

AUTOMATIZACIÓN DE UN TENSILOMETRO DIGITAL DE SUTURAS
QUIRÚRGICAS.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Grupo de Investigación de bioingeniería, señales y microelectrónica

AUTORES

Angel Mauricio Rincón Mejía
Freddy Alejandro Peña Peña

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA
2008

AUTOMATIZACIÓN DE UN TENSILOMETRO DIGITAL DE SUTURAS
QUIRÚRGICAS.

Angel Mauricio Rincón Mejía
Freddy Alejandro Peña Peña

Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Electrónico.

DIRECTORA

Claudia Leonor Rueda Guzmán
Ingeniera Electrónica Msc. Informática

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA
2008

“El poder del hombre es ilimitado
cuando no está sujeto a la pereza,
y cuando confía en el feliz resultado
de lo que quiere con todas sus fuerzas...”

A El, que desde cielo nos ha apoyado y del cual a sido participe fundamental de este
hermoso logro.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres

Que nunca nos dejaron de apoyar, y a los cuales les agradecemos por esa gran semilla de valores e integridad que depositaron en nosotros que ahora demuestra sus grandes frutos.

Fundación Cardiovascular de Colombia

Por el apoyo y la confianza en el desarrollo de este proyecto.

*Doctora Lina Marcela Chaparro García
Gerente de FCV Productos Hospitalarios*

Por darnos la oportunidad de desarrollar un proyecto tan importante para el mejoramiento de la calidad de las suturas producidas en la FCV Productos Hospitalarios.

*Oscar Eduardo Rueda, Sandra, Diego, jefes de producción y calidad de
FCV Productos Hospitalarios*

Quienes fueron grandes colaboradores de nuestra labor.

*Ingeniera Claudia Rueda
Directora del proyecto*

Por su entereza, disponibilidad y quien nos colaboro y nos aconsejo con mejores ideas que llevaron a cabo el desarrollo de este proyecto.

Amigos y compañeros de pregrado

Por sus grandes aportes, la confianza y el respeto obtenido.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1 Estructura del documento	2
1.1 Marco Teórico y Estado del Arte	2
1.1.1 Suturas Quirurgicas	2
1.1.2 Breve historia de las suturas	3
1.1.3 Clases de material de hilos de suturas	4
1.1.3.1 Monofilamento	4
1.1.3.2 Multifilamento.....	4
1.1.3.3 Absorbibles.....	5
1.1.3.4 No Absorbibles.....	6
1.1.3.5 Suturas organicas.....	6
1.1.3.6 Sinteticas.....	6
1.1.3.7 Suturas no absorbibles naturales.....	7
1.1.3.8 Suturas no absorbibles sinteticas	7
1.1.4 Agujas quirurgicas.....	8
1.1.4.1 Union con el hilo	9
1.1.4.2 Forma.....	9
1.1.4.3 Seccion	11
1.2 Sistemas de medicion de fuerza y distancia	15
1.2.1 Sensor de fuerza o galga extensometrica.....	15
1.2.1.1 Ventajas y desventajas.....	16
1.2.1.2 Usos.....	16
1.2.2 Sensor de distancia	17
1.2.2.1 Sensores de distancia sin contacto.....	17
1.2.2.1.1 Sensores inductivos y fotoelectricos	17
1.2.2.1.2 Sensor reflexivo Sharp	19
1.2.2.2 Sensores de distancia de contacto.....	21
1.2.2.2.1 Transductor extension de cable	21
1.3 Estructura del documento	24
1.3.1 Planteamiento	24
1.3.2 Objetivo general	24
1.3.3 Objetivos especificos.....	24
1.3.4 Justificación	25
2 DESARROLLO DEL PROYECTO.....	26
2.1 Estudio del tensilometro digital V1000	26
2.1.1 Caracteristicas del tensilometro V1000.....	26
2.2 Selección y funcionamiento de los dispositivos electronicos.....	27
2.2.1 Sensor Celesco SP2-12.....	27
2.2.2 Sensor Omega LC101-25.	28
2.2.3 Tarjeta USB	31
2.2.3.1 Instalacion de la tarjeta USB.	32
2.2.4 Finales de carrera VK15.....	39
2.2.5 Tarjeta V1000.....	40
2.2.6 Hardware de la tarjeta V1000.....	40

2.2.6.1	Hardware de control.	41
2.2.6.1.1	Modulo de funcionamiento del PIC 18F452.	41
2.2.6.1.2	Modulo de alimentacion.	42
2.2.6.1.3	Modulo de programacion	42
2.2.6.1.4	Modulo de transmision.	43
2.2.6.1.5	Modulo de posicion	44
2.2.6.1.6	Modulo de fuerza	45
2.2.6.1.6.1	Modulo de amplificador de instrumentacion.....	45
2.2.6.1.7	Modulo de motor.....	49
2.2.6.2	Hardware de potencia.	49
2.3	Software tensilometro V1000.....	50
2.3.1	Software de microcontrolador	52
2.3.1.1	Configuraciones.....	53
2.3.1.1.1	Configuración de puertos y registros.....	53
2.3.1.1.2	Configuración de interrupciones	55
2.3.1.1.3	Configuración de condiciones iniciales.....	56
2.3.1.2	Interrupciones	57
2.3.1.2.1	Interrupcion A/D.....	58
2.3.1.2.2	Interrupcion escritura USART.....	59
2.3.1.2.3	Interrupcion por desbordamiento del TMR0	63
2.3.2	Software LabVIEW	65
2.3.2.1	Inicio.....	66
2.3.2.2	Crear	70
2.3.2.2.1	Imprimir.....	75
2.3.2.2.2	Con PROTOCOLO 1.....	77
2.3.2.2.3	Con PROTOCOLO 1_ESCRB	78
3	RESULTADOS	80
3.1	Prueba	80
3.1.1	Prueba de diametros.....	81
3.1.1.1	Imprimir resultados.....	82
3.1.1.2	Guardar y salir de una prueba.....	83
3.1.2	Prueba de tension y distancia.....	83
3.2	Cuidados y mantenimientos.....	92
4	CONCLUSIONES.....	93
5	BIBLIOGRAFIA	94
	ANEXOS.....	95

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Clases de agujas rectas	9
Figura 2	Clases de agujas curvas	10
Figura 3	Clases de agujas especiales	10
Figura 4	Clases de agujas cilíndricas	11
Figura 5	Aguja tipo roma.....	12
Figura 6	Clases de agujas circulo triangular	12
Figura 7	Aguja Espatulada	13
Figura 8	Doble aguja circulo cilíndrica punta trocar	13
Figura 9	Doble aguja 3/8 circulo cilíndrica punta trocar.....	14
Figura 10	Diagrama eléctrico de la galga.....	15
Figura 11	Celda de carga tipo S	16
Figura 12	Sensores inductivos	18
Figura 13	Sensor ultrasónico	18
Figura 14	Sensores reflexivos Sharp	20
Figura 15	Funcionamiento Sensor Sharp	20
Figura 16	Conexión Sensor GP2D02.....	21
Figura 17	Transductor de posición lineal	22
Figura 18	Señal de salida de un transductor de posición SP2 de Celesco Inc.....	23
Figura 19	Tensilómetro digital parte mecánica.....	26
Figura 20	Sensor Celesco SP2-12.....	27
Figura 21	Conexión eléctrica Sensor Celesco SP2-12.....	28
Figura 22	Sensor Omega LC 101-25	29
Figura 23	Conexión Sensor Omega LC101-25.....	30
Figura 24	Tarjeta USB	31
Figura 25	Conectores tarjeta USB	31
Figura 26	Integrado FT232BM	32
Figura 27	Instalación 1	33
Figura 28	Instalación 2.....	34
Figura 29	Instalación 3	34
Figura 30	Instalación 4	35
Figura 31	Instalación 5	35
Figura 32	Instalación 6	36
Figura 33	Instalación 7	36
Figura 34	Instalación 8.....	37
Figura 35	Instalación 9.....	37
Figura 36	Instalación 10.....	38
Figura 37	Instalación 11.....	38
Figura 38	Final de carrera	39
Figura 39	Conectores del final de carrera.....	39
Figura 40	Tarjeta V1000.....	40
Figura 41	Modulo del funcionamiento del PIC 18f452.....	41
Figura 42	Modulo de alimentación.....	42
Figura 43	Modulo de programación.....	43

Figura 44	Modulo de transmisión.....	44
Figura 45	Modulo de posición.....	44
Figura 46	Modulo de fuerza.....	45
Figura 47	Amplificador de instrumentación.....	46
Figura 48	Configuración amplificador 2.....	47
Figura 49	Configuración amplificador 1.....	47
Figura 50	Modulo del motor.....	49
Figura 51	Hardware potencia.....	50
Figura 52	Diagrama de Flujo General.....	51
Figura 53	Diagrama de Flujo Correspondiente al Microcontrolador.....	52
Figura 54	Diagrama de Flujo Interrupciones.....	57
Figura 55	Diagrama de Flujo del Proceso de Descifra.....	63
Figura 56	Diagrama de Flujo de la alarma.....	64
Figura 57	Diagrama de Flujo del programa desarrollado en LabVIEW.....	65
Figura 58	Inicialización 1.....	67
Figura 59	Llamado del SubVI DIAMETROS.....	68
Figura 60	Comparación de registros 1.....	68
Figura 61	SubVI CREAR.....	69
Figura 62	Inicialización 2.....	70
Figura 63	Revisión de prueba.....	71
Figura 64	SubVI IMPRIMIR.....	71
Figura 65	Comunicación.....	72
Figura 66	Variables a cero.....	73
Figura 67	Ajuste de sutura.....	74
Figura 68	Almacenar.....	75
Figura 69	Imprimir.....	76
Figura 70	CON PROTOCOLO 1.....	77
Figura 71	Decodificación.....	78
Figura 72	CON PROTOCOLO 1 ESCRIB.....	78
Figura 73	Protocolo.....	79
Figura 74	Acceso.....	80
Figura 75	Prueba de diámetros.....	81
Figura 76	Prueba de diámetros 1.....	81
Figura 77	Prueba de diámetros 2.....	82
Figura 78	Prueba de tensión y distancia.....	83
Figura 79	Prueba de tensión y distancia 1.....	84
Figura 80	Prueba de tensión y distancia 2.....	84
Figura 81	Prueba de tensión y distancia 3.....	85
Figura 82	Prueba de tensión y distancia 4.....	86
Figura 83	Controles.....	87
Figura 84	Prueba de tensión y distancia 5.....	88
Figura 85	Prueba de tensión y distancia 6.....	89
Figura 86	Prueba de tensión y distancia 8.....	89
Figura 87	Prueba de tensión y distancia 9.....	90
Figura 88	Prueba de tensión y distancia 10.....	90
Figura 89	Imprimir.....	91
Figura 90	Paro de emergencia.....	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Determinación del calibre de las suturas.....	4
Tabla 2. Clasificación de la fuerza tensil en las suturas quirúrgicas.....	5
Tabla 3. Tipos de Sensores Sharp.....	21
Tabla 4. Sensores Omega.....	29
Tabla 5. Protocolo de transmisión y/o recepción.....	61

INDICE DE FORMULAS

Formula 1. Voltaje de salida.....	46
Formula 2. Voltaje de salida1.....	47
Formula 3. Resultado voltaje de salida.....	48
Formula 4. Voltaje de salida final.....	48

INDICE DE ANEXOS

Anexo A.	Circuito Esquemático de Control.....	96
Anexo B.	Circuito Esquemático de Potencia.....	98

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: AUTOMATIZACION DE UN TENSILOMETRO DIGITAL DE SUTURAS QUIRURGICAS

AUTOR(ES): Freddy Alejandro Peña Peña
Angel Mauricio Rincón Mejía

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR(A): Claudia Leonor Rueda Guzmán

RESUMEN

Este artículo plantea el desarrollo de la automatización de un Tensilómetro, el cual es el encargado de realizar la prueba de calidad de las suturas quirúrgicas y unión hilo-aguja, teniendo como guía para su buena condición la elongación de las suturas y revisando la fuerza a la cual la sutura pueda resistir hasta el punto de ceder y reventarse, realizando la medición directa de la fuerza ejercida sobre ella y la medida de la elongación de dicha sutura. De este modo se brinda al operario un sistema controlado desde un computador junto con un modulo electrónico capaz de operar el Tensilómetro, adquiriendo información y enviando la misma, del estado de una prueba sobre las suturas quirúrgicas a un software diseñado para la operación y recolección de pruebas del Tensilómetro, proporcionando una manera mas optima de realizar las pruebas de calidad de suturas quirúrgicas y la de un mejor uso al Tensilómetro, ampliando el rango de medida de la fuerza en las suturas quirúrgicas que la anterior.

PALABRAS CLAVES: Automatización, Tensilómetro, suturas, galga, PIC18F452.

V°B°DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO:

GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

TITLE: AUTOMATIZACION DE UN TENSILOMETRO DIGITAL DE SUTURAS QUIRURGICAS

AUTHORS: Freddy Alejandro Peña Peña
Angel Mauricio Rincón Mejía

FACULTY: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR: Claudia Leonor Rueda Guzmán

SUMMARY

This article raises the development of the automation of a Tensilómetro, which is the manager of realizing the quality test of the surgical sutures and union thread - needle, taking as guide for its good condition the elongation of the sutures and checking the force to which the suture can resist up to the point of yielding and to burst, realizing the direct measurement of the force exercised on it and the measurement of the elongation of that sutures. Of this way offer to the workman a system controlled from a computer together with an electronic module capable of operating the tensilometro on, acquiring information and sending the same one, of the state of a test on the surgical sutures to a software designed for the operation and compilation of tests of the tensilometro, providing a way more ideal of realizing the qualities tests of sutures quirugicas and that of it better use the tensilometro, extending the range of measurement of the force in the surgical sutures that the previous one.

KEYWORDS: Automation, Tensilómetro, sutures, galga, PIC18F452.

V°B°DIRECTOR OF WORK OF DEGREE:

INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el desarrollo de la automatización sobre un proceso productivo dentro de la industria de los productos hospitalarios, haciendo énfasis sobre la última etapa de las pruebas de rigor y de calidad en las suturas quirúrgicas.

La arquitectura de la automatización, en este caso para un Tensilómetro, brinda una solución y una visión más amplia de lo que puede ayudar este valor agregado a una empresa como Productos Hospitalarios FCV, ya que proveerá al área de producción de la compañía un proceso de calidad, basándose en la medición directa sobre los parámetros de fuerza y elongación aplicados en pruebas de calidad en suturas quirúrgicas.

Al incluir un sistema automatizado en un proceso de la producción donde se acostumbraba a contar con paradas de mantenimiento y errores en las tomas de datos entre otros factores que representan tiempo productivo perdido, se logrará que en el proceso de calidad disminuya el margen de descalibración en las pruebas de suturas quirúrgicas, y por lo tanto se obtenga una mayor eficacia en la producción que se obtiene mediante la exactitud de la máquina automatizada; todo esto ayudará a que Productos Hospitalarios FCV mediante la utilización de inversiones tecnológicas aumente toda su competitividad en un porcentaje con respecto a su competencia.

Es muy importante conocer desde el estado del arte de las suturas quirúrgicas, las clases de agujas y los tipos de transductores de fuerza y elongación, el estudio de las magnitudes físicas para el efectivo desarrollo del proyecto, porque permite establecer el nivel de ingeniería y por consiguiente el margen de calidad en la manufactura de un producto hospitalario.

Este proyecto ilustra su desarrollo bajo una de las más actuales herramientas de programación gráfica como lo es LabVIEW, para automatizar procesos que demandan precisión y exactitud, con resultados ilustrados y un manejo totalmente interactivo humano – máquina.

Este proyecto colabora con el fortalecimiento de la alianza ya existente entre la Universidad Pontificia Bolivariana y la Fundación Cardio Vascular de Colombia, ya que lo esperado de estas alianzas es la ayuda mutua que se ofrecen en busca de estar a la vanguardia de la tecnología.

1 Estructura del documento

Este documento esta concebido como principio al control de un Tensilómetro digital, por medio de la automatización. Ha sido dividido en cuatro etapas las cuales fueron tomadas como bases a seguir para el correcto desarrollo de la automatización.

La primera etapa se compone de una breve reseña histórica de las suturas donde se encuentra los orígenes, evolución y los diferentes tipos de suturas y agujas empleadas en la FCV. Además se abarca en una reseña general de los instrumentos electrónicos de medición, junto con la descripción de las herramientas informáticas, lenguajes de programación, que permitirán la interacción humano maquina.

En la segunda etapa se encuentra la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto, la descripción detallada de los elementos seleccionados y utilizados, sus conexiones en hardware y como se desarrolló el software que controla todo el sistema automatizado, con una explicación general de lo más resaltado a nivel de programación en este proyecto.

El tercer capítulo comprende la explicación del software para el manejo del Tensilómetro donde se indica, como iniciar una prueba, como llevarla a cabo y como finalizarla, en una breve explicación que permite el entendimiento claro con el entorno de operación del Tensilómetro.

1.1 Marco Teórico y Estado del Arte

1.1.1 Suturas quirúrgicas

Sutura es cualquier hilo de material utilizado para ligar los vasos sanguíneos o aproximar los tejidos. La evolución del material de sutura ha llegado a un grado de refinamiento tal que incluye suturas diseñadas para procedimientos quirúrgicos específicos. No solo eliminan algunas de las dificultades que el cirujano había encontrado en el cierre de la herida sino que también disminuyen el potencial de infección post-operatoria.

Las propiedades generales que una buena sutura podría poseer para cada procedimiento quirúrgico son:

- Fuerza tensil alta y uniforme, que permita el uso de tamaños delgados. (10/0 delgada – 0, 1, 2... gruesa).
- Diámetro suave siempre uniforme a lo largo del hilo de sutura.
- Flexibilidad para fácil manejo y seguridad de nudos.
- Aceptación óptima del tejido.
- Libre de sustancias irritantes e impurezas que favorezcan el crecimiento bacteriano.
- No tener propiedades electrolíticas, capilares (paso de líquidos) ó cancerígenas.
- Comportamiento predecible.
- Estéril y lista para ser usada.
-

1.1.2 Breve historia de las suturas

La historia de la cirugía esta íntimamente ligada a la evolución de la tecnología en el campo de las suturas.

En Egipto¹, las heridas de la cara se trataban mediante afrontamiento de los bordes con material adhesivo. Las heridas se curaban con grasa, miel y carne fresca.

En Arabia, cuna de grandes matemáticos y de extraordinarios médicos y filósofos medievales, (900 AC), comienza a utilizarse el "Catgut"² para cierre de heridas abdominales. El vocablo "Kit" hace referencia a las cuerdas de violín fabricadas a partir de intestino de vaca. Es posible que de aquí derive la palabra "Catgut", como degeneración de lenguaje.

En la India de tiempos del Ayurveda, en casos de heridas intestinales se hacían coincidir los bordes de la lesión y se hacían morder por grandes hormigas, para luego seccionar el cuerpo, quedando la cabeza como un moderno stapler biológico. Para entonces, el famoso cirujano hindú Sarsuta o Sushruta (600 AC), utilizaba en su cirugía toda clase de materiales, que incluía Algodón, cuero, crin de caballo y tendones.

La edad media³ (476 A 1453) tiene representantes quirúrgicos en el Bizancio de la época alejandrina (Hasta 642) con Oribasio, Aecio de Amida, Pablo de Egina y Alejandro de Tralles, quienes utilizaron técnicas quirúrgicas avanzadas y suturas de seda. Por su parte, en el Islam de aquel entonces se discutía la alternativa de utilizar suturas o cauterio. Los judíos, que ya tenían el diseño de su propia sala de cirugía (Beta de Saiza), practicaban el avivamiento de los bordes de la herida para lograr una mejor cicatrización.

En la época del renacimiento (1453-1600), los cirujanos son humillados por la facultad de medicina, que los limita a curar heridas, úlceras y abscesos.

Otros cirujanos de la época que se destacan son Hans von Gersdorff, quien utiliza vejigas de animal en la cobertura de muñones de amputación; Gaspare Tagliacozzi (1546-1599), uno de los padres de la cirugía plástica y Bartolomé Hidalgo de Agüero (1530-1597), quien es uno de los que mas enfáticamente dice no a la teoría del "pus loable".

La cirugía del barroco (1600-1740) tiene exponentes de la talla de Richard Wiseman, quien escribe un tratado sobre manejo de las heridas. A su vez, en Alemania, Wilhem von Hilden comienza a utilizar el torniquete hemostático.

Durante la primera guerra mundial se establecen los principios básicos del manejo de las heridas: Toda herida está potencialmente infectada, debe intervenirse tempranamente y debe evitarse la supuración a toda costa. En Alemania se diseñan los primeros materiales

¹ URL:<http://www.proz.com/kudoz/752469>

² URL:<http://www.hcdsc.gov.ar/biblioteca/ISES/biologia/MEDSAL/PRINCIPIOS>

³ URL:http://www.abcmedicus.com/articulo/medicos/2/id/146/pagina/1/suturas_quirurgicas.html

sintéticos absorbibles en 1931; las Poliamidas en 1939; los poliésteres en 1950 y el ácido poliglicólico y prolene: 1970.

Hoy en día, gracias al esfuerzo de estos pioneros y a la investigación de siglos, se posee una amplísima gama de suturas que hacen de la cirugía una forma de tratamiento efectiva, segura y placentera para quien la ejerce.

1.1.3 Clases de material en hilos de sutura

Los hilos de sutura se clasifican en absorbibles y no absorbibles. Por otra parte, pueden ser monofilamento, como el nylon, o multifilamento que consta de un trenzado múltiple, como la seda. A continuación se destacan las características de cada tipo.

1.1.3.1 Monofilamento

- La sutura consta de un único hilo.
- Posee menor resistencia por tejido.
- Resistente a las infecciones.

1.1.3.2 Multifilamento

- Hilo compuesto por trenzas que brindan mayor fuerza y flexibilidad.
- Posee más facilidad para atar nudos.
- Puede ser cubierto para hacerlo más liso en los tejidos.

El calibre o diámetro en los hilos de sutura se determina en ceros. A continuación como se ilustra en la tabla 1.



4/0		Mas fina
3/0		
2/0		
0		Mas gruesa
1		
2		

Tabla 1. Determinación del calibre de las suturas.⁴

⁴ URL: http://www.abcmedicus.com/articulo/medicos/2/id/146/pagina/1/suturas_quirurgicas.html

Una de las características más importantes de un hilo de sutura es su fuerza de tensión. En la tabla 2 se clasifican las suturas de mayor a menor fuerza de tensión en sentido descendente.

	ABSORBIBLE	NO ABSORBIBLE
MAYOR		Acero
	Acido piliglicolico	Polyester (Mersilene)
	Polyglactin 910 (Vycril)	Nylon (Monofilamento)
	Polydioxanone (PDS)	Nylon (Trenzado)
	Poliglecaprone (Monocryl)	Polipropileno (Prolene)
MENOR	Catgut	Seda

Tabla 2. Clasificación de la fuerza tensil en las suturas quirúrgicas.⁵

1.1.3.3 Absorbibles

Son aquellas que mantienen la aproximación del tejido en forma temporal y terminan siendo digeridas por las enzimas o hidrolizadas por los fluidos tisulares. Pueden ser de tipo monofilamento, cuando se componen de un solo hilo o multifilamento, cuando tienen varios hilos retorcidos o trenzados. Estas suturas se preparan a partir de:

- Colágeno derivado de mamíferos sanos y se denominan naturales u orgánicas.
- Polímeros sintéticos o suturas sintéticas.

Algunas se absorben rápidamente mientras que otras son tratadas o químicamente estructuradas para prolongar el tiempo de absorción. Pueden también estar recubiertas o impregnadas con agentes que mejoran sus propiedades de manejo y teñidas con colorantes aprobados para aumentar su visibilidad en el tejido.

La fuerza tensil y la velocidad de absorción de la sutura son elementos separados. Una muestra de esto implica que una sutura puede perder rápidamente su fuerza tensil en el tejido pero es absorbida muy lentamente o que por el contrario, puede retener su fuerza tensil durante el tiempo necesario para lograr cicatrización y luego ser absorbida rápidamente. Según Van Winkle y Hastings⁶, las suturas deben ser tan fuertes como el tejido normal a través del cual son colocadas.

⁵ URL: http://www.abcmedicus.com/articulo/medicos/2/id/146/pagina/1/suturas_quirurgicas.html

⁶ URL: <http://enfermeradequiropano.iespana.es/suturas2.htm>

1.1.3.4 No absorbibles

Son aquellas que no son digeridas o hidrolizadas por los tejidos. Son de carácter permanente y pueden ser mono o multifilamentos preparadas a partir de fibras orgánicas o filamentos sintéticos.

Como característica importante esta su alta resistencia ya que son sometidas a procesos de recubrimiento que disminuyen la capilaridad. Son incoloras o teñidas y se presentan en finos hilos de sutura 10/0 para microcirugía hasta hilos N°2 y 5 utilizados en cierres de contención.

1.1.3.5 Suturas orgánicas

A continuación se describen algunas con sus propiedades:

- De colágeno⁷. Son hilos estériles producidos a partir de colágeno derivado de mamíferos o de un polímetro sintético que puede estar recubierto de un agente antimicrobiano adecuado. Puede además estar teñido por un colorante específico.
- Catgut simple. Son cintillas 97- 98% de proteína pura, procesadas de la capa submucosa del intestino de ganado ovino, o de la serosa del intestino de los bovinos. En su procesamiento se hilan electrónicamente pudiendo lograrse monofilamento de diferentes tamaños.
- Catgut cromado. Es similar al anterior, pero tratado con sales crómicas para resistir las enzimas corporales, prolongando en esta forma su periodo de absorción, que es de 90 días. Las tiras de colágeno puro se sumergen en una solución de cromo suavizado para curtirlas. Por este sistema se controla con exactitud que el cromo sea distribuido uniformemente a lo largo del hilo. Esto altera el color del material, el cual se torna de color café. Se usa para cerrar fascia y peritoneo. Su fuerza tensil dura de 10-14 días y a veces hasta 21 días.

1.1.3.6 Sintéticas

A continuación se describen algunas con sus propiedades:

- VICRYL (Poliglactin 910). Es un copolímero de ácidos lácticos y glicólidos, los cuales existen en forma natural en el cuerpo, como parte del proceso metabólico. Se combinan entre si para producir una estructura molecular que mantiene la fuerza tensil para lograr eficientes aproximaciones de los tejidos durante el periodo exitico de cicatrización de la herida.

⁷ URL: http://www.abcmedicus.com/articulo/medicos/2/id/146/pagina/2/suturas_quirurgicas.html

- PDS (Polidioxanone). Es una sutura absorbible en monofilamento, preparada a partir de poliésteres. Este polímero contiene un grupo de éter y oxígeno y suministra apoyo a la herida dos veces más prolongado que el de otras suturas sintéticas absorbibles. Su absorción es mínima hasta después de los 90 días de implantada y se termina antes de seis meses. Se puede emplear en presencia de infección.
- Dexon S Acido poliglicólico absorbible, trenzado, con buena resistencia tensil e inerte. Es de color verde o beige y se utiliza en tejidos donde se requiera absorción final.
- Dexon Plus Absorbible. Acido poliglicólico revestido con polaxamer 188, que facilita el paso a través del tejido. Se utiliza en tejidos donde se requiere absorción final.
- Maxon. Copolímero compuesto por carbonato de trimetileno y ácido glicólico, es monofilamento. Tiene buena resistencia a la tracción, es flexible, dúctil y de fácil manejo.

1.1.3.7 Suturas no absorbibles naturales

La seda quirúrgica⁸ es el material de sutura más ampliamente utilizado. Sus filamentos pueden retorcerse o trenzarse para formar el hilo de sutura. La materia prima es un filamento hilado por la larva del gusano de seda al hacer su crisálida. Estos filamentos se combinan en varias formas, produciendo gran variedad de hilos que dan los tamaños de las suturas. Se tiñe de negro para facilitar su visibilidad entre los tejidos. No se utiliza húmeda, pues así pierde su fuerza tensil. Aunque no es absorbible, a los dos años puede desaparecer casi por completo. Se utiliza en ligaduras de vasos y en cierres de cirugía general.

1.1.3.8 Suturas no absorbibles sintéticas

A continuación se describen algunas con sus propiedades:

- Nylon. Se encuentra en forma de monofilamento (Ethilon), que es un polímero de poliamida y en sutura trenzada multifilamentosa (nurolon). Tiene una fuerza tensil alta y casi no produce reacción tisular. Su degradación se hace por hidrólisis.
- El Ethilon tiene "memoria" y es la tendencia a volver a su estado original recto al ser extraído. Al mojarse es más flexible que en su forma seca. Es útil en cierres de piel.
- Mersilene (Poliéster). Se obtiene de fibras no tratadas de poliéster (tereftalato de polietileno). Es multifilamento fuerte y produce mínima reacción tisular. Puede ser blanca o verde y se utiliza en la colocación de prótesis sintéticas vasculares.
- El Ethibond, a su vez, es un hilo trenzado de fibras de poliéster recubierto uniformemente con polibutilato. Produce mínima reacción tisular y el hecho de ser trenzado le confiere propiedades óptimas de manejo. Es de color blanco o verde.

⁸ URL: http://www.abcmedicus.com/articulo/medicos/2/id/146/pagina/3/suturas_quirurgicas.html

- Polipropileno (Prolene). Es un esteorímero cristalino isotáctico de un polímero carbohidrato lineal que no contiene casi saturación. Debido a esto es mucho más flexible que otras suturas y de fácil manejo. Es inerte, no se degrada y retiene una alta fuerza tensil a nivel tisular.
- Surgisteel. Acero monofilamento bajo en carbono, posee alta resistencia a la tensión. Se utiliza en trauma ortopédico y cierre de esternón.
- Dagrofil. Poliéster trenzado. Posee una fuerte resistencia a la tracción y ofrece firmeza en los nudos. Es de color verde y se utiliza en sutura de músculos, fascia, cirugía gastrointestinal, cirugía vascular y nervios.
- Synthofil. Poliéster trenzado de color verde. Posee resistencia a la tracción, óptima compatibilidad tisular, no capilar, trenzado de precisión y buena visibilidad. Se usa en músculo, fascia, cirugía vascular, gastrointestinal y nervios.
- Mirafil. Poliéster monofilamento de color azul, posee excelente compatibilidad tisular, buena visibilidad y resistencia a la tracción. Se usa en cirugía plástica, vascular, piel y tendones.
- Surgilon. Nylon revestido con silicona, se utiliza en cierre general, cirugía plástica, oftalmología, ortopedia, vascular, piel y tracto gastrointestinal. Es de color negro.
- Dermalon. Nylon monofilamento sin revestir de buena resistencia tensil y mínima reacción hística. Se utiliza en oftalmología, microcirugía, cierre general, cirugía plástica y piel. Es de color negro.
- Surgilene. Polipropileno monofilamento no absorbible de fuerte resistencia tensil y a la vez suave. Se utiliza en cierre general, piel, prótesis vasculares, ortopedia, plástica y oftalmología. Es de color azul.
- TI-CRON. Poliéster no absorbible trenzado, revestido de silicona y con una buena resistencia tensil. Se utiliza en cirugía cardiovascular, general, piel, ortopedia, oftalmología y cirugía plástica. Es de color azul.
- Novafil. Polibutester monofilamento azul, fácil de anudar, dúctil, suave y flexible. Se utiliza en cirugía cardiovascular, oftalmología, cirugía general y plástica.
- Acero inoxidable. Es una aleación de acero 316L. Los criterios esenciales para su escogencia son su baja toxicidad, flexibilidad y tamaño. Produce baja reacción tisular y una alta fuerza tensil, empleándose en cierres de pared abdominal, así como en cierres de retención de piel, en reparo de tendones y otros procedimientos ortopédicos, al igual que en neurocirugía y en cierre de estereotomías.
- PVDF: TROFILENE. Sutura de tipo monofilamento de color verde. Este material presenta como característica una elevada resistencia a la tracción, superior a la del Polipropileno, gran flexibilidad y baja memoria que hacen que sea muy manejable, además de presentar inercia química y biológica.

1.1.4 Aguja quirúrgica

Las agujas quirúrgicas se distinguen en varias características como en el modo de unión con el hilo, forma, secciones y parámetros cuantitativos.

1.1.4.1 Unión con el hilo

Hasta la década de los 90 aproximadamente las agujas y los hilos se suministraban de forma separada; las agujas en las denominadas “mantas” de agujas y el hilo en “carretes”. La sutura era “enhebrada” ó “montada” en el extremo ó mandrin de las agujas para su uso; actualmente se usan las denominadas agujas “Viudas” en las cuales el hilo es encajado en el mandrin transversalmente⁹.

Este tipo de montaje se conoce como montaje traumático pues la aguja y el hilo enganchado en ella causan desgarro en el tejido al atravesarlo por el punto más ancho.

Por el contrario la mayoría de las suturas actualmente utilizadas vienen directamente encajadas en el extremo mandrin de la aguja en el conocido como montaje a traumático.

1.1.4.2 Forma

Aunque son numerosas las formas posibles de agujas las podemos clasificar básicamente en:

- Rectilíneas: son aquellas agujas que se usan principalmente “a la mano” cuyo componente principal es recto, las agujas rectas y las lanceoladas ó lancetas (*Ver figura 1*).

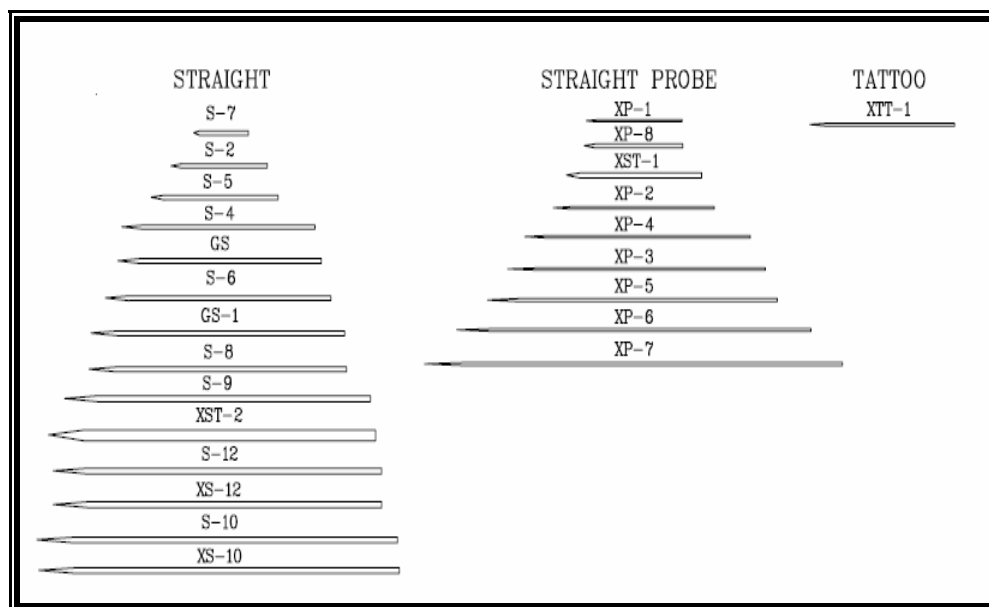


Figura 1. Clases de agujas rectas.¹⁰

⁹ URL: <http://users.servicios.retecal.es/meijome/MATERIALES%20QUIR%DARGICOSrev.html>

¹⁰ URL: <http://www.bgsulzle.com/products/needlesizechart>

- Curvas: son agujas cuya forma representa una sección de una circunferencia denominándose según el “arco comprendido” (Ver figura 2) por la aguja respecto a toda la circunferencia pudiendo ser $\frac{1}{2}$ circunferencia, $\frac{3}{8}$ de circunferencia u otras proporciones.

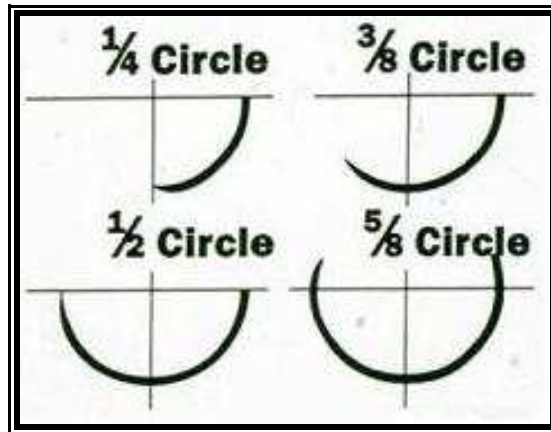


Figura 2. Clases de agujas curvas.¹¹

- Especiales: Son las agujas con formas más específicas (Ver figura 3), con un uso concreto como es el caso de la aguja anzuelo.

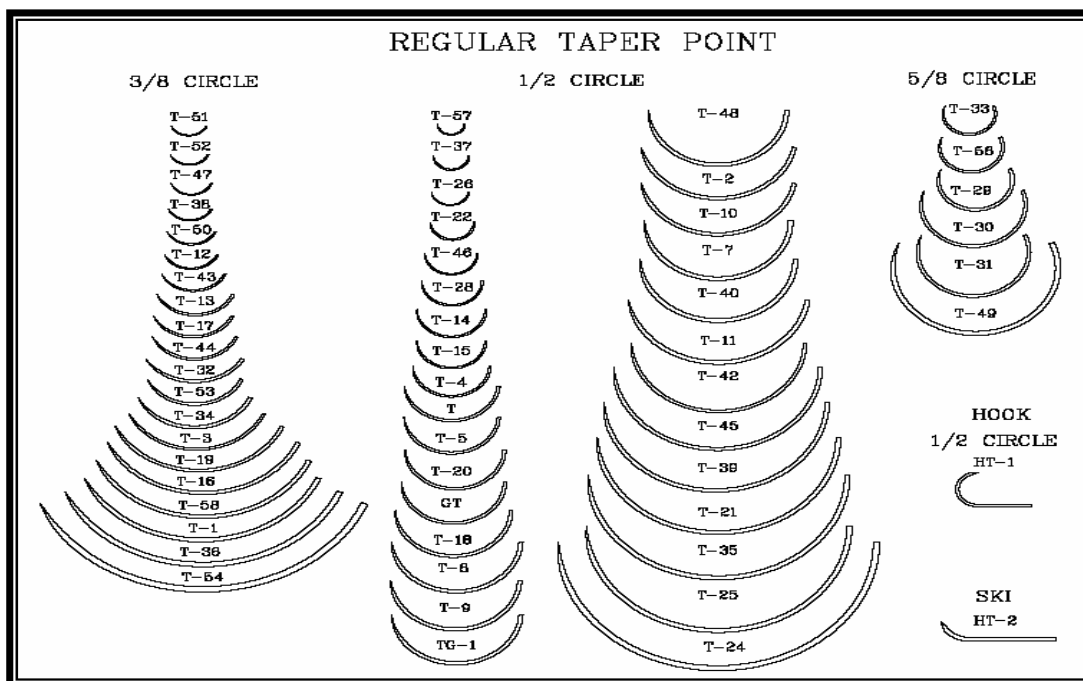


Figura 3. Clases de agujas especiales.¹²

¹¹URL: <http://www.cirugiaderma.com/suturas.htm>

¹² <http://www.bgsulzle.com/products/taperpoint>

1.1.4.3 Sección

La sección de una aguja varía mucho la facilidad de penetración que se puede obtener y también el potencial daño que se puede causar al tejido a suturar. Se suele observar la sección de una aguja en 2 ó 3 puntos de su trayecto. En la punta, en los milímetros inmediatos a la punta y en el resto del cuerpo de la aguja. El tipo de sección puede ser diferente ó igual en cada uno de estos puntos ofreciendo múltiples combinaciones que tienen sus usos prácticos concretos.

Los tipos de sección más comunes son:

- Cilíndrica: Se representa como un punto ó un círculo con fondo transparente, refiriéndose al cuerpo de la aguja (*Ver figura 4*), algunos fabricantes representan la aguja con punta y cuerpo cilíndrico como un círculo de color.





Aguja 1/2 círculo cilíndrica 1/2 circle taper needle						
TIPO TYPE	AGUJA NEEDLE		LONGITUD DE HEBRA THREAD LENGTH	EP	USP	CÓDIGO CODE
C-9*	17 mm		75 cm	1,5	4/0	73008
C-15*	25 mm		75 cm	3	2/0	73052
C-25*	37 mm		75 cm	3,5	0	73057
			75 cm	4	1	73058
C-35*	45 mm		90 cm	4	1	73218

Figura 4. Clases de agujas cilíndricas.¹³

¹³ URL: http://www.clinicadentalcristiana.com/instrumental_y_material_quirurgico.php

- Roma: Las agujas romas son agujas sin punta¹⁴ (Ver figura 5), se suelen utilizar para suturar órganos parenquimatosos y suelen ser agujas “abiertas” (3/8 de circunferencia ó menos). Se representan con un círculo de color acompañado de las palabras “round booned”.

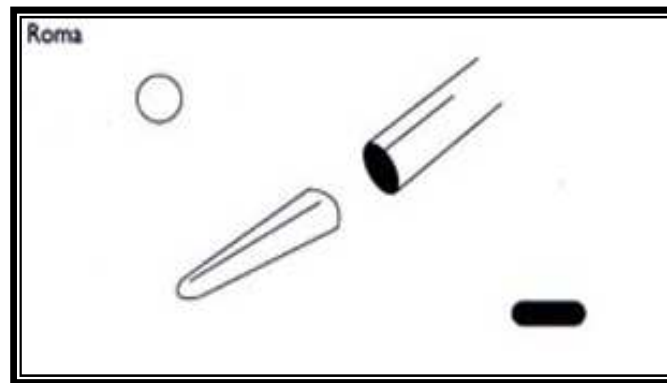


Figura 5. Aguja tipo roma.¹⁵

- Triangular: La sección cortante ó traumática se suele representar como un triángulo de color (Ver figura 6), puede presentar un vértice hacia arriba o hacia abajo según hacia donde presente la aguja el borde cortante. Es una sección muy utilizada como punta en combinación con cuerpo cilíndrico resultando agujas con buena penetración, pero algo agresivas.

Aguja 1/2 círculo triangular 1/2 circle reverse cutting needle						
TIPO TYPE	AGUJA NEEDL		LONGITUD DE HEBRA THREAD LENGTH	EP	USP	CÓDIGO CODE
TC-15	25 mm		75 cm	1,5	4/0	73013
			75 cm	2	3/0	73014
			75 cm	3	2/0	73018
TC-20	30 mm		75 cm	3	2/0	73020
TC-30	37 mm		75 cm	3,5	0	73062
			75 cm	4	1	73063

Figura 6. Clases de agujas círculo triangular.¹⁶

¹⁴ URL: <http://www.cirugiaderma.com/suturas.htm>

¹⁵ URL: http://www.clinicadentalcristiana.com/instrumental_y_material_quirurgico.php

¹⁶ URL: http://www.clinicadentalcristiana.com/instrumental_y_material_quirurgico.php

- Espatuladas: Son agujas de sección plana ó achatada en el eje vertical, se representa como una línea ó un poliedro irregular de color. Usada como punta (*Ver figura 7*) mejora la penetración no resultando tan agresiva como la sección triangular. En punta y cuerpo suele emplearse en oftalmología.

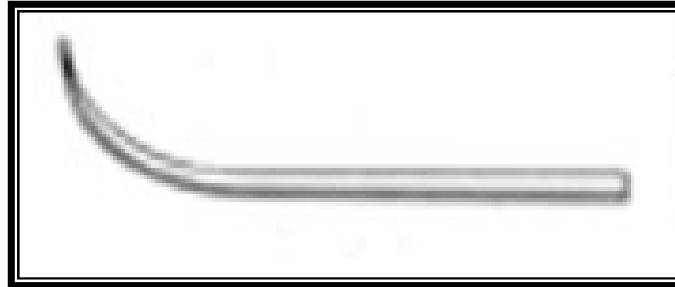


Figura 7. Aguja espatulada.¹⁷

- Trocar o diamante: Esta sección empleada en la punta mejora la penetración en tejidos duros, se representa como tres ó cuatro líneas que salen del centro hacia el círculo (*Ver figura 8*) que representaría el cuerpo cilíndrico de la aguja ó como líneas blancas dentro de un poliedro irregular de color (aguja punta trocar y cuerpo espatulado).

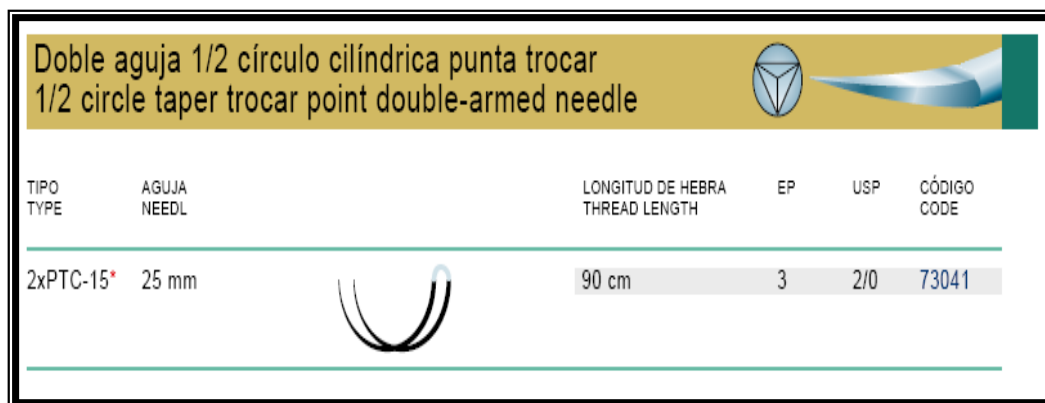


Figura 8. Doble aguja circulo cilíndrica punta trocar.¹⁸

¹⁷URL: <http://www.hospitalcruces.com/.../images/sutura2.gif>

¹⁸ URL: http://www.clinicadentalcristiana.com/instrumental_y_material_quirurgico.php

- Triples combinaciones: Es muy habitual que las agujas presenten una punta cilíndrica (representada por un punto) continuada inmediatamente por una sección triangular, trocar ó espatulada para después volver a presentar sección cilíndrica en el cuerpo de la aguja¹⁹ (Ver figura 9). Son agujas que intentan conservar el alto nivel de penetración de las secciones más agresivas combinándolas con la “suavidad” de la sección cilíndrica.



Doble aguja 3/8 círculo cilíndrica punta trocar 3/8 circle taper trocar point double-armed needle						
TIPO TYPE	AGUJA NEEDL		LONGITUD DE HEBRA THREAD LENGTH	EP	USP	CÓDIGO CODE
2xPTB-9*	9 mm		60 cm	0,5	7/0	73320
			60 cm	0,7	6/0	73321
2xPTB-7*	12 mm		75 cm	0,7	6/0	73323
			75 cm	1	5/0	73324

Figura 9. Doble aguja 3/8 círculo cilíndrica punta trocar.²⁰

¹⁹ URL: http://www.clinicadentalcristiana.com/instrumental_y_material_quirurgico.php

²⁰ URL: http://www.clinicadentalcristiana.com/instrumental_y_material_quirurgico.php

Al aplicar la ley de Ohm²³, este conductor transmitirá una señal proporcional a la deformación si al circuito se le aplica un voltaje de excitación. Estos circuitos son los llamados "strain gages" o prendas de tensión y son de extensa variedad según el uso que se requiera. Múltiples prendas de tensión son unidas o conectadas para crear los cuatro lazos resistivos de una configuración de puente de Wheatstone (*Ver figura 10*). La señal deformada que se emite es procesada por un indicador electrónico, ya sea análogo o digital, lo que permite obtener una lectura que es interpretada como peso.



Figura 11. Celda de carga tipo S.²⁴

En la industria, los materiales que suelen utilizarse para fabricar galgas son aleaciones de cobre y níquel, platino y silicio.

1.2.1.1 Ventajas y desventajas

Su principal ventaja es su linealidad; también presentan una baja impedancia de salida. Su principal desventaja es su dependencia de la temperatura, lo que provoca que, a veces, haya que diseñar circuitos electrónicos para compensar esa dependencia.

1.2.1.2 Usos

Suelen aplicarse a la medida de fuerzas, de pares de energía mecánica, deformaciones y tensiones. Esto se logra adhiriendo la galga al material o estructura a estudiar y aplicando cargas que producen una deformación. Conocido el módulo de elasticidad del material de la

²³ URL: http://ar.geocities.com/wwsanchez/celda_carga.htm

²⁴ URL: <http://www.bsl-celdas.com.ar/fichaProd.php?ItemID=47&CategoryID=18>

estructura, mediante un ensayo de tracción, es posible determinar, a partir de la deformación medida por la galga, las tensiones que se producen²⁵.

Para dotar un Tensilómetro digital de una forma de medición directa para el parámetro de elongación o distancia, se necesita de sensores de medición de distancia necesarios según la programación diseñada que se haga para determinar dicho parámetro.

1.2.2 Sensor de distancia

Los sensores de distancia son utilizados para detectar el paso o la posición de una pieza, u "Objeto", y desencadenar un proceso (por ejemplo maquinado, armado, etiquetado, traslado) dentro de una secuencia automatizada. Hacen tareas para las que antes se necesitaba un operario, y las hacen sin tocar ni mover la pieza, con más precisión y rapidez, sin desgaste ni cansancio y a una fracción del costo del operario. La mayor parte de los sensores en uso se utiliza para detectar el paso o la ubicación de un objeto, pero otros miden la distancia a la que se encuentra. Algunas características:

- Accionamiento con o sin contacto.
- No existe desgaste mecánico.
- Los Semiconductores obtienen una frecuencia de conmutación rápida, sin los rebotes que ocurren cuando los contactos son metálicos.
- Los Sensores Medidores que miden distancias permiten automatismos cada vez mas sofisticados.

1.2.2.1 Sensores de distancia sin contacto

1.2.2.1.1 Sensores inductivos y fotoeléctricos

La medición de Distancias sin contacto con el material medido se basa en la proyección de rayos u ondas y analizando su rebote. No tienen piezas móviles por lo tanto no tiene desgaste ni requiere lubricación periódica. Tiene gran exactitud y, aparte de alguna limpieza ocasional, la virtud de no requerir mantenimiento alguno, pero sí requiere elegir muy bien el principio físico según las condiciones de aplicación y la exactitud requerida, ya que dependiendo de estos factores el modelo a emplear puede variar en su forma y tamaño (*Ver figura 12*). Los Sensores Medidores Inductivos tienen gran resistencia a las interferencias y son muy fáciles de instalar y utilizar. Como su alcance es hasta 4 cm. son utilizados casi exclusivamente en Automatización.

²⁵ URL: http://ar.geocities.com/wwsanchez/celda_carga.htm

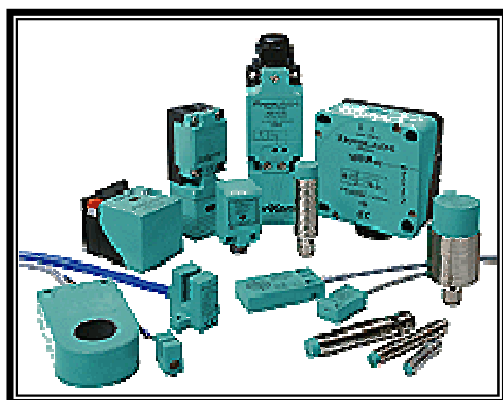


Figura 12. Sensores inductivos²⁶

Los sensores medidores fotoeléctricos tienen alcances hasta 20 metros y exactitud de 2% a 4% pero son muy sensibles a la contaminación y por eso también se usan principalmente en automatización.

El rayo láser tiene un alcance de 1,5 milímetros hasta 15 metros y como requiere un muy buen reflejo desde una superficie plana, quieta, lisa y a 90° se puede utilizar para medir hidrocarburos en tanques.

El Ultrasonido es apto hasta 60 metros de distancia con exactitud de 0,25% a 0,5% pero es sensible a las variables ambientales tales como presión, vacío, temperatura, estratificación, y polvo. Como es muy robusto, y su costo es muy razonable, presta excelentes servicios en una variada gama de aplicaciones.

Las Microondas prescinden de las condiciones atmosféricas logrando exactitud de 1 milímetro en distancias hasta 40 metros aún cuando hay presión, vacío, espuma, altas temperaturas, gases estratificados.

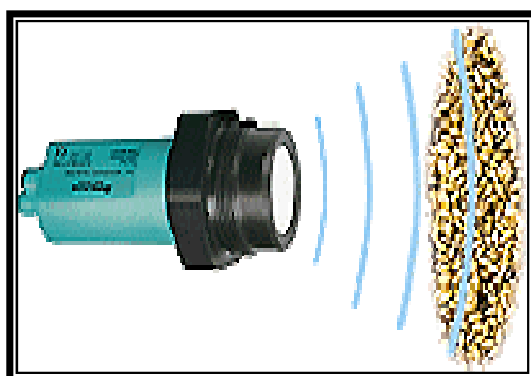


Figura 13. Sensor ultrasónico.²⁷

²⁶ http://www.schillig.com.ar/sensores_conceptos_generales_fr.htm

Existen diferentes clases de sensores para cada aplicación y montaje²⁸:

- Cilíndricos. Con cuerpo roscado o liso para montaje a través de perforaciones. Los roscados se montan con tuerca y contratuerca, enrasados o no lisos se fijan con un soporte opcional.
- Rectangulares. Montaje se realiza sobre superficies planas mediante tornillos.
- Varikont. Carcasa modular, el cabezal puede ser reorientado.
- Ranurados y Anulares. Para circunstancias especiales y poco espacio disponible.
- Mediante tornillos a una superficie plana perforada que asegura su funcionamiento correcto.

Los sensores de distancia sin contacto poseen los siguientes principios físicos:

- Inductivo: Detecta objetos Metálicos cercanos.
- Capacitivo: Detecta objetos cercanos metálicos y no metálicos como plásticos, papel, líquidos, granulados, polvos, pero es bastante más costoso.
- Magnético: Detecta objetos magnéticos como pistones en cilindros neumáticos.
- Fotoeléctrico: Detecta objetos mas distantes, opacos o reflectantes.
- Medidor Inductivo Analógico: Mide distancias hasta 4 cm. a objetos metálicos.
- Medidor Fotoeléctrico Analógico: Mide distancias hasta 20 m a objetos opacos o reflectantes, en procesos de automatización. Se utiliza también en medición de niveles en tanques, silos o tolvas.
- Construcción en Acero Inoxidable: Gran resistencia mecánica y a sustancias agresivas.
- Construcción en latón niquelado: Menor resistencia que el acero y menor costo.
- Construcción en latón con cubierta de Teflón: Igual anterior pero resistente a campos electromagnéticos.
- Construcción en ryton (Sulfuro de Polifenileno): Gran resistencia a abrasión, deformación, calor, frío, hidrocarburos, ácidos y agua.
- Construcción en Crastin (Tereftalato de Poli butileno Semicristalino reforzado con Fibra de Vidrio "PBT"): Gran estabilidad dimensional a altas temperaturas.

El alcance de los sensores sin contacto bien dado según su principio físico:

- En sensores capacitivos hasta 40 mm.
- En sensores inductivos hasta 100 mm.
- En sensores magnéticos hasta 60 mm.
- En sensores fotoeléctricos hasta 20 metros.
- Frecuencia de conmutación.
- Valor máximo de cambios de estado que pueden detectar antes de que su señal de salida se convierta en continua.

²⁷ URL: http://www.schillig.com.ar/sensores_conceptos_generales_fr.htm

²⁸ URL: <http://turan.uc3m.es/uc3m/dpto/IN/dpin04/ISL/sensores.pdf>

1.2.2.1.2 Sensor reflexivo Sharp

El sensor Sharp es un dispositivo de reflexión por infrarrojos con medidor de distancia proporcional al ángulo de recepción del haz de luz que incide en un sensor lineal integrado (Ver figura 14), el cual, dependiendo del modelo utilizado, la salida puede ser analógica, digital o booleana.

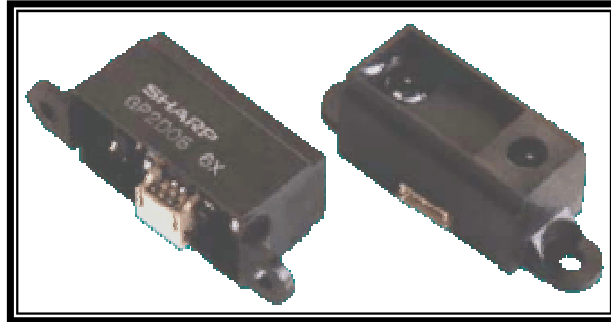


Figura 14. Sensores reflexivos Sharp.²⁹

El sensor emite luz infrarroja por medio de un led emisor de IR (Ver figura 14)³⁰, esta luz pasa a través de una lente que concentra los rayos de luz formando un único rayo lo mas concentrado posible para así mejorar la directividad del sensor, la luz va recta hacia delante y cuando encuentra un obstáculo reflectante rebota y retorna con cierto ángulo de inclinación dependiendo de la distancia, la luz que retorna es concentrada por otra lente y así todos los rayos de luz inciden en un único punto del sensor de luz infrarroja que contiene en la parte receptora del dispositivo. Este sensor es lineal y dependiendo del ángulo de recepción de la luz incidirá esta en un punto u otro del sensor pudiendo de esta manera obtener un valor lineal y proporcional al ángulo de recepción del haz de luz.

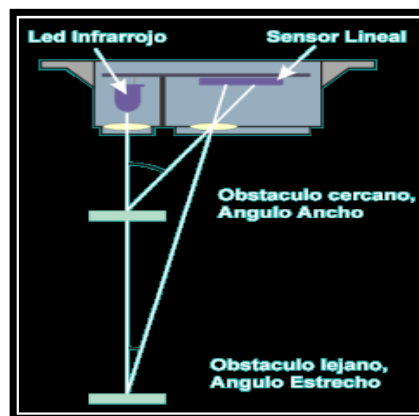


Figura 15. Funcionamiento sensor Sharp.³¹

²⁹ URL: <http://www.x-robotics.com/images/gp2dfoto.gif>

³⁰ URL: <http://www.x-robotics.com/sensores.htm#gp2d>

³¹ URL: <http://www.x-robotics.com/images/GP2De.gif>

Dependiendo del modelo del sensor SHARP que se emplee en la medición de distancia, se interpreta de una manera u otra la salida del sensor, con en cual consultando el manual de dicho modelo se explica su funcionamiento interno.

En los modelos analógicos la salida es un voltaje proporcional a la distancia medida.

En los modelos digitales la lectura será de 8 bits serie con reloj externo (*Ver tabla 3*). En los modelos booleanos la salida será de 1 BIT y este marca el paso por la zona de histéresis del sensor con lo cual solo tendremos una medición de una distancia fija.

Datasheets	Rango de medida	Tipo de salida
<u>GP2D-02</u>	10 a 80 cm.	Digital 8 bits
<u>GP2D-05</u>	10 a 80 cm. (adj, micro pot.)	Lógica 1 BIT
<u>GP2D-12</u>	10 a 80 cm	Analógica (0-3V)
<u>GP2D-15</u>	adj. a 24cm de fabrica	Lógica 1 BIT
<u>GP2D-120</u>	4 a 30 cm.	Analógica (0-3V)

Tabla 3. Tipos de sensores Sharp.³²

Debido a su gran directividad se puede emplear un sensor GPD2 en una superficie frontal y así tener un radar de distancia que puede cubrir un rango según el modelo en los 180° frontales aproximadamente.

En la figura 15 se puede ver la disposición de pines en el conector de salida de un sensor GP2D02:

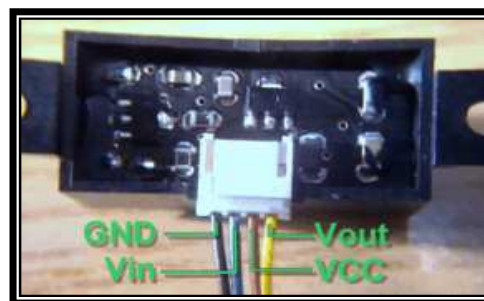


Figura 16. Conexión sensor GP2D02.³³

1.2.2.2 Sensores de distancia de contacto

1.2.2.2.1 Transductor de extensión de cable

Un transductor de extensión de cable, algunas veces conocido como carretel, sensor de cable, codificador de cuerda o sensor de yo-yo, es un dispositivo para detectar y medir

³² URL: <http://www.x-robotics.com/sensores.htm#gp2d>

³³ URL: <http://www.x-robotics.com/images/GP2D/gp2dconex.gif>

posición lineal y velocidad, utilizando un cable flexible y un carretel. Este sensor se monta en una superficie fija, y conectando el cable de acero inoxidable a un objeto en movimiento. Cuando el objeto se mueve, el transductor produce una señal eléctrica proporcional a la extensión lineal del cable o a su velocidad.

Esta señal puede ser enviada a un display, a un sistema de adquisición de datos o a un micro controlador.

Medir el movimiento y el desplazamiento de objetos con estos transductores es relativamente sencillo, ya que no posee dificultad en la instalación de estos mismos porque caben en áreas difíciles de acceder y no necesitan estar perfectamente alineados. También ofrecen gran flexibilidad, y cuestan menos que dispositivos de medición de rodillo o de banda. Se pueden utilizar en una gran variedad de aplicaciones, incluyendo automatización industrial, dispositivos médicos de alta tecnología, pruebas estructurales, maquinas inyectoras, control de cilindros hidráulicos y casi cualquier aplicación en la que pueda se pueda pensar.



Figura 17. Transductor de posición lineal.³⁴

El transductor de posición SP2 de Celesco es un instrumento compacto, y económico que utiliza un cable flexible y un potenciómetro de precisión para medir posición de manera lineal. Su arquitectura esta diseñada para 500.000 ciclos de trabajo, entregando un valor de voltaje directamente proporcional a un valor físico de distancia, por medio de su divisor de voltaje interno.

Como dispositivo electrónico no se diferencia mas que un potenciómetro lineal, con tres terminales donde el primero es la entrada de voltaje de referencia o de alimentación, el cual marcara el limite máximo de medición, el segundo la salida del divisor de voltaje con base al cambio de potencial que es dado por el ajuste de la resistencia variable, que en esencia será el resultado esperado de la medición de este dispositivo, y el tercero la tierra referente.

³⁴ Celesco Transducer Products, Inc. SP2 • Compact String Pot • Precision Potentiometric Output. Datasheet. Version: 5.0 last updated: June 10, 2008.

Como se puede ver en la figura 18, su comportamiento es 100% lineal dentro de un rango de alimentación aconsejable por el fabricante de máximo 30 voltios de alimentación en corriente alterna o directa.

Dada su aplicabilidad en la automatización del Tensilómetro, se empleó un rango de voltaje para el transductor de posición de 0 a 5 voltios, de modo que fuese aprovechado esta característica directamente sobre la entrada lógica de un microcontrolador que recibe señales análogas de 0 a 5 voltios, ahorrando de esta manera adaptaciones y tratamientos por medio de circuitos acondicionadores de señal, a la entrada del microcontrolador, disminuyendo costos en materiales.

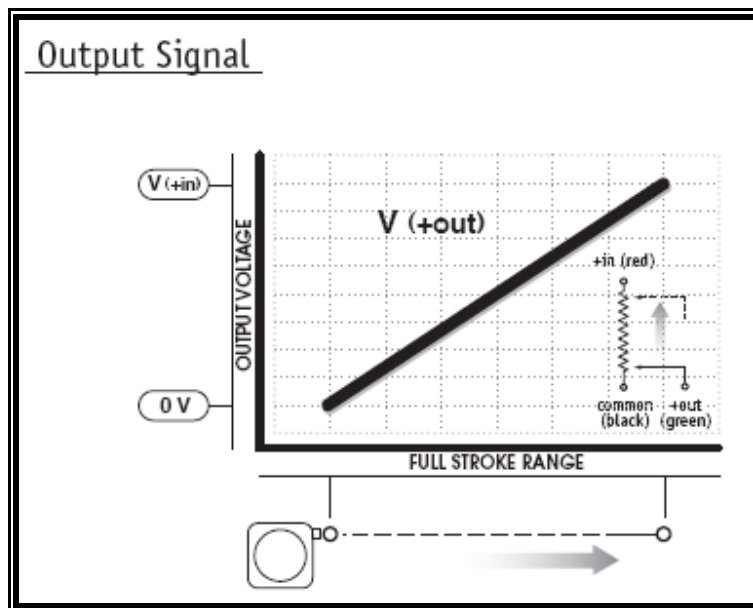


Figura 18. Señal de salida de un transductor de posición SP2 de Celesco Inc.³⁵

³⁵ Celesco Transducer Products, Inc. SP2 • Compact String Pot • Precision Potentiometric Output. Datasheet. versión: 5.0 last updated: June 10, 2008.

1.3 Estructura del documento

1.3.1 Planteamiento

- ¿Cómo medir de forma directa la elongación de un hilo o unión hilo-aguja para suturas quirúrgicas?
- ¿Cómo obtener un análisis cualitativo de la producción de suturas quirúrgicas?

1.3.2 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de medición y la interfaz Humano-Máquina para el monitoreo y funcionamiento de un Tensilómetro digital de suturas quirúrgicas.

1.3.3 Objetivos específicos

- Diseñar un sistema de control con visualizaciones y manipulación digital, capaz de realizar las pruebas necesarias de eficacia sobre suturas quirúrgicas.
- Diseñar un sistema de medición de fuerza y elongación sobre suturas quirúrgicas.
- Implementar un software para la operación y control de calidad de las suturas quirúrgicas.
- Generar el manual de operación y consulta para el sistema del tensilometro digital.

1.3.4 Justificación

Al finalizar este proyecto el Tensilómetro digital prestará una mejoría de calidad dentro de la producción de suturas quirúrgicas, ya que se disminuirán los tiempos de mantenimiento y calibración, dado que los periodos de calibración que actualmente se llevan a cabo retrasan líneas de producción, y tiempos de horas hombre desaprovechados por ausencia de una etapa del proceso.

Contar con la medición directa de la tensión y no solo de esta sino de la elongación, pone a un paso adelante el proceso de pruebas de suturas quirúrgicas de los futuros estándares de calidad que cada día van cambiando y que hacen a los procesos de calidad mas exigentes. El parámetro de la elongación con que actualmente no se cuenta en el proceso de calidad, mejora y contribuye a verificar el buen estado de las suturas producidas por la compañía para la cual se innova con esta automatización.

La implementación de un panel interactivo de operación, mejora el manejo del Tensilómetro digital, ya que este minimiza por su entorno claro y conciso de operación errores de operación o en su defecto ausencia de capacidad para su utilización, por ser un sistema simple y sencillo el cual cuenta con una guía de referencia rápida de operación y funcionamiento para que cualquier usuario u operario este acorde a utilizarlo, así no tenga un conocimiento muy alto del manejo de este tipo de equipos.

Así mismo, el sistema integrado de control y monitoreo desarrollado, entrega una información almacenable en un PC de modo que puede brindar un registro detallado de las pruebas que se realizan, para así obtener un análisis cualitativo del material al que se le ejecutan las pruebas con un historial que permite sostener y garantizar la calidad de las pruebas efectuadas en el material producido por la FCV Productos Hospitalarios.

2 DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Estudio del Tensilómetro digital V1000

Es llamado Tensilómetro, a cualquier máquina que realice medición de tensión a cualquier material determinado. El Tensilómetro V1000 es una máquina verificadora de calidad de las suturas quirúrgicas automatizada por La Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, desarrollada por los estudiantes Ángel Mauricio Rincón y Freddy Alejandro Peña, con la dirección de la ingeniera Claudia Rueda.

El Tensilómetro V1000 posee la capacidad de medir la fuerza resistiva de una sutura quirúrgica y la elongación de la sutura hasta el punto de rompimiento, teniendo un mayor rango de resistencia que el equipo que se tiene actualmente.

2.1.1 Características del Tensilómetro V1000

- El Tensilómetro V1000 está compuesto por cuatro sensores, una galga extensiométrica LC101-25, un transductor de extensión de cable SP2-12 y dos finales de carrera VK-15.
- Contiene un motor DC de 30 voltios.
- Contiene dos tarjetas, una tarjeta TV1000 donde se encuentra uno de los dos software el cual se encarga de recibir las señales de los sensores para convertirlas A/D o D/A y el otro se encuentra en el computador el cual se encarga del manejo del Tensilómetro, la tarjeta USB se encarga de la comunicación entre el computador y la tarjeta TV1000.
- Contiene una fuente para la alimentación de la tarjeta TV1000.

En la figura 19 se muestra una imagen actual del Tensilómetro V1000 donde se aprecia su envergadura mecánica en acero cromado, una parte fija en el lado izquierdo de la fotografía, una parte móvil en el centro y otra parte fija del lado derecho donde se aprecia y se ubica el motor de tracción.

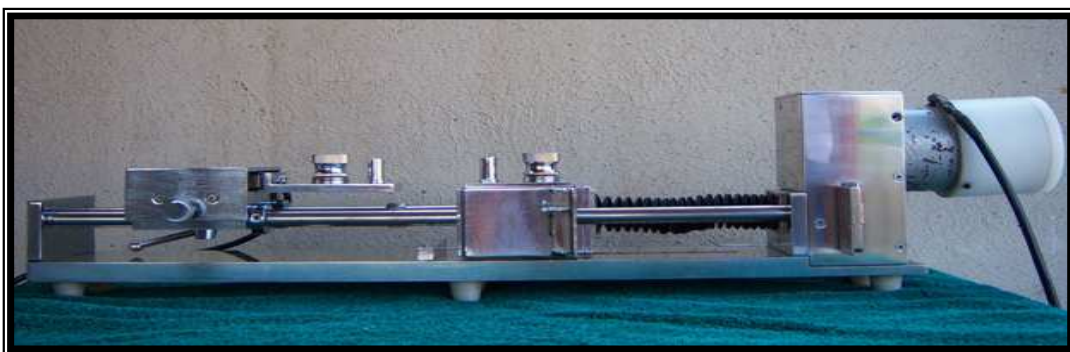


Figura 19. Tensilómetro digital parte mecánica.

2.2 Selección y funcionamiento de los dispositivos electrónicos

Mediante una previa investigación y junto con el amplio mercado disponible se generan una gran posibilidad de opciones las cuales solo pueden ser descartadas mediante el criterio del diseñador el cual es adquirido por medio de la experiencia del mismo la cual genera la correcta selección de los dispositivos que se exponen a continuación.

2.2.1 Sensor Celesco SP2-12

Uno de los puntos de mejora del Tensilómetro, es la medición de la elongación de las suturas, presentándose múltiples opciones como se ilustra en el marco teórico. Al mirar la variedad de las opciones se necesita tener un buen criterio para seleccionar el sensor que cumpla a cabalidad todas las necesidades.

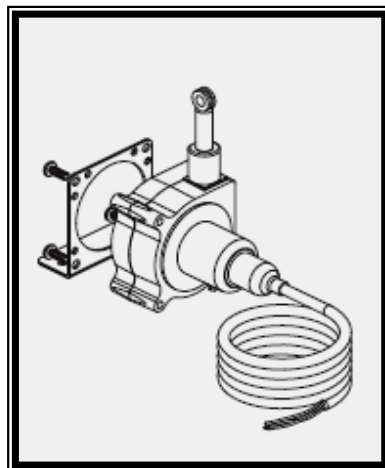


Figura 20. Sensor Celesco SP2-12³⁶

El sensor Celesco SP2-12 (*ver figura 20*) es el que cumple a cabalidad todas las características requeridas, las cuales son: la distancia a medir ya que este es el mejor transductor de distancia adaptable a la medida requerida en el Tensilómetro, la cual es desde 0 hasta 19cm y este sensor lo realiza desde 0 hasta 31.8cm. Otra de las características es el precio, teniendo en cuenta el alto costo de estos tipos de sensores y este presenta un costo asequible comparado con otros sensores transductores lineales y otro tipos de sensores, la característica con mayor influencia fue la linealidad ya que al ser lineal, el manejo de los datos se realiza con mucha más facilidad.

³⁶ Celesco Transducer Products, Inc. SP2 • Compact String Pot • Precision Potentiometric Output. Datasheet. versión: 5.0 last updated: June 10, 2008.

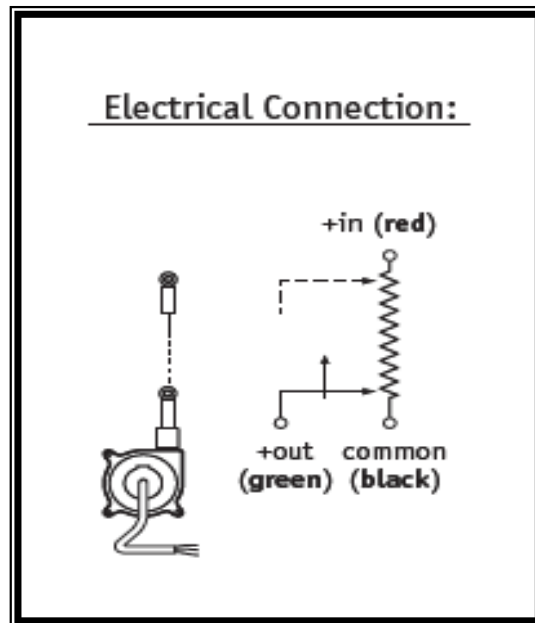


Figura 21. Conexión eléctrica Sensor Celesco SP2-12³⁷

El sensor Celesco SP2-12 posee tres pines, el primero es red (rojo), el segundo es black (negro) y el tercero es green (verde), como se observa en la figura 21.

Como se aprecia en la figura 21, el pin red va conectado a 5voltios por ser la entrada del potenciómetro, el pin black va conectado a la tierra en la tarjeta V1000 por ser el común, estos dos pines son la alimentación de este sensor. El pin green es por donde salen los datos de posición en forma de voltaje según sea la elongación del cable. La conexión que se realiza de este sensor en la tarjeta V1000 es explicada en la parte de hardware.

2.2.2 Sensor Omega LC101-25

En el caso de la selección del sensor de fuerza, la característica principal a cubrir era el rango de la medida de fuerza, ya que el anterior sensor aunque tenía un buen funcionamiento no abarcaba el rango deseado.

³⁷ Celesco Transducer Products, Inc. SP2 • Compact String Pot • Precision Potentiometric Output. Datasheet. versión: 5.0 last updated: June 10, 2008.



Figura 22. Sensor Omega LC 101-25³⁸

Al mirar las posibilidades existentes, el sensor que más se adapta a las características requeridas es el sensor Omega LC101-25 (ver figura 22), como se aprecia en la tabla 4, ya que este tiene el rango requerido.

CAPACITY		MODEL NO.		PRICE	COMPATIBLE METERS*	LOAD BUTTON		ROD END	
lb	kg	CABLE	CONN.			MODEL NO.	PRICE	MODEL NO.	PRICE
25	11	LC101-25	LC111-25	\$305	DP41-S, DP25B-S	LBC-014	\$40	REC-014M	\$25
50	23	LC101-50	LC111-50	305	DP41-S, DP25B-S	LBC-014	40	REC-014M	25
100	45	LC101-100	LC111-100	305	DP41-S, DP25B-S	LBC-014	40	REC-014M	25
200	91	LC101-200	LC111-200	305	DP41-S, DP25B-S	LBC-014	40	REC-014M	25
250	114	LC101-250	LC111-250	305	DP41-S, DP25B-S	LBC-012	40	REC-012M	45
500	227	LC101-500	LC111-500	305	DP41-S, DP25B-S	LBC-012	40	REC-012M	45
1000	455	LC101-1K	LC111-1K	305	DP41-S, DP25B-S	LBC-012	40	REC-012M	45
2000	909	LC101-2K	LC111-2K	305	DP41-S, DP25B-S	LBC-012	40	REC-012M	45
3000	1361	LC101-3K	LC111-3K	365	DP41-S, DP25B-S	LBC-058	45	REC-058M	69
5000	2269	LC101-5K	LC111-5K	445	DP41-S, DP25B-S	LBC-058	45	REC-058M	69
10,000	4537	LC101-10K	LC111-10K	465	DP41-S, DP25B-S	LBC-100	55	REC-100M	135
20,000	9074	LC101-20K	LC111-20K	675	DP41-S, DP25B-S	LBC-100	55	REC-100M	135
25,000	11,343	LC101-25K	LC111-25K	825	DP41-S, DP25B-S	LBC-100	55	REC-100M-1	250
30,000	13,612	LC101-30K	LC111-30K	825	DP41-S, DP25B-S	LBC-100	55	REC-100M-1	250
40,000	18,149	LC101-40K	LC111-40K	875	DP41-S, DP25B-S	LBC-114	60	REC-114M	95

Tabla 4. Sensores Omega.³⁸

Este rango se obtiene con la medida que se realiza en las suturas, teniendo como prioridad las suturas con el diámetro más delgado con un promedio de medida de fuerza de 0,0012Kg y con el diámetro más grueso con un promedio de medida de fuerza de 9,5Kg.

³⁸ URL: <http://www.omega.com>. S-Beam Load Cells. LC101 Datasheet Omega Engineering.

Otro de los puntos a favor del sensor Omega LC101-25 es su linealidad, ya que al ser lineal su manejo es mucho más sencillo. Uno de los criterios para elegir este sensor es su forma física, como se observa en la figura 22, ya que la anterior celda de carga o galga extensiométrica, es de las mismas dimensiones que las del sensor Omega LC101-25 y de esta forma no se requirieron hacer cambios en el Tensilómetro para su adaptación.

El sensor Omega LC101-25 posee cuatro pines, el primer pin es de color rojo, el segundo pin es de color negro, el tercero pin es de color blanco y el cuarto pin es de color verde, como se observa en la figura 23.

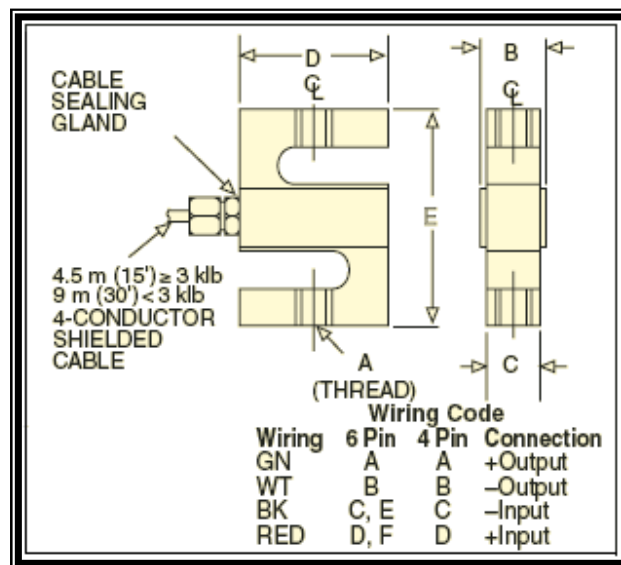


Figura 23. Conexión Sensor Omega LC101-25³⁹

Los pines uno y dos son la alimentación de la galga Omega LC101-25, el pin rojo es alimentado a 12 voltios y el pin negro es referenciado a tierra. Los otros dos pines son por donde salen los datos de fuerza, estos datos son dados en voltios, a una determinada fuerza sale un determinado voltaje, la parte negativa del dato de voltaje de salida es el pin blanco y la parte positiva es el pin verde. La conexión que se realiza de este sensor en la tarjeta V1000 es explicada en la parte de hardware.

³⁹ URL: <http://www.omega.com>. S-Beam Load Cells. LC101 Datasheet Omega Engineering.

2.2.3 Tarjeta USB

La tarjeta USB mostrada en la figura 24, es una tarjeta pre ensamblada en la FCV, que cumple la función de la comunicación. Esta tarjeta llamada por la FCV como tarjeta USB es más conocida como tarjeta FTDI.

En la selección de esta tarjeta la necesidad a cubrir fue el formato de datos a utilizar, por un lado el formato RS232 que son los manejados por el microcontrolador 18F452 y por el otro es un tipo de dato que pueda ser entendido por el computador y el formato más genérico es un formato USB.



Figura 24. Tarjeta USB.

Esta tarjeta es la encargada de la comunicación por medio de la conversión de datos de un sistema a otro, por ejemplo: la tarjeta USB contiene un integrado FT232BM como se muestra en la figura 26, el cual es el que realiza toda la comunicación, recibiendo los datos del microcontrolador 18F452 en formato RS232 y dados al computador en formato USB, o en forma inversa recibiendo los datos del computador en forma USB y entregados al microcontrolador en forma RS232.

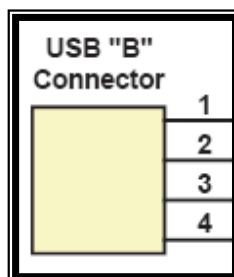


Figura 25. Conectores tarjeta USB⁴⁰

⁴⁰ URL: <http://www.ftdichip.com>. DS232B Version 1.0 – Initial document created 30 April 2002.

La alimentación de la tarjeta se realiza por dos puertos o pines, el pin 1 con +5v y el pin 4 con tierra, tiene otros dos pines, el pin 2 por el cual se realiza la transmisión de los datos y el pin 3 en el cual se realiza la recepción de estos. Se puede omitir la conexión del pin de +5v ya que se puede alimentar por el puerto USB (ver figura 25).

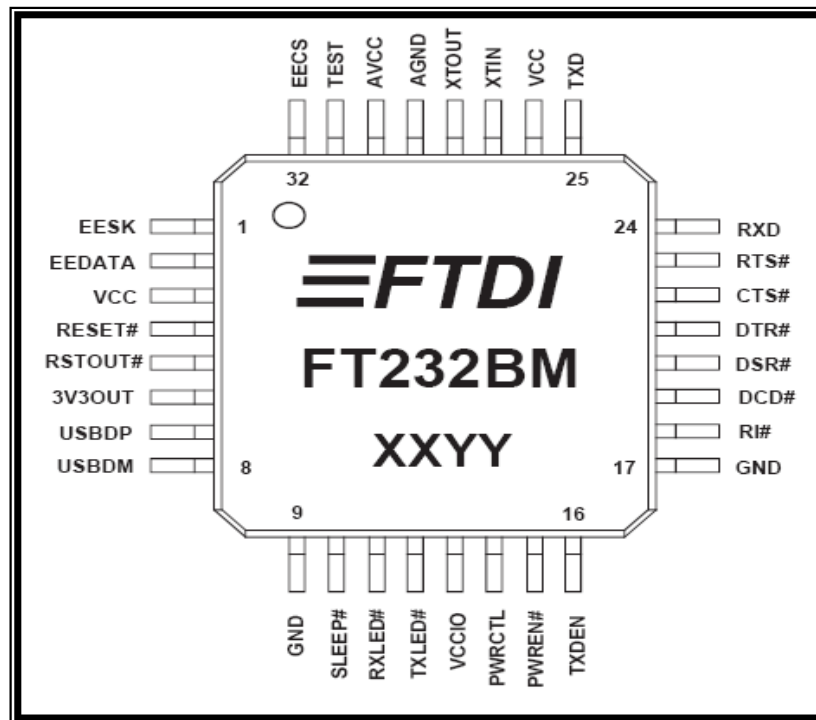


Figura 26. Integrado FT232BM.⁴¹

La conversión de los datos se van produciendo a medida que van llegando y así mismo se van entregando, esto quiere decir que no necesita forma de encendido por que siempre permanece encendida esperando los datos para la conversión.

Para el funcionamiento de la tarjeta se necesita la instalación de sus drivers o controladores los cuales son suministrados por el proveedor del producto en este caso la FCV. La conexión que se realiza de esta tarjeta con a tarjeta V1000 es explicada en la parte de hardware.

2.2.3.1 Instalación de la tarjeta USB

La tarjeta USB para que pueda ser reconocida por el computador y este reciba los datos que se quieren transmitir, es necesaria la instalación de unos drivers los cuales son suministrados por el proveedor, esta instalación es la única que se necesita para que el Tensilómetro V1000 funcione sin ningún problema.

⁴¹ URL: <http://www.ftdichip.com>. DS232B Version 1.0 – Initial document created 30 April 2002.

Para hacer mas sencilla la instalación se guardan los instaladores o drivers en un archivo llamado VCP Drivers Windows XP.

Primero se conecta la tarjeta USB en alguno de sus puertos USB al computador. En seguida aparece un cuadro como se aprecia en la figura 27.



Figura 27. Instalación 1.

Si se desea instalar el software automáticamente o desde una ubicación específica, se selecciona la opción que dice: Instalar desde una lista o ubicación específica (avanzado) y posteriormente se pulsa en Siguiente (ver figura 27).

Después aparece un cuadro como el de la figura 28 y se selecciona: Buscar el controlador mas adecuado en estas ubicaciones. Luego se selecciona: Incluir esta ubicación en la búsqueda, y pulsamos en Examinar.

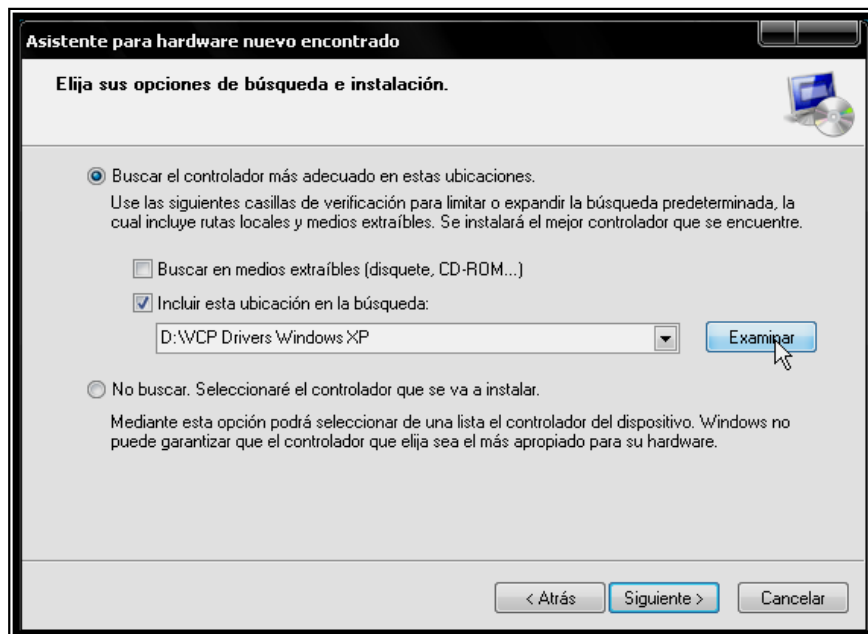


Figura 28. Instalación 2.

Después se selecciona la carpeta VCP Drivers Windows XP previamente descomprimida del CD de instalación de la tarjeta, en la unidad C o D del disco duro, (ver figura 29).

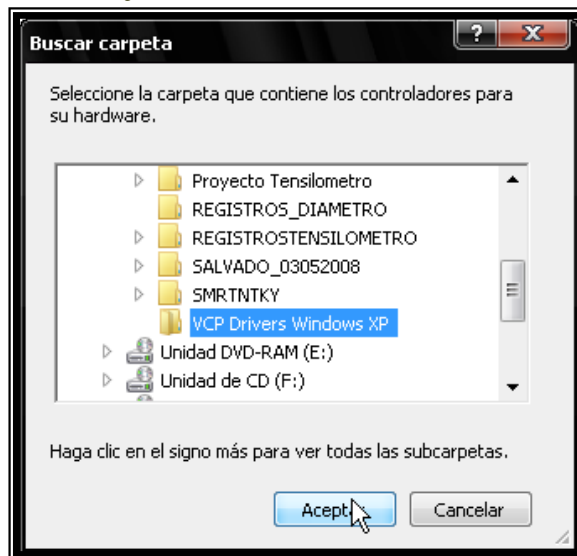


Figura 29. Instalación 3.

Después de tener la dirección seleccionada, se pulsa en Aceptar. Aparece nuevamente la ventana que dice: Elija sus opciones de búsqueda e instalación, y se pulsa en Siguiente (ver figura 30).

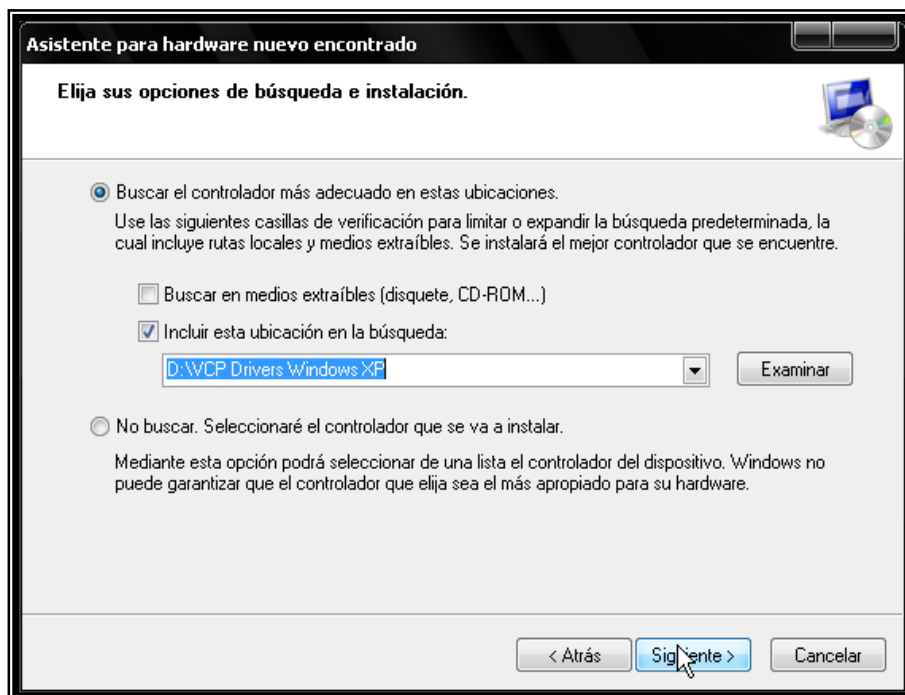


Figura 30. Instalación 4.

Posteriormente saldrá un cuadro como el que se observa en la figura 31, el cual indica que los drivers se están instalando.

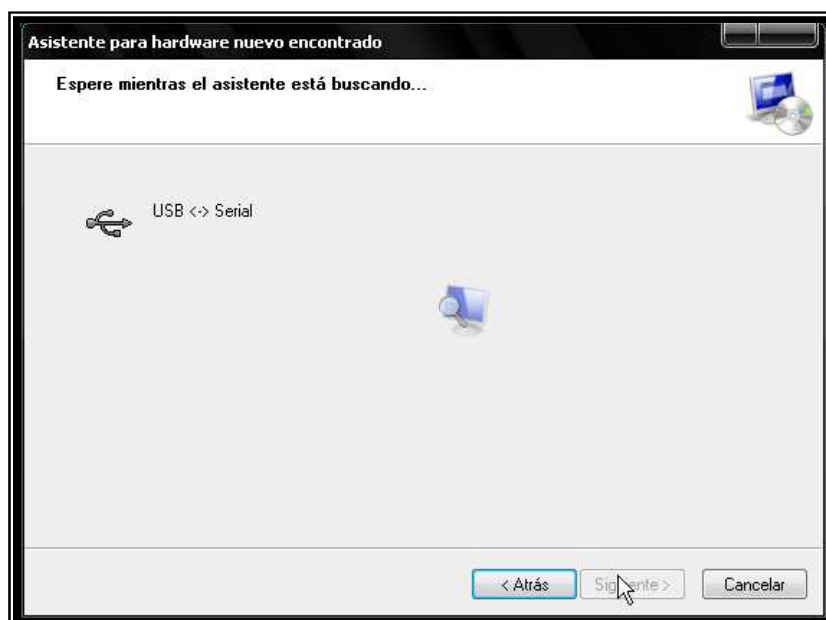


Figura 31. Instalación 5.

Después saldrá una ventana donde indicara el hardware que se instalo, que fue USB Serial Converter, y se pulsa en Finalizar. Esta pantalla desaparece (ver figura 32).



Figura 32. Instalación 6.

Inmediatamente después aparece una ventana solicitando la instalación del USB Serial Port.



Figura 33. Instalación 7.

Después se selecciona la opción instalar desde una lista o ubicación específica y damos se pulsa sobre el botón Siguiente (ver figura 33).

Después aparece otra ventana donde se selecciona la misma dirección de los controladores ya que estos mismos fueron gravados en la misma carpeta. Nuevamente se pulsa en Siguiente (ver figura 34).

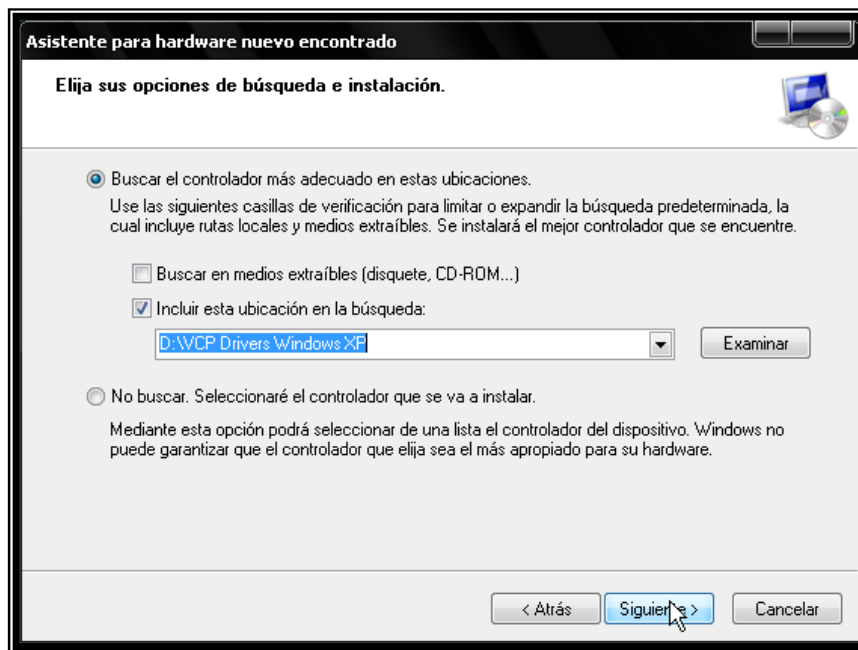


Figura 34. Instalación 8.

Después aparecerá una pantalla donde indica que se están instalando los drivers (ver figura 35).

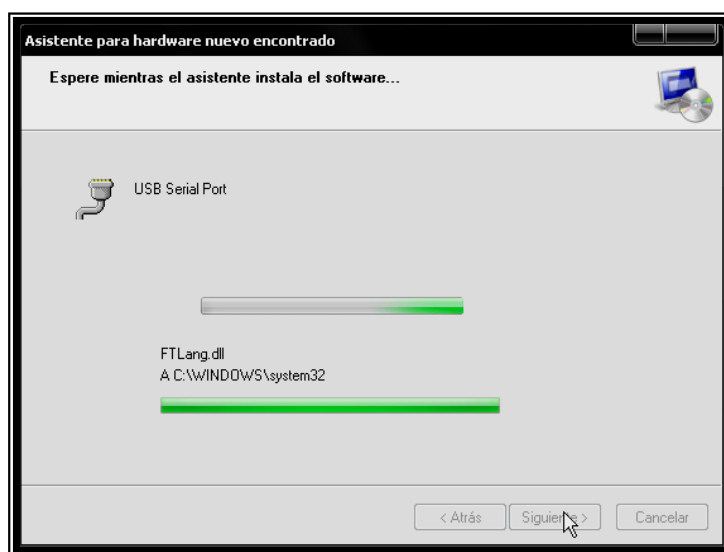


Figura 35. Instalación 9.

Al final aparecerá un último pantallazo el cual indica que el asistente ha terminado de instalar el software para el USB Serial Port (ver figura 36). Por ultimo se pulsa en Finalizar y así quedan instalados los drivers para la tarjeta USB.



Figura 36 Instalación 10.

En el administrador de dispositivos de Windows, se puede verificar que se encuentra instalado y listo para usarse el puerto USB Serial Port con su respectivo puerto de comunicaciones asignado (COM4), (ver figura 37).

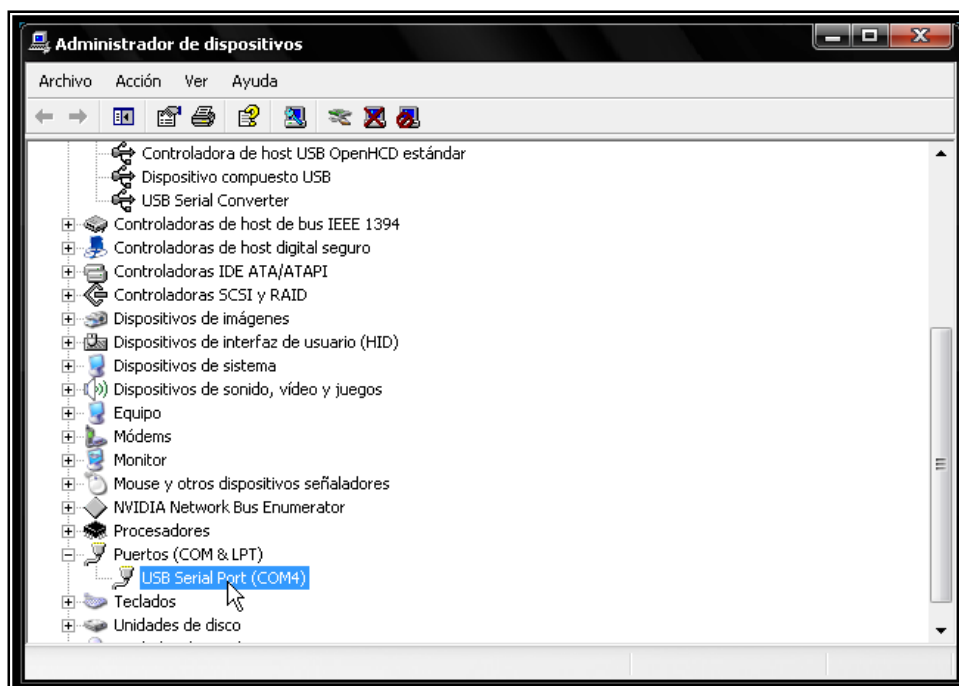


Figura 37. Instalación 11.

2.2.4 Finales de carrera VK15

La necesidad a cubrir en la selección de los finales de carrera son sus dimensiones, existiendo muchas opciones en el mercado que cumplen con esta necesidad se selecciona el final de carrera VK15.



Figura 38. Final de carrera.

Otro de los puntos para la selección del final de carrera VK15 mostrada en la figura 38, es su comercialidad ya que es uno de los más comunes en el mercado de la electrónica en Bucaramanga.

El final de carrera VK15 tiene tres pines, el primero llamado común el segundo llamado normalmente abierto y el tercero llamado normalmente cerrado, como se ve en la figura 39. En el funcionamiento del final de carrera se utilizan dos pines de los tres que posee, el común y el normalmente cerrado.

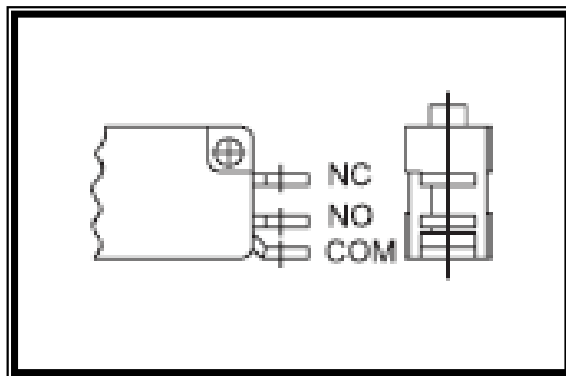


Figura 39. Conectores del Final de Carrera.

También posee dos posiciones la primera es cuando está sin oprimir y la segunda es cuando está oprimido, estas dos posiciones se manejan en el Tensilómetro V1000. El funcionamiento de los finales de carrera es el siguiente, cuando se encuentra oprimido se encuentra abierto enviando un cero digital al microcontrolador, mientras que cuando no está oprimido o normalmente cerrado envía un uno digital al microcontrolador.

2.2.5 Tarjeta V1000

La tarjeta V1000 es la encargada de integrar los diferentes módulos de control, comunicación y conversión de datos recibidos a través del microcontrolador y de los diferentes sensores en el Tensilómetro V1000.

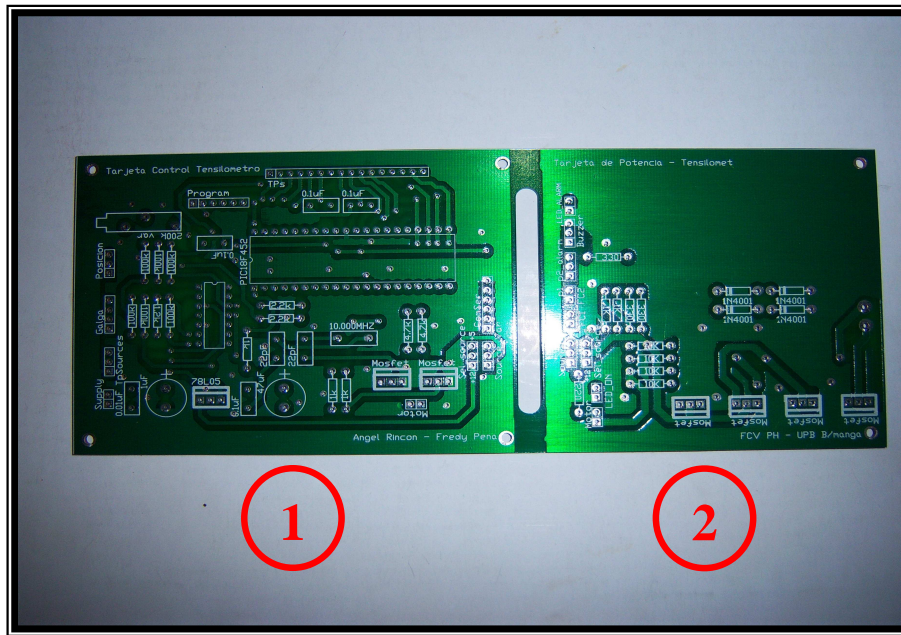


Figura 40. Tarjeta V1000.

En la figura 40 se aprecia la tarjeta V1000 la cual contiene un hardware no muy complejo, el cual se describe a continuación.

2.2.6 Hardware de la tarjeta V1000

El hardware de la Tarjeta V1000 es el resultado de varios diseños prototipos en protoboards y en tarjetas genéricas.

Este hardware se divide en dos partes, la primera -1- (ver figura 40), en la parte de control (*CIRCUITO ESQUEMATICO DE CONTROL – ANEXO A*) y la segunda -2- (ver figura 40), en la parte de potencia (*CIRCUITO ESQUEMATICO DE POTENCIA – ANEXO B*). Para un mejor entendimiento del hardware, sea de la parte de control o de la parte de potencia, este se divide en módulos, ya que cada módulo trabaja una parte o elemento específico. La tarjeta cuenta con alimentación de 5 voltios y de 12 voltios, los cuales son identificados como Vdoc para el voltaje de 12 voltios y Vdd para el voltaje de 5 voltios.

2.2.6.1 Hardware de control

En esta sección de control del hardware se tiene siete módulos afinadamente definidos como son los que se describen a continuación.

2.2.6.1.1 Módulo de funcionamiento del PIC 18F452

Para el funcionamiento del microcontrolador 18F452 son necesarios algunos voltajes de alimentación y algunos voltajes de referencia. Uno de ellos es MCLR el cual para su funcionamiento va a una resistencia de 1 kilo ohmio y luego a tierra.

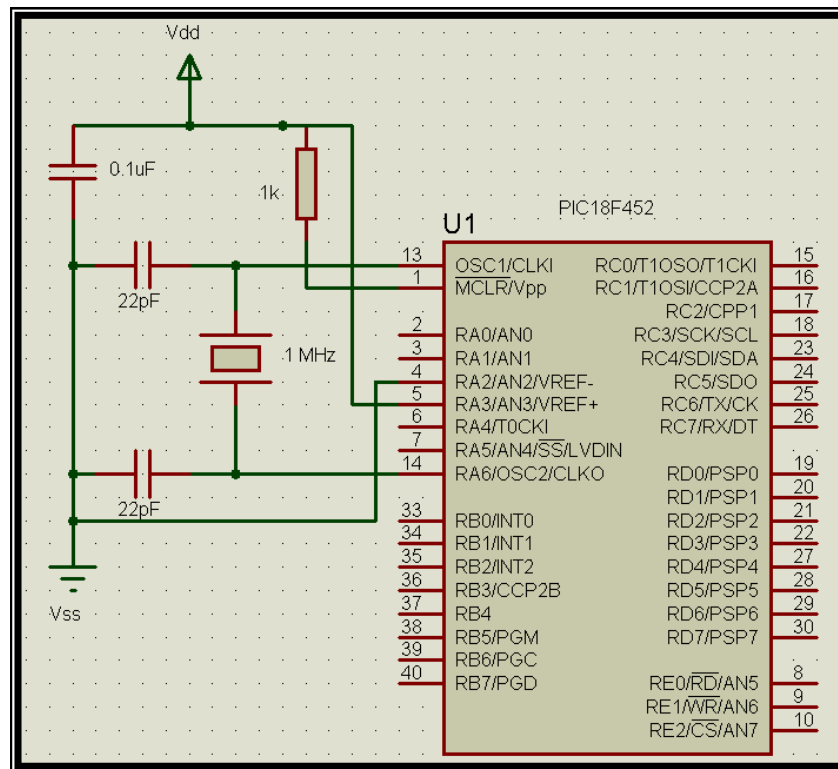


Figura 41. Módulo del funcionamiento del PIC 18F452.

Existen dos alimentaciones en este microcontrolador los cuales consta de cuatro pines, dos pines llamados VDD y otros dos pines llamados VSS, la alimentación es de 5 voltios en los pines VDD y de tierra a los pines VSS, existiendo un condensador entre cada VDD y VSS para estabilizar la señal del voltaje. Un voltaje de referencia el cual sirve para el funcionamiento de las entradas análogas las cuales son de 5 voltios para RA2 y de tierra para RA3. Es necesario un oscilador el cual es conectado en los pines OSC1 y OSC2 para la oscilación interna del funcionamiento del micro el cual es de 10 MHz, ver -MFP-(CIRCUITO ESQUEMATICO DE CONTROL – ANEXO A).

2.2.6.1.2 Módulo de alimentación

El módulo de alimentación es donde se alimenta la tarjeta V1000, la cual se alimenta a 12 voltios, tienen dos condensadores, uno cerámico de 0.01uF y el otro electrolítico de 1uF, los cuales son para suprimir los ruidos que se puedan presentar, el electrolítico para el ruido de bajas frecuencias y el cerámico para el ruido de alta frecuencia.

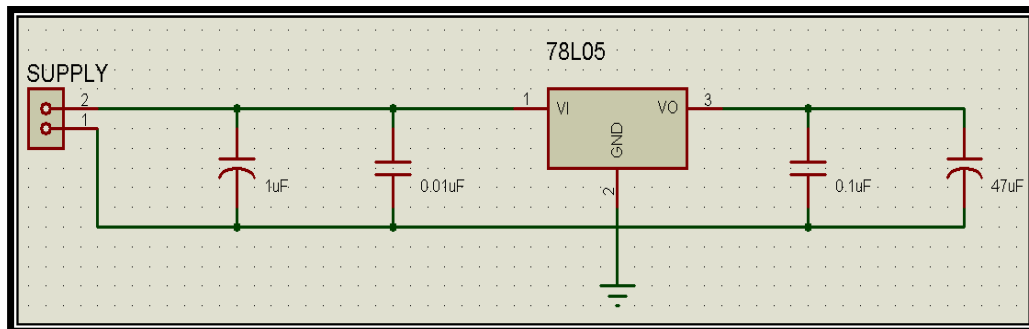


Figura 42. Módulo de alimentación.

La señal de alimentación ingresa al pin de entrada del regulador de voltaje 7805 y en su salida se hallan 5 voltios con sus respectivos condensadores los cuales tienen el mismo funcionamiento que los anteriormente descritos. El voltaje de 12 voltios es tomado de una fuente utilizada únicamente para este fin (ver figura 42). Ver -MA- (CIRCUITO ESQUEMATICO DE CONTROL – ANEXO A).

2.2.6.1.3 Módulo de programación

Este módulo aunque es muy sencillo es de gran relevancia ya que explica el porque de su configuración.

Este módulo cuenta con un mol de 6 pines los cuales van en un orden específico dado por la arquitectura del microcontrolador PIC18F452, de modo que sea posible la programación del mismo estando integrado a la tarjeta V1000.

Para que la programación del microcontrolador se lleve a cabo se requiere de una alimentación a 5 voltios, una referencia a tierra, conexión con el MCLR y la conexión a los dos pines de programación del microcontrolador (ver figura 43). Ver -MP- (CIRCUITO ESQUEMATICO DE CONTROL – ANEXO A).

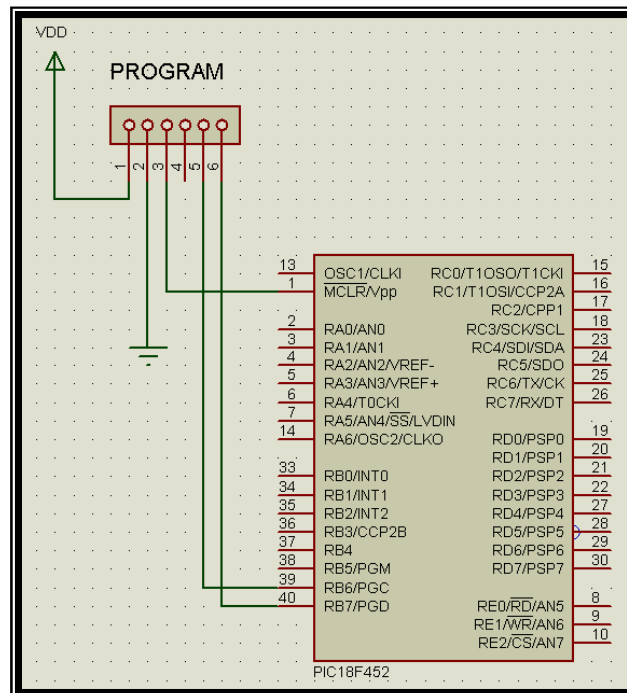


Figura 43. Módulo de programación.

2.2.6.1.4 Módulo de transmisión

El módulo de transmisión es el encargado de comunicar al microcontrolador con la tarjeta USB, en cual implica dos pines del microcontrolador. El pin RC7 el cual es de recepción y el pin RC6 el cual es el de transmisión.

El módulo USB es necesario alimentarlo con 5 voltios, esta alimentación se omite ya que la tarjeta USB realiza esta alimentación a través del computador (*ver figura 44*).

En la grafica aparece un mol de 6 pines, de los cuales se utilizan 3, el de transmisión, el de recepción y tierra, ya que la tarjeta USB necesita esta configuración para su funcionamiento. Ver -MT- (*CIRCUITO ESQUEMATICO DE CONTROL – ANEXO A*).

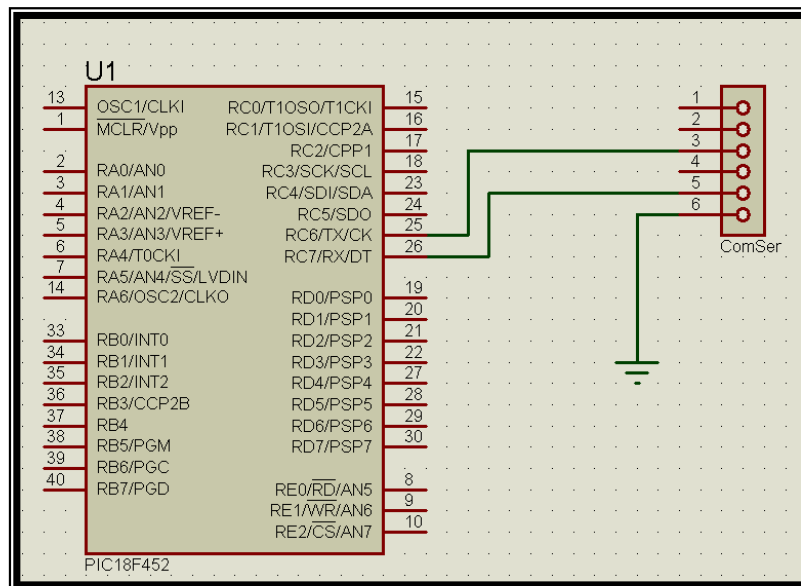


Figura 44. Módulo de transmisión.

2.2.6.1.5 Módulo de posición

El módulo de posición explica la conexión para el funcionamiento del sensor de posición, el cual es una resistencia lineal. El sensor posee tres pines uno es alimentado a 5 voltios, otro va conectado a tierra y el tercer pin es donde se obtiene un voltaje según la distancia de elongación (*ver figura 45*).

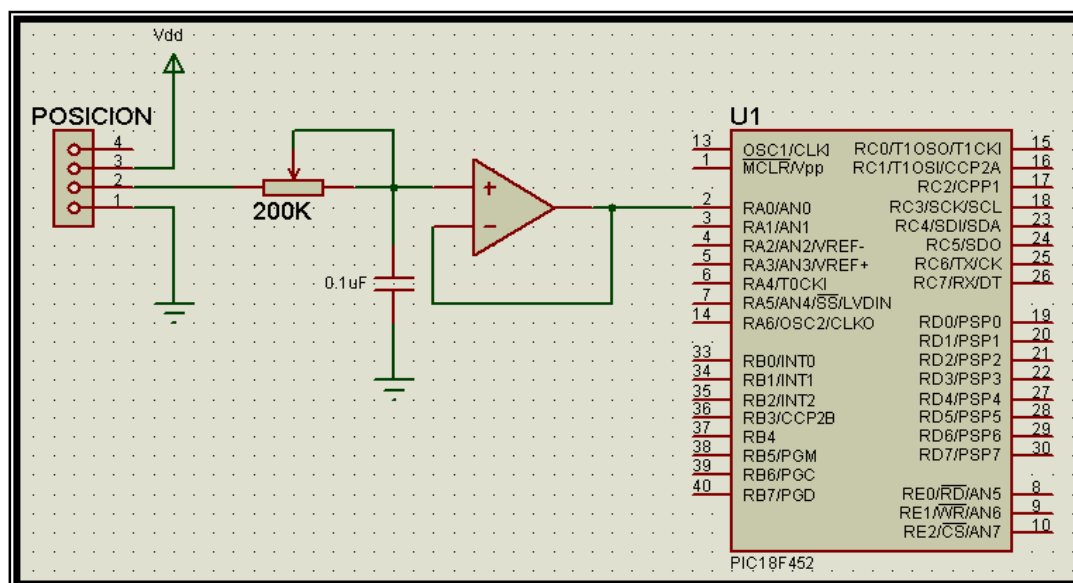


Figura 45 Módulo de posición.

La salida del sensor se conecta a una resistencia y a un condensador, los cuales forman un filtro pasivo pasa bajos y se conecta a un amplificador seguidor no inversor para aumentar la impedancia de la señal para que llegue un voltaje más estable al microcontrolador por el pin RA0. Ver -MP- (CIRCUITO ESQUEMATICO DE CONTROL – ANEXO A).

2.2.6.1.6 Módulo de fuerza

El módulo de fuerza explica la conexión para el funcionamiento de la galga.

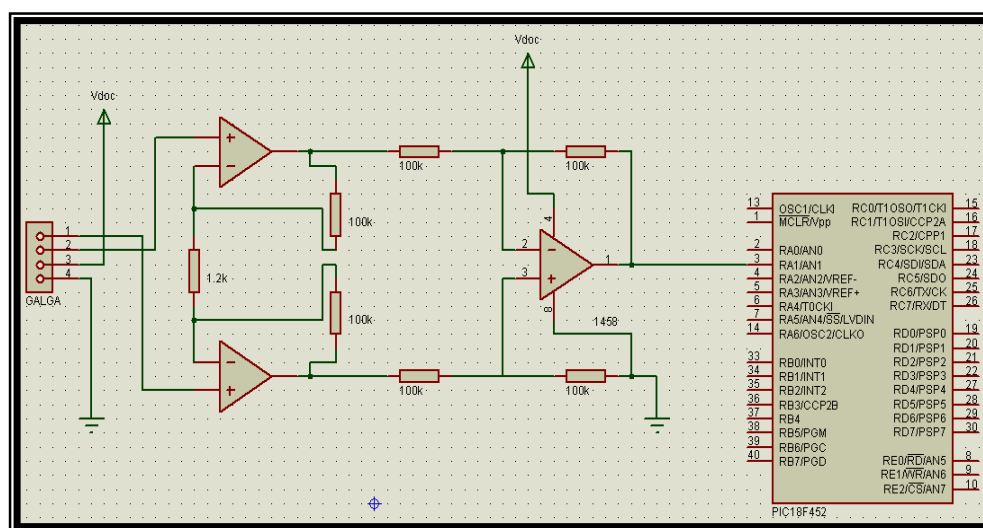


Figura 46. Módulo de fuerza.

La galga es alimentada para su funcionamiento, sus salidas van a un amplificador de instrumentación el cual adapta la señal de 0 a 5 voltios para manejarla en el microcontrolador. El orden de la alimentación y de sus salidas es dado en el módulo de amplificador de instrumentación. La salida del amplificador de instrumentación en la figura 46, va conectada al microcontrolador en RA1 que está configurada como entrada analógica. Ver -MF- (CIRCUITO ESQUEMATICO DE CONTROL – ANEXO A).

2.2.6.1.6.1 Módulo de amplificador de instrumentación

Un amplificador de instrumentación es un dispositivo electrónico creado a partir de amplificadores operacionales⁴². Está diseñado para tener una alta impedancia de entrada y un alto rechazo al modo común. Se puede construir a base de componentes discretos como se realizó en el desarrollo de la automatización, o se puede encontrar encapsulado.

La estructura del amplificador operacional puede observarse en la figura 47.

⁴² J. Drake, “Tema III: El amplificador de instrumentación”, Instrumentación electrónica de comunicaciones, Universidad de Cantabria, Santander, España 2005.

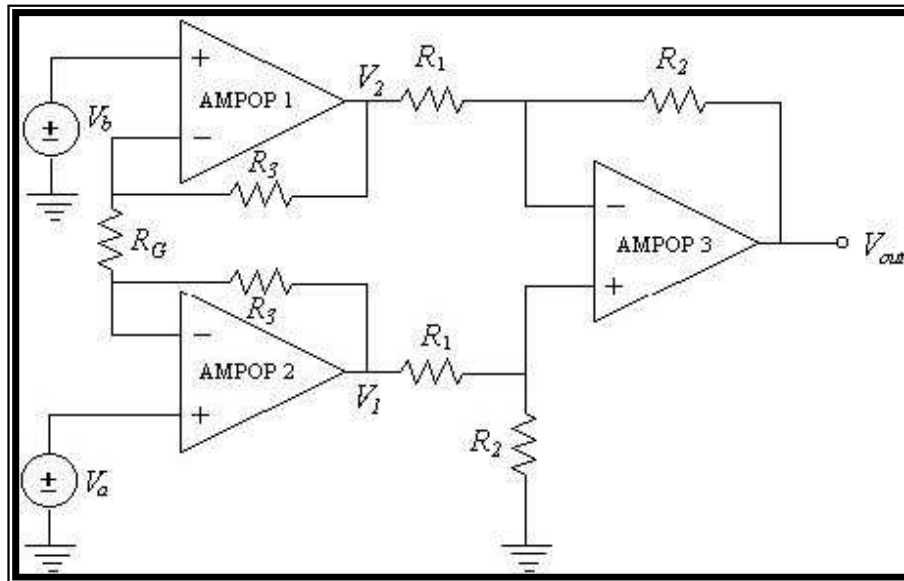


Figura 47. Amplificador de Instrumentación.⁴³

En la etapa de salida del amplificador de instrumentación (AMPOP 3) es un amplificador diferencial o como restador, donde la ganancia de esta parte es la siguiente:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} (V_1 - V_2)$$

Formula 1. Voltaje de salida.⁴³

Lo siguiente en el análisis del amplificador es calcular los voltajes correspondientes a V_1 y V_2 .

Para V_1 : Como se puede observar en la figura 47, el pin negativo del AMPOP 1 está a V_b , por lo que queda la siguiente configuración para el AMPOP 2 (ver figura 48).

⁴³ J. Drake, "Tema III: El amplificador de instrumentación", Instrumentación electrónica de comunicaciones, Universidad de Cantabria, Santander, España 2005.

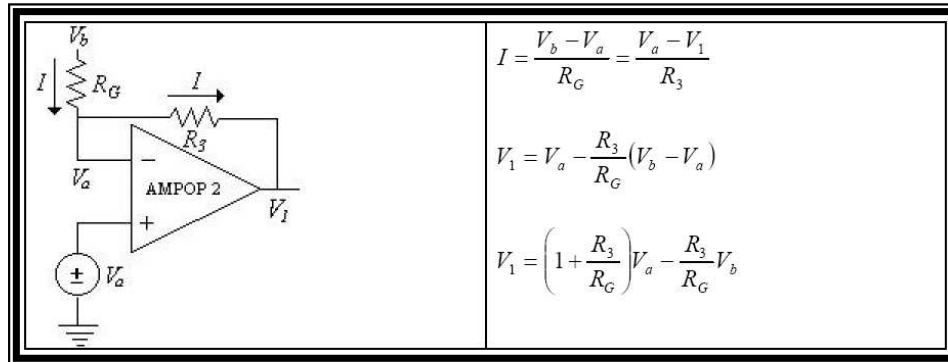


Figura 48. Configuración amplificador 2.⁴⁴

Para V2: En este caso el pin negativo del AMPOP 2 en la figura 47, se encuentra referenciado a Va, lo cual produce la siguiente configuración para el AMPOP 1.

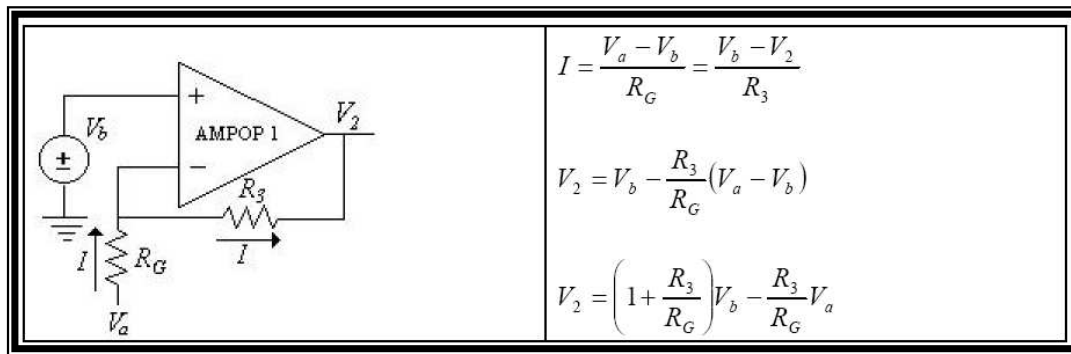


Figura 49. Configuración amplificador 1.⁴⁴

De la ecuación del restador sabemos que:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1}(V_1 - V_2)$$

Formula 2. Voltaje de salida1.⁴⁴

Por lo tanto, si se reemplaza V1 y V2 en Vout se tiene:

⁴⁴ J. Drake, "Tema III: El amplificador de instrumentación", Instrumentación electrónica de comunicaciones, Universidad de Cantabria, Santander, España 2005.

$$\begin{aligned}
 V_{out} &= \frac{R_2}{R_1} \left(\left(\left(1 + \frac{R_3}{R_G} \right) V_a - \frac{R_3}{R_G} V_b \right) - \left(\left(1 + \frac{R_3}{R_G} \right) V_b - \frac{R_3}{R_G} V_a \right) \right) \\
 V_{out} &= \frac{R_2}{R_1} \left(\left(1 + \frac{R_3}{R_G} \right) V_a - \frac{R_3}{R_G} V_b - \left(1 + \frac{R_3}{R_G} \right) V_b + \frac{R_3}{R_G} V_a \right) \\
 V_{out} &= \frac{R_2}{R_1} \left(\left(1 + \frac{2R_3}{R_G} \right) V_a - \left(1 + \frac{2R_3}{R_G} \right) V_b \right) \\
 V_{out} &= \frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{2R_3}{R_G} \right) (V_a - V_b)
 \end{aligned}$$

Formula 3. Resultado voltaje de salida.⁴⁵

Para obtener una formula de ganancia más practica, es conveniente asumir que R2 sea igual a R1 entonces la formula obtenida es:

$$V_{out} = \left(1 + \frac{2R_3}{R_G} \right) (V_a - V_b)$$

Formula 4. Voltaje de salida final.⁴⁵

Para la verificación del funcionamiento de Amplificador de instrumentación anteriormente explicado, se realizaron medidas donde se ingresaban valores de voltajes conocidos y se median los valores resultantes de este Amplificador de instrumentación, se realizaba lo mismo en la formula 4, donde al tener el valor de voltaje de entrada se sabe el valor de voltaje de salida, se compara el valor de voltaje medido con el valor de voltaje hallado y los resultados son los esperados, siendo iguales.

⁴⁵ J. Drake, "Tema III: El amplificador de instrumentación", Instrumentación electrónica de comunicaciones, Universidad de Cantabria, Santander, España 2005.

2.2.6.1.7 Módulo del motor

El módulo del motor se encarga del manejo de un motor DC de 30 voltios, que es alimentado a 12 voltios.

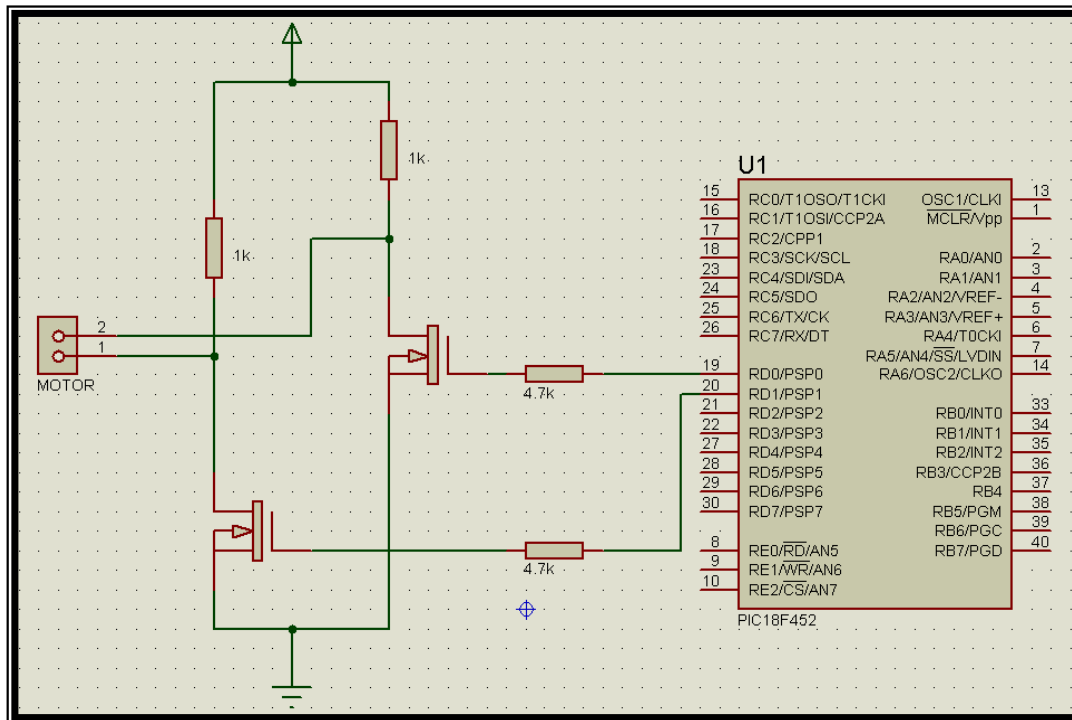


Figura 50. Módulo del motor.

El motor es controlado por una lógica configurada con transistores mosfet, que a su vez activan o desactivan el funcionamiento e inversión del motor según la señal dada por el microcontrolador por los puertos RD0 y RD1 como se aprecia en la figura 50. En RD0 y RD1 el microcontrolador envía señales de voltaje ya sea 0 lógico para 0 voltios y 1 lógico para 5 voltios. Cuando RD1 esta en 1 y el RD0 en 0 se mueve en un sentido (izquierda), y cuando RD1 esta en 0 y el RD0 esta en 1 se mueve en sentido contrario (derecha). Los transistores funcionan como interruptores, cuando existe un 1 en la compuerta, entra en conducción el mismo y cuando hay un 0 en la compuerta, no conduce el transistor. Ver - MM- (CIRCUITO ESQUEMATICO DE CONTROL – ANEXO A).

2.2.6.2 Hardware de potencia

En el módulo llamado potencia establece el modo de operación del motor, y es llamado de potencia por manejar un voltaje mayor al voltaje de alimentación y una corriente mayor que utiliza los demás dispositivos electrónicos de la tarjeta V1000.

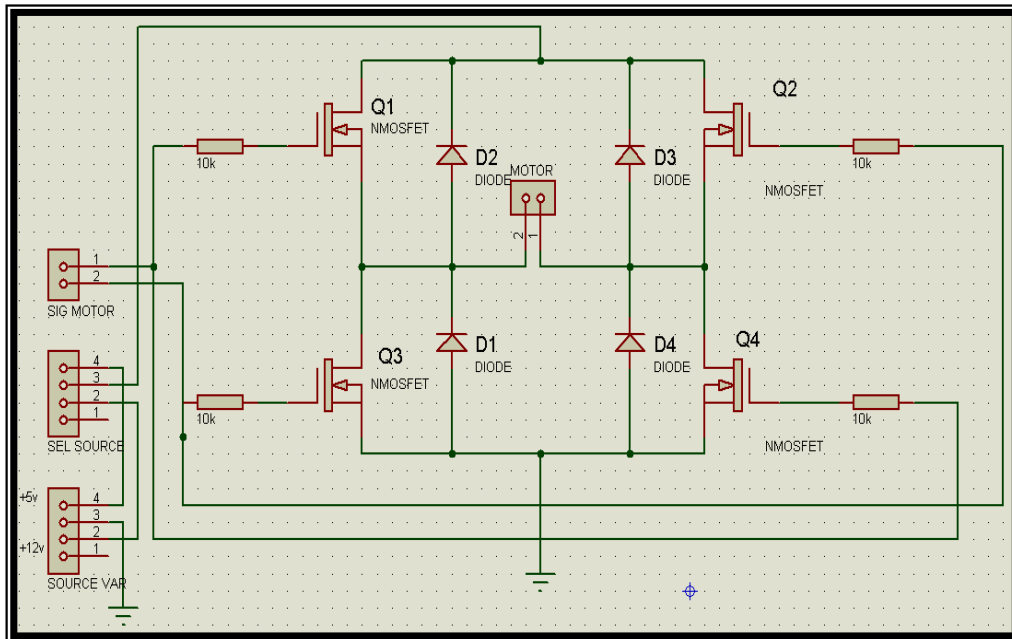


Figura 51. Hardware potencia.

En la figura 51, se muestra el esquema del circuito de la parte de potencia, en el cual se observa un conector de 3 pines llamado Sel Source. En uno de sus extremos esta conectado a 5 voltios y al otro extremo esta conectado a 12 voltios y el pin de la mitad es el que alimenta al motor.

Este conector es diseñado para variar el voltaje de alimentación del motor, si se quiere que el motor este conectado a 5 voltios se instala un puente o jumper entre el pin de la mitad y el que esta conectado a 5 voltios, y si se quiere 12 voltios se instala un puente entre el pin de la mitad y el pin que esta alimentado a 12 voltios. Con esta opción se maneja la velocidad del motor.

El manejo del motor se hace a través de dos puertos en el microcontrolador los cuales vienen dados por los pines RD0 y RD1, Al tener 0 voltios a RD0, esta señal alimenta el la compuerta del transistor mosfet 1 y 4, y cuando RD1 tiene 0 voltios alimenta las compuertas de los mosfet 2 y 3.

2.3 Software Tensilómetro V1000

Conociendo de ante mano las herramientas a utilizar gracias al conocimiento dado durante el ciclo de estudio y aprendizaje de la electrónica, se desarrolla la programación que da la aplicación al Tensilometro V1000. En el proyecto existen dos herramientas de programación empleadas, una se utiliza para la configuración y desarrollo de funciones en el microcontrolador 18f442 por medio del lenguaje assembler MPLAB, y el otro en el computador en lenguaje grafico LabVIEW.

Estos programas se diseñaron paralelamente ya que sus funcionamientos son dependientes uno del otro, por ello ambos se rigen bajo el siguiente plan de configuración y ejecución descrito por el diagrama de flujo de la figura 52.

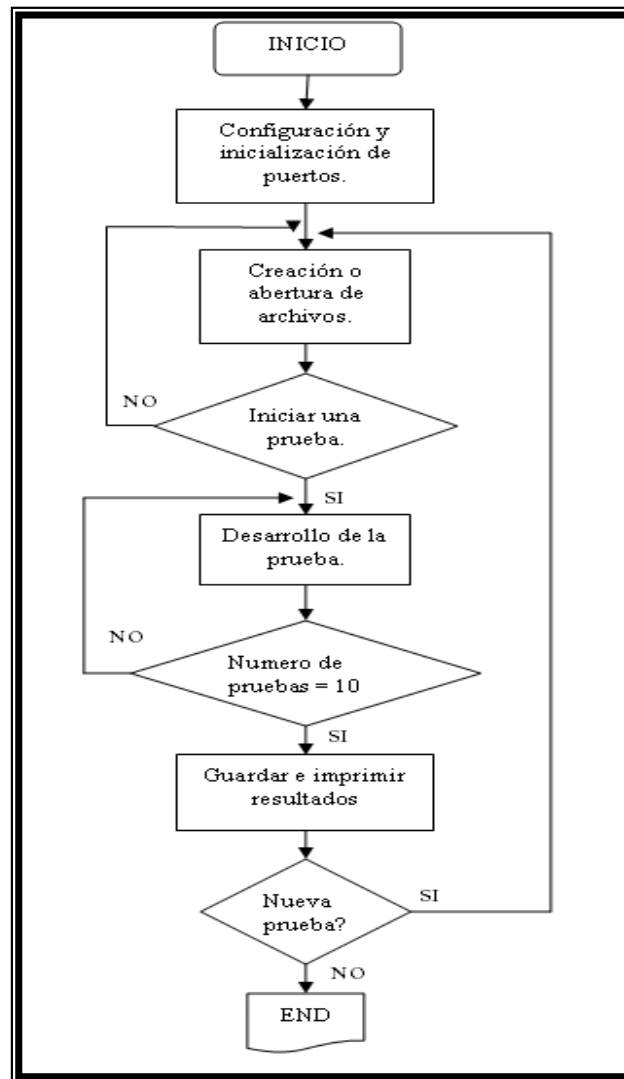


Figura 52. Diagrama de Flujo General.

En la figura 52 se tiene un diagrama de flujo el cual brinda una idea general del funcionamiento del Tensilometro V1000. En este diagrama de flujo se da inicio, que representa cuando el Tensilometro es encendido. Luego se inicializan y se configuran los puertos de ambos programas, después de esto se crea o se abre un archivo donde es guardada las pruebas realizadas ya que puede ser una prueba que no se ha terminado de realizar. Se desarrolla una prueba hasta que se toman diez muestras de suturas que pasen de manera exitosa los valores estándar de calidad, se realizan diez, ya que este es el numero de muestras suficientes que exige las normas para la comprobación de su estado de calidad. Una vez esto ocurra se almacenan los datos y se imprime si es requerido. Después se tiene la opción de realizar una nueva prueba si es requerida y si no se finaliza el programa.

Para un mejor detalle en el desarrollo de este documento con base a la programación empleada en la automatización, a partir de este punto se esquematiza por medio de diagramas de flujo individuales en los cuales se pretenderá dar una idea más general de la programación creada.

A partir de estos diagramas de flujo se desglosaran parte por parte para dar una explicación enfatizada en las secciones primordiales del programa.

2.3.1 Software de microcontrolador

El software del microcontrolador posee una secuencia, pero esta secuencia es dependiente de las interrupciones que se manejan en este programa.

En este programa se encuentran tres tipos de interrupciones, las cuales son: desbordamiento del TMR0, conversión A/D y recepción de datos por medio del modulo USART.

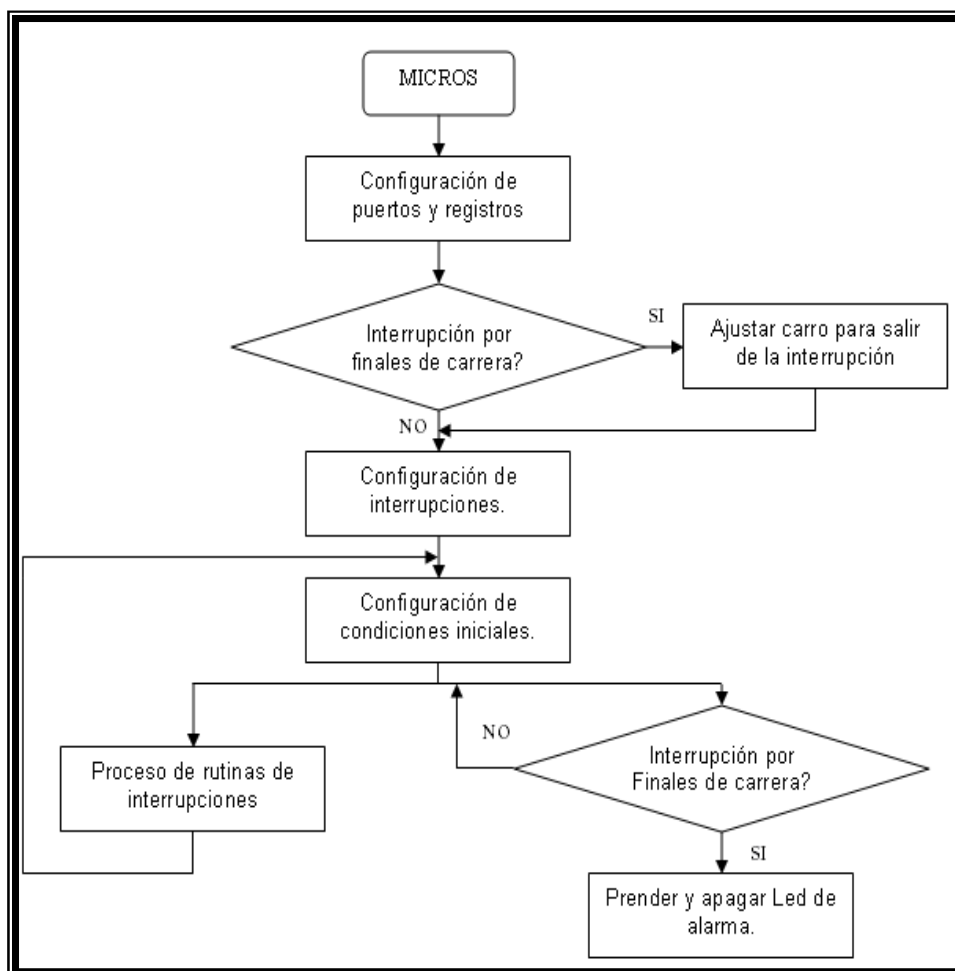


Figura 53. Diagrama de flujo correspondiente al microcontrolador.

En la figura 53 se observa un diagrama de flujos donde se explica el programa realizado para el microcontrolador 18f442.

2.3.1.1 Configuraciones

Como todo programa lo primero a realizar son las configuraciones.

En el caso del Tensilómetro V1000 se dividieron en tres tipos de configuraciones como son:

- a) Configuración de Puertos y Registros.
- b) Configuración de Interrupciones.
- c) Configuración de Condiciones Iniciales.

2.3.1.1.1 Configuración de puertos y registros

En esta parte es donde se configuraron los puertos y registro de propósito general que se utilizan para la operación del microcontrolador a emplear. Las configuraciones necesarias a conocer son, del puerto A entradas RA0 y RA1 donde ingresan las señales de los sensores, RA2 y RA3 para el voltaje de referencia de la conversión.

```
MOVLW    B'11111111'  
MOVWF    TRISA
```

En el puerto B entradas RB0 y RB1 de los finales de carrera y RB2 y RB3 para la salida del led de alarma y el buffer.

```
MOVLW    B'11110011'  
MOVWF    TRISB
```

En el puerto C entrada RC7 para recepción y RC6 salida para transmisión de la comunicación.

```
MOVLW    B'10111111'  
MOVWF    TRISC
```

Del puerto D las salidas RD0 y RD1 para manejar el motor.

```
MOVLW    B'11111100'  
MOVWF    TRISD
```

En el ADCON0 se selecciona la velocidad de la frecuencia de muestreo con los bits 7 ADCS1 y 6 ADCS0 y con esto queda seleccionada la velocidad de conversión que es de $F_{osc}/16$. Los bits 5, 4 y 3 son con los cuales se selecciona el canal a convertir en la conversión A/D, por ahora no importan. El bit 2 es una bandera que me indica si esta

convirtiendo por ahora es cero. El bit 1 no es tomado en cuenta y el bit 0 sirve para activar la conversión.

```
MOVLW    B'01000001'  
MOVWF    ADCON0
```

Del ADCON1 se selecciona justificación a la derecha con el bit 7 ADFM, el bit 2 es el ADCS2 que es para seleccionar la frecuencia de oscilación a 1/16 ($F_{osc}/16$), los bits 5 y 4 se configuran en cero, no realizan nada. Los bits 3, 2, 1 y 0 son los encargados de seleccionar cuantos canales de conversión se trabajan y muestra cuales son los voltajes de referencia positivo y negativo.

```
MOVLW    B'11001101'  
MOVWF    ADCON1
```

En el TXSTA se configura el bit 7 CSRC no importa ya que es comunicación asíncrona, el bit 6 TX9 selecciona la transmisión de 8 bits y no de 9 bits. El bit 5 TXEN habilita la conversión, el bit 4 SYNC selecciona el modo de la transmisión si es asíncrona o síncrona con un 0 es asíncrona. El bit 3 no importa recomendado poner en 0, el bit 2 BRGH da la opción de alta velocidad o baja velocidad, es recomendable alta velocidad bit en 1. El bit 1 es una bandera indicadora recomendable poner en 0. El bit 0 es el noveno bit de la transmisión de dato como no se utiliza se pone en 0.

```
MOVLW    B'00000100'  
MOVWF    TXSTA
```

Al tener alta velocidad con el BRGH y configurando el SPBRG con .64 se obtiene una velocidad de transmisión, que es a 9620 baudios.

```
MOVLW    .64  
MOVWF    SPBRG
```

En el RCSTA se configuran los puertos de transmisión con el bit 7 SPEN en 1, el bit 6 configura para la recepción de 8 bits y no de nueve, bit en 0. El bit 5 es 0 por que la comunicación es asíncrona. El bit 4 CREN activa la recepción asíncrona se configura en 1. El bit 3 es 0 para recibir todos los bits y no detectar las direcciones de donde vienen. Los bits 2 y 1 es para registrar errores, no se utilizan su configuración es 0. El bit 0 es el noveno bit de transmisión que no se utiliza su configuración es 0.

```
MOVLW    B'10010000'  
MOVWF    RCSTA
```

Después de configurar puertos y registros se realiza la interrupción por los finales de carrera.

```
BTFSC    PORTB, 00  
GOTO     APW
```

	CALL	AJUST1
	GOTO	FZQ
APW	BTFSC	PORTB, 01
	GOTO	FZQ
	CALL	AJUST2
FZQ		

La primera vez que se pregunta es para saber si el carro esta totalmente en alguno de sus lados, en cualquiera de los extremos ya sea a la izquierda o a la derecha este presionando uno de los finales de carrera y lo que realiza es acomodar, si esta a la izquierda mueve el carro durante un tiempo a la derecha hasta que deje de presionar este final de carrera y si esta a la derecha se mueve el carro a la izquierda por un tiempo hasta que deje de presionar este final de carrera.

2.3.1.1.2 Configuración de interrupciones

Aquí se configuran las interrupciones a usar, se activan y se les da alta prioridad.

El ADIF en 0 es asegurando que la bandera que me indica la interrupción por conversión empiece en 0. 0 no hay interrupción, 1 si hay interrupción.

```
BCF      PIR1,ADIF
```

El ADIE en 1 activa la interrupción por conversión A/D. 1 la activa, 0 la desactiva.

```
BSF      PIE1,ADIE
```

El PEIE en 1 activa la interrupción de periféricos y las interrupciones de baja prioridad.

```
BSF      INTCON,PEIE
```

El GIE en 1 habilita las interrupciones globales

```
BSF      INTCON,GIE
```

El IPEN en 1 habilita las prioridades de las interrupciones.

```
BSF      RCON,IPEN
```

El ADIP en 1 habilita la prioridad alta de la interrupción por A/D.

```
BSF      IPR1,ADIP
```

El RCIE en 1 habilita la interrupción de recepción USART.

```
BSF      PIE1,RCIE
```

El RCIP en 1 habilita la prioridad alta de la interrupción de recepción USART.

```
BSF      IPR1,RCIP
```

El TMR0IE en 1 habilita la interrupción por el TMR0.

```
BSF      INTCON,TMR0IE
```

El TMR0IP en 1 habilita la prioridad alta en la interrupción por TMR0.

```
BSF      INTCON2,TMR0IP
```

2.3.1.1.3 Configuración de condiciones iniciales

En esta configuración se asegura que el led este apagado el motor este quieto y limpia todos los registros propios.

En los bits 2 y 3 del PORTB están el led que nos indica error y el pito que nos indica el error en forma sonora.

```
BCF      PORTB,02  
BCF      PORTB,03
```

El PORTC se pone en cero ya que es el Puerto por donde entran los datos y es mejor iniciarlo en cero, y se para el movimiento del motor con un 1 en los bits 0 y 1 del PORTD.

```
CLRF     PORTC  
BSF      PORTD,00  
BSF      PORTD,01
```

Se pone en cero todos los registros de uso propio que se utilizan para que estos empiecen desde cero ya que se utilizaran para el envío de datos, recepción de datos y bandera. Cada uno es explicado detalladamente más adelante.

```
CLRF     PALABVI  
CLRF     BANDE  
CLRF     RX2  
CLRF     RX1  
CLRF     TIP  
CLRF     TIP1  
CLRF     RECIV  
CLRF     MALB
```

2.3.1.2 Interrupciones

En esta parte se da lugar a la explicación de cómo son utilizadas las interrupciones anteriormente nombradas, serán explicadas una por una para su mejor entendimiento.

En la figura 54 se observa un diagrama de flujo donde se da una idea de cómo funciona el software cuando ocurre una interrupción y como descifra cual de las tres interrupciones fue la que ocurre.

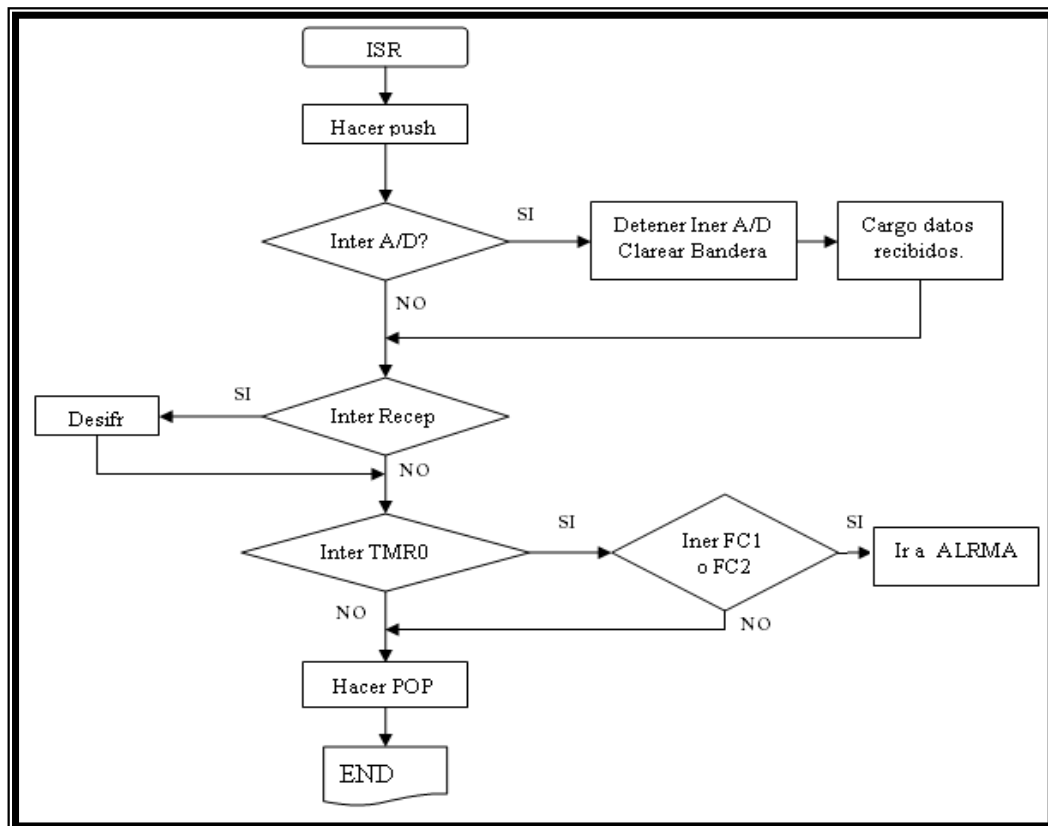


Figura 54. Diagrama de flujo interrupciones.

En el diagrama de flujo de la figura 54 se observa que al suceder una interrupción se realiza un proceso, cada proceso se explica con su debida interrupción.

Al presentarse una interrupción el programa se dirige directamente al ISR, lo primero a realizar es guardar un archivo llamado W y otro llamado STATUS, los cuales se encargan de las operaciones matemáticas. A este proceso se le conoce como push.

```
MOVWF    WTEMP
SWAPF    STATUS,00
MOVWF    STATUSTEMP
```

Al terminar de realizar la interrupción y antes de salir recupera los datos de los archivos W y STATUS con un proceso llamado pop.

SWAPF	STATUSTEMP,00
MOVWF	STATUS
SWAPF	WTEMP,01
SWAPF	WTEMP,00

Después de haber recuperado los datos de los archivos W y STATUS sale del ciclo de las interrupciones.

2.3.1.2.1 Interrupción A/D

La interrupción por conversión A/D se puede dar por medio de dos canales por los cuales entran los datos a convertir, pueden ser por el canal RA0 la señal del sensor de posición y por el canal RA1 la señal del sensor de fuerza. Lo primero que se debe hacer para utilizar esta interrupción es escoger el canal que se quiere convertir, para seleccionar el canal se realiza con los BITS 3,4 y 5 del ADCON0, por ejemplo se elije el canal RA0.

BCF	ADCON0,03
BCF	ADCON0,04
BCF	ADCON0,05

Esta interrupción se activa en el momento que le llega algún dato para convertir, como en todo momento hay datos para convertir esta interrupción en el programa se activa y se desactiva. Esta interrupción se desactiva cuando queremos revisar la interrupción por escritura y se activa cuando se requiere dar datos ya sean de posición o de fuerza.

Para activar la interrupción por conversión y la conversión, es necesario poner en 1 o set el BIT GO del registro ADCON0 y el BIT ADIE del registro PIE1.

BSF	ADCON0,GO
BSF	PIE1,ADIE

Una vez que se activa la interrupción por conversión y se activa la conversión, se pregunta por esta interrupción por medio de la bandera ADIF del PIR1, si esta interrupción no es la que esta activada, salta a preguntar por las otras interrupciones, pero si es la que esta activada realiza los siguientes pasos.

BTFSS	PIR1,ADIF
GOTO	OTHER

Deshabilita esta interrupción, clarea la bandera PIR1 y detiene la conversión.

BCF	PIR1,ADIF
BCF	PIE1,ADIE
BCF	BANDE,00
BCF	ADCON0,GO

Luego se carga los datos recibidos.

```
MOVF    ADRESH,W
MOVWF   VX1
MOVF    ADRESL,W
MOVWF   VX
```

Al ser cargados los datos de la conversión A/D, sale de la interrupción y vuelve donde se encontraba. Como esta interrupción es activada cuando es requerida, después de salir de la interrupción convierte los datos cargados y activa esta interrupción para realizar este procedimiento dos veces.

```
          BSF      ADCON0,GO
          BSF      PIE1,ADIE
KDY       BTFSS    BANDE,00
          GOTO     KDY
          BCF      ADCON0,GO
          BCF      PIE1,ADIE
```

La conversión se realiza dos veces para dar mas estabilidad a los voltajes de referencia y a las señales análogas manejadas. Después de la conversión, enviamos los valores al computador, cargándolos en el protocolo de comunicación. Este protocolo se explica en la interrupción escritura USART.

2.3.1.2.2 Interrupción escritura USART

La interrupción por escritura sucede cuando le llega un dato al microcontrolador, este dato llega por el pin RC7. Esta interrupción debe ser activada poniendo un 1 o set en el BIT RCIE del registro PIE1. Esta interrupción tiene una manera de informar cuando se produce la información con una bandera o BIT que se pone en 1 o alto cuando pasa esta interrupción, de lo contrario esta bandera se mantendrá en cero o clear. Esta bandera es el BIT llamado RCIF del registro PIR1. Al entrar a la interrupción esta bandera es la que indica que la interrupción que se esta ejecutando es la de escritura USART y no otra.

```
          BTFSS    PIR1,RCIF
          GOTO     SVX
          CALL     DESIFR
SVX
```

Después de identificar la interrupción USART, se espera a recibir todos los datos, que en esta programación se baso en una palabra de 6 BYTES. Esta acción se realiza en la subrutina DESIFR, en donde inmediatamente se recibe un byte y se esperan por los otros cinco. A continuación se describe cada parte de la palabra completa para entender como se identifica o se descifra el significado de la palabra total recibida, que en términos generales

es una acción que realiza el microcontrolador identificando si es un dato enviado al PC o recibido del mismo.

Para establecer una comunicación entendible tanto para el microcontrolador como para el PC se diseña un protocolo de comunicación el cual es una palabra total conformada por 6 partes o Bytes y cada parte posee 8 bits. La primera parte es llamada “cabecera” representada por iniciativa propia por el número .07, y su significado consiste en indicar que se ha empezado a recibir o escribir una palabra completa. Generalmente la cabecera es usada para establecer sincronismo en la comunicación serial y también para identificar cuando ha sido escrito un dato correcta o incorrectamente.

La segunda parte de la palabra total indica si dicha palabra corresponde a un dato o a un control, por tal razón su nombre “C/D”, para este protocolo existen dos tipos de datos que el computador o el microcontrolador puede escribir o recibir, dato o control. Si es un dato el byte “C/D” corresponderá a un “1” y significará que la palabra completa pertenece a un dato de fuerza o de posición y si es “0” es un control y en la tabla 5 se puede observar las posibilidades y diferentes controles existentes en el protocolo.

El tercer byte de la palabra es que tipo de dato o que tipo de control, se denomina “TIPO”. Puede tomar 7 diferentes valores de 3-9, definiendo claramente a que hace referencia la palabra total. A continuación se identificará los diferentes controles y su función dentro del funcionamiento del sistema.

INICIO: Su identificación el número 3, es decir que si en el tercer byte (8 bits) de la palabra total existe 8 bits formando el número 3, la palabra total hace referencia a la instrucción INICIO, cuya función es establecer comunicación entre el PC y el microcontrolador, pues una vez energizado el sistema microcontrolado, esta es la primera instrucción que espera el microcontrolador para pasar a la siguiente subrutina o para iniciar el proceso.

GO MOTOR: Se identifica con el número 4, su función es indicarle al microcontrolador que debe hacer girar el motor. El sentido de giro del motor está dado por la subrutina que se está ejecutando en un momento determinado, ya que tanto el software de usuario desarrollado en LabVIEW como el software embebido (microcontrolador) siguen una secuencia sincrónica entre los dos programas.

STOP MOTOR: Corresponde al valor 5, y es utilizado por el PC (LabVIEW) para indicarle al microcontrolador que debe detener el motor.

RECEPCION BAD: El valor que identifica este código es el número 6, y se usa con fines de sincronismo de comunicación, es decir indica si el microcontrolador o el PC han recibido la información que esperaba en una parte específica del programa.

RECEPCION OK: El valor que identifica este código es el número 7, y cumple con la misma función descrita para RECEPCION BAD.

POSICIÓN: Identificado por el número 8, su función es utilizada principalmente por el microcontrolador para enviar información digitalizada de la posición actual del carro que somete a tensión la sutura al software de usuario en el PC.

FUERZA: Identificado por el número 9, su función es utilizada principalmente por el microcontrolador para enviar información digitalizada al software de usuario en el PC de la fuerza a la que es sometida la sutura en prueba.

CABECERA	C/D	TIPO	DATO1	DATO2	COLA	NOMBRE DEL DATO
7	0	3	0	0	77	INICIO
7	0	4	0	0	77	GO MOTOR
7	0	5	0	0	77	STOP MOTOR
7	0	6	0	0	77	RECEP BAD
7	0	7	0	0	77	RECEP OK
7	1	8	X	X	77	POSICION
7	1	9	X	X	77	FUERZA

Tabla 5. Protocolo de transmisión y/o recepción.

Los bytes correspondientes a las posiciones 4 y 5 llamados DATO1 Y DATO2 se encargan básicamente de transportar la información digitalizada correspondiente ya sea a la galga extensiométrica (sensor de fuerza) o al sensor de posición. Se usaron 2 bytes ya que el conversor análogo/digital es de 10 bits. De esta forma todas las palabras que sean controles, fijan en estos bytes en ceros indicando que no corresponden a datos de sensores sino a acciones que deben ser tomadas.

Por último el byte encargado de completar el “empaquetado” de la información es el denominado “COLA” y es representado con el número 77.

Para efectos de un mejor entendimiento al lector se ilustra el siguiente ejemplo. El microcontrolador requiere enviar la posición actual de carro. Esta lectura es tomada por el sensor resistivo, cuya señal de salida ingresa al conversor análogo/digital del microcontrolador, el resultado de esta conversión son 8 bits obviamente en 1 byte y 2 bits en otro, los cuales son almacenados en los registros llamados DATO2 y DATO1 respectivamente. Con la información digitalizada del sensor de posición lo que queda es generar la palabra completa (6 bytes) utilizando el protocolo descrito; por tal razón se guarda el numero .07 en un registro de 8 bits, de propósito general identificado con un nombre específico, seguido por el número .01, el cual indica que es un dato y no un control. El siguiente dato en el protocolo es que tipo de dato es, por tanto se mueve el numero .08 al registro que representa a TIPO, seguido por el dato real guardado en los registros DATO1 Y DATO2 y por ultimo la cola de protocolo con el número .77 representando a la COLA o fin de transmisión de información. Una vez se tenga el protocolo formado se procede a enviar byte por byte, ya que el módulo USART del microcontrolador solo permite enviar 8 bits a la vez.

Con el propósito de relacionar la anterior explicación al código assembler programado en el PIC, se realiza una descripción del mismo.

Lo primero que se hace tan pronto se recibe el primer dato (primer Byte) es deshabilitar la interrupción por recepción de dato en el modulo USART, para que no ocurra mientras se completa la recepción de toda la palabra, y se establece en cero o se clarea todos los registros propios que se utilizan para manejar cada parte de la palabra.

BCF	PIE1, RCIE
BCF	BANDE, 02
CLRF	RECIV
CLRF	MALB
CLRF	TIP
CLRF	TIP1
CLRF	RX1
CLRF	RX2

El paso siguiente es cargar el primer dato al registro RECIV y compararlo con 7, para saber si es la cabecera de la palabra, si no son iguales se incrementa un registro propio llamado MALB y se espera el segundo dato, y si son iguales se prosigue a recibir el segundo dato sin incrementar este registro.

MOVF	RCREG,00
MOVWF	RECIV
MOVLW	.07
CPFSEQ	RECIV
INCF	MALB,01

Se debe preguntar por la bandera de la interrupción ya que aunque no este activada la bandera de interrupción se sigue activando cada vez que le llega un dato, el segundo dato se guarda en TIP y se espera el tercer dato en un ciclo GOTO.

WCA

BTFSS	PIR1,RCIF
GOTO	WCA
MOVF	RCREG,00
MOVWF	TIP

Se pregunta por la bandera hasta que llegue así con todos los datos de la palabra, el primero se guarda en el RECIV, el segundo en TIP, el tercero en TIP1, el cuarto en RX1, el quinto en RX2 y el sexto en RECIV.

Los bytes uno y seis de la palabra son comparados inmediatamente y si alguno de los dos o los dos no son iguales al valor esperado se incrementa en un registro llamado MLAB, en cual indicará si la comunicación se estableció correcta o incorrectamente, ya que se puede dar el caso de empezar a recibir un palabra desde un byte que no corresponda a la cabecera, en este caso se perdería el sincronismo del sistema. Este posible error se cubre totalmente eligiendo la correcta configuración de transmisión en el ejecutable de LabVIEW y en la

configuración del modulo USART en el microcontrolador, además implementando en este último las subrutinas por interrupción.

```
BCF      BANDE,02
MOVLW   .00
XORWF   MALB,00
BTFSS   TATUS,Z
BSF      BANDE,02
CLRF    MALB
BSF      PIE1,RCIE
BSF      BANDE,03
```

Después de recibir el dato seis de la palabra, sale de la rutina descifrar y activa nuevamente la interrupción por escritura para la recepción de una nueva palabra.

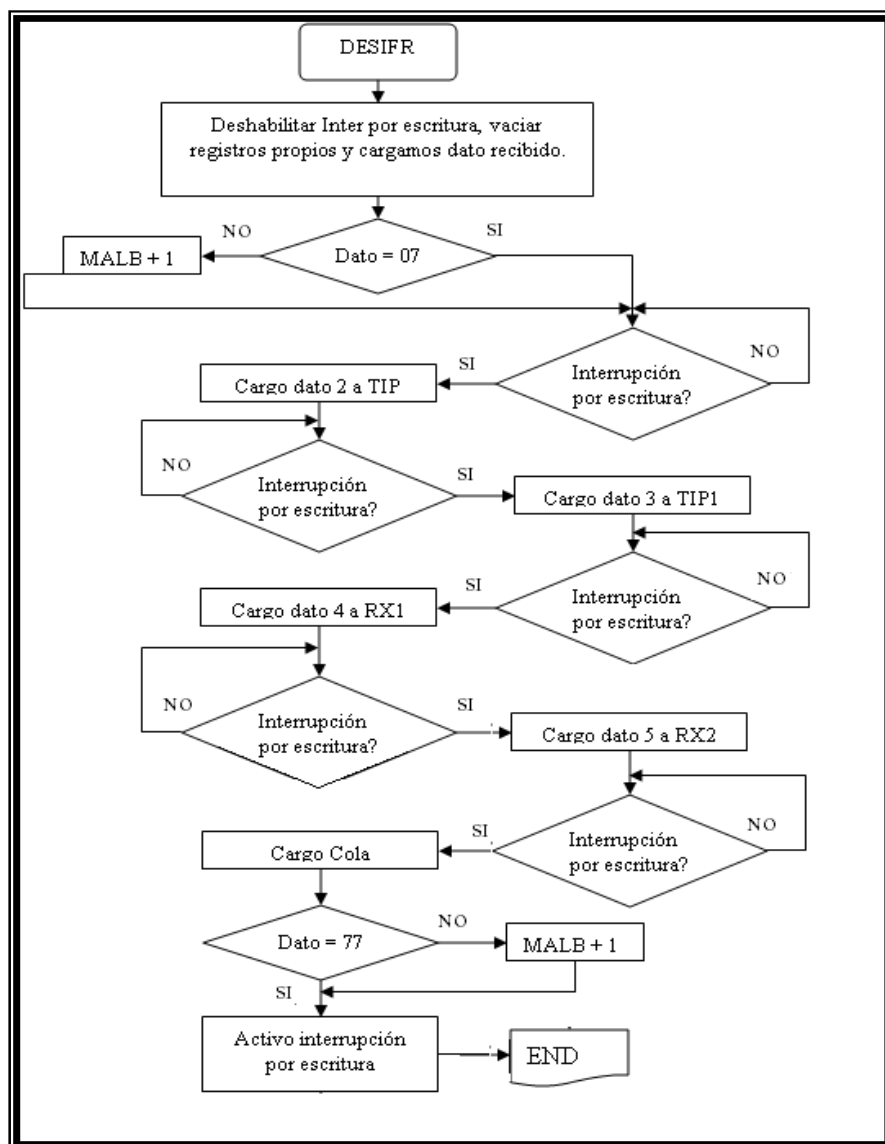


Figura 55. Diagrama de flujo del proceso de descifrar.

2.3.1.2.3 Interrupción por desbordamiento del TMR0

Esta interrupción ocurre cuando se desborda el TMR0. El TMR0 es un contador que depende del oscilador que se conecta al microcontrolador y del prescaler establecido.

El oscilador que se maneja es de 10 megahertz, y el prescaler es de FOSC/32. Normalmente los tiempos son muy cortos y esta interrupción ocurre consecutivamente, por esta razón se utiliza para conocer el estado de los finales de carrera, ya que esta interrupción es una emergencia de que el Tensilometro esta funcionando correctamente.

Los finales de carrera indican cuando el carro de la maquina se encuentra en un extremo del Tensilometro V1000, esto solo puede ocurrir cuando se ha perdido la comunicación entre el microcontrolador y el computador, indicando que los finales de carrera son sensores preventivos. Ya que si la comunicación se pierde y estos no estuvieran, por ejemplo, el motor si se moviera en un sentido al momento de producirse la perdida de la comunicación, el motor se movería sin nada que lo detuviera produciendo daños en la estructura mecánica de la maquina.

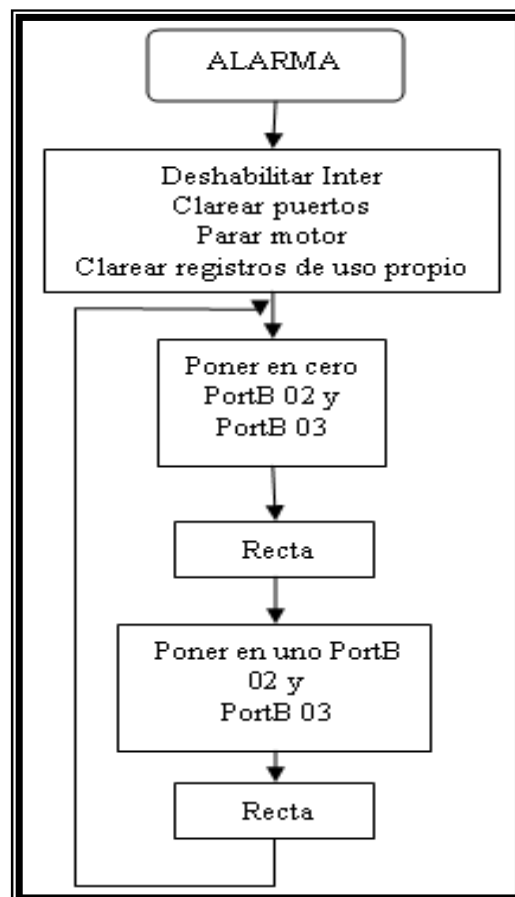


Figura 56. Diagrama de flujo alarma.

Al existir estos finales de carrera, en el momento de perderse la comunicación si el motor se mueve hacia un sentido, se encontrara con uno de los finales de carrera sea cual sea, y preguntando por los puertos 0 y 1 del PORTB se identifica esta interrupción y llama a la subrutina ALARM.

```
        BCF      INTCON,TMR0IF
        BTFSS    PORTB,00
        CALL     ALARM
        BTFSS    PORTB,01
        CALL     ALARM
```

La subrutina ALARM indica que se perdió la comunicación, mediante un led rojo visible en la parte frontal de la caja controladora llamada Tensilometro V1000, permaneciendo en esta subrutina, y cuando esto ocurre se tiene que reiniciar todo el sistema apagando el Tensilometro V1000 como se observa en la figura 56.

QUED

```
        BCF      PORTB,02
        BCF      PORTB,03
        CALL     RECTA
        BSF      PORTB,02
        BSF      PORTB,03
        CALL     RECTA
        GOTO     QUED
```

2.3.2 Software LabVIEW

En el programa diseñado con la herramienta de programación grafica LabVIEW, se establece la interfaz con el usuario, permitiendo esta misma la operación del tensilometro en forma grafica, proporcionando un estudio de los datos obtenidos y manteniendo un control automatizado del tensilometro.

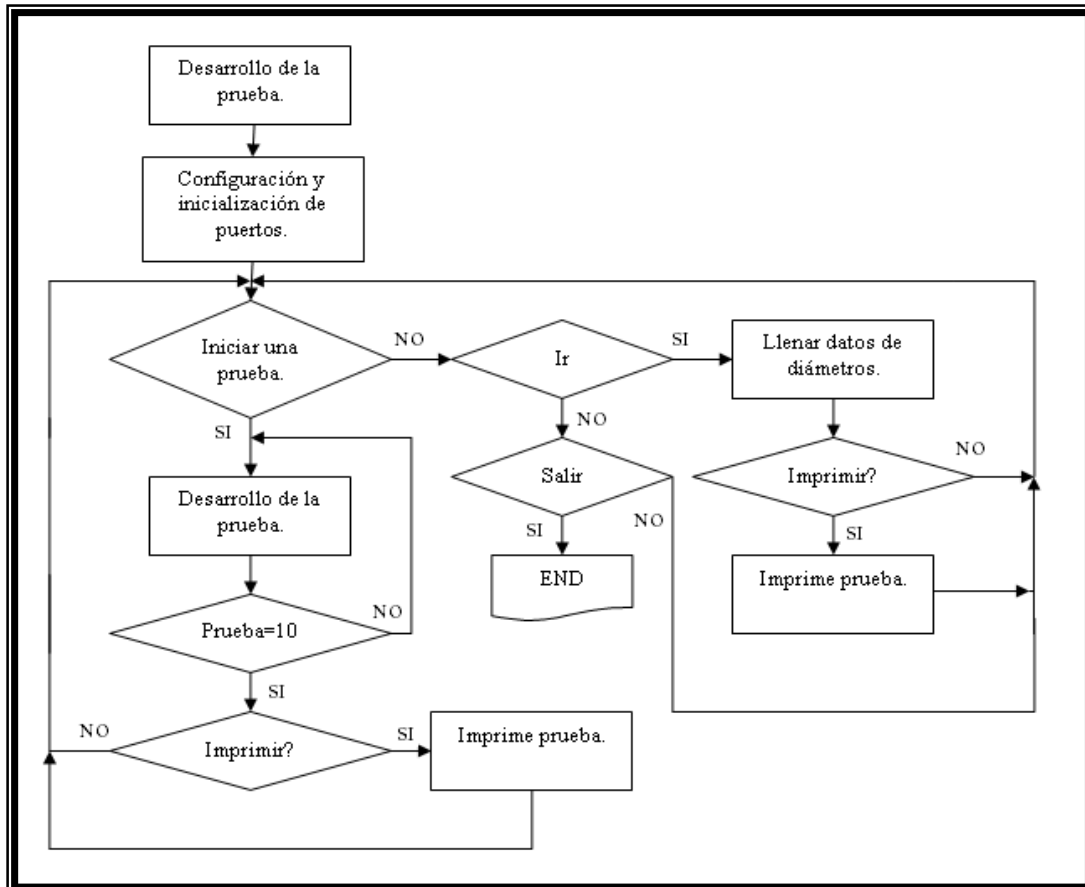


Figura 57. Diagrama de flujo del programa desarrollado en LabVIEW.

En la figura 57, se muestra cómo funciona el programa en el computador, se explica cada parte como el INICIO, CREAR e IMPRIMIR. Se explica de esta manera por que existe un VI principal o programa principal llamado INICIO y dos SubVI. Cada una de las explicaciones representa a un SubVI o sub-programa, y al principal. Existen otros SubVI que no se muestran o abren interfaces pero que son explicados para no dejar ninguna duda.

Un SubVI es un programa que puede ser llamado en cualquier momento en el programa principal. Existen SubVI de SubVI, esto quiere decir que programas que fueron llamados del principal, pueden llamar a otros programas sin ningún problema.

2.3.2.1 Inicio de la prueba de suturas

Inicio de la prueba se llama a la interfaz principal, ya que esta es la primera interfaz que se abre o se muestra cuando el programa es ejecutado. En esta parte del programa existen dos procesos simultáneos. Cada proceso da la opción de abrir o mostrar otra interfaz o SubVI.

El proceso uno da la opción de abrir la interfaz llamada IR y el proceso dos da la opción de abrir la interfaz llamada PRUEBA.

Todos los controles utilizados en la primera interfaz son numéricos, booleanos o strings.

Un control numérico maneja números, un control booleano maneja dos estados falso o verdadero y un control string maneja letras y números. Existen 11 controles en la interfaz INICIO, un control numérico, siete controles strings y tres controles booleanos.

Los controles booleanos tienen los nombres de IR, CREAR y SALIR. Los controles strings llevan los nombres de tipo de prueba, clases, diámetro, día, mes, año y hora. El control numérico lleva el nombre de Minutos. Lo primero que se hace es inicializar todos los controles a utilizar, poniéndolos en blanco o en falso según sea cada tipo, como se observa en la figura 58.

En el proceso uno se pregunta por los controles IR y SALIR, si el control IR es falso no realiza ninguna acción, (ver figura 59) y se queda esperando hasta que sea verdadero y si es verdadero abre el SubVI IR mostrando la interfaz del SubVI IR, dejando la interfaz INICIO oculta, después de abrir el SubVI IR realiza la acción correspondiente que se realiza en este SubVI y al finalizar pasa al proceso SALIR y volvemos a la interfaz principal llamada INICIO. Si es SALIR el que es positivo se sale del programa cerrándolo completamente.

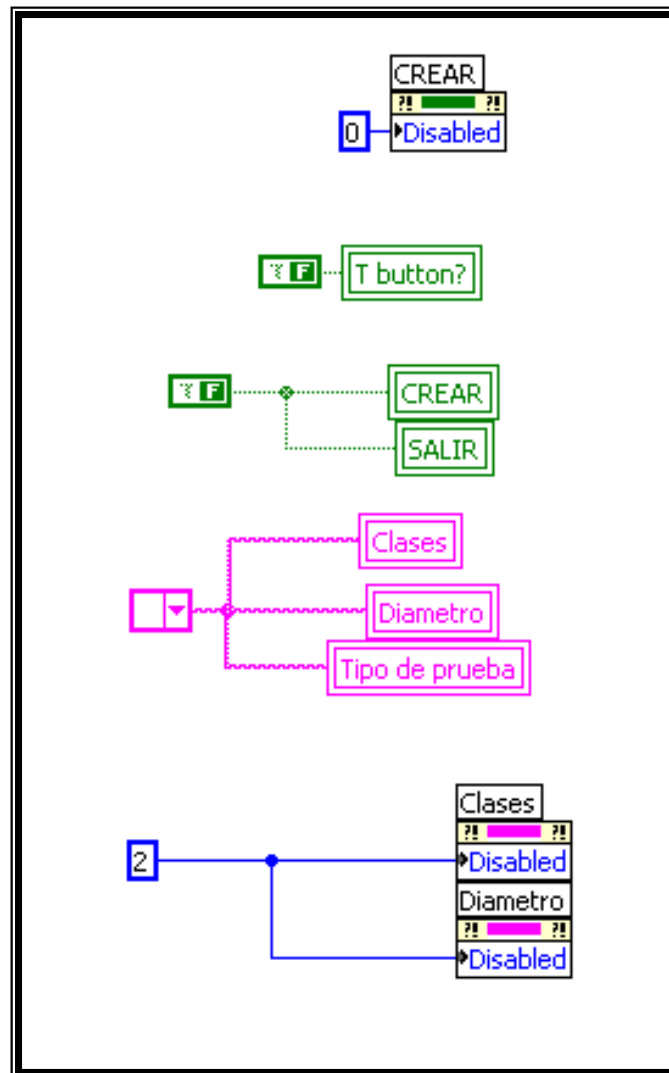
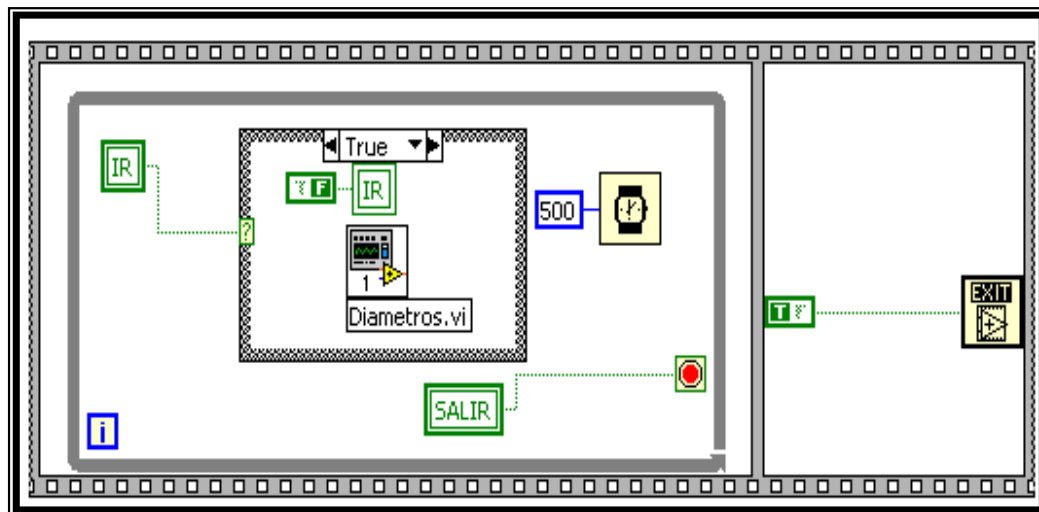


Figura 58. Inicialización 1.

Cada vez que se pregunta por el control SALIR en cualquiera de los procesos, en cualquiera de los SubVI o el principal lo que realiza es la acción de cerrar si es verdadero el estado de este control, y si esta en el principal cierra todo el programa, si esta en alguno de los SubVI, cierra el SubVI donde esta y se regresa a donde fue llamado, ya sea un SubVI o el principal.



En el proceso dos se pregunta por el control CREAR, si es falso no realiza ninguna acción hasta que sea verdadero y si es verdadero, compara los registros Día, Mes y Año y si alguna esta en blanco, pide que lo llenen y no avanza hasta que lo hagan, (ver figura 60) y si están llenos, busca en la carpeta REGISTROS TENSILOMETRO que se encuentra en C, si no existe pide que llenen los controles CLASES y DIAMETO y espera hasta que los llenen. Después de llenarlos el programa crea un archivo en C:\\REGISTROS TENSILOMETRO y si ya existe abre el archivo existente en esta misma dirección.

Después de abrir o crear el archivo a trabajar, el programa abre el SubVI CREAM (ver figura 61) y se mantiene en este realizando la prueba hasta que se salga de este SubVI, volviendo al principal llamado INICIO.

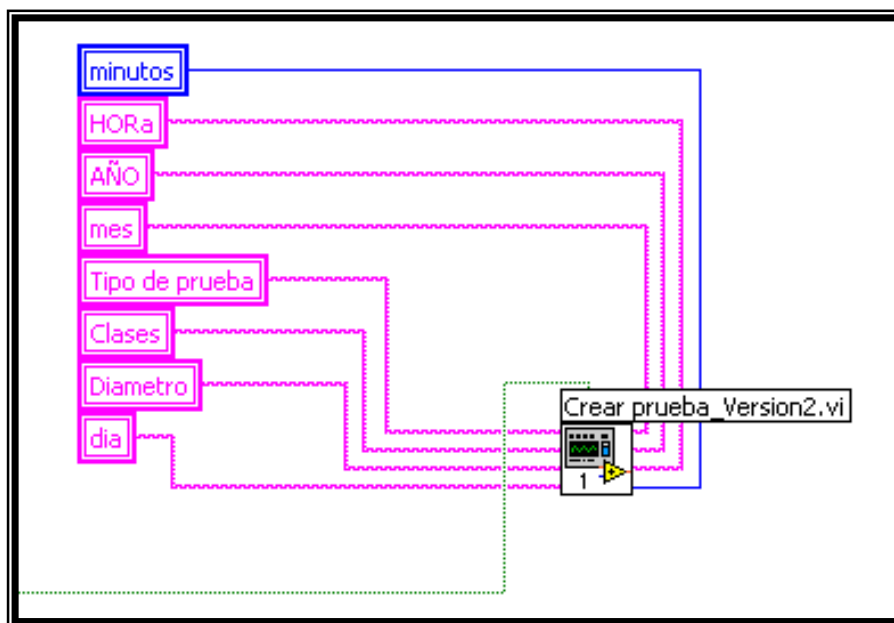


Figura 61. SubVI Crear.

2.3.2.2 Crear prueba de suturas

En el SubVI CREAR es donde se realiza la prueba de tensión y distancia, lo primero es inicializar los controladores, indicadores y variables que se manejan en este programa (ver figura 62). Los controles visibles que manejan este programa son START, AJUSTE DE VARIABLES A CERO, INICIO, IMPRIMIR Y SALIR, todos estos controles son de tipo booleano. El control SALIR si es falso no hace nada y si es verdadero se sale de el SubVI CREAR y vuelve al programa principal INICIO.

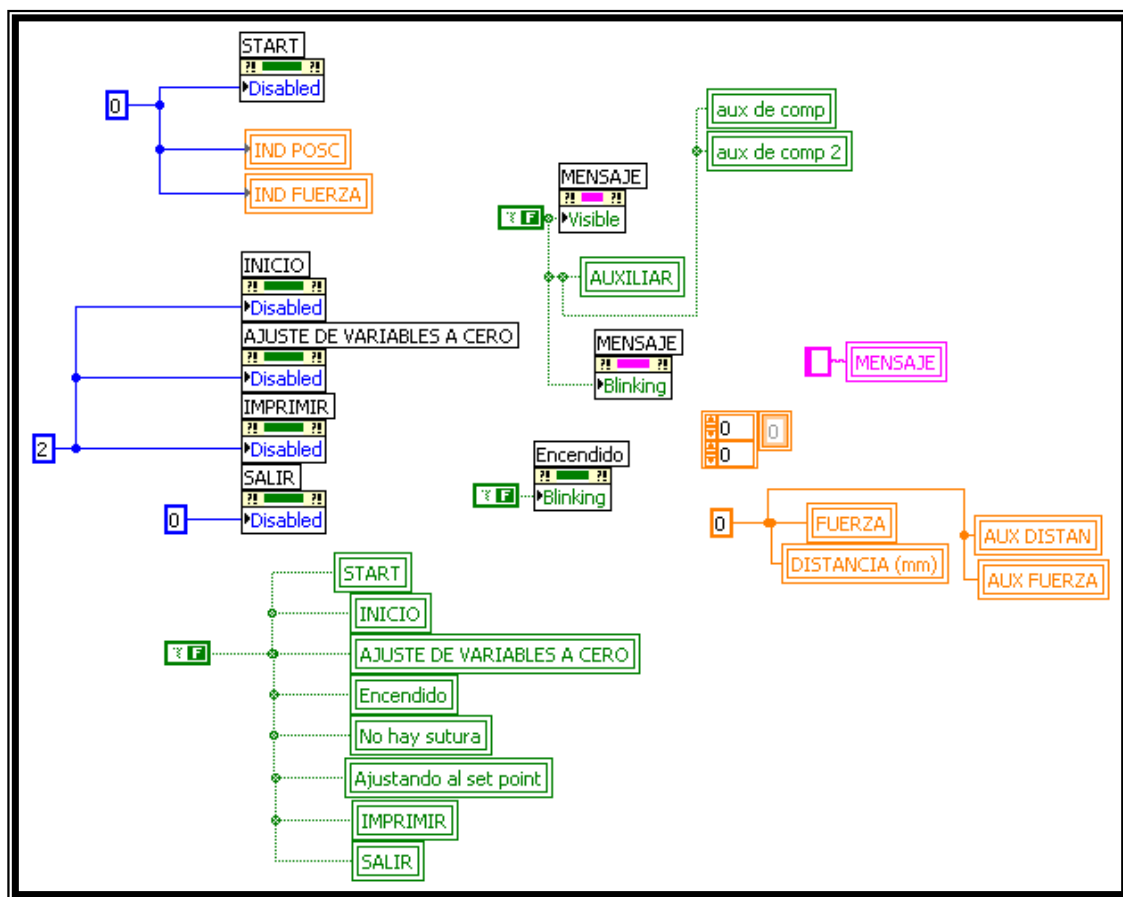
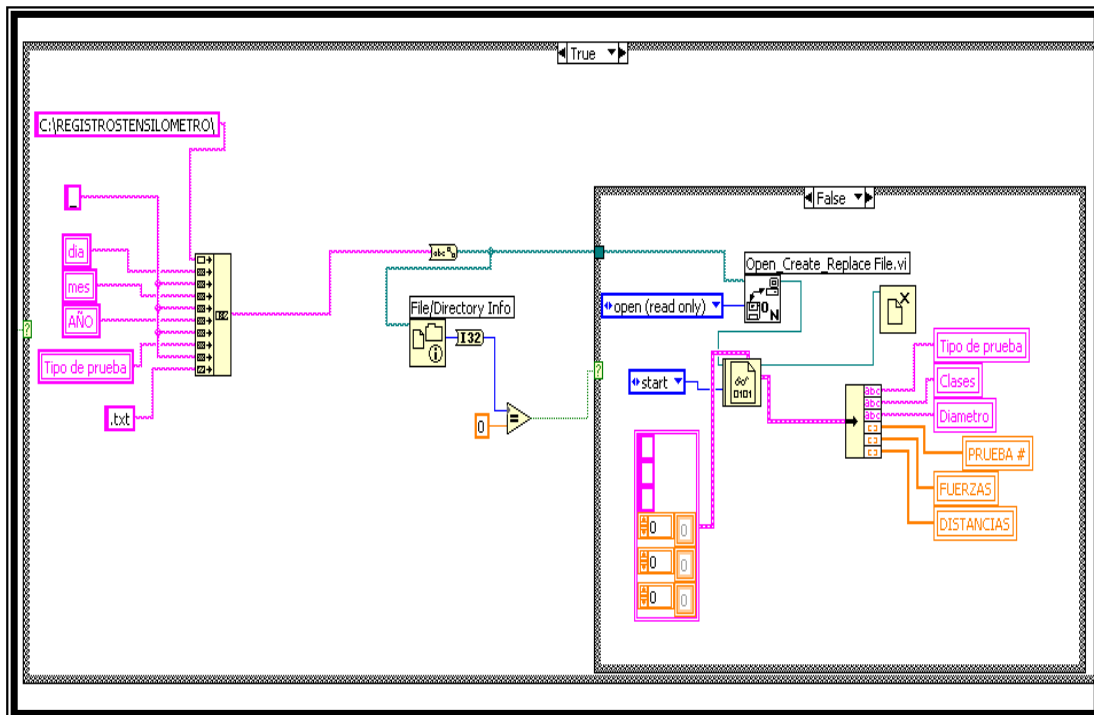


Figura 62. Inicialización 2.

Después de la inicialización, se revisa si la prueba ya existe o es una nueva, esto se hace revisando el archivo que se crea al realizar una prueba. El archivo se crea con los datos ingresados como tipo de prueba y la fecha. Si es nueva la prueba pone en cero en los arreglos donde se guardan los datos y si ya existe revisa si esta vacío, si es vacío pone el cero en los arreglos donde se guardan los datos y si no es vacío abre el archivo en modo solo lectura de los datos existentes y los carga (ver figura 63).



Los datos cargados en la interfaz INICIO quedan de modo solo lectura para que el operario no los modifique. Luego revisa si ya existen diez pruebas (ver figura 64), si es así el control IMPRIMIR se activa, al estar activado si es falso no realiza ninguna acción pero si es verdadero abre el SubVI IMPRIMIR, dejando la interfaz CREAR oculta. El SubVI IMPRIMIR se explicara después de la explicación del SubVI CREAR.

Si son diez pruebas y es presionado el control IMPRIMIR o si no son diez pruebas, se queda esperando el control START. Cuando es verdadero habilita el SubVI CON PROTOCOLO1_ESCRIB, el cual es el encargado de la comunicación con el computador, este SubVI no lo observa el operario ya que tiene deshabilitada esa opción, y se explicara al finalizar el SubVI CREAR.

El computador le dice al microcontrolador que fue presionado START y que empiece la comunicación entre ellos. Después espera la respuesta del microcontrolador por medio del SubVI CON PROTOCOLO1 el cual se encarga de la recepción de datos y se explicara al final de esta explicación, la respuesta esperada es recepción OK, si no es recepción OK el programa se devuelve al principio desde donde se inicializan los controladores, indicadores y variables, pero si es recepción OK, empieza a recibir datos de posición y los muestra, como se ilustra en la figura 65.

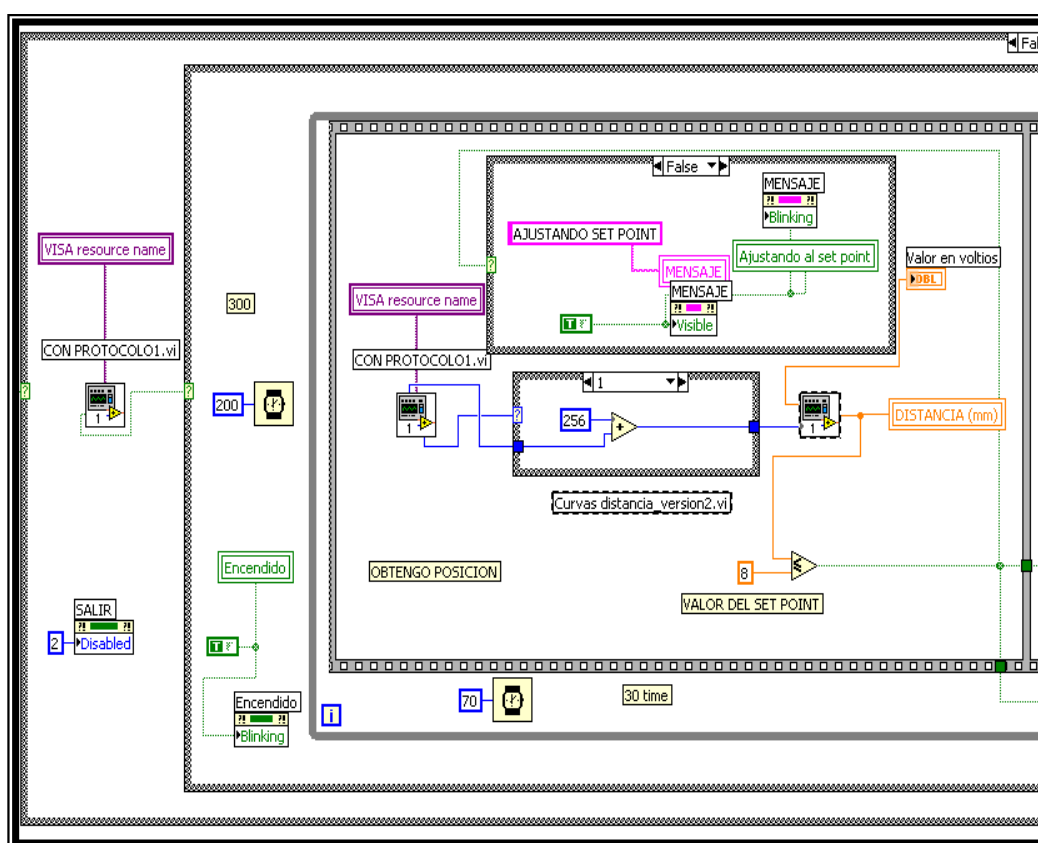


Figura 65. Comunicación.

Se compara el set point si no es, se envía GO motor por medio del SubVI CON PROTOCOLO1_ESCRIB y el carro del Tensilometro empieza a buscar el set point y muestra los datos de posición hasta que este en el set point y envíe un señal de STOP motor por medio de el SubVI CON PROTOCOLO1_ESCRIB. Siempre que se escriba al microcontrolador es por medio del SubVI CON PROTOCOLO1_ESCRIB y siempre que se recibe del microcontrolador es por medio del SubVI CON PROTOCOLO1. Luego indica

que ajuste la sutura y espera la activación del control de AJUSTE LAS VARIABLES A CERO, mientras no sea oprimido este control el computador empieza a recibir y a mostrar datos de posición y de fuerza hasta que este control sea verdadero, cuando es verdadero muestro en posición y en fuerza cero para dar la impresión de que se empieza desde cero las medidas de estas variables (ver figura 66).

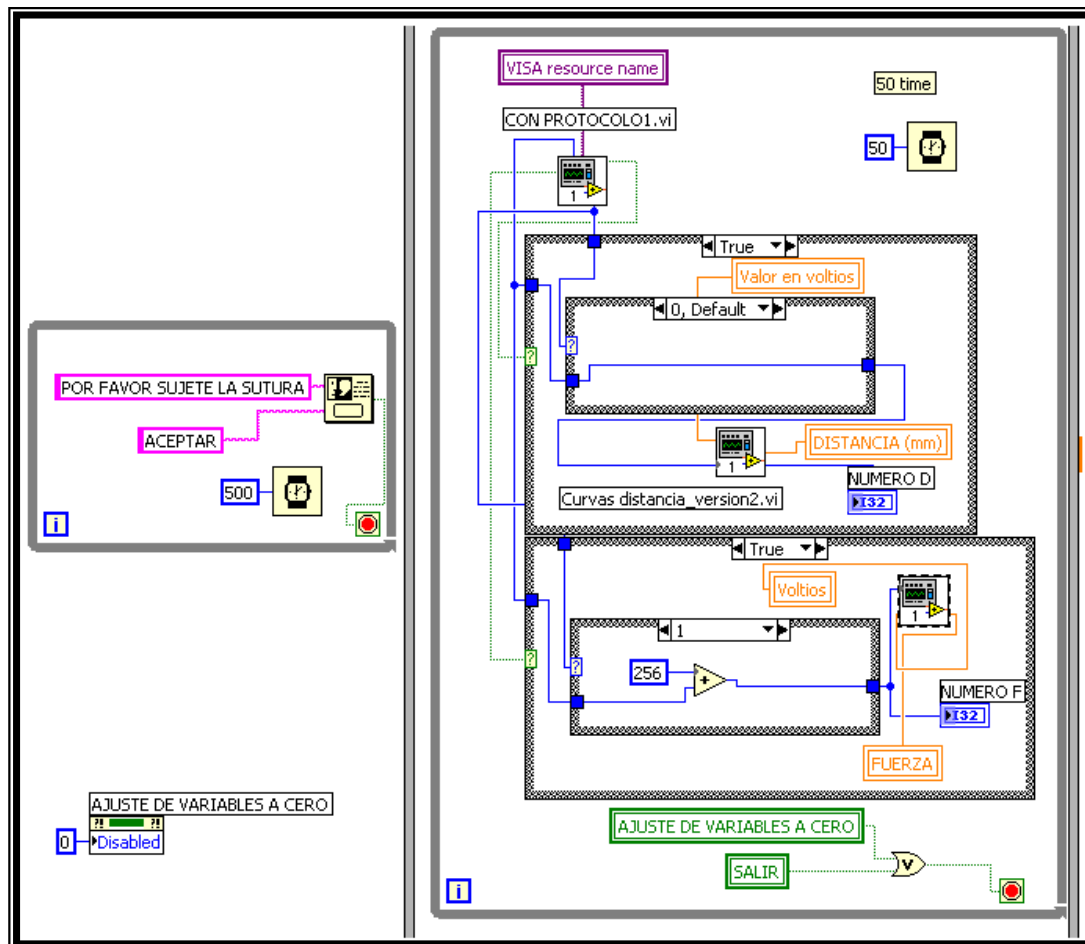


Figura 66. Variables a cero.

Luego se espera que sea oprimido control INICIO, si no es oprimido se queda esperando que sea oprimido y cuando lo sea comunica la orden al microcontrolador de GO motor.

Después empieza a recibir y guardar datos de posición y de fuerza y los grafica, hasta que la sutura se rompa o hasta que pase de cierta distancia y el valor de la fuerza no se haya incrementado, esto quiere decir que no hay sutura, si esto ocurre el programa envía la orden de STOP motor, después el programa lo informa y se dirige al lugar donde se inicializa este mismo (ver grafica 67).

Pero si la sutura se reventó el programa envía el control de STOP motor, luego se escogen los valores máximos de cuando se reventó la sutura y se muestra el SubVI

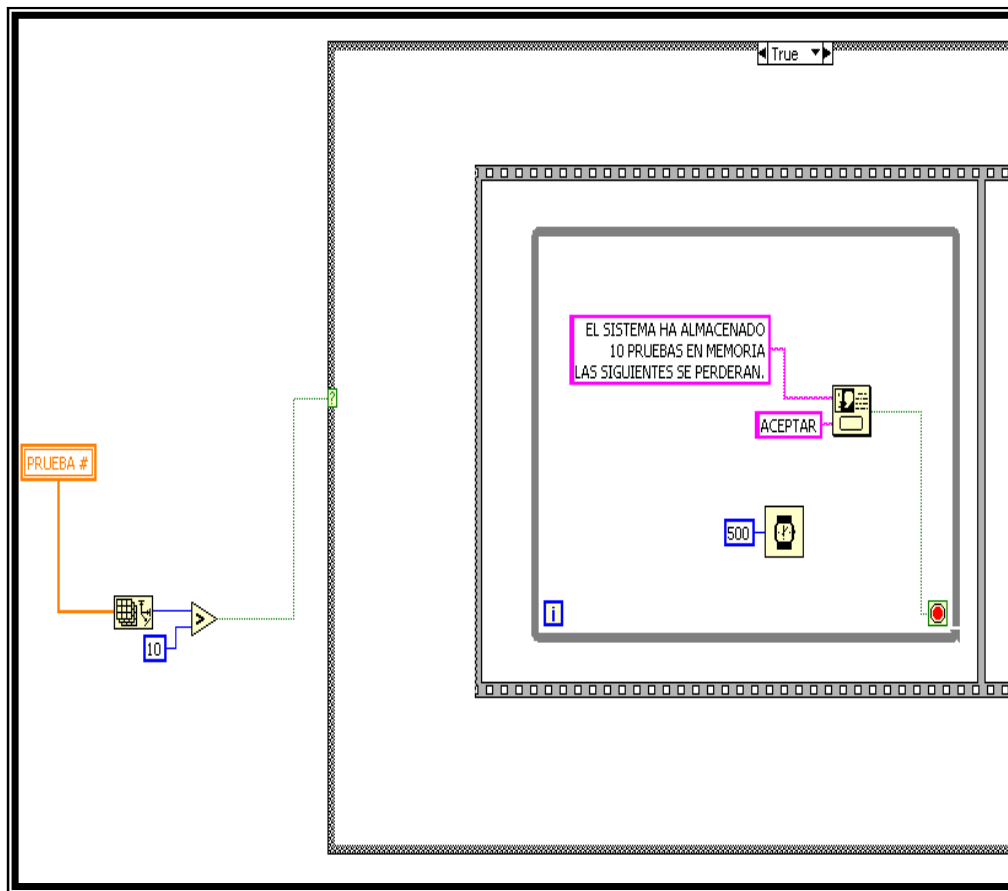


Figura 68. Almacenar.

2.3.2.2.1 Imprimir

El SubVI IMPRIMIR se carga con todos los datos como son fecha, tipo de prueba, valores de fuerza y de posición. Este SubVI tiene tres controladores booleanos como son IMPRIMIR, CANCELAR y REINICIAR PRUEBA. Luego se realizan dos graficas, una de fuerza contra prueba y la otra de distancia contra prueba (ver figura 69). Después se saca el promedio de los datos de fuerza.

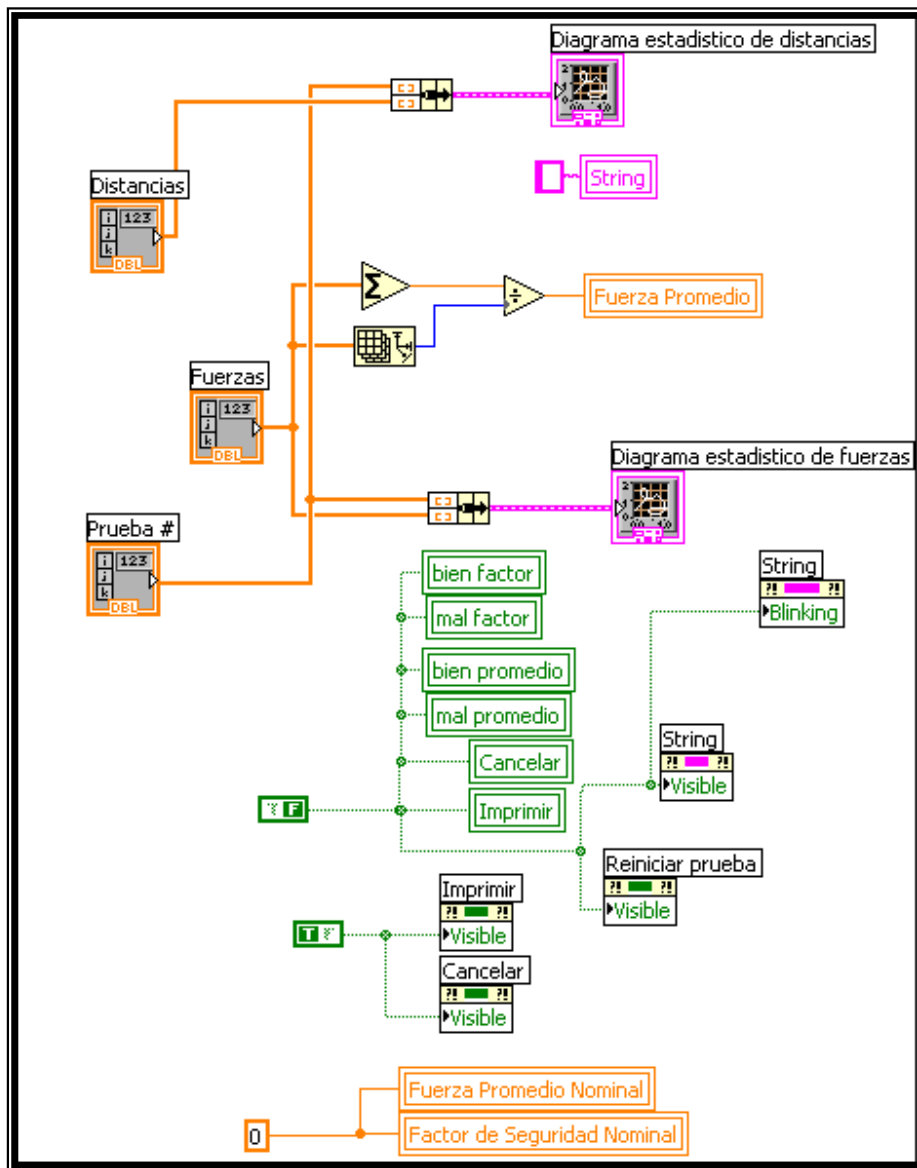


Figura 69. Imprimir.

En seguida se selecciona el valor de fuerza promedio nominal para el hilo y el factor de seguridad nominal y el valor de fuerza promedio nominal para el ensamble, se evalúa a ver si la prueba es satisfactoria o no. El factor de seguridad es solo para ensamble no para hilo. Si es satisfactoria la prueba lo indica en la pantalla y espera a que den la orden de IMPRIMIR o de CANCELAR para salir de este SubVI, pero si no lo es tiene la opción de CANCELAR para salir o de REINICIAR PRUEBA donde elimina la prueba y borra el archivo. Si es oprimido IMPRIMIR se adecua la impresión y la realiza y se sale de este SubVI.

Posteriormente se configura el puerto VISA serial (ver figura 70), con una velocidad de 9620 baudios y es el encargado de transmitir al programa en LabVIEW, que puerto USB es el que se trabajará. Luego es seleccionado para que la lectura se realice de a byte por byte. Una vez seleccionada, se inicia la lectura y se confirma que se recibió la cabecera para empezar.

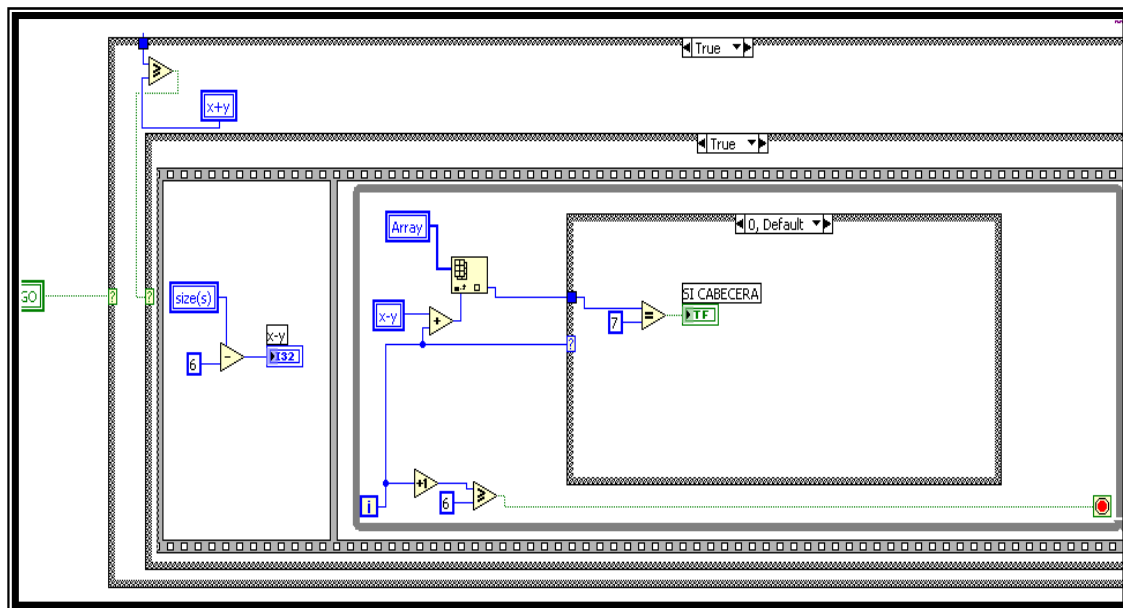


Figura 71. Decodificación.

Ahora se espera que se reciban los seis bytes para empezar a decodificar que tipo de dato o control envió el microcontrolador (ver figura 71). Se decodifica la palabra que envió el microcontrolador y se cargan los datos recibidos y decodificados, luego es cerrado el puerto VISA y se cierra este SubVI y se entregan los datos al SubVI en el cual fue llamado este SubVI.

2.3.2.2.3 Con PROTOCOLO1_ESCRIB

En este SubVI se envía las órdenes al microcontrolador como son REC OK, REC BAD GO MOTOR, STOP MOTOR e INICIO. Estos datos son booleanos. Al llamar a este SubVI es necesario que se le indique que tipo de control debe enviar poniéndole un verdadero en la entrada del control a enviar como se ve en la figura 72.

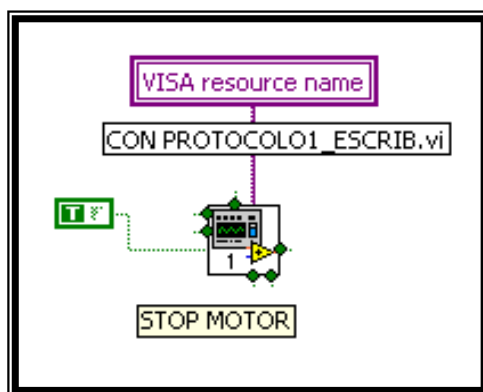


Figura 72. Con PROTOCOLO1 ESCRIB.

Tiene tantas entradas como controles a enviar. Se inicia configurando el puerto VISA serial con una velocidad de 9620 baudios y seleccionado el puerto a utilizar. Existen cinco array perfectamente ordenados, uno para cada ordenen, los cuales cada uno es una palabra con su respectiva cabecera, control, tipo de control, 8 bits y 2 bits en cero y la cola.

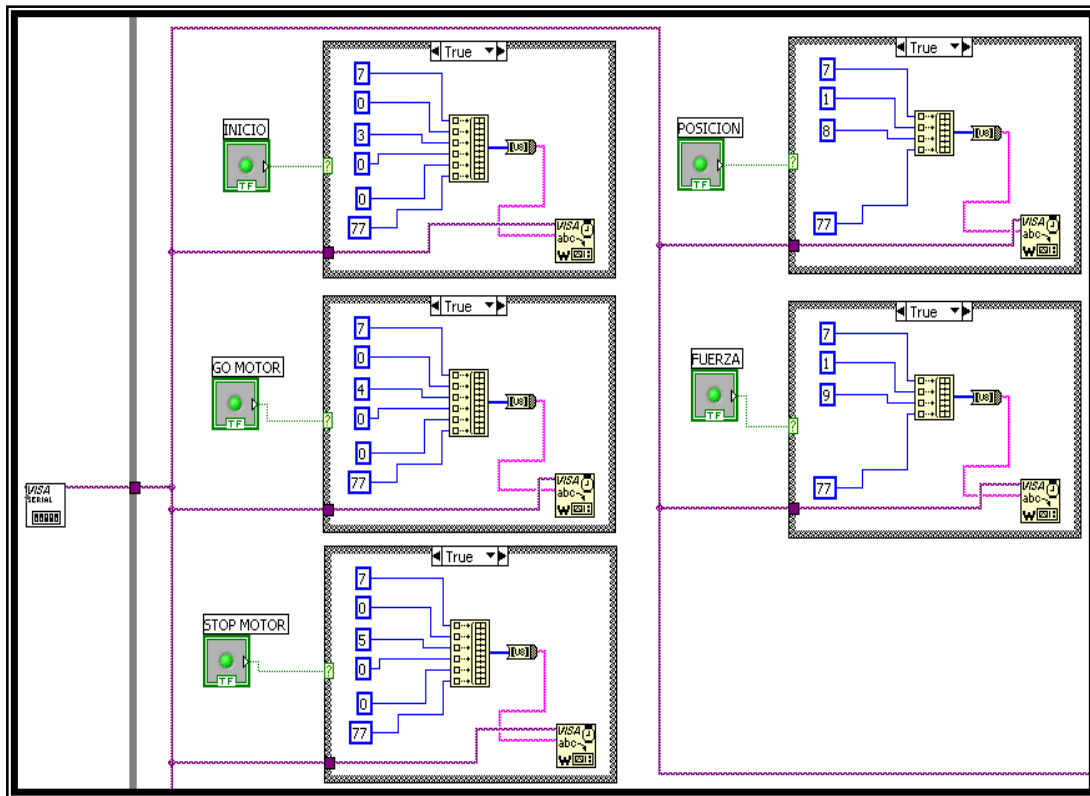


Figura 73. Protocolo.

Al seleccionar un control a transmitir, los otros se deshabilitan y solo se transmite el dato seleccionado (ver figura 73). Después de enviado se colocan en falso todos los controles seleccionadores para esperar que sea llamado nuevamente para enviar otro dato, y se cierra el puerto VISA serial y se devuelve al SubVI en el cual fue llamado.

3 Resultados

En esta parte del proyecto se muestran los resultados obtenidos después de comprobaciones prácticas y revisiones satisfactorias del correcto funcionamiento del software Tensilometro V1000 en todos sus aspectos como comunicación, funcionamiento de los sensores, y funcionamientos del software en general.

Se mostraran los resultados obtenidos mediante el seguimiento y explicación del desarrollo de los pasos a seguir para la operación del Tensilometro V1000.

3.1 Pruebas a realizar sobre las suturas

Existen dos tipos de pruebas que se pueden realizar como son la prueba de diámetros y prueba de tensión y distancia. Primero se explica los pasos a seguir para la realización de una prueba de diámetros y luego a continuación se explica los pasos para una prueba de tensión y distancia.



Figura 74. Acceso.

El primer paso a seguir es acceder al programa Tensilometro V1000, para ello se debe acceder desde el acceso directo en el escritorio como lo muestra la figura 74, dando doble click en el. Después de dar doble click aparece la interfaz principal, desde ella accedemos a las dos pruebas. La prueba de diámetros en el punto 3.1.1 y la prueba de tensión y distancia en el punto 3.1.2 son utilizados para el desarrollo del manual del usuario y son puestos en este libro por que son considerados como fundamentales para el entendimiento de este proyecto.

3.1.1 Prueba de diámetro

La prueba de diámetros no tiene ningún manejo de la parte mecánica del Tensilometro V1000. En la figura 75 de la interfaz principal observamos el link IR el cual se accede dando doble click en el, donde al ser presionado nos muestra la interfaz de diámetros que es el siguiente paso a realizar.

Tensilometro_principal_version 2.vi

FCV Productos Hospitalarios

TENSILOMETRO DIGITAL

Tipo de prueba

Clases

Diametro

Fecha (dd/mm/aa) / /

Hora (24h) : 0

CREAR PRUEBA SALIR

Prueba de diámetros y distancia

IR

Universidad Pontificia Bolivariana

Figura 75. Prueba de diámetros.

Una vez accedido a la opción de prueba de diámetros se tendrá una interfaz de prueba como se observa en la figura 76.

FCV Productos Hospitalarios

PRUEBA DE DIAMETRO

Universidad Pontificia Bolivariana

Datos de prueba

Tipo de prueba

Clases

Diametro

Fecha (dd/mm/aa) / /

Hora (24h) : 15

Observaciones

Registros de pruebas

Registro #	A. 1/4 de hilo	A. 1/2 de hilo	A. 3/4 de hilo
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0

Figura 76. Prueba de diámetros 1.

El paso a realizar es llenar los datos para que de este modo quede toda la información sobre la prueba a realizar consignada en el sistema, para ello se escoge el tipo de prueba a realizar ya sea hilo o ensamble, y luego la fecha y hora para que se habiliten las opciones de clases y diámetro del hilo a realizar la prueba.

PRUEBA DE DIAMETRO

Datos de prueba

Tipo de prueba: HILLO
 Clases: SEDA
 Diámetro: 2/0
 Fecha (dd/mm/aa): 1 / 2 / 2007
 Hora (24h): 2 : 15

Registros de pruebas

Registro #	A 1/4 de Hilo	A 1/2 de Hilo	A 3/4 de Hilo
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	0,9
5	1	0,9	1
6	1	1	1
7	1	0,9	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1

Observaciones

Resultados estadísticos

Promedio diámetro 1/4	Promedio diámetro 1/2	Promedio diámetro 3/4
1	0,98	0,99
Promedio diámetro		
0,99		

GUARDAR SALIR IMPRIMIR

Figura 77. Prueba de diámetros 2.

Una vez que se completan los datos necesarios para la prueba, el sistema habilita las casillas donde se ingresaran los datos medidos por el operario a cada hilo según sea las respectivas medidas de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, y $\frac{3}{4}$ de hilo, donde a medida que se complete los datos en el área de Registros de pruebas, se darán los resultados, en el área de Resultados Estadísticos así como se aprecia en la figura 77.

3.1.1.1 Imprimir resultados

Al completar todas las casillas de registro de pruebas y al obtener resultados satisfactorios, se finaliza la prueba de diámetros imprimiendo un informe al dar click sobre el botón IMPRIMIR, donde se muestra los resultados estadísticos arrojados por el sistema junto con un formato de texto donde ira indicado un campo para observaciones, el nombre de quien realizo la prueba y de quien aprobó con visto bueno la prueba de diámetros.

3.1.1.2 Guardar y salir de una prueba

Así mismo las pruebas se pueden guardar de modo que el sistema contenga un historial de pruebas, por día de producción, solo con dar click en el botón GUARDAR quedando un registro de la prueba realizada. Esta misma podrá volver a ser abierta solo en modo de lectura, en cualquier momento solo con ingresar los datos de la fecha. Para salir del modo de pruebas de diámetros solo damos click en el botón SALIR para volver a la ventana principal del programa Tensilometro V1000.

3.1.2 Prueba de tensión y distancia

En la interfaz principal existen unos controles para la creación a desarrollo de la prueba, los cuales se enfatizan en la figura 78.

Figura 78. Prueba de tensión y distancia.

El primer paso es determinar que tipo de prueba se va a realizar ya sea hilo o ensamble y posteriormente la fecha de la realización de la prueba, el siguiente paso es dar click sobre el botón CREAR PRUEBA, de este modo con estos datos ya se puede crear una nueva prueba que pedirá que ingrese los datos de las pestañas de hilo y diámetro como se muestra en la figura 79, si de acuerdo a la fecha de ingreso, corresponde a una fecha que no esta almacenada en el sistema o que en otras palabras es nueva.



Figura 79. Prueba de tensión y distancia 1.

Si fuese una fecha que ya creada, el sistema arrojará un mensaje de información que indicará que de acuerdo a la fecha ya existe una prueba correspondiente a la misma, donde se tendrá las opciones de abrirla o si desea cancelar para ingresar una nueva fecha para una nueva prueba como se muestra en la figura 80. Al abrirse una prueba ya existente, esta permite continuar con la prueba si aun no se ha concluido toda o si ya se culmino la misma, revisar los resultados de nuevo para fines de algún registro en especial que amerite.



Figura 80. Prueba de tensión y distancia 2.

Como en este caso se describe la creación de una nueva prueba, completando todos los datos de las casillas, se abre paso a una nueva prueba al dar click sobre el botón CREAR PRUEBA nuevamente, como se puede apreciar en la figura 81.

Figura 81. Prueba de tensión y distancia 3.

Cada interfaz de prueba va rotulado sin posibilidad de cambiar los datos, dado que son establecidos desde el principio en la interfaz principal, los cuales son el tipo, la clase, el diámetro, la fecha y hora de la prueba en que se creo por primera vez la misma. Los datos de prueba se almacenan en tres columnas como se aprecian en la figura 82. En la primera columna se almacena el número de pruebas en la cual se recopilaran un máximo de diez pruebas.

Figura 82. Prueba de tensión y distancia 4.

En la segunda columna se almacena el resultado de la fuerza tensil máxima en kilogramos/fuerza (Kg/F) a la cual la sutura soporta la tensión realizada por el Tensilometro. En la tercera columna se almacena la distancia en milímetros (mm) a la cual la sutura soporta la máxima elongación. Al lado de las columnas de resultados se encuentra un panel de grafico de comportamiento, en el cual durante la ejecución de la prueba, grafica el comportamiento de la fuerza contra la distancia, donde este mismo normalmente presenta un comportamiento directamente proporcional durante la prueba llegando a un punto donde la fuerza permanezca cerca de ser constante y la distancia aumente al punto de reventarse la sutura o terminar la prueba.

Existen unos controles en esta interfaz los cuales manejan el funcionamiento del proceso. Los controles e indicadores están ubicados en el área de su mismo nombre como se aprecia en la figura 83. A continuación se describe su funcionamiento y lo que cada indicador representa en el entorno de prueba.

START. El start o inicio es un control que como su mismo nombre lo indica da inicio a la comunicación entre el programa y el Tensilometro digital. Para que la comunicación sea exitosa, el puerto de comunicación por el cual se van a comunicar la maquina y el programa de control, debe elegirse en la pestaña desplegable I/O. Una vez se ha seleccionado el puerto por el cual se van a comunicar, solo basta con dar un click sobre el botón START para que comience la comunicación y el funcionamiento del control automático del programa sobre la maquina. Si el puerto de comunicación es mal elegido simplemente abra que reiniciar el programa y escoger correctamente el puerto de comunicación.



Figura 83. Controles.

ENCENDIDO. Este indicador avala la comunicación exitosa entre el programa y la maquina titilando en color verde. Si la comunicación no es exitosa simplemente este indicador no se encenderá o dejara de titilar.

AJUSTANDO AL SET. Este indicador se enciende una vez establecida la comunicación, indicando que el programa esta dando la orden y el control a la maquina para llevar al set point o punto de inicio tanto las variables de medición, como a la posición del mecanismo de la maquina que tiene como partida para cada prueba.

NO HAY SUTURA. Este indicador se enciende una vez iniciada la prueba si no registra un tensión mínima establecida por el sistema, informado así que no hay una sutura lista para la prueba o mal ajustada para la misma.

AJUSTE DE VARIABLES A CERO. Este botón se habilita una vez pasado el ajuste del sistema al set point, para corregir o tarezar a cero los cuadros de indicación de variables que son fuerza y distancia, de modo que cuando se inicie una prueba estos valores estén en cero y sean confiables a la hora de arrojar los resultados.

INICIO. Este botón se habilita una vez habiendo tareado los valores de las variables a cero, para poder dar inicio a una prueba donde se pondrá en funcionamiento la maquina por parte del programa y así empezar a registrar los datos arrojados por el sistema electrónico.

IMPRIMIR. Este botón se habilita una vez finalizadas las diez pruebas para dar paso al siguiente entorno de resultados, para ya dentro de este poder imprimir los resultados finales o informe detallado de las pruebas.

SALIR. Como su nombre lo indica, este botón permite salir del entorno de prueba en cualquier momento siempre y cuando no se este ejecutando ninguna operación de comunicación entre el programa y la maquina, ya que mientras esto ocurra este mismo control se deshabilita.

Una vez se encuentre el operario en el entorno de prueba, y al haber revisado previamente todas las conexiones, que estas se encuentren debidamente conectadas correctamente, basta nada más con seleccionar el puerto de comunicación entre el PC y la consola electrónica de control y dar click sobre el botón INICIO. Habiendo ejecutado esta acción el sistema empezara a llevar a la posición de Set Point el Tensilometro indicando en el entorno de prueba el status en posición del Tensilometro e indicando también a su vez que se encuentra ajustando al Set Point el sistema como se puede ver en la figura 84.

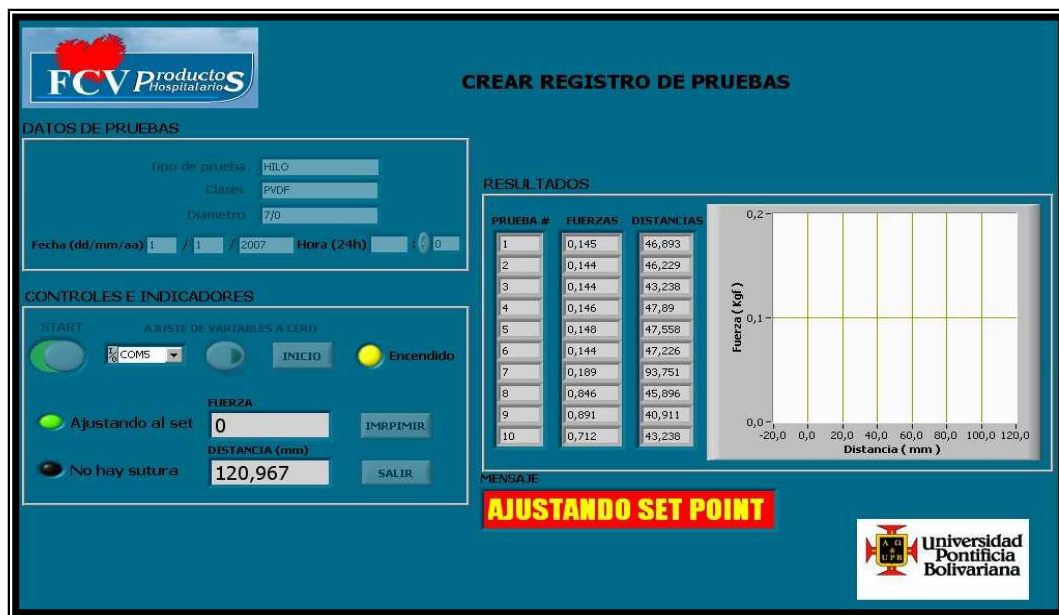


Figura 84.Prueba de tensión y distancia 5.

Al ajustarse todo el sistema, en variables y la maquina como tal, el mensaje de ajuste de Set Point desaparecerá y la maquina se abra detenido en el punto de inicio lista para una prueba. El sistema informara en un mensaje que se debe ajustar la sutura para así dar comienzo a la prueba, como se muestra en la figura 85. Cuando el operario haya ajustado la sutura puede dar click sobre el botón de aceptar y así seguir con el proceso.



Figura 85. Prueba de tensión y distancia 6.

El proceso de llevar al set point la maquina y de sujetar la sutura hace que el sistema percibe una pequeña variación en las variables de fuerza y distancia, por ello es necesario que el operario lleve esta variación a un valor de partida que debe ser cero en fuerza y en distancia. Para ello se logra haciendo click sobre el botón de Ajuste de Variables a Cero, ubicado en el área de controles e indicadores. Habiendo ejecutado esta acción el sistema esta listo para comenzar una nueva prueba (Figura 86), de modo que se habilita el botón de Inicio para comenzar.

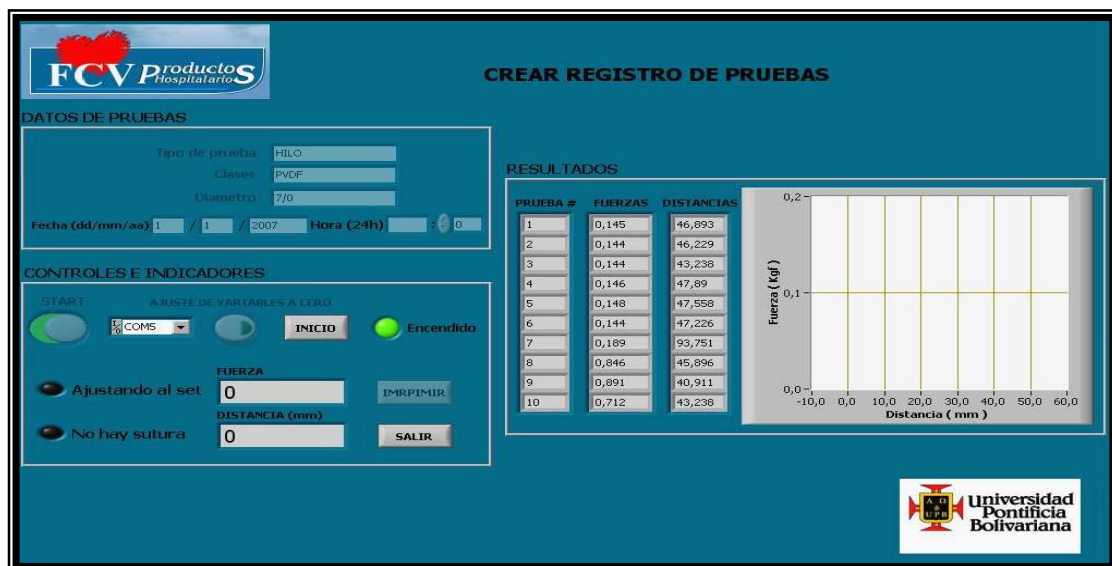


Figura 86. Prueba de tensión y distancia 8.

Habiendo dado clic sobre el botón de inicio, el sistema empezara a registrar los valores arrojados por el Tensilometro y a su vez dará comienzo a la operación de la maquina hasta elongar y reventar la sutura. Cuando la sutura se reviente la maquina se detiene inmediatamente y en el entorno de prueba se indica en un cuadro el valor de tensión y de elongación máximo experimentado sobre la sutura, preguntando al operario si la prueba es satisfactoria, de modo que quede bajo criterio profesional del operario, el desechar esos resultados o aceptarlos para que queden guardados en el registro del sistema del Tensilometro V1000 (Figura 87).



Figura 87. Prueba de tensión y distancia 9.

Como se explico anteriormente, el sistema puede almacenar solo diez pruebas de modo que una vez almacenadas las diez pruebas, el sistema indicara mediante un mensaje que ya no será posible almacenar mas pruebas como se puede apreciar en la figura 88. Aquí termina el proceso de pruebas que dará lugar a los resultados arrojados del sistema.



Figura 88. Prueba de tensión y distancia 10.

Una vez se almacenan las diez pruebas, al dar click sobre el botón imprimir, en la interfaz de prueba, se abre la interfaz de resultados de la prueba, donde se indican los valores de las pruebas, los resultados estadísticos de tensión y elongación y muy importante los resultados de si fueron satisfactorias las pruebas, ya que el sistema compara el promedio de los resultados con un valor nominal de calidad que contiene el sistema donde si es mayor o igual da como prueba satisfactoria a la prueba realizada o de lo contrario la da reprobada(Figura 89).

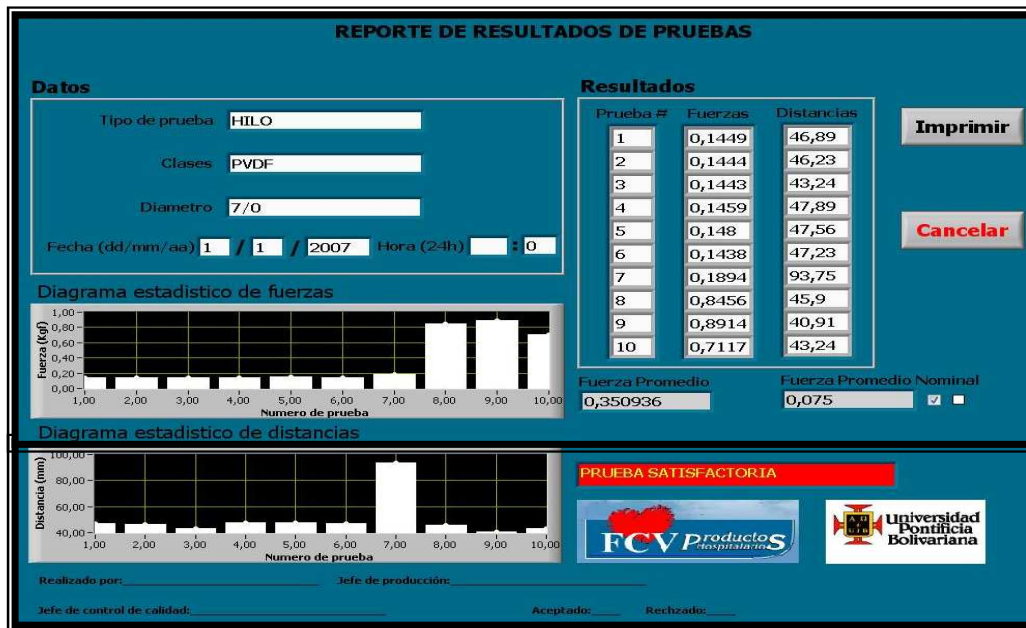


Figura 89. Imprimir.

El Tensilómetro V1000 cuenta con un paro de emergencia ubicado en la parte superior de la consola electrónica de control, como método de seguridad si por algún caso se pierde la comunicación sobre el control de la maquina de modo que se pueda detener instantáneamente sin que llegue a causar un accidente o en su defecto un daño material sobre la misma maquina o sus mecanismos adyacentes (figura 90).



Figura 90. Paro de emergencia.

3.2 Cuidados y mantenimiento

- Es muy importante mantener el área de carrera del Tensilometro libre de objetos que obstaculicen su movimiento relativo a su funcionamiento.
- Siempre antes de cada prueba corroborar bien las conexiones de los instrumentos electrónicos.
- Para un óptimo resultado de las pruebas se debe sujetar fijamente los rodillos que presan las suturas en prueba.
- Se debe procurar no abrir la tapa de la consola electrónica de control sin la supervisión del personal recomendado para manejar dichas tareas de mantenimiento eléctrico y electrónico , ya que adentro se operan voltajes de alta tensión y conexiones y contactos delicados de electrónica de control y proceso.
- Mantenga periódicamente lubricado con grasa especial para piñones de plástico, el sistema de engranes que dan el movimiento de carrera al Tensilometro, para así no experimentar un desgaste entre los engranes que puedan produce un sonido estridente en los mecanismos durante las pruebas.

4 CONCLUSIONES

Se diseño un sistema de control con visualizaciones y manipulación digital, capaz de realizar las pruebas necesarias de eficacia sobre suturas quirúrgicas.

Se realizo una minuciosa investigación en lo referente a sensores de precisión medidores de distancia y de fuerza, la cual nos sirve para realizar en un futuro una selección con criterio de los sensores que se utilizaran en controles de procesos industriales.

Se desarrollo una investigación del funcionamiento de conectividad de periféricos con conexión USB de la tarjeta pre-ensamblada en la FCV, la cual es un avance en la región, ofreciendo un tipo de comunicación la cual es sencilla y económica.

Se consiguió comunicar un microcontrolador con el protocolo RS232 y un computador con la protocolo USB, el cual sirve como guía para futuros desarrollos de comunicaciones entre controles modernos y sistemas antiguos.

Se elaboró un manual, siendo este una guía para el operario del Tensilometro digital el cual tiene como objetivo definir, orientar, aclarar dudas e inquietudes, sobre las funciones y procesos asignados al operador del Tensilometro digital de suturas quirúrgicas, que sirva de apoyo en las labores diarias de calidad sobre las suturas. Esta acompañada de información y recomendaciones para el mejor uso de las herramientas.

Se diseño un sistema de medición de fuerza y elongación sobre suturas quirúrgicas, el cual demuestra la posibilidad del manejo simultaneo de diferentes tipos de sensores en el control de procesos.

Se implemento un software para la operación y control de calidad de las suturas quirúrgicas.

5 BIBLIOGRAFIA

- ANGULO USATEGUI, José María. ANGULO MARTINEZ, Ignacio y ROMERO YESA, Susana. Microcontroladores PIC “Diseño práctico de aplicaciones” Segunda Parte. Edit. McGraw Hill / Interamericana. Madrid España. 1999.
- Camacho F, De Dulanto F. Instrumental y material de sutura. En: Camacho F, De Dulanto F, editores. Cirugía Dermatológica. Grupo Aula Médiac,S.A., Madrid 1995; 71-82
- Peter Abel. “Lenguaje Ensamblador y Programación para PC IBM y Compatibles”. Tercera edición. Pearson Education.
- Ramón Bartralot Soler. Materiales de sutura en Cirugía Dermatológica. Piel 2001; 16:113-116.

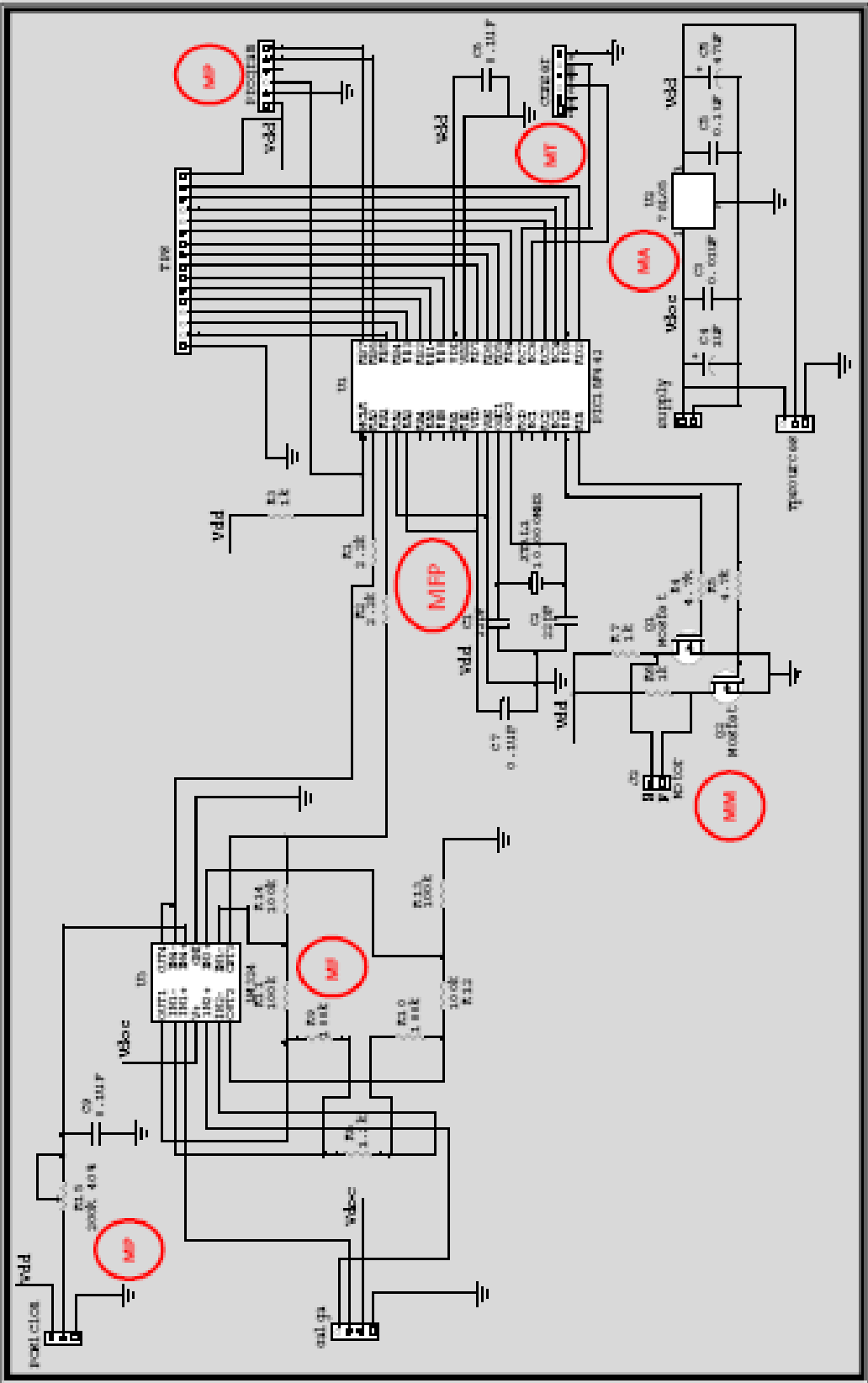
PAGINAS WEB

- <http://www.abcmedicus.com.html>.
- <http://www.cirugiaderma.com/suturas.htm>.
- <http://users.servicios.retecal.es/meijome/MATERIALES%20QUIR%DARGICOSrev.html>.
- <http://ingenieria.unitecnologica.edu.co/grupos/dise%F1o.htm>.
- <http://www.soyter.com/index.php?pid=128>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_de_instrumentaci%C3%B3n
- http://www.info-ab.uclm.es/labeled/Solar/Otros/Infrarrojos/sensor_sharp_gp2d02.htm
- <http://www.lt-automation.com/Transductoresdeposicion.htm>.
- <http://www.unet.edu.ve/~ielectro/GALGAS1.HTM>.
- <http://www.ni.com/labview/esa/>.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>.
- <http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/LabView.html>.
- http://robots-argentina.com.ar/Sensores_ultrasonido.htm.
- <http://alcabot.org/seminario2006/Trabajos/OlgaOlmedaOter.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A

CIRCUITO ESQUEMATICO DE CONTROL



ANEXO B

CIRCUITO ESQUEMATICO DE POTENCIA

