

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DIGITAL, PARA LOS ORIFICIOS  
PRESENTES EN LOS MOTORES DE AVIACIÓN LYCOMING Y CONTINENTAL.**

**JOHANNA PAOLA GONZALEZ TORRES**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA ELECTRÓNICA  
BOGOTÁ  
2010**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DIGITAL, PARA LOS ORIFICIOS  
PRESENTES EN LOS MOTORES DE AVIACIÓN LYCOMING Y CONTINENTAL.**

**JOHANNA PAOLA GONZÁLEZ TORRES**

**Trabajo presentado como proyecto de grado para optar al título de Ingeniero  
Electrónico**

**Asesor Temático:  
Ingeniero Néstor Fernando Penagos**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE ELECTRÓNICA  
BOGOTÁ  
2010**

**Nota de Aceptación:**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----

-----  
**Firma del Presidente del Jurado**

-----  
**Firma del Jurado**

-----  
**Firma del Jurado**

**Bogotá, 12 de Mayo de 2010**

En el desarrollo de una vida, con todos sus montuosos acontecimientos aquellos que siempre han estado, a mi Familia imperfecta pero al fin mía, aquellos que no esperan nada a cambio y su apoyo incondicional en largas rutinas para mi desarrollo personal. Mis padres que con su esfuerzo y sus palabras enaltecen la conciencia de la persona en que me he convertido; mis hermanos quienes con un millón de abrazos extendieron mi confianza.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCION</b>	<b>13</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>16</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES</b>	<b>17</b>
<b>1.1.1 Internacional</b>	<b>17</b>
<b>1.1.2 Nacional</b>	<b>18</b>
<b>1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>18</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>19</b>
<b>1.4 OBJETIVOS</b>	<b>23</b>
<b>1.4.1 Objetivo General</b>	<b>23</b>
<b>1.4.2 Objetivos Específicos</b>	<b>23</b>
<b>1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES</b>	<b>24</b>
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>25</b>
<b>3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN, SUB-LÍNEA DE FACULTAD, CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA</b>	<b>27</b>

<b>4. DESARROLLO INGENIERIL</b>	<b>28</b>
<b>4.1 DISEÑO DE LA HERRAMIENTA</b>	<b>31</b>
<b>4.1.1 Diseño mecánico</b>	<b>31</b>
<i>4.1.1.1 Material de construcción de la herramienta</i>	32
<i>4.1.1.2 Diseño del tornillo</i>	34
<b>4.1.2 Ejecución del movimiento</b>	<b>46</b>
4.1.2.1 Sistema de ejecución de giro del motor	48
<b>4.1.3 Sistema de parada o fin de carrera</b>	<b>50</b>
<b>4.2 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO PARA ADQUISICIÓN Y ENVÍO DE DATOS</b>	<b>52</b>
<b>4.2.1 Selección del sistema de estimación de distancias</b>	<b>52</b>
<i>4.2.1.1 Funcionamiento de los sensores opto-reflexivos.</i>	53
4.2.1.2 Sensor opto-reflexivo IS471F	54
4.2.1.3 Sensor opto-reflexivo CNY70	60
<b>4.2.2 Controlador del sistema</b>	<b>66</b>

4.2.2.1 Selección del microcontrolador	66
<b>4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS</b>	<b>76</b>
<b>4.3.1 Programación del sistema de visualización y análisis de datos</b>	<b>77</b>
4.3.1.1 Diseño de la comunicación serial utilizando LABVIEW	78
4.3.1.2 Diseño de la vinculación de tablas utilizando LABVIEW	84
4.3.1.3 Análisis de los datos obtenidos	94
<b>5. PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS</b>	<b>106</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>108</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>109</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>WEBBIBLIOGRAFIA</b>	
<b>GLOSARIO</b>	
<b>ANEXO A. DISEÑOS DE ESTUDIO DE LA HERRAMIENTA</b>	
<b>ANEXO B. CODIGO DE PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR</b>	

**ANEXO C. CODIGO DE PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN  
Y ANALISIS DE DATOS**

**ANEXO D. IMÁGENES PCB**

**ANEXO E. TABLAS DE OPERACIÓN Y SERVICIO**

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características de los instrumentos analizados	32
Tabla 2. Características de los tipos de motores analizados	46
Tabla 3. Características de puentes H	48
Tabla 4. Diferencias entre los circuitos integrados L293 y L293D	49
Tabla 5. Características de los sensores opto-reflexivos y de ultrasonido	53
Tabla 6. Características técnicas del sensor IS471F	55
Tabla 7. Características electro-ópticas del sensor IS471F	56
Tabla 8. Resultados del muestreo de la señal del sensor IS471F sometido a la luz	57
Tabla 9. Resultados del muestreo de la señal del sensor IS471F sin luz	59
Tabla 10. Características técnicas del sensor CNY70 (Entrada – Emisor)	61
Tabla 11. Características técnicas del sensor CNY70 (Salida – Receptor)	61
Tabla 12. Características técnicas del sensor CNY70 (Acoplador)	61
Tabla 13. Características eléctricas del sensor CNY70 (Entrada – Emisor)	62
Tabla 14. Características eléctricas del sensor CNY70 (Salida – Receptor)	62
Tabla 15. Características eléctricas del sensor CNY70 (Acoplador)	62
Tabla 16. Resultados del muestreo de la señal del sensor CNY70 sometido a la luz	63
Tabla 17. Resultados del muestreo de la señal del sensor CNY70 sin luz	64
Tabla 18. Número de instrucciones de Microchip - PIC y de Intel – Freescale	67
Tabla 19. Características más importantes del PIC16F877A	68

Tabla 20. Comparación entre LABVIEW y VISUAL BASIC	76
Tabla 21. Descripción de pines del puerto serial RS232	79
Tabla 22. Configuración del puerto serial con LABVIEW	80
Tabla 23. Puerto de escritura VISA WRITE	82
Tabla 24. Puerto de lectura VISA READ	84
Tabla 25. Posibles combinaciones para la resolución del sistema $2^8$	96
Tabla 26. Resultados del muestreo de la señal del sensor CNY70 sin luz	102
Tabla 27. Pendiente de la recta de la señal obtenida por el sensor CNY70	105

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo de funcionamiento del motor	13
Figura 2. Calibradores telescópicos	16
Figura 3. Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema	29
Figura 4. Diagrama de bloques de las etapas de diseño del sistema	30
Figura 5. Diagrama de bloques del diseño de la herramienta	31
Figura 6. Cursor de la herramienta	33
Figura 7. Parámetros de diseño para tornillos	34
Figura 8. Tornillo de fuerza o potencia	35
Figura 9. Diagrama de fuerzas	35
Figura 10. Vistas frontales de los bloques de construcción	41
Figura 11. Vistas equivalentes al bloque 2 ó mango de la herramienta	42
Figura 12. Vistas dimensionales del motor y el mango de la herramienta	43
Figura 13. Despiece del bloque 3 correspondiente al cursor	44
Figura 14. Vistas izquierda y de volumen del cursor	45
Figura 15. Motor MAXON DC / GEAR HEAD – 9 V – 24 RPM – SWISS	47
Figura 16. Circuito integrado L293D	49
Figura 17. Diagrama de conexión del circuito integrado L293D	50
Figura 18. Interruptor de fin de carrera	51
Figura 19. Diagrama de bloques del sistema de adquisición y envío de datos	52

Figura 20. Funcionamiento de los sensores opto-reflexivos	54
Figura 21. Sensor opto electrónico IS471F	55
Figura 22. Circuito para el muestreo de la señal del sensor IS471F	57
Figura 23. Muestreo del sensor IS471F sometido a luz blanca.	58
Figura 24. Muestreo del sensor IS41F sin luz	59
Figura 25. Sensor opto-reflexivo CNY70	60
Figura 26. Circuito para el muestreo de la señal del sensor CNY70	63
Figura 27. Muestreo del sensor CNY70 sometido a luz	64
Figura 28. Muestreo del sensor CNY70 sin luz	65
Figura 29. Diagrama de flujo del programa principal	70
Figura 30. Diagrama de flujo del desplazamiento a la derecha	71
Figura 31. Diagrama de flujo de la conversión de datos	72
Figura 32. Diagrama de flujo de la transmisión de datos	73
Figura 33. Diagrama de conexión del microcontrolador	74
Figura 34. Diagrama para diseño del impreso.	75
Figura 35. Diagrama de bloques del sistema de visualización y análisis de datos	77
Figura 36. Puerto serial RS232	78
Figura 37. VISA CONFIGURE SERIAL PORT	80
Figura 38. VISA WRITE	81
Figura 39. Configuración del puerto serial de escritura	82
Figura 40. Configuración del puerto de lectura serial	83
Figura 41. Diagrama de diseño de la vinculación de tablas desde LABVIEW	84

Figura 42. Diagrama jerárquico del sistema de visualización y análisis de datos	85
Figura 43. Panel de presentación del Software	87
Figura 44. Diagrama de flujo de la presentación del software	87
Figura 45. Diagrama de flujo del menú de selección	88
Figura 46. Menú de selección	89
Figura 47. Diagrama de flujo referido al sistema que se desea medir	90
Figura 48. Referido al sistema que se desea medir	91
Figura 49. Diagrama de flujo de la respuesta de datos obtenidos	92
Figura 50. Panel de respuesta de los datos obtenidos	93
Figura 51. Diagrama de la función nodo de formula	103
Figura 52. Representación de la señal obtenida.	104
Figura 53. Primer diseño de análisis de la herramienta	105
Figura 54. Segundo diseño de análisis de la herramienta	105
Figura 55. Diseño de la herramienta	106
Figura 56. Vista frontal del prototipo final	106
Figura 57. Vista frontal del cursor	107
Figura 58. Programación del panel de presentación	112
Figura 59. Programación del menú de selección	113
Figura 60. Programación del referido del sistema	114
Figura 61. Programación del panel de respuesta de los datos obtenidos.	114
Figura 62. Diseño PCB de la fuente de alimentación	115
Figura 63. Diseño PCB de la H para el giro del motor	115

Figura 64. Diseño PCB para el microcontrolador

116

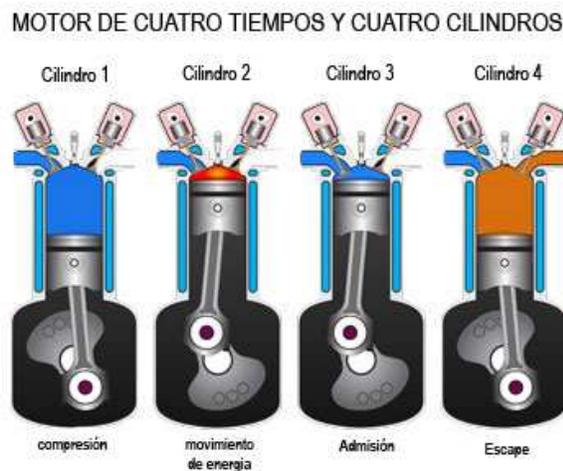
## INTRODUCCIÓN

Un motor aeronáutico o motor de aviación es aquel que se utiliza para la propulsión de aeronaves mediante la generación de una fuerza de empuje. Existen distintos tipos de motores de aviación aunque se dividen en dos clases básicas:

- Motores recíprocos o de pistón
- Motores a reacción

Los motores recíprocos o de pistón están formados por una serie de cilindros donde se comprime la mezcla aire – combustible y se inflama. La combustión de la mezcla produce un incremento de la presión del gas en el interior del cilindro, aplicándose esta sobre el émbolo. El movimiento lineal del émbolo (pistón), ascendente y descendente en el cilindro, se transforma finalmente en otro movimiento circular mediante un sistema articulado, que hace girar el motor.

Figura 1. Ciclo de funcionamiento del motor.



Johanna Paola González Torres, Febrero 3 de 2010

El movimiento lineal del pistón en el cilindro ocasiona un desgaste, el cual es una respuesta integral del sistema. “Al analizar los sistemas se ha detectado que el

75% de las fallas mecánicas se deben al desgaste de las superficies en rozamiento.”<sup>1</sup>

Partiendo de lo anterior, hay diferentes técnicas que buscan determinar las dimensiones del desgaste o la pérdida de material con respecto a su utilización, dichas técnicas son:

- *Análisis de aceite*, en donde se analiza el agua y el hollín que entran al motor, su funcionalidad está sujeta a la interpretación de los análisis encontrados.
- *Análisis tribológico*, determina el origen del desgaste, siendo su estudio fundamentado en los lubricantes utilizados para evitar algún deterioro.
- *Máquinas de medición por coordenadas*, instrumentos de medición con los cuales se pueden medir características geométricas tridimensionales de objetos en general. Seguidor láser, brazo de medición.
- *Sistemas de medición de distancias*, evalúan la distancia, y el operario establece su funcionalidad de acuerdo con unos parámetros de servicio.

Los sistemas de medición digital, comprenden diferentes campos de trabajo, ya que proporcionan mayor precisión y velocidad en la adquisición de datos. Su aplicabilidad en aeronáutica abarca grandes aspectos, como lo son la reparación de motores, en la cual se deben tomar muestras del estado de las partes que componen los motores de aviación, medidas que están sujetas a parámetros de reparación y servicio (OVERHAUL)<sup>2</sup>.

Debido a los requerimientos en aeronáutica de evaluación de estado de motores, entre los cuales se busca seguir un proceso de control de medición de piezas, para el aprovechamiento del tiempo de reparación y ajustarse a cifras más precisas, para determinar el estado de las partes presentes en los motores de aviación, se desarrolló un sistema de medición digital, el cual acelerará el proceso de supervisión de cada pieza presente en el motor de aviación, estableciendo

---

<sup>1</sup> VIVAS RIVEROS, Zulima. En: Estudio de la resistencia al desgaste de películas de Ti. [en línea] [consultado 19 abril. 2010] disponible en < <http://www.cenm.org/abstract/uao/gcim/zulima.pdf>>

<sup>2</sup> WILLIAMSPORT, Overhaul manual avco Lycoming direct drive engine Approved by F.A.A.: Part No. 60294-7, fifth printing: Pensilvania, December 1974, 96 p.

Medidas más precisas y generando los reportes necesarios para sustentar los datos obtenidos.

Este proyecto consiste en el diseño de un sistema de medición digital, equipado con un sensor que tiene como función, tomar las distancias de los orificios y diámetros encontrados en cada pieza de los motores recíprocos, una interfaz de adquisición de datos que busca comunicar los datos a un programa computacional que analizará los resultados obtenidos comparándolos con las tablas de reparación y servicio (OVERHAUL)<sup>3</sup> y generando los reportes de dichas medidas.

Ejerciendo la medición con un sensor, sólo es necesario tomar las muestras tres veces, ya que el programa computacional estima el promedio de las muestras; estos datos son visualizados en un interfaz gráfica en la cual el operario puede generar el reporte de las medidas obtenidas y acceder a las tablas de límites de operación, para determinar el funcionamiento de cada pieza, tras lo cual se obtiene una disminución en el tiempo de diagnóstico.

---

<sup>3</sup> WILLIAMSPORT, Op. Cit., p 2

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Todos los sistemas que se utilizan para el movimiento de los aviones, necesitan de una evaluación que se realiza después del servicio de cada uno de estos; en estos procedimientos se valora el estado de cada pieza que conforma al motor, dichas pruebas estiman el nivel de desgaste por fricción.

Los métodos utilizados para la evaluación de estas piezas, consisten básicamente en la utilización de sistemas de medición de propósito general, entre los cuales se encuentran los calibradores telescópicos y la medida final del orificio se obtiene por la medición de las puntas de contacto del calibrador con un micrómetro; una vez tomadas las muestras que dependen del operario, se debe hacer una estimación de acuerdo con las tablas de operación y servicio (OVERHAUL)<sup>4</sup>; luego se genera un reporte, y se procede a ensamblar el motor, una vez ensamblado se hacen pruebas de aceite, en las cuales se evalúa las fugas, las cuales, la mayoría de veces son debidas a la inspección inicial de cada pieza. Con este tipo de contrariedades se debe volver a desensamblar el motor y volver a estimar las muestras para encontrar el daño y reemplazar la pieza.

Figura 2. Calibradores telescópicos.



[www.starrett.com.ar/.../4204.jpg&formato=chico](http://www.starrett.com.ar/.../4204.jpg&formato=chico)

A pesar de crearse un pronóstico del estado de cada pieza, muchas veces las piezas son aprobadas y luego a la hora de hacer las pruebas con el motor totalmente ensamblado, se presentan rangos de falla mayores, ya que las medidas dependen del operador del sistema de medición.

---

<sup>4</sup> WILLIAMSPORT, Op. Cit., p 2

## 1.1 ANTECEDENTES

Se pueden encontrar muchos sistemas de medición en la industria, con los cuales se obtiene una gran exactitud en la medida, pero son enfocados a un propósito en general, tras lo cual, solo cumplen con el objetivo de proporcionar un estimado de muestras.

Entre ellos encontramos:

- Calibradores (digitales y análogos).
- Micrómetros (digitales y análogos).
- Telescópicos.

Los cuales tienen una gran exactitud por los métodos que utilizan para la estimación de distancias.

Este tipo de herramientas de uso cotidiano, a pesar de su facilidad de uso, no están enfocadas a realizar una tarea para un sistema específico, son de tipo global y siempre dependerán de la persona que las esté manipulando.

A continuación se mencionarán algunas referencias de sistemas de medición utilizados Internacional, Nacionalmente, al igual que documentos en los cuales se plantean cambios a los motores recíprocos, como antecedentes para el desarrollo de este proyecto.

1.1.1 **Internacional.** *Micrómetros de México Micromex.* Ha servido a la industria desde el año de 1979, durante este tiempo ha suministrado una gran cantidad de equipos para Laboratorio de Control de Calidad, Instrumentos de Medición y Precisión, Herramienta de Corte, Herramienta de Carburo de Tungsteno.

Entre los instrumentos de medición y precisión se mencionan:

- Calibrador pie de rey digital
- Calibrador pie de rey con indicador de cuadrante
- Calibrador pie de rey con vernier

- Calibradores telescópicos
- Medidor de distancias ultrasónico
- Micrómetros de exteriores (digitales, análogos)
- Micrómetros de interiores (digitales, análogos)
- Micrómetros láser

*Mitutoyo.* Empresa japonesa, líder mundial dedicada a la metrología dimensional, certificada por la norma ISO 9001:2000. Suministra al mercado internacional más de 6.000 tipos de productos diferentes entre los cuales se encuentran:

- Calibradores análogos y digitales.
- Micrómetros digitales con control de presión para medir materiales blandos.
- Micrómetros de abertura láser.
- Micrómetros de roscas.
- Micrómetros para interiores con varillas intercambiables.

*Aro S. A.* Empresa Argentina, en 1969 comienza formalmente la fabricación de instrumental de medición con su marca registrada PRAZIS, hoy en día posee otra marca registrada DIGIMESS; además cuenta con la prestación de un servicio para usuarios, en la cual otorga información detallada de empresas especializadas en instrumentos de medición y metrología dimensional.

**1.1.2. Nacional.** *Modificación Al Motor Avco Lycoming 0-320 Aspirado Para Su Funcionamiento Con Gasolina De Automóvil.* Trabajo presentado como proyecto de grado para optar al título de ingeniero aeronáutico. Presentado por: Andrés Felipe Hernández Gómez y Julián Andrés Delgado Martínez; UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA, Bogotá D.C. noviembre 26 de 2004.

En el cual se hace un estudio de las posibles adaptaciones al motor AVCO LYCOMING 0-320 aspirado, de un combustible de menor octanaje en comparación con el combustible AVGAS 100/130, con el fin de reducir costos de operación.

“Se pretende proporcionar a estudiantes y a la industria de la aviación en Colombia fundamentos de desempeño del motor **AVCO LYCOMING 0 – 320** aspirado para su funcionamiento con diferentes gasolinas, el desarrollo de la investigación de las modificaciones al motor **AVCO LYCOMING 0 – 320** aspirado, se llevara a cabo en el área de la aviación experimental. Sin embargo se puede

Presentar como una modificación de tipo suplementario STC (suplementario al Certificado Tipo), para su operación sin restricciones”<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> DELGADO MARTINEZ Julián Andrés, HERNANDEZ GOMEZ Andrés Felipe, modificación al motor AVCO 0 -320 aspirado para su funcionamiento con gasolina de automóvil, trabajo presentado para optar a título de ingeniero aeronáutico, Bogotá 26 de noviembre de 2004

## 1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema existente en la aviación, se basa en el sistema actual de medición para las piezas de los motores con los que trabajan los aviones Lycoming y Continental (aviones a pistón), debido a que estos sistemas son de tipo analógico y su exactitud depende del operario.

Para ejercer la medida de los orificios, se utiliza como herramienta un calibrador telescópico, que es un aparato de tipo mecánico el cual funciona como un tornillo sin fin, que se ajusta a la distancia del diámetro de los orificios; la medida ejercida por este telescópico no puede ajustarse demasiado, ni distanciarse de la superficie interna de las piezas a medir, (se presentarían fallas en la medición) así que depende del operario establecer una muestra que satisfaga las condiciones de servicio; consecutivamente se lleva la muestra a un micrómetro de tipo analógico que define el número de pulgadas del diámetro medido, luego de determinar el diámetro, el operario debe dirigirse a las tablas de servicio estipuladas en los manuales, en estos manuales debe ubicar el motor de acuerdo con la referencia, (LYCOMING Ó CONTINENTAL) y la pieza a la cual se le hizo la medida dependiendo del número de cilindros que posee el motor, una vez ubicados, debe leer las referencias de cada motor y finalmente concluir el estado del cárter. Este proceso de medición puede llegar a tardar dos semanas, siendo estas un tiempo muy elevado para el diagnóstico.

¿Por qué es necesario el diseño de un sistema de medición digital, para los orificios presentes en los motores de aviación Lycoming y Continental?

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Analizando los requisitos aeronáuticos para la evaluación de las piezas de los motores recíprocos, se diseñó un sistema de medición que vinculara todos los procesos que se llevaban de manera manual, agilizando todo el proceso.

Partiendo de principios establecidos, como son los parámetros de operación (OVERHAUL)<sup>6</sup>, los cuales estipulan las medidas de cada pieza, que definen el uso ó el desecho de estas; se determinó la forma de medición o estimación de muestras para cada distancia encontrada en cada pieza diferente.

Haciendo un análisis comparativo de información sobre los distintos tipos de sensores que podían cumplir con esa función, se determino el grupo de sensores opto-reflexivos, que cumplían como característica principal, con la variabilidad de respuesta con respecto a la distancia en la que se encuentra cualquier objeto. Se hizo un estudio de los efectos de la luz que podrían afectar la medida en estos sensores, disminuyendo las posibilidades de precisión y reduciendo el margen de sensores que cumplían dichas aplicaciones.

Partiendo del hecho de establecer una medida con la utilización de sensores opto-reflexivos, se diseñó una herramienta que facilitara la medida en cuanto a que la precisión del instrumento siempre fuera la misma y el sensor pudiera implementarse en la herramienta; de esta manera siguiendo el principio del calibrador de vernier, el cual por su diseño ofrece mayor precisión, se adaptó un sistema automatizado para la ejecución de la toma de muestras.

Una vez consideradas las muestras, era necesario promediarlas y compararlas con las tablas de operación (OVERHAUL)<sup>7</sup>, para esto, se diseñó una interfaz de transmisión de datos constituida por un microcontrolador, que no solamente se encargara de transmitir las muestras, sino que también realizara las operaciones de traslación que la herramienta requería para la estimación de estas, con el fin de visualizar los datos en un computador que realizara los promedios y vinculara las tablas de operación y servicio (OVERHAUL)<sup>8</sup>, haciendo que su visualización sea muchas mas asequible.

---

<sup>6</sup> WILLIAMSPORT, Op. Cit., p 2

<sup>7</sup> \_\_\_\_\_, Op. Cit., p 2

<sup>8</sup> \_\_\_\_\_, Op. Cit., p 2

Una vez construida la interfaz de usuario con todas las ayudas necesarias para la ejecución de la toma de muestras, se desarrolló un vínculo para generar un reporte del trabajo realizado.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 General**

Diseñar un sistema de medición digital, para los orificios presentes en los motores LYCOMING y CONTINENTAL (motores recíprocos).

### **1.4.2 Específicos**

- Determinar que tipo de sensor tomará las medidas de los orificios.
- Diseñar un sistema mecánico que cumpla con la función de medición de orificios.
- Determinar el microcontrolador que satisfaga las funciones del sistema.
- Establecer el programa para la visualización de los datos en el computador.
- Diseñar una interfaz gráfica en la que se enseñen las diferentes piezas encontradas en los motores recíprocos.
- Generar en tablas de Excel los límites de servicio de los manuales OVERHAUL<sup>9</sup>.
- Realizar pruebas de calibración de la herramienta.
- Realizar una prueba piloto con el enlace del sistema de medición completo y verificar su rendimiento o falencias que se puedan presentar.
- Crear un manual que facilite la operación del prototipo del sistema

---

<sup>9</sup> WILLIAMSPORT, Op. Cit., p 2

## 1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

El prototipo del sistema de medición digital se proyecta únicamente para la medición de las partes de los motores Lycoming y Continental (motores recíprocos) de máximo 350 caballos de fuerza (Hp).

Los parámetros de medida de la herramienta están regidos por las tablas de límites de servicio de los manuales OVERHAUL<sup>10</sup> las cuales alcanzan un máximo de 6 pulgadas para motores de 350 caballos de fuerza (Hp).

La herramienta, cuando realice una medición hará un promedio de dos a tres medidas para posteriormente vincular las tablas de operación (OVERHAUL)<sup>11</sup> y generar los reportes del trabajo realizado.

La comunicación de la herramienta con PC se realizara alambriamente.

---

<sup>10</sup> WILLIAMSPORT, Op. Cit., p 2

<sup>11</sup> \_\_\_\_\_, Op. Cit., p 4

## 2. METODOLOGÍA

Este proyecto esta enfocado en los sistemas de medición y la automatización de una herramienta para un proceso específico, como lo es la toma de muestras de los orificios encontrados en las piezas que conforman los motores recíprocos Lycoming y Continental de 350 caballos de fuerza (Hp).

Para la realización de este proyecto se estableció que las mediciones serían evaluadas por sensores opto-reflexivos, debido a sus pequeñas dimensiones y a las respuestas obtenidas con respecto a las distancias de objetos a su paso, además de las características de diseño argumentadas por técnicos de revisión de motores.

Establecido lo mencionado anteriormente, se estimó una escala proporcionada al probar cada sensor con objetos de obstrucción variados cada milímetro, obteniendo variaciones de voltaje las cuales por medio de fórmula establecen la distancia obtenida en cada muestra.

Una vez realizadas las pruebas de sensorica, se inicio el diseño de la herramienta que ejecutara el movimiento necesario Para establecer la distancia de las muestras, se trabajaron tres distintos modelos, los cuales fueron diseñados por planos, seguidamente se hicieron en maquetas que demostraran el movimiento de la herramienta y de esa manera encontrar el diseño que mejor se adaptara al objetivo requerido.

El siguiente paso fue la construcción de una interfaz de comunicación entre el computador y la herramienta, para ejecutar los movimientos derecha e izquierda de la herramienta y transmitir las señales estimadas por el sensor. Esta interfaz fue diseñada a través de un microcontrolador y por puerto serial del computador, facilitando el diseño, la utilización y los costos de realización.

Posteriormente se diseño una interfaz de usuario la cual mostrara los datos estimados por el sensor, esta etapa estuvo enfocada en la guía asistida de la utilización de la herramienta, con el fin de facilitar la operación de cualquier persona que requiera el uso de la misma. Esta etapa consta de botones de ayuda textual y de video para un mejor entendimiento del trabajo que se debe realizar.

Por ultimo se diseño un manual de usuario totalmente textual con graficas de ayuda e información importante para reparación de la herramienta en caso de algún fallo.

### **3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA / SUB – LÍNEA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA / CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA.**

La línea de investigación de la Universidad de San Buenaventura que demarca este proyecto esta definida como tecnologías actuales y sociedad, ya que busca implementar un avance especializado en un nuevo sistema de medición digital para orificios presentes en las partes de los motores recíprocos de aviación, disminuyendo los tiempos de estimación de medidas para la evaluación de cada pieza.

Esta basada en la sub - línea de la Facultad de Ingeniería Electrónica que hace referencia la instrumentación y control de procesos, debida al estimado de muestras obtenidas a través de sistemas electrónicos que se ejecutan en secuencia y constituyen un instrumento que realiza una tarea específica.

Los campos de investigación o temáticos del programa son el control, que se basa en el muestreo de señales y la microelectrónica, utilizada en la construcción del sistema en general, buscando la automatización de un proceso de medición.

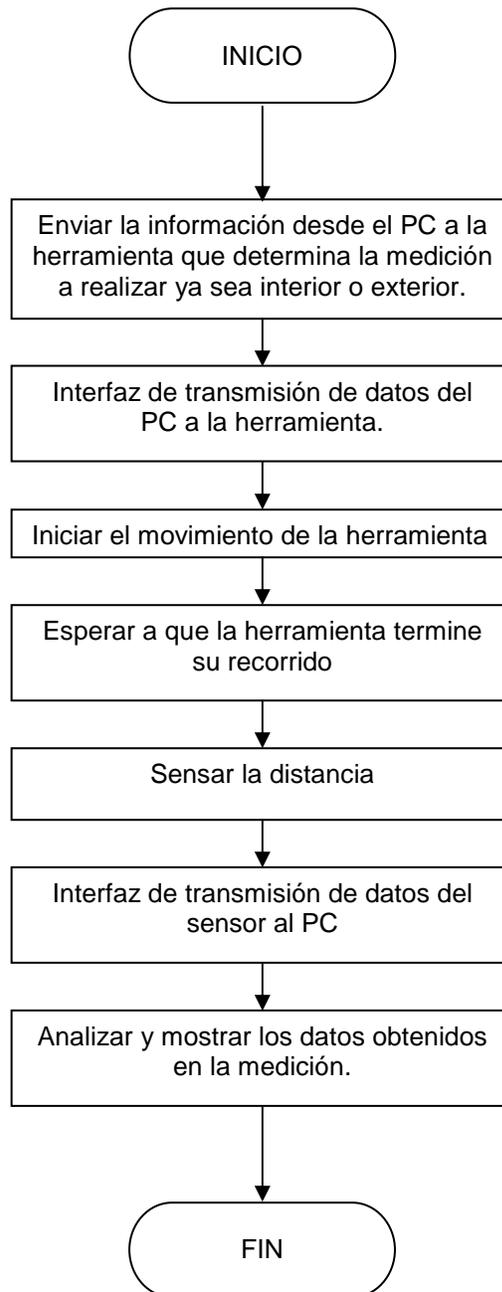
#### 4. DESARROLLO INGENIERIL

El funcionamiento del sistema, tiene unos requisitos de operación para que su funcionamiento cumpla con los objetivos que se quieren alcanzar. Los pasos para su correcto funcionamiento serán los siguientes:

- Se deberá indicar a la herramienta que tipo de medición de desea realizar, ya sea un exterior o un interior.
- La herramienta deberá ejecutar un movimiento determinado por la información obtenida anteriormente.
- Se debe detener la herramienta cuando haga su recorrido.
- Se determinará la distancia obtenida por la herramienta.
- Se enviaran los datos a un computador.
- Se visualizaran y analizaran los datos obtenidos.

El diagrama de flujo que se muestra en la figura 3, representa los requisitos necesarios para el funcionamiento del sistema.

Figura 3. diagrama de flujo de l funcionamiento del sistema.



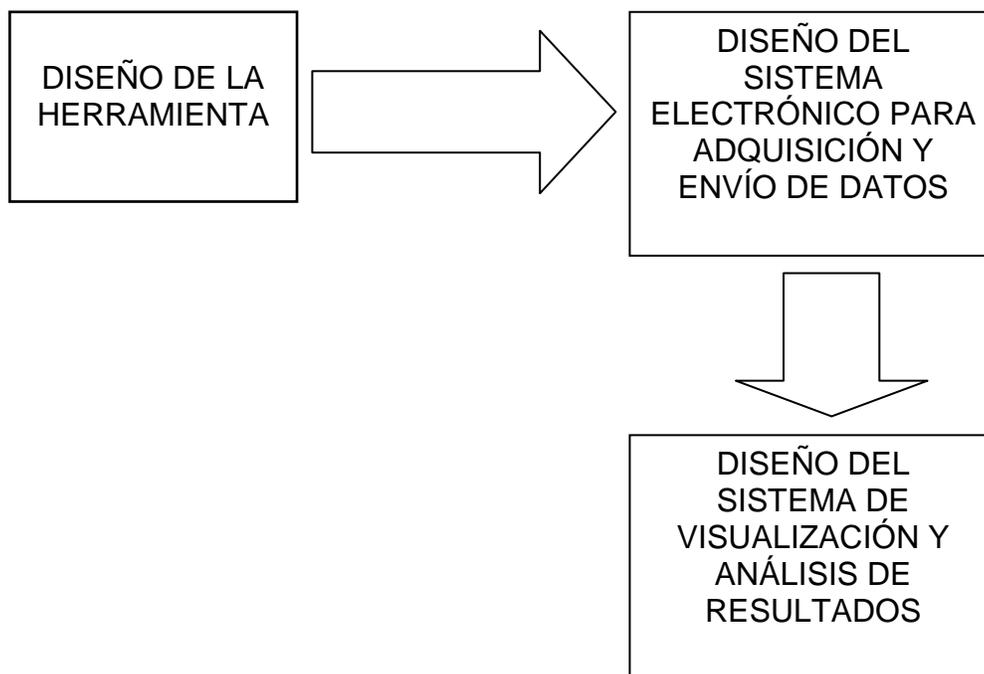
Johanna Paola González Torres, Febrero 3 de 2010

Una vez determinados los aspectos anteriores, se dividieron las etapas de diseño del sistema en bloques; dichos bloques o etapas, encierran en cada uno, los componentes desarrollados para cumplir con su función. Estas etapas de diseño son:

- Diseño de la herramienta
- Diseño del sistema electrónico para adquisición y envío de datos.
- Diseño del sistema de visualización y análisis de resultados.

En la figura 4, se muestra el diagrama de bloques de diseño del sistema, esquematizando las etapas de desarrollo.

Figura 4. Diagrama de bloques de las etapas de diseño del sistema



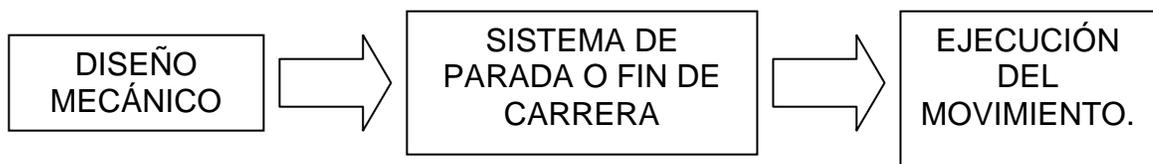
Johanna Paola González Torres, Febrero 3 de 2010

## 4.1 DISEÑO DE LA HERRAMIENTA.

Según los requisitos de operación, la herramienta debe funcionar de tal forma que pueda desplazarse hacia la derecha e izquierda, de tal forma que pueda determinar en un momento dado la distancia de una pieza.

El desarrollo de este sistema se elaboro, con el diseño mecánico que ejecutara los movimientos, la determinación de la parada del movimiento y el sistema que ejecutaría dicho movimiento. Véase Figura 5.

Figura 5. Diagrama de bloques del diseño e la herramienta.



Johanna Paola González Torres, Febrero 3 de 2010

**4.1.1 Diseño mecánico.** Para el diseño mecánico se analizaron los instrumentos de medición que satisficieran la ejecución del movimiento. Los instrumentos analizados fueron: el calibrador vernier universal, el micrómetro, el calibrador telescópico. En la tabla 1. Se muestran las características de los instrumentos analizados.

Por ser un instrumento multifunción, se diseño la herramienta con la forma del calibrador de vernier, ya que este facilita las mediciones de interiores y exteriores de las piezas.

Para ejecutar el movimiento de desplazamiento de la herramienta, se baso el diseño en el tornillo de rosca utilizado en los micrómetros, el cual ejecuta el desplazamiento de las puntas.

Tabla 1. Características de instrumentos analizados.

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	CARACTERÍSTICAS
<b>CALIBRADOR VERNIER</b>	<p>Se utiliza para medir con precisión elementos pequeños (tornillos, orificios, pequeños objetos, etc.). La precisión de esta herramienta llega a la décima, a la media décima de milímetro e incluso llega a apreciar centésimas de dos en dos.</p> <p>Para medir exteriores se utilizan las dos patas largas, para medir interiores (diámetros de orificios) las dos patas pequeñas, y para medir profundidades un vástago que va saliendo por la parte trasera, llamado sonda de profundidad. Para efectuar una medición, se ajusta el calibre al objeto a medir y se fija.</p>
<b>MICRÓMETRO</b>	<p>Es un instrumento que sirve para medir con alta precisión (del orden de una micra, equivalente a <math>10^{-6}</math> metros) las dimensiones de un objeto. Para ello cuenta con 2 puntas que se aproximan entre sí mediante un tornillo de rosca fina, el cual tiene grabado es su contorno una escala. La escala puede incluir un nonio. Frecuentemente el micrómetro también incluye una manera de limitar la torsión máxima del tornillo, dado que la rosca muy fina hace difícil notar fuerzas capaces de causar deterioro de la precisión del instrumento. los Micrómetros de estudio fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Micrómetro de exteriores: son instrumentos de medida capaces de medir el exterior de piezas en centésimas.</li> <li>➤ Micrómetro digital: son exactamente iguales a los anteriores, pero tienen la particularidad de realizar mediciones de hasta 1 milésima de precisión y son digitales, a diferencia de los anteriores que son analógicos.</li> <li>➤ Micrómetro de interiores: mide interiores basándose en tres puntos de apoyo.</li> </ul>
<b>CALIBRADOR TELESCÓPICO</b>	<p>Este tipo de calibradores se utiliza para medir los interiores de cualquier pieza de trabajo; su función es hacer una muestra de la medida que posteriormente es evaluada con un micrómetro.</p>

Johanna Paola González Torres. Febrero 3 de 2010

*4.1.1.1 Material de construcción de la herramienta.* Teniendo en cuenta las propiedades de los materiales para fabricación de herramientas como lo son:

- Resistencia a la tracción  $S_u$
- Resistencia a la deformación  $S_y$
- Limite elástico
- Ductilidad y elongación porcentual
- Dureza
- Resistencia al esfuerzo de corte
- Maquinabilidad

## ➤ Resistencia al impacto

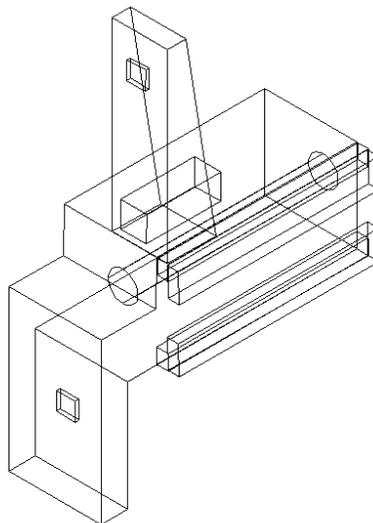
Se selecciono, el acero al carbón en el cual el carbón surte un efecto considerable en la resistencia, dureza y ductibilidad de cualquier acero con aleaciones.

Para maquinar la herramienta, se selecciono el acero denominado por las normas AISI (Instituto Estadounidense del Hierro y el Acero), como AISI 1045, el cual corresponde a Acero puro al carbón. Sin elemento significativo de aleación excepto carbón y manganeso; menos de 1.0% de manganeso. También es denominado como no resulturizado, y tiene un porcentaje del 0.45% de carbón.

Las aplicaciones de este tipo de acero son por lo general para flechas, ejes o engranajes, debido a que es un acero de gran rigidez, dureza y resistencia al impacto.

En la figura 6, se muestra el cursor de la herramienta, el cual tiene un peso de 225 gramos, 5 cms de largo y 2.5 cms de espesor.

Figura 6. Cursor de la herramienta



Johanna Paola González Torres, abril 3 de 2010

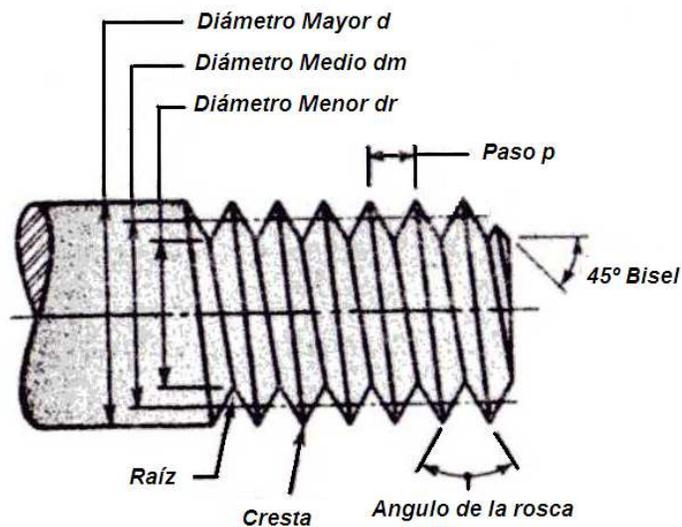
La cual representa la carga que deberá ser movida por el tornillo roscado que ejecutara el movimiento de la herramienta.

4.1.1.2 *Diseño del tornillo.* Teniendo en cuenta las normas o estándares y definiciones para roscas de tornillos, se definen los parámetros a tener en consideración, Shirley establece las siguientes definiciones para cada parámetro:

- *El Paso* es la distancia que hay entre dos hilos adyacentes, medida paralelamente al eje de la rosca, y es el recíproco del número de hilos por pulgada,  $N$
- *El Diámetro Mayor  $d$* , es el diámetro de mayor tamaño de la rosca.
- *El Diámetro Menor  $d_r$* , es el diámetro de menor tamaño de la rosca.
- *El Avance  $l$* , es la distancia que se desplaza una tuerca, paralelamente al eje de la rosca de un tornillo, cuando se le da una vuelta<sup>12</sup>.

En la figura 7, se muestran los parámetros mencionados anteriormente.

Figura 7. Parámetros de diseño para tornillos



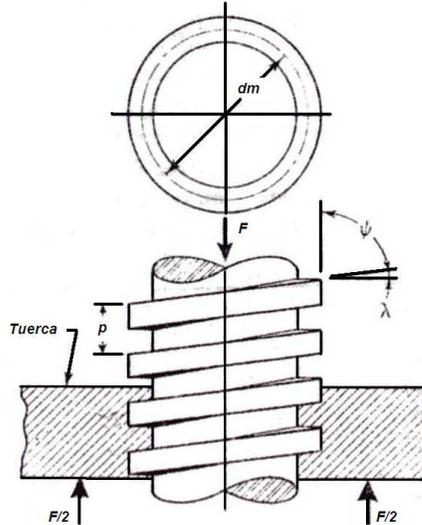
Diseño en ingeniería mecánica, SHIGLEY Joseft Tomas, capítulo 8

El tornillo deberá convertir un movimiento angular en movimiento lineal y transmitir una fuerza. En la figura 8, se muestra un tornillo de fuerza o potencia, sobre el

<sup>12</sup> SHIGLEY Joseph Edward, MISCHKE Charles, Diseño en ingeniería mecánica quinta edición, capítulo 8, Editorial McGraw Hill interamericana de México, febrero 1999.

cual se baso el diagrama de fuerzas para el transporte de la carga soportada por el tornillo.

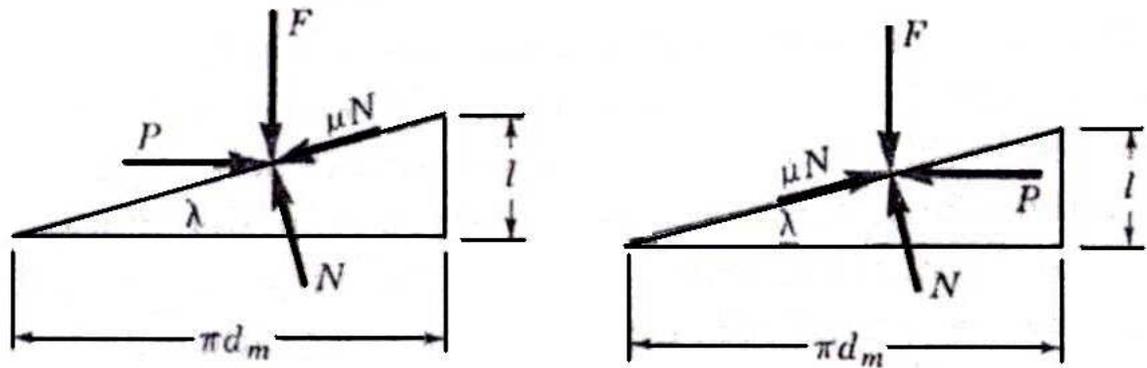
Figura 8. Tornillo de fuerza o potencia



Diseño en ingeniería mecánica, SHIGLEY Joseft Tomas, capitulo 8

Una vez establecido el diagrama de fuerzas para una vuelta, que se observa en la figura 9, se procede a establecer las ecuaciones para el diseño.

Figura 9. Diagrama de fuerzas



Diseño en ingeniería mecánica, SHIGLEY Joseft Tomas, capitulo 8

Según Shigley<sup>13</sup> se establecen dos ecuaciones necesarias para el diseño de los tornillos, en las que se considera la fuerza necesaria del tornillo para elevar y descender la carga. El caso más crítico de diseño es al elevar la carga, ya que este deberá ejercer mayor fuerza para cumplir con los requisitos del sistema, por esta razón se analizó únicamente ese caso.

El ángulo  $\lambda$ , es el ángulo de hélice de la rosca, la fuerza  $F$  es la suma de todas las fuerzas axiales elementales que actúan sobre el área normal de la rosca.

La fuerza de fricción es igual al producto del coeficiente de fricción  $\mu$ , por la fuerza normal  $N$ .

Las ecuaciones del sistema serán las siguientes:

Para elevar la carga:

$$\begin{aligned}\sum FH &= P - N \operatorname{sen} \lambda - \mu N \cos \lambda = 0 \\ \sum FV &= F + \mu N \operatorname{sen} \lambda - N \cos \lambda = 0\end{aligned}$$

Se establece que la fuerza normal  $N$ , no interesa, así que se elimina de estos sistemas.

Para elevar la carga, se obtendría:

$$\begin{aligned}\sum FH &= P - \operatorname{sen} \lambda - \mu \cos \lambda = 0 \\ \sum FV &= F + \mu \operatorname{sen} \lambda - \cos \lambda = 0\end{aligned}$$

Se despeja  $P$  de la ecuación:

$$P = \frac{F(\operatorname{sen} \lambda + \mu \cos \lambda)}{\cos \lambda - \mu \operatorname{sen} \lambda}$$

---

<sup>13</sup> SHIGLEY, Op. Cit., p 22

Se dividen el numerador y el denominador de la ecuación entre  $\cos \lambda$  y se aplica la relación  $\tan \lambda = 1/\pi d_m$ .

$$P = \frac{F[(1/\pi d_m) + \mu]}{1 - (\mu l / \pi d_m)}$$

El parámetro de mayor interés para calcular el tornillo es el momento de torsión, el cual es el producto de la fuerza P y el radio medio  $d_m/2$ , se puede escribir

$$T = \frac{F d_m}{2} \left( \frac{l + \pi \mu d_m}{\pi d_m - \mu l} \right)$$

Donde T es el momento o par de torsión requerido para, vencer el rozamiento en la rosca y levantar la carga.

En el diseño del tornillo se escogió un tornillo de rosca simple WHILWORTH, que posee los siguientes parámetros:

- Diámetro de 3/16 pulgadas
- Diámetro menor de este tornillo  $d_m$  es de 4.08 mm.
- Número de hilos por pulgada es de 24.
- Paso del tornillo es de 1.058 mm.

El coeficiente de fricción, metal - metal  $\mu$  es de 0.18; ya que el tornillo es de rosca simple, el avance  $l$  es igual al paso del tornillo.

La fuerza que debe superar el tornillo para mover la carga, que para el caso es el cursor de la herramienta, es de 225 gramos.

Para poder reemplazar los datos es la ecuación equivalente al par de torsión, se convierten los parámetros del tornillo a unidades de medida del sistema internacional (SI):

Para la carga (cursor):

1 gramo - 0.001 kilogramos  
225 gramos - X kilogramos

$$X = \frac{225 \text{gramos} + 0.001 \text{ kilogramos}}{1 \text{ gramo}} = 0.225 \text{ kilogramos}$$

Es decir que la fuerza F, será igual a:

$$F = mg \quad F = 0.225 \text{kg} * 9.8 \text{m/s}^2 \quad F = 2.205 \text{N}$$

Para el diámetro menor dm:

1 milímetro - 0.001 metros  
4.08mm - x metros

$$X = \frac{4.08 \text{mm} * 0.001 \text{mts}}{1 \text{mm}} = 4.08 \times 10^{-3} \text{mts}$$

Para el avance del tornillo l= paso del tornillo:

1 milímetro - 0.001 metros  
1.058mm - x metros

$$X = \frac{1.058 \text{mm} * 0.001 \text{mts}}{1 \text{mm}} = 1.058 \times 10^{-3} \text{mts}$$

Reemplazando en la ecuación de momento de torsión requerido para que el tornillo gire contra la carga:

$$T = \frac{F d_m}{2} \left[ \frac{l + \pi \mu d_m}{\pi d_m - \mu l} \right]$$

$$T = \frac{2.2 \text{N} * 4.08 \times 10^{-3} \text{mts}}{2} \left[ \frac{1.058 \times 10^{-3} \text{mts} + \pi * 0.18 * 4.08 \times 10^{-3} \text{mts}}{\pi * 4.08 \times 10^{-3} \text{mts} - 0.18 * 1.058 \times 10^{-3} \text{mts}} \right] = 1.19 \times 10^{-3} \text{N.m}$$

Se desea que la carga se desplace 25 centímetros que corresponden a la longitud de la regleta de la herramienta, por lo tanto se puede establecer lo siguiente:

$$s = \theta R$$

Donde  $s$  es la longitud en metros,  $R$  es el radio del tornillo y  $\theta$  radianes.

Entonces:

$$\theta = \frac{s}{R} = \frac{0.25\text{mts}}{2.38 \times 10^{-3}\text{mts}} = 105\text{rad}$$

Debido a que  $1\text{rev} = 2\pi\text{rad}$ , se puede establecer que:

$$\theta = (105\text{rad}) \frac{1\text{rev}}{2\pi\text{rad}} = 16\text{rev}$$

Es decir que el tornillo se moverá a 16 revoluciones por minuto, para poder establecer el parámetro de potencia mecánica requerida por el tornillo para ejecutar el movimiento se tiene la siguiente ecuación:

$$P = 2\pi f T$$

$$P_{\text{mec}} = \omega T$$

Donde  $\omega$  es la velocidad angular que es la cantidad de vueltas completas que da el rotor en el lapso de un minuto.

$$\omega = 2\pi f$$

Donde  $f$  corresponde al número de revoluciones por segundo, entonces  $f$  será:

$$f = \frac{16rev}{min} \left( \frac{1min}{60s} \right) = 0.27rev/seg$$

La velocidad angular:

$$\omega = 2\pi(0.27rev/seg) = 1.696rad/seg$$

La potencia mecánica será:

$$p_{mec} = 1.696rad/seg * 1.19 \times 10^{-3} N.m = 2.01824 \times 10^{-3} W$$

Por lo tanto la potencia mecánica del tornillo es de 2.01824mW

Según Shigley<sup>14</sup>, la potencia requerida por el motor corresponde a la ecuación:

$$P_{motor} = \frac{p_{mec} \cdot fs}{n}$$

Siendo  $fs$  una el factor de seguridad equivalente a 1.5 y  $n = 0.85$ , la potencia del motor será:

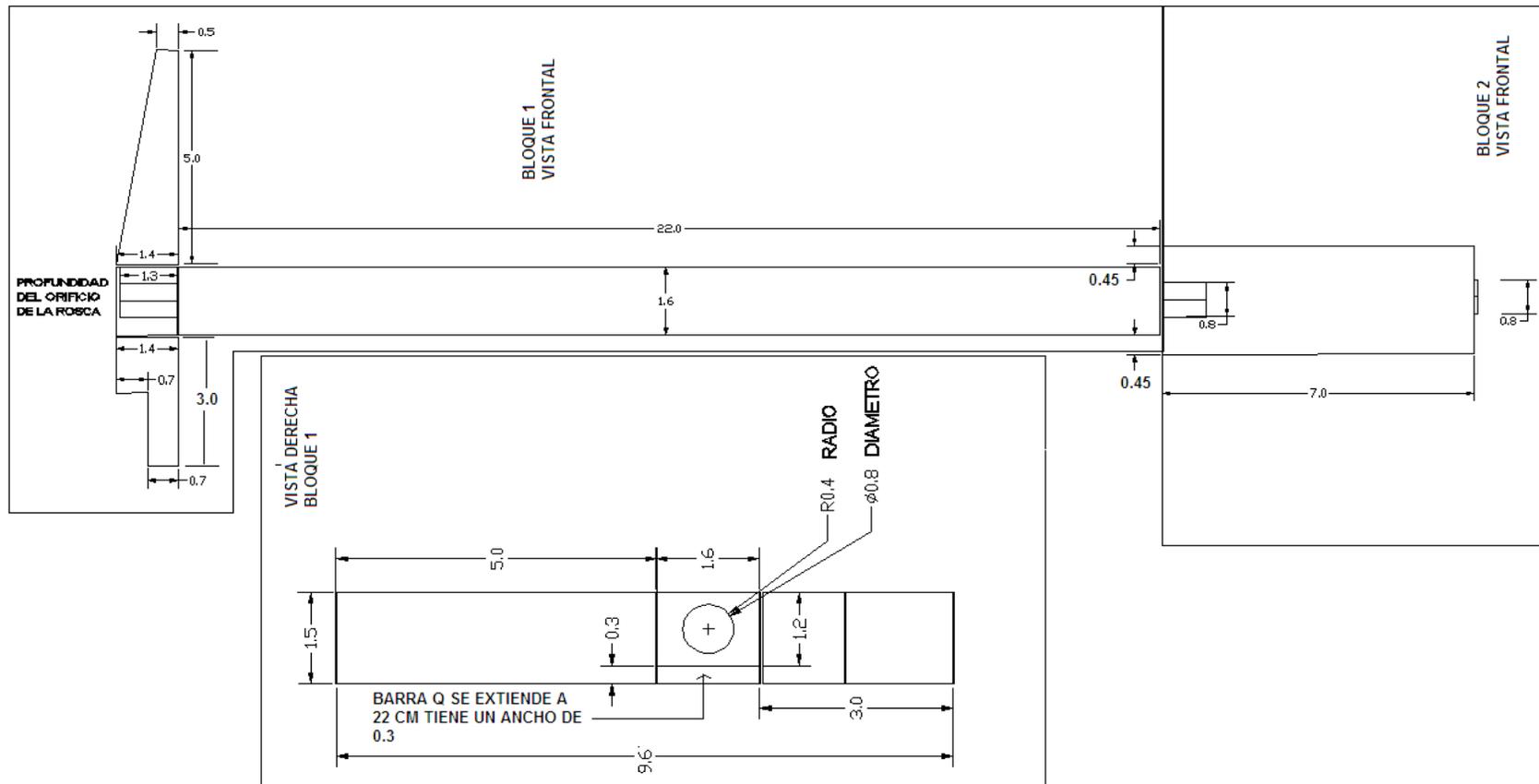
$$P_{motor} = \frac{2.01824 \times 10^{-3} * 1.5}{0.85} = 3.5616 \times 10^{-3} = 3.56mW$$

En las figuras 10, 11, 12, 13,14 se muestran los planos para la construcción de la herramienta

---

<sup>14</sup>SHIGLEY, Op. Cit., p 22

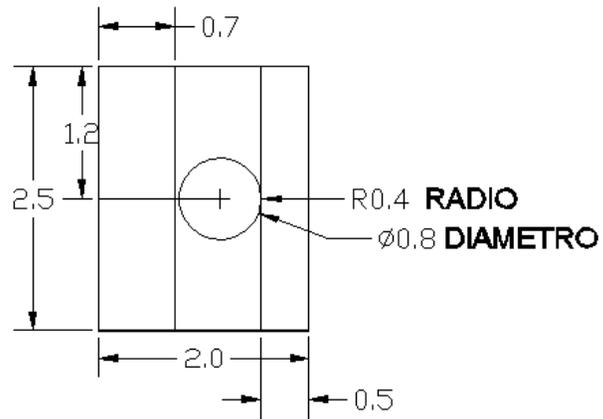
Figura 10. Vistas frontales de los bloques de construcción.



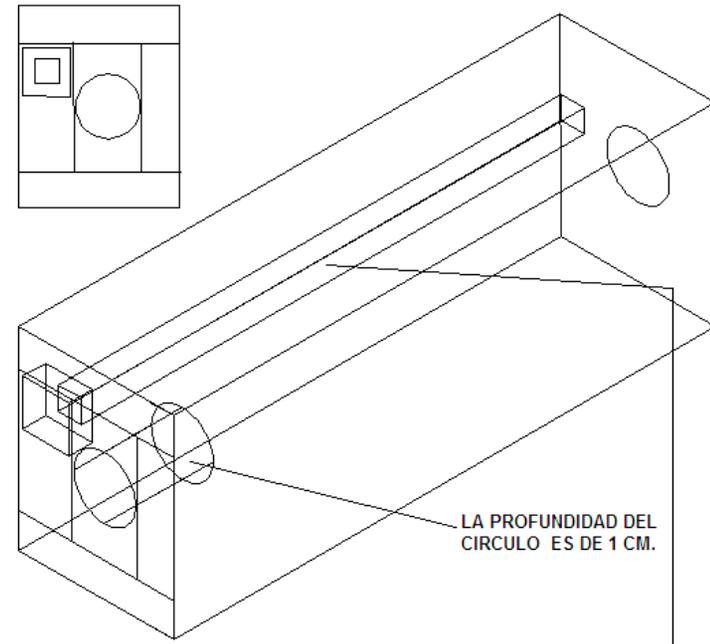
Johanna Paola González Torres, Marzo 8 de 2010

Figura 11. Vistas equivalentes al bloque 2 o mango de la herramienta

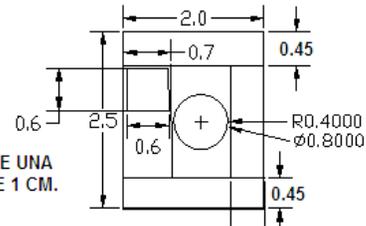
**VISTA DERECHA**  
**BLOQUE 2, el orificio**  
**Indica la salida de los**  
**cables**



**VISTA IZQUIERDA BLOQUE 2**  
**el switch tiene una profundidad**  
**de 0.3 milésimas.**



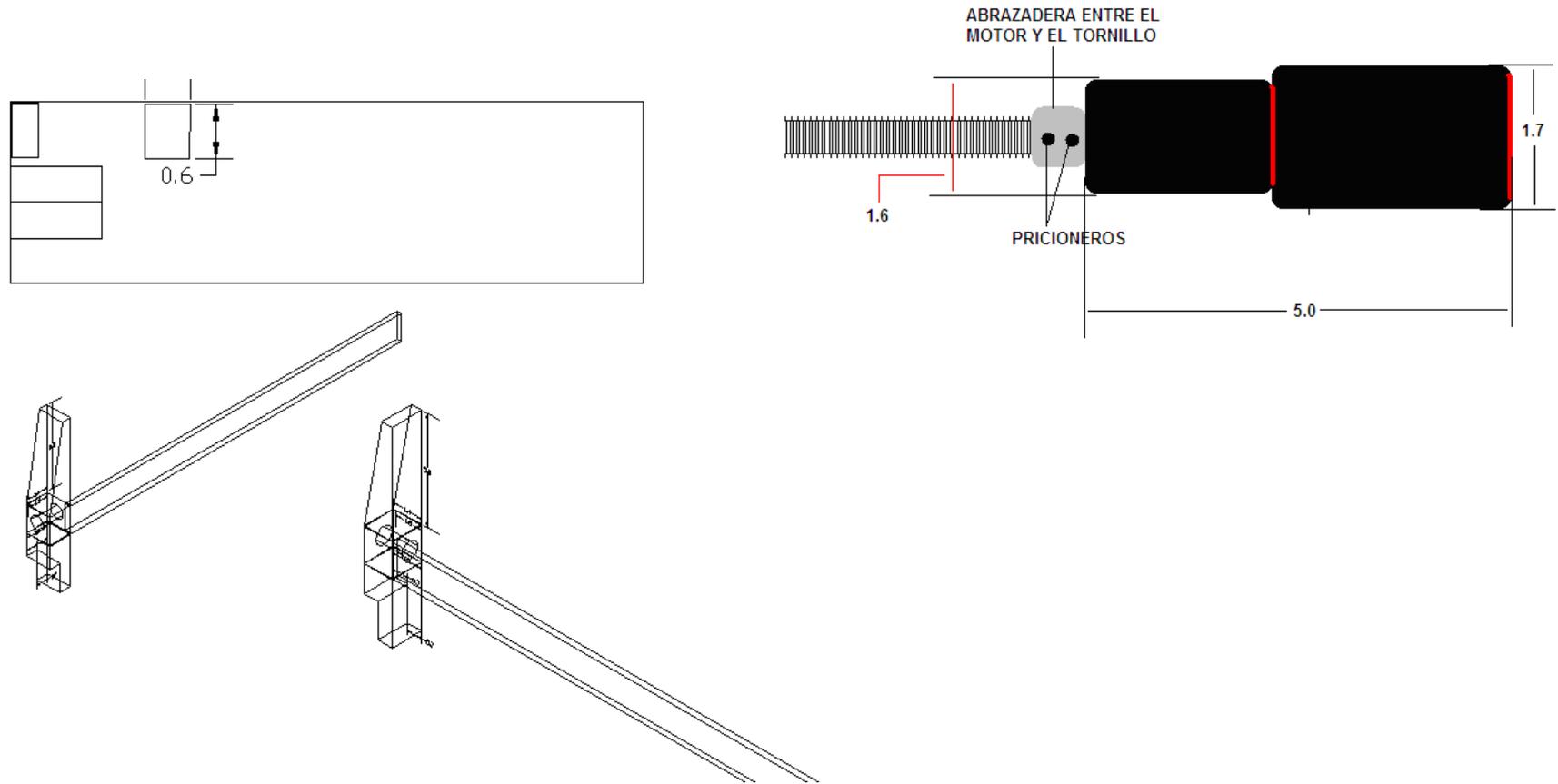
tamaño del  
 recorte donde va  
 el switch



EL ORIFICIO TIENE UNA  
 PROFUNDIDAD DE 1 CM.

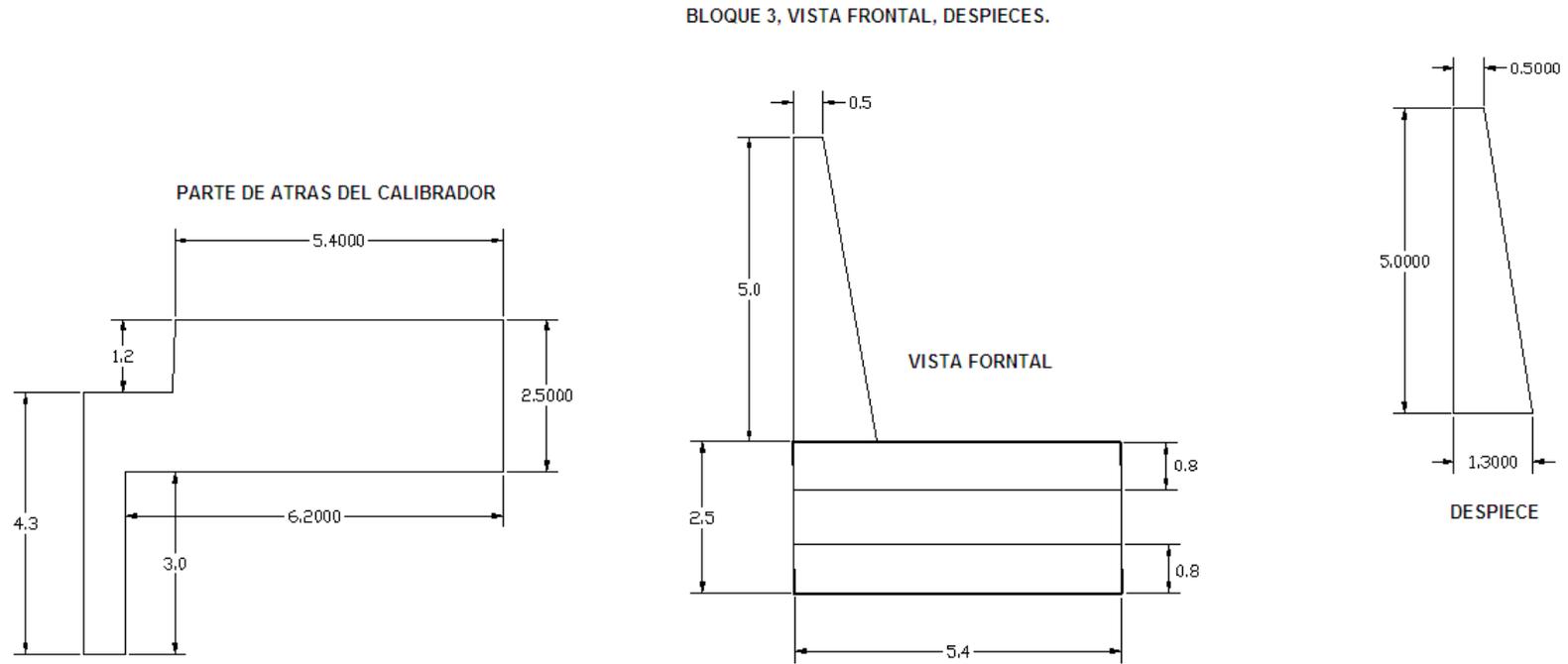
Johanna Paola González Torres, Marzo 8 de 2010

Figura 12. Vistas dimensionales del motor y el mango de la herramienta.



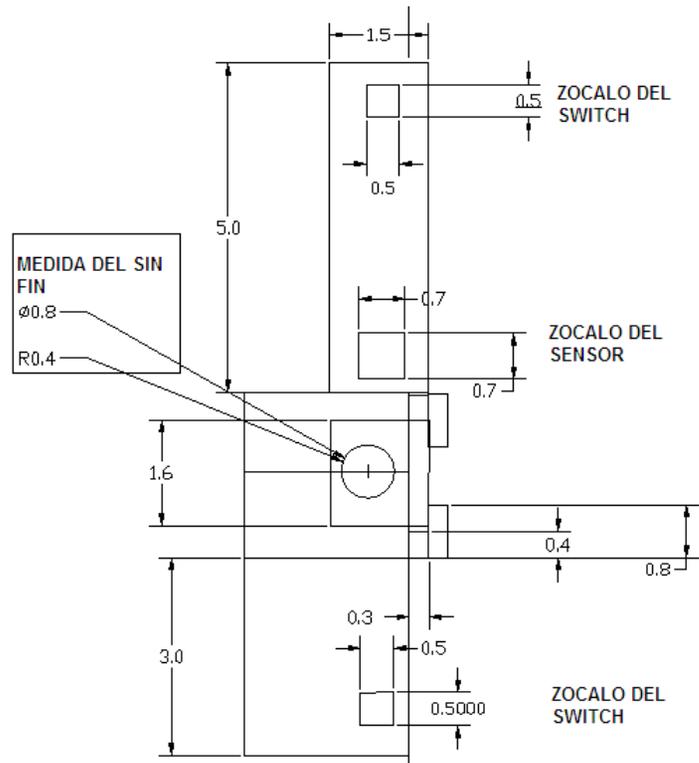
Johanna Paola González Torres, Marzo 8 de 2010

Figura 13. Despieces del bloque 3 correspondiente al cursor.

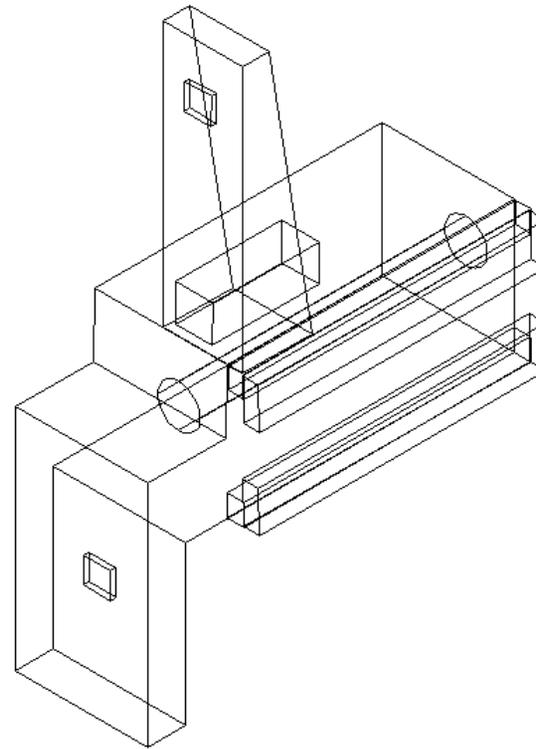


Johanna Paola González Torres, Marzo 8 de 2010

Figura 14. Vistas izquierda y de volumen del cursor



VISTA IZQUIERDA BLOQUE 3



LOS SWITCHES VAN CON UNA PROFUNDIDAD (EXTRUCCION) DE 0.1

EL CIRCULO ES POR DONDE PASA EL SIN FIN, ES DE RADIO 0.4 Y VA CON UNA PROFUNDIDAD DE 5.4 (EXTRUCCION), HASTA SALIR AL OTRO LADO.

EL ZOCALO DEL SENSOR TIENE UNA PROFUNDIDAD (EXTRUCCION DE 2.0 O HASTA PERFORAR ESE LADO PARA Q SALGAN LOS CABLES DEL SENSOR.

Johanna Paola González Torres, Marzo 8 de 2010

**4.1.2 Ejecución del movimiento.** Según el diseño del tornillo, se determino que la potencia requerida por el motor para mover la carga a una velocidad de 25 cms por minuto, seria de 3.5616mW, con lo cual se puede utilizar un motor de corriente directa.

De acuerdo con lo anterior, los requisitos para escoger el motor deberán ser los siguientes:

- Debe tener el torque suficiente para el movimiento del cursor de la herramienta.
- Debe tener pequeñas dimensiones para su posicionamiento en el mango de la herramienta.
- Debe funcionar con corriente continua.
- Sus movimientos deben ser de derecha e izquierda según corresponda.

En la tabla 2, se muestran las características de los diferentes tipos de motores de corriente continua.

Tabla 2. Características de tipos de motores analizados.

TIPO DE MOTOR	CARACTERÍSTICAS
<b>MOTOR SERIE</b>	<p>Se embala cuando funciona en vacío, debido a que la velocidad de un motor de corriente continua aumenta al disminuir el flujo inductor y, en el motor serie, este disminuye al aumentar la velocidad, puesto que la intensidad en el inductor es la misma que en el inducido.</p> <p>La potencia es casi constante a cualquier velocidad.</p> <p>Le afectan poco la variaciones bruscas de la tensión de alimentación, ya que un aumento de esta provoca un aumento de la intensidad y, por lo tanto, del flujo y de la fuerza contraelectromotriz, estabilizándose la intensidad absorbida.</p>
<b>MOTOR PASO A PASO</b>	<p>Convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa es que es capaz de avanzar una serie de grados (paso) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un convertidor digital-analógico y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas lógicos.</p> <p>Este motor presenta las ventajas de tener alta precisión y repetibilidad en cuanto al posicionamiento. Entre sus principales aplicaciones destacan como motor de frecuencia variable, motor de corriente continua sin escobillas, servomotores y motores controlados digitalmente.</p>
<b>SERVOMOTOR</b>	<p>Dispositivo que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición.</p>

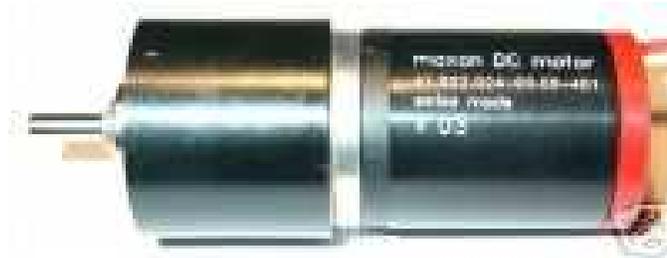
	<p>Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radio control y en robótica, pero su uso no está limitado a estos.</p> <p>Un servo normal o Standard tiene 3kg por cm. de torque que es bastante fuerte para su tamaño. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, no consume mucha energía.</p>
--	--

Johanna Paola González Torres, Marzo 10 de 2010

De acuerdo con la tabla anterior, se eligió un servo motor para ejecutar la función de movimiento del cursor de la herramienta, debido a que sus dimensiones se ajustan al diseño de esta y sus características de operación satisfacen las condiciones de operación del sistema.

Analizando las características de los motores, se eligió un servomotor de referencia: Maxon DC Motor / Gear head - 9 V - 24 RPM - Swiss

Figura 15. Motor Maxon DC/ Gear head – 9V – 24 RPM - Swiss



<http://www.mpselectric.net>

Ya que trabaja con una corriente medida de 0.5 mA a un voltaje de 12 voltios, con lo se establece que su potencia es de 6mW.

Trabaja a una frecuencia de 24 RPM

Con esto se puede establecer que:

$$f = \frac{24rev}{min} \left( \frac{1min}{60s} \right) = 0.4rev/seg$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = 2\pi * 0.4rev/seg = 2.513rad / seg$$

$$T = \frac{\omega}{p} = 4.1883 \times 10^{-3} N.m$$

Lo cual satisface las características para la ejecución del movimiento del sistema.

*4.1.2.1 Sistema de ejecución de giro del motor.* Una de las condiciones del sistema, es el desplazamiento del cursor que se muestra en la figura 9, el cual tiene que desplazarse hacia las dos direcciones, derecha o izquierda dependiendo de la medición que se deba realizar y retornar a su lugar de origen.

Existen distintas formas de accionar el movimiento de un motor en ambos sentidos, este tipo de circuito electrónico se denomina puente H.

El puente H es una interfaz que se considera básicamente como un sistema de conmutación controlado por dos señales digitales de baja potencia, generalmente es utilizada para el control de giro de los motores. Cuando el sistema detecta un 1 lógico en una de sus dos entradas de control y un cero en la otra, este conecta el motor a la fuente de alimentación con determinada polaridad si la señal de control que estaba en 1 pasa a cero y la de cero a uno el puente H conecta la fuente al motor con la polaridad invertida facilitando así el giro en sentido contrario.

Los puentes H pueden diseñarse a partir de componentes discretos, también se encuentran en circuitos integrados.

Tabla 3. Características de puentes H

<b>TIPO DE PUENTE H</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>MOSFET</b>	Esta construido con transistores MOSFET, los cuales poseen una resistencia entre drenaje y fuente RDS lo cual reduce la potencia de consumo de las fuentes y evita que se genere disipación de calor.  Son extremadamente sensibles a las corrientes estáticas.
<b>CIRCUITO INTEGRADO</b>	Es un sistema que permite controlar motores en rangos entre 12 y 30 voltios y con consumos de hasta 2.5 amperios por medio de señales de baja potencia provenientes de un circuito digital.

Johanna Paola González Torres, Marzo 10 de 2010

Por su facilidad de operación se selecciono un circuito integrado para la ejecución del movimiento.

Un puente H que se usa bastante, por su sencillez, precio y poseer lo básico que se podría requerir en un puente H, es el circuito integrado L293, existen diferentes variantes del L293.

Tabla 4. Diferencias entre los circuitos integrados L293 y L293D

<b>L293</b>	<b>L293D</b>
Corrientes de hasta 1 <sup>a</sup> a voltajes de 4,5V a 36V	Corrientes bidireccionales de hasta 600 mA con voltajes de 4.5 V a 36 V
Controla cargas inductivas como relés, solenoides, motores paso a paso, CC y bipolar.	Controla cargas inductivas como relés, solenoides, motores paso a paso, CC y bipolar.
Todas las entradas son TTL compatibles.	Todas las entradas son TTL compatibles.
Se deben utilizar diodos de alta velocidad para suprimir las inductancias transitorias	Diodos internos para la supresión de inductancias.
Temperatura de operación de 0°C a 70 °C	Temperatura de operación de 0°C a 70 °C

Johanna Paola González Torres, Abril 19 de 2010

Los diodos que se usan son diodos rectificadores, se usan para evitar que los voltajes inversos retornen y quemem el controlador.

Ya que el circuito integrado L293D tiene incluidos diodos para la supresión de inductancias, se selecciono este para ejecutar los giros (derecha – Izquierda) del motor. En la figura 12, se muestra el circuito integrado.

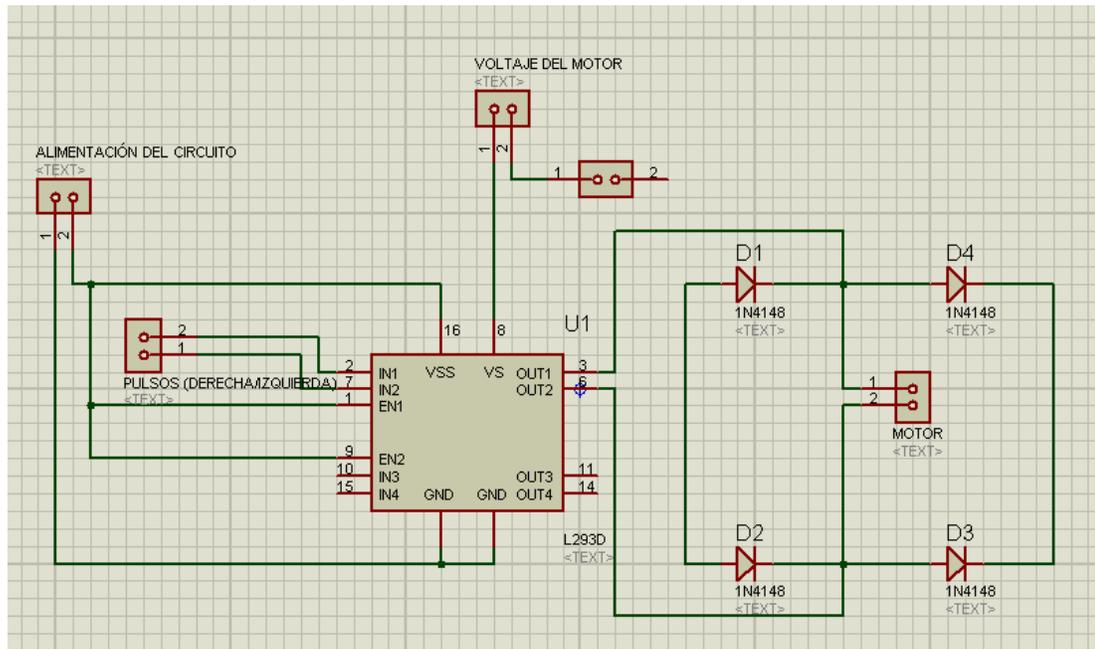
Figura 16. Circuito integrado L293D



<http://www.robodacta.com.mx>

Diagrama de conexión se muestra a continuación:

Figura 17. Diagrama de conexión del circuito integrado L293D

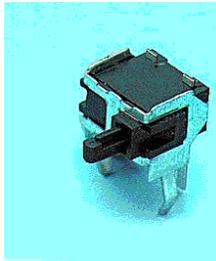


Johanna Paola González Torres, Abril 19 de 2010

**4.1.3 Sistema de parada o fin de carrera** El movimiento que ejecuta la herramienta, debe ser detenido en el instante en que las puntas de esta toquen la superficie de la pieza a medir. Sus dimensiones deben ser diminutas para que la forma de la herramienta sea lo mas angosta posible y esta no interfiera con la medición de las piezas; esto es debido a que si la herramienta es demasiado amplia, al medir un diámetro, no podrá palpar la superficie de la manera correcta y no determinara la medida con exactitud.

Teniendo en cuenta lo anterior, se seleccionó para esta acción, interruptores detectores o pulsadores detectores, por su diminuto tamaño y su fácil implementación en la herramienta.

Figura 18. Interruptor de fin de carrera.



<http://www.neotronic.com>

Una vez determinado el tipo de interruptor a utilizar y analizando el funcionamiento de la herramienta, se determino que para cada medida se dispondría de un interruptor, por lo tanto serian dos interruptores a trabajar, sin embargo se implemento un interruptor de mas para la regleta de la herramienta (ver figura 11)

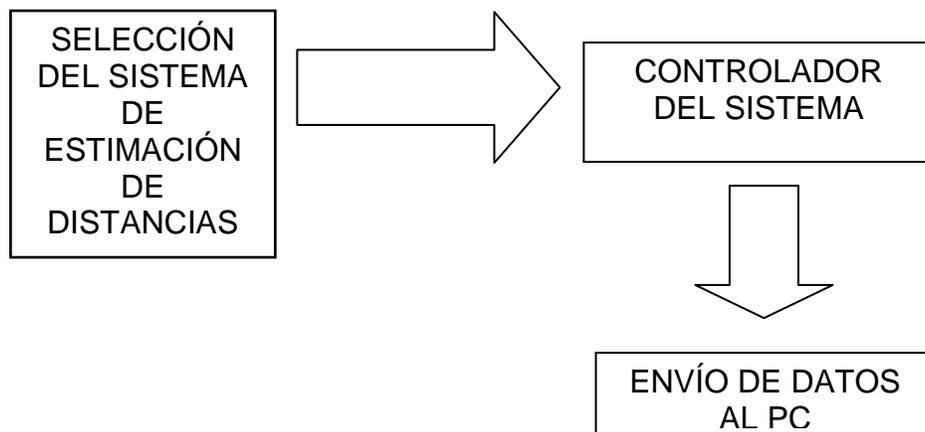
## 4.2 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO PARA ADQUISICIÓN Y ENVÍO DE DATOS.

Una vez realizado el movimiento de la herramienta, se debe estimar la distancia muestreada, realizar las conversiones de la señal evaluada y enviar los datos al PC. De esta manera se establece que los requisitos de operación del sistema son:

- Adquisición de la señal de distancia
- Conversión de la señal de análoga a digital
- Envío de datos al computador

En la figura 19, se muestra el diagrama de bloques para la realización del diseño.

Figura 19. Diagrama de bloques del sistema de adquisición y envío de datos.



Johanna Paola González Torres, Abril 19 de 2010

### 4.2.1 Selección del sistema de estimación de distancias

Según el diseño de la herramienta, el sistema de estimación de distancias debe estar alojado en la herramienta, con el fin de reflejar una señal en la regleta de la herramienta y con esto estimar la distancia.

Por esta razón se analizaron dos tipos de sensores auto – reflexivos, los cuales envían una señal que es reflejada por el objeto que se encuentre a su paso.

Dichos sensores son:

- Sensores opto – reflexivos
- Sensores de ultrasonido

En la tabla 5, se mencionan las principales características de los sensores opto-reflexivos y de ultrasonido.

Tabla 5. Características de los sensores opto-reflexivos y de ultrasonido

<b>TIPO DE SENSOR</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>OPTO-REFLEXIVOS</b>	<p>En estos sensores el emisor y el receptor, están incluidos en un mismo cuerpo. El haz de luz emitido es reflejado por la pieza a detectar y vuelve al receptor.</p> <p>Tienen rangos de medida bastante altos</p> <p>Son de pequeñas dimensiones</p> <p>Detección mas fiable de piezas de débil reflexión</p>
<b>ULTRASONIDO</b>	<p>Se basan en la emisión de un pulso, midiendo el tiempo que transcurre entre la emisión del sonido y la percepción del eco.</p> <p>Los factores inherentes tanto a los ultrasonidos como al mundo real influyen de manera determinante en la determinación de las distancias.</p> <p>No están diseñados para trabajar en grandes cambios de presión</p> <p>Las corrientes de aire causan refracción en las ondas ultrasónicas produciendo ecos falsos o atenuando la señal.</p>

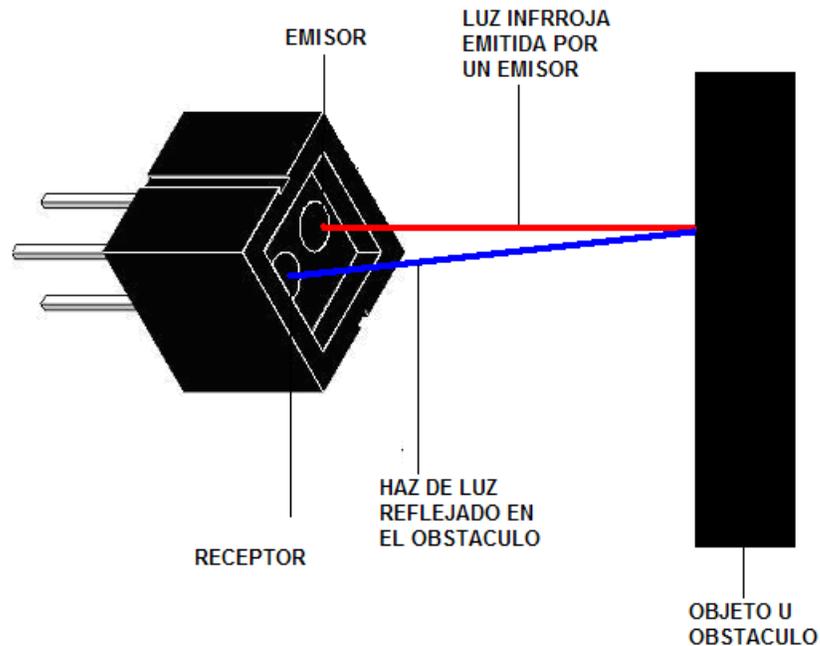
Johanna Paola González Torres, Abril 19 de 2010

Para la selección del tipo de sensor el tamaño fue determinante en su elección, ya que este debe ir montado en la herramienta. Como se observa en la tabla 5. Los sensores opto-reflexivos, tiene parámetros de medida bastante altos, son de pequeñas dimensiones, lo cual satisface la condición de montaje en la herramienta, por tal razón, se eligieron los sensores opto-reflexivos.

*4.2.1.1 Funcionamiento de los sensores opto-reflexivos.* Mediante el empleo de una fotocélula se detecta la luz emitida por la fuente, detectándose cuando se

interrumpe ese flujo. Para evitar interferencias de la iluminación ambiental se puede emplear luz polarizada.

Figura 20. Funcionamiento de los sensores opto-reflexivos.



Johanna Paola González Torres, 2006

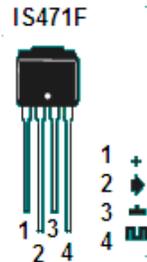
Entre los sensores opto-reflexivos, que cumplían con las expectativas para la construcción de esta etapa se encontraron:

- Sensor opto-reflexivo IS471F
- Sensor opto-reflexivo CNY70

**4.2.1.2 Sensor opto – reflexivo IS471F** Es un sensor inmune a interferencias de la luz normal. Este sensor incorpora un modulador/demodulador integrado en su carcasa y a través de su patilla 4 controla un diodo LED de infrarrojos externo, modulando la señal que este emitirá, para ser captada por el IS471F que contiene el receptor. Cuando un objeto se sitúa enfrente del conjunto emisor/receptor parte de la luz emitida es reflejada y demodulada para activar la salida en la patilla 2 que pasará a nivel bajo si la señal captada es suficientemente fuerte.

El uso de luz IR modulada tiene por objeto hacer al sensor relativamente inmune a las interferencias causadas por la luz normal de una bombilla o la luz del sol.

Figura 21. Sensor opto electrónico IS471F



[www.X-ROBOTICS.com](http://www.X-ROBOTICS.com)

Sus principales aplicaciones son:

- Interruptores opto electrónicos
- Fotocopiadoras, impresoras
- Facsímiles

*Características técnicas del sensor IS471F*

Tabla 6. Características técnicas del sensor IS471F

PARÁMETRO		SÍMBOLO	CLASIFICACIÓN	UNIDAD
SUMINISTRO DE TENSIÓN		Vcc	-0.5 hasta 16	V
SALIDA	Tensión de Salida	Vo	16	V
	Corriente de Salida	Io	50	mA
*1 GL SALIDA	Tensión de Salida	VGL	16	V
DISIPACIÓN DE POTENCIA		P	250	mW
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO		T <sub>opr</sub>	-25 hasta + 60	°C
TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO		T <sub>stg</sub>	-40 hasta + 100	°C
TEMPERATURA DE SOLDADURA		T <sub>sol</sub>	260	°C

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/Sharp/mXvrzty.pdf>

### Características electro – ópticas

- 3 EeP representa la iluminancia de la luz de la señal en sincronización con el calendario bajo nivel de salida en la terminal de GLout.
- EeD representa la iluminancia de la luz DC.
- Fuente de luz: la luz infrarroja que emiten los diodos (luz ( $\lambda$  p= 940nm)
- EVP representa la iluminancia de la luz de la señal en sincronización con el calendario bajo nivel de salida en la terminal de GLout.
- EVD representa la iluminancia de la luz DC. Tenga en cuenta que la fuente de luz es fuente de luz estándar CIE A.

Tabla 7. Características electro – ópticas del sensor IS471F

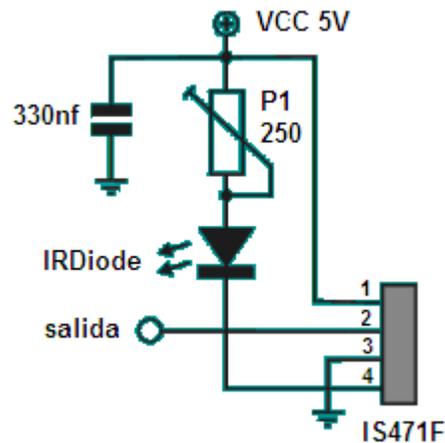
PARAMETRO		SIMBOLO	CONDICIONES	MIN.	TYP.	MAX.	UNIDAD
Suministro de voltaje de operación		Vcc	-	4.5	-	16	V
Corriente de alimentación		Icc	V <sub>0</sub> , GL <sub>out</sub> terminales abiertos	-	3.5	7.0	mA
Output	Nivel bajo de salida de voltaje	V <sub>OL</sub>	I <sub>OL</sub> = 16 mA, E <sub>vp</sub> = 500lx, E <sub>vp</sub> = 0* <sup>3</sup>	-	0.15	0.35	V
	Nivel alto de salida de voltaje	V <sub>OH</sub>	E <sub>VD</sub> = E <sub>VP</sub> = 0* <sup>3</sup>	4.97	-	-	V
	Salida de corriente de cortocircuito	I <sub>OS</sub>	E <sub>vp</sub> = E <sub>VD</sub> = 0* <sup>3</sup>	0.25	0.5	1.0	mA
Salida GL	Nivel bajo de salida de voltaje	I <sub>GL</sub>	V <sub>GL</sub> = 1.2V	40	55	70	mA
	* <sup>4</sup> Ciclo de pulso	T <sub>p</sub>	-	70	130	220	μs
	* <sup>4</sup> Ancho de pulso	T <sub>w</sub>	-	4.4	8	13.7	μs
* <sup>5</sup> Bajo → Alto Umbral de irradiación		E <sub>ePLH</sub>	E <sub>eD</sub> = 0* <sup>3</sup> Diodo emisor de luz ( $\lambda$ p= 940nm)* <sup>6</sup>	-	0.4	2.66	μW/mm <sup>2</sup>
* <sup>5</sup> Alto → Bajo Umbral de irradiación				+	/.7	2.8	μW/mm <sup>2</sup>
HYSTERESIS		E <sub>ePLH</sub> /E <sub>ePHL</sub>		0.45	0.65	0.95	-
Tiempo de respuesta	"Alto → Bajo" tiempo de retardo de propagación	T <sub>PHL</sub>	* <sup>6</sup>	-	400	670	μS
	"Bajo → Alto" tiempo de retardo de propagación	T <sub>PLH</sub>	* <sup>6</sup>	-	400	670	μS
Interferencias de luz externa		E <sub>VDX</sub>	E <sub>EP</sub> = 7.5 μW7mm <sup>2</sup> . * <sup>3</sup> λ p = 940 nm	2000	750	-	lx

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/Sharp/mXvrzty.pdf>

*Pruebas realizadas con el sensor opto – reflexivo IS471F* Como puede verse en la figura 22, el sensor se alimenta por sus patitas 1 y 3 y estas corresponden a Vcc y Gnd respectivamente, la patita 2 es la salida del detector y la patita 4 es la salida que modula al Led emisor externo. Mediante el potenciómetro P1 se varía la distancia a la que es detectado el objeto.

Contra mas baja sea la resistencia de este potenciómetro, mas intensa será la luz emitida por el diodo de IR y por lo tanto mayor la distancia a la que puede detectar el objeto.

Figura 22. Circuito para el muestreo de la señal del sensor IS471F.



Fuente: [www.X-ROBOTICS.com](http://www.X-ROBOTICS.com), sábado 21 de septiembre de 2006

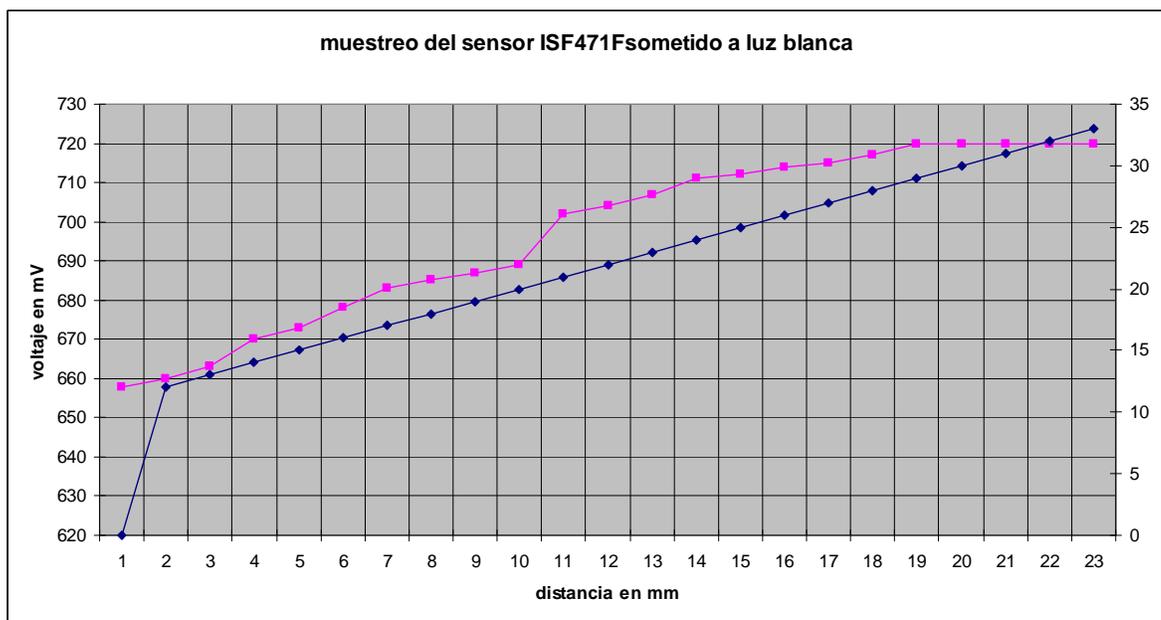
Tabla 8. Resultados del muestreo de la señal del sensor IS471F sometido a luz blanca

Intensidad de luz (lux y Fc)	Resistencia R1, R2 y R3	Distancia (cm)	Voltaje (v)
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	0	658m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	1.2	660m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	1.3	663m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	1.4	670m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	1.5	673m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	1.6	678m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	1.7	683m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	1.8	685m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	1.9	687m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	2.0	689m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	2.1	702m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	2.2	704m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	2.3	707m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	2.4	711m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	2.5	712m

004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	2.6	714m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	2.7	715m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	2.8	717m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	2.9	720m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	3.0	720m
004 lux, 004 fc	330Ω y 51KΩ	3.1	720m

Johanna Paola González Torres, 2006

Figura 23. Muestreo del sensor IS471F sometido a luz blanca.



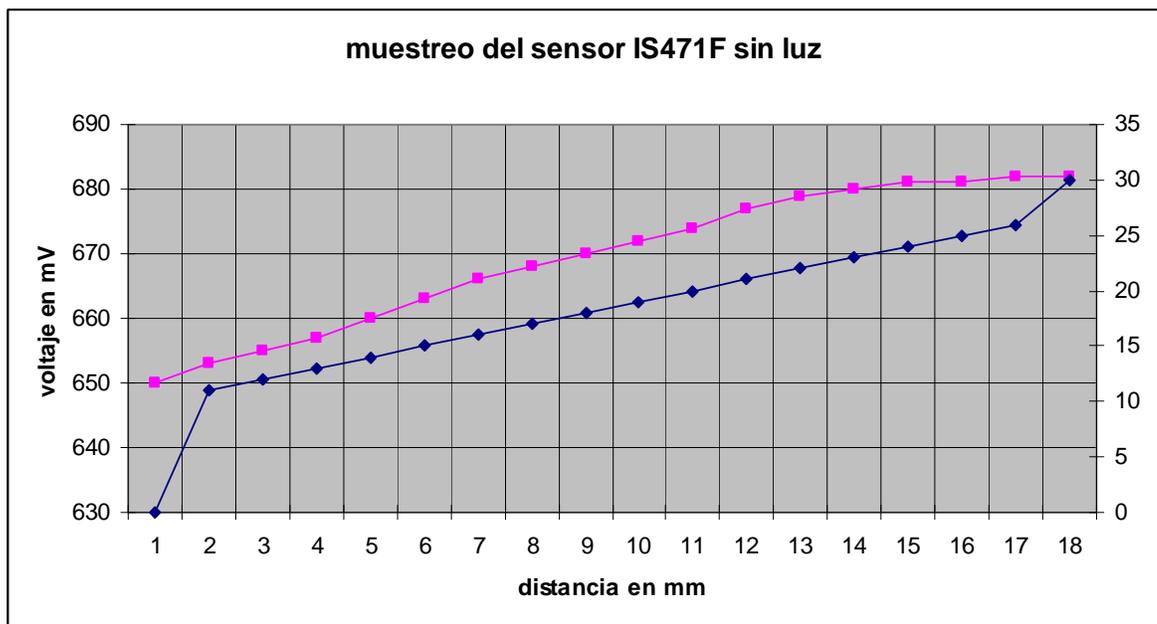
Johanna Paola González Torres, Mayo 8 de 2010

Tabla 9. Resultados del muestreo de la señal del sensor IS471F sin luz.

Intensidad de luz (lux y Fc)	Resistencia R1, R2 y R3	Distancia (cm)	Voltaje (v)
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	0.0	650m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	1.1	653m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	1.2	655m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	1.3	657m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	1.4	660m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	1.5	663m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	1.6	666m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	1.7	668m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	1.8	670m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	1.9	672m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	2.0	674m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	2.1	677m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	2.2	679m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	2.3	680m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	2.4	681m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	2.5	681m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	2.6	682m
000 lux, 00 fc	330 Ω y 5KΩ, 10K	3.0	682m

Johanna Paola González Torres, 2006

Figura 24. Muestreo del sensor IS41F sin luz



Johanna Paola González Torres, Mayo 8 de 2010

A pesar de ser un sensor relativamente inmune a la luz, el sensor IS471F, no tiene la suficiente variación de voltaje con relación a la distancia, lo cual haría que varias distancias se estimaran con el mismo valor digital, en las figuras 23 y 24, se observan las graficas obtenidas al muestrear las señales con este sensor. Uno de los factores más preocupantes para su implementación es el corto alcance ya que la salida de voltaje al pasar los 3 centímetros de distancia es el mismo.

*4.2.1.3 Sensor opto – reflexivo CNY70.* Es un sensor de infrarrojos de corto alcance basado en un emisor de luz que trabaja a una longitud de onda de 950nm y un receptor, ambos apuntando en la misma dirección, y cuyo funcionamiento se basa en la capacidad de reflexión del objeto, y la detección del rayo reflejado por el receptor.

Figura 25. Sensor opto – reflexivo CNY70



[http://medialab-prado.es/mmedia/0/954/180\\_0.jpg](http://medialab-prado.es/mmedia/0/954/180_0.jpg)

Sus principales aplicaciones son:

- Exploración opto electrónica.
- Dispositivos de conmutación.
- Índice de detección.
- Escaneo de disco codificado.
- Codificador electrónico de ensamblado para la transmisión de detección.

*Características técnicas del sensor CNY70*

Tabla 10. Características técnicas del sensor CNY70 (Entrada - Emisor)

PARAMETRO	CONDICIONES DE PRUEBA	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
Tensión inversa		VR	5	V
Corriente directa		IF	50	mA
Corriente de sobretensión	$T_p \leq 10 \mu s$	IFSM	3	A
Disipación de potencia	$T_{amb} \leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	Pv	100	mW
Temperatura de la unión		Tj	100	$^\circ\text{C}$

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/vishay/83751.pdf>

Tabla 11. Características técnicas del sensor CNY70 (Salida – Receptor)

PARAMETRO	CONDICIONES DE PRUEBA	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
Voltaje Colector Emisor		VCEO	32	V
Voltaje Emisor Colector		VECO	7	V
Corriente de Colector		IC	50	mA
Disipación de potencia	$T_{amb} \leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	Pv	100	mW
Temperatura de la unión		Tj	100	$^\circ\text{C}$

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/vishay/83751.pdf>

Tabla 12. Características técnicas del sensor CNY70 (Acoplador)

PARAMETRO	CONDICIONES DE PRUEBA	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
Disipación total de potencia	$T_{amb} \leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	Ptot	200	mV
Rango de temperatura ambiente		Tamb	-55 hasta +85	$^\circ\text{C}$
Rango de temperatura de almacenamiento		Tstg	-55 hasta +100	$^\circ\text{C}$
Temperatura de soldadura	2 mm a partir de, $t \leq 5 \text{ s}$	Tsd	260	$^\circ\text{C}$

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/vishay/83751.pdf>

### Características eléctricas

Tabla 13. Características eléctricas del sensor CNY70 (Entrada)

PARÁMETRO	CONDICIONES DE PRUEBA	SIMBOLO	MIN.	TYP.	MAX.	UNIDAD
<b>Forward voltage</b>	$I_F = 50\text{mA}$	$V_F$		1.25	1.6	V

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/vishay/83751.pdf>

Tabla 14. Características eléctricas del sensor CNY70 (Salida)

PARÁMETRO	CONDICIONES	SIMBOLO	MIN.	TYP.	MAX.	UNIDAD
<b>Voltaje colector emisor</b>	$I_C = 1\text{mA}$	$V_{CEO}$	32			V
<b>Voltaje emisor colector</b>	$I_E = 100\ \mu\text{A}$	$V_{ECO}$	5			V
<b>Corriente de colector</b>	$V_{CE} = 20\text{V}, I_F = 0, E = 0$	$I_{CEO}$			200	nA

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/vishay/83751.pdf>

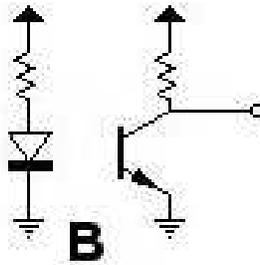
Tabla 15. Características eléctricas del sensor CNY70 (Acoplador)

PARÁMETRO	CONDICIONES	SIMBOLO	MIN.	TYP.	MAX.	UNIDAD
<b>Corriente de colector</b>	$V_{CE} = 5\text{V}, I_F = 20\text{mA}, d = 0.3\text{mm}$	$I_{C1)}$	0.3		1.0	mA
<b>Cross talk current</b>	$V_{CE} = 5\text{V}, I_F = 20\text{mA}$	$I_{CX2)}$			600	nA
<b>Voltaje de saturación colector emisor</b>	$I_F = 20\text{mA}, I_C = 0.1\text{mA}, d = 0.3\text{mm}$	$V_{CEsat1)}$			0.3	V
1) Medida con la tarjeta "kodak prueba neutral", con objeto blanco con el 90% de reflectancia difusa						
2) Medido sin medio reflectante						

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/vishay/83751.pdf>

*Estimación de distancias con el sensor opto – reflexivo CNY70.* El fototransistor conducirá mas, contra más luz reflejada del emisor capte por su base. La salida de este dispositivo es analógica y viene determinada por la cantidad de luz reflejada.

Figura 26. Circuito para el muestreo de la señal del sensor CNY70.



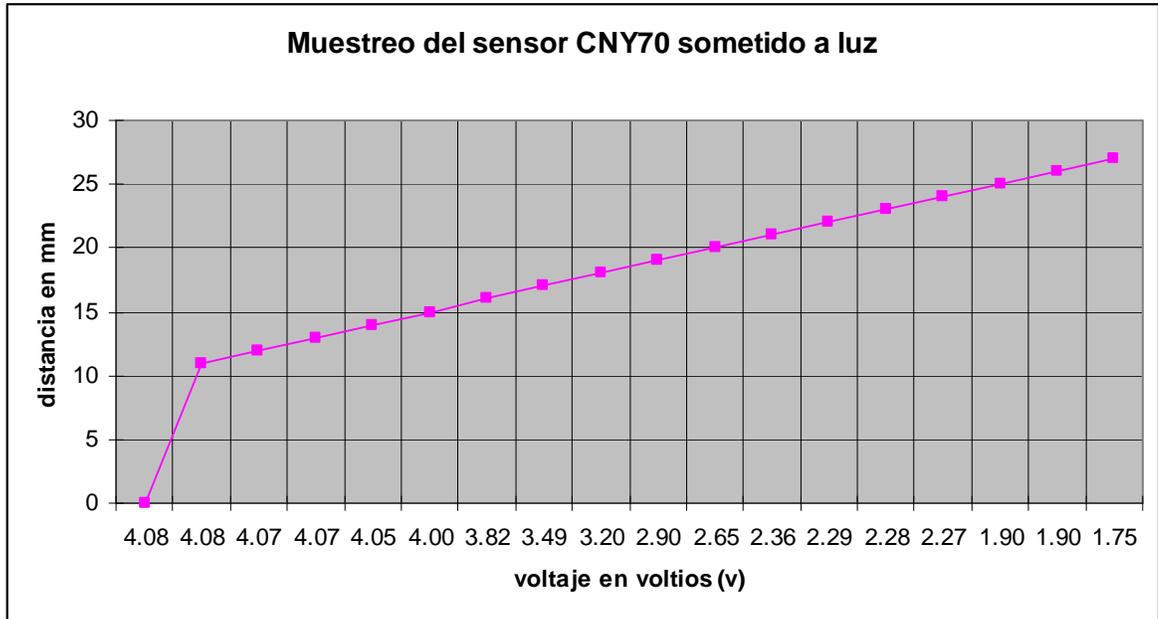
www.X-ROBOTICS.com

Tabla 16. Resultados del muestreo de la señal del sensor CNY70 sometido a luz blanca

Intensidad de luz (lux y Fc)	Resistencia R1, R2 y R3	Distancia (cm)	Voltaje (v)
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	0.0	4.08
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.1	4.08
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.2	4.07
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.3	4.07
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.4	4.05
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.5	4.00
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.6	3.82
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.7	3.49
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.8	3.20
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.9	2.90
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.0	2.65
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.1	2.36
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.2	2.29
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.3	2.28
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.4	2.27
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.5	1.90
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.6	1.90
004 lux, 004 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.7	1.75

Johanna Paola González Torres, 2006

Figura 27. Muestreo del sensor CNY70 sometido a luz



Johanna Paola González Torres, Mayo 8 de 2010

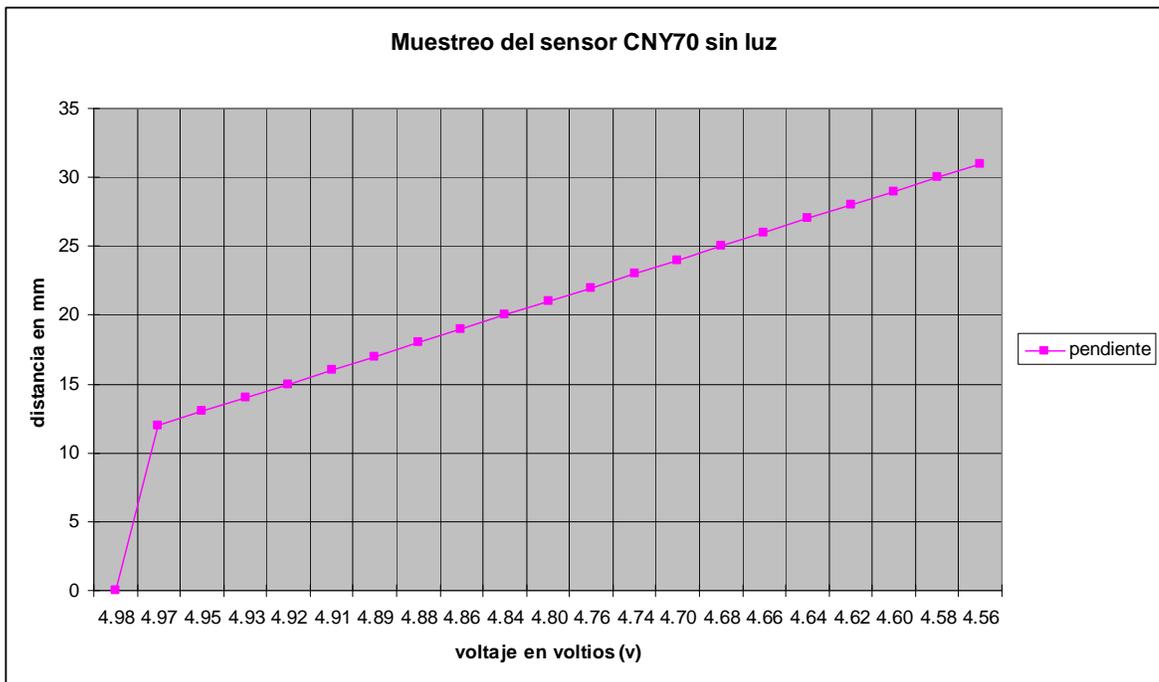
Tabla 17. Resultados del muestreo de la señal del sensor CNY70 sin luz

Intensidad de luz (lux y Fc)	Resistencia R1, R2 y R3	Distancia (cm)	Voltaje (v)
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	0	4.98
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.2	4.97
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.3	4.95
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.4	4.93
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.5	4.92
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.6	4.91
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.7	4.89
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.8	4.88
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	1.9	4.86
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.0	4.84
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.1	4.80
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.2	4.76
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.3	4.74
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.4	4.70
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.5	4.68
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.6	4.66

000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.7	4.64
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.8	4.62
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	2.9	4.60
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	3.0	4.58
000 lux, 00 fc	432Ω y 6.71KΩ	3.1	4.56

Johanna Paola González Torres, 2006

Figura 28. Muestreo del sensor CNY70 sin luz



Johanna Paola González Torres, Mayo 8 de 2010

El sensor CNY70, operando en espacios donde no penetre la luz, tiene un óptimo funcionamiento, sus rangos de medida son mucho más amplios en comparación con el sensor IS471F, lo cual satisface una de las condiciones del sistema, que es la distancia mayor a medir, la cual es de 6 pulgadas.

Como se puede observar en la figura 28. El sensor CNY70 tiene una salida casi lineal con respecto a la distancia estimada, lo cual facilita los cálculos para manejar la señal muestreada.

Por su variación en voltaje con respecto a la distancia, y su casi linealidad en el muestreo, se selecciono el sensor CNY70, a pesar de conocerse que este sensor es muy sensible a la luz, su utilización puede ser mucho mas optima utilizando las condiciones de ambiente necesarias.

**4.2.2 Controlador del sistema.** Uno de los requisitos de operación del sistema, es el envío de datos del PC a la herramienta para determinar el movimiento de esta, además, una vez sensada la distancia, se deben enviar los datos al computador, por este motivo se decidió utilizar un microcontrolador capaz de ejecutar dichas acciones.

Un microcontrolador es un circuito integrado programable, que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ser incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de << controlador incrustado >> (embedded controller)<sup>15</sup>

“Contienen los mismos elementos del sistema micro-procesado pero con la diferencia que todos estos dispositivos están en un solo integrado. Lo único que sacan al exterior son los pines de alimentación, del oscilador y de los periféricos”<sup>16</sup>

*4.2.2.1 Selección de microcontrolador.* Los sistemas microproce en tres grupos, de acuerdo con el tipo de instrucciones que manejan

Estos grupos son:

- CISC, juego complejo de instrucciones para computador, es utilizado por los fabricantes de microcontroladores INTEL - FREESCALE
- RISC, juego reducido de instrucciones para computador, es utilizado por los fabricantes de microcontroladores MICROCHIP
- SISC, juego específico de instrucciones para computador, es utilizado por los fabricantes de relojes.

---

<sup>15</sup> ANGULO USATEGUI, José M., ANGULO MARTINEZ, Ignacio, microcontroladores En: diseño practico de aplicaciones, segunda edición: Mc. Graw Hill, Interamericana de España, 1999, 293p.

<sup>16</sup> PENAGOS, Néstor, diseños NEFEPEQUIN, agosto 11 de 2006, artículo PDF.

Tabla 18. Número de instrucciones de Microchip y de Intel – Freescale

<b>MICROCHIP</b>		<b>INTEL - FREESCALE</b>
Gama baja	33 instrucciones	215 instrucciones
Gama media	35 instrucciones	215 instrucciones
Gama alta	64 instrucciones	215 instrucciones

Johanna Paola González Torres, Mayo 3 de 2010

Siendo mas reducidas las instrucciones de programación de Microchip, se determino que este seria el tipo de microcontrolador a utilizar.

En los requisitos de operación se mencionan los parámetros de selección del microcontrolador, ya que sus funciones incluyen la comunicación cableada, conversión análoga digital, manejo de puertos de entrada y salida. Por esta razón se sectoriza la selección a los microcontroladores de gama media de microchip.

Los microcontroladores de gama media, poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertos serie y diversos temporizadores. El repertorio de instrucciones es de 35, de 14 bits cada una y compatible con el de la gama baja. Sus distintos modelos contienen todos los recursos que se precisan en las aplicaciones de los microcontroladores de 8 bits. También dispone de interrupciones y una pila de 8 niveles que permite el anidamiento de subrutinas.

Existen muchos tipos de microcontroladores de gama media, para la ejecución de las funciones del sistema se selecciono el microcontrolador PIC16F877A.

*Descripción del PIC 16f877A* Este microcontrolador es fabricado por Microchip familia a la cual se le denomina PIC. El modelo 16F877 posee varias características que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico para ser empleado en la aplicación que posteriormente será detallada.

Algunas de estas características se muestran a continuación (Tabla):

- Soporta modo de comunicación serial.
- Amplia memoria para datos y programa.
- Memoria re programable: La memoria en este PIC es la que se denomina FLASH; este tipo de memoria se puede borrar electrónicamente (esto corresponde a la “F” en el modelo).
- Set de instrucciones reducidas (tipo RISC), pero con las instrucciones necesarias para facilitar su manejo.

Tabla 19. Características mas importantes PIC 16F877

CARACTERÍSTICAS	16F877
Frecuencia máxima	Dx – 20 MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 bits	8KB
Posiciones RAM de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A, B, C, D, E.
Numero de pines	40
Interrupciones	14
Timers	3
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones Paralelo	PSP
Líneas de entrada de CAD de 10 bits	8.
Juego de instrucciones	35 instrucciones
Longitud de instrucción	14 bits
Arquitectura	Harvard
CPU	RISC
Canales PWM	2
Pila Hardware	-
Ejecución en 1 ciclo de máquina	-

[http://www.datasheetcatalog.org/datasheets2/41/4109312\\_1.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheets2/41/4109312_1.pdf)

*Descripción del programa para su funcionamiento dentro del sistema* El microcontrolador recibe la información del computador a través del puerto serial de este, con el fin de determinar que movimiento debe realizar la herramienta.

Para tal fin se programó la recepción de datos provenientes del PC, con lo cual envía una señal a la herramienta para ejecutar el movimiento del motor que esta posee y determinar si el giro es hacia la derecha o hacia la izquierda. La herramienta, provista de micro-switches, al hacer contacto con la superficie a medir, detiene el movimiento de esta, y posteriormente ejecuta la medición.

Una vez obtenidos los datos, el microcontrolador convierte los datos de análogos a digitales, par poder enviarlos a través del puerto serial al PC.

Para mediciones posteriores la herramienta debe volver a la posición inicial de operación.

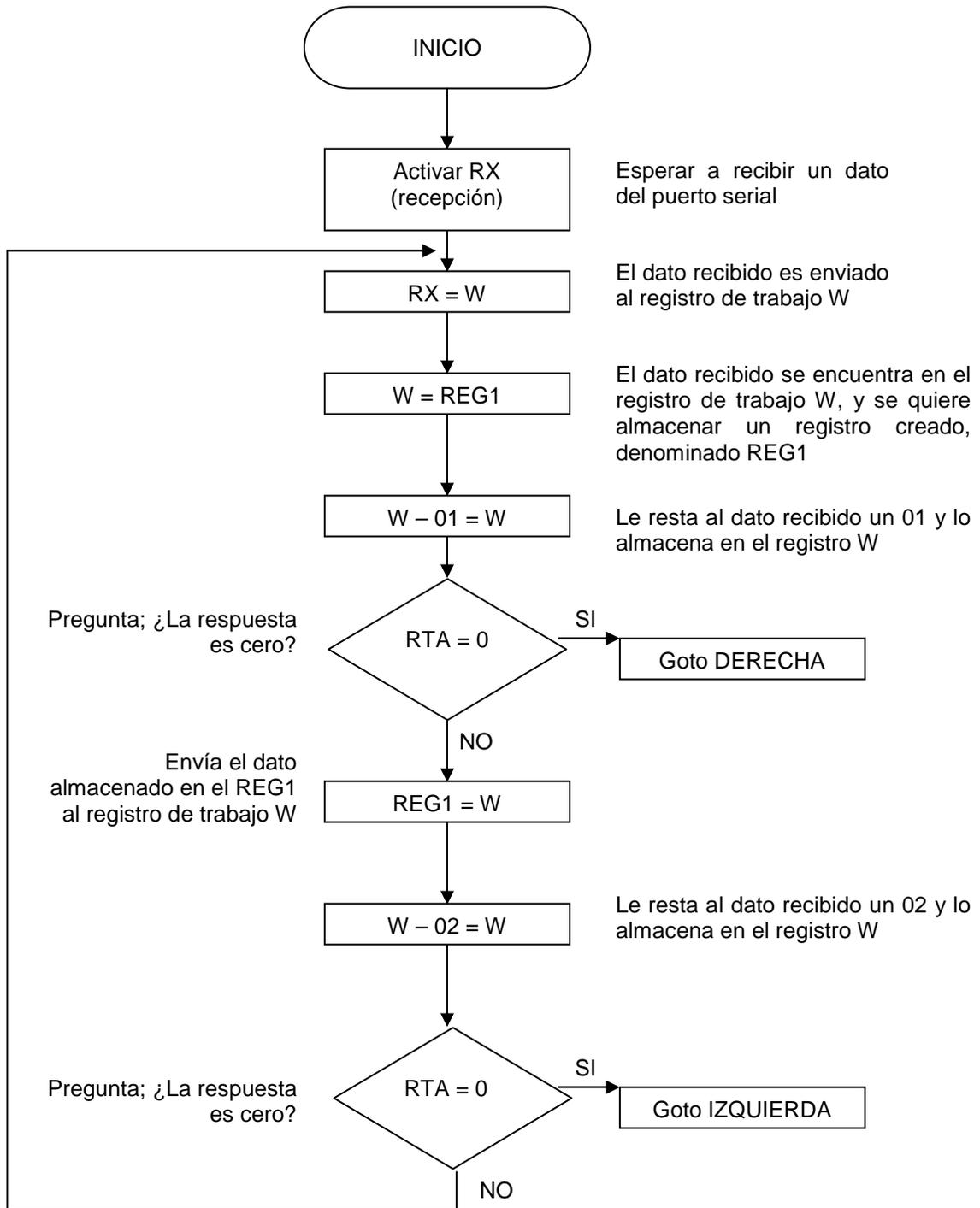
En la figura 29, se muestra el diagrama de flujo del programa principal de las funciones del microcontrolador.

Este diagrama esta dividido en:

- Desplazamiento a la derecha. Figura 30
- Desplazamiento a la izquierda.

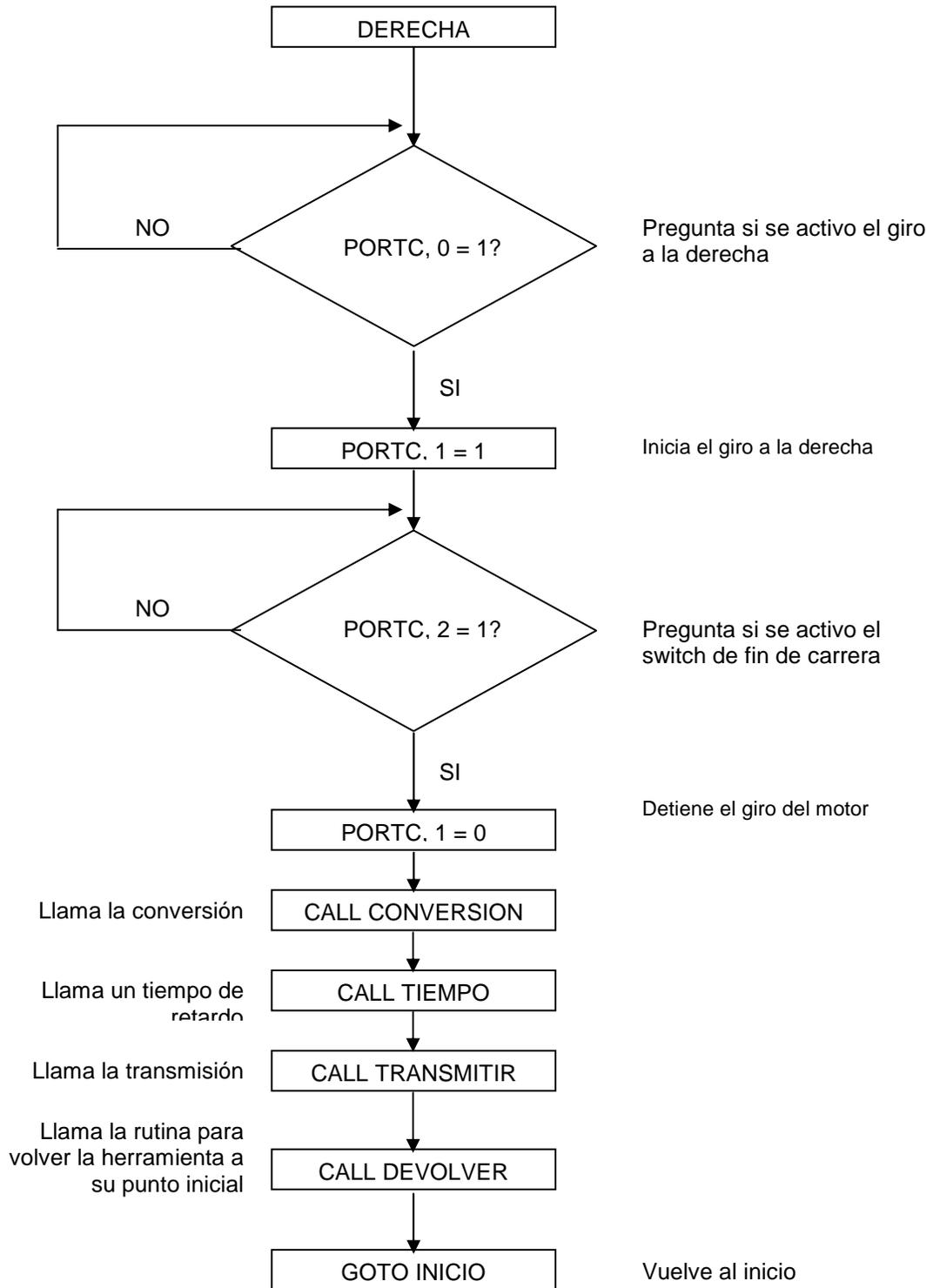
Con el fin de no extender el texto innecesariamente, se muestran los diagramas de flujo del desplazamiento hacia la derecha ya que el desplazamiento hacia la izquierda es básicamente el mismo. Se hace referencia a las rutinas importantes de cada sub – programa. El código de programación se encuentra en el anexo B.

Figura 29. Diagrama de flujo del programa principal



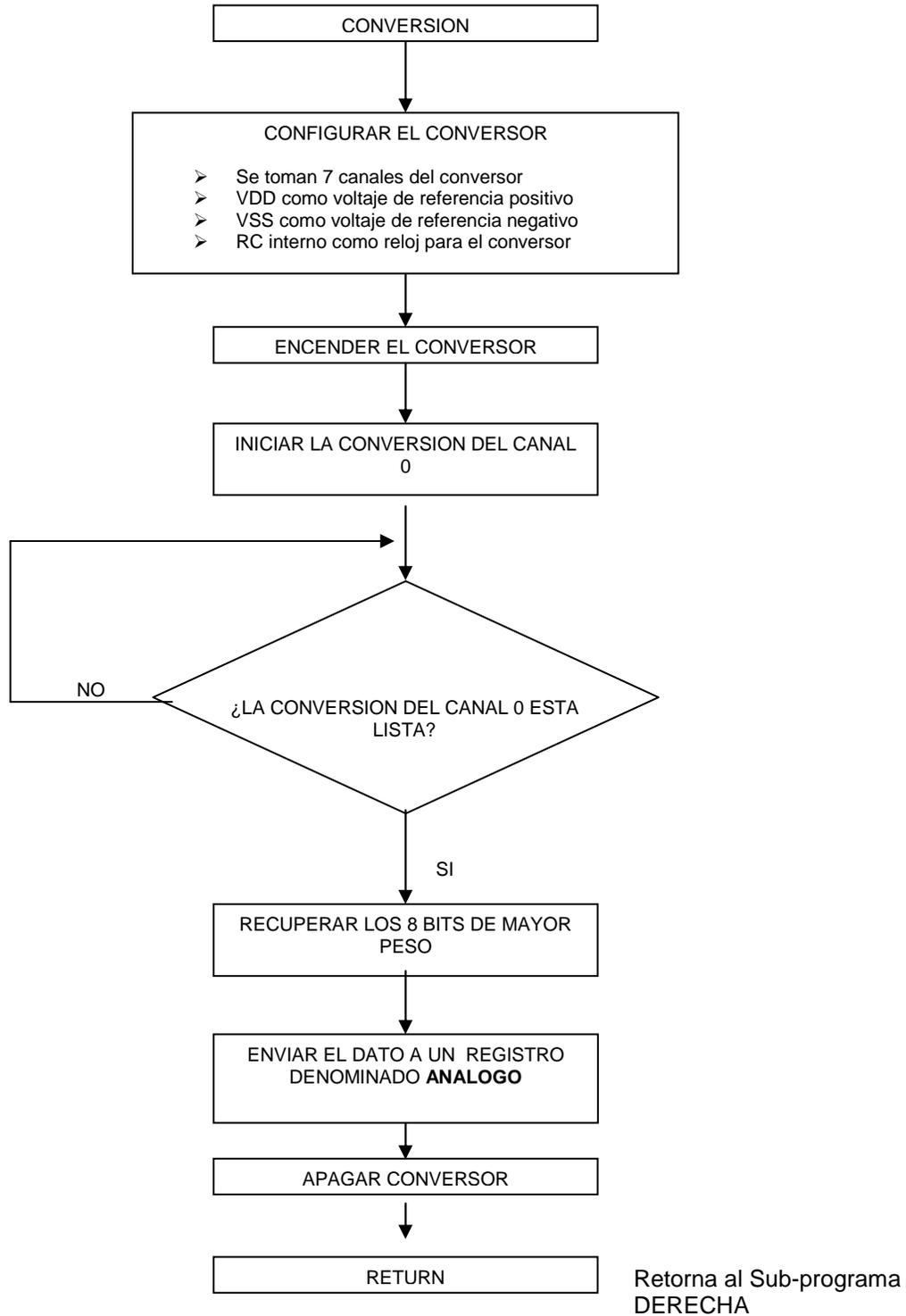
Johanna Paola González Torres, Abril 25 de 2010

Figura 30. Diagrama de flujo del desplazamiento a la derecha.



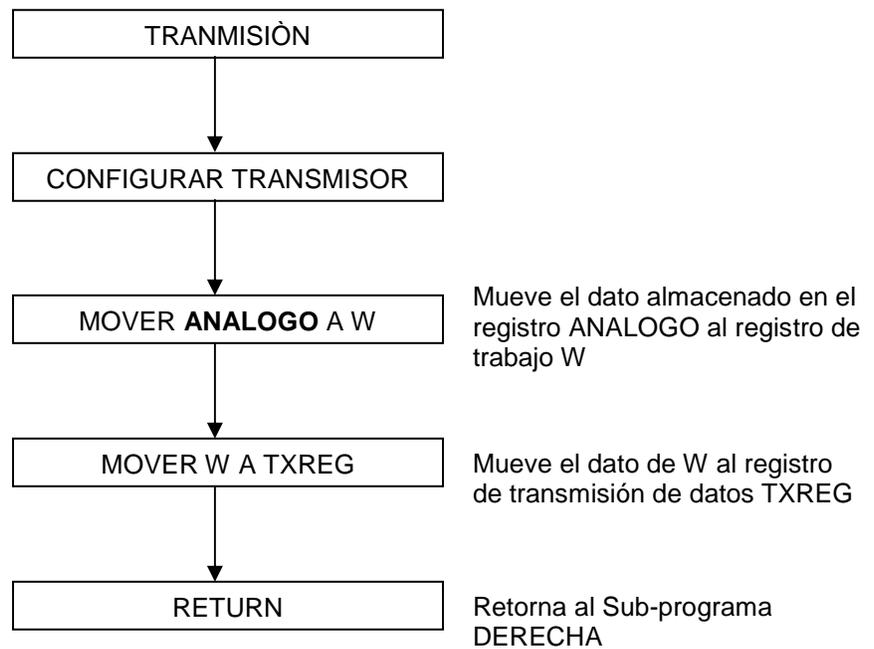
Johanna Paola González Torres, Abril 25 de 2010

Figura 31. Diagrama de flujo de la conversión de datos



Johanna Paola González Torres, Abril 25 de 2010

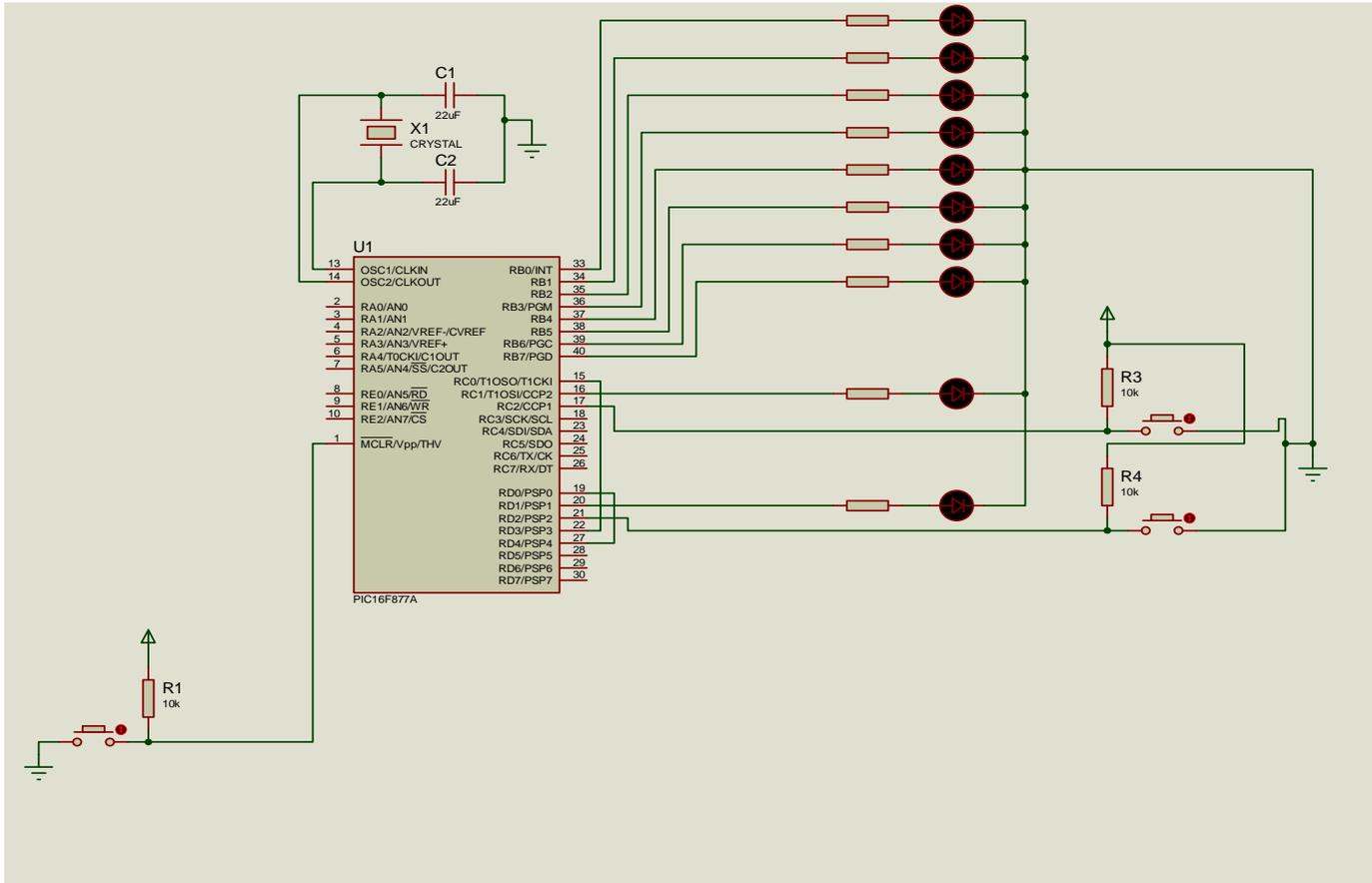
Figura 32. Diagrama de flujo de la transmisión de datos.



Johanna Paola González Torres, Abril 25 de 2010

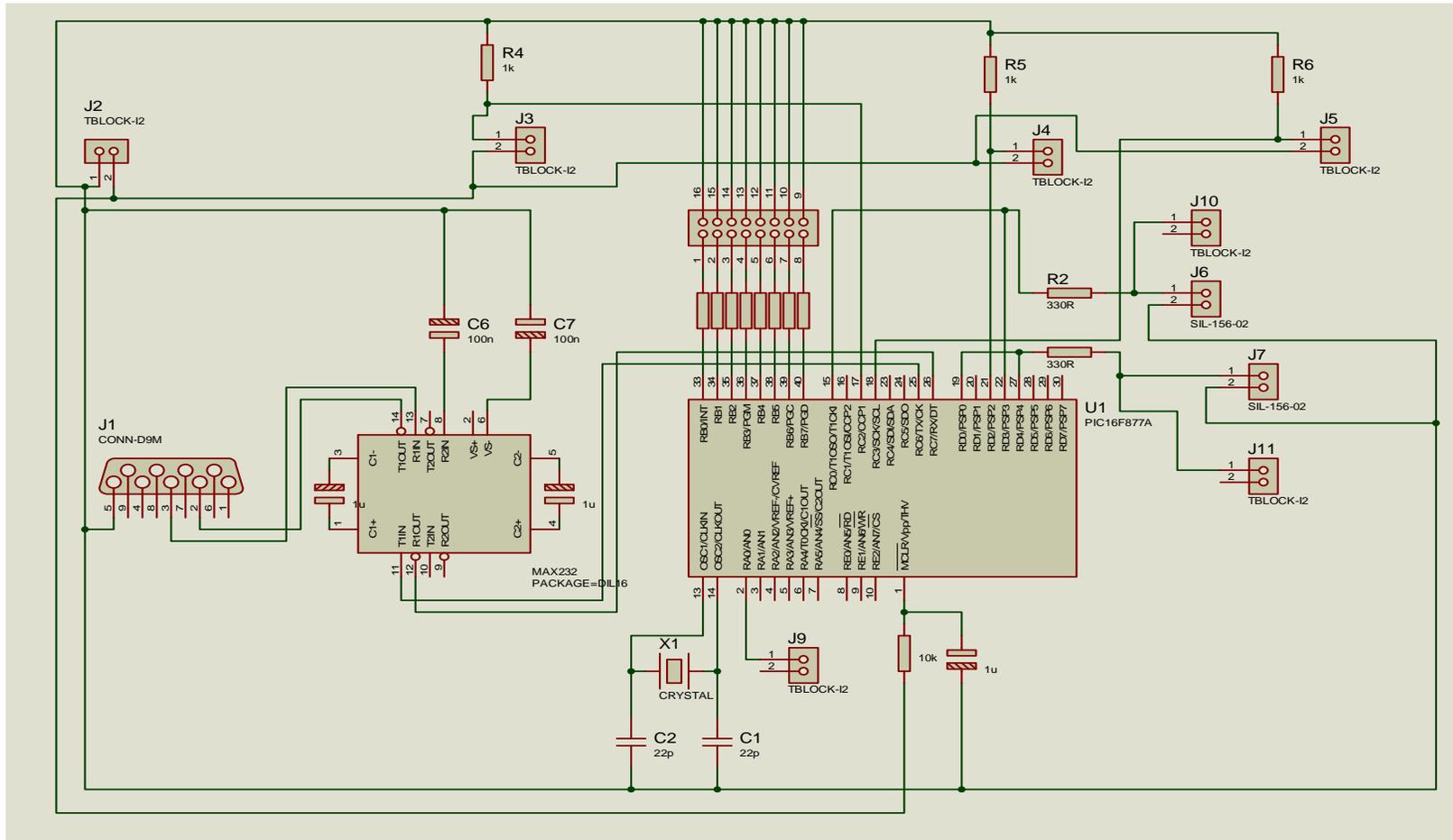
En la figura 33, se muestra el diagrama de conexión del microcontrolador.

Figura 33. Diagrama de conexión del microcontrolador.



Johanna Paola González Torres, Abril 4 de 2010

Figura 34. Diagrama para diseño del impreso.



Johanna Paola González Torres, Abril 4 de 2010

### 4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN Y ANALISIS DE DATOS

Para el diseño de sistema de visualización y análisis de datos, se investigaron dos entornos de programación. Dichos entornos son:

Tabla 20. Comparación entre LABVIEW y VISUAL BASIC

<b>ENTORNO DE PROGRAMACIÓN GRAFICA LABVIEW</b>	<b>LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN VISUAL BASIC</b>
<p>Entorno de programación grafica, para desarrollar sistemas de medida, pruebas y control usando íconos gráficos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo.</p> <p>Ofrece una integración incomparable con miles de dispositivos de hardware y brinda cientos de bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos.</p> <p>La plataforma es escalable a través de múltiples objetivos y sistemas operativos.</p>	<p>Visual Basic (Visual Studio) constituye un IDE (entorno de desarrollo integrado) que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, es decir, consiste en un editor de código (programa donde se escribe el código fuente), un depurador (programa que corrige errores en el código fuente para que pueda ser bien compilado), un compilador (programa que traduce el código fuente a lenguaje de máquina), y un constructor de interfaz gráfica o GUI (es una forma de programar en la que no es necesario escribir el código para la parte gráfica del programa, sino que se puede hacer de forma visual).</p>

Johanna Paola González Torres, Mayo 4 de 2010

Por su facilidad en el desarrollo de aplicaciones y su integración con otros programas computacionales, se seleccionó el entorno de programación grafica LABVIEW, para el diseño del sistema de visualización y análisis de datos.

LABVIEW es un lenguaje de programación de alto nivel, de tipo gráfico y enfocado al uso en instrumentación. Como lenguaje de programación, debido a que cuenta con todas las estructuras, puede ser usado para elaborar cualquier algoritmo que se desee, en cualquier aplicación, como en análisis, telemática, juegos, manejo de textos, etc.

Cuando se escribe en LABVIEW, el algoritmo escrito de forma gráfica no es ejecutable por el computador, por tanto, LABVIEW lo analiza, y elabora un código ensamblador, con base en el código fuente de tipo gráfico. Esta es una operación automática que ocurre al ejecutar el algoritmo, por tanto no es importante entender como sucede esto.

Lo que sí es algo para apreciar, es que en este proceso, se encuentran los errores de confección que son mostrados en una lista de errores, donde con solo darle doble click al error, se aprecia en el diagrama de bloques, donde ocurre éste, para su corrección.

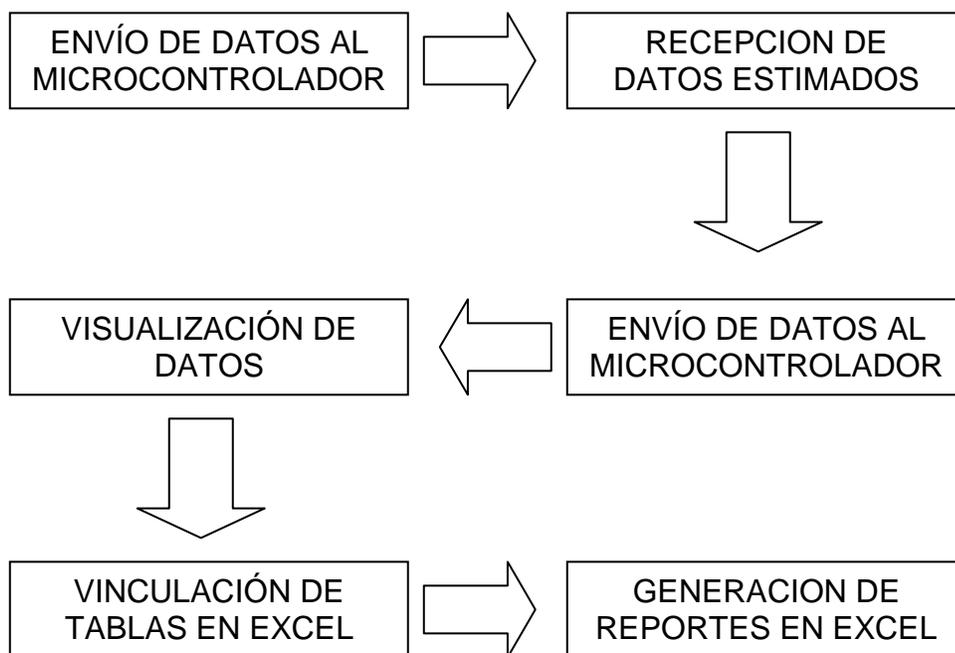
Es usado principalmente para tareas como:

- Adquisición de datos
- Control de instrumentos
- Automatización industrial o PAC (controlador de automatización programable).

#### 4.3.1 Programación del sistema de visualización y análisis de datos

En la figura 29, se muestra el diagrama de bloques de operación de la interfaz gráfica.

Figura 35. Diagrama de bloques del sistema de visualización y análisis de datos



Johanna Paola González Torres, Mayo 4 de 2010

En el diseño del sistema de adquisición y envío de datos, se configuro el microcontrolador para transmitir las muestras a través del puerto serial. Esto establece el requisito de diseño para el envío de datos del sistema de visualización.

La programación principal para la interfaz consiste en la creación de un algoritmo que trabaje por puerto serial para transmisión y recepción de datos.

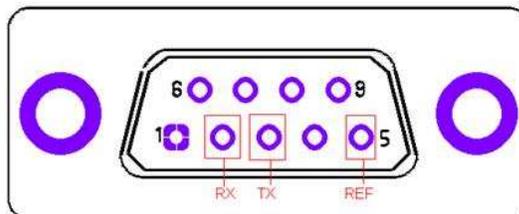
Dicho algoritmo se diseño utilizando el controlador de LABVIEW NI VISA. El primer pasó o requisito de funcionamiento es la transmisión de un dato, con el propósito de hacer que ese dato configure la dirección del motor, ya sea derecha o izquierda. El segundo paso es la recopilación de los datos muestreados por el sensor.

*4.3.1.1 Diseño de la comunicación serial utilizando LABVIEW* Para realizar la comunicación serial de LABVIEW con un microcontrolador, se deben tener en cuenta los siguientes requisitos:

- Tener los controladores NI VISA
- Un computador con al menos un puerto serial tipo RS232
- Un microcontrolador previamente programado

*Puerto serial RS232* es una interfaz de comunicaciones de datos digitales, frecuentemente utilizado por computadoras y periféricos, en donde la información es transmitida bit a bit enviando un solo bit a la vez, en contraste con el puerto paralelo que envía varios bits simultáneamente.

Figura 36. Puerto serial RS232



<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7907>

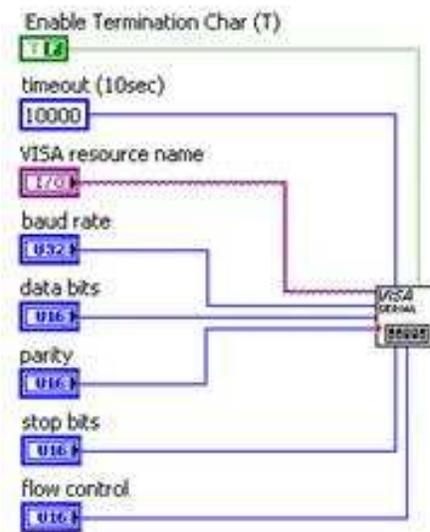
Tabla 21. Descripción de pines del puerto serial RS232

# pines	Abreviación	Parámetro	Función
1	DCD	<b>Data Carrier Detect</b>	Detecta si hay conexión con el otro extremo
2	RD	<b>Receive Data</b>	Entrada de datos serie (RXD)
3	TD	<b>Transmit Data</b>	Salida de datos serie (TXD)
4	DTR	<b>Data Terminal Ready</b>	Dice al modem si la UART está preparada para la conexión
5	SG	<b>Signal Ground</b>	Señal de Tierra.
6	DRS	<b>Data Set Ready</b>	Dice si la UART está preparada para la conexión
7	RTS	<b>Request to Send</b>	Informa que la UART esta preparada para intercambiar datos
8	CTS	<b>Clear to Send</b>	Indica si el modem está preparado para recibir y mandar datos
9	RI	<b>Ring Indicator</b>	Se activa cuando el modem detecta una llamada de PSTN

[www.danielstolfi.com/.../informática/db9.php](http://www.danielstolfi.com/.../informática/db9.php)

*Configuración del puerto serial con LABVIEW.* Para tener acceso al puerto serial usando LABVIEW se debe iniciar una sesión VISA. La configuración del tipo de comunicación serial se hace con “VISA configure serial port”, que se encuentra en Functions >> Instrument I/O >> Serial >> VISA configure serial port.

Figura 37. VISA CONFIGURE SERIAL PORT



<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7907>

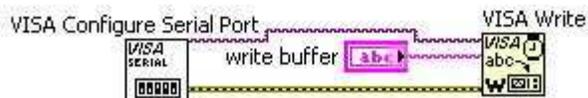
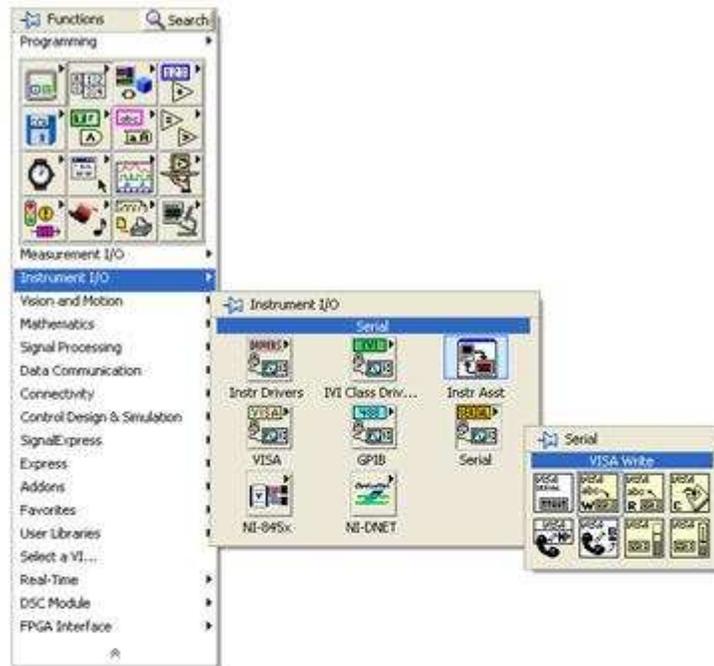
Tabla 22. Configuración del puesto VISA SERIAL

<b>VISA CONFIGURE SERIAL PORT (configurar el puerto serial VISA)</b>	
<b>Enable termination char (T)</b>	Habilitar la configuración con el carácter T
<b>Timeout (10 sec)</b>	Tiempo de salida (10 segundos)
<b>Visa resource name</b>	Nombre del recurso visado
<b>Baud rate</b>	Velocidad de transmisión
<b>Data bits</b>	Bits de datos
<b>Parity</b>	Paridad
<b>Stop bits;</b>	Bits de parada
<b>Flow control;</b>	Control de flujo

Johanna Paola González Torres, Abril 7 de 2010

*Escritura en el puerto serial.* Una vez configurado el puerto serial, se procede a enviar los datos necesarios, utilizando la escritura, es decir el VISA WRITE que se puede encontrar en Functions >> Programming >> Instrument I/O >> VISA Write.

Figura 38. VISA WRITE



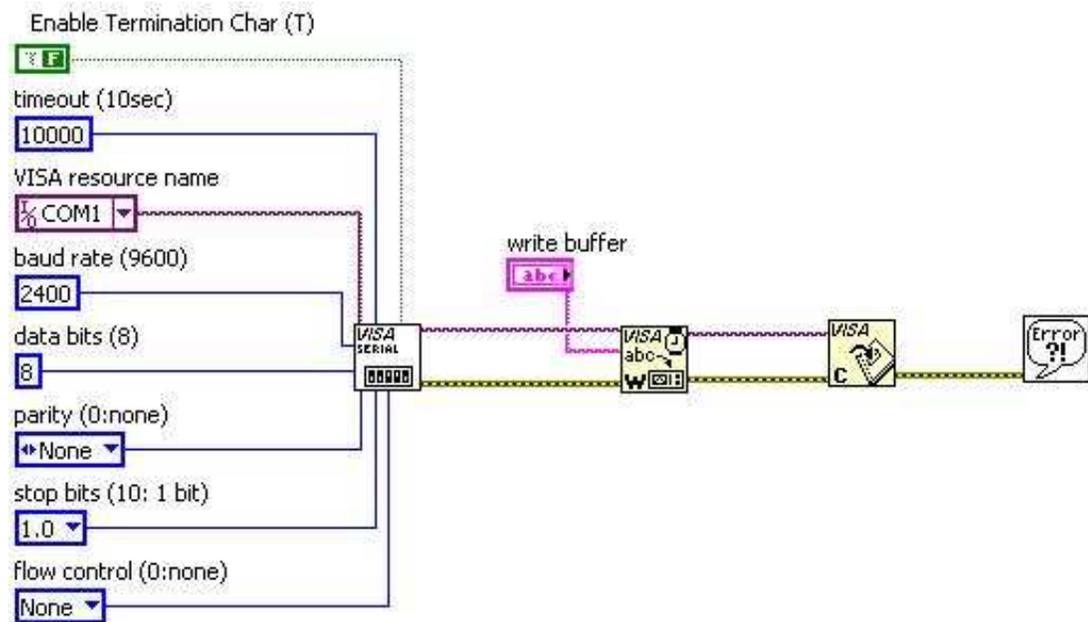
<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7907>

Tabla 23. Puerto de escritura VISA WRITE

VISA WRITE (Puerto de escritura)	
Parámetro	Función
Visa resource name;	Nombre del recurso visado
Write buffer;	buffer de transmisión
Error	error

Johanna Paola González Torres, Abril 7 de 2010

Figura 39. Configuración del puerto serial de escritura.



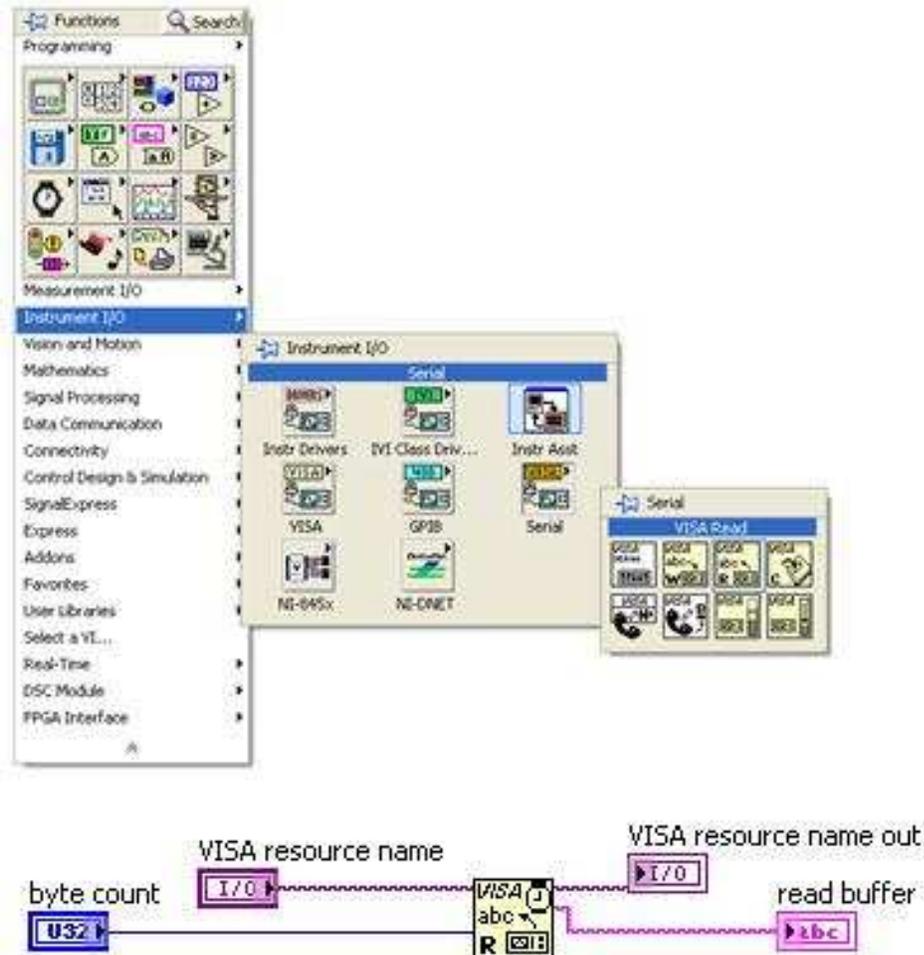
<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7907>

Para finalizar el caso se cierra la sesión con “VISA CLOSE” y un “SIMPLE ERROR HANDLER”.

*Lectura del puerto serial.* Una vez inicializada la sesión VISA, se procede a configurar la lectura. Para lo cual se utiliza “VISA READ” Es importante sincronizar la velocidad de transferencia de datos del microcontrolador en la

Terminal de “Baud rate” del Visa Configure serial port, de tal manera que sea la misma para ambos (en este caso 2500 baudios. La estructura “stacked sequence” con la función wait es tan sólo una espera programada para la lectura. Lo único presente en el Panel de control es el indicador “read buffer” donde se escriben los datos adquiridos. También es importante seleccionar el puerto COM adecuado.

Figura 40. Configuración del puerto de lectura serial



<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7907>

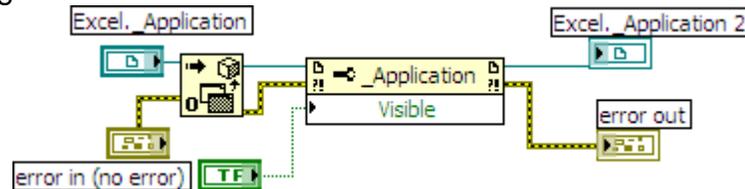
Tabla 24. Puerto de lectura VISA READ

VISA READ (Puerto de lectura)	
Parámetro	Función
Visa Resource Name	Nombre del recurso visado
Visa Resource Name Out	Nombre del recurso visado de salida
Byte Count	numero de bytes
Read Buffer	buffer de lectura

Johanna Paola González Torres, Abril 7 de 2010

4.3.1.2 *Diseño de la vinculación de tablas utilizando LABVIEW* para el diseño de la vinculación de tablas se utilizo la aplicación OPEN EXCEL AND MAKE VISIBLE, el cual abre las tablas referenciadas en Excel.

Figura 41. Diagrama de diseño de la vinculación de tablas desde LABVIEW

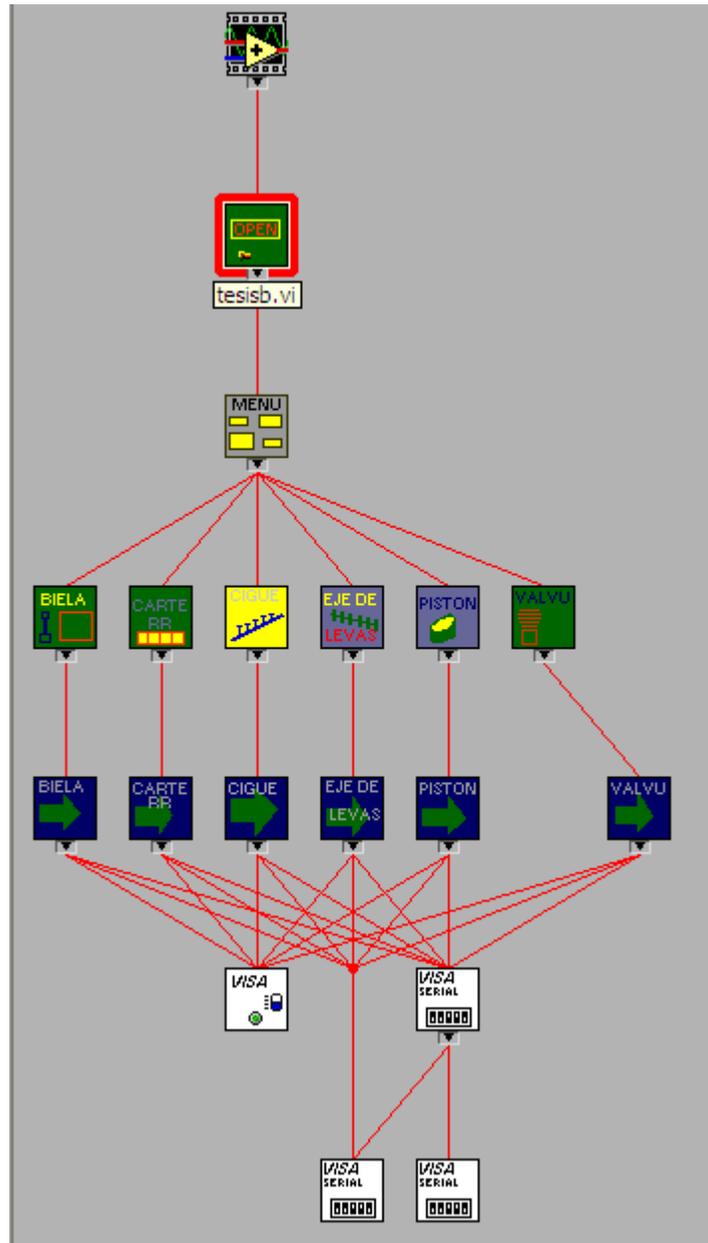


<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7907>

El diseño de este sistema se realizo, utilizando programación jerárquica, en la cual se encuentran distintos paneles o sub- programas para una mejor comprensión del la función que realiza cada parte del programa.

En la figura 42, se muestra el diagrama jerárquico del sistema.

Figura 42. Diagrama jerárquico del sistema de visualización y análisis de datos



Johanna Paola González Torres, Abril 7 de 2010

Para una mejor comprensión se explicara cada panel con sus correspondientes sub-programas.

Los distintos paneles son:

- Panel 1: Presentación de la herramienta (figura 43)
- Panel 2: Menú de selección de la pieza del motor que va a ser analizada. (figura 46)
- Panel 3: Esta dividido en 6 paneles diferentes, cada uno corresponde a una parte del motor y tiene unas condiciones de funcionamiento. (figura 48)
- Panel 4: Respuesta de los datos obtenidos, menú para la vinculación de la tabla correspondiente al dispositivo y generación de informes. (figura 50)

En el anexo C se muestra el código de programación del sistema.

Panel 1: Presentación Del Software

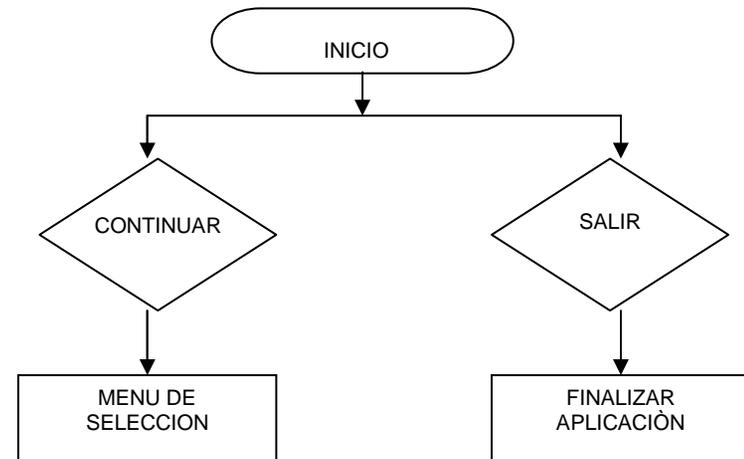
Figura 43. Panel de presentación del software



Johanna Paola González Torres, Abril 2 de 2010

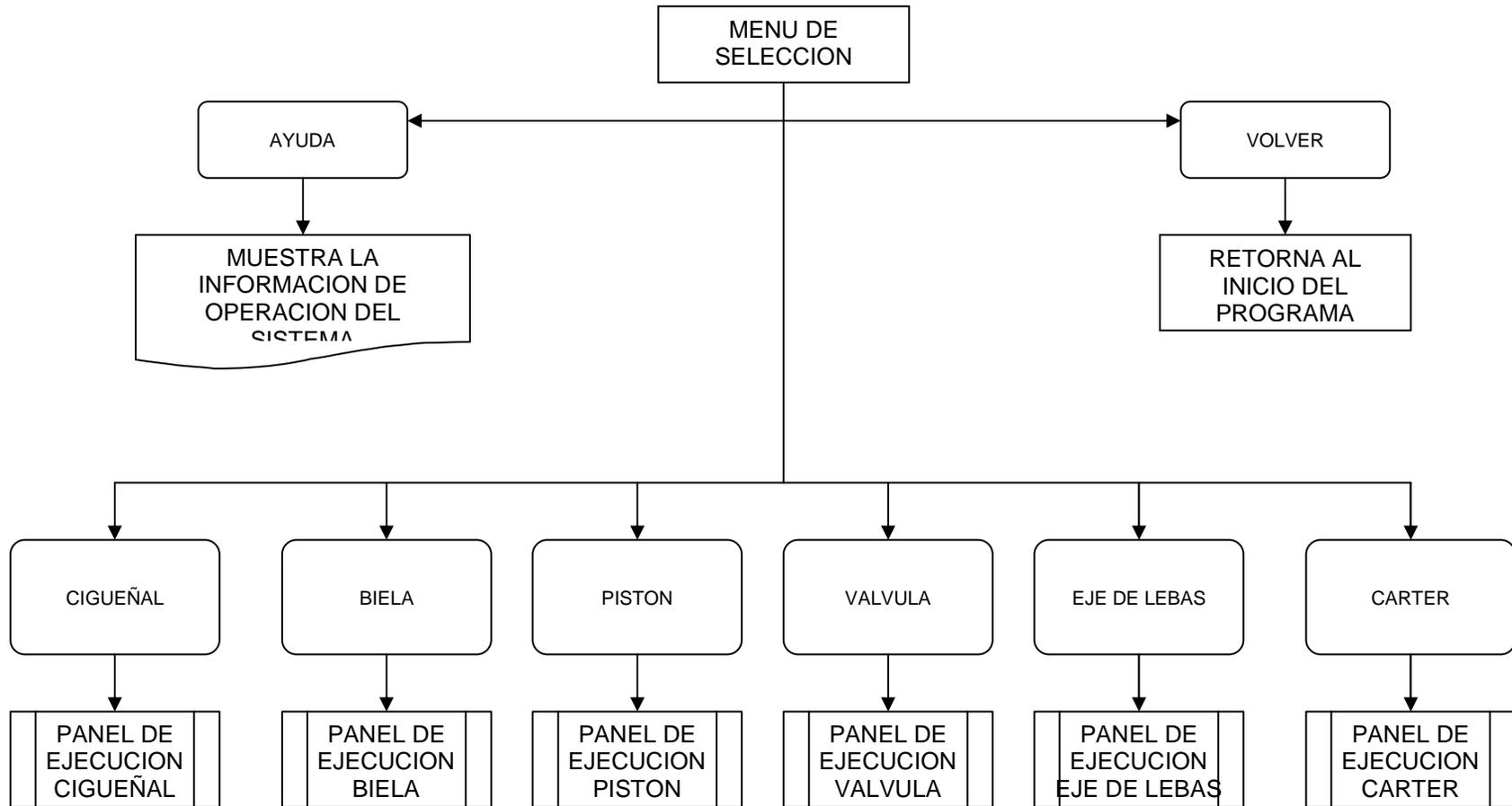
Este panel corresponde a la presentación del sistema, con el fin de familiarizar al usuario con el tipo de software que se esta manejando.

Figura 44. Diagrama de flujo de la presentación del software



Panel 2: Menú De Selección

Figura 45. Diagrama de flujo del menú de selección



Johanna Paola González Torres, Abril 17 de 2010

Figura 46. Menú de selección.

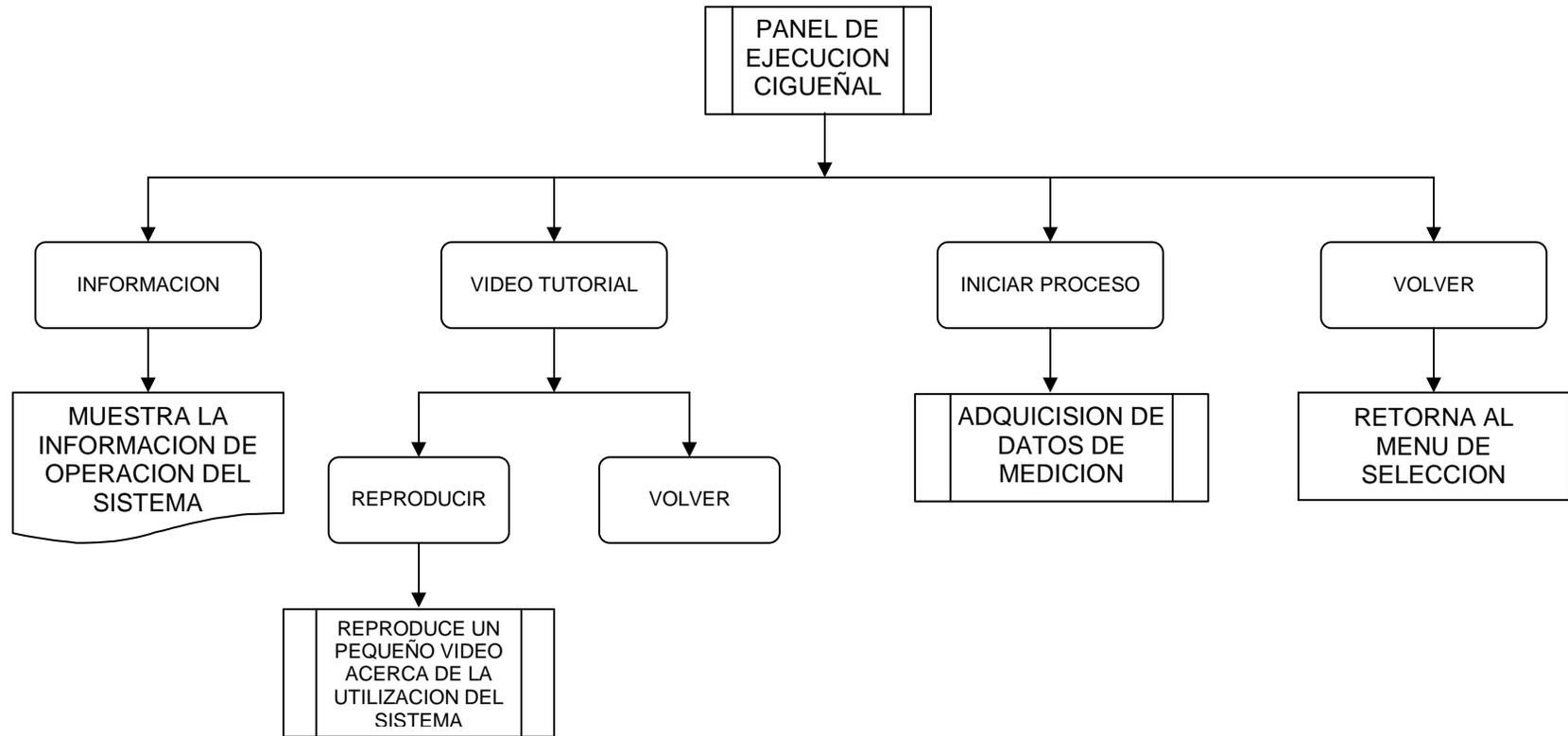


Johanna Paola González Torres, Abril 2 de 2010

En esta parte del sistema el usuario deberá seleccionar la parte del motor a la cual le realizara la medición, contiene los botones de ayuda, en el cual encontrara los pasos que deberá seguir para la ejecución del sistema y volver por si desea salir de la aplicación

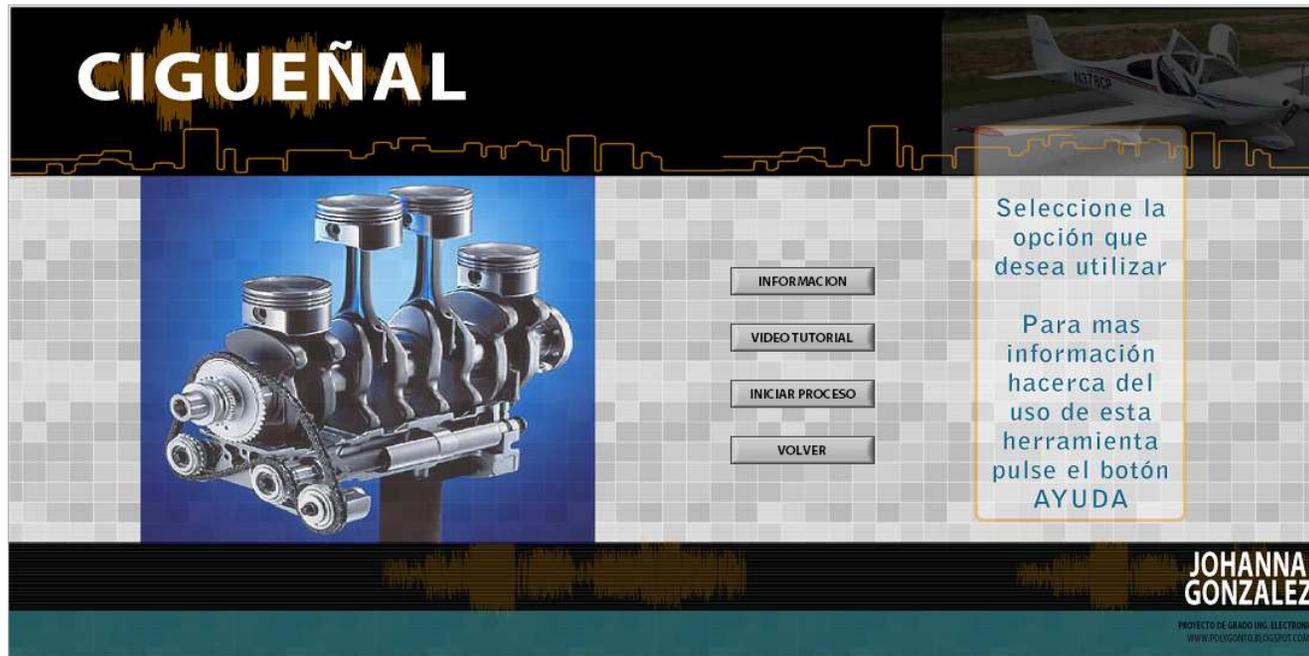
Panel 3: Referido A El Sistema Que Se Desea Medir

Figura 47. Diagrama de flujo referido al sistema que se desea medir.



Johanna Paola González Torres, Abril 17 de 2010

Figura 48. Referido al sistema que se desea medir.

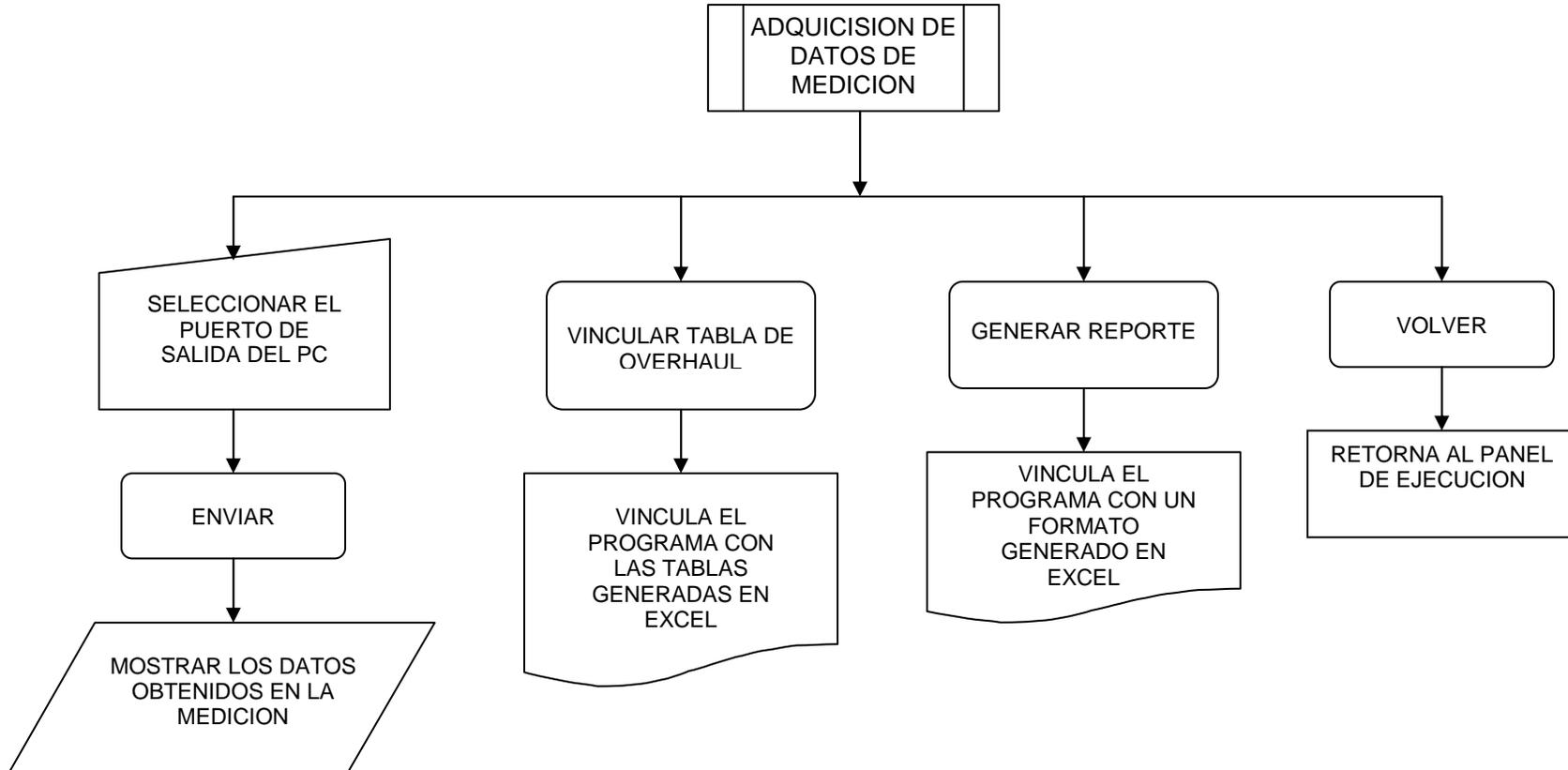


Johanna Paola González Torres, Abril 3 de 2010

Estos paneles están divididos en seis partes, cada uno corresponde a una de los mecanismos que serán objeto de medición. Se encuentran los botones de INFORMACIÓN, el cual corresponde al texto paso a paso de cómo se debe posicionar la herramienta en el mecanismo a medir. El botón VIDEO TUTORIAL, el cual muestra un pequeño esquema de realización de la medida. El botón INICIAR PROCESO, que vincula al usuario con el siguiente panel.

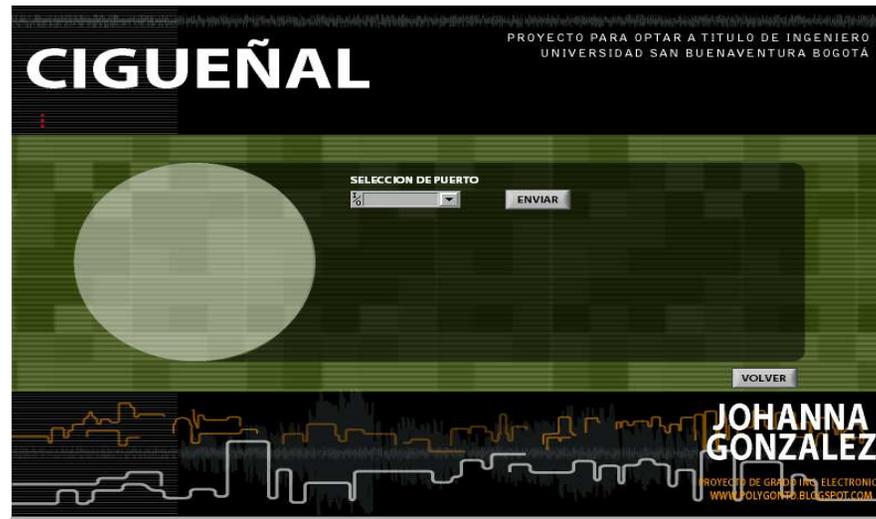
Panel 4: Respuesta De Datos Obtenidos

Figura 49. Diagrama de bloques de la respuesta de los datos obtenidos



Johanna Paola González Torres, Abril 17 de 2010

Figura 50. Panel de respuesta de los datos obtenidos.



Johanna Paola González Torres, Abril 3 de 2010

En el cual se visualizan los datos obtenidos, el usuario deberá escoger el puerto de salida del computador y presionar el botón ENVIAR, ya que este enviara al sistema la información del tipo de medida que se requiere, si esta corresponde a un diámetro o a un orificio, una vez pulsado dicho botón la herramienta realizara el movimiento pertinente y suministrara los datos que se visualizan en el array, contiene los botones, VINCULAR TABLA, el cual enlaza el programa con la tabla correspondiente a los parámetros de operación de cada dispositivo. El botón, GENERAR REPORTE, el cual muestra un archivo modificable, con el fin de reportar el funcionamiento de la parte del motor que se midió.

4.3.1.3. *Análisis de los datos obtenidos.* La señal adquirida a través del sensor CNY70 es una señal de tipo analógico, en donde se representa la relación existente entre el voltaje y la distancia, esta señal al ser enviada al PC tiene que ser digitalizada para ser enviada por puerto serial, es decir que la señal que se visualizará en el Software es una señal de tipo digital.

Como se mencionó anteriormente, los datos necesarios para interpretar la señal, serán los que relacionan el voltaje con la distancia, es decir que los datos digitales enviados por el microcontrolador, tendrán que ser convertidos a analógicos para que la señal pueda interpretarse.

La conversión de una señal de digital a analógica, se denomina DAC, esta contiene una red resistiva divisora de tensión,<sup>17</sup> su función es transformar la señal digital en analógica, como las únicas señales de entrada serán 1 ó 0, y sabiendo que la señal es de  $2^n$ , siendo n el número máximo de bits obtenido, se establece cual es el bit menos significativo de la señal y con la resolución de la señal se sabrá el número de posibles combinaciones obtenidas en la señal analógica.

En este caso la resolución de la señal digital, enviada por el microcontrolador, véase Anexo 3) es de  $2^8$ , es decir 256 posibles combinaciones, tomando en consideración la ecuación para la resolución de la señal, que establece que:

$$\text{Resolución} = \text{VoFS} / (2^n - 1)$$

Siendo VoFs, el voltaje del microcontrolador, se puede establecer que la variación del voltaje para cada combinación será:

$$\text{Resolución} = 5 / 255$$

$$\text{Resolución} = 19.6\text{mv}$$

---

<sup>17</sup> ELECTRONICA UNICROM, convertidos digital, analógico (CDA – DAC), [http://www.unicrom.com/Tut\\_DAC.asp](http://www.unicrom.com/Tut_DAC.asp)

Esta relación, entre el voltaje enviado y el número de combinaciones posibles, se puede utilizar como una de las pruebas de calibración, en la tabla 25, se muestran las combinaciones posibles para este caso de  $2^8$ .

Una vez obtenido el número de combinaciones posibles para el caso, se puede comparar el voltaje de la distancia obtenida por el sensor, con el número de posibles combinaciones.

Tabla 25. Posibles combinaciones para la resolución del sistema  $2^8$

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	# DECIMAL	SALIDA ANALÓGICA
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0019V
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.0215V
0	0	0	0	0	0	1	0	2	0.0411V
0	0	0	0	0	0	1	1	3	0.0611V
0	0	0	0	0	1	0	0	4	0.0807V
0	0	0	0	0	1	0	1	5	0.1003V
0	0	0	0	0	1	1	0	6	0.1199V
0	0	0	0	0	1	1	1	7	0.1395V
0	0	0	0	1	0	0	0	8	0.1591V
0	0	0	0	1	0	0	1	9	0.1787V
0	0	0	0	1	0	1	0	10	0.1983V
0	0	0	0	1	0	1	1	11	0.2179V
0	0	0	0	1	1	0	0	12	0.2375V
0	0	0	0	1	1	0	1	13	0.2571V
0	0	0	0	1	1	1	0	14	0.2767V
0	0	0	0	1	1	1	1	15	0.2963V
0	0	0	1	0	0	0	0	16	0.3159V
0	0	0	1	0	0	0	1	17	0.3355V
0	0	0	1	0	0	1	0	18	0.3551V
0	0	0	1	0	0	1	1	19	0.3747V
0	0	0	1	0	1	0	0	20	0.3943V
0	0	0	1	0	1	0	1	21	0.4139V
0	0	0	1	0	1	1	0	22	0.4335V
0	0	0	1	0	1	1	1	23	0.4531V
0	0	0	1	1	0	0	0	24	0.4727V
0	0	0	1	1	0	0	1	25	0.4923V
0	0	0	1	1	0	1	0	26	0.5119V
0	0	0	1	1	0	1	1	27	0.5315V
0	0	0	1	1	1	0	0	28	0.5511V

0	0	0	1	1	1	0	1	29	0.5707V
0	0	0	1	1	1	1	0	30	0.5903V
0	0	0	1	1	1	1	1	31	0.6099V
0	0	1	0	0	0	0	0	32	0.6295V
0	0	1	0	0	0	0	1	33	0.6491V
0	0	1	0	0	0	1	0	34	0.6687V
0	0	1	0	0	0	1	1	35	0.6883V
0	0	1	0	0	1	0	0	36	0.7079V
0	0	1	0	0	1	0	1	37	0.7275V
0	0	1	0	0	1	1	0	38	0.7471V
0	0	1	0	0	1	1	1	39	0.7667V
0	0	1	0	1	0	0	0	40	0.7863V
0	0	1	0	1	0	0	1	41	0.8059V
0	0	1	0	1	0	1	0	42	0.8255V
0	0	1	0	1	0	1	1	43	0.8451V
0	0	1	0	1	1	0	0	44	0.8647V
0	0	1	0	1	1	0	1	45	0.8843V
0	0	1	0	1	1	1	0	46	0.9039V
0	0	1	0	1	1	1	1	47	0.9235V
0	0	1	1	0	0	0	0	48	0.9431V
0	0	1	1	0	0	0	1	49	0.9627V
0	0	1	1	0	0	1	0	50	0.9823V
0	0	1	1	0	0	1	1	51	1.0019V
0	0	1	1	0	1	0	0	52	1.0215V
0	0	1	1	0	1	0	1	53	1.0411V
0	0	1	1	0	1	1	0	54	1.0607V
0	0	1	1	0	1	1	1	55	1.0803V
0	0	1	1	1	0	0	0	56	1.0999V
0	0	1	1	1	0	0	1	57	1.1195V
0	0	1	1	1	0	1	0	58	1.1391V
0	0	1	1	1	0	1	1	59	1.1587V
0	0	1	1	1	1	0	0	60	1.1783V
0	0	1	1	1	1	0	1	61	1.1979V
0	0	1	1	1	1	1	0	62	1.2175V
0	0	1	1	1	1	1	1	63	1.2371V
0	1	0	0	0	0	0	0	64	1.2567V
0	1	0	0	0	0	0	1	65	1.2763V
0	1	0	0	0	0	1	0	66	1.2959V
0	1	0	0	0	0	1	1	67	1.3155V
0	1	0	0	0	1	0	0	68	1.3351V
0	1	0	0	0	1	0	1	69	1.3547V
0	1	0	0	0	1	1	0	70	1.3743V
0	1	0	0	0	1	1	1	71	1.3939V
0	1	0	0	1	0	0	0	72	1.4135V

0	1	0	0	1	0	0	1	73	1.4331V
0	1	0	0	1	0	1	0	74	1.4527V
0	1	0	0	1	0	1	1	75	1.4723V
0	1	0	0	1	1	0	0	76	1.4919V
0	1	0	0	1	1	0	1	77	1.5115V
0	1	0	0	1	1	1	0	78	1.5311V
0	1	0	0	1	1	1	1	79	1.5507V
0	1	0	1	0	0	0	0	80	1.5703V
0	1	0	1	0	0	0	1	81	1.5899V
0	1	0	1	0	0	1	0	82	1.6095V
0	1	0	1	0	0	1	1	83	1.6291V
0	1	0	1	0	1	0	0	84	1.6487V
0	1	0	1	0	1	0	1	85	1.6683V
0	1	0	1	0	1	1	0	86	1.6879V
0	1	0	1	0	1	1	1	87	1.7075V
0	1	0	1	1	0	0	0	88	1.7271V
0	1	0	1	1	0	0	1	89	1.7467V
0	1	0	1	1	0	1	0	90	1.7663V
0	1	0	1	1	0	1	1	91	1.7859V
0	1	0	1	1	1	0	0	92	1.8055V
0	1	0	1	1	1	0	1	93	1.8251V
0	1	0	1	1	1	1	0	94	1.8447V
0	1	0	1	1	1	1	1	95	1.8643V
0	1	1	0	0	0	0	0	96	1.8839V
0	1	1	0	0	0	0	1	97	1.9035V
0	1	1	0	0	0	1	0	98	1.9231V
0	1	1	0	0	0	1	1	99	1.9427V
0	1	1	0	0	0	0	0	100	1.9623V
0	1	1	0	0	0	0	1	101	1.9819V
0	1	1	0	0	0	1	0	102	2.0015V
0	1	1	0	0	0	1	1	103	2.0211V
0	1	1	0	1	1	0	0	104	2.0407V
0	1	1	0	1	1	0	1	105	2.0603V
0	1	1	0	1	1	1	0	106	2.0799V
0	1	1	0	1	1	1	1	107	2.0995V
0	1	1	0	1	0	0	0	108	2.1191V
0	1	1	0	1	0	0	1	109	2.1387V
0	1	1	0	1	0	1	0	110	2.1583V
0	1	1	0	1	0	1	1	111	2.1779V
0	1	1	1	0	1	0	0	112	2.1975V
0	1	1	1	0	1	0	1	113	2.2171V
0	1	1	1	0	1	1	0	114	2.2367V
0	1	1	1	0	1	1	1	115	2.2563V
0	1	1	1	0	0	0	0	116	2.2759V

0	1	1	1	0	0	0	1	117	2.2955V
0	1	1	1	0	0	1	0	118	2.3151V
0	1	1	1	0	0	1	1	119	2.3347V
0	1	1	1	1	1	0	0	120	2.3543V
0	1	1	1	1	1	0	1	121	2.3739V
0	1	1	1	1	1	1	0	122	2.3935V
0	1	1	1	1	1	1	1	123	2.4131V
0	1	1	1	1	0	0	0	124	2.4327V
0	1	1	1	1	0	0	1	125	2.4523V
0	1	1	1	1	0	1	0	126	2.4719V
0	1	1	1	1	0	1	1	127	2.4915V
1	0	0	0	0	1	0	0	128	2.5111V
1	0	0	0	0	1	0	1	129	2.5307V
1	0	0	0	0	1	1	0	130	2.5503V
1	0	0	0	0	1	1	1	131	2.5699V
1	0	0	0	0	0	0	0	132	2.5895V
1	0	0	0	0	0	0	1	133	2.6091V
1	0	0	0	0	0	1	0	134	2.6287V
1	0	0	0	0	0	1	1	135	2.6483V
1	0	0	0	1	1	0	0	136	2.6679V
1	0	0	0	1	1	0	1	137	2.6875V
1	0	0	0	1	1	1	0	138	2.7071V
1	0	0	0	1	1	1	1	139	2.7267V
1	0	0	0	1	0	0	0	140	2.7463V
1	0	0	0	1	0	0	1	141	2.7659V
1	0	0	0	1	0	1	0	142	2.7855V
1	0	0	0	1	0	1	1	143	2.8051V
1	0	0	1	0	0	0	0	144	2.8247V
1	0	0	1	0	0	0	1	145	2.8443V
1	0	0	1	0	0	1	0	146	2.8639V
1	0	0	1	0	0	1	1	147	2.8835V
1	0	0	1	0	1	0	0	148	2.9031V
1	0	0	1	0	1	0	1	149	2.9227V
1	0	0	1	0	1	1	0	150	2.9423V
1	0	0	1	0	1	1	1	151	2.9619V
1	0	0	1	1	0	0	0	152	2.9815V
1	0	0	1	1	0	0	1	153	3.0011V
1	0	0	1	1	0	1	0	154	3.0207V
1	0	0	1	1	0	1	1	155	3.0403V
1	0	0	1	1	1	0	0	156	3.0599V
1	0	0	1	1	1	0	1	157	3.0795V
1	0	0	1	1	1	1	0	158	3.0991V
1	0	0	1	1	1	1	1	159	3.1187V
1	0	1	0	0	0	0	0	160	3.1383V

1	0	1	0	0	0	0	1	161	3.1579V
1	0	1	0	0	0	1	0	162	3.1775V
1	0	1	0	0	0	1	1	163	3.1971V
1	0	1	0	0	1	0	0	164	3.2167V
1	0	1	0	0	1	0	1	165	3.2363V
1	0	1	0	0	1	1	0	166	3.2559V
1	0	1	0	0	1	1	1	167	3.2755V
1	0	1	0	1	0	0	0	168	3.2951V
1	0	1	0	1	0	0	1	169	3.3147V
1	0	1	0	1	0	1	0	170	3.3343V
1	0	1	0	1	0	1	1	171	3.3539V
1	0	1	0	1	1	0	0	172	3.3735V
1	0	1	0	1	1	0	1	173	3.3931V
1	0	1	0	1	1	1	0	174	3.4127V
1	0	1	0	1	1	1	1	175	3.4323V
1	0	1	1	0	0	0	0	176	3.4519V
1	0	1	1	0	0	0	1	177	3.4715V
1	0	1	1	0	0	1	0	178	3.4911V
1	0	1	1	0	0	1	1	179	3.5107V
1	0	1	1	0	1	0	0	180	3.5303V
1	0	1	1	0	1	0	1	181	3.5499V
1	0	1	1	0	1	1	0	182	3.5695V
1	0	1	1	0	1	1	1	183	3.5891V
1	0	1	1	1	0	0	0	184	3.6087V
1	0	1	1	1	0	0	1	185	3.6283V
1	0	1	1	1	0	1	0	186	3.6479V
1	0	1	1	1	0	1	1	187	3.6675V
1	0	1	1	1	0	0	0	188	3.6871V
1	0	1	1	1	0	0	1	189	3.7067V
1	0	1	1	1	0	1	0	190	3.7263V
1	0	1	1	1	0	1	1	191	3.7459V
1	1	0	0	0	1	0	0	192	3.7655V
1	1	0	0	0	1	0	1	193	3.7851V
1	1	0	0	0	1	1	0	194	3.8047V
1	1	0	0	0	1	1	1	195	3.8243V
1	1	0	0	0	0	0	0	196	3.8439V
1	1	0	0	0	0	0	1	197	3.8635V
1	1	0	0	0	0	1	0	198	3.8831V
1	1	0	0	0	0	1	1	199	3.9027V
1	1	0	0	1	1	0	0	200	3.9223V
1	1	0	0	1	1	0	1	201	3.9419V
1	1	0	0	1	1	1	0	202	3.9615V
1	1	0	0	1	1	1	1	203	3.9811V
1	1	0	0	1	0	0	0	204	4.0007V

1	1	0	0	1	0	0	1	205	4.0203V
1	1	0	0	1	0	1	0	206	4.0399V
1	1	0	0	1	0	1	1	207	4.0595V
1	1	0	1	0	1	0	0	208	4.0791V
1	1	0	1	0	1	0	1	209	4.0987V
1	1	0	1	0	1	1	0	210	4.1183V
1	1	0	1	0	1	1	1	211	4.1379V
1	1	0	1	0	0	0	0	212	4.1575V
1	1	0	1	0	0	0	1	213	4.1771V
1	1	0	1	0	0	1	0	214	4.1967V
1	1	0	1	0	0	1	1	215	4.2163V
1	1	0	1	1	1	0	0	216	4.2358V
1	1	0	1	1	1	0	1	217	4.2555V
1	1	0	1	1	1	1	0	218	4.2751V
1	1	0	1	1	1	1	1	219	4.2947V
1	1	0	1	1	0	0	0	220	4.3143V
1	1	0	1	1	0	0	1	221	4.3339V
1	1	0	1	1	0	1	0	222	4.3535V
1	1	0	1	1	0	1	1	223	4.3731V
1	1	1	0	0	1	0	0	224	4.3927V
1	1	1	0	0	1	0	1	225	4.4123V
1	1	1	0	0	1	1	0	226	4.4319V
1	1	1	0	0	1	1	1	227	4.4515V
1	1	1	0	0	0	0	0	228	4.4711V
1	1	1	0	0	0	0	1	229	4.4907V
1	1	1	0	0	0	1	0	230	4.5103V
1	1	1	0	0	0	1	1	231	4.5299V
1	1	1	0	1	0	0	0	232	4.5495V
1	1	1	0	1	0	0	1	233	4.5691V
1	1	1	0	1	0	1	0	234	4.5887V
1	1	1	0	1	0	1	1	235	4.6083V
1	1	1	0	1	1	0	0	236	4.6279V
1	1	1	0	1	1	0	1	237	4.6475V
1	1	1	0	1	1	1	0	238	4.6671V
1	1	1	0	1	1	1	1	239	4.6867V
1	1	1	1	0	0	0	0	240	4.7063V
1	1	1	1	0	0	0	1	241	4.7259V
1	1	1	1	0	0	1	0	242	4.7452V
1	1	1	1	0	0	1	1	243	4.7648V
1	1	1	1	0	1	0	0	244	4.7844V
1	1	1	1	0	1	0	1	245	4.804V
1	1	1	1	0	1	1	0	246	4.8236V
1	1	1	1	0	1	1	1	247	4.8432V
1	1	1	1	1	0	0	0	248	4.8628V

1	1	1	1	1	0	0	1	249	4.8824V
1	1	1	1	1	0	1	0	250	4.902V
1	1	1	1	1	0	1	1	251	4.9216V
1	1	1	1	1	1	0	0	252	4.9412V
1	1	1	1	1	1	0	1	253	4.9608V
1	1	1	1	1	1	1	0	254	4.9804V
1	1	1	1	1	1	1	1	255	5V

Johanna Paola González Torres, abril 3 de 2010

Analizando la tabla 25, podemos observar que la variación de voltaje para cada combinación puede aproximarse a 0.02 V, sabido esto, observamos la variación obtenida por el sensor CNY70.

Tabla 26. Resultados del muestreo de la señal del sensor CNY70 sin luz

Intensidad de luz (lux y Fc)	Distancia (cm)	Voltaje (v)	
000 lux, 00 fc	0	4.98	0.01v
000 lux, 00 fc	1.2	4.97	
000 lux, 00 fc	1.3	4.95	0.02v
000 lux, 00 fc	1.4	4.93	
000 lux, 00 fc	1.5	4.92	0.01v
000 lux, 00 fc	1.6	4.91	
000 lux, 00 fc	1.7	4.89	0.01v
000 lux, 00 fc	1.8	4.88	
000 lux, 00 fc	1.9	4.86	0.02v
000 lux, 00 fc	2.0	4.84	
000 lux, 00 fc	2.1	4.80	0.04v
000 lux, 00 fc	2.2	4.76	
000 lux, 00 fc	2.3	4.74	0.04v
000 lux, 00 fc	2.4	4.70	
000 lux, 00 fc	2.5	4.68	0.02v
000 lux, 00 fc	2.6	4.66	
000 lux, 00 fc	2.7	4.64	0.02v
000 lux, 00 fc	2.8	4.62	
000 lux, 00 fc	2.9	4.60	0.02v
000 lux, 00 fc	3.0	4.58	
			0.021V

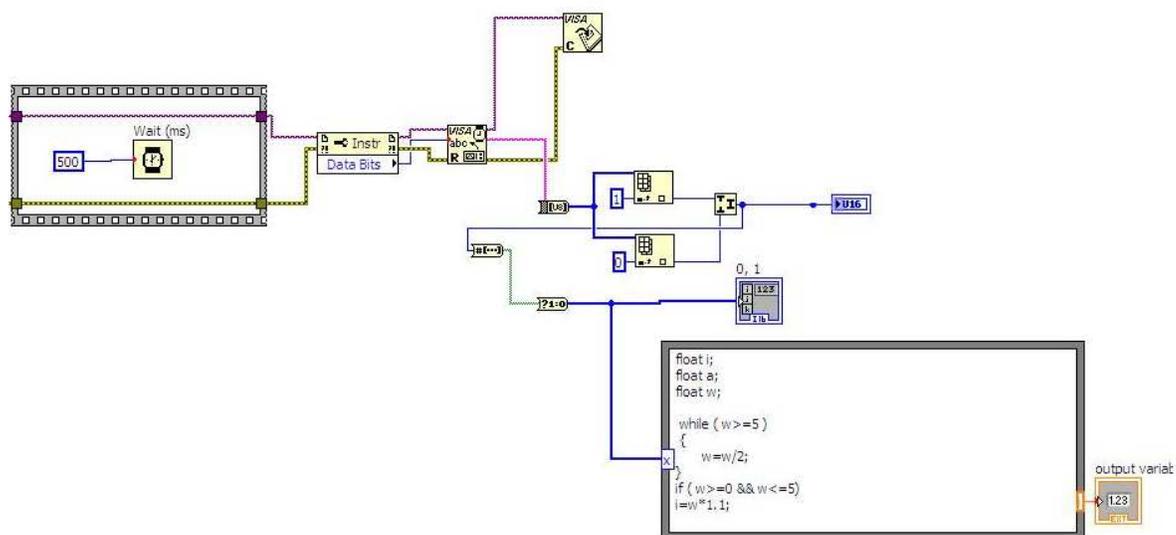
Johanna Paola González Torres, 2006

La variación entre la distancia y el voltaje obtenido por el sensor CNY70, es aproximada mente de: 0.021v, como se muestra en la tabla 26.

De esta forma se sabe que el sensor puede enviar las 256 posibles combinaciones, y establecer la distancia dependiendo del voltaje que se este recibiendo.

Para poder hacer esta conversión en labview se utilizó un nodo de formula, el cual divide la señal entre la resolución del sistema y lo multiplica por el voltaje de referencia que es de 5, en la figura 51 se muestra el desarrollo de la función.

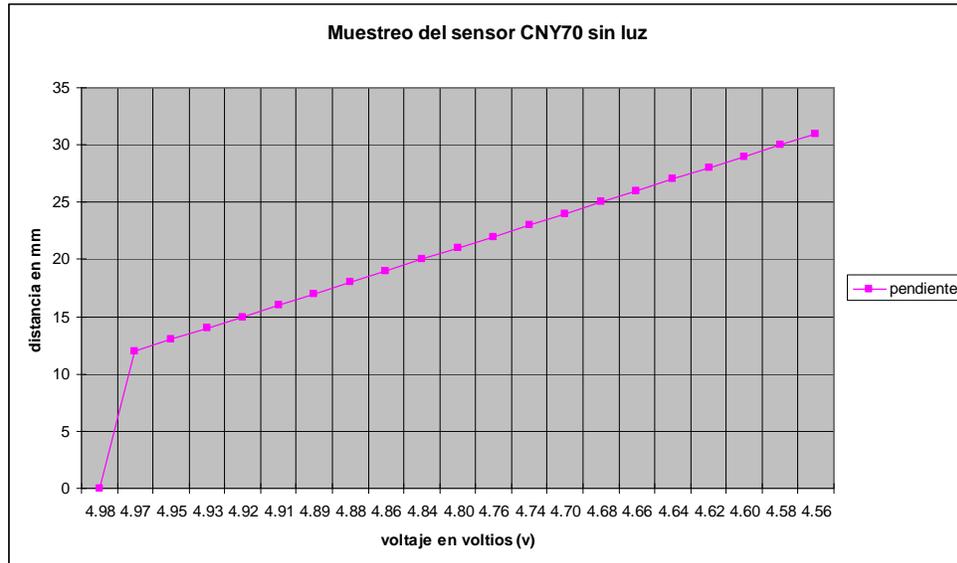
Figura 51. Diagrama de la función nodo de formula



Johanna Paola González Torres, Abril 21 de 2010

Con la operación anterior, obtendremos el dato de la señal digital a señal analógica, para poder interpretar el dato, y establecer una medición con respecto al valor de voltaje obtenido, analizamos la pendiente de la recta obtenida a través del sensor, de la siguiente manera:

Figura 52. Representación de la señal obtenida.



Johanna Paola González Torres, Mayo 8 de 2010

En la figura 52, se muestra un esquema de representación de la señal obtenida, en la cual se muestra que el voltaje se incrementa de manera lineal. Por lo tanto podemos establecer que la pendiente de la recta será:

$$Y = mX$$

En los que Y, X son los valores en voltaje y en distancia respectivamente, con lo cual podemos hallar la pendiente de la recta, la cual establecerá el parámetro de calibración de la herramienta.

La interpretación de la señal también puede hacerse de la siguiente manera:

$$m = \frac{y}{x}$$

Tabla 27. Pendiente de la recta de la señal obtenida por el sensor CNY70

Y(distancia)	X(voltaje)	M(pendiente de la recta)
1.2	4.97	0.2414
1.3	4.95	0.2626
1.4	4.93	0.2839
1.5	4.92	0.3048
1.6	4.91	0.3258
1.7	4.89	0.3476
1.8	4.88	0.3688
1.9	4.86	0.3909

Johanna Paola González Torres, abril 3 de 2010

Esta pendiente de la recta, será el valor que se multiplicará por la conversión de digital a analógico, para poder presentar el valor en términos de distancia, (Cms)

Las condiciones de calibración están sujetas a la intensidad de luz del ambiente en el que se encuentra la herramienta.

## 5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el desarrollo del sistema de medición digital, aplicado a los orificios de los motores Lycoming y Continental, se establecieron los datos correspondientes a las variables de medición, es decir que se definieron como principio, los límites de trabajo según los manuales de operación OVERHAUL<sup>18</sup>, los cuales tiene rangos de medición de un mínimo de 0.625 pulgadas, 1.588 cm y un máximo de 6.7515 pulgadas, 17.149 cm de diámetro, en los que se presentan variaciones de medición que corresponden a décimas de centímetro en relación con el diámetro de cada parte que compone el cárter del motor.

Las piezas que se alojan en los motores Lycoming y Continental poseen estructuras diferentes, en las cuales se encuentran distintos tipos de grosores y tamaños, estas están compuestas por diferentes estructuras que evitan el desgaste de la pieza.

Es importante tener en cuenta, cada estructura montada dentro de la herramienta, debido a que la estructura del montaje de esta, depende de la forma de cada pieza.

Al implementar el sensor opto electrónico CNY70, trabajando en las condiciones perfectas para ejecutar el muestreo, es decir a 000lux, 00fc, se obtienen resultados favorables para la realización de la herramienta, sin embargo se propone modificar la herramienta para que el recorrido del sensor se encuentre empotrado en un tubo que no permita la interferencia de la luz.

Al variar las resistencias de configuración del sensor CNY70 se obtienen mayores rangos de distancia.

El sensor CNY70 por el manejo de distancias más grandes, facilita la adquisición de la señal en los orificios de mayor diámetro. (6 pulgadas).

El tipo de microcontrolador PIC16F877, satisface las condiciones de operación del sistema.

---

<sup>18</sup> OÑATE, OP. CIT.,

El paso del tornillo roscado debe tener un paso fino para obtener una medición mucho mas precisa.

Para poder determinar el movimiento de la herramienta de acuerdo con la captura de datos que se desee, es decir si son mediciones internas o externas, se tuvo en cuenta el montaje de la herramienta para que satisfaga las necesidades de aplicación, por tal razón, se menciona la utilización de interfaces de potencia para la inversión de giro de un motor que establezca el movimiento de la herramienta para la adquisición de datos y montaje de los sensores.

La interfaz de potencia seleccionada para la ejecución del giro del motor es el L293D por su facilidad de montaje y operación, la incorporación de los diodos como protección de alzas de voltaje.

La interfaz grafica diseñada en LabVIEW, por su fácil manejo y sus características de programación, proporciono un diseño sencillo pero eficiente y bien documentado del sistema.

El sistema de instrumentación virtual LabVIEW, facilita la adquisición de las tablas de servicio generadas en Excel.

## 6. CONCLUSIONES

El material utilizado para el maquinado de la herramienta, es bastante rígido y sus condiciones de desgaste son mínimas.

El diseño de la herramienta puede presentar problemas al hacer una medición de un interior, debido a que el grosor de esta, dificulta el accionamiento del switch implementado.

La adquisición de datos es ejecutada por el microcontrolador PIC 16F877A, que por sus características satisface las necesidades, a las cuales esta sujeta la construcción de la herramienta, ya que es el encargado de la transmisión y recepción de los datos según la ejecución del usuario al interactuar con el programa.

Se implementaron todos los sistemas necesarios para realizar los movimientos de la herramienta. Con la implementación de la interfaz de potencia para el giro del motor (puente H) LM293D, que incluye diodos de protección de sobrevoltajes emitidos por el motor.

Con el presente proyecto se facilito la selección de las partes de los motores ya que esta establece rangos más exactos en la toma de muestras con la vinculación de la base de datos de los límites de servicio establecidos por el manual OVERHAUL.

Con los procedimientos mostrados en el manual de operaciones se provee al operario de una mejor manipulación de la herramienta.

## **7. RECOMENDACIONES**

Los sensores analizados en la investigación brindan grandes ventajas en la respuesta obtenida con relación a la distancia, sin embargo sus mediciones dependerán del efecto de la intensidad de luz que actué sobre ellos. Por esta razón, se deben tener en consideración nuevas tecnologías que faciliten dicho proceso y no tengan este tipo de interrupciones.

Los tamaños de los sensores son un factor determinante en la construcción de la herramienta ya que estos deben ser seleccionados de tal forma que puedan ser montados en la herramienta.

Se puede generar un sistema de variación de velocidad, con el fin de hacer que la herramienta se desplace a una velocidad determinada por el operario.

Los switches de fin de carrera pueden ser reemplazados al sensar el consumo de la corriente del motor que ejecuta el movimiento de la herramienta, esto evita la disposición de los mismos en el montaje.

## BIBLIOGRAFIA

WILLIAMSPORT, Overhaul manual avco lycoming direct drive engine Approved by F. A. A.: Part No. 60294-7, Fifth printing: Pensilvania, December 1974, 96 p.

DELGADO MARTINEZ Julián Andrés, HERNANDEZ GOMEZ Andrés Felipe, modificación al motor AVCO 0 -320 aspirado para su funcionamiento con gasolina de automóvil, trabajo presentado para optar a título de ingeniero aeronáutico, Bogotá 26 de noviembre de 2004

ANGULO USATEGUI, José M., ANGULO MARTINEZ, Ignacio, microcontroladores En: diseño practico de aplicaciones, segunda edición: Mc. Graw Hill, Interamericana de España, 1999, 293p.

PENAGOS, Néstor, diseños NEFEPEQUIN, agosto 11 de 2006, articulo PDF.

LÁZARO, Antonio Manuel, Programación gráfica para el control de instrumentación LabVIEW: EDITORIAL PARANINFO, Magallanes, 1996, 402 p.

VIDAL, Ricardo Miguel, Motores de Aviación. En: Colección Motor y Automóvil. Segunda Edición. Barcelona. Vol. 17. Ediciones CEAC S. A. 1966. p. 11.

OÑATE, Antonio Esteban. Motores atmosféricos y turbo. Magallanes: Madrid, 1992 p. 17.

CUESTA ÁLVAREZ, Martín. Vuelo con motor alternativo. Magallanes: Madrid, año p. 49.

Microcontroladores "PIC", Diseño Práctico de Aplicaciones, José Maria Angulo Uzategui, 2ª Edición, McGraw Hill, España, año 2000.

## WEBBIBLIOGRAFIA

Electrónica Digital, [online]. Buenos Aires (Argentina): Electrónica Digital TTL, junio de 1998 [citada 02 de octubre de 2007], [www.ElectrónicaDigital.com](http://www.ElectrónicaDigital.com).

Low Voltage Audio Power Amplifier Datasheet Archive [online]. Europa: L293, L293D Quadruple Half – H Drivers, Junio 1976 – revisada septiembre 2004, [citada 02 de octubre de 2007], [www.datasheetcatalog.com](http://www.datasheetcatalog.com).

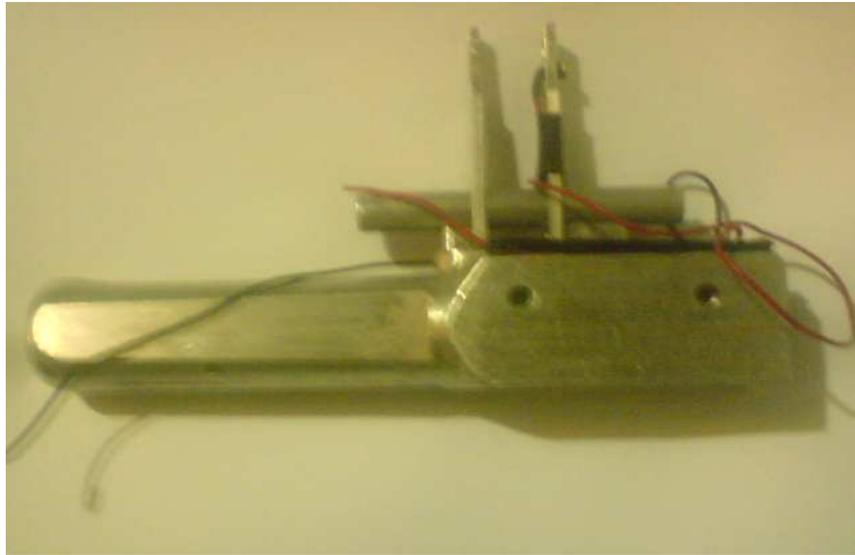
Dual Operations Amplifier [online]. Europa: Dual Operations Amplifier LM386, junio de 1980 – revisada octubre 2005, [citada 02 octubre de 2007], [www.ti.com/productocontent](http://www.ti.com/productocontent).

Robots Pasión por la Robótica en Argentina, [online]. Buenos Aires (Argentina): Control de Motores de CC Puente H, 06 de julio de 2007, [citada el 02 de octubre de 2007], [www.robots.com.ar](http://www.robots.com.ar).

Microcontrollers, [online]. Pasadera (California): Datasheet PIC 16F877A, 06 de Julio de 2007, [citada el 02 de octubre de 2007], [www.microcontroller.ti.com](http://www.microcontroller.ti.com).

## ANEXO A (DISEÑOS DE ESTUDIO PARA LA HERRAMIENTA)

Figura. 53 Primer diseño de análisis



Johanna Paola González Torres. 2006

Figura 54. Segundo diseño de análisis



Johanna Paola González Torres. Mayo 1 de 2010

Figura 55. Diseño de la herramienta final.



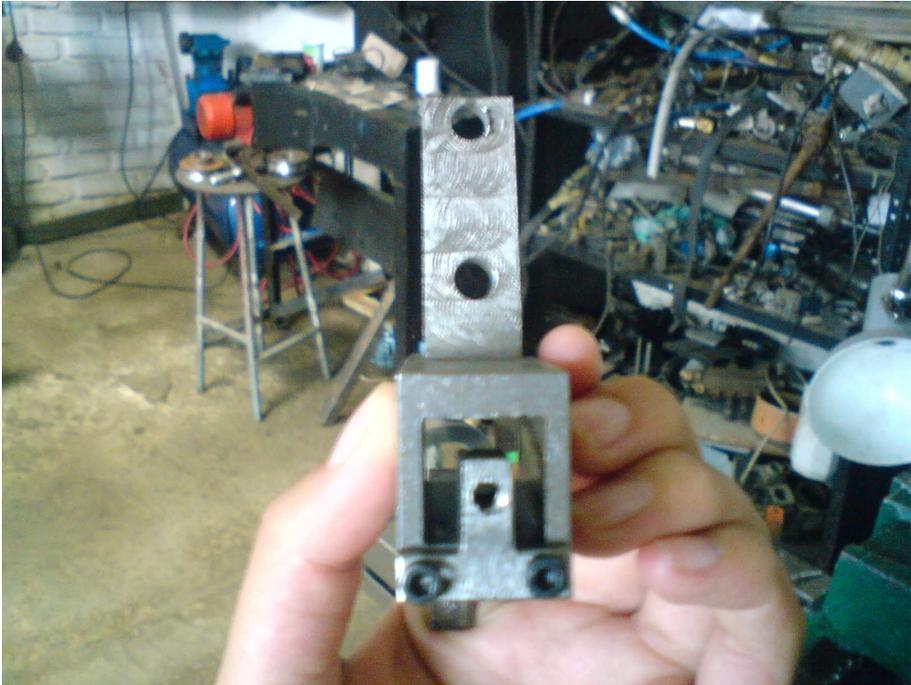
Johanna Paola González Torres. Mayo 1 de 2010

Figura 56. Vista frontal del prototipo final



Johanna Paola González Torres. Mayo 1 de 2010

Figura 57. Vista frontal del cursor



Johanna Paola González Torres. Mayo 1 de 2010

## ANEXO B (CODIGO DE PROGRAMACION DEL MICROCONTROLADOR)

LIST P=16F877A

#INCLUDE <P16F877A.INC>

RADIX HEX

CBLOCK 0X20

CONT1

CONT2

CONT3

CONT4

DATO

ANALOGO

ENDC

\_\_config \_XT\_OSC & \_WDT\_OFF & \_PWRTE\_OFF & \_BODEN\_ON & \_LVP\_OFF &  
\_CP\_OFF

\*\*\*\*\*

ORG 0

GOTO INICIO

ORG 5

\*\*\*\*\*

```
INICIO      BSF   STATUS,RP0      ;BANCO 01
              BCF   STATUS,RP1
              CLRF  TRISB      ;PUERTO B COMO SALIDA
              BCF   TRISD,3
              BCF   TRISD,4
              BCF   TRISC,3      ;RC3 COMO SALIDA
              BSF   TRISC,0      ;RC0 ENTRADA
              BCF   TRISC,1      ;RC1 SALIDA
              BSF   TRISC,2      ;RC2 ENTRADA
              BSF   TRISD,0      ;RD0 ENTRADA
              BCF   TRISD,1      ;RD1 SALIDA
              BSF   TRISD,2      ;RD2 ENTRADA
              BCF   STATUS,RP0    ;BANCO 00
              CLRF  PORTB      ;CLAREA EL PUERTO B
              BSF   RCSTA,7
              BSF   STATUS,RP0    ;BANCO 01
              BCF   STATUS,RP1
              BSF   TRISC,7      ;RC7/RX(ENTRADA) RC6/TX(SALIDA)
              BCF   TRISC,6
              MOVLW 0X04
              MOVWF TXSTA
              MOVLW .25
              MOVWF SPBRG
              BCF   STATUS,RP0    ;BANCO 00
              BSF   RCSTA,7
              MOVLW 0X90
              MOVWF RCSTA
```

\*\*\*\*\*

,

```

PROGRAMA CALL RECIBIR

MOVF DATO,W
SUBLW 0X01
BTFSC STATUS,2
GOTO DER

MOVF DATO,W
SUBLW 0X02
BTFSC STATUS,2
GOTO IZQ

BCF PORTD,3
BCF PORTD,4

GOTO PROGRAMA
,*****
,
DER BSF PORTD,3
BCF PORTD,4
DERECHA BTFSS PORTC,0
GOTO DERECHA
BSF PORTC,1
PARADA_D BTFSS PORTC,2
GOTO PARADA_D
BCF PORTC,1
CALL CONVERSION
CALL TIEMPO
CALL TRANSMITIR
;CALL RETROCEDER
GOTO PROGRAMA
,*****
,
IZQ BCF PORTD,3
BSF PORTD,4
IZQUIERDA BTFSS PORTD,0
GOTO IZQUIERDA
BSF PORTD,1
PARADA_I BTFSS PORTD,2
GOTO PARADA_I
BCF PORTD,1
CALL CONVERSION1
CALL TIEMPO1
CALL TRANSMITIR1
;CALL RETROCEDER1
GOTO PROGRAMA
,*****
,
TIEMPO MOVLW 0X7F
MOVWF CONT1
N1 MOVLW 0XAF
MOVWF CONT2
N2 DECFSZ CONT2,1
GOTO N2
DECFSZ CONT1,1

```

```

                GOTO      N1
                RETURN
;*****
TIEMPO1      MOVLW      0X7F
                MOVWF     CONT3
N11          MOVLW      0XAF
                MOVWF     CONT4
N22          DECFSZ    CONT4,1
                GOTO      N22
                DECFSZ    CONT3,1
                GOTO      N11
                RETURN
;*****
RECIBIR      MOVF       RCREG,W
                MOVWF     DATO
                RETURN
;*****
CONVERSION  BSF       STATUS,5      ; BANCO 1.
                BCF       ADCON1,0    ; SE TOMAN 7 CANALES DEL A/D.
                BCF       ADCON1,1    ; VDD COMO ENTRADA VOLTAJE
                ;                               DE REFERENCIA POSITIVO.
                BCF       ADCON1,2    ; VSS COMO ENTRADA VOLTAJE
                ;                               DE REFERENCIA NEGATIVO.
                ;
                BCF       ADCON1,3    ;
                BCF       ADCON1,6    ; TOMAMOS RC INTERNO COMO
                ;                               RELOJ PARA EL CONVERTOR.
                BSF       ADCON1,7    ; LOS 8 BIT DE MAYOR PESO ESTAN EN
                ;                               ADRESH,
                ;                               ; LOS 2 BIT DE MENOR PESO ESTAN EN
                ;                               ADRESL, LOS CUALES LOS
                ;                               DESPRECIAMOS.
                BCF       TRISC,0
                BCF       STATUS,5    ; BANCO 0.
                BSF       ADCON0,6    ; TOMAMOS RC INTERNO COMO
                ;                               RELOJ PARA EL CONVERTOR.
                BSF       ADCON0,7
CONVER_0    BSF       ADCON0,0    ; PRENDEMOS EL CONVERTOR.
                BCF       ADCON0,3    ; SE LEE EL CANAL 0.
                BCF       ADCON0,4
                BCF       ADCON0,5
                BSF       ADCON0,2    ; INICIAMOS LA CONVERSION DEL
                ;                               CANAL 0.
LISTO_0    BTFSC    ADCON0,2    ; PROBAMOS QUE LA
                ;                               CONVERSIÓN DEL CANAL 0 YA
                ;                               ESTA.
                GOTO      LISTO_0    ; NO ESTA LISTA.
                BSF       STATUS,5    ; BANCO 1.

```

```

MOVF ADRESH,W           ; RECUPERO LOS 8 BITS DE
                          ; MAYOR PESO DE LA
                          ; CONVERSIÓN.
BCF     STATUS,5         ; BANCO 0.
MOVWF  PORTB
MOVWF  ANALOGO

BCF     ADCON0,0         ; APAGAMOS EL CONVERTOR.
RETURN

;*****
;
CONVERSION1BSF  STATUS,5           ; BANCO 1.
BCF  ADCON1,0           ; SE TOMAN 7 CANALES DEL A/D.
BCF  ADCON1,1           ; VDD COMO ENTRADA VOLTAJE
                          ; DE REFERENCIA POSITIVO.
BCF  ADCON1,2           ; VSS COMO ENTRADA VOLTAJE
                          ; DE REFERENCIA NEGATIVO.
                          ;
BCF  ADCON1,3           ; TOMAMOS RC INTERNO COMO
BCF  ADCON1,6           ; RELOJ PARA EL CONVERTOR.
BSF  ADCON1,7           ; LOS 8 BIT DE MAYOR PESO
                          ; ESTAN EN ADRESH,
                          ; LOS 2 BIT DE MENOR PESO
                          ; ESTAN EN ADRESL, LOS CUALES
                          ; DESPRECIAMOS.

BCF  TRISC,0

BCF  STATUS,5           ; BANCO 0.
BSF  ADCON0,6           ; TOMAMOS RC INTERNO COMO
                          ; RELOJ PARA EL CONVERTOR.

BSF  ADCON0,7

CONVER_1BSF  ADCON0,0           ; PRENDEMOS EL CONVERTOR.
BCF  ADCON0,3           ; SE LEE EL CANAL 0.
BCF  ADCON0,4
BCF  ADCON0,5
BSF  ADCON0,2           ; INICIAMOS LA CONVERSION DEL
                          ; CANAL 0.

LISTO_1  BTFSC ADCON0,2         ; PROBAMOS QUE LA
                          ; CONVERSIÓN DEL CANAL 0 YA
                          ; ESTA.
                          ; NO ESTA LISTA.
GOTO LISTO_1
BSF  STATUS,5           ; BANCO 1.
MOVF ADRESH,W           ; RECUPERO LOS 8 BITS DE
                          ; MAYOR PESO DE LA
                          ; CONVERSIÓN.
BCF     STATUS,5         ; BANCO 0.
MOVWF  PORTB
MOVWF  ANALOGO
BCF     ADCON0,0         ; APAGAMOS EL CONVERTOR.
RETURN

;*****
;
TRANSMITIR MOVF  ANALOGO,W

```

```

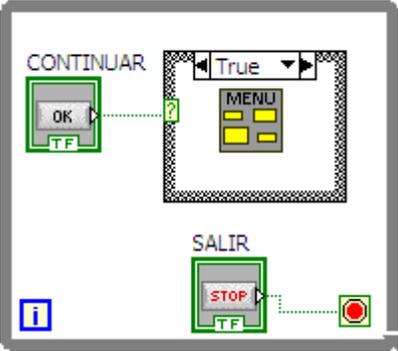
BSF STATUS,5
BCF STATUS,6

BSF TXSTA,2
BSF TXSTA,5
BCF STATUS,5
BCF STATUS,6
BSF RCSTA,7
MOVF ANALOGO,W
BCF STATUS,5
BCF STATUS,6
BTFSS PIR1,4
GOTO $-1
MOVWF TXREG
RETURN
*****
;
TRANSMITIR1 MOVF ANALOGO,W
BSF STATUS,5
BCF STATUS,6
BSF TXSTA,2
BSF TXSTA,5
BCF STATUS,5
BCF STATUS,6
BSF RCSTA,7
MOVF ANALOGO,W
BCF STATUS,5
BCF STATUS,6
BTFSS PIR1,4
GOTO $-1
MOVWF TXREG
RETURN
*****
;
RETROCEDER BCF PORTD,3
; BSF PORTD,4
; RETRO_D BTFSS PORTD,0
; GOTO RETRO_D
; BSF PORTD,1
; RET_PARADA_D BTFSS PORTD,2
; GOTO RET_PARADA_D
; BCF PORTD,1
; RETURN
*****
;
RETROCEDER1 BSF PORTD,3
; BCF PORTD,4
; RETRO_I BTFSS PORTC,0
; GOTO RETRO_I
; BSF PORTC,1
; RET_PARADA_I BTFSS PORTC,2
; GOTO RET_PARADA_I
; BCF PORTC,1
; RETURN
END

```

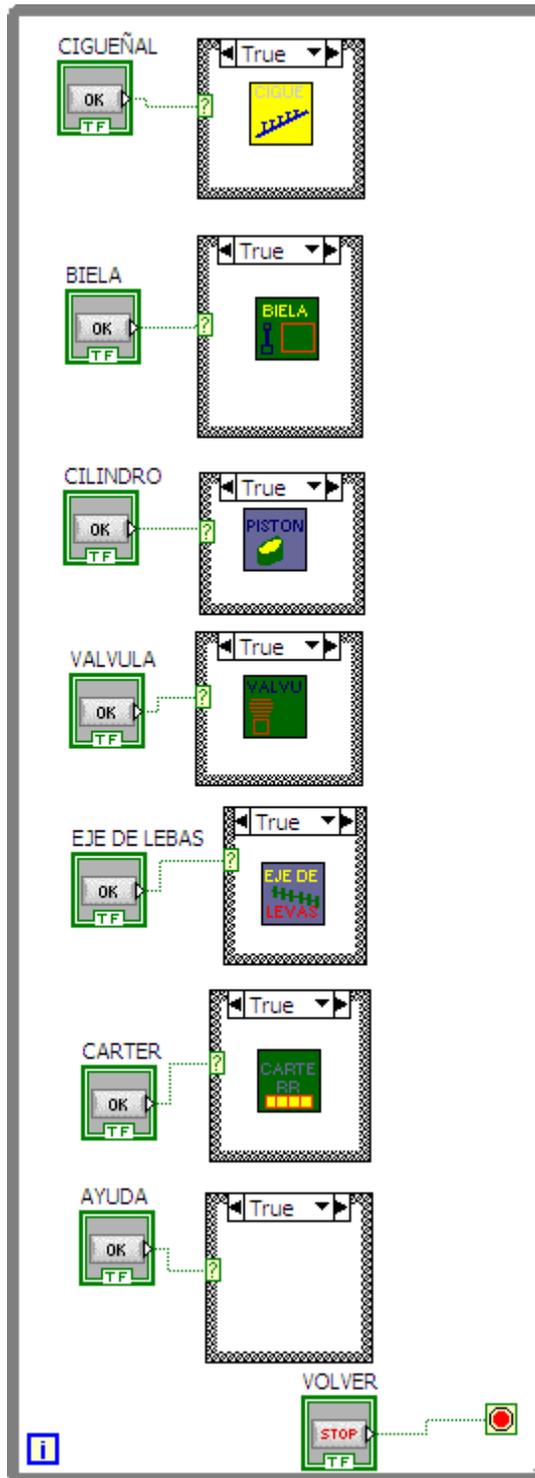
**ANEXO C (CODIGO DE PROGRAMACION EN LABVIEW)**

Figura 58. Programación del panel de presentación



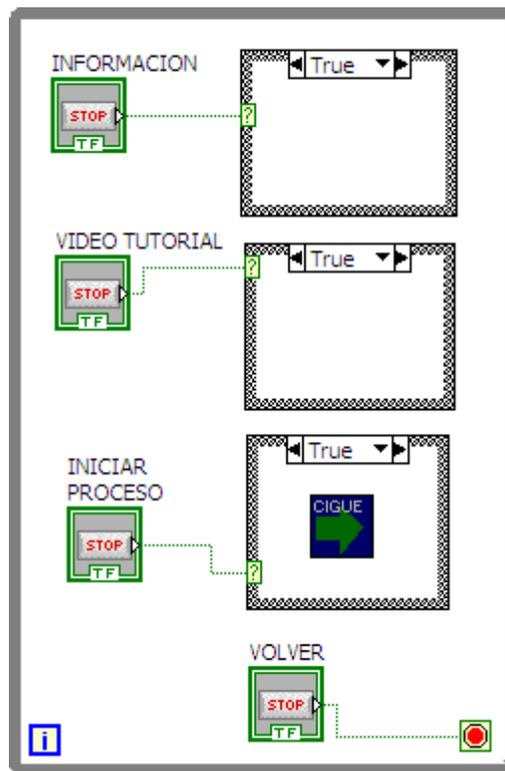
Johanna Paola González Torres, Abril 25 de 2010.

Figura 59. Programación del menú de selección



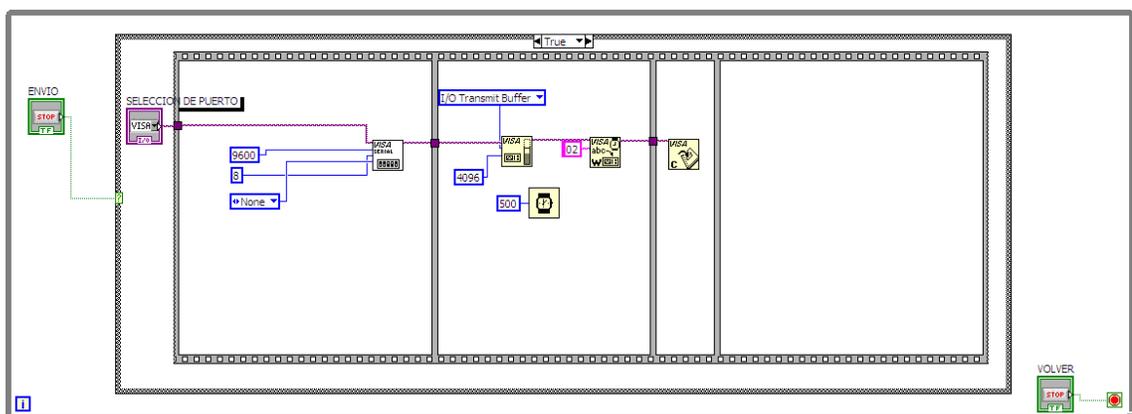
Johanna Paola González Torres, Abril 25 de 2010

Figura 60. Programación del referido del sistema



Johanna Paola González Torres, Abril 25 de 2010

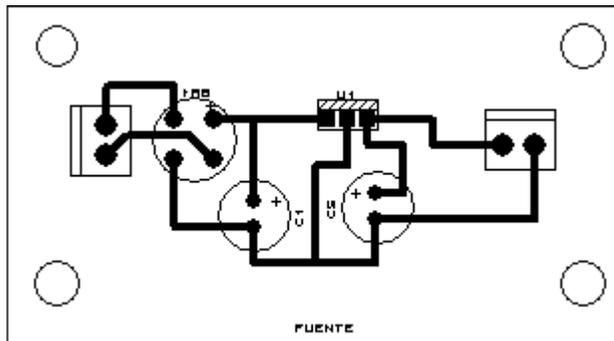
Figura 61. programación del panel de respuesta de los datos obtenidos.



Johanna Paola González Torres, Abril 25 de 2010

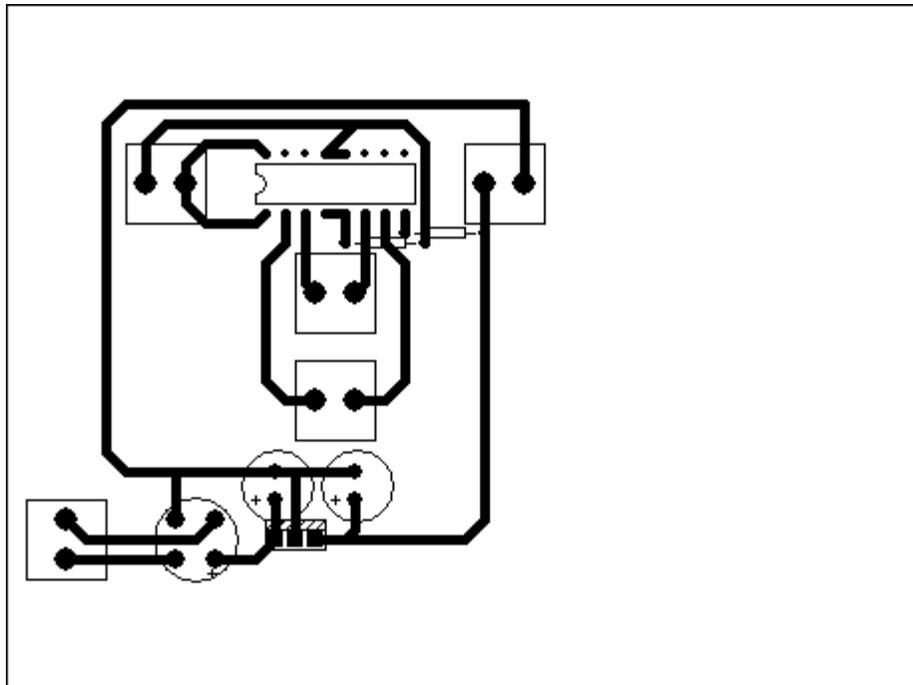
## ANEXO D DISEÑO PCB

Figura 62. Diseño PCB de la fuente de alimentación



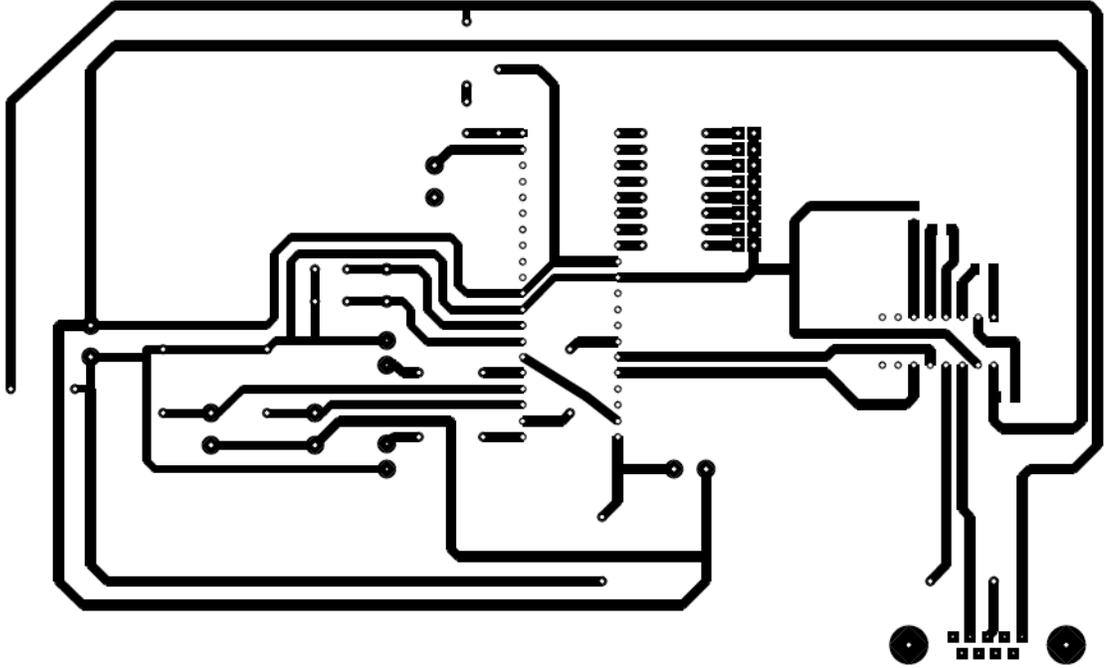
Johanna Paola González Torres, Abril 25 de 2010

Figura 63. diseño PCB de la H para el giro del motor



Johanna Paola González Torres, Abril 25 de 2010

Figura 64. diseño PCB para el microcontrolador



Johanna Paola González Torres, Abril 25 de 2010



T1-T3-AF	Crankcase Bearing Bore Diameter (Front Only) (Thin Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,816	2,817	2,8185								
T1-T3-AF	Crankcase Bearing Bore Diameter (ALL Excep Front) (Thick Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,9365	2,9375	2,939								
S1-T-AF	Crankcase Bearing Bore Diameter (ALL) (Thin Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,816	2,817	2,8185								
G**-J-S-T-Y	Crankcase Bearing Bore Diameter (Front Only) (Thin Wall Bearing) 2-3/8 in. Main)	2,566	2,567	2,5685								
ALL	Connecting Rod Bearing and Crankshaft				0.0008L	0.0038L	0.0050L					
A-B-D-G-J-S-T-Y-BD	Diameter of Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/8 in.)	2,1235	2,125	E								
S-T-AF	Diameter of Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/4 in.)	2,2485	2,25	E								
A-B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/8 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,287	2,2875									
S-T-AF	Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/4 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,4205	2,421									
ALL	Connecting Rod -Side Clearance				0.004L	0.010L	0.016L					
ALL	Connecting Rod - Alignment				0.010 in 10 inches							
ALL	Connecting Rod -Twist				0.012 in 10 inches							

4 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 1 and 4 Journals Max Run-Out No 2 Journal					0,002	0,002						
4 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 1 and 4 Journals Max Run-Out No 3 Journal					0,005	0,005						
4 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 2 and 4 Journals Max Run-Out No 3 Journal					0,003	0,003						
6 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 2 and 5 Journals Max Run-Out No 1 Journal					0,002	0,002						
6 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 2 and 5 Journals Max Run-Out No 3 Journal					0,005	0,0075						
6 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 2 and 4 Journals Max Run-Out No 3 Journal					0,003	0,0045						
6 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 3 and 5 Journals Max Run-Out No 4 Journal					0,003	0,0045						
8 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 2 and 6 Journals Max Run-Out No 1 Journal					0,002	0,002						
8 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 2 and 4 Journals Max Run-Out No 3 Journal					0,003	0,0045						

8 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Main Bearing Mounted on No 3 and 5 Journals Max Run-Out No 4 Journal						0,003	0,0045					
8 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Main Bearing Mounted on No 4 and 6 Journals Max Run-Out No 5 Journal						0,003	0,0045					
8 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Main Bearing Mounted on No 2 and 6 Journals Max Run-Out No 5 Journal						0,005	0,0075					
ALL	Crankshaft and Crankcase Front End Clearance				0.009L		0.016L	0.026L					
	Clearance - Front Face of Crankshaft Oil Slinger to Front Face of Recess in Crankcase (Crankshaft Against Thrust Face)					0,002	0.007L	A					
ALL	Crankshaft Prop Flange Run-Out						0,002	0,005					
ALL	Starter Ring Gear and Support				0.014T		0.022T	A					
A-B-D-G-J-S-T-Y-AF-BD-BE	Crankshaft Timing Gear and Crankshaft				0.0005T		0.0010L	A					
A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	Tappet Body and Crankcase				0.0010L		0.0033L	0.004L					
BD-BE	Tappet Body and Crankcase				0.0010L		0.0030L	0.004L					
A-B	O.D. of Tappet	0,6232	0,624	0,6229									
B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of Tappet	0,7169	0,7177	0,7166									
BD-BE	O.D. of Tappet	0,874	0,8745	0,8737									
A-B	I.D. Tappet Bore in Crankcase	0,625	0,6263	0,6266									
B1-D-G-J-S-T-Y-AF	I.D. Tappet Bore in Crankcase	0,7187	0,72	0,7203									

BD-BE	I.D. Tappet Bore in Crankcase	0,8755	0,8773	0,8776								
B1-D-G-J-S-T-Y	Tappet Plunger Assembly and Body - Chilled				0.0010L	0.0047L	0.0067L					
S7-S1-AF	Tappet Plunger Assembly and Body - Hyperbolic				0.0010L	0.0067L	0.0087L					
B1-D-G-J-S-T-Y	Tappet Socket and Body				0.002L	0.005L	0.007L					
S7-S1-AF	Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L					
ALL	Camshaft and Crankcase				0.002L	0.004L	0.006L					
ALL	Camshaft - End Clearance				0.002L	0.009L	0.015L					
ALL	Camshaft Run-Out at Center Bearing Journal				0.000L	0.001L	0.006L					
All Models Using Counterweights	Counterweights Bushing and Crankshaft				0.0013L	0.0026L	A					
All Models Using Counterweights	Counterweights Roller - End Clearance				0.007L	0.025L	0.038L					
All Models Using Counterweights	Counterweights and Crankshaft - Side Clearance (Measure below roller next to flat)				0.003L	0.013L	0.017L					
All Models Using Counterweights	Counterweights Bore and Washer O.D.				0.0002L	0.0030L	A					
All Models Using Counterweights	I.D. of Counterweights Bushing	0,7485	0,7505	0,7512								

ALL (As applicable)	O.D. of Counterweights Roller (See latest edition of SI-1012)												
D	Thrust Bearing and Propeller Shaft				0.0000L	0.0012L	0.002L						
D	Thrust Bearing and Thrust Bearing Cap Clamp (Shim to this Fit)				0.003T	0.005T	A						
D	Thrust Bearing Tilt			0.027 Tilt									
D	Crankshaf Run-Out - Rear Cone Location						0,003						
D	Crankshaf Run-Out - Rear Cone Location						0,007						
D	Thrust Bearing and Thrust Bearing Cage				0.0016L	0.0034L	0.0045L						

SERVICES TABLE OF LIMITS

SECTION I CRANKCASE, CRANCKSHAFT, CAMSHAFT

Ref. New	Ref. Old	Chart	Nomenclature	Dimensions			Clearances			O.D	I.D	Actual Clearance	Actual Measure	Condition
				Mfr Min	Mfr Max	Serv. Max	Mfr Min	Mfr Max	Serv. Max					
500	501	A	No. 1 Main Bearing and Crankshaft				0.0025L	0.0055L	0.0060L	2,234 5	2,23 7	0,0025		Acceptable
500	501	A	No. 2 Main Bearing and Crankshaft				0.0025L	0.0055L	0.0060L	2,234 5	2,23 7	0,0025		Acceptable
500	501	A	No. 3 Main Bearing and Crankshaft				0.0025L	0.0055L	0.0060L	2,234 5	2,23 7	0,0025		Acceptable
500	501	A	No. 4 Main Bearing and				0.0025L	0.0055L	0.0060L	2,234 5	2,23 7	0,0025		Acceptable

			Crankshaft												
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE-AF	No. 1 Main Bearing and Crankshaft (Thin Wall Bearing 0.09 Wall Approx)				0.0015L	0.0045 L	0.0060 L	2,234 5	2,24		0,0055		Rechazad a
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE-AF	No. 2 Main Bearing and Crankshaft (Thin Wall Bearing 0.09 Wall Approx)				0.0015L	0.0045 L	0.0060 L	2,234 5	2,24		0,0055		Rechazad a
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE-AF	No. 3 Main Bearing and Crankshaft (Thin Wall Bearing 0.09 Wall Approx)				0.0015L	0.0045 L	0.0060 L	2,234 5	2,24		0,0055		Rechazad a
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE-AF	No. 4 Main Bearing and Crankshaft (Thin Wall Bearing 0.09 Wall Approx)				0.0015L	0.0045 L	0.0060 L	2,234 5	2,24		0,0055		Rechazad a
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE-AF	No. 5 Main Bearing and Crankshaft (Thin Wall Bearing 0.09 Wall Approx)				0.0015L	0.0045 L	0.0060 L	2,234 5	2,24		0,0055		Rechazad a
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE-AF	No. 6 Main Bearing and Crankshaft (Thin Wall Bearing 0.09 Wall Approx)				0.0015L	0.0045 L	0.0060 L	2,234 5	2,24		0,0055		Rechazad a
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE-AF	No. 7 Main Bearing and Crankshaft (Thin Wall Bearing 0.09 Wall Approx)				0.0015L	0.0045 L	0.0060 L	2,234 5	2,24		0,0055		Rechazad a
500	501	B-G-J-S-T-Y-AF	No.1 Main Bearing and Crankshaft				0.0011L	0.0041 L	0.0060 L						

			(Thin Wall Bearing 0.16 Wall Approx)														
500	501	B-G-J-S-T-Y-AF	No. 2 Main Bearing and Crankshaft (Thin Wall Bearing 0.16 Wall Approx)				0.0011L	0.0041L	0.0060L								
500	501	B-G-J-S-T-Y-AF	No. 3 Main Bearing and Crankshaft (Thin Wall Bearing 0.16 Wall Approx)				0.0011L	0.0041L	0.0060L								
500	501	B-G-J-S-T-Y-AF	No. 4 Main Bearing and Crankshaft (Thin Wall Bearing 0.16 Wall Approx)				0.0011L	0.0041L	0.0060L								
500	501	B-G-J-S-T-Y-AF	No. 5 Main Bearing and Crankshaft (Thin Wall Bearing 0.16 Wall Approx)				0.0011L	0.0041L	0.0060L								
500	501	B-G-J-S-T-Y-AF	No. 6 Main Bearing and Crankshaft (Thin Wall Bearing 0.16 Wall Approx)				0.0011L	0.0041L	0.0060L								
500	501	B-G-J-S-T-Y-AF	No. 7 Main Bearing and Crankshaft (Thin Wall Bearing 0.16 Wall Approx)				0.0011L	0.0041L	0.0060L								
500	501	A	Diameter of No. 1 Main Bearing Journal on Crankshaft	2,373.5	2,375	E									2,374	Acceptable	
500	501	A	Diameter of No. 2 Main Bearing Journal on	2,373.5	2,375	E											

			Crankshaft														
500	501	A	Diameter of No. 3 Main Bearing Journal on Crankshaft	2,373 5	2,375	E											
500	501	A	Diameter of No. 4 Main Bearing Journal on Crankshaft	2,373 5	2,375	E											
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	Diameter of No 1 Main Bearing Journal on Crankshaft (2-3/8 in Main)	2,374 5	2,376	E									2,378	Rechazad a	
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	Diameter of No 2 Main Bearing Journal on Crankshaft (2-3/8 in Main)	2,374 5	2,376	E											
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	Diameter of No 3 Main Bearing Journal on Crankshaft (2-3/8 in Main)	2,374 5	2,376	E											
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	Diameter of No 4 Main Bearing Journal on Crankshaft (2-3/8 in Main)	2,374 5	2,376	E											
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	Diameter of No 5 Main Bearing Journal on Crankshaft (2-3/8 in Main)	2,374 5	2,376	E											
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	Diameter of No 6 Main Bearing Journal on Crankshaft (2-3/8 in Main)	2,374 5	2,376	E											
500	501	B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	Diameter of No 7 Main Bearing Journal on Crankshaft (2-3/8 in Main)	2,374 5	2,376	E											

500	501	T1-T3-AF	Diameter of No. 1 Main Bearing Journal on Crankshaft (2-5/8 in Main)	2,624 5	2,626	E											
500	501	T1-T3-AF	Diameter of No. 2 Main Bearing Journal on Crankshaft (2-5/8 in Main)	2,624 5	2,626	E											
500	501	T1-T3-AF	Diameter of No. 3 Main Bearing Journal on Crankshaft (2-5/8 in Main)	2,624 5	2,626	E											
500	501	T1-T3-AF	Diameter of No. 4 Main Bearing Journal on Crankshaft (2-5/8 in Main)	2,624 5	2,626	E											
500	501	T1-T3-AF	Diameter of No. 5 Main Bearing Journal on Crankshaft (2-5/8 in Main)	2,624 5	2,626	E											
500	501	T1-T3-AF	Diameter of No. 6 Main Bearing Journal on Crankshaft (2-5/8 in Main)	2,624 5	2,626	E											
500	501	S8-S10	Diameter of Front Bearing Journal on Crankshaft (2-3/8 in Main)	2,375	2,376	E											
500	501	T1-T3-AF	Diameter of Front Bearing Journal on Crankshaft (2-5/8 in Main)	2,624 5	2,625 5	E											
500	955	A-B-B1-D-G*-BD-BE	Crankcase No. 1 Bearing Bore Diameter (ALL) (Thin Wall Bearing) 2-3/8 in. Main)	2,566	2,567	2,5685											

500	955	A-B-B1-D-G*- BD-BE	Crankcase No. 2 Bearing Bore Diameter (ALL) (Thin Wall Bearing) 2-3/8 in. Main)	2,566	2,567	2,5685											
500	955	A-B-B1-D-G*- BD-BE	Crankcase No. 3 Bearing Bore Diameter (ALL) (Thin Wall Bearing) 2-3/8 in. Main)	2,566	2,567	2,5685											
500	955	A-B-B1-D-G*- BD-BE	Crankcase No. 4 Bearing Bore Diameter (ALL) (Thin Wall Bearing) 2-3/8 in. Main)	2,566	2,567	2,5685											
500	955	G**-J-S-T-Y	Crankcase No. 2 Bearing Bore Diameter (ALL Excep Front) (Thick Wall Bearing) 2-3/8 in. Main)	2,686 5	2,687 5	2,689											
500	955	G**-J-S-T-Y	Crankcase No. 3 Bearing Bore Diameter (ALL Excep Front) (Thick Wall Bearing) 2-3/8 in. Main)	2,686 5	2,687 5	2,689											
500	955	G**-J-S-T-Y	Crankcase No. 4 Bearing Bore Diameter (ALL Excep Front) (Thick Wall Bearing) 2-3/8 in. Main)	2,686 5	2,687 5	2,689											
500	955	G**-J-S-T-Y	Crankcase No. 5 Bearing Bore Diameter (ALL Excep Front) (Thick Wall Bearing) 2-3/8 in. Main)	2,686 5	2,687 5	2,689											

500	955	T1-T3-AF	Crankcase Bearing Bore Diameter (Front Only) (Thin Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,816	2,817	2,8185											
500	955	T1-T3-AF	Crankcase No 2 Bearing Bore Diameter (ALL Excep Front) (Thick Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,936 5	2,937 5	2,939											
500	955	T1-T3-AF	Crankcase No 3 Bearing Bore Diameter (ALL Excep Front) (Thick Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,936 5	2,937 5	2,939											
500	955	T1-T3-AF	Crankcase No 4 Bearing Bore Diameter (ALL Excep Front) (Thick Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,936 5	2,937 5	2,939											
500	955	T1-T3-AF	Crankcase No 5 Bearing Bore Diameter (ALL Excep Front) (Thick Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,936 5	2,937 5	2,939											
500	955	T1-T3-AF	Crankcase No 6 Bearing Bore Diameter (ALL Excep Front) (Thick Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,936 5	2,937 5	2,939											
500	955	T1-T3-AF	Crankcase No 7 Bearing Bore Diameter (ALL Excep Front) (Thick Wall	2,936 5	2,937 5	2,939											

			Bearing) 2-5/8 in. Main)														
500	955	S1-T-AF	Crankcase No. 1 Bearing Bore Diameter (ALL) (Thin Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,816	2,817	2,8185											
500	955	S1-T-AF	Crankcase No. 2 Bearing Bore Diameter (ALL) (Thin Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,816	2,817	2,8185											
500	955	S1-T-AF	Crankcase No. 3 Bearing Bore Diameter (ALL) (Thin Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,816	2,817	2,8185											
500	955	S1-T-AF	Crankcase No. 4 Bearing Bore Diameter (ALL) (Thin Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,816	2,817	2,8185											
500	955	S1-T-AF	Crankcase No. 5 Bearing Bore Diameter (ALL) (Thin Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,816	2,817	2,8185											
500	955	S1-T-AF	Crankcase No. 6 Bearing Bore Diameter (ALL) (Thin Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,816	2,817	2,8185											
500	955	S1-T-AF	Crankcase No. 7 Bearing Bore Diameter (ALL) (Thin Wall Bearing) 2-5/8 in. Main)	2,816	2,817	2,8185											

500	955	G**-J-S-T-Y	Crankcase Bearing Bore Diameter (Front Only) (Thin Wall Bearing) 2-3/8 in. Main)	2,566	2,567	2,5685									
501	502	ALL	No 1 Connecting Rod Bearing and Crankshaft				0.0008L	0.0038 L	0.0050 L						
501	502	ALL	No 2 Connecting Rod Bearing and Crankshaft				0.0008L	0.0038 L	0.0050 L						
501	502	ALL	No 3 Connecting Rod Bearing and Crankshaft				0.0008L	0.0038 L	0.0050 L						
501	502	ALL	No 4 Connecting Rod Bearing and Crankshaft				0.0008L	0.0038 L	0.0050 L						
501	502	ALL	No 5 Connecting Rod Bearing and Crankshaft				0.0008L	0.0038 L	0.0050 L						
501	502	ALL	No 6 Connecting Rod Bearing and Crankshaft				0.0008L	0.0038 L	0.0050 L						
501	502	ALL	No 7 Connecting Rod Bearing and Crankshaft				0.0008L	0.0038 L	0.0050 L						
501	502	ALL	No 8 Connecting Rod Bearing and Crankshaft				0.0008L	0.0038 L	0.0050 L						
501	502	A-B-D-G-J-S-T-Y-BD	Diameter of No. 1 Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/8 in.)	2,123 5	2,125	E									
501	502	A-B-D-G-J-S-T-Y-BD	Diameter of No. 2 Connecting Rod Journal on	2,123 5	2,125	E									

			Crankshaft (2-1/8 in.)														
501	502	A-B-D-G-J-S-T-Y-BD	Diameter of No. 3 Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/8 in.)	2,123 5	2,125	E											
501	502	A-B-D-G-J-S-T-Y-BD	Diameter of No. 4 Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/8 in.)	2,123 5	2,125	E											
501	502	A-B-D-G-J-S-T-Y-BD	Diameter of No. 5 Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/8 in.)	2,123 5	2,125	E											
501	502	A-B-D-G-J-S-T-Y-BD	Diameter of No. 6 Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/8 in.)	2,123 5	2,125	E											
501	502	S-T-AF	Diameter of No. 1 Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/8 in.)	2,248 5	2,25	E											
501	502	S-T-AF	Diameter of No. 2 Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/8 in.)	2,248 5	2,25	E											
501	502	S-T-AF	Diameter of No. 3 Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/8 in.)	2,248 5	2,25	E											
501	502	S-T-AF	Diameter of No. 4 Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/8 in.)	2,248 5	2,25	E											
501	502	S-T-AF	Diameter of No. 5 Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-	2,248 5	2,25	E											

			1/8 in.)														
501	502	S-T-AF	Diameter of No. 6 Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/8 in.)	2,248 5	2,25	E											
501	502	S-T-AF	Diameter of No. 7 Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/8 in.)	2,248 5	2,25	E											
501	502	S-T-AF	Diameter of No. 8 Connecting Rod Journal on Crankshaft (2-1/8 in.)	2,248 5	2,25	E											
501	954	A-B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	No. 1 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/8 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,287 5	2,287												
501	954	A-B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	No. 2 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/8 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,287 5	2,287												
501	954	A-B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	No. 3 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/8 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,287 5	2,287												
501	954	A-B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	No. 4 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/8 in.)	2,287 5	2,287												

			(Measured At Axis 30° on Each Side)														
501	954	A-B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	No. 5 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/8 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,287	2,287 5												
501	954	A-B-D-G-J-S-T-Y-BD-BE	No. 6 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/8 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,287	2,287 5												
501	954	S-T-AF	No. 1 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/4 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,420 5	2,421												
501	954	S-T-AF	No. 2 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/4 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,420 5	2,421												
501	954	S-T-AF	No. 3 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/4 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,420 5	2,421												

501	954	S-T-AF	No. 4 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/4 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,420 5	2,421										
501	954	S-T-AF	No. 5 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/4 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,420 5	2,421										
501	954	S-T-AF	No. 6 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/4 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,420 5	2,421										
501	954	S-T-AF	No. 7 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/4 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,420 5	2,421										
501	954	S-T-AF	No. 8 Connecting Rod Bearing Bore Diameter (2-1/4 in.) (Measured At Axis 30° on Each Side)	2,420 5	2,421										
502	564	ALL	No. 1 Connecting Rod -Side Clearance				0.004L	0.010L	0.016L						
502	564	ALL	No. 2 Connecting				0.004L	0.010L	0.016L						

			Rod -Side Clearance											
502	564	ALL	No. 3 Connecting Rod -Side Clearance				0.004L	0.010L	0.016L					
502	564	ALL	No. 4 Connecting Rod -Side Clearance				0.004L	0.010L	0.016L					
502	564	ALL	No. 5 Connecting Rod -Side Clearance				0.004L	0.010L	0.016L					
502	564	ALL	No. 6 Connecting Rod -Side Clearance				0.004L	0.010L	0.016L					
502	564	ALL	No. 7 Connecting Rod -Side Clearance				0.004L	0.010L	0.016L					
502	564	ALL	No. 8 Connecting Rod -Side Clearance				0.004L	0.010L	0.016L					
503	566	ALL	No. 1 Connecting Rod -Alignment				0.010 in 10 inches							
503	566	ALL	No. 2 Connecting Rod -Alignment				0.010 in 10 inches							
503	566	ALL	No. 3 Connecting Rod -Alignment				0.010 in 10 inches							
503	566	ALL	No. 4 Connecting Rod -Alignment				0.010 in 10 inches							
503	566	ALL	No. 5 Connecting Rod -Alignment				0.010 in 10 inches							
503	566	ALL	No. 6 Connecting Rod -Alignment				0.010 in 10 inches							
503	566	ALL	No. 7 Connecting				0.010 in 10 inches							

			Rod -Alignment											
503	566	ALL	No. 8 Connecting Rod -Alignment				0.010 in 10 inches							
503	567	ALL	No 1 Connecting Rod -Twist				0.012 in 10 inches							
503	567	ALL	No 2 Connecting Rod -Twist				0.012 in 10 inches							
503	567	ALL	No 3 Connecting Rod -Twist				0.012 in 10 inches							
503	567	ALL	No 4 Connecting Rod -Twist				0.012 in 10 inches							
503	567	ALL	No 5 Connecting Rod -Twist				0.012 in 10 inches							
503	567	ALL	No 6 Connecting Rod -Twist				0.012 in 10 inches							
503	567	ALL	No 7 Connecting Rod -Twist				0.012 in 10 inches							
503	567	ALL	No 8 Connecting Rod -Twist				0.012 in 10 inches							
505	556	4 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 1 and 4 Journals Max Run-Out No 2 Journal						0,002	0,002				
505	556	4 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 1 and 4 Journals Max Run-Out No 3 Journal						0,005	0,005				

505	556	4 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 2 and 4 Journals Max Run-Out No 3 Journal					0,003	0,003					
505	556	6 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 2 and 5 Journals Max Run-Out No 1 Journal					0,002	0,002					
505	556	6 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 2 and 5 Journals Max Run-Out No 3 Journal					0,005	0,0075					
505	556	6 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 2 and 4 Journals Max Run-Out No 3 Journal					0,003	0,0045					
505	556	6 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 3 and 5 Journals Max Run-Out No 4 Journal					0,003	0,0045					

505	556	8 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 2 and 6 Journals Max Run-Out No 1 Journal					0,002	0,002					
505	556	8 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 2 and 4 Journals Max Run-Out No 3 Journal					0,003	0,0045					
505	556	8 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 3 and 5 Journals Max Run-Out No 4 Journal					0,003	0,0045					
505	556	8 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 4 and 6 Journals Max Run-Out No 5 Journal					0,003	0,0045					
505	556	8 CYLINDER	Crankshaft Run-Out at Center Maing Bearing Mounted on No 2 and 6 Journals Max Run-Out No 5 Journal					0,005	0,0075					

506	568	ALL	Crankshaft and Crankcase Front End Clearance				0.009L	0.016L	0.026L						
507	938	ALL	Clearance - Front Face of Crankshaft Oil Slinger to Front Face of Recess in Crankcase (Crankshaft Against Thrust Face)				0,002	0.007L	A						
508	607	ALL	Crankshaft Prop Flange Round-Out					0,002	0,005						
509	941	ALL	Sarter Ring Gear and Support				0.014T	0.022T	A						
510	504	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF-BD-BE	Crankshaft Timing Gear and Crankshaft				0.0005T	0.0010L	A						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 1 Intake Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 1 Exhaust Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 2 Intake Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 2 Exhaust Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 3 Intake Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 3 Exhaust Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 4 Intake Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 4 Exhaust Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033L	0.004L						

511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 5 Intake Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033 L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 5 Exhaust Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033 L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 6 Intake Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033 L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 6 Exhaust Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033 L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 7 Intake Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033 L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 7 Exhaust Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033 L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 8 Intake Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033 L	0.004L						
511	530	A-B-D-G-J-S-T-Y-AF	No. 8 Exhaust Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0033 L	0.004L						
511	530	BD-BE	No. 1 Intake Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0030 L	0.004L						
511	530	BD-BE	No. 1 Exhaust Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0030 L	0.004L						
511	530	BD-BE	No. 2 Intake Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0030 L	0.004L						
511	530	BD-BE	No. 2 Exhaust Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0030 L	0.004L						
511	530	BD-BE	No. 3 Intake Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0030 L	0.004L						
511	530	BD-BE	No. 3 Exhaust Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0030 L	0.004L						
511	530	BD-BE	No. 4 Intake Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0030 L	0.004L						

511	530	BD-BE	No. 4 Exhaust Tappet Body and Crankcase				0.0010L	0.0030 L	0.004L								
511	530	A-B	O.D. of No. 1 Intake Tappet	0,623 2	0,624	0,6229											
511	530	A-B	O.D. of No. 1 Exhaust Tappet	0,623 2	0,624	0,6229											
511	530	A-B	O.D. of No. 2 Intake Tappet	0,623 2	0,624	0,6229											
511	530	A-B	O.D. of No. 2 Exhaust Tappet	0,623 2	0,624	0,6229											
511	530	A-B	O.D. of No. 3 Intake Tappet	0,623 2	0,624	0,6229											
511	530	A-B	O.D. of No. 3 Exhaust Tappet	0,623 2	0,624	0,6229											
511	530	A-B	O.D. of No. 4 Intake Tappet	0,623 2	0,624	0,6229											
511	530	A-B	O.D. of No. 4 Exhaust Tappet	0,623 2	0,624	0,6229											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 1 Intake Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 1 Exhaust Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 2 Intake Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 2 Exhaust Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 3 Intake Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 3 Exhaust Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 4 Intake Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 4 Exhaust Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 5 Intake Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 5 Exhaust Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 6 Intake Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											

511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 6 Exhaust Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 7 Intake Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 7 Exhaust Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 8 Intake Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	O.D. of No. 8 Exhaust Tappet	0,716 9	0,717 7	0,7166											
511	530	BD-BE	O.D. of No. 1 Intake Tappet	0,874	0,874 5	0,8737											
511	530	BD-BE	O.D. of No. 1 Exhaust Tappet	0,874	0,874 5	0,8737											
511	530	BD-BE	O.D. of No. 2 Intake Tappet	0,874	0,874 5	0,8737											
511	530	BD-BE	O.D. of No. 2 Exhaust Tappet	0,874	0,874 5	0,8737											
511	530	BD-BE	O.D. of No. 3 Intake Tappet	0,874	0,874 5	0,8737											
511	530	BD-BE	O.D. of No. 3 Exhaust Tappet	0,874	0,874 5	0,8737											
511	530	BD-BE	O.D. of No. 4 Intake Tappet	0,874	0,874 5	0,8737											
511	530	BD-BE	O.D. of No. 4 Exhaust Tappet	0,874	0,874 5	0,8737											
511	530	A-B	I.D. No. 1 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,625	0,626 3	0,6266											
511	530	A-B	I.D. No. 1 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,625	0,626 3	0,6266											
511	530	A-B	I.D. No. 2 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,625	0,626 3	0,6266											
511	530	A-B	I.D. No. 2 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,625	0,626 3	0,6266											

511	530	A-B	I.D. No. 3 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,625	0,626 3	0,6266												
511	530	A-B	I.D. No. 3 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,625	0,626 3	0,6266												
511	530	A-B	I.D. No. 4 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,625	0,626 3	0,6266												
511	530	A-B	I.D. No. 4 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,625	0,626 3	0,6266												
511	530	B1-D-G-J-S-T- Y-AF	I.D. No. 1 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203												
511	530	B1-D-G-J-S-T- Y-AF	I.D. No. 1 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203												
511	530	B1-D-G-J-S-T- Y-AF	I.D. No. 2 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203												
511	530	B1-D-G-J-S-T- Y-AF	I.D. No. 2 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203												
511	530	B1-D-G-J-S-T- Y-AF	I.D. No. 3 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203												
511	530	B1-D-G-J-S-T- Y-AF	I.D. No. 3 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203												
511	530	B1-D-G-J-S-T- Y-AF	I.D. No. 4 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203												
511	530	B1-D-G-J-S-T- Y-AF	I.D. No. 4 Exhaust Tappet	0,718 7	0,72	0,7203												

			Bore in Crankcase														
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	I.D. No. 5 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	I.D. No. 5 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	I.D. No. 6 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	I.D. No. 6 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	I.D. No. 7 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	I.D. No. 7 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	I.D. No. 8 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	I.D. No. 8 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	I.D. No. 1 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203											
511	530	B1-D-G-J-S-T-Y-AF	I.D. No. 1 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,718 7	0,72	0,7203											
511	530	BD-BE	I.D. No. 1 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,875 5	0,877 3	0,8776											

511	530	BD-BE	I.D. No. 1 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,875 5	0,877 3	0,8776											
511	530	BD-BE	I.D. No. 2 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,875 5	0,877 3	0,8776											
511	530	BD-BE	I.D. No. 2 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,875 5	0,877 3	0,8776											
511	530	BD-BE	I.D. No. 3 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,875 5	0,877 3	0,8776											
511	530	BD-BE	I.D. No. 3 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,875 5	0,877 3	0,8776											
511	530	BD-BE	I.D. No. 4 Intake Tappet Bore in Crankcase	0,875 5	0,877 3	0,8776											
511	530	BD-BE	I.D. No. 4 Exhaust Tappet Bore in Crankcase	0,875 5	0,877 3	0,8776											
512	559	B1-D-G-J-S-T-Y	No 1 Intake Tappet Plunger Assembly and Body - Chilled				0.0010L	0.0047 L	0.0067 L								
512	559	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 1 Exhaust Tappet Plunger Assembly and Body - Chilled				0.0010L	0.0047 L	0.0067 L								
512	559	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 2 Intake Tappet Plunger Assembly and Body - Chilled				0.0010L	0.0047 L	0.0067 L								
512	559	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 2 Exhaust Tappet Plunger Assembly and Body - Chilled				0.0010L	0.0047 L	0.0067 L								
512	559	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 3 Intake Tappet Plunger				0.0010L	0.0047 L	0.0067 L								

			Assembly and Body - Chilled											
512	559	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 3 Exhaust Tappet Plunger Assembly and Body - Chilled				0.0010L	0.0047L	0.0067L					
512	559	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 4 Intake Tappet Plunger Assembly and Body - Chilled				0.0010L	0.0047L	0.0067L					
512	559	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 4 Exhaust Tappet Plunger Assembly and Body - Chilled				0.0010L	0.0047L	0.0067L					
512	559	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 5 Intake Tappet Plunger Assembly and Body - Chilled				0.0010L	0.0047L	0.0067L					
512	559	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 5 Exhaust Tappet Plunger Assembly and Body - Chilled				0.0010L	0.0047L	0.0067L					
512	559	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 6 Intake Tappet Plunger Assembly and Body - Chilled				0.0010L	0.0047L	0.0067L					
512	559	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 6 Exhaust Tappet Plunger Assembly and Body - Chilled				0.0010L	0.0047L	0.0067L					
513	560	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 1 Intake Tappet Socket and Body				0.002L	0.005L	0.007L					
513	560	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 1 Exhaust Tappet Socket and Body				0.002L	0.005L	0.007L					
513	560	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 2 Intake Tappet Socket and Body				0.002L	0.005L	0.007L					
513	560	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 2 Exhaust Tappet Socket and Body				0.002L	0.005L	0.007L					
513	560	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 3 Intake Tappet Socket and Body				0.002L	0.005L	0.007L					

513	560	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 3 Exhaust Tappet Socket and Body				0.002L	0.005L	0.007L					
513	560	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 4 Intake Tappet Socket and Body				0.002L	0.005L	0.007L					
513	560	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 4 Exhaust Tappet Socket and Body				0.002L	0.005L	0.007L					
513	560	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 5 Intake Tappet Socket and Body				0.002L	0.005L	0.007L					
513	560	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 5 Exhaust Tappet Socket and Body				0.002L	0.005L	0.007L					
513	560	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 6 Intake Tappet Socket and Body				0.002L	0.005L	0.007L					
513	560	B1-D-G-J-S-T-Y	No. 6 Exhaust Tappet Socket and Body				0.002L	0.005L	0.007L					
513	560	S7-S1-AF	No. 1 Intake Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L					
513	560	S7-S1-AF	No. 1 Exhaust Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L					
513	560	S7-S1-AF	No. 2 Intake Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L					
513	560	S7-S1-AF	No. 2 Exhaust Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L					
513	560	S7-S1-AF	No. 3 Intake Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L					
513	560	S7-S1-AF	No. 3 Exhaust Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L					

513	560	S7-S1-AF	No. 4 Intake Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L								
513	560	S7-S1-AF	No. 4 Exhaust Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L								
513	560	S7-S1-AF	No. 5 Intake Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L								
513	560	S7-S1-AF	No. 5 Exhaust Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L								
513	560	S7-S1-AF	No. 6 Intake Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L								
513	560	S7-S1-AF	No. 6 Exhaust Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L								
513	560	S7-S1-AF	No. 7 Intake Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L								
513	560	S7-S1-AF	No. 7 Exhaust Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L								
513	560	S7-S1-AF	No. 8 Intake Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L								
513	560	S7-S1-AF	No. 8 Exhaust Tappet Socket and Body - (Hyperbolic)				0.002L	0.007L	0.009L								
514	537	ALL	No. 1 Support Camshaft and Cranckcase				0.002L	0.004L	0.006L								
514	537	ALL	No. 2 Support Camshaft and Cranckcase														

514	537	ALL	No. 3 Support Camshaft and Cranckcase															
514	537	ALL	No. 4 Support Camshaft and Cranckcase															
514	537	ALL	No. 5 Support Camshaft and Cranckcase															
515	538	ALL	Camshaft - End Clearance					0.002L	0.009L	0.015L								
516	539	ALL	Camshaft Run-Out at Center Bearing Journal					0.000L	0.001L	0.006L								
517	578	All Models Using Counterweights	No. 1 Counterweights Bushing and Crankshaft					0.0013L	0.0026L	A								
517	578	All Models Using Counterweights	No. 2 Counterweights Bushing and Crankshaft					0.0013L	0.0026L	A								
517	578	All Models Using Counterweights	No. 3 Counterweights Bushing and Crankshaft					0.0013L	0.0026L	A								
517	578	All Models Using Counterweights	No. 4 Counterweights Bushing and Crankshaft					0.0013L	0.0026L	A								
518	579	All Models Using Counterweights	No 1 Counterweights Roller - End Clearance					0.007L	0.025L	0.038L								
518	579	All Models Using Counterweights	No 2 Counterweights Roller - End Clearance					0.007L	0.025L	0.038L								
518	579	All Models Using Counterweights	No 3 Counterweights Roller - End Clearance					0.007L	0.025L	0.038L								
518	579	All Models Using Counterweights	No 4 Counterweights Roller - End Clearance					0.007L	0.025L	0.038L								

518	579	All Models Using Counterweights	No 5 Counterweights Roller - End Clearance				0.007L	0.025L	0.038L								
518	579	All Models Using Counterweights	No 6 Counterweights Roller - End Clearance				0.007L	0.025L	0.038L								
518	579	All Models Using Counterweights	No 7 Counterweights Roller - End Clearance				0.007L	0.025L	0.038L								
518	579	All Models Using Counterweights	No 8 Counterweights Roller - End Clearance				0.007L	0.025L	0.038L								
519	580	All Models Using Counterweights	Counterweights and Crankshaft - Side Clearance (Measure below roller next to flat)				0.003L	0.013L	0.017L								
520	669	All Models Using Counterweights	No 1 Counterweights Bore and Washer O.D.				0.0002L	0.0030L	A								
520	669	All Models Using Counterweights	No 2 Counterweights Bore and Washer O.D.				0.0002L	0.0030L	A								
520	669	All Models Using Counterweights	No 3 Counterweights Bore and Washer O.D.				0.0002L	0.0030L	A								
520	669	All Models Using Counterweights	No 4 Counterweights Bore and Washer O.D.				0.0002L	0.0030L	A								
520	669	All Models Using Counterweights	No 5 Counterweights Bore and Washer O.D.				0.0002L	0.0030L	A								
520	669	All Models Using Counterweights	No 6 Counterweights Bore and				0.0002L	0.0030L	A								

		s	Washer O.D.														
520	669	All Models Using Counterweights	No 7 Counterweights Bore and Washer O.D.					0.0002L	0.0030 L	A							
520	669	All Models Using Counterweights	No 8 Counterweights Bore and Washer O.D.					0.0002L	0.0030 L	A							
521	775	All Models Using Counterweights	I.D. of No. 1 Counterweights Bushing	0,748 5	0,750 5	0,7512											
521	775	All Models Using Counterweights	I.D. of No. 2 Counterweights Bushing	0,748 5	0,750 5	0,7512											
521	775	All Models Using Counterweights	I.D. of No. 3 Counterweights Bushing	0,748 5	0,750 5	0,7512											
521	775	All Models Using Counterweights	I.D. of No. 4 Counterweights Bushing	0,748 5	0,750 5	0,7512											
521	775	All Models Using Counterweights	I.D. of No. 5 Counterweights Bushing	0,748 5	0,750 5	0,7512											
521	775	All Models Using Counterweights	I.D. of No. 6 Counterweights Bushing	0,748 5	0,750 5	0,7512											
521	775	All Models Using Counterweights	I.D. of No. 7 Counterweights Bushing	0,748 5	0,750 5	0,7512											
521	775	All Models Using Counterweights	I.D. of No. 8 Counterweights Bushing	0,748 5	0,750 5	0,7512											
522	774	ALL (As applicable)	O.D. of No. 1 Counterweights Roller (See latest edition of														

			SI-1012)															
522	774	ALL (As applicable)	O.D. of No. 2 Counterweights Roller (See latest edition of SI-1012)															
522	774	ALL (As applicable)	O.D. of No. 3 Counterweights Roller (See latest edition of SI-1012)															
522	774	ALL (As applicable)	O.D. of No. 4 Counterweights Roller (See latest edition of SI-1012)															
522	774	ALL (As applicable)	O.D. of No. 5 Counterweights Roller (See latest edition of SI-1012)															
522	774	ALL (As applicable)	O.D. of No. 6 Counterweights Roller (See latest edition of SI-1012)															
522	774	ALL (As applicable)	O.D. of No. 7 Counterweights Roller (See latest edition of SI-1012)															
522	774	ALL (As applicable)	O.D. of No. 8 Counterweights Roller (See latest edition of SI-1012)															
523	503	D	Thrust Bearing and Propeller Shaft					0.0000L	0.0012 L	0.002L								
524	509	D	Thrust Bearing and Thrust Bearing Cap Clamp (Shim to this Fit)					0.003T	0.005T	A								
525	555	D	Thrust Bearing				0.027											

			Tilt			Tilt								
526	505	D	Cranckshaf Run-Out - Rear Cone Location						0,003					
527	507	D	Cranckshaf Run-Out - Rear Cone Location						0,007					
528	508	D	Thrust Bearing and Thrust Bearing Cage				0.0016L	0.0034 L	0.0045 L					

## GLOSARIO

**BIELA:** Barra, que mediante articulaciones fijadas (pasador o muñón), en sus extremos une dos piezas móviles y sirve para transmitir y transformar el movimiento.

**CARTER:** Es la estructura dentro de la cual se pueden contener varios elementos sólidos o líquidos.

**CIGÜEÑAL:** árbol que transforma el movimiento rectilíneo alternativo del conjunto pistón – biela de un motor, en movimiento circular. (Convierte movimiento circular en lineal).

**DIODO RECTIFICADOR:** es un dispositivo sencillo, el nombre “diodo rectificador” procede de su aplicación, la cual consiste en separar los ciclos positivos de una señal de corriente alterna. Si se aplica al diodo una tensión de corriente alterna durante los medios ciclos positivos, se polariza en forma directa; de esta manera, permite el paso de la corriente eléctrica.

**EJE DE LEVAS:** es un mecanismo formado por un eje en el que se colocan distintas levas, que pueden tener distintas formas y tamaños y estar orientadas de diferente manera, siendo un programador mecánico. Su aplicación más desarrollada es la relacionada con los motores de combustión interna, en los que se encarga de regular la apertura y el cierre de las válvulas, permitiendo la admisión y el escape de gases en los cilindros.

**MOTOR:** Los motores son mecanismos que transforman la energía química presente en el combustible en energía mecánica. En el motor, esta energía mecánica se manifiesta en la rotación de un eje del motor, al que se une el mecanismo que se quiere mover (hélice).

**NONIO:** Dispositivo que acoplado a una regla o a un limbo graduado, facilita la lectura de fracciones o subdivisiones de la escala principal a la que se aplica.

**PANEL DE PROGRAMACIÓN CON LABVIEW:** En este se aprecia la estructura del programa, su función y algoritmo, de una forma gráfica en lenguaje G, donde los datos fluyen a través de líneas.

**PANEL FRONTAL CON LABVIEW:** Donde se ven los datos y se manipulan y controlan.

**PISTÓN:** Es un émbolo que va dentro del cilindro, en forma ajustada por anillos y que tienen movimiento gracias a una biela.

**SENSOR:** es un dispositivo que convierte una variable física que se desea medir en una señal eléctrica que contiene la información correspondiente, ya sea en tensión, corriente o frecuencia.

**VALVULA:** Tapón sometido a la presión de un resorte y cuyo movimiento sirve para regular el paso de un fluido, hay dos tipos, de ADMISIÓN y de ESCAPE, la de escape es cóncava y en su interior lleva sodio en polvo, el cual se licua una vez estén saliendo los gases quemados permitiendo refrigerar la válvula.

**DESGASTE:** es el daño de la superficie por remoción de material de una o ambas superficies sólidas en movimiento relativo. Es un proceso en el cual las capas superficiales de un sólido se rompen o se desprenden de la superficie.

**CALIBRADORES TELESCÓPICOS:** Son utilizados para determinar la medida exacta de agujeros, canales y espacios hasta 150 mm (6").