas y se procede a tomar datos de la siguiente manera tanto para el Farinógrafo y el Extensógrafo:

- Abrimos el software de prueba previamente realizado, el cual solo muestra los valores enviados por la tarjeta de adquisición al computador.
- Colocamos la hoja especial en el registrador, la cual nos servirá de referencia para los valores al momento de realizar la curva de calibración.
- Una vez hecho esto tomamos los valores empezando desde 0 UB hasta 1000 UB en intervalos de 20 UB, anotamos cada uno de estos valores 2 veces, como se muestra en las tablas.

Tabla. 5.1.Valores del Farinógrafo.

V1	V2	PROMEDIO	UB
0	0	0	0
11	12	11,5	20
22	24	23	40
34	35	34,5	60
46	47	46,5	80
58	58	58	100
69	70	69,5	120
80	81	80,5	140
92	93	92,5	160
103	103	103	180

Tabla. 5.2. Valores del Farinógrafo.

V1	V2	PROMEDIO	UB
114	115	114,5	200
126	127	126,5	220
138	139	138,5	240
149	151	150	260
161	162	161,5	280
173	174	173,5	300
185	185	185	320
196	197	196,5	340
208	209	208,5	360
219	221	220	380
231	233	232	400
243	244	243,5	420
255	255	255	440
266	266	266	460
278	278	278	480
290	291	290,5	500
302	302	302	520
314	314	314	540
326	327	326,5	560
339	339	339	580
351	348	349,5	600
363	361	362	620
373	373	373	640
386	385	385,5	660
398	397	397,5	680
411	410	410,5	700
422	421	421,5	720
434	435	434,5	740
447	446	446,5	760
459	459	459	780
471	470	470,5	800
483	482	482,5	820
494	493	493,5	840

Tabla. 5.3. Valores del Farinógrafo.

V1	V2	PROMEDIO	UB
506	506	506	860
518	519	518,5	880
529	529	529	900
541	541	541	920
553	553	553	940
565	566	565,5	960
577	577	577	980
591	592	591,5	1000

Tabla. 5.4. Valores del Extensógrafo.

V1	V2	PROMEDIO	UB
0	0	0	0
12	12	12	20
24	26	25	40
37	39	38	60
49	51	50	80
61	63	62	100
74	75	74,5	120
85	86	85,5	140
97	99	98	160
108	110	109	180
119	121	120	200
132	134	133	220
144	146	145	240
156	157	156,5	260
166	168	167	280
180	181	180,5	300
191	192	191,5	320
202	204	203	340
214	216	215	360

Tabla. 5.5. Valores del Extensógrafo.

V1	V2	PROMEDIO	UB
226	228	227	380
238	239	238,5	400
249	251	250	420
261	263	262	440
273	275	274	460
285	286	285,5	480
297	298	297,5	500
308	310	309	520
319	321	320	540
331	332	331,5	560
342	344	343	580
355	357	356	600
365	367	366	620
377	379	378	640
389	391	390	660
401	402	401,5	680
411	413	412	700
423	425	424	720
435	437	436	740
448	448	448	760
458	460	459	780
469	471	470	800
479	481	480	820
491	493	492	840
502	504	503	860
513	515	514	880
525	527	526	900
536	539	537,5	920
547	548	547,5	940
559	560	559,5	960
571	574	572,5	980
581	581	581	1000

Obtenemos los promedios de los dos valores y procedemos a obtener las curvas de calibración mediante Excel (figuras 5.7 y 5.8).

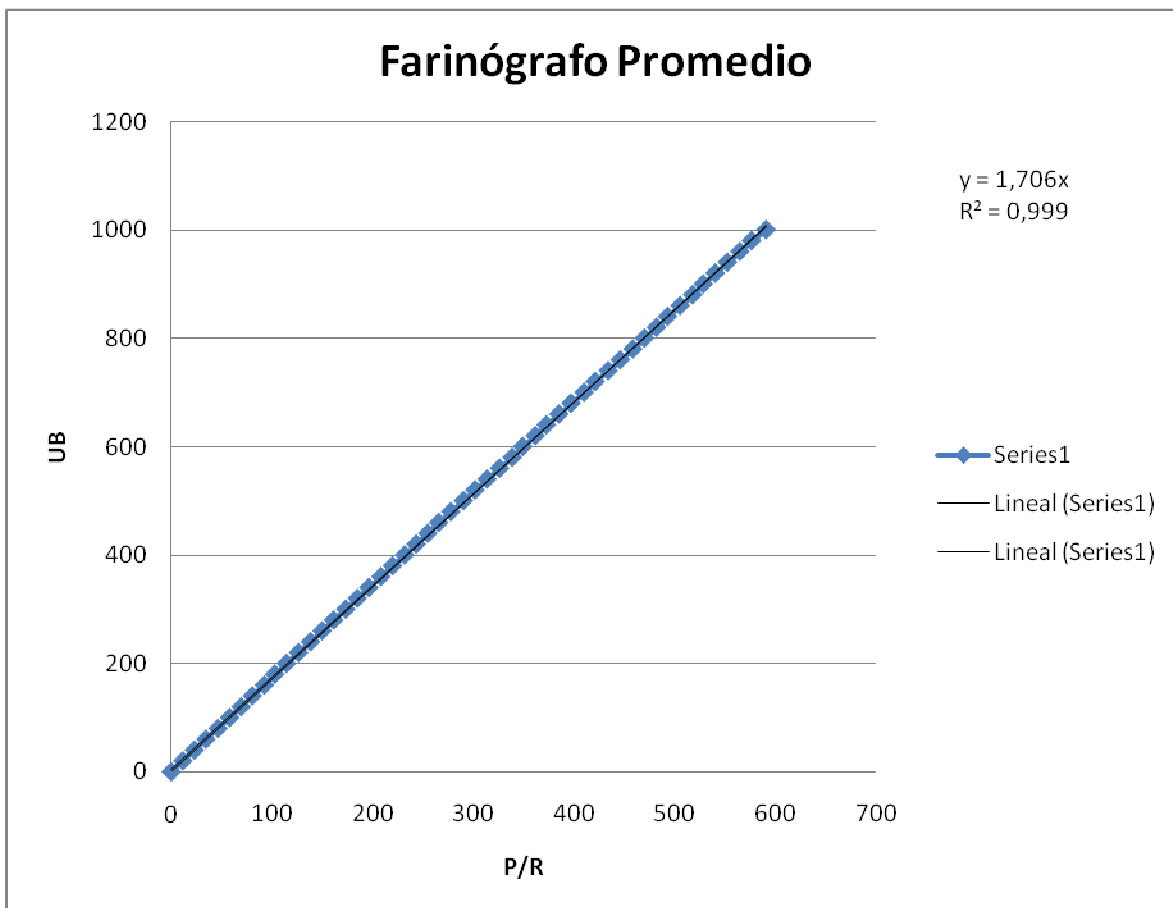


Figura. 5.7. Curva de calibración del Farinógrafo.

Resultados obtenidos de la curva de calibración.

$$y = 1,706x$$

$$R^2 = 0,999$$

Donde:

- X representa al contador que es el valor enviado por la tarjeta de adquisición, entre otras palabras las unidades crudas.
- Y representa las UB, lo que sería las unidades de ingeniería.

De esta ecuación de la curva podemos obtener la sensibilidad que es de 1,706.

Esta sensibilidad representa que por cada una de las unidades crudas tenemos 1,706 UB.

Esta sensibilidad representa el 0,1706 % de la escala total.

El error basado en $R^2 = 0,999$ es del 0.1%

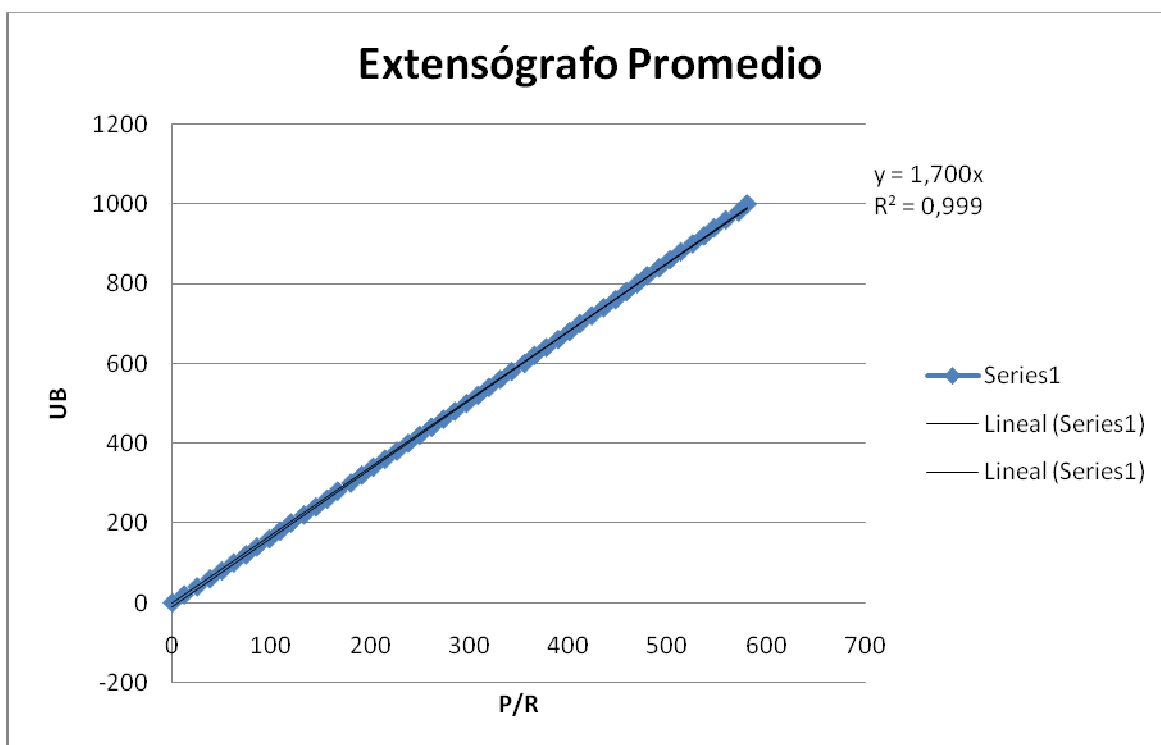


Figura. 5.8. Curva de calibración del Extensógrafo.

Resultados obtenidos de la curva de calibración.

$$y = 1,700x$$

$$R^2 = 0,999$$

Donde:

- X representa al contador que es el valor enviado por la tarjeta de adquisición, entre otras palabras las unidades crudas.
- Y representa las UE, lo que sería las unidades de ingeniería.

De esta ecuación de la curva podemos obtener la sensibilidad que sería 1,7.

Esta sensibilidad representa que por cada una de las unidades crudas tenemos 1,7 UB.

Esta sensibilidad representa el 0,17 % de la escala total.

El error basado en $R^2 = 0,999$ es del 0.1%

5.3 Instalación.

A continuación enumeraremos los pasos de instalación del driver, de las piezas y del software, los pasos a seguir son casi parecidos tanto para el Farinógrafo como para el Extensógrafo, a excepción de la instalación de las piezas.

5.3.1 Instalación del driver de la tarjeta de adquisición de datos.

1. Para realizar la instalación del driver, conecte el cable USB a la tarjeta de adquisición y a al puerto USB de la PC.
2. Al realizar la conexión observe que el indicador rojo esté encendido, en la PC se presentará la siguiente ventana (figura 5.9) y escoja la opción **Buscar e instalar el software del controlador**.

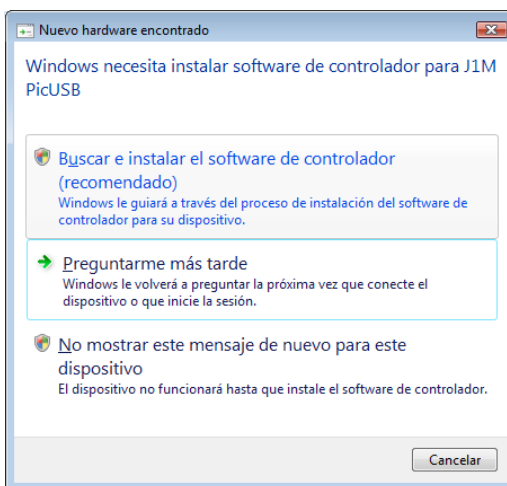


Figura. 5.9. Ventana Nuevo hardware encontrado 1.

3. En la siguiente ventana (figura 5.10) escoja **No tengo el disco. Mostrarme otras opciones.**



Figura. 5.10. Ventana Nuevo hardware encontrado 2.

4. Aparecerá la siguiente ventana (figura 5.11) ahí escoja la opción **Buscar software de controlador en el equipo (avanzado).**

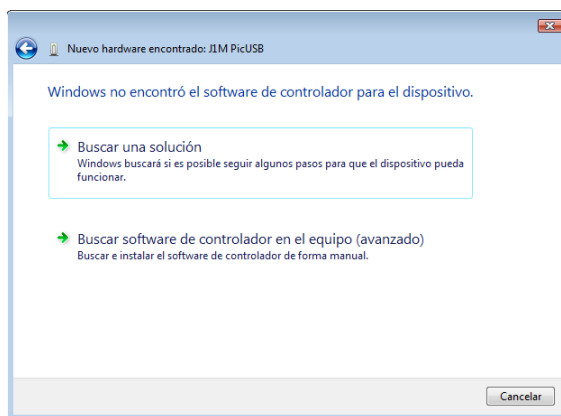


Figura. 5.11. Ventana Nuevo hardware encontrado 3.

5. En la siguiente ventana (figura 5.12) haga clic en el botón **Examinar**, ahí se desplegara varias direcciones, busque en el CD la carpeta **PicUSB_Driver**, de clic en el botón **Siguiente** y se instalara el driver.

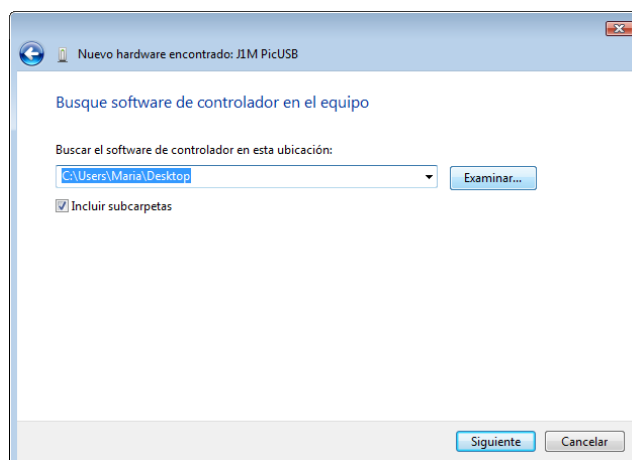


Figura. 5.12. Ventana Nuevo hardware encontrado 4.

6. Al finalizar la instalación verifique que el indicador verde este encendido.

5.3.2 Instalación del dispositivo.

Aquí se presentaran los pasos para la instalación de las piezas para el Farinógrafo y el Extensógrafo, como cada una tiene piezas diferentes se las explicara por separado.

5.3.2.1 Instalación del dispositivo para el Farinógrafo.

Una vez obtenidas todas las piezas se procederá el armado de las piezas en el equipo siguiendo estos pasos.

1. Primero ajustamos el encoder en su soporte como se muestra en la figura 5.13.



Figura. 5.13. Estructura del encoder en el soporte.

2. Colocamos el soporte en la base pero sin ajustar el prisionero como se muestra en la figura 5.14.



Figura. 5.14. Colocar soporte en la Base

3. Luego colocamos la pieza del centro de giro del registrador y ajustamos el prisionero de esta como se muestra en la figura 5.15.



Figura. 5.15. Pieza del centro de giro en el registrador.

4. Colocamos la base en el equipo de forma que la parte cilíndrica de la pieza del centro de giro pase por el medio de la estructura del encoder, pero sin ajustar el prisionero de la base como se muestra en la figura 5.16.



Figura. 5.16. Colocar Base en el equipo.

5. Ahora colocamos el disco del encoder en el cilindro de la pieza del registrador y ajustamos el prisionero del disco como se muestra en la figura 5.17.

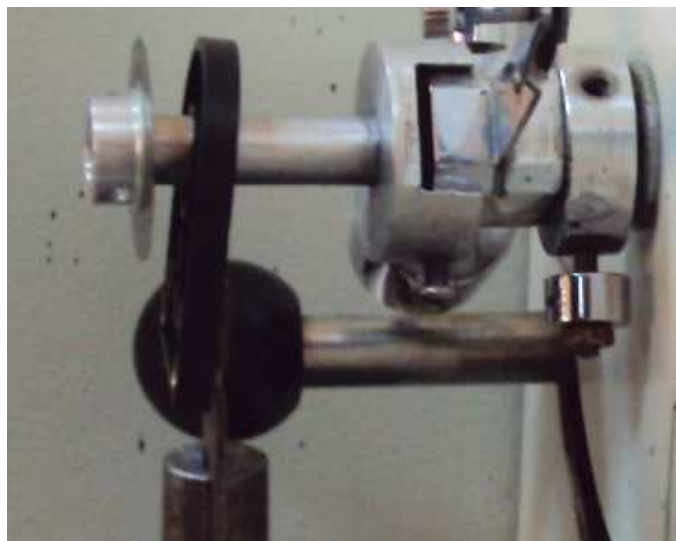


Figura. 5.17. Colocar disco del encoder.

6. Antes de ajustar el prisionero de la base hay que ajustar la altura, de otra forma el encoder no funcionara bien, este paso requiere varios intentos antes de obtener la posición adecuada.
7. Finalmente colocamos el puerto USB al dispositivo y luego a la PC.

5.3.2.2 Instalación del dispositivo para el Extensógrafo.

Los pasos de instalación de las piezas del Extensógrafo difieren con los del Farinógrafo ya que las piezas son diferentes, a continuación enumeramos los pasos a seguir:

1. Primero ajustamos el encoder en su soporte como se muestra en la figura 5.18.

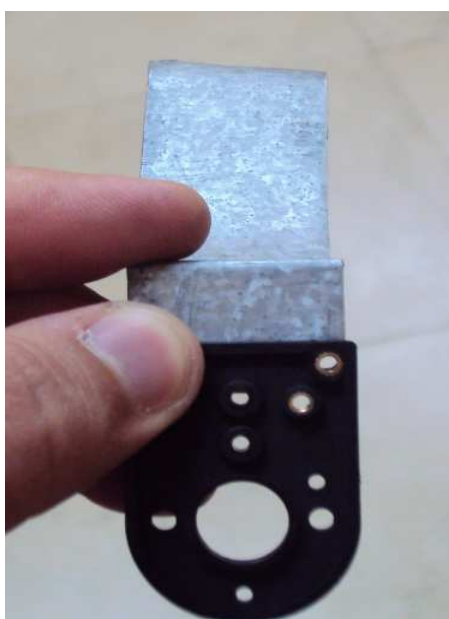


Figura. 5.18. Ajustar encoder al soporte.

2. Luego colocamos la pieza del centro de giro del registrador y ajustamos el prisionero de esta como se muestra en la figura 5.19.



Figura. 5.19. Pieza del centro de giro en el registrador.

3. Colocamos el soporte en el equipo de forma que la parte cilíndrica de la pieza del centro de giro pase por el medio de la estructura del encoder, pero sin ajustar el tornillo del equipo de la base como se muestra en la figura 5.20.

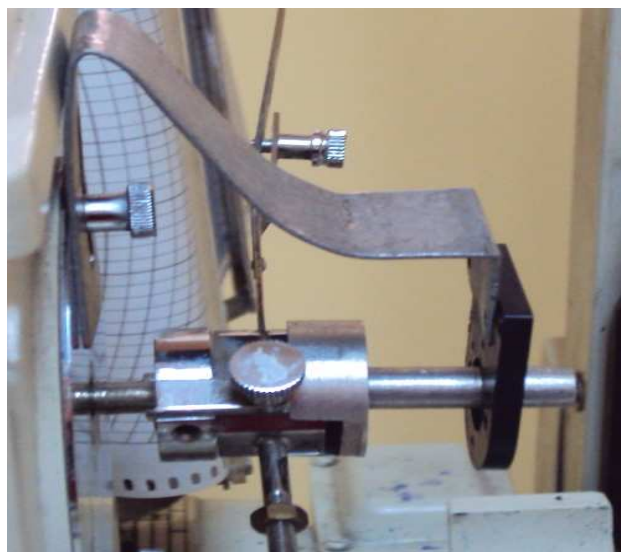


Figura. 5.20. Ajustar soporte al equipo.

4. Ahora colocamos el disco del encoder en el cilindro de la pieza del registrador y ajustamos el prisionero del disco como se muestra en la figura 5.21.

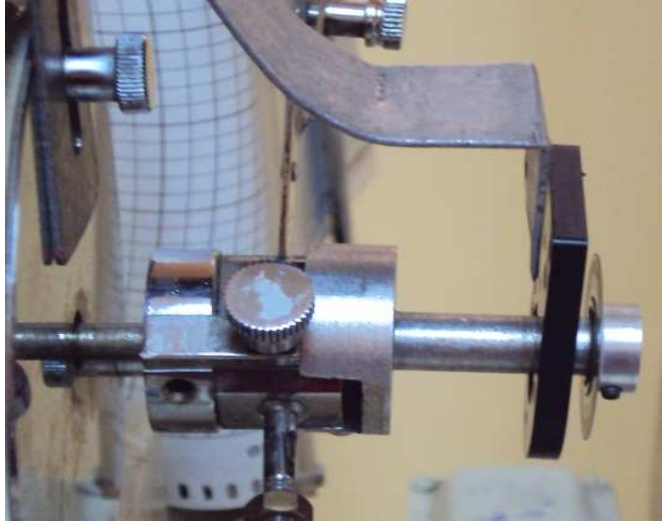


Figura. 5.21. Colocar disco del Encoder.

5. Antes de ajustar el tornillo del equipo hay que ajustar la altura, de otra forma el encoder no funcionara bien, este paso requiere varios intentos antes de obtener la posición adecuada.
6. Finalmente colocamos el puerto USB al dispositivo y luego a la PC.

5.3.3 Instalación del software.

La instalación del software tanto para el Farinógrafo como para el Extensógrafo es casi parecida por lo que solo se hará una guía general la cual se muestra a continuación.

1. Para iniciar la instalación, inserte el CD-ROM en la unidad de CD-ROM de la PC y haga clic en la opción de instalación.
2. Haga clic en Aceptar. El programa de instalación se iniciará como se observa en la figura 5.22.

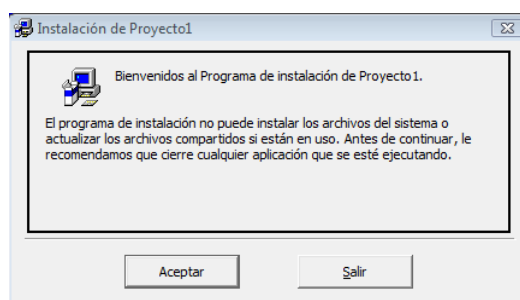


Figura. 5.22. Ventana de Instalación.

3. El programa de instalación se iniciará al dar clic en el icono que se muestra en la figura 5.23.



Figura. 5.23. Icono de Instalación.

4. En la siguiente pantalla (figura 5.24) busque el programa Farinógrafo o Extensógrafo dependiendo de cual se desee instalar y de clic en el botón Continuar.

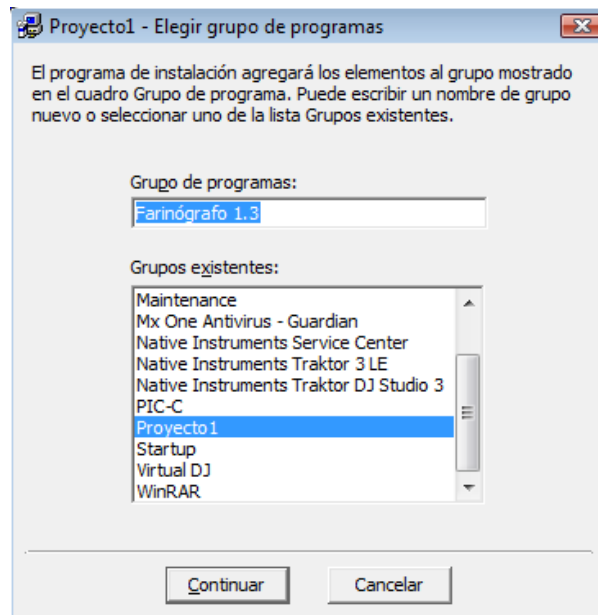


Figura. 5.24. Ventana de Instalación 2.

5. Haga clic en el botón Aceptar para finalizar la instalación como se muestra en la figura 5.25.

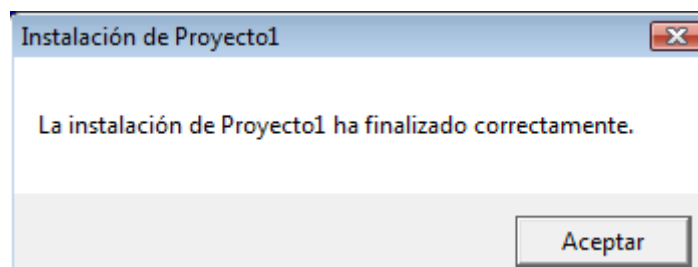


Figura. 5.25. Ventana de Instalación 3.

5.4 Pruebas.

5.4.1 Pruebas para el Farinógrafo.

Para todas las pruebas del Farinógrafo se utilizara una misma clase de harina para obtener resultados parecidos y poderlos comparar.

Se usaron 492 gramos de harina y 66 cm³ de agua destilada a 30° para todas las pruebas ya que es el mismo tipo de harina.

Se coloca la harina en el mezclador y se enciende el equipo como se muestra en la figura 5.26.



Figura. 5.26. Amasadora y Encendido del Farinógrafo.

Se encera el registrador y se presiona cero en el programa.

Una vez encerado el registrador y el programa se procede a colocar el agua con la bureta como se muestra en la figura 5.27.



Figura. 5.27. Bureta

De esta forma empezara a dibujarse la gráfica en la PC como se muestra en la figura 5.28.

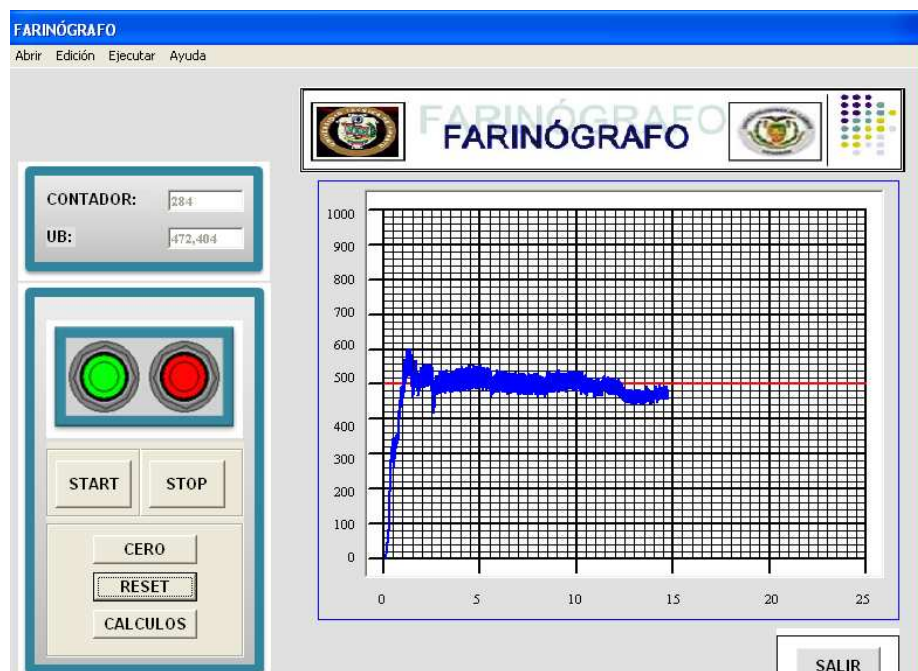


Figura. 5.28. Ventana de Control y Monitoreo.

En las pruebas realizadas se obtuvieron varios resultados, los que sirvieron para realizar varias correcciones.

La primera prueba se realizo para comparar valores y ajustar el tiempo de la grafica, se obtuvo la siguiente gráfica (Figura 5.29).

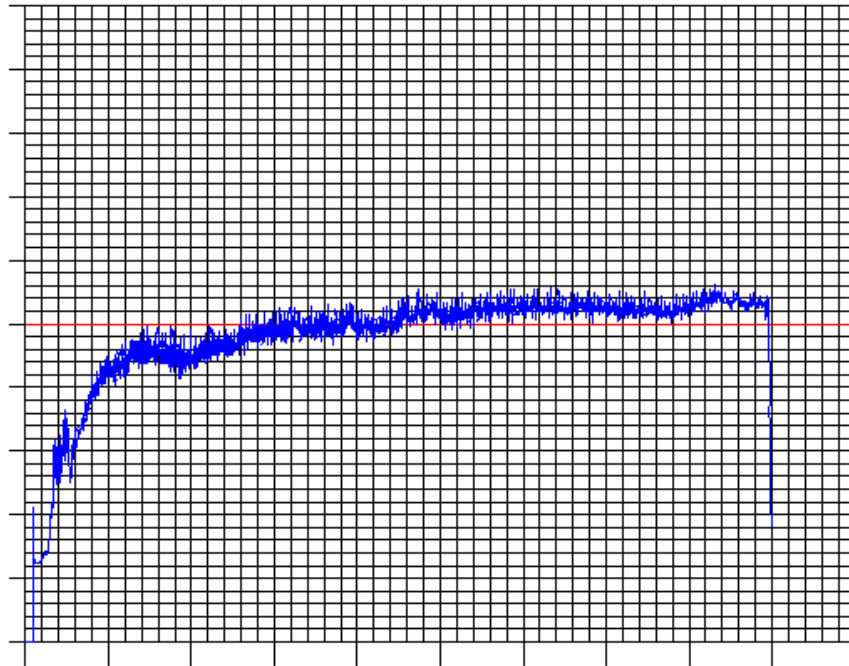


Figura. 5.29. Primera gráfica del Programa del Farinógrafo.

Como se observa en la figura 5.29 se debe realizar ajustes en los valores de UB y en la escala de tiempo.

Una vez realizadas las correcciones respectivas se realizo una segunda prueba y se obtuvo la siguiente figura 5.30.

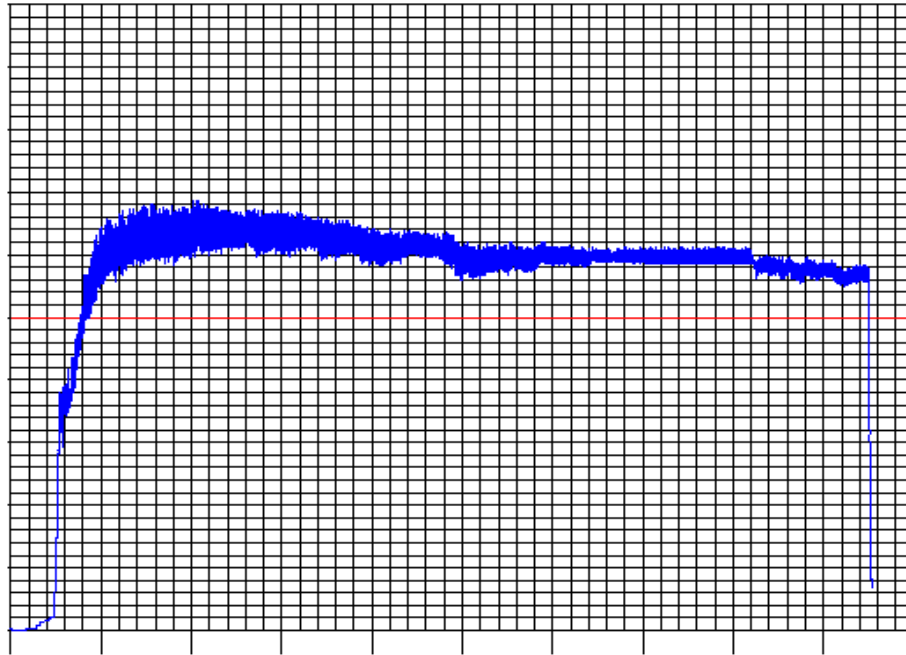


Figura. 5.30. Segunda gráfica del Programa del Farinógrafo.

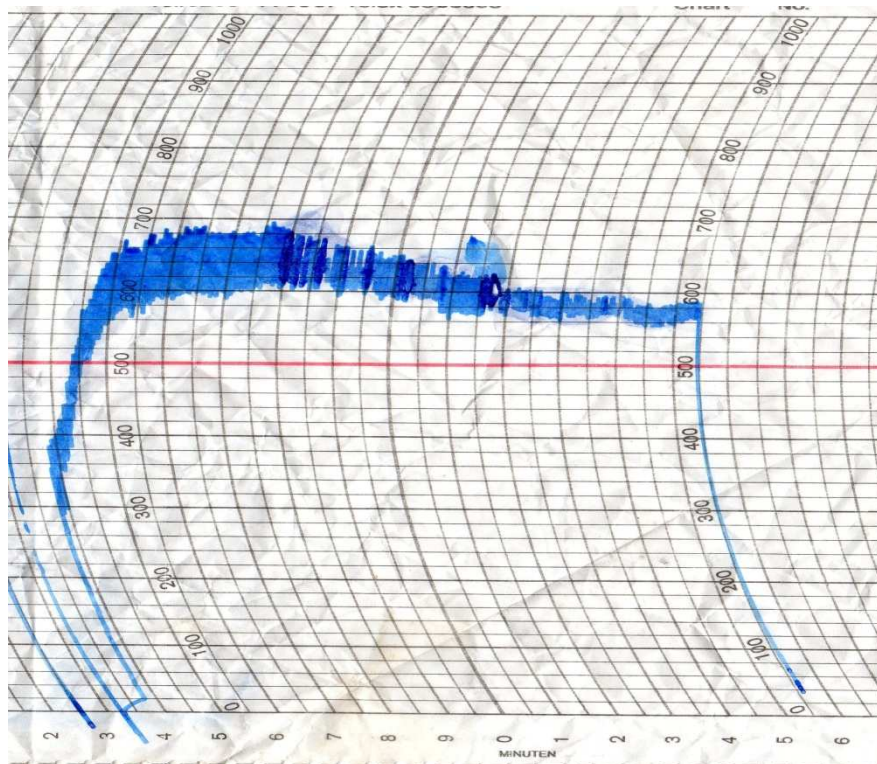


Figura. 5.31. Grafica obtenida del registrador.

Comparamos los valores de las figura 5.30 y la figura 5.31 se observa que aun existen varias inconsistencias en los valores.

Debido a lo anteriormente mencionado se vio en la necesidad de realizar una nueva calibración del equipo cada vez que se retire y se vuelva a instalar el equipo.

Tercera prueba realizada se obtuvo las siguientes graficas.

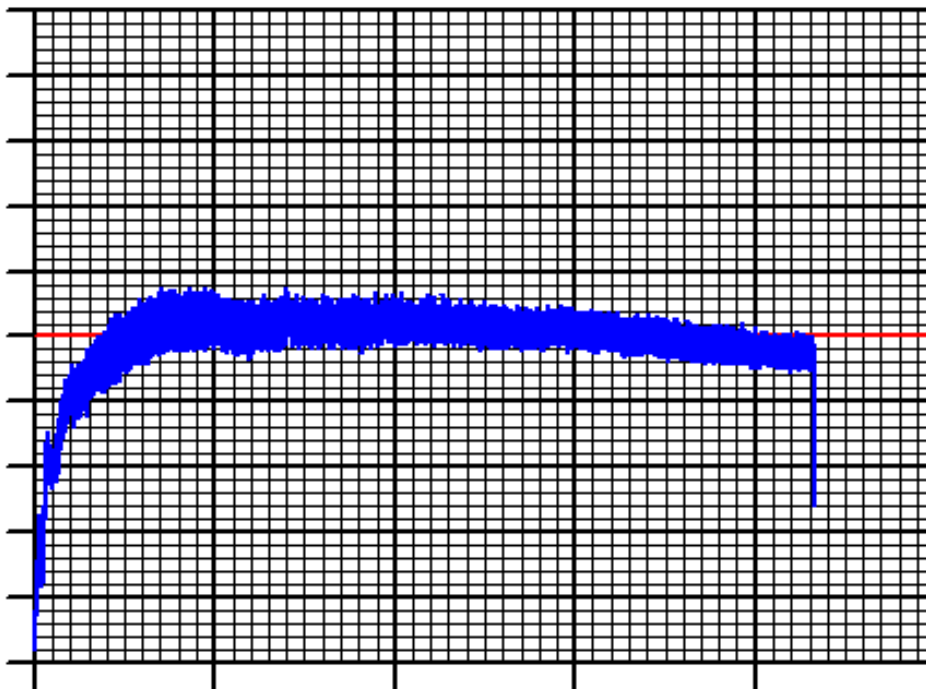


Figura. 5.32. Tercera gráfica del Programa del Farinógrafo.

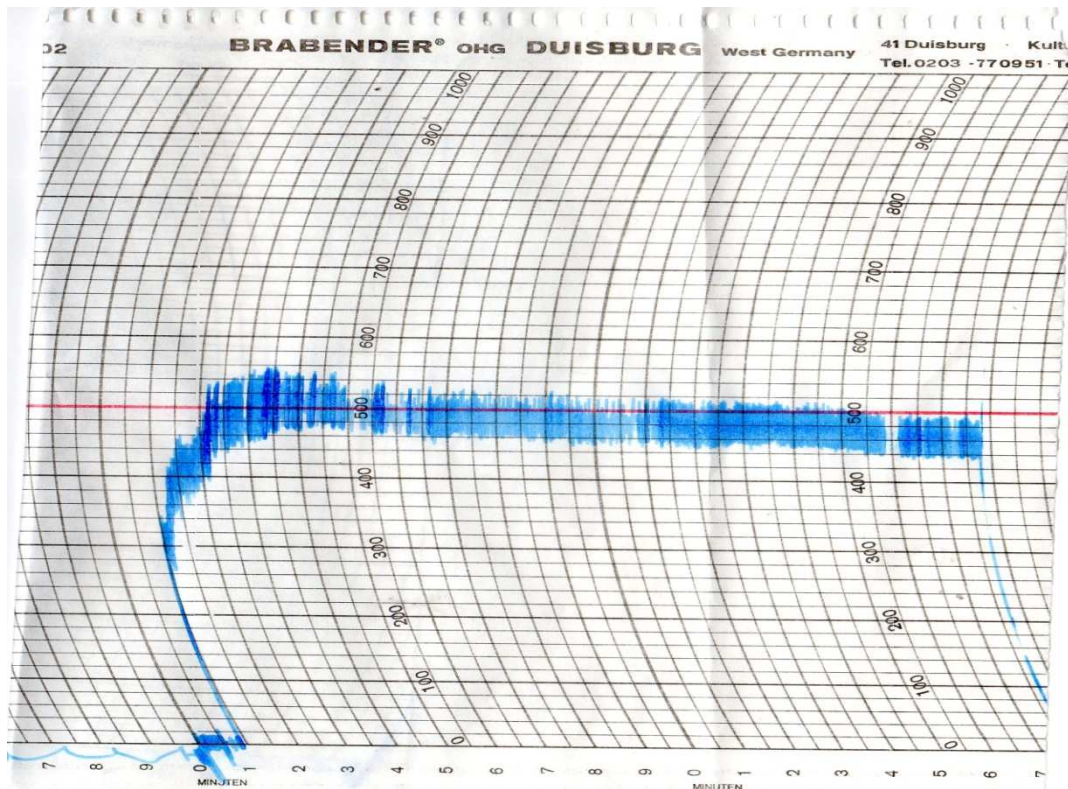


Figura. 5.33. Gráfica obtenida del registrador.

Se observa un gran parecido en la figura 5.32 y figura 5.33 pero se tiene problemas en los cálculos los cuales no coinciden con los valores reales cálculos

Cuarta prueba se obtuvo los siguientes resultados:

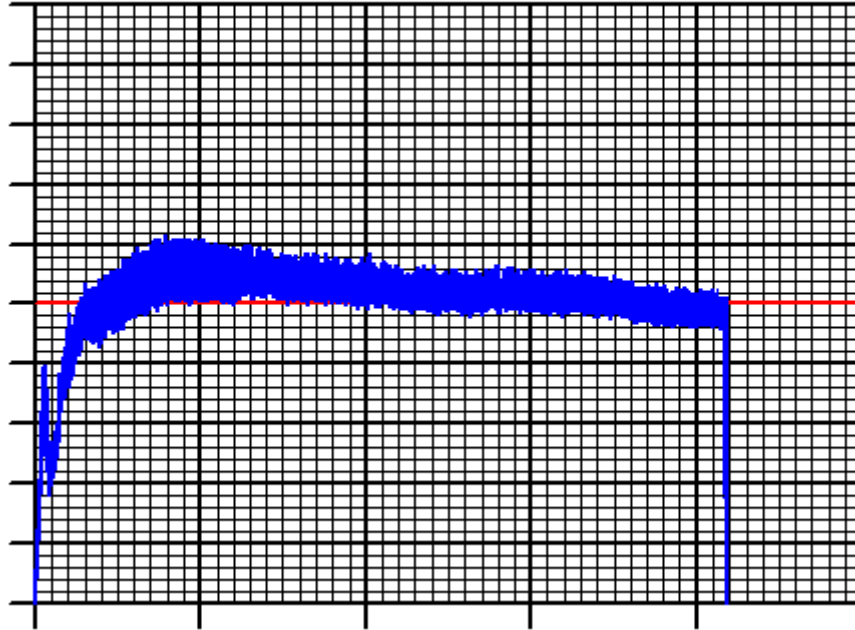


Figura. 5.34. Cuarta gráfica del Programa del Farinógrafo.

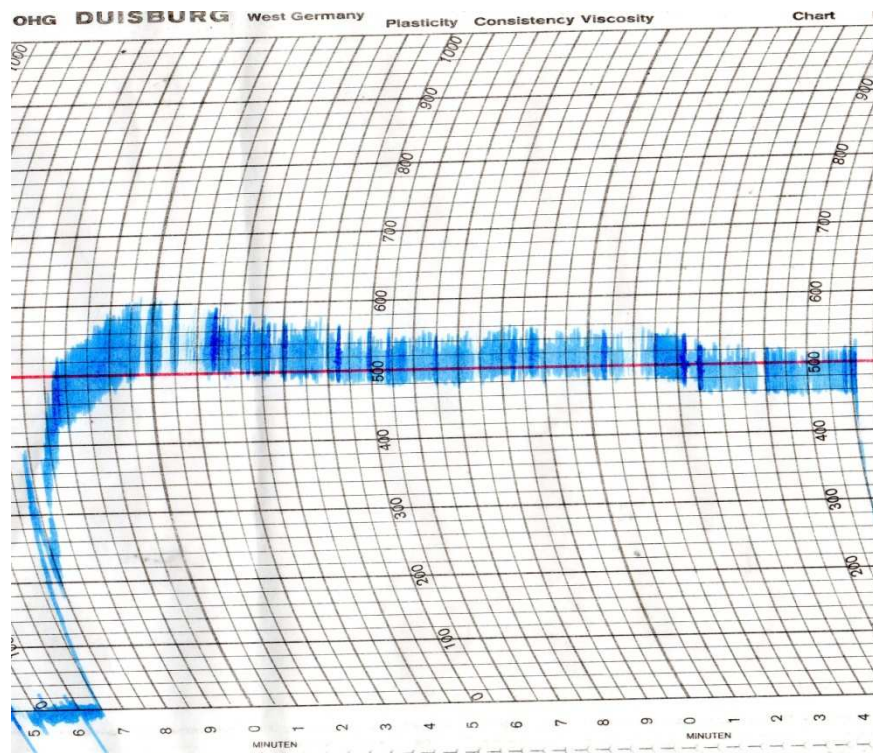


Figura. 5.35. Gráfica obtenida del registrador.

Una vez realizadas las correcciones en los cálculos se obtienen valores más exactos a los originales como se puede observar comparando la figura 5.34 y la figura 5.35.

En esta prueba podemos comprobar que los valores de UB, tiempo y los cálculos son aceptables para la prueba.

Debido a varios problemas con el registrador algunas graficas obtenidas en la computadora no coinciden con las obtenidas del registrador.

5.4.1.1 Problemas encontrados en el Farinógrafo.

Entre los problemas más comunes que se presentaron están: que se atora el papel y no recorre por lo que varía la escala de tiempo, mal ajuste en la pluma del registrador lo que afecta los valores de UB y problemas con la tinta como se observa en los espacios vacios que se muestran en las figuras del registrador.

Estos errores producto del registrador son problemas que se arreglaran con la digitalización de los datos, ya que no se dependerá del registrador con el dispositivo diseñado en esta tesis.

5.4.2 Pruebas para el Extensógrafo.

Para todas las pruebas del Extensógrafo se utilizara una misma clase de harina para obtener resultados parecidos y poderlos comparar.

Se usaron masas de harina de 300 gramos de harina en todas las pruebas, las cuales fueron mezcladas previamente.

De acuerdo a la prueba se utiliza una masa que reposo a una temperatura de 30° en tiempos de 45, 90, 135 min, pero debido a que solo es necesario comparar valores del registrador con la computadora, se utilizaran masas que reposaron solo 45 minutos.

Esta masa reposada 45 minutos se coloca en el equipo como se muestra en la figura 5.36.



Figura. 5.36. Grapas de Sujeción.

Una vez colocada la masa se encera el registrador y se presiona cero en el programa.

Se enciende el equipo, de esta forma empezara a dibujarse la gráfica en la PC como se muestra en la figura 5.37.

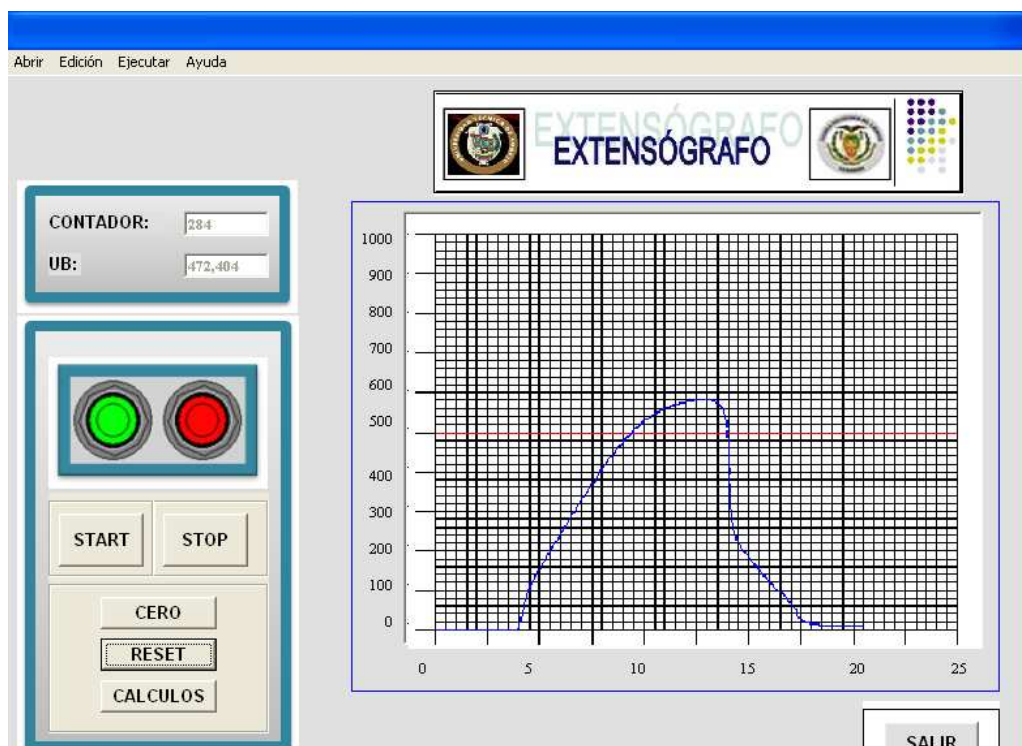


Figura. 5.37. Pantalla de Control y Monitoreo del Extensógrafo.

En las pruebas realizadas se obtuvieron varios resultados, los que sirvieron para realizar varias correcciones.

La primera prueba se realizo para comparar valores y ajustar el tiempo de la grafica, se obtuvo la siguiente grafica.

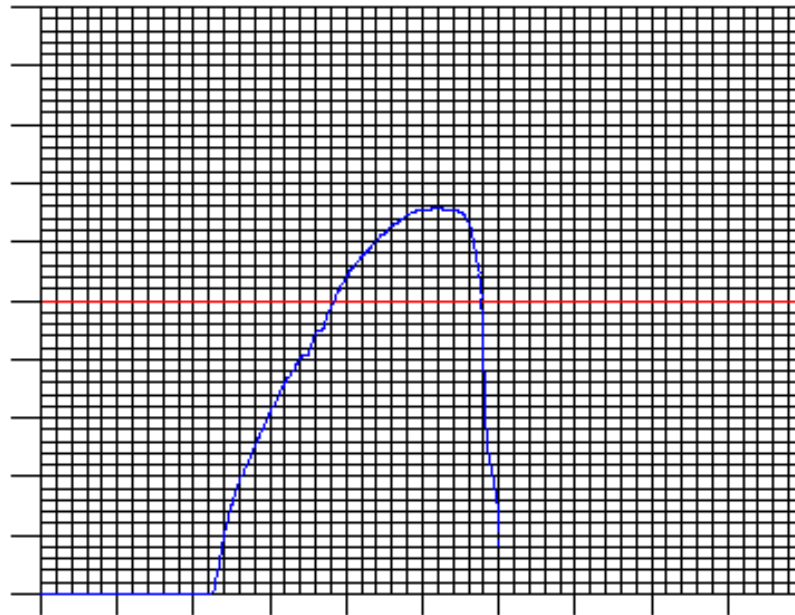


Figura. 5.38. Gráfica del Programa del Extensógrafo.

Como se observa en la figura 5.38 se debe realizar ajustes en los valores de UB y en la escala de tiempo.

Una vez realizadas las correcciones respectivas se realizó una segunda prueba y se obtuvo la siguiente figura 5.39.

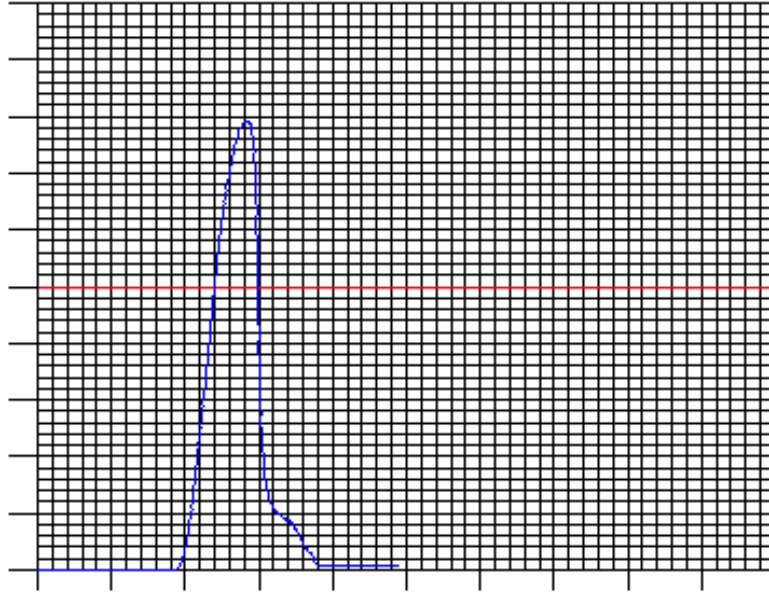


Figura. 5.39. Gráfica del Programa del Extensógrafo.

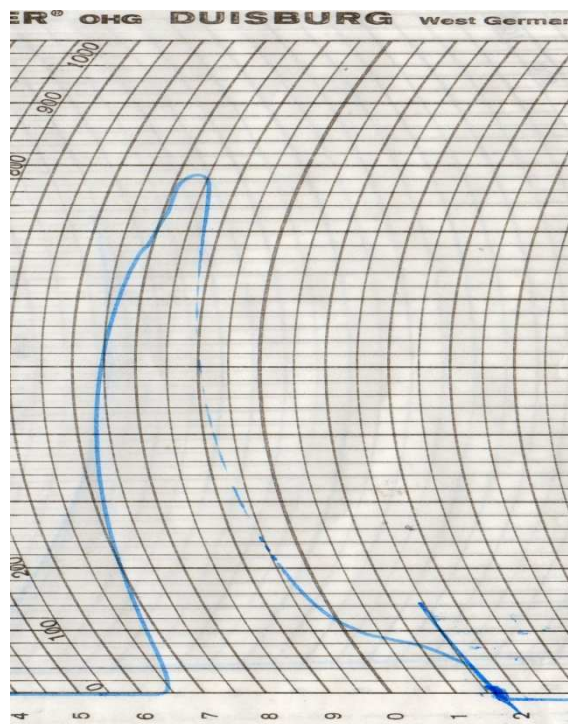


Figura. 5.40. Gráfica obtenida del registrador.

Comparamos los valores de la figura 5.39 y la figura 5.40 en las que aun existen varias inconsistencias en los valores.

Debido a lo anteriormente mencionado se vio en la necesidad de realizar una nueva calibración del equipo cada vez que se retire y se vuelva a instalar el equipo.

Tercera prueba realizada se obtuvo las siguientes graficas.

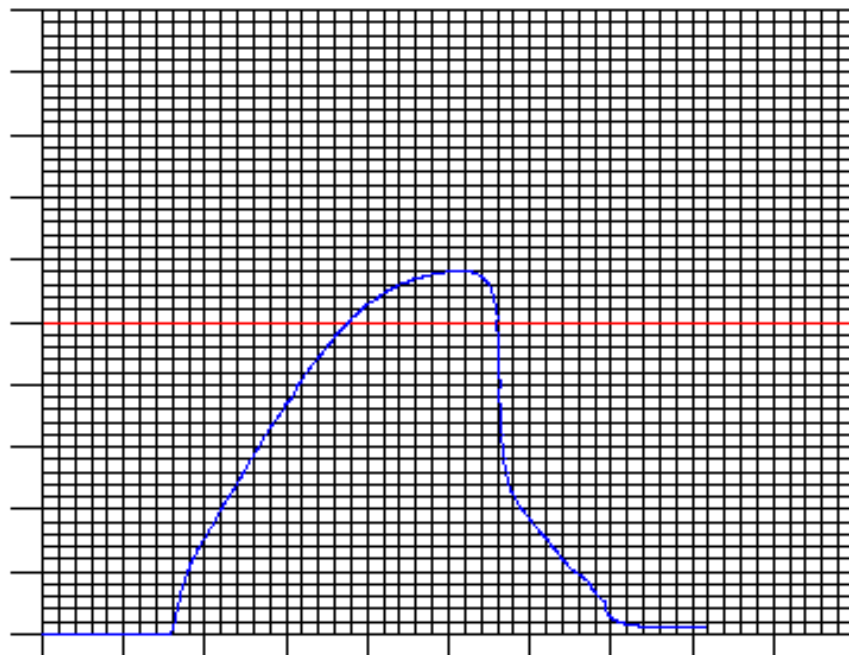


Figura. 5.41. Gráfica del Programa del Extensógrafo.

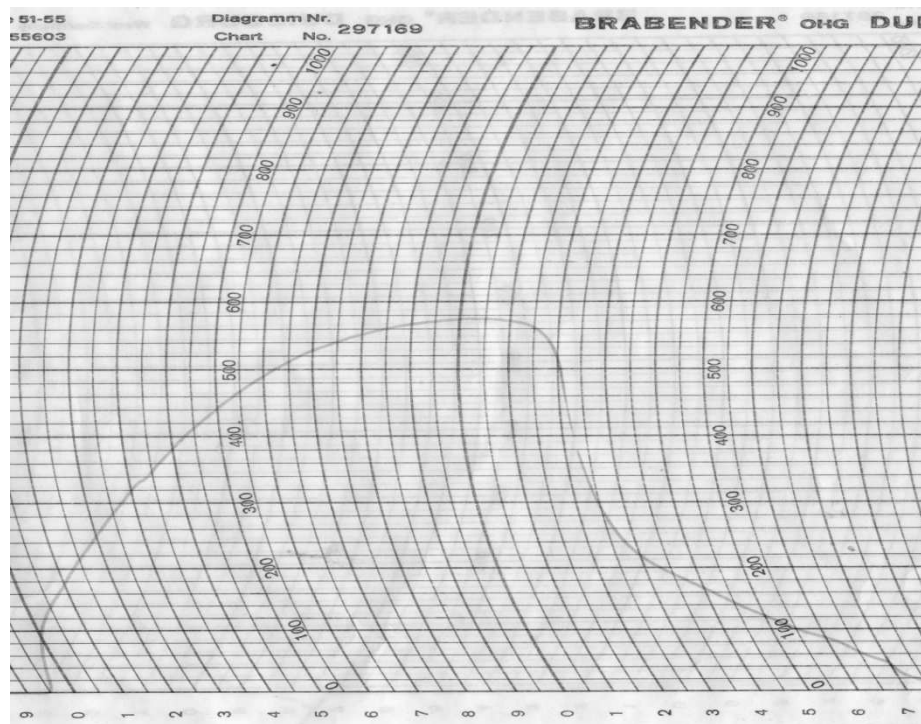


Figura. 5.42. Gráfica obtenida del registrador.

Se observa un gran parecido en la figura 5.41 y figura 5.42 pero se tiene problemas en los cálculos, los cuales no coinciden con los valores reales cálculos a partir de la grafica del registrador.

Cuarta Prueba, se obtuvo los siguientes resultados

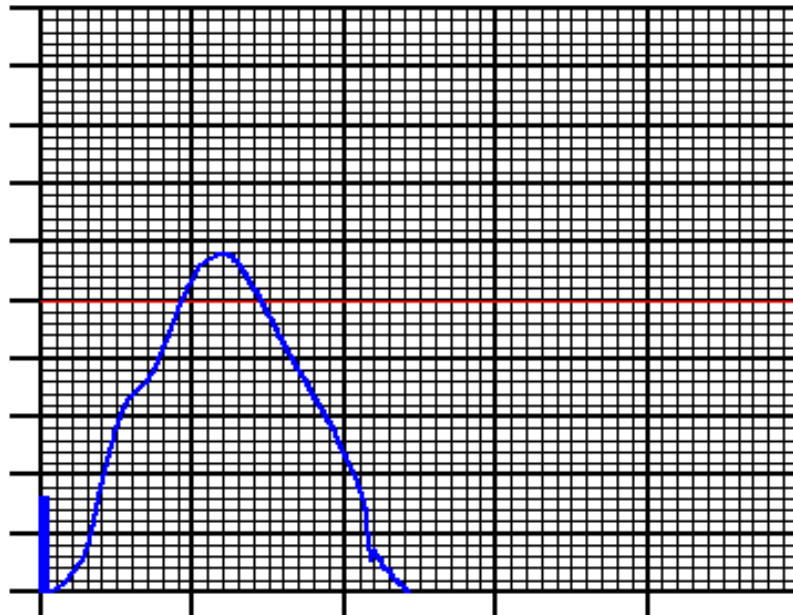


Figura. 5.43. Gráfica del Programa del Extensógrafo.

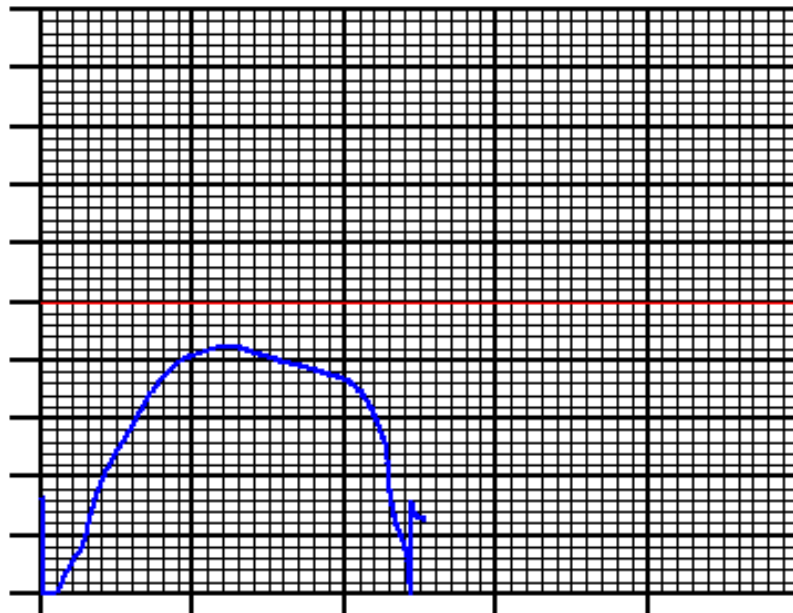


Figura. 5.44. Gráfica del Programa del Extensógrafo.

Una vez realizadas las correcciones en los cálculos se obtienen valores más exactos a los originales en las pruebas de las figuras 5.43 y 5.44, las graficas del registrador no se pudieron obtener debido a varios problemas que se mencionaran posteriormente.

En esta prueba podemos comprobar que los valores de UB, tiempo y los cálculos son aceptables para la prueba.

Debido a varios problemas con el registrador algunas graficas obtenidas en la computadora no coinciden con las obtenidas del registrador.

5.4.2.1 Problemas encontrados en el Extensógrafo.

Entre los problemas más comunes que se presentaron están: que se atora el papel y no recorre por lo que varía la escala de tiempo, mal ajuste en la pluma del registrador lo que afecta los valores de UB y problemas con la tinta como se observa en los espacios vacios que se muestran en las figuras del registrador.

Estos errores producto del registrador son problemas que se arreglaran con la digitalización de los datos, ya que no se dependerá del registrador con el dispositivo diseñado en esta tesis.

5.5 Funcionamiento.

Luego de instalar las piezas en el equipo y de instalar el software como se indica en los indicios anteriores, se conecta el puerto USB al dispositivo y se siguen los pasos numerados a continuación para su correcto funcionamiento:

5.5.1 Funcionamiento del Software del Farinógrafo.

1. Haga clic en **Inicio > Todos los programas > Farinógrafo 1.3.**
2. En la pantalla de presentación damos clic en **Inicio.**
3. En la pantalla principal damos clic en el botón **START.**
4. En el equipo colocamos el registrador del Farinógrafo en cero como se muestra en la figura 5.45 y damos clic en **CERO.**

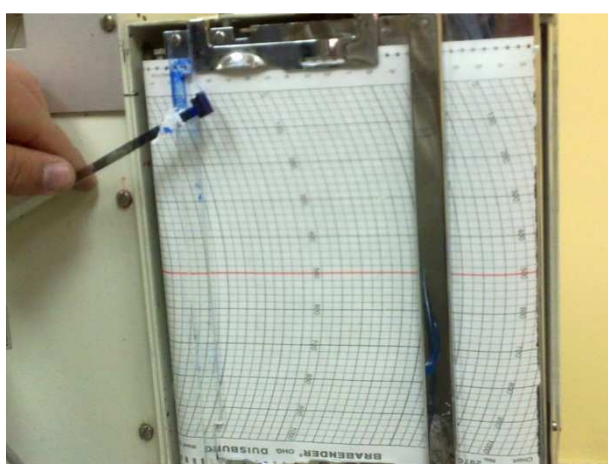


Figura. 5.45. Pluma del Registrador colocada en cero.

5. Una vez colocada la harina presione los botones **START** (figura 5.46) del Farinógrafo, antes de agregar el agua en el equipo, antes

tenemos dar un clic en el botón **RESET** para comenzar el proceso y luego procedemos a agregar el agua.



Figura. 5.46. Encendido del Farinógrafo

6. Transcurrido 20 minutos haga clic en el botón **STOP** del programa y luego proceda a parar el proceso del Farinógrafo.
7. La gráfica obtenida debe ser guardada, para lo cual en el programa principal haga clic en **Abrir > Guardar**, la gráfica se guardara en la unidad C.
8. Una vez guardada la gráfica haga clic en **CÁLCULOS**, en la pantalla Cálculos nos presentaran los siguientes cálculos: Tiempo de desarrollo, Índice de Tolerancia y Tiempo de Estabilidad; haga clic en **GUARDAR**. Los cálculos se guardaran en un archivo de EXCEL en la unidad C.
9. Haga clic en **SALIR** para salir del programa.

5.5.2 Funcionamiento del Software del Extensógrafo.

1. Haga clic en **Inicio** > **Todos los programas** > **EXTENSÓGRAFO 1.3**.
2. En la pantalla de presentación damos clic en **Inicio**.
3. En la pantalla principal damos clic en el botón **START**.
4. En el equipo colocamos el registrador del EXTENSÓGRAFO en cero (figura 5.47) y damos clic en **CERO**.

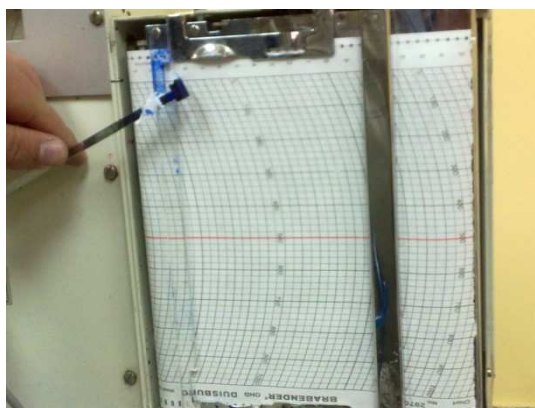


Figura. 5.47. Pluma del Registrador colocada en cero.

5. Una vez preparada la harina se coloca en el porta bandejas como se muestra en la figura 5.48, posterior a esto presione el botones **START** del EXTENSÓGRAFO.



Figura. 5.48. Masa de harina en las grapas de sujeción.

6. Luego que el gancho ha cortado la harina presione el botón **STOP** de la máquina y al mismo tiempo le damos clic en el botón **STOP** del programa.
7. La gráfica obtenida debe ser guardada, para lo cual en el programa principal haga clic en **Abrir > Guardar**, la gráfica se guardara en la unidad C.
8. Una vez guardada la gráfica haga clic en **CÁLCULOS**, en la pantalla Cálculos nos presentaran los siguientes cálculos: R1, R, E, E1, R/E, Área; haga clic en **GUARDAR**. Los cálculos se guardaran en un archivo de EXCEL en la unidad C.
9. Haga clic en **SALIR** para salir del programa.

5.5.3 Pasos para realizar la calibración del equipo.

1. En la pantalla de presentación damos clic en **Inicio**.
2. En la pantalla principal damos clic en el botón **START**.
3. En el equipo colocamos el registrador del Farinógrafo en cero (figura 5.49) y damos clic en **CERO**.

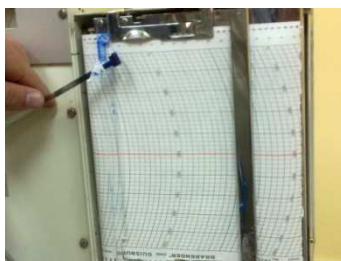


Figura. 5.49. Pluma del Registrador colocada en cero.

4. En la pantalla de presentación del programa damos clic en **Edición > Calibrar**.
5. En la siguiente ventana ingrese la clave y haga clic en el botón **ACEPTAR**.
6. Coloque el registrador del Farinógrafo en 0, en la pantalla de Calibración hay que tomar en cuenta que el valor del **Contador** y **UB** deben estar en 0, si no lo están hay que salir de la ventana de calibrar y volver a seguir el paso 3; una vez realizado esto; en 0 haga clic en **Captar** para guardar ese valor en el programa. Luego coloque el registrador del Farinógrafo en 100 (figura 5.50) y en la pantalla en 100 haga clic en **Captar**, de igual manera realice el mismo procedimiento para 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 y 900.

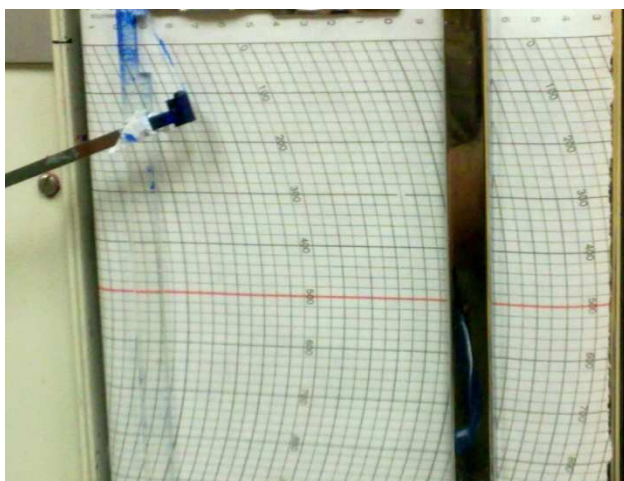


Figura. 5.50. Pluma del Registrador colocada en cien.

7. Una vez captados todos los valores haga clic en **Calcular**. Si aparece la siguiente pantalla (figura 5.51) revise que el valor de unidades crudas en cero esté en cero y que todos los valores estén capturados correctamente.

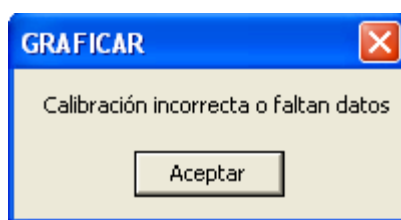


Figura. 5.51. Mensaje de error de calibración.

8. Haga clic en el botón **Guardar**. Dichos valores se guardaran en una hoja de cálculo en la unidad C y al mismo tiempo en el programa.
9. Haga clic en **SALIR**.

Antes de utilizar el dispositivo se recomienda probar el funcionamiento, para ello se mueve la pluma del registrador y se comprueban los valores del registrador con los de la PC.

Si al probar el dispositivo en el momento de mover el registrador no se producen cambios en los valores en el computador, se debe ajustar nuevamente la altura de la pieza que sostiene el encoder a la base hasta que se obtenga variaciones en los valores del computador al mover la pluma del registrador.

Si los valores obtenidos difieren en gran medida a los del registrador se procede a realizar la calibración del dispositivo siguiendo los pasos anteriormente mencionados.

Cuando los valores del registrador coinciden con un error aceptable con los valores obtenidos en la PC se puede proceder a ocupar el equipo.

5.6 Resultados.

Aquí presentaremos los resultados del software tanto para el Farinógrafo como para el Extensógrafo, para ello realizamos pruebas con la misma harina que se ha tomado pruebas antes, obteniendo los siguientes resultados.

5.6.1 Resultados del Farinógrafo.

El primer resultado obtenido se observa en la siguiente figura 5.52.

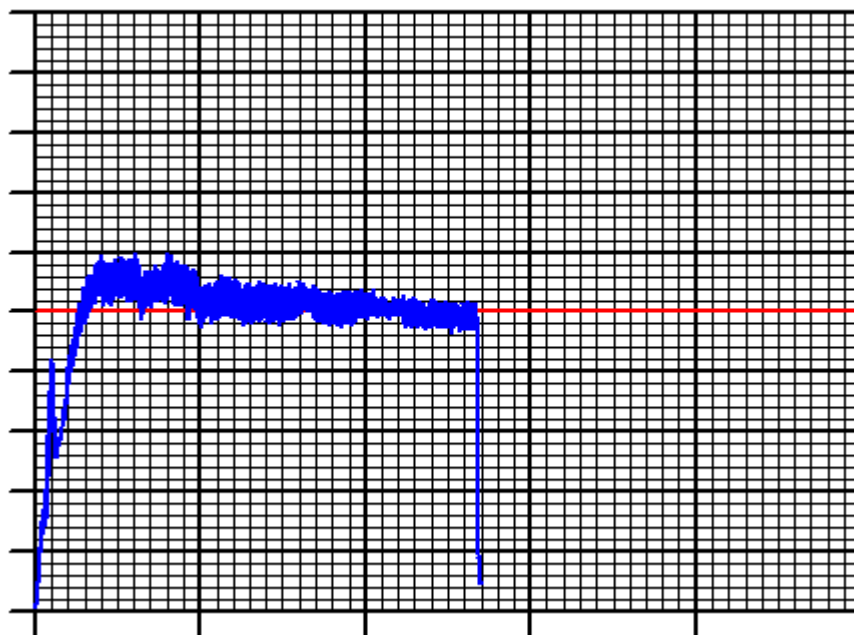


Figura. 5.52. Resultado de la primera gráfica del Farinógrafo.

El Segundo resultado obtenido se observa en la siguiente figura 5.53.

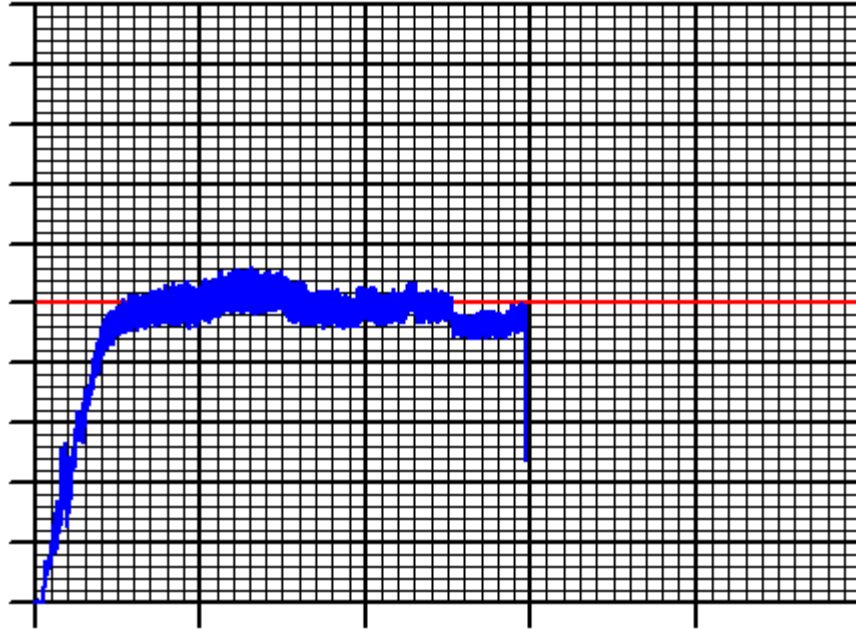


Figura. 5.53. Resultado de la segunda gráfica del Farinógrafo.

Tabla. 5.6 Los cálculos obtenidos en Excel.

Hora	Fecha	Tiempo de Desarrollo	Tiempo de Estabilidad	Índice de Tolerancia
09:44	02/02/11	7	4,941666667	55
10:23	02/02/11	4	8,351666667	67

5.6.2 Resultados del Extensógrafo.

El primer resultado obtenido se observa en la siguiente figura 5.54.

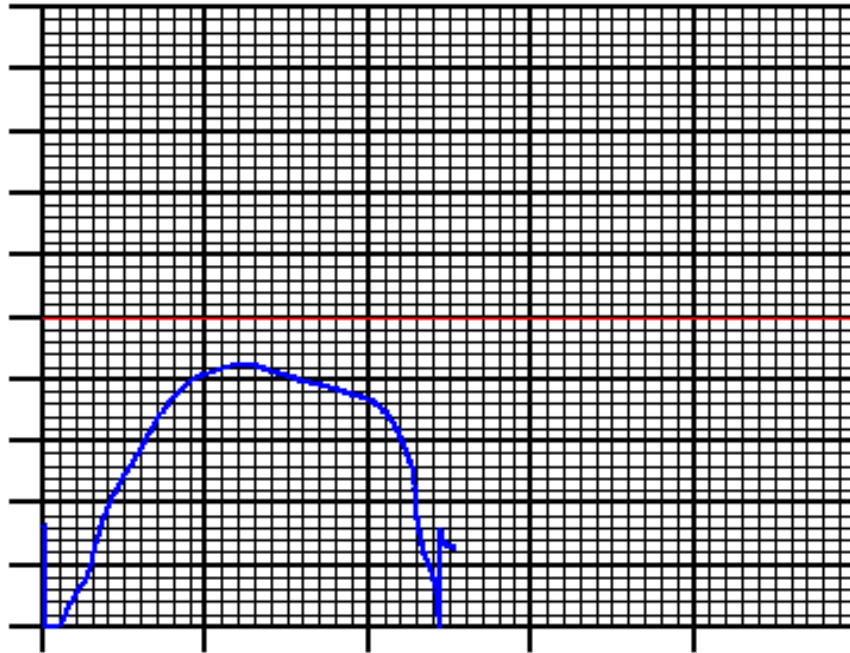


Figura. 5.54. Resultado de la primera gráfica del Extensógrafo.

El Segundo resultado obtenido se observa en la siguiente figura 5.55.

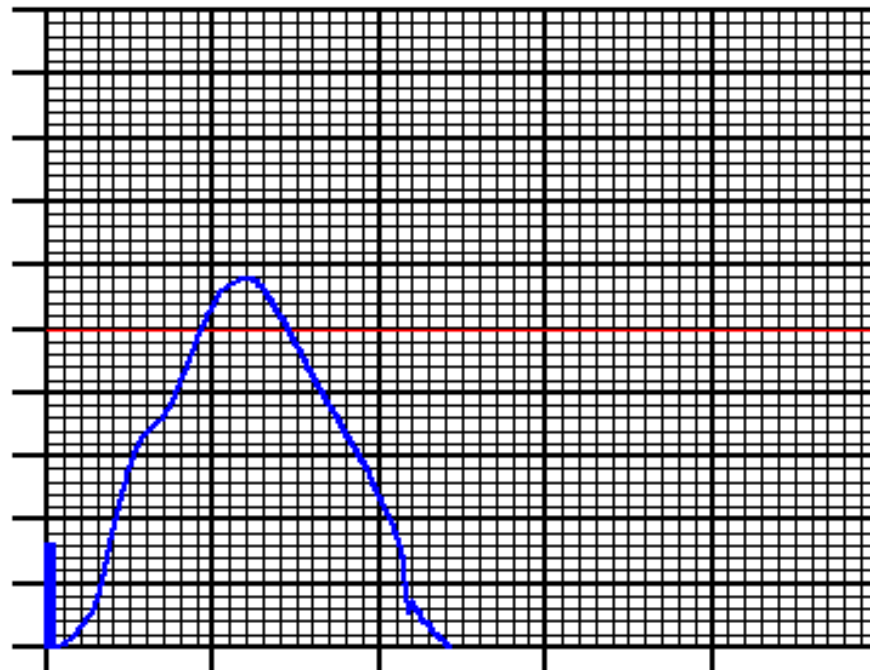


Figura. 5.55. Resultado de la segunda gráfica del Extensógrafo.

Tabla. 5.7. Los cálculos obtenidos en Excel.

Hora	Fecha	R1	R	E	E1	R/E	Área
10:43	04/02/2011	425	407	126,5	61,5	3,35968379	15,344
11:05	04/02/2011	581	538	121,5	60	4,781893	16,614

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.

Para la reingeniería del Farinógrafo como del Extensógrafo se analizo el funcionamiento y el proceso de medición para una completa comprensión de los equipos y buscar la mejor forma de realizar la obtención de datos del registrador, se opto por la medición de la variación angular de la pluma del registrador en su centro, además se tomo esta opción debido a la restricción de desarmar los equipos.

Debido a la restricción de desarmar los equipos y además del impedimento de soldar o perforar los equipos para instalar los soportes para el encoder, se vio en la necesidad de realizar varias piezas metálicas precisas, tanto para el soporte del encoder (el cual esta hecho de acero para que sean resistentes), para la transferencia de movimiento de la pluma del registrador hacia el encoder (el cual esta hecho de aluminio para disminuir variaciones en el registrador) y la base para el soporte del encoder del farinografo (la cual pesa 1.394 Kg para evitar que se mueva y de esa manera no soldar o perforar el equipo) .

Para la mejor obtención de datos del registrador tanto para el Farinógrafo como para el Extensógrafo, se empleo un encoder incremental debido a la precisión y exactitud que ofrece un instrumento óptico, también debido a que la señal que da el encoder no es afectada por la histéresis, por ello que la utilización de un encoder incremental es la opción más óptima para este caso.

Se diseño una tarjeta de adquisición dedicada utilizando un PIC 18f2550 tanto para el Farinógrafo como para el Extensógrafo, debido a la flexibilidad que el mismo posee en la configuración de las entradas y la programación, además que cuenta con una interface USB para la comunicación con la PC.

Se diseño una interface grafica en el software Visual Basic 6.0 en el mismo que presenta el monitoreo, la grafica en tiempo real del registrador, los cálculos y una base de datos, debido a la facilidad de programación grafica que posee, además de la disponibilidad de licencias y el entorno amigable para el usuario.

Se desarrollo una base de datos en Excel tanto para el Farinógrafo como para el Extensógrafo, mediante la transferencia de los valores calculados a partir de la gráfica obtenida en tiempo real del registrador en Visual Basic hacia una hoja de cálculo en Excel, lo que facilita la administración de los datos para posterior uso, análisis y comparación de los diferentes tipos de harinas analizados.

Debido a la gran precisión y exactitud necesarios para los dispositivos, además de que el dispositivo necesita calibrarse nuevamente cada vez que se instala, se vio en la necesidad de implementar en el software una pantalla de calibración la misma que permite obtener una ecuación lineal que represente de forma más exacta los valores reales obtenidos del registrador.

Mediante la reingeniería de los equipos se pudo eliminar el registro de los datos en papel, por medio de la digitalización de los datos lo que nos permitió almacenar la curva en una imagen BNG y los cálculos en una hoja de Excel, lo que nos permite tener una base de datos que facilita la administración de los datos en futuros experimentos.

Los equipos poseen una precisión de ± 1 % de la escala total, lo cual representa 10 UB, mientras que el dispositivo tiene una muy buena precisión, una sensibilidad medida de 0,1706 % de la escala total que representa 1,706 UB por cada pulso del encoder y una exactitud de 0.295798 % de la escala total que representa 2,95798 UB, lo que es muy aceptable comparando con la precisión que posee los equipos.

6.2 Recomendaciones.

Para el sensamiento de la señal del registrador se recomienda utilizar un encoder debido a que es un dispositivo óptico el cual proporciona una gran precisión, además se recomienda utilizar un encoder que se por lo menos de 1000 pulsos por revolución para obtener una mejor exactitud.

Para la adquisición de datos se recomienda diseñar una tarjeta de adquisición con un PIC con interface USB, lo que nos permite tener mayor control en las entradas y salidas, además de la programación de la tarjeta, también nos permite escoger con mayor facilidad el software del HMI.

Para el mejor aprovechamiento del encoder se recomienda utilizar las señales A y B para obtener 4 veces el número de pulsos, mediante la programación en la tarjeta de adquisición.

Debido a la facilidad de programación grafica, a la interface amigable para el usuario y la flexibilidad de programación se recomienda utilizar Visual Basic 6.0 para la programación de la interface gráfica.

Para la instalación de los dispositivos tanto en el Farinógrafo como en el Extensógrafo, se recomienda tener sumo cuidado al momento de colocar el encoder para evitar daños en el disco del encoder y el mal envío de datos.

Para el correcto uso de este dispositivo se recomienda seguir los pasos tanto en la instalación como en la utilización de los mismos los cuales están

señalados en el manual de usuario, para evitar posibles errores y daños en los dispositivos.

Se recomienda realizar una calibración de los dispositivos cada vez que se lo instale nuevamente o cada vez que se haya movido el encoder ya sea por accidente o por uso incorrecto, para lo cual se debe seguir los pasos señalados en el manual de usuario.

Se recuerda que para utilizar el dispositivo la pluma del registrador debe tocar necesariamente el papel, debido a que el rozamiento que produce es un factor primordial en el mismo registrador.

ANEXOS

Anexo 1: Programa de la tarjeta de adquisición de datos.

```

// *****
//                               PicUSB.c
// Realizado con el compilador CCS PCWH 3.227
// *****
#include <18F2550.h> // Selección del PIC
#fuses HSPLL,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NODEBUG,USBDIV,PLL3,CPUDIV1,VREGEN
#use delay(clock=4800000) // Cristal de 12MHz
#use rs232(baud=9600, parity=N, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, bits=8) // Configuración del
puerto RS232 para USB
// =====
// Definiciones para la librería dinámica CCS. Para la configuración dinámica
// hay que definir algunos valores.
// =====
#define USB_HID_DEVICE FALSE // Deshabilitamos el uso de las
directivas HID
#define USB_EP1_TX_ENABLE USB_ENABLE_BULK // Activa
EP1(EndPoint1) para las transferencias IN Bulk/Interrupt
#define USB_EP1_RX_ENABLE USB_ENABLE_BULK // Activa
EP1(EndPoint1) para las transferencias OUT Bulk/Interrupt
#define USB_EP1_TX_SIZE 4 // Tamaño reservado para el Buffer Tx
EndPoint1
#define USB_EP1_RX_SIZE 3 // Tamaño reservado para el Buffer Rx
EndPoint1
// =====
// Si usamos una conexión USB con el pin de detección se define aquí.
// Sin el pin de detección no podemos saber si el periférico está desconectado.
//#define USB_CON_SENSE_PIN PIN_B2 // Podría ser el pin B2
// =====
// Includes de las librerías USB del compilador CCS.
#include <pic18_usb.h> // Microchip PIC18Fxx5x Hardware para el CCS PIC USB
Driver
#include <PicUSB.h> // Configuración del USB y los descriptores para este
dispositivo
#include <usb.c> // Handles usb ,tokens y descriptores
// =====
// Al conectar el PicUSB al PC encendemos el Led Rojo hasta que el dispositivo
// halla sido configurado por el PC, en ese momento encenderemos el Led Verde.
// =====
#define LED0 PIN_B6 // Led rojo
#define LED1 PIN_B7 // Led verde
#define A PIN_A0 // Salida A del encoder
#define B PIN_A1 //Salida B del encoder
int32 cont=0; //Contador
int8 numero[2]; //Declaramos la variables de 8 bits para enviar en usb
int8 recibe; // Declaramos la variable recibe de 1 bytes
void main() // Función Principal
{
int flag,flag1;
setup_adc_ports(NO_ANALOGS); // Sin entradas analógicas
setup_adc(ADC_OFF);
setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_4); // Activar timer 1
setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
setup_vref(FALSE);
enable_interrupts(INT_TIMER1); //Activar interrupciones del timer 1

```

```
enable_interrupts(GLOBAL);
flag1=6;
flag=0;
output_bit( LED0, 1); // led rojo
output_bit( LED1, 0); // led verde
usb_init();
usb_task();           // Habilita el periferico usb y las interrupciones
usb_wait_for_enumeration(); // Esperamos hasta que el PicUSB sea configurado por el PC
output_bit( LED0, 0);
output_bit( LED1, 1);
while (TRUE)          // Se cumple siempre (Bucle infinito)
{
    if(usb_enumerated()) // Si el PicUSB está configurado
    {
        if(flag1==6)
        {
            do
            {
                while(flag==0)
                {
                    if(input(A)==1&&input(B)==0)
                    {
                        flag=1;
                        cont++;
                    }
                    if(input(A)==0&&input(B)==1)
                    {
                        cont--;
                        flag=7;
                        flag1=1;
                    }
                }
            } while(flag==1)
            {
                if(input(A)==1&&input(B)==1)
                {
                    flag=2;
                    cont++;
                }
                if(input(A)==0&&input(B)==0)
                {
                    flag=7;
                    flag1=0;
                    cont--;
                }
            }
        } while(flag==2)
        {
            if(input(A)==0&&input(B)==1)
            {
                flag=3;
                cont++;
            }
            if(input(A)==1&&input(B)==0)
            {
                flag1=3;
                flag=7;
                cont--;
            }
        }
    }
}
```

```
while(flag==3)
{
  while(flag==3)
  {
    if(input(A)==0&&input(B)==0)
    {
      flag=0;
      cont++;
    }
    if(input(A)==1&&input(B)==1)
    {
      flag=7;
      flag1=2;
      cont--;
    }
  }
}
while(flag>7);
if(flag==7)
{
  do
  {
    while(flag1==0)
    {
      if(input(A)==0&&input(B)==1)
      {
        flag1=1;
        cont--;
      }
      if(input(A)==1&&input(B)==0)
      {
        flag1=6;
        flag=1;
        cont++;
      }
    }
  }

  while(flag1==1)
  {
    if(input(A)==1&&input(B)==1)
    {
      flag1=2;
      cont--;
    }
    if(input(A)==0&&input(B)==0)
    {
      flag1=6;
      flag=0;
      cont++;
    }
  }
  while(flag1==2)
  {
    //output_bit( PIN_B0, 1);
    if(input(A)==1&&input(B)==0)
    {
      flag1=3;
      cont--;
    }
  }
}
```



```

        if(input(A)==0&&input(B)==1)
        {
            flag1=6;
            flag=3;
            cont++;
        }
    }
    while(flag1==3)
    {
        if(input(A)==0&&input(B)==0)
        {
            flag1=0;
            cont--;
        }
        if(input(A)==1&&input(B)==1)
        {
            flag1=6;
            flag=2;
            cont++;
        }
    }
    while(flag1>6);
}
}
}
}

#int_TIMER1
void TIMER1_isr(void)
{
    disable_interrupts(INT_TIMER1);
    numero[0]=cont/100;
    numero[1]=cont-numero[0]*100;
    numero[2]=3;
    envia[0]=numero[0];
    envia[1]=numero[1];
    envia[2]=numero[2];
    usb_put_packet(1,envia,3,USB_DTS_TOGGLE);    // Enviamos el paquete de tamaño 2
bytes
del EP1 al PC

    if (usb_kbhit(1)) // Si el EndPoint de salida contiene datos del PC
    {
        usb_get_packet(1, recibe, 3); // Cojemos el paquete de tamaño 3 bytes del EP1
    }
    if(recibe[0]==1)
    {
        cont=0;
        recibe[0]=0;
    }
    set_timer1(0);
    enable_interrupts(INT_TIMER1);
    //return 1;
}

```

ANEXO 2: Programa del Software de la interface grafica del Extensógrafo.

MODULO VBMPUSBAPI(VBMPUSBAPI.BAS)

```

=====
' Rutinas de llamada a la libreria MPUSBAPI.DLL
=====

Option Explicit

-----
' Convenciones de llamada en C
'   DWORD  _MPUSBGetDLLVersion(void)
'   DWORD  _MPUSBGetDeviceCount(PCHAR pVID_PID)
'   HANDLE  _MPUSBOpen(DWORD instance, PCHAR pVID_PID, PCHAR pEP, DWORD
dwDir, DWORD dwReserved);
'   DWORD  _MPUSBRead(HANDLE handle, PVOID pData, DWORD dwLen, PDWORD
pLength, DWORD dwMilliseconds);
'   DWORD  _MPUSBWrite(HANDLE handle, PVOID pData, DWORD dwLen, PDWORD
pLength, DWORD dwMilliseconds);
'   DWORD  _MPUSBReadInt(HANDLE handle, PVOID pData, DWORD dwLen, PDWORD
pLength, DWORD dwMilliseconds);
-----

-----
' Funciones equivalentes para llamar desde el VB
-----
Public Declare Function MPUSBGetDLLVersion Lib "mpusbapi.dll" () As Long
Public Declare Function MPUSBGetDeviceCount Lib "mpusbapi.dll" (ByVal pVID_PID As String)
As Long
Public Declare Function MPUSBOpen Lib "mpusbapi.dll" (ByVal instance As Long, ByVal
pVID_PID As String, ByVal pEP As String, ByVal dwDir As Long, ByVal dwReserved As Long) As
Long
Public Declare Function MPUSBClose Lib "mpusbapi.dll" (ByVal handle As Long) As Long
Public Declare Function MPUSBRead Lib "mpusbapi.dll" (ByVal handle As Long, ByVal pData As
Long, ByVal dwLen As Long, ByRef pLength As Long, ByVal dwMilliseconds As Long) As Long
Public Declare Function MPUSBWrite Lib "mpusbapi.dll" (ByVal handle As Long, ByVal pData As
Long, ByVal dwLen As Long, ByRef pLength As Long, ByVal dwMilliseconds As Long) As Long
Public Declare Function MPUSBReadInt Lib "mpusbapi.dll" (ByVal handle As Long, ByVal pData
As Long, ByVal dwLen As Long, ByRef pLength As Long, ByVal dwMilliseconds As Long) As Long
Public a1, a2, b2, a3, b3 As Double
Public numero As Integer

-----
' Constantes para la WIN32 API
-----
Public Const INVALID_HANDLE_VALUE = -1
Public Const ERROR_INVALID_HANDLE = 6&
-----
' Funciones de la WIN32 API
-----
Public Declare Function GetLastError Lib "kernel32" () As Long
Public Declare Function timeGetTime Lib "winmm.dll" () As Long
-----
' Constantes de conectividad con el PIC
-----
Public Const vid_pid = "vid_04d8&pid_0011"      ' Vendor id (Microchip) y Periférico id
Public Const out_pipe = "\MCHP_EP1"
Public Const in_pipe = "\MCHP_EP1"

```

```
Public Const MPUSB_FAIL = 0
Public Const MPUSB_SUCCESS = 1
```

```
Public Const MP_WRITE = 0
Public Const MP_READ = 1
```

```
'-----
' IN_PIPE y OUT_PIPE variables públicas
'-----
```

```
Public myInPipe As Long
Public myOutPipe As Long
```

```
'-----
' Abrimos el periférico
'-----
```

```
Sub OpenMPUSBDevice()
    Dim tempPipe As Long
    Dim count As Long
```

```
    tempPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
    count = MPUSBGetDeviceCount(vid_pid)
```

```
    If count > 0 Then
        myOutPipe = MPUSBOpen(0, vid_pid, out_pipe, MP_WRITE, 0)
        myInPipe = MPUSBOpen(0, vid_pid, in_pipe, MP_READ, 0)
```

```
        If myOutPipe = INVALID_HANDLE_VALUE Or myInPipe = INVALID_HANDLE_VALUE Then
            MsgBox Str(myOutPipe) + " " + Str(myInPipe) + " Error al abrir los pipes"
            myOutPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
            myInPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
```

```
        End If
    Else
        MsgBox "No hay periféricos conectados"
    End If
```

```
End Sub
```

```
'-----
' Cerramos el periférico
'-----
```

```
Sub CloseMPUSBDevice()
    If myOutPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE Then
        MPUSBClose (myOutPipe)
        myOutPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
    End If
```

```
    If myInPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE Then
        MPUSBClose (myInPipe)
        myInPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
```

```
    End If
End Sub
```

```
'-----
' Función Send_Receive
'
```

```
' SendData:      Matriz de bytes con los datos a mandar
' SendLength:    Longitud de datos a mandar
' ReceiveData:   Matriz de datos a recibir
' ReceiveLength: Número de bytes a recibir
' SendDelay:     Time-out para el envío en milisegundos
' ReceiveDelay:  Time-out para la recepción en milisegundos
```

```

'-----
Function Send_Receive(ByRef SendData() As Byte, SendLength As Long, _
    ByRef ReceiveData() As Byte, ByRef ReceiveLength As Long, _
    ByVal SendDelay As Long, ByVal ReceiveDelay As Long) As Long

    Dim SentDataLength As Long
    Dim ExpectedReceiveLength As Long

    ExpectedReceiveLength = ReceiveLength

    If (myOutPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE And myInPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE)
    Then
        If (MPUSBWrite(myOutPipe, VarPtr(SendData(0)), SendLength, SentDataLength, SendDelay)
= MPUSB_SUCCESS) Then
            If (MPUSBRead(myInPipe, VarPtr(ReceiveData(0)), ExpectedReceiveLength,
ReceiveLength, ReceiveDelay) = MPUSB_SUCCESS) Then
                If (ReceiveLength = ExpectedReceiveLength) Then
                    Send_Receive = 1            ' Todo correcto
                    Exit Function
                ElseIf (ReceiveLength < ExpectedReceiveLength) Then
                    Send_Receive = 2            ' Envío correcto pero
                    Exit Function                ' Recepción fallida
                End If
            Else
                CheckInvalidHandle            ' Mensaje de error
            End If
        Else
            CheckInvalidHandle                ' Mensaje de error
        End If
    End If

    Send_Receive = 0                        ' Operación fallida

End Function

'-----
' Presenta el tipo de error
'-----
Sub CheckInvalidHandle()
    If (GetLastError() = ERROR_INVALID_HANDLE) Then
        ' La causa más habitual es que el circuito esté desconectado
        CloseMPUSBDevice
    Else
        MsgBox "Código de error: " + Str(GetLastError())
    End If
End Sub

'-----
' Función Send
'
' SendData:      Matriz de bytes con los datos a mandar
' SendLength:    Longitud de datos a mandar
' SendDelay:     Time-out para el envío en milisegundos
'-----
Function Send(ByRef SendData() As Byte, SendLength As Long, ByVal SendDelay As Long) As
Long
    Dim SentDataLength As Long

```

```

    If (myOutPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE And myInPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE)
    Then
        If (MPUSBWrite(myOutPipe, VarPtr(SendData(0)), SendLength, SentDataLength, SendDelay)
        = MPUSB_SUCCESS) Then
            Send = 1           ' Todo correcto
            Exit Function
        Else
            CheckInvalidHandle           ' Mensaje de error
        End If
    End If
    Send = 0           ' Operación fallida
End Function

```

CÓDIGO DE LA PANTALLA DE CONTROL Y MONITOREO DEL EXTENSÓGRAFO (A_USBOK.frm).

```

Option Explicit
Dim Send_Buf(0 To 64) As Byte
    Dim Rec_Buf(0 To 64) As Byte
    Dim i, k0 As Integer, j As Integer, cx As Integer, cy As Integer, X As Integer, k As Integer, EH As Integer, EV As Integer, EGX As Integer, EGY As Integer, cal As Integer, Mayor As Integer
Dim dato(5000) As Long

```

```

Private Sub Calcular_Click()
Dim area_cur, Ex, Ex1, RE, R1 As Double

```

```

If i > 500 Then

```

```

    Calculos.Show

```

```

    area_cur = 0
    cal = i

```

```

    Mayor = dato(0)

```

```

    For k = 1 To cal

```

```

        If Mayor < dato(k) Then

```

```

            Mayor = dato(k)
            cal = k

```

```

        End If

```

```

    Next k

```

```

    For k = 2 To i

```

```

        area_cur = area_cur + (dato(k - 1) * 0.09 + dato(k) * 0.09) * 0.125 / 2

```

```

    Next k

```

```
For k = 1 To i
    If dato(k) = 0 Then
        k0 = k
    Else
        k = i + 10
    End If
Next k

Ex = (i - k0) * 0.125
Ex1 = (cal - k0) * 0.125

R1 = dato(k0 + 400)
RE = Mayor / Ex

Calculos.Text1.Text = Mayor
Calculos.Text6.Text = area_cur
Calculos.Text3.Text = Ex
Calculos.Text4.Text = Ex1
Calculos.Text2.Text = R1
Calculos.Text5.Text = RE

End If
End Sub
```

```
Private Sub Cero_Click()
```

```
Send_Buf(0) = 1
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Clear_Click()
```

```
Picture1.Cls
```

```
i = 0
```

```
dato(1) = -1
```

```
j = 0
```

```
If j = 0 Then
```

```
    For k = 0 To 50
```

```
        Picture1.DrawWidth = 1
```

```
        Picture1.Line (100, 100 + EV * k * 2)-(100 + EH * 50, 100 + EV * k * 2), vbBlack
```

```
        Picture1.Line (EH * k + 100, 100)-(EH * k + 100, 100 + EV * 100), vbBlack
```

```
    Next k
```

```
    For k = 0 To 10
```

```
        Picture1.DrawWidth = 2
```

```
        Picture1.Line (2100, 100 + EV * k * 10)-(20, 100 + EV * k * 10), vbBlack
```

```
Next k

For k = 0 To 5

    Picture1.DrawWidth = 2
    Picture1.Line (100 + k * EH * 10, 100)-(100 + k * EH * 10, 180 + EV * 100), vbBlack

Next k

Picture1.DrawWidth = 1
Picture1.Line (100, 100 + EV * 50)-(100 + EH * 50, 100 + EV * 50), vbRed

j = 1

End If

End Sub

Private Sub cmdTerminar_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub Form_Load()

Dim xlapp As Excel.Application, xlsheet As Excel.Worksheet
Dim strRutaLibro As String

strRutaLibro = "C:\Base de Datos.xls"
Set xlapp = CreateObject("Excel.Application") 'Crea y devuelve referencia a Excel
xlapp.Workbooks.Open strRutaLibro, , False, , "" 'Abre el libro
Set xlsheet = xlapp.Workbooks(1).Worksheets(3) ' Se capta la hoja "HOJA3"

xlsheet.Activate 'activar la hoja "HOJA3"

'a1 = xlsheet.Range("D" & Format(1)).Value
'a2 = xlsheet.Range("D" & Format(2)).Value
'b2 = xlsheet.Range("E" & Format(2)).Value
'a3 = xlsheet.Range("D" & Format(3)).Value
'b3 = xlsheet.Range("E" & Format(3)).Value

myInPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
myOutPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
OpenMPUSBDevice

Timer1.Enabled = False
cy = Picture1.ScaleHeight
cx = Picture1.ScaleWidth
DrawWidth = 1
EH = (cx - 200) / 50
EV = (cy - 200) / 100
EGX = (cx - 200) / 2000
```

```
EGY = (cy - 200) / 1000
```

```
dato(1) = -1
```

```
j = 0
```

```
i = 0
```

```
'xlapp.Workbooks(1).Save
```

```
'xlapp.Workbooks(1).Close 'Cierra el libro
```

```
'xlapp.Quit ' Cierra la aplicacion de Excel
```

```
'Set xlapp = Nothing 'Libera el objeto Excel de la memoria del PC
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
```

```
    Dim Send_Buf(0 To 64) As Byte
```

```
    CloseMPUSBDevice
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuAcerca_Click()
```

```
Ayuda.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuCalibrar_Click()
```

```
If Timer1.Enabled = True Then
```

```
    Pass.Show
```

```
Else
```

```
    MsgBox "Presione Start antes de empezar a Calibrar"
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuCero_Click()
```

```
Send_Buf(0) = 1
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuCerrar_Click()
```

```
    Unload Me
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuGuardar_Click()
```

```
SavePicture Picture1.Image, "C:\Imagen.BMP"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuImp_Click()
```

```
Printer.PaintPicture Picture1.Image, 0, 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuReset_Click()
```

```
Picture1.Cls
```

```
i = 0
```

```
dato(1) = -1
```

```
j = 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuStart_Click()
```

```
Timer1.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuStop_Click()
```

```
Timer1.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Stop_Click()
```

```
Timer1.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Start_Click()
```

```
If i < 1000 Then
```

```
If j = 0 Then
```

```
For k = 0 To 50
```

```
Picture1.DrawWidth = 1
```

```
Picture1.Line (100, 100 + EV * k * 2)-(100 + EH * 50, 100 + EV * k * 2), vbBlack
```

```
Picture1.Line (EH * k + 100, 100)-(EH * k + 100, 100 + EV * 100), vbBlack
```

```
Next k
```

```
For k = 0 To 10
```

```
Picture1.DrawWidth = 2
```

```
Picture1.Line (2100, 100 + EV * k * 10)-(-20, 100 + EV * k * 10), vbBlack
```

```
Next k

For k = 0 To 5

    Picture1.DrawWidth = 2
    Picture1.Line (100 + k * EH * 10, 100)-(100 + k * EH * 10, 180 + EV * 100), vbBlack

Next k

Picture1.DrawWidth = 1
Picture1.Line (100, 100 + EV * 50)-(100 + EH * 50, 100 + EV * 50), vbRed

j = 1

End If

Timer1.Enabled = True

End If

End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
Dim Y As Double
    'Dim Contador As Integer

    If (myOutPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE) And (myInPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE)
Then
        If (Send_Receive(Send_Buf, 3, Rec_Buf, 3, 1000, 1000) <> 1) Then
            MsgBox "Fallo en la lectura de entradas"
        Else

            numero = (Rec_Buf(0)) * 100 + (Rec_Buf(1))
            Text1.Text = numero
            Send_Buf(0) = 0
            Send_Buf(1) = 0
            Send_Buf(2) = 0

        End If
    End If

    'Ecuación para el farinografo

    If numero < 230 Then

        Y = a1 * numero
    ElseIf numero < 347 Then

        Y = a2 * numero + b2
    Else
        Y = a3 * numero + b3
    End If
End Sub
```

```

End If

Text2.Text = Y

dato(i) = Y

If (dato(1) <> -1) Then

    Picture1.DrawWidth = 2
    Picture1.Line (EGX * i - EGX - 1 + 100, 100 + EV * 100 - EGY * dato(i - 1))-(i * EGX + 100,
100 + EV * 100 - EGY * dato(i)), vbBlue

End If

i = i + 1

If i = 5000 Then

    Timer1.Enabled = False

End If

End Sub

```

CÓDIGO DE LA PANTALLA DE ACERCA DEL FARINÓGRAFO (Ayuda.frm)

```

Private Sub Atras_Click()
Unload Me
A_USBOK.Show
End Sub

```

```

Private Sub Salir_Click()
Unload Me
End Sub

```

CÓDIGO DE LA PANTALLA CÁLCULOS (Calculos.frm)

```

Private Sub Guardar_Click()

```

```

Dim xlapp As Excel.Application, xlsheet As Excel.Worksheet
Dim strRutaLibro As String, fila As Integer, Edad As Integer, Nombre As String, ufila As Integer
Dim parar As Boolean, valor As Double

```

```

strRutaLibro = "C:\Base de Datos.xls"
Set xlapp = CreateObject("Excel.Application") 'Crea y devuelve referencia a Excel
xlapp.Workbooks.Open strRutaLibro, , False, , "", "" 'Abre el libro

```

```
Set xlsheet = xlapp.Workbooks(1).Worksheets(2) ' Se capta la hoja "HOJA1"

xlsheet.Activate 'activar la hoja "HOJA1"

'Determinar la última fila
'ufila = UltimaFila(xlsheet, 5)
fila = 2
parar = False

Do

    Nombre = xlsheet.Range("C" & Format(fila)).Value

    If Nombre <> "" Then
        parar = False
    Else
        parar = True
    End If

    fila = fila + 1

Loop While (parar = False)

ufila = fila - 1

valor = Text1.Text
xlsheet.Range("C" & Format(ufila)).Value = valor

valor = Text2.Text
xlsheet.Range("D" & Format(ufila)).Value = valor

valor = Text3.Text
xlsheet.Range("E" & Format(ufila)).Value = valor

valor = Text4.Text
xlsheet.Range("F" & Format(ufila)).Value = valor

valor = Text5.Text
xlsheet.Range("G" & Format(ufila)).Value = valor

valor = Text6.Text
xlsheet.Range("H" & Format(ufila)).Value = valor

xlapp.Workbooks(1).Save
xlapp.Workbooks(1).Close 'Cierra el libro
xlapp.Quit ' Cierra la aplicacion de Excel
Set xlapp = Nothing 'Libera el objeto Excel de la memoria del PC
```

End Sub

```
Private Sub Salir_Click()
Unload Me
```

End Sub

CÓDIGO DE LA PANTALLA CALIBRAR (Calibrar.frm)

Private Sub Guardar_Click()

Dim xlapp As Excel.Application, xlsheet As Excel.Worksheet
Dim strRutaLibro As String

If k = 2 Then

strRutaLibro = "C:\Base de Datos.xls"
Set xlapp = CreateObject("Excel.Application") 'Crea y devuelve referencia a Excel
xlapp.Workbooks.Open strRutaLibro, , False, , "" , "" 'Abre el libro
Set xlsheet = xlapp.Workbooks(1).Worksheets(3) ' Se capta la hoja "HOJA3"

xlsheet.Activate 'activar la hoja "HOJA3"

a1 = sa1
a2 = sa2
b2 = sb2
a3 = sa3
b3 = sb3

xlsheet.Range("D" & Format(1)).Value = a1
xlsheet.Range("D" & Format(2)).Value = a2
xlsheet.Range("E" & Format(2)).Value = b2
xlsheet.Range("D" & Format(3)).Value = a3
xlsheet.Range("E" & Format(3)).Value = b3

xlapp.Workbooks(1).Save
xlapp.Workbooks(1).Close 'Cierra el libro
xlapp.Quit ' Cierra la aplicacion de Excel
Set xlapp = Nothing 'Libera el objeto Excel de la memoria del PC

End If

k = 0

End Sub

Private Sub Salir_Click()

Unload Me

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()

Text1.Text = A_USBOK.Text1.Text
Text2.Text = A_USBOK.Text2.Text

End Sub

CÓDIGO DE LA PANTALLA DE PRESENTACIÓN (Extensografo.frm)

```
*****  
Private Sub Command1_Click()  
    Unload Me  
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
    Unload Me  
    A_USBOK.Show
```

```
End Sub
```

```
*****
```

CÓDIGO DE LA PANTALLA DE CONTRASEÑA (Pass.frm)

```
*****
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
    If Text1.Text = "ESPE" Then
```

```
        Calibrar.Show  
        Unload Me
```

```
    Else
```

```
        MsgBox "Contraseña incorrecta"  
        Text1.Text = ""
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
    Unload Me
```

```
End Sub
```

ANEXO 3: Programa del Software de la interface grafica del Farinógrafo.

MODULO VBMPUSBAPI(VBMPUSBAPI.BAS)

```

=====
' Rutinas de llamada a la libreria MPUSBAPI.DLL
=====

Option Explicit

'-----
' Convenciones de llamada en C
'   DWORD _MPUSBGetDLLVersion(void)
'   DWORD _MPUSBGetDeviceCount(PCHAR pVID_PID)
'   HANDLE _MPUSBOpen(DWORD instance, PCHAR pVID_PID, PCHAR pEP, DWORD
dwDir, DWORD dwReserved);
'   DWORD _MPUSBRead(HANDLE handle, PVOID pData, DWORD dwLen, PDWORD
pLength, DWORD dwMilliseconds);
'   DWORD _MPUSBWrite(HANDLE handle, PVOID pData, DWORD dwLen, PDWORD
pLength, DWORD dwMilliseconds);
'   DWORD _MPUSBReadInt(HANDLE handle, PVOID pData, DWORD dwLen, PDWORD
pLength, DWORD dwMilliseconds);
'-----

'-----
' Funciones equivalentes para llamar desde el VB
'-----
Public Declare Function MPUSBGetDLLVersion Lib "mpusbapi.dll" () As Long
Public Declare Function MPUSBGetDeviceCount Lib "mpusbapi.dll" (ByVal pVID_PID As String)
As Long
Public Declare Function MPUSBOpen Lib "mpusbapi.dll" (ByVal instance As Long, ByVal
pVID_PID As String, ByVal pEP As String, ByVal dwDir As Long, ByVal dwReserved As Long) As
Long
Public Declare Function MPUSBClose Lib "mpusbapi.dll" (ByVal handle As Long) As Long
Public Declare Function MPUSBRead Lib "mpusbapi.dll" (ByVal handle As Long, ByVal pData As
Long, ByVal dwLen As Long, ByRef pLength As Long, ByVal dwMilliseconds As Long) As Long
Public Declare Function MPUSBWrite Lib "mpusbapi.dll" (ByVal handle As Long, ByVal pData As
Long, ByVal dwLen As Long, ByRef pLength As Long, ByVal dwMilliseconds As Long) As Long
Public Declare Function MPUSBReadInt Lib "mpusbapi.dll" (ByVal handle As Long, ByVal pData
As Long, ByVal dwLen As Long, ByRef pLength As Long, ByVal dwMilliseconds As Long) As Long
Public a1, a2, b2, a3, b3 As Double
Public numero As Integer

'-----
' Constantes para la WIN32 API
'-----
Public Const INVALID_HANDLE_VALUE = -1
Public Const ERROR_INVALID_HANDLE = 6&

'-----
' Funciones de la WIN32 API
'-----
Public Declare Function GetLastError Lib "kernel32" () As Long
Public Declare Function timeGetTime Lib "winmm.dll" () As Long

```

```

'-----
' Constantes de conectividad con el PIC
'-----
Public Const vid_pid = "vid_04d8&pid_0011"      ' Vendor id (Microchip) y Periférico id
Public Const out_pipe = "\MCHP_EP1"
Public Const in_pipe = "\MCHP_EP1"

Public Const MPUSB_FAIL = 0
Public Const MPUSB_SUCCESS = 1

Public Const MP_WRITE = 0
Public Const MP_READ = 1

'-----
' IN_PIPE y OUT_PIPE variables públicas
'-----
Public myInPipe As Long
Public myOutPipe As Long

'-----
' Abrimos el periférico
'-----
Sub OpenMPUSBDevice()
    Dim tempPipe As Long
    Dim count As Long

    tempPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
    count = MPUSBGetDeviceCount(vid_pid)

    If count > 0 Then
        myOutPipe = MPUSBOpen(0, vid_pid, out_pipe, MP_WRITE, 0)
        myInPipe = MPUSBOpen(0, vid_pid, in_pipe, MP_READ, 0)

        If myOutPipe = INVALID_HANDLE_VALUE Or myInPipe = INVALID_HANDLE_VALUE Then
            MsgBox Str(myOutPipe) + " " + Str(myInPipe) + " Error al abrir los pipes"
            myOutPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
            myInPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
        End If
    Else
        MsgBox "No hay periféricos conectados"
    End If
End Sub

'-----
' Cerramos el periférico
'-----
Sub CloseMPUSBDevice()
    If myOutPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE Then
        MPUSBClose (myOutPipe)
        myOutPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
    End If

    If myInPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE Then
        MPUSBClose (myInPipe)
        myInPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
    End If
End Sub

'-----
' Función Send_Receive

```



```

'
' SendData:      Matriz de bytes con los datos a mandar
' SendLength:    Longitud de datos a mandar
' ReceiveData:   Matriz de datos a recibir
' ReceiveLength: Número de bytes a recibir
' SendDelay:     Time-out para el envío en milisegundos
' ReceiveDelay:  Time-out para la recepción en milisegundos
'-----

Function Send_Receive(ByRef SendData() As Byte, SendLength As Long, _
                    ByRef ReceiveData() As Byte, ByRef ReceiveLength As Long, _
                    ByVal SendDelay As Long, ByVal ReceiveDelay As Long) As Long

    Dim SentDataLength As Long
    Dim ExpectedReceiveLength As Long

    ExpectedReceiveLength = ReceiveLength

    If (myOutPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE And myInPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE)
    Then
        If (MPUSBWrite(myOutPipe, VarPtr(SendData(0)), SendLength, SentDataLength, SendDelay)
        = MPUSB_SUCCESS) Then
            If (MPUSBRead(myInPipe, VarPtr(ReceiveData(0)), ExpectedReceiveLength,
            ReceiveLength, ReceiveDelay) = MPUSB_SUCCESS) Then
                If (ReceiveLength = ExpectedReceiveLength) Then
                    Send_Receive = 1          ' Todo correcto
                    Exit Function
                ElseIf (ReceiveLength < ExpectedReceiveLength) Then
                    Send_Receive = 2        ' Envío correcto pero
                    Exit Function          ' Recepción fallida
                End If
            Else
                CheckInvalidHandle        ' Mensaje de error
            End If
        Else
            CheckInvalidHandle            ' Mensaje de error
        End If
    End If

    Send_Receive = 0                    ' Operación fallida

End Function

'-----
' Presenta el tipo de error
'-----

Sub CheckInvalidHandle()
    If (GetLastError() = ERROR_INVALID_HANDLE) Then
        ' La causa más habitual es que el circuito esté desconectado
        CloseMPUSBDevice
    Else
        MsgBox "Código de error: " + Str(GetLastError())
    End If
End Sub

'-----
' Función Send
'
' SendData:      Matriz de bytes con los datos a mandar

```

```
' SendLength:   Longitud de datos a mandar
' SendDelay:   Time-out para el envío en milisegundos
'-----
Function Send(ByRef SendData() As Byte, SendLength As Long, ByVal SendDelay As Long) As Long
    Dim SentDataLength As Long

    If (myOutPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE And myInPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE)
    Then
        If (MPUSBWrite(myOutPipe, VarPtr(SendData(0)), SendLength, SentDataLength, SendDelay)
= MPUSB_SUCCESS) Then
            Send = 1           ' Todo correcto
            Exit Function
        Else
            CheckInvalidHandle           ' Mensaje de error
        End If
    End If
    Send = 0           ' Operación fallida
End Function
```

CÓDIGO DE LA PANTALLA DE CONTROL Y MONITOREO (A_USBOK.frm)

```
Option Explicit
Dim Send_Buf(0 To 64) As Byte
    Dim Rec_Buf(0 To 64) As Byte
    Dim i As Integer, j As Integer, cx As Integer, cy As Integer, X As Integer, k As Integer, EH As Integer, EV As Integer, EGX As Integer, EGY As Integer, cal As Integer, Mayor As Long
Dim dato(15000) As Long
Dim cincomin As Long
Public a1, a2, b2 As Long

Dim T_llegada, T_salida, T_estable, T_pico As Integer
Dim Valor_ub As Long
```

```
Private Sub Calcular_Click()
```

```
If i > 5000 Then
```

```
    Calculos.Show
```

```
    Mayor = dato(19)
```

```
    For k = 20 To i
```

```
        If Mayor < dato(k) Then
```

```
            Mayor = dato(k)
```

```
            T_pico = k
```

```
        End If
```

```
    Next k
```

```
    For k = T_pico To i
```

```
If dato(k) > 505 Then
    T_salida = k

End If

Next k

For k = T_pico To i
    If dato(k) < 520 Then
        T_llegada = k
    End If

    If dato(k) < 480 Then
        k = i
    End If

Next k

    cincomin = dato(T_pico + 3000)

For k = 1 To 50
    If cincomin < dato(T_pico + k + 3000 - 25) Then
        cincomin = dato(T_pico + k + 3000 - 25)

    End If

Next k

T_estable = T_salida - T_llegada
Valor_ub = Mayor - cincomin

T_pico = T_pico / 600
T_estable = T_estable / 600

Calculos.Text1.Text = T_pico
Calculos.Text2.Text = T_estable
Calculos.Text3.Text = Valor_ub

End If

End Sub
```

```
Private Sub Cero_Click()
```

```
Send_Buf(0) = 1
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Clear_Click()
```

```
Picture1.Cls
```

```
i = 0
```

```
dato(1) = -1
```

```
j = 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdTerminar_Click()
```

```
Unload Me
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
Dim xlapp As Excel.Application, xlsheet As Excel.Worksheet
```

```
Dim strRutaLibro As String
```

```
strRutaLibro = "C:\Base de Datos.xls"
```

```
Set xlapp = CreateObject("Excel.Application") 'Crea y devuelve referencia a Excel
```

```
xlapp.Workbooks.Open strRutaLibro, , False, , "", "" 'Abre el libro
```

```
Set xlsheet = xlapp.Workbooks(1).Worksheets(3) ' Se capta la hoja "HOJA3"
```

```
xlsheet.Activate 'activar la hoja "HOJA3"
```

```
a1 = xlsheet.Range("A" & Format(1)).Value
```

```
a2 = xlsheet.Range("A" & Format(2)).Value
```

```
b2 = xlsheet.Range("B" & Format(2)).Value
```

```
a3 = xlsheet.Range("A" & Format(3)).Value
```

```
b3 = xlsheet.Range("B" & Format(3)).Value
```

```
myInPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
```

```
myOutPipe = INVALID_HANDLE_VALUE
```

```
OpenMPUSBDevice
```

```
Timer1.Enabled = False
```

```
cy = Picture1.ScaleHeight
```

```
cx = Picture1.ScaleWidth
```

```
DrawWidth = 1
```

```
EH = (cx - 1000) / 50
```

```
EV = (cy - 200) / 100
```

```
EGX = (cx - 1000) / 15000
```

```
EGY = (cy - 200) / 1000
```

```
dato(1) = -1
```

```
j = 0
```

```
i = 0
```

```
xlapp.Workbooks(1).Save
xlapp.Workbooks(1).Close 'Cierra el libro
xlapp.Quit ' Cierra la aplicacion de Excel
Set xlapp = Nothing 'Libera el objeto Excel de la memoria del PC
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Dim Send_Buf(0 To 64) As Byte
    CloseMPUSBDevice
End Sub
```

```
Private Sub MenuAcerca_Click()
```

```
Ayuda.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuCalibrar_Click()
```

```
If Timer1.Enabled = True Then
```

```
    Pass.Show
```

```
    Else
```

```
        MsgBox "Presione Start antes de empezar a Calibrar"
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuCero_Click()
```

```
Send_Buf(0) = 1
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuCerrar_Click()
```

```
    Unload Me
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuGuardar_Click()
```

```
SavePicture Picture1.Image, "C:\Imagen.BMP"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuImp_Click()
```

```
Printer.PaintPicture Picture1.Image, 0, 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuReset_Click()
```

```
Picture1.Cls
```

```
i = 0
```

```
dato(1) = -1
```

```
j = 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuStart_Click()
```

```
Timer1.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenuStop_Click()
```

```
Timer1.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Stop_Click()
```

```
Timer1.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Start_Click()
```

```
Timer1.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
Dim Y As Double
```

```
    'Dim Contador As Integer
```

```
    If (myOutPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE) And (myInPipe <> INVALID_HANDLE_VALUE)  
    Then
```

```
        If (Send_Receive(Send_Buf, 3, Rec_Buf, 3, 1000, 1000) <> 1) Then
```

```
            MsgBox "Fallo en la lectura de entradas"
```

```
        Else
```

```
            numero = (Rec_Buf(0)) * 100 + (Rec_Buf(1))
```

```
            Text1.Text = numero
```

```
Send_Buf(0) = 0
Send_Buf(1) = 0
Send_Buf(2) = 0

End If
End If

'Ecuaciòn para el farinografo

If numero < 230 Then

    Y = a1 * numero
Elseif numero < 347 Then

    Y = a2 * numero + b2
Else
    Y = a3 * numero + b3

End If

Text2.Text = Y

dato(i) = Y

If (dato(1) <> -1) Then

    Picture1.DrawWidth = 2
    Picture1.Line (EGX * i - EGX - 1 + 500, 100 + EV * 100 - EGY * dato(i - 1))-(i * EGX + 500,
100 + EV * 100 - EGY * dato(i)), vbBlue

End If

If j = 0 Then

    For k = 0 To 50

        Picture1.DrawWidth = 1
        Picture1.Line (500, 100 + EV * k * 2)-(500 + EH * 50, 100 + EV * k * 2), vbBlack
        Picture1.Line (EH * k + 500, 100)-(EH * k + 500, 100 + EV * 100), vbBlack

    Next k

    For k = 0 To 10

        Picture1.DrawWidth = 2
        Picture1.Line (20, 100 + EV * k * 10)-(500 + EH * 50, 100 + EV * k * 10), vbBlack

    Next k

    For k = 0 To 5
```

```
Picture1.DrawWidth = 2
Picture1.Line (500 + k * EH * 10, 180 + EV * 100)-(500 + k * EH * 10, 100), vbBlack
```

```
Next k
```

```
Picture1.DrawWidth = 2
Picture1.Line (500, 100 + EV * 50)-(500 + EH * 50, 100 + EV * 50), vbRed
```

```
j = 1
```

```
End If
```

```
i = i + 1
```

```
If i = 15000 Then
```

```
Timer1.Enabled = False
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
*****
```

CÓDIGO DE LA PANTALLA DE ACERCA DEL FARINÓGRAFO (Ayuda.frm)

```
*****
```

```
Private Sub ATRAS_Click()
Unload Me
A_USBOK.Show
End Sub
```

```
Private Sub Frame2_DragDrop(Source As Control, X As Single, Y As Single)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Salir_Click()
Unload Me
End Sub
```

```
*****
```

CÓDIGO DE LA PANTALLA CALCULOS (Calculos.frm)

```
*****
```

```
Private Sub ATRAS_Click()
Unload Me
A_USBOK.Show
End Sub
```

```
Private Sub Guardar_Click()
```

```
Dim xlapp As Excel.Application, xlsheet As Excel.Worksheet
Dim strRutaLibro As String, fila As Integer, Edad As Integer, Nombre As String, ufila As Integer
```


Dim parar As Boolean, valor As Double

```
strRutaLibro = "C:\Base de Datos.xls"
Set xlapp = CreateObject("Excel.Application") 'Crea y devuelve referencia a Excel
xlapp.Workbooks.Open strRutaLibro, , False, , "", "" 'Abre el libro
Set xlsheet = xlapp.Workbooks(1).Worksheets(1) ' Se capta la hoja "HOJA1"
```

```
xlsheet.Activate 'activar la hoja "HOJA1"
```

```
'Determinar la última fila
'ufila = UltimaFila(xlsheet, 5)
fila = 2
parar = False
```

Do

```
Nombre = xlsheet.Range("C" & Format(fila)).Value
```

```
If Nombre <> "" Then
    parar = False
Else
    parar = True
End If
```

```
fila = fila + 1
```

Loop While (parar = False)

```
ufila = fila - 1
```

```
valor = Text1.Text
xlsheet.Range("C" & Format(ufila)).Value = valor
valor = Text2.Text
xlsheet.Range("D" & Format(ufila)).Value = valor
valor = Text3.Text
xlsheet.Range("E" & Format(ufila)).Value = valor
```

```
xlapp.Workbooks(1).Save
xlapp.Workbooks(1).Close 'Cierra el libro
xlapp.Quit ' Cierra la aplicacion de Excel
Set xlapp = Nothing 'Libera el objeto Excel de la memoria del PC
```

End Sub

```
Private Sub Salir_Click()
Unload Me
End Sub
```

CÓDIGO DE LA PANTALLA CALIBRACIÓN (Calibrar.frm)

```
Option Explicit
```

```
Dim dato(11) As Integer
Dim i, k As Integer
Dim sa1, sa2, sb2, sa3, sb3 As Double
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
dato(0) = numero
Label14.Caption = dato(0)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command10_Click()
```

```
dato(9) = numero
Label23.Caption = dato(9)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command11_Click()
```

```
dato(10) = numero
Label24.Caption = dato(10)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command12_Click()
```

```
Dim xlapp As Excel.Application, xlsheet As Excel.Worksheet
Dim strRutaLibro As String
```

```
strRutaLibro = "C:\Base de Datos.xls"
Set xlapp = CreateObject("Excel.Application") 'Crea y devuelve referencia a Excel
xlapp.Workbooks.Open strRutaLibro, , False, , "", "" 'Abre el libro
Set xlsheet = xlapp.Workbooks(1).Worksheets(3) ' Se capta la hoja "HOJA3"
```

```
xlsheet.Activate 'activar la hoja "HOJA3"
```

```
a1 = 1.66
a2 = 1.681
b2 = -5.04
a3 = 1.714
b3 = -17.14
```

```
xlsheet.Range("A" & Format(1)).Value = a1
xlsheet.Range("A" & Format(2)).Value = a2
xlsheet.Range("B" & Format(2)).Value = b2
xlsheet.Range("A" & Format(3)).Value = a3
xlsheet.Range("B" & Format(3)).Value = b3
```

```
xlapp.Workbooks(1).Save
xlapp.Workbooks(1).Close 'Cierra el libro
xlapp.Quit ' Cierra la aplicacion de Excel
Set xlapp = Nothing 'Libera el objeto Excel de la memoria del PC
```

End Sub

Private Sub Command13_Click()

k = 0

For i = 1 To 9

 If dato(i) = 0 Then

 MsgBox "Calibración incorrecta o faltan datos"

 k = 1

 i = 11

 End If

Next i

If dato(0) <> 0 Then

 MsgBox "Calibración incorrecta o faltan datos"

 k = 1

End If

If k = 0 Then

'de 0 a 400

sa1 = 400 / dato(4)

'de 400 a 600

sa2 = 200 / (dato(6) - dato(4))

sb2 = -sa2 * dato(4) + 400

'de 600 a 900

sa3 = 300 / (dato(9) - dato(6))

sb3 = -sa3 * dato(6) + 600

k = 2

End If

End Sub

Private Sub Command2_Click()

dato(1) = numero

Label15.Caption = dato(1)

End Sub

Private Sub Command3_Click()

dato(2) = numero

Label16.Caption = dato(2)

End Sub

Private Sub Command4_Click()

dato(3) = numero
Label17.Caption = dato(3)

End Sub

Private Sub Command5_Click()

dato(4) = numero
Label18.Caption = dato(4)

End Sub

Private Sub Command6_Click()

dato(5) = numero
Label19.Caption = dato(5)

End Sub

Private Sub Command7_Click()

dato(6) = numero
Label20.Caption = dato(6)

End Sub

Private Sub Command8_Click()

dato(7) = numero
Label21.Caption = dato(7)

End Sub

Private Sub Command9_Click()

dato(8) = numero
Label22.Caption = dato(8)

End Sub

Private Sub Form_Load()

Timer1.Enabled = True

End Sub

Private Sub Guardar_Click()

```
Dim xlapp As Excel.Application, xlsheet As Excel.Worksheet
Dim strRutaLibro As String
```

```
If k = 2 Then
```

```
strRutaLibro = "C:\Base de Datos.xls"
Set xlapp = CreateObject("Excel.Application") 'Crea y devuelve referencia a Excel
xlapp.Workbooks.Open strRutaLibro, , False, , "", "" 'Abre el libro
Set xlsheet = xlapp.Workbooks(1).Worksheets(3) ' Se capta la hoja "HOJA3"
```

```
xlsheet.Activate 'activar la hoja "HOJA3"
```

```
a1 = sa1
a2 = sa2
b2 = sb2
a3 = sa3
b3 = sb3
```

```
xlsheet.Range("A" & Format(1)).Value = a1
xlsheet.Range("A" & Format(2)).Value = a2
xlsheet.Range("B" & Format(2)).Value = b2
xlsheet.Range("A" & Format(3)).Value = a3
xlsheet.Range("B" & Format(3)).Value = b3
```

```
xlapp.Workbooks(1).Save
xlapp.Workbooks(1).Close 'Cierra el libro
xlapp.Quit ' Cierra la aplicacion de Excel
Set xlapp = Nothing 'Libera el objeto Excel de la memoria del PC
```

```
End If
```

```
k = 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Salir_Click()
```

```
Unload Me
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
Text1.Text = A_USBOK.Text1.Text
Text2.Text = A_USBOK.Text2.Text
```

```
End Sub
```

CÓDIGO DE LA PANTALLA DE PRESENTACIÓN (Farinógrafo.frm)

```
Private Sub Command1_Click()  
  Unload Me  
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
  Unload Me  
  A_USBOK.Show
```

```
End Sub
```

CÓDIGO DE LA PANTALLA CONTRASEÑA (Pass.frm)

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
  If Text1.Text = "ESPE" Then
```

```
    Calibrar.Show  
    Unload Me
```

```
  Else
```

```
    MsgBox "Contraseña incorrecta"  
    Text1.Text = ""
```

```
  End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
  Unload Me
```

```
End Sub
```

ANEXO 4: Manual de usuario del Extensógrafo.

MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE EXTENSÓGRAFO 1.3

1. Introducción

EXTENSÓGRAFO 1.3 es un software diseñado para la adquisición y digitalización de datos. EXTENSÓGRAFO 1.3 permite la visualización de la curva que proporciona el registrador del EXTENSÓGRAFO, también realiza ciertos cálculos como: Resistencia R, Resistencia R1, Área del extensógrafo, Extensibilidad E, Extensibilidad E1, y Resistencia; el software permite realizar la calibración del equipo.

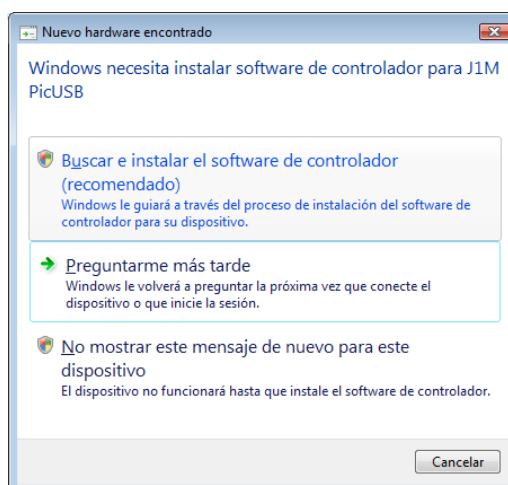
2. Requisitos

Para la instalación del software en la PC, la misma debe cumplir con los siguientes requerimientos:

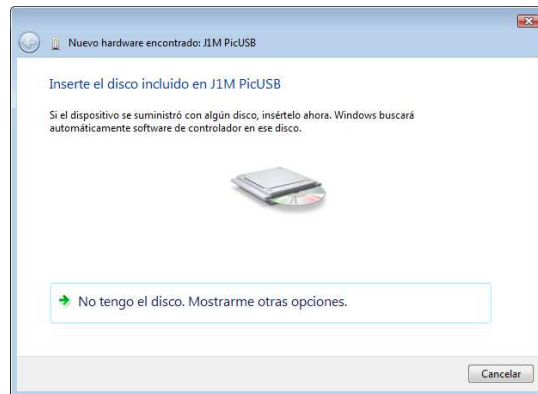
- Un mínimo de 300 MB de espacio libre.
- Windows XP (Professional o Home Edition) (Service Pack 2 o posterior)
- Windows XP Professional edición x64 (Service Pack 2)
- Windows Vista ediciones de 32 y 64 bits con ciertas restricciones en el software.

3. Instalación del driver de la tarjeta de adquisición de datos.

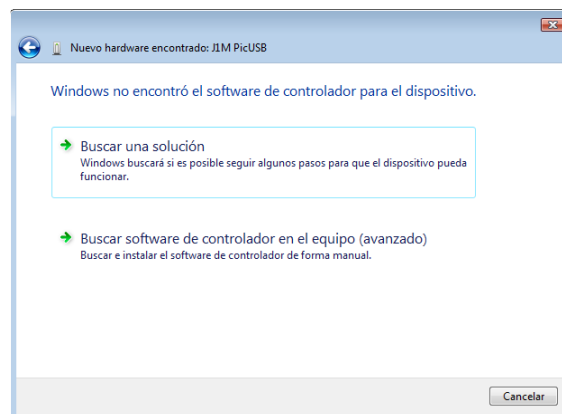
1. Para realizar la instalación del driver, conecte el cable USB a la tarjeta de adquisición y a al puerto USB de la PC.
2. Al realizar la conexión observe que el indicador rojo esté encendido, en la PC se presentará la siguiente ventana y escoja la opción **Buscar e instalar el software del controlador**.



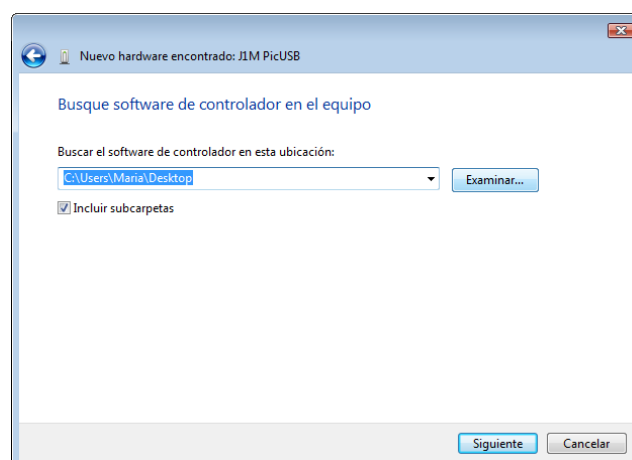
3. En la siguiente ventana escoja **No tengo el disco. Mostrarme otras opciones**.



4. Aparecerá la siguiente ventana ahí escoja la opción **Buscar software de controlador en el equipo (avanzado)**.



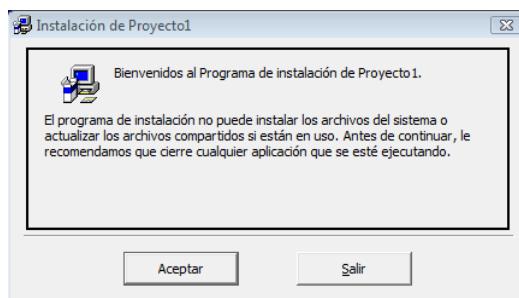
5. En la siguiente ventana haga clic en el botón **Examinar**, ahí se desplegará varias direcciones, busque en el CD la carpeta **PicUSB_Driver**, de clic en el botón **Siguiente** y se instalará el driver.



6. Al finalizar la instalación verifique que el indicador verde este encendido.

4. Instalación del software EXTENSÓGRAFO 1.3

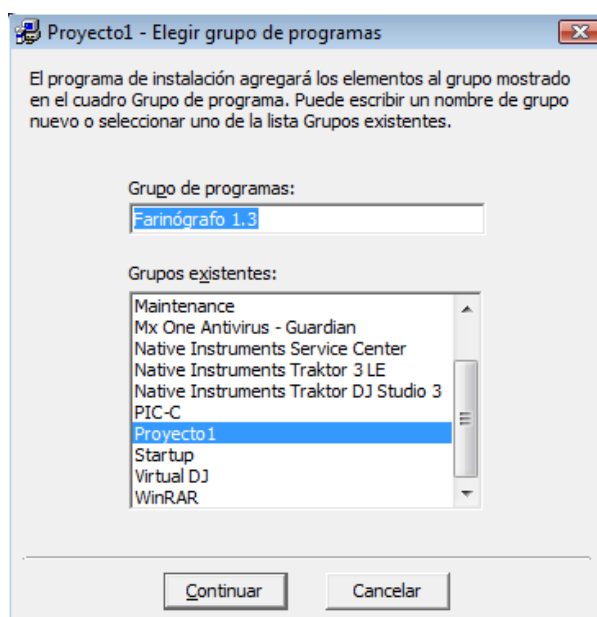
6. Para iniciar la instalación, inserte el CD-ROM en la unidad de CD-ROM de la PC y haga clic en la opción de instalación.
7. Haga clic en Aceptar. El programa de instalación se iniciará.



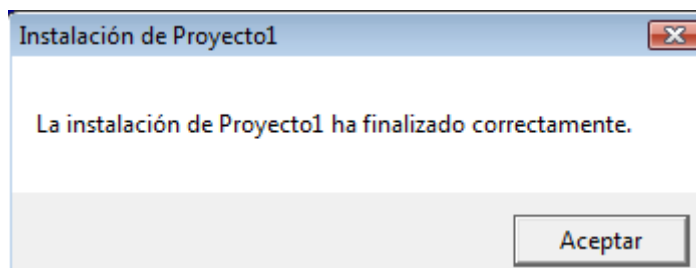
8. El programa de instalación se iniciará al dar clic en le siguiente icono.



9. En la siguiente pantalla busque el programa EXTENSÓGRAFO 1.3 y de clic en el botón Continuar.



10. Haga clic en el botón Aceptar para finalizar la instalación.



5. Desinstalación del software EXTENSÓGRAFO 1.3.

Haga clic en **Inicio > Configuración > Panel de control**. Si va a utilizar Windows XP, utilice la Vista clásica de Panel de control.

1. Haga doble clic en **Agregar o quitar programas**.
2. En la lista Programas actualmente instalados, haga clic en EXTENSÓGRAFO 1.3.
3. Haga clic en **Cambiar o quitar**.
4. Siga las instrucciones que aparecen en la pantalla hasta que se eliminen los archivos del programa.

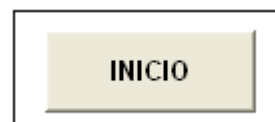
6. Descripción del Software.

6.1 Pantalla de Presentación.

Presentación de las instituciones que participaron en el desarrollo de este software.



Para iniciar el programa, presione el botón INICIO.



Para salir del programa, presione el botón SALIR.



Si al presionar INICIO aparece el siguiente mensaje:

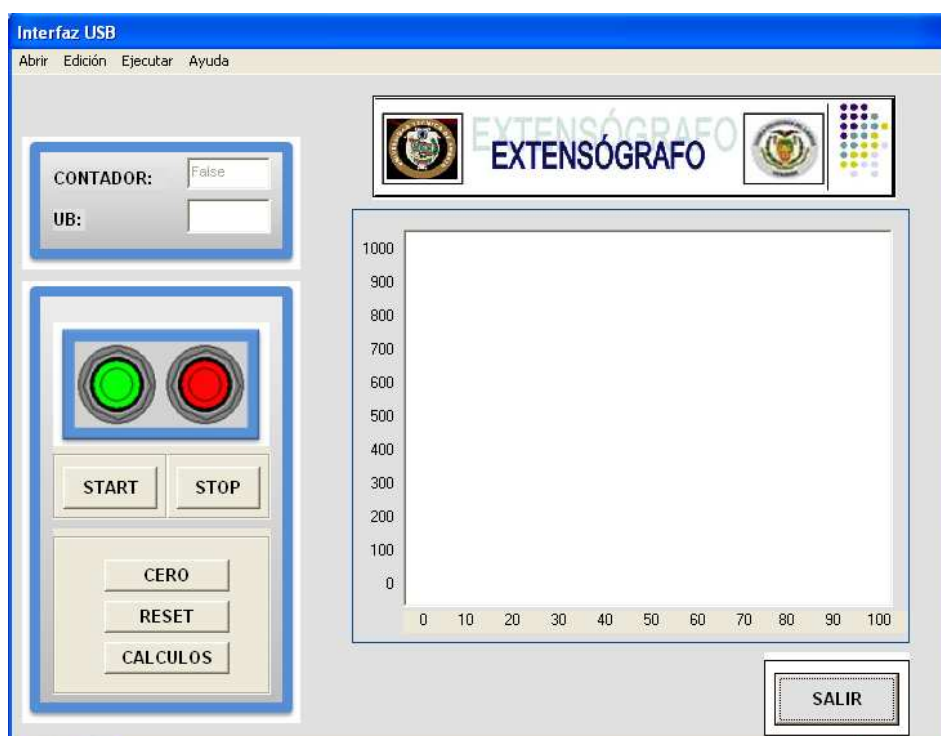


Esto se debe a las siguientes razones:

1. El cable USB de la tarjeta de adquisición no está conectado a la PC
2. No se ha instalado correctamente el driver del controlador para la tarjeta de adquisición (si el led rojo está encendido), para lo cual se recomienda volver a instalar el driver en el literal 3.

6.2 Pantalla Principal.

Esta es la pantalla principal donde se realizará todo el trabajo, se presentará la gráfica y se tienen todos los botones para realizar las acciones correspondientes de esta aplicación.

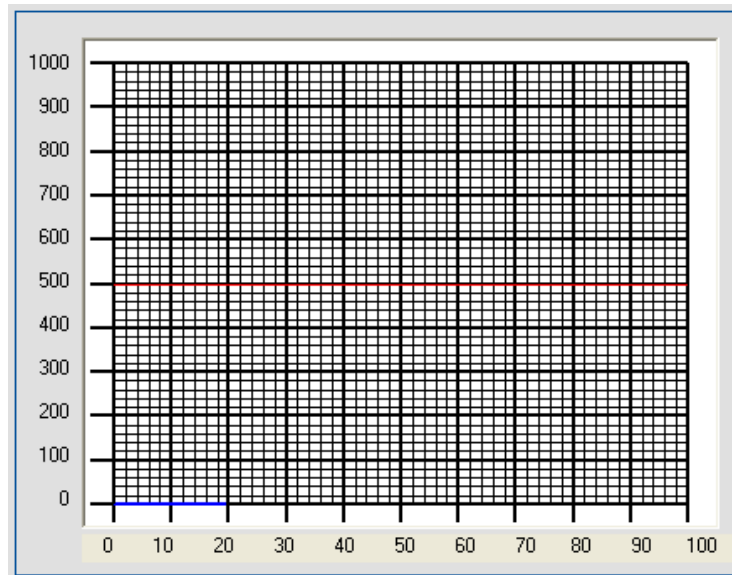


6.2.1 Elementos de la pantalla principal.

Los indicadores, los cuales muestran las unidades crudas (contador) y las unidades de ingeniería (Unidades Brabender).



La ventana de la gráfica, la cual muestra la reproducción de la gráfica, en el eje 'x' representa unidades de tiempo (1 segundo por subdivisión y 10 segundos por división) y en el eje 'y' representa Unidades Brabender.



El botón START inicia la captura de la gráfica	
El botón STOP detiene la captura de la gráfica. Pero no reinicia la grafica al principio.	
El botón de cero coloca el valor del contador en cero. Sirve como offset.	
El botón de RESET sirve para borrar la grafica y reinicia el tiempo.	
El botón de CALCULOS sirve para obtener los resultados de la curva, una vez que se finaliza el gráfico. Ver la sección de cálculos.	
El botón SALIR sirve para abandonar el programa.	

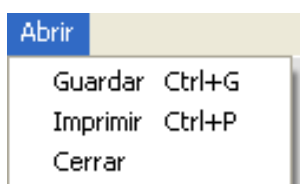
6.2.2 Barra De Herramientas

La Barra de Herramientas consta de los siguientes menús:

Abrir Edición Ejecutar Ayuda

6.2.2.1 Menú Abrir.

El menú abrir consta de las siguientes opciones:



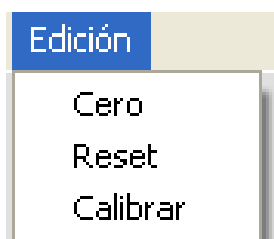
Guardar: Guarda la gráfica en una imagen BNG en el disco C

Imprimir: Imprime la gráfica al tamaño de una hoja A4.

Cerrar: Sale del programa.

6.2.2.2 Menú Edición.

El menú edición consta de las siguientes opciones:



Cero y Reset tienen las mismas funciones que los botones en la pantalla principal.

Calibrar sirve para ajustar los valores de las unidades crudas a las unidades de ingeniería.

6.2.2.3 Menú Ejecutar.

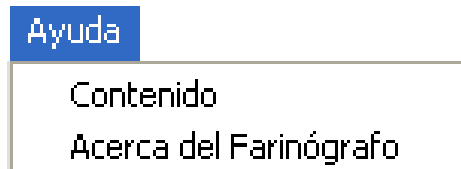
El Menú Ejecutar consta de las siguientes opciones:



Start y Stop tienen la misma función que los botones de la pantalla principal.

6.2.2.4 Menú Ayuda

El Menú Ayuda consta de las siguientes opciones:



Contenido abre el archivo del presente manual de usuario

Acerca del EXTENSÓGRAFO abre la siguiente ventana:



6.3 Pantalla de Cálculos.

Al presionar el botón de cálculos aparece la siguiente ventana con los cálculos correspondientes, siempre y cuando se haya recorrido la grafica un tiempo de más de 15 min.

Si la grafica obtenida no cumple con los parámetros de una gráfica del EXTENSÓGRAFO, los cálculos obtenidos serán incorrectos.

CALCULOS

EXTENSÓGRAFO

CALCULOS

R1 UB

R UB

E mm

E1 mm

R/E UB/mm

Area mm²

SALIR GUARDAR

6.4 Pantalla de la contraseña.

En la siguiente ventana nos pedirá la contraseña, la contraseña se encuentra en el CD de instalación, se recomienda no usar esta opción si no se conoce la forma correcta de calibrar el equipo.

Contraseña

ACEPTAR CANCELAR

Si la contraseña no es correcta aparece el siguiente mensaje.

GRAFICAR

Contraseña incorrecta

Aceptar

6.5 Pantalla de Calibración.

The screenshot shows a software window titled "Calibración". At the top, there are two logos and the text "EXTENSÓGRAFO". Below this, there is a "False" input field and a "0" input field labeled "UB". A "Calcular" button is positioned below these fields. To the right, a vertical list of values from 0 to 900 in increments of 100 is displayed, with a "Captar" button next to each value. At the bottom of the window, there are three buttons: "Guardar", "Por Defecto", and "Salir".

6.5.1 Elementos de la Ventana de Calibración.

<p>Indicadores de las unidades crudas (contador) y las unidades de Ingeniería (UB).</p>	<p>CONTADOR:</p> <input data-bbox="981 1440 1190 1487" type="text" value="False"/> <p>UB:</p> <input data-bbox="981 1570 1190 1617" type="text" value="0"/>
<p>Los siguientes botones sirven para capturar los valores en unidades crudas de los</p>	

<p>respectivos valores en UB</p>	<p>0 <input type="button" value="Captar"/></p> <p>100 <input type="button" value="Captar"/></p> <p>200 <input type="button" value="Captar"/></p> <p>300 <input type="button" value="Captar"/></p> <p>400 <input type="button" value="Captar"/></p> <p>500 <input type="button" value="Captar"/></p> <p>600 <input type="button" value="Captar"/></p> <p>700 <input type="button" value="Captar"/></p> <p>800 <input type="button" value="Captar"/></p> <p>900 <input type="button" value="Captar"/></p>
<p>El botón CALCULAR sirve para calcular los valores de a y b para la ecuación lineal de adaptación a la curva.</p>	<p><input type="button" value="CALCULAR"/></p>
<p>GUARDAR, acepta los cambios en la calibración y la almacena para el uso posterior del equipo.</p>	<p><input type="button" value="GUARDAR"/></p>
<p>POR DEFECTO, vuelve a los valores por defecto de las constantes de calibración de las rectas, los aplica y los guarda.</p>	<p><input type="button" value="POR DEFECTO"/></p>
<p>SALIR sale de la ventana de calibración.</p>	<p><input type="button" value="SALIR"/></p>

7. Como utilizar el software EXTENSÓGRAFO 1.3

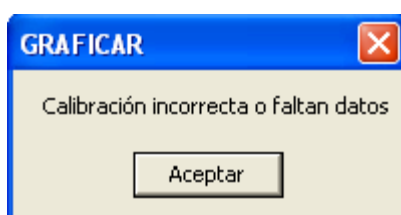
1. Haga clic en **Inicio > Todos los programas > EXTENSÓGRAFO 1.3.**
2. En la pantalla de presentación damos clic en **Inicio.**
3. En la pantalla principal damos clic en el botón **START.**
4. En el equipo colocamos el registrador del EXTENSÓGRAFO en cero y damos clic en **CERO.**
5. Una vez preparada la harina se coloca en el porta bandejas, posterior a esto presione el botones **START** del EXTENSÓGRAFO.



6. Luego que el gancho ha cortado la harina presione el botón **STOP** de la máquina y a la misma vez de clic en el botón **STOP**.
7. La gráfica obtenida debe ser guardada, para lo cuál en el programa principal haga clic en **Abrir > Guardar**, la gráfica se guardara en la unidad C.
8. Una vez guardada la gráfica haga clic en **CALCULOS**, en la pantalla Cálculos nos presentaran los siguientes cálculos: R1, R, E, E1, R/E, Área bajo la curva; haga clic en **GUARDAR**. Los cálculos se guardaran en un archivo de EXCEL en la unidad C.
9. Haga clic en **SALIR** para salir del programa.

8. Pasos para realizar la calibración del equipo.

1. En la pantalla de presentación damos clic en **Inicio**.
2. En la pantalla principal damos clic en el botón **START**.
3. En el equipo colocamos el registrador del EXTENSÓGRAFO en cero y damos clic en **CERO**.
4. En la pantalla de presentación del programa damos clic en **Edición > Calibrar**.
5. En la siguiente ventana ingrese la clave y haga clic en el botón **ACEPTAR**.
6. Coloque el registrador del EXTENSÓGRAFO en 0, en la pantalla de Calibración hay que tomar en cuenta que el valor del **Contador** y **UB** deben estar en 0; una vez realizado esto; en 0 haga clic en **Captar** para guardar ese valor en el programa. Luego coloque el registrador del EXTENSÓGRAFO en 100 y en la pantalla en 100 haga clic en **Captar**, de igual manera realice el mismo procedimiento para 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 y 900.
7. Una vez captados todos los valores haga clic en **Calcular**. Si aparece la siguiente pantalla revise que el valor de unidades crudas en cero esté en cero y que todos los valores estén capturados correctamente.



8. Haga clic en el botón **Guardar**. Dichos valores se guardaran en una hoja de cálculo en la unidad C y al mismo tiempo en el programa.

9. Haga clic en **SALIR**.

ANEXO 5: Manual de usuario del Farinógrafo.

MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE FARINÓGRAFO 1.3

1. Introducción

Farinógrafo 1.3 es un software diseñado para la adquisición y digitalización de datos. Farinógrafo 1.3 permite la visualización de la curva que proporciona el registrador del farinógrafo, también realiza ciertos cálculos como: Tiempo de desarrollo, Índice de Tolerancia y Tiempo de Estabilidad, el software permite realizar la calibración del equipo.

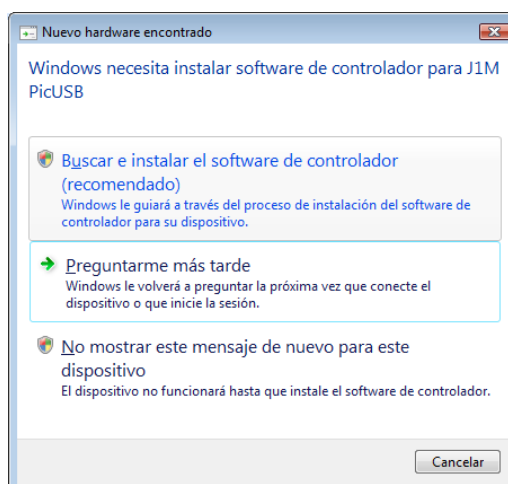
2. Requisitos

Para la instalación del software en la PC, la misma debe cumplir con los siguientes requerimientos:

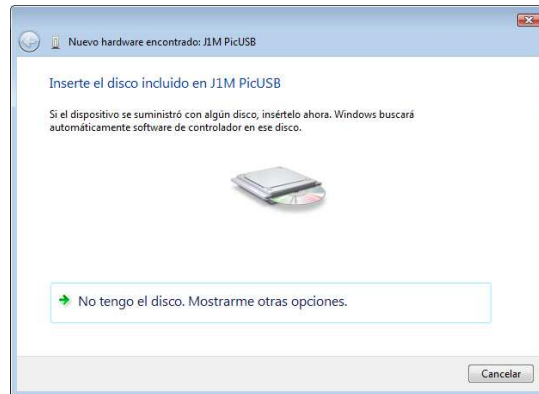
- Un mínimo de 300 MB de espacio libre.
- Windows XP (Professional o Home Edition) (Service Pack 2 o posterior)
- Windows XP Professional edición x64 (Service Pack 2)
- Windows Vista ediciones de 32 y 64 bits con ciertas restricciones en el software.

3. Instalación del driver de la tarjeta de adquisición de datos.

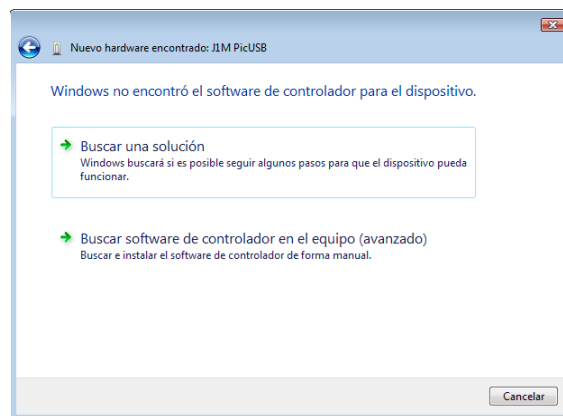
1. Para realizar la instalación del driver, conecte el cable USB a la tarjeta de adquisición y a al puerto USB de la PC.
2. Al realizar la conexión observe que el indicador rojo esté encendido, en la PC se presentará la siguiente ventana y escoja la opción **Buscar e instalar el software del controlador**.



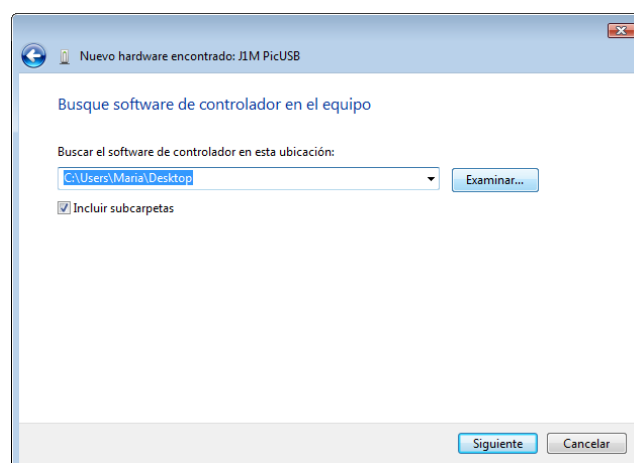
3. En la siguiente ventana escoja **No tengo el disco. Mostrarme otras opciones**.



4. Aparecerá la siguiente ventana ahí escoja la opción **Buscar software de controlador en el equipo (avanzado)**.



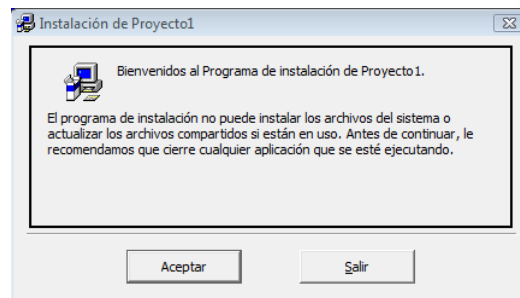
5. En la siguiente ventana haga clic en el botón **Examinar**, ahí se desplegará varias direcciones, busque en el CD la carpeta **PicUSB_Driver**, de clic en el botón **Siguiente** y se instalará el driver.



6. Al finalizar la instalación verifique que el indicador verde este encendido.

4. Instalación del software FARINÓGRAFO 1.3

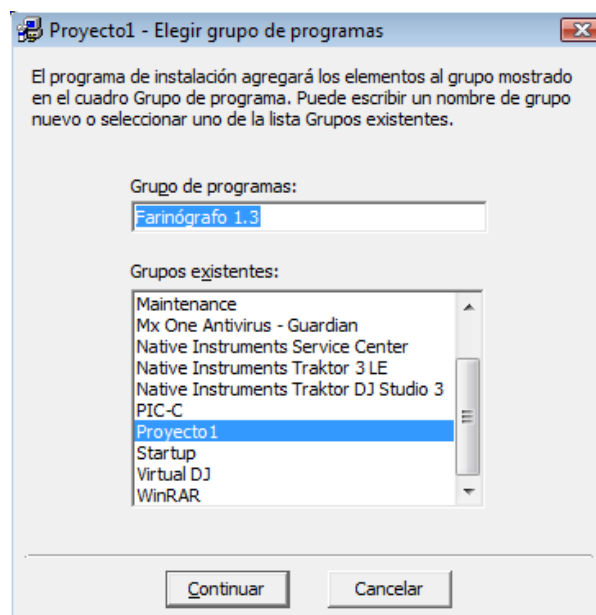
1. Para iniciar la instalación, inserte el CD-ROM en la unidad de CD-ROM de la PC y haga clic en la opción de instalación.
2. Haga clic en Aceptar. El programa de instalación se iniciará.



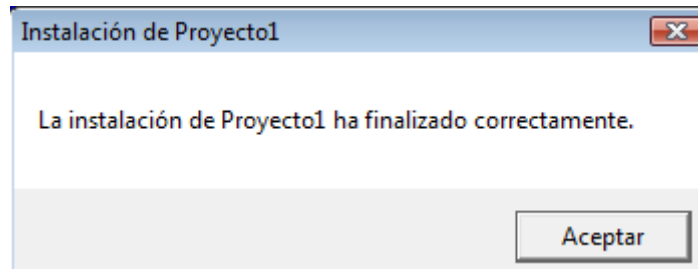
3. El programa de instalación se iniciará al dar clic en el siguiente icono.



4. En la siguiente pantalla busque el programa Farinógrafo 1.3 y de clic en el botón Continuar.



5. Haga clic en el botón Aceptar para finalizar la instalación.



5. Desinstalación del software FARINÓGRAFO 1.3.

1. Haga clic en **Inicio > Configuración > Panel de control**. Si va a utilizar Windows XP, utilice la Vista clásica de Panel de control.
2. Haga doble clic en **Agregar o quitar programas**.
3. En la lista Programas actualmente instalados, haga clic en Farinógrafo 1.3.
4. Haga clic en **Cambiar o quitar**.
5. Siga las instrucciones que aparecen en la pantalla hasta que se eliminen los archivos del programa.

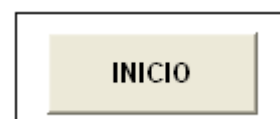
6. Descripción del Software.

6.1 Pantalla de Presentación.

Presentación de las instituciones que participaron en el desarrollo de este software.



Para iniciar el programa, presione el botón INICIO.



Para salir del programa, presione el botón SALIR.



Si al presionar INICIO aparece el siguiente mensaje:

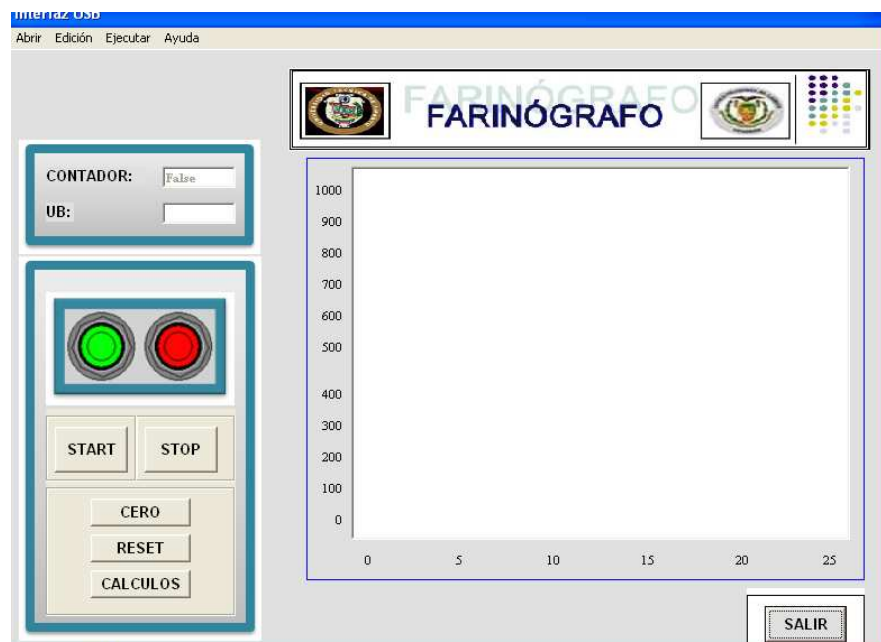


Esto se debe a las siguientes razones:

- El cable USB de la tarjeta de adquisición no está conectado a la PC
- No sé a instalado correctamente el driver del controlador para la tarjeta de adquisición (si el led rojo esta encendido), para lo cual se recomienda volver a instalar el driver en el literal 3.

6.2 Pantalla Principal.

Esta es la pantalla principal donde se realizara todo el trabajo, se presentara la grafica y se tiene todos los botones para realizar las acciones correspondientes de esta aplicación.

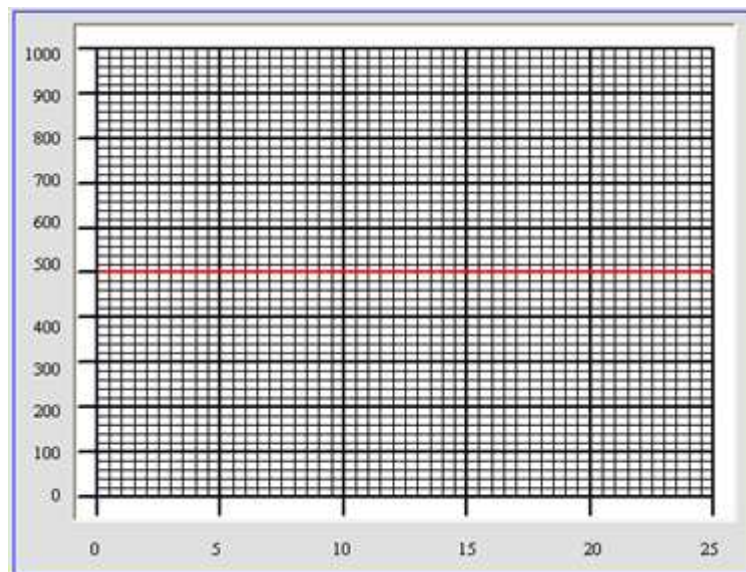






6.2.1 Elementos de la pantalla principal.



Los indicadores, los cuales muestran las unidades crudas (contador) y las unidades de ingeniería (Unidades Brabender).

CONTADOR:	<input type="text" value="False"/>
UB:	<input type="text"/>

La ventana de la gráfica, la cual muestra la reproducción de la gráfica, en el eje 'x' representa unidades de tiempo (0.5 min por subdivisión y 5 min por división) y en el eje 'y' representa Unidades Brabender.



El botón START inicia la captura de la gráfica	
El botón STOP detiene la captura de la gráfica. Pero no reinicia la grafica al principio.	
El botón de cero coloca el valor del contador en cero. Sirve como offset.	
El botón de RESET sirve para borrar la grafica y reinicia el tiempo.	

<p>El botón de CALCULOS sirve para obtener los resultados de la curva, una vez que se finaliza el gráfico. Ver la sección de cálculos.</p>	
<p>El botón SALIR sirve para abandonar el programa.</p>	

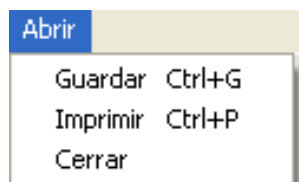
6.2.2 Barra De Herramientas

La Barra de Herramientas consta de los siguientes menús:

Abrir Edición Ejecutar Ayuda

6.2.2.1 Menú Abrir.

El menú abrir consta de las siguientes opciones:



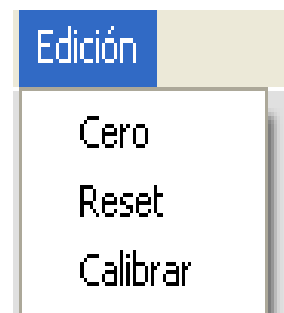
Guardar: Guarda la gráfica en una imagen BNG en el disco C

Cerrar: Sale del programa.

6.2.2.2 Menú Edición.

El menú edición consta de las siguientes opciones:

Cero y Reset

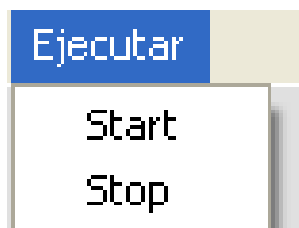


tienen las mismas funciones que los botones en la pantalla principal.

Calibrar sirve para ajustar los valores de las unidades crudas a las unidades de ingeniería.

6.2.2.3 Menú Ejecutar.

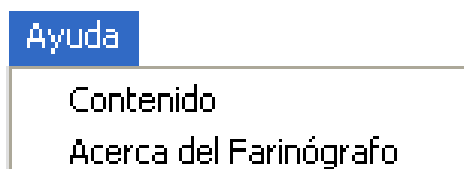
El Menú Ejecutar consta de las siguientes opciones:



Start y Stop tienen la misma función que los botones de la pantalla principal.

6.2.2.4 Menú Ayuda

El Menú Ayuda consta de las siguientes opciones:



Contenido abre el archivo del presente manual de usuario

Acerca del Farinógrafo abre la siguiente ventana:



6.3 Pantalla de Cálculos.

Al presionar el botón de cálculos aparece la siguiente ventana con los cálculos correspondientes, siempre y cuando se haya recorrido la grafica un tiempo de más de 15 min.

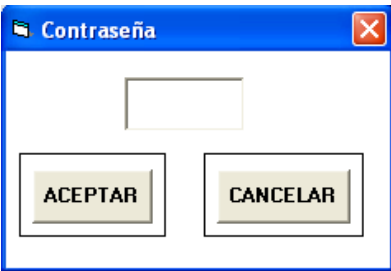
Si la grafica obtenida no cumple con los parámetros de una gráfica del Farinógrafo, los cálculos obtenidos serán incorrectos.



The screenshot shows a software window titled "Calculos". The window has a blue title bar with standard Windows window controls (minimize, maximize, close). Below the title bar, there is a header area containing the FARINÓGRAFO logo and two circular icons. The main content area is titled "Calculos" and contains three input fields with labels: "Tiempo de Desarrollo" (Min), "Tiempo de Estabilidad" (Min), and "Indice de Tolerancia" (UB). At the bottom of the window, there are two buttons: "SALIR" and "GUARDAR".

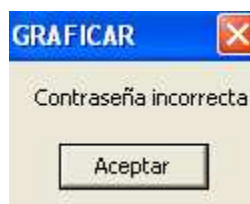
6.4 Pantalla de la contraseña.

En la siguiente ventana nos pedirá la contraseña, la contraseña se encuentra en el CD de instalación, se recomienda no usar esta opción si no se conoce la forma correcta de calibrar el equipo.



The screenshot shows a software window titled "Contraseña". The window has a blue title bar with standard Windows window controls (minimize, maximize, close). Below the title bar, there is a single input field for the password. At the bottom of the window, there are two buttons: "ACEPTAR" and "CANCELAR".

Si la contraseña no es correcta aparece el siguiente mensaje.

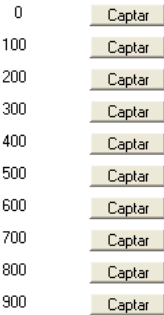
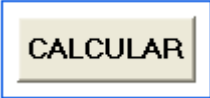





6.5 Pantalla de Calibración.



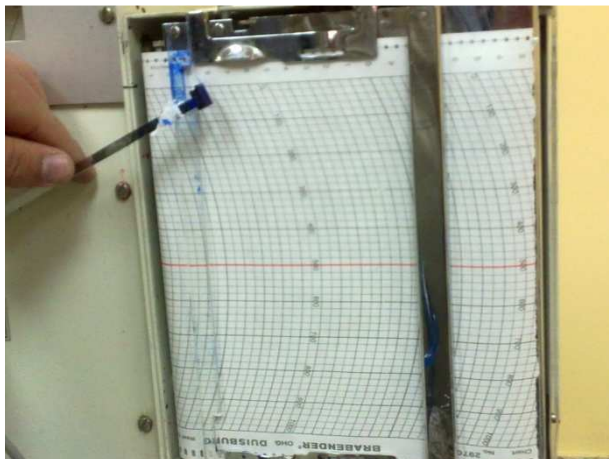
6.5.1 Elementos de la Ventana de Calibración.

<p>Indicadores de las unidades crudas (contador) y las unidades de Ingeniería (UB).</p>	<p>CONTADOR: <input type="text" value="False"/></p> <p>UB: <input type="text" value="0"/></p>
---	---

<p>Los siguientes botones sirven para capturar los valores en unidades crudas de los respectivos valores en UB</p>	
<p>El botón CALCULAR sirve para calcular los valores de a y b para la ecuación lineal de adaptación a la curva.</p>	
<p>GUARDAR, acepta los cambios en la calibración y la almacena para el uso posterior del equipo.</p>	
<p>POR DEFECTO, vuelve a los valores por defecto de las constantes de calibración de las rectas, los aplica y los guarda.</p>	
<p>SALIR sale de la ventana de calibración.</p>	

7. Como utilizar el software Farinógrafo 1.3

1. Haga clic en **Inicio > Todos los programas > Farinógrafo 1.3.**
2. En la pantalla de presentación damos clic en **Inicio.**
3. En la pantalla principal damos clic en el botón **START.**
4. En el equipo colocamos el registrador del farinógrafo en cero y damos clic en **CERO.**



5. Una vez colocada la harina presione los botones **START** del farinógrafo; antes de agregar el agua en el programa damos clic en el botón **RESET** para comenzar el proceso y luego procedemos a agregar el agua.

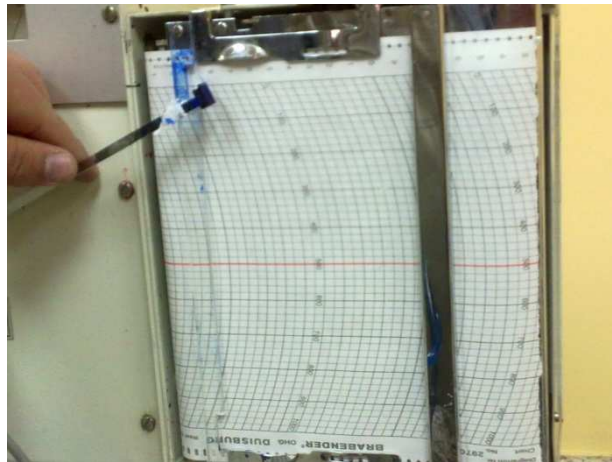


6. Transcurrido 20 minutos haga clic en el botón **STOP** del programa y luego proceda a parar el proceso del Farinógrafo.
7. La gráfica obtenida debe ser guardada, para lo cuál en el programa principal haga clic en **Abrir > Guardar**, la gráfica se guardara en la unidad C.
8. Una vez guardada la gráfica haga clic en **CALCULOS**, en la pantalla Cálculos nos presentaran los siguientes cálculos: Tiempo de desarrollo, Índice de Tolerancia y Tiempo de Estabilidad; haga clic en **GUARDAR**. Los cálculos se guardaran en un archivo de EXCEL en la unidad C.
9. Haga clic en **SALIR** para salir del programa.

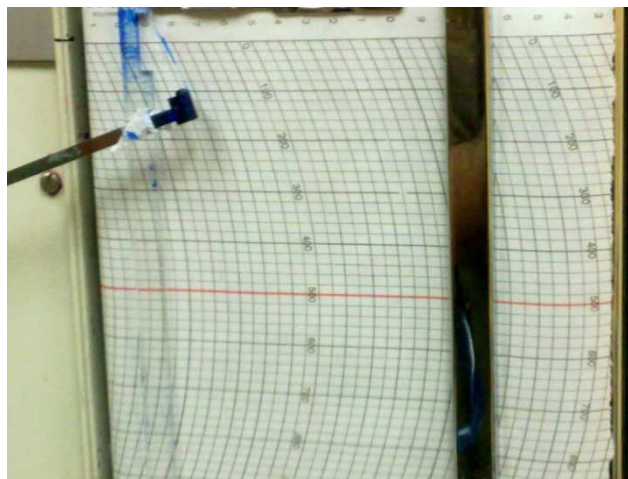
8. Pasos para realizar la calibración del equipo.

1. En la pantalla de presentación damos clic en **Inicio**.

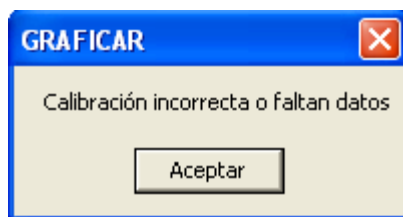
2. En la pantalla principal damos clic en el botón **START**.
3. En el equipo colocamos el registrador del farinógrafo en cero y damos clic en **CERO**.



4. En la pantalla de presentación del programa damos clic en **Edición > Calibrar**.
5. En la siguiente ventana ingrese la clave y haga clic en el botón **ACEPTAR**.
6. Coloque el registrador del Farinógrafo en 0, en la pantalla de Calibración hay que tomar en cuenta que el valor del **Contador** y **UB** deben estar en 0; una vez realizado esto; en 0 haga clic en **Captar** para guardar ese valor en el programa. Luego coloque el registrador del Farinógrafo en 100 y en la pantalla en 100 haga clic en **Captar**, de igual manera realice el mismo procedimiento para 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 y 900.



7. Una vez captados todos los valores haga clic en **Calcular**. Si aparece la siguiente pantalla revise que el valor de unidades crudas en cero esté en cero y que todos los valores estén capturados correctamente.



8. Haga clic en el botón **Guardar**. Dichos valores se guardaran en una hoja de cálculo en la unidad C y al mismo tiempo en el programa.
9. Haga clic en **SALIR**.

ANEXO 6: DATASHEET PIC 18F2550.



MICROCHIP

PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin High-Performance, Enhanced Flash USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant S/E
- Low-speed (1.5 Mb/s) and full-speed (12 Mb/s)
- Supports control, interrupt, isochronous and bulk transfers
- Supports up to 32 endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte dual access RAM for USB
- On-board USB transceiver with on-chip voltage regulator
- Interface for off-chip USB transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 μ A typical
- Sleep current down to 0.1 μ A typical
- Timer1 oscillator: 1.1 μ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Five Crystal modes, including High-Precision PLL for USB
- Two External RC modes, up to 4 MHz
- Two External Clock modes, up to 40 MHz
- Internal oscillator block:
 - 8 user selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User tunable to compensate for frequency drift
- Secondary oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High current sink/source: 25 mA/25 mA
- Three external interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns (TCY/16)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (TCY)
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead-time
 - Auto-Shutdown and Auto-Restart
- Addressable USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI™ (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channels Analog-to-Digital Converter module (A/D) with programmable acquisition time
- Dual analog comparators with input multiplexing

Special Microcontroller Features:

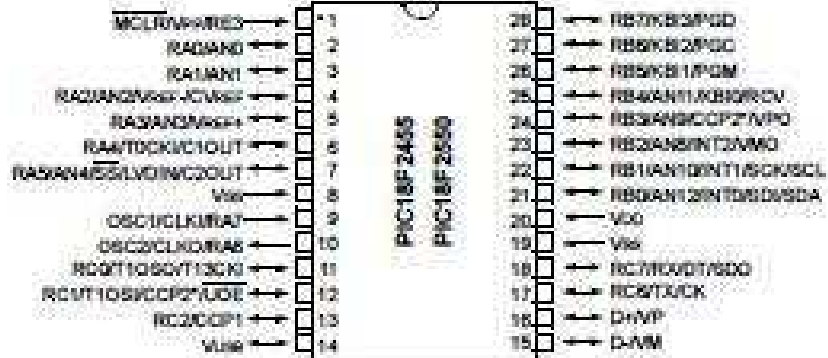
- C compiler optimized architecture with optional extended instruction set
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle data EEPROM memory typical
- Flash/data EEPROM retention: > 40 years
- Self-programmable under software control
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	SPP	MSSP		USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	FLASH (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

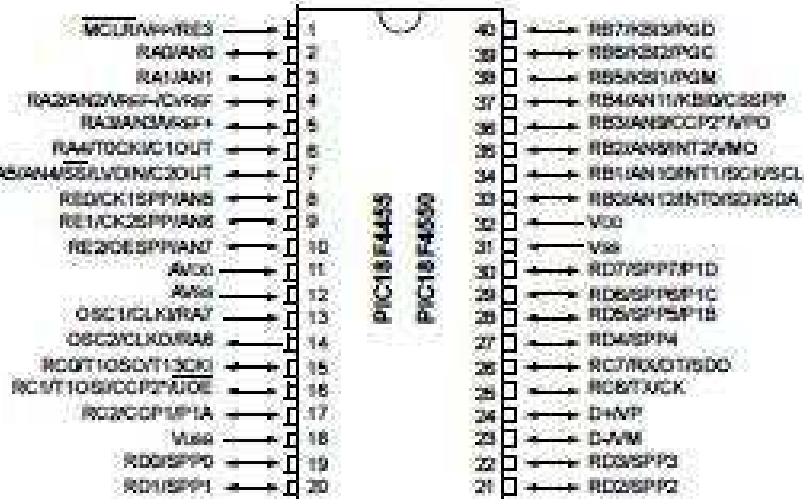
PIC18F2455/2550/4455/4550

Pin Diagrams

26-Pin SDIP, SOIC



40-Pin PDIP

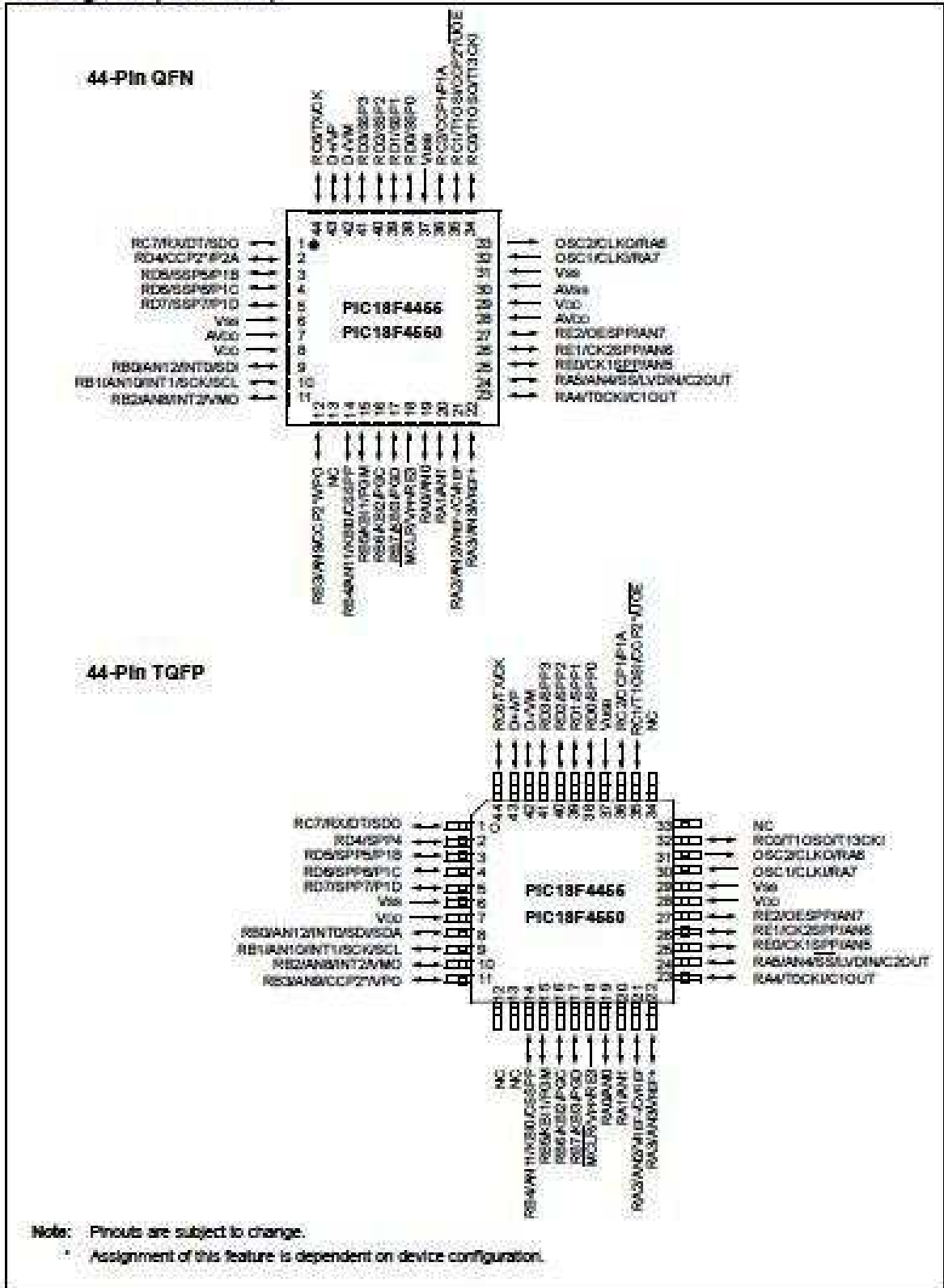


Note: Pinouts are subject to change.

* Assignment of this feature is dependent on device configuration.

PIC18F2455/2550/4455/4550

Pin Diagrams (Continued)



Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, dsPIC, KooLoz, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO-MATE and PowerSmart are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

FilterLab, microID, N0DEV, MXLAB, PICMASTER, SEEVAL and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Accuron, Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM.net, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, microPort, Migrateable Memory, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, PICC, PICKit, PICDEM, PICDEM.net, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, rLAB, rPIC, Select Mode, SmartSensor, SmartShunt, SmartTel and Total Endurance are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

Serialized Quick Turn Programming (SQTP) is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2003, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.



Microchip received QS-9000 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona in July 1998 and Mountain View, California in March 2002. The Company's quality system processes and procedures are QS-9000 compliant for its PICmicro® 8-bit MCUs, KooLoz® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, non-volatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001 certified.



MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin High-Performance, Enhanced Flash USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant S/E
- Low-speed (1.5 Mb/s) and full-speed (12 Mb/s)
- Supports control, interrupt, isochronous and bulk transfers
- Supports up to 32 endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte dual access RAM for USB
- On-board USB transceiver with on-chip voltage regulator
- Interface for off-chip USB transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 μ A typical
- Sleep current down to 0.1 μ A typical
- Timer1 oscillator: 1.1 μ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Five Crystal modes, including High-Precision PLL for USB
- Two External RC modes, up to 4 MHz
- Two External Clock modes, up to 40 MHz
- Internal oscillator block:
 - 8 user selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User tunable to compensate for frequency drift
- Secondary oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High current sink/source: 25 mA/25 mA
- Three external interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns (TCY/16)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (TCY)
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead-time
 - Auto-Shutdown and Auto-Restart
- Addressable USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI™ (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channels Analog-to-Digital Converter module (A/D) with programmable acquisition time
- Dual analog comparators with input multiplexing

Special Microcontroller Features:

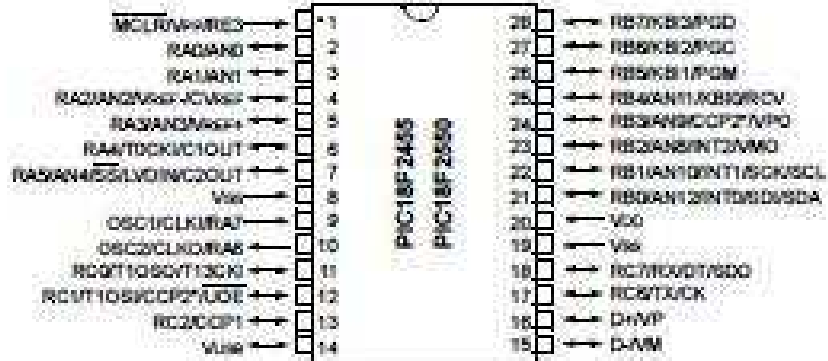
- C compiler optimized architecture with optional extended instruction set
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle data EEPROM memory typical
- Flash/data EEPROM retention: > 40 years
- Self-programmable under software control
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	SPP	MSSP		USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	FLASH (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C			
PIC18F2455	34K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	34K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

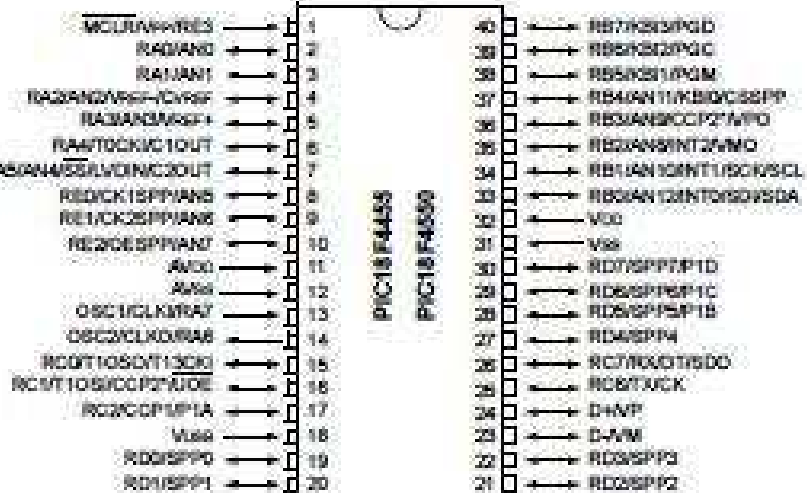
PIC18F2455/2550/4455/4550

Pin Diagrams

28-Pin SDIP, SOIC



40-Pin PDIP

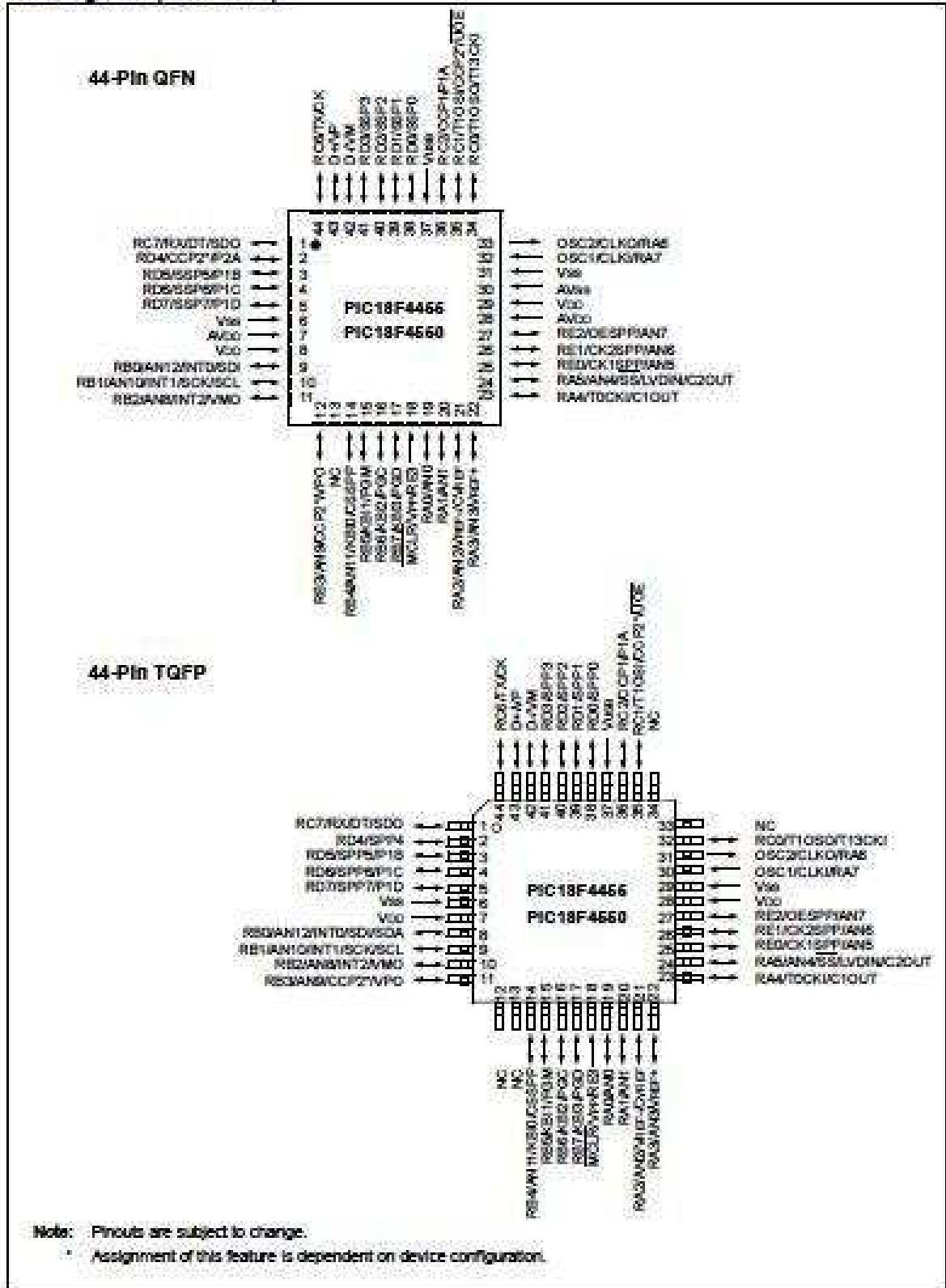


Note: Pinouts are subject to change.

* Assignment of this feature is dependent on device configuration.

PIC18F2455/2550/4455/4550

Pin Diagrams (Continued)



Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, dsPIC, KooLoz, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO-MATE and PowerSmart are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

FilterLab, microID, N0DEV, MXLAB, PICMASTER, SEEVAL and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Accuron, Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM.net, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, microPort, Movable Memory, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, PICC, PICKit, PICDEM, PICDEM.net, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, rLAB, rPIC, Select Mode, SmartSensor, SmartShunt, SmartTel and Total Endurance are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

Serialized Quick Turn Programming (SQTP) is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2003, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.



Microchip received QS-9000 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona in July 1998 and Mountain View, California in March 2002. The Company's quality system processes and procedures are QS-9000 compliant for its PICmicro® 8-bit MCUs, KooLoz® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, non-volatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001 certified.

BIBLIOGRAFIA

- Manual de Usuario del Farinógrafo BRABENDER, Serie #182510, Tipo 810144.
- Manual de Usuario del Extensómetro BRABENDER, Tipo 860000.
- Instrumentación y Sistemas De Control. Ing. Hugo R. Ortiz T. Ed.1998
- Microcontroladores, <http://www.olimex.cl/tutorial/tutorial1.pdf>, 01 de mayo del 2010.
- Sistema de Adquisición de Datos de Sensores Analógicos y Digitales, <http://www.google.com.ec/search?hl=es&q=sistemadquisicion.pdf&aq=f&aqi=&aql=&oq=> ,16 de Mayo del 2010.
- Encoder Incremental, <http://bc.inter.edu/facultad/arincon/encoderIncrementales.pdf>, 04 de Mayo del 2010.

GLOSARIO

Acceso directo a memoria (DMA, del inglés Direct Memory Access): permite a cierto tipo de componentes de ordenador acceder a la memoria del sistema para leer o escribir independientemente de la CPU principal. Muchos sistemas hardware utilizan DMA, incluyendo controladores de unidades de disco, tarjetas gráficas y tarjetas de sonido. DMA es una característica esencial en todos los ordenadores modernos, ya que permite a dispositivos de diferentes velocidades comunicarse sin someter a la CPU a una carga masiva de interrupciones.

Ácido ascórbico: El ácido ascórbico, conocido con el nombre de "Vitamina C", utilizado como aditivo alimentario, evita que se estropeen las conservas de productos alimenticios. Por lo tanto, el ácido ascórbico se utiliza en grandes cantidades como antioxidante (E 300). El ácido ascórbico sirve además para la estandarización y mejora de la harina, aumenta la retención de gas y la estabilidad de la masa. Por medio de las enzimas propias de la harina, en esta aplicación actúa como un antioxidante.

Ancho de banda: mide la velocidad a la cuál los datos son enviados a través del bus, regularmente en mega bytes por segundo, o MB/s. Un mayor ancho de banda es importante para aplicaciones donde se trabaja con señales complejas o señales de RF.

Bus I2C: es un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos con cierto nivel de "inteligencia", sólo requiere de dos líneas de señal y un común o masa. Fue diseñado a este efecto por Philips y

permite el intercambio de información entre muchos dispositivos a una velocidad aceptable, de unos 100 Kbits por segundo, aunque hay casos especiales en los que el reloj llega hasta los 3,4 MHz.

La metodología de comunicación de datos del bus I2C es en serie y sincrónica. Una de las señales del bus marca el tiempo (pulsos de reloj) y la otra se utiliza para intercambiar datos.

Can-Bus: es un protocolo de comunicación en serie desarrollado por Bosch para el intercambio de información entre unidades de control electrónicas del automóvil.

Can significa Controller Area Network (Red de área de control) y Bus, en informática, se entiende como un elemento que permite transportar una gran cantidad de información.

Este sistema permite compartir una gran cantidad de información entre las unidades de control abonadas al sistema, lo que provoca una reducción importante tanto del número de sensores utilizados como de la cantidad de cables que componen la instalación eléctrica.

De esta forma aumentan considerablemente las funciones presentes en los sistemas del automóvil donde se emplea el Can-Bus sin aumentar los costes, además de que estas funciones pueden estar repartidas entre dichas unidades de control.

Código sin retorno a cero invertido NRZI: Las señales NRZI mantienen niveles de tensión constantes sin transiciones de señal (sin retorno a un nivel de tensión cero) pero interpretan la presencia de datos al comienzo de un intervalo de bit como una transición de señal y la ausencia de datos como sino tuviera una transición.

Colimador: es por definición, un instrumento de precisión para una tarea especial. El objetivo de la colimación es hacer que el eje óptico de cada lente o espejo coincida con el rayo central del sistema, un láser colimador debe lograr un haz así. La unidad debe ser ligera y robusta y estar hecha con precisión para acoplarse a los tubos estándar. Debe crear un punto pequeño y muy visible, de día o de noche, a distancias encontradas generalmente en el camino de un telescopio. Además, el haz no debe salirse del eje o transformarse en un parche difuso de luz con los cambios de temperatura, como puede suceder con algunos diodos láser.

Enzima: Las enzimas son proteínas cuya forma y propiedades físicoquímicas permiten enlazar por breve tiempo determinadas sustancias ("sustratos"). De este modo, se fomentan ("catalizan") reacciones muy específicas de estos sustratos (descomposición, transformación o decantación), para las que de lo contrario sería necesario suministrar energía o mucho tiempo.

Extensograma: Con un extensograma se determina la capacidad de dilatación de una masa de harina de trigo. Mediante la evaluación del diagrama según la dilatabilidad y la resistencia a la dilatación pueden sacarse conclusiones sobre el comportamiento de la masa al cocerse y durante el proceso de panificación.

Farinograma: El farinograma mide la resistencia al amasado de las masas de trigo. De este modo, puede determinarse la capacidad de absorción de agua de la harina. Además, permite sacar conclusiones sobre el tiempo de desarrollo de la masa para el tiempo de amasado óptimo, la estabilidad de la masa al amasar, así como el ablandamiento de la masa cuando existe un sobreamasado.

Gluten: El gluten se puede obtener a partir de la harina de trigo, centeno, avena y cebada, lavando el almidón. Para ello se forma una masa de harina y agua, que

luego se lava con agua hasta que el agua sale limpia. Para usos químicos (no alimentarios) es preferible usar una solución salina. El producto resultante tendrá una textura pegajosa y fibrosa, parecida a la del chicle.

Gramíneas o poáceas: son una familia de plantas herbáceas, o muy raramente leñosas, perteneciente al orden Poales de las monocotiledóneas (Liliopsida). Con más de 670 géneros y cerca de 10.000 especies descritas, las gramíneas son la cuarta familia con mayor riqueza de especies luego de las compuestas, las orquídeas y las leguminosas; pero, definitivamente, es la primera en importancia económica global. De hecho, la mayor parte de la dieta de los seres humanos proviene de las gramíneas, tanto en forma directa (granos de cereales y sus derivados, como harinas y aceites) o indirecta (carne, leche y huevos que provienen del ganado y las aves de corral que se alimentan de pastos o granos).

Harinas preparadas: Las harinas preparadas, además de harina contienen otros componentes que se mezclan de acuerdo con una fórmula para fabricar un determinado producto panificado. Así, por ejemplo, se añaden a las harinas azúcar en forma de glucosa y lactosa, leche y suero de leche en polvo, así como grasa. Con las harinas preparadas pueden panificarse especialidades, aunque el panadero no haya recibido formación especial para ello.

Herencia (informática): En orientación a objetos la herencia es el mecanismo fundamental para implementar la reutilización y extensibilidad del software. A través de ella los diseñadores pueden construir nuevas clases partiendo de una jerarquía de clases ya existente (comprobadas y verificadas) evitando con ello el rediseño, la modificación y verificación de la parte ya implementada. La herencia facilita la creación de objetos a partir de otros ya existentes, obteniendo características (métodos y atributos) similares a los ya existentes.

Latencia: mide el retraso en la transmisión de datos a través del bus. Una menor latencia introducirá menos tiempo de retraso entre los datos que son transmitidos desde un extremo de comunicación hasta que son procesados en el otro extremo.

Parafina: Sustancia sólida, blanca cuando es pura y fácilmente fusible, compuesta por una serie de hidrocarburos y derivada de la destilación de petróleo crudo. Tiene múltiples usos, como la fabricación de bujías y velas, la impermeabilización de papel o madera, en cosmética, etc. (parafina).

Polimorfismo: se refiere a la capacidad para que varias clases derivadas de una antecesora utilicen un mismo método de forma diferente.

Por ejemplo, podemos crear dos clases distintas: Pez y Ave que heredan de la superclase Animal. La clase Animal tiene el método abstracto mover que se implementa de forma distinta en cada una de las subclases (peces y aves se mueven de forma distinta).

Proteasas: Las proteasas son enzimas que disocian albúmina. Destruyen las cadenas de aminoácidos y disocian de este modo proteínas en unidades más pequeñas. En las masas de trigo producen el ablandamiento de las mismas. Para diferentes productos panificados (p. ej., galletas o crackers) esto es conveniente y necesario para que las porciones de masa no se contraigan al desmoldearse o panificarse.

Transductor: es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra de diferente a la salida. El nombre del transductor ya nos indica cual es la transformación que realiza, aunque no necesariamente la dirección de la misma. Es un dispositivo usado principalmente en la industria, en la medicina, en la agricultura, en robótica, en aeronáutica, etc. para obtener la información de entornos físicos y químicos y conseguir (a partir de

esta información) señales o impulsos eléctricos o viceversa. Los transductores siempre consumen algo de energía por lo que la señal medida resulta debilitada.

Fecha de Entrega:

María Macas Guanoquiza.

AUTOR

Daniel Alvarez Robalino.

AUTOR

Ing. Victor Proaño.

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**