

9



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Sistema electrónico para un robot usado en la medición de planitud de grandes áreas

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO
ELECTRÓNICO
PRESENTA

ERNESTO MIRANDA PARRA

DIRECTOR DE TESIS: M.I. BENJAMIN VALERA OROZCO

SINODALES:

- ING. EDUARDO RAMIREZ SANCHEZ
- M.I. ANTONIO SALVA CALLEJA
- M.I. MIGUEL ANGEL BAÑUELOS SAUCEDO
- M.I. JOSE CASTILLO HERNANDEZ

299015



MEXICO, D.F.

Noviembre de 2001.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis padres por todo el apoyo y comprensión que me han brindado, por haberme enseñado el camino del trabajo y del esfuerzo que me han llevado a la meta que hoy tengo y por ser un ejemplo para mí.

A mis hermanas Tania y Xochitl por las etapas de la vida que hemos compartido y por las diferencias que hemos tenido.

A mi amiga Flor, por el cariño, apoyo y comprensión, y por escucharme durante todos estos años.

A mis compañeros de escuela por las horas de diversión y de estudio que hemos compartido.

A mi director de tesis y amigo Benjamin Valera, por su paciencia, apoyo y confianza.

Al Centro de Instrumentos de la UNAM, por su valioso apoyo en la elaboración del proyecto.

Al Ing. Rigoberto Nava Sandoval, por compartir su experiencia en la medición de planitud de grandes áreas.

A los integrantes del Lab. de Metrología del C.I. UNAM, por su interés en apoyar el desarrollo de este proyecto.

Indice

Introducción	1
1. Conceptos básicos	7
1.1. Instrumentación electrónica	7
1.1.1. Interface de transductores a sistemas de medición y control electrónico	10
1.1.2. Multiplexión digital-analógica	13
1.1.3. Multiplexión analógica-digital	14
1.2. Transductores de posición y ángulo	16
1.2.1. Opticos	16
1.2.2. Inductivos	19
1.2.3. Sistemas láser	21
1.3. Medición de planitud en grandes áreas	23
1.4. Instrumentación utilizada en medición de grandes áreas	25
2. Sistema electrónico para el robot usado en la medición de planitud de grandes áreas	27
2.1. Introducción general	28
2.2. Descripción de los subsistemas	29
2.2.1. Subsistema impulsor	30

2.2.2. Subsistema guía	30
2.2.3. Subsistema para la adquisición de lecturas	31
2.2.4. Subsistema de comunicaciones por radio frecuencia	32
2.2.5. Subsistema de control	33
2.3. Algoritmo de control	39
2.3.1. Principio de operación	40
2.3.2. Implementación en lenguaje ensamblador MC68HC811E2	42
3. Programa para PC	49
3.1. Descripción en el ámbito de usuario	50
3.1.1. Descripción general del programa	51
3.1.2. Software de operación	52
3.2. Descripción en el ámbito de programador	58
3.2.1. Descripción de clases	58
3.2.2. CaboutDlg	59
3.2.3. _Application, _Workbook, _Worksheet, Range, Workbook, Worksheets	59
3.2.4. CMSComm	60
3.2.5. CparamCom	60
3.2.6. CmainFrame	61
3.2.7. CcontrolComApp	62
3.2.8. CcontrolComDoc	63
3.2.9. CcontrolComView	63
4. Resultados y Conclusiones	69
4.2. Calibración	70
4.3. Desempeño	74
4.4. Resultados	74
4.5. Conclusiones	77
Anexo A. Diagramas y circuitos impresos	79

INTRODUCCIÓN

Objetivo

Diseñar y construir un sistema electrónico, basado en microprocesador, para la automatización de la adquisición de lecturas y desplazamiento autónomo de un robot usado en la medición de planitud de grandes áreas.

Definición del problema

Entorno actual

En la actualidad en el Centro de Instrumentos UNAM, particularmente en el Laboratorio de Metrología, existe un diseño mecánico para la medición de planitud en grandes áreas. Tal diseño fue pensado como un método de medición rápido, confiable y de operación completamente automática. La idea de tal instrumento surgió a partir de los servicios solicitados por la industria a nuestro laboratorio. Actualmente, la carencia de un sistema electrónico para la constitución de un robot autónomo impide la prestación de éste servicio.

El servicio de medición de planitud, prestado a la fecha, consiste en el levantamiento manual de lecturas de desplazamiento y ángulo como lo muestra la figura 1.

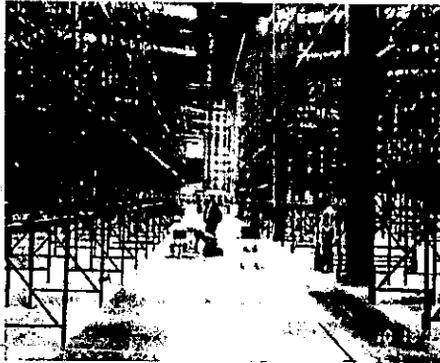


Figura 1. Medición manual de planitud en grandes áreas.

La figura 1 muestra la atención a un servicio de medición de planitud solicitado por la industria en el sentido de verificar la construcción de su piso en una bodega vertical. La evaluación de los pisos es vital para el desplazamiento confiable de los altos montacargas que circulan; si el piso no cumple con la planitud preestablecida por el fabricante del montacargas, éste corre el riesgo de impactarse en las partes elevadas. En la figura 1 se puede apreciar el enorme trabajo que implica la medición sobre grandes áreas. En forma adicional, el procesamiento de las lecturas se convierte en una tarea tediosa de edición y procesamiento.

Debido a nuestra experiencia previa, los servicios de medición de planitud en grandes áreas exigen la utilización de instrumentos autónomos que deleguen el enorme trabajo de levantamiento y procesamiento de lecturas a los sistemas electrónicos de control y cómputo modernos.

Descripción del problema a resolver

El problema a resolver entonces consiste en diseñar e implementar un sistema electrónico con las siguientes características planteadas sobre la base de nuestra experiencia previa:

- Control automático gobernado por un microcontrolador. De esta forma se aprovecha la capacidad del microcontrolador en una aplicación idónea de control digital.
- Soporte para programación y actualización de parámetros de calibración. Deseamos incluir el mínimo número de dispositivos electrónicos para ajuste y calibración, como por ejemplo potenciómetros. En nuestra idea, tales valores de calibración pueden ser almacenados en memoria para su posterior utilización.
- Transmisión de lecturas por radiofrecuencia a una PC. De esta manera aligeramos la carga de trabajo al robot y delegamos tareas más elaboradas (graficación, procesamiento y almacenamiento) a una computadora PC.

En resumen, el algoritmo de control en el robot capturará lecturas de desplazamiento y ángulo sobre una trayectoria predefinida y enviará los datos a una computadora PC vía radiofrecuencia. En forma adicional, planteamos el desarrollo de una aplicación para PC que reciba las lecturas del robot a través de una interfaz serie.

Relevancia

El Centro de Instrumentos en su Laboratorio de Metrología contará con el equipo necesario y software para realizar mediciones de planitud sobre grandes áreas con una gran rapidez e intervención mínima por parte del usuario. También podrá prestar los servicios de esta herramienta a la industria.

Relación con otras áreas

Existe una gran relación con las áreas de metrología dimensional, electrónica analógica, electrónica digital, instrumentación electrónica, microprocesadores y programación de computadoras.

Método

El método involucrado en el diseño e implementación del sistema electrónico para el robot usado en la medición de planitud se puede apreciar en la figura 2.

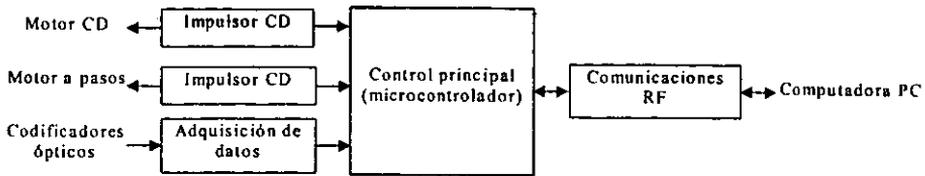


Figura 2. Método.

En el arreglo distinguimos dos componentes de "hardware" y "software" físicamente separados pero interactuando a través de un enlace de comunicaciones RF. El primer componente es un vehículo móvil autónomo controlado automáticamente en un recorrido recto sobre el área a medir y el cual transporta dispositivos para la medición de longitud y ángulo. El mismo controlador obtiene lecturas y las transporta vía RF a una computadora central. El segundo componente es una base receptora fija de RF ligada a una computadora personal, en espera del arribo asincrónico de lecturas para procesarlas posteriormente.

En el sistema se pueden distinguir dos diseños independientes: sistema electrónico y sistema mecánico. El sistema electrónico está compuesto por un control principal basado en el microcontrolador HC11, y subsistemas de guía, desplazamiento autónomo, adquisición de datos y comunicaciones RF.

Como parte del sistema electrónico, existe un microcontrolador MC68HC811E2 dedicado que administra los recursos del vehículo autónomo como se muestra en la figura 2.

El programa en ensamblador para el MC68HC811E2 realiza cuatro tareas principales al mismo tiempo: guía automáticamente al vehículo sobre una trayectoria recta predeterminada mediante el contraste de luz visible, captura lecturas de los transductores ópticos, y envía lecturas por RF a la computadora principal. Lo anterior se realiza en un esquema fuertemente basado en interrupciones asincrónicas de éste microcontrolador.

Resumen de la tesis

La presente tesis consta de seis capítulos divididos de la siguiente forma: (1) Conceptos básicos, (2) Sistema electrónico para el robot usado en la medición de planitud de grandes áreas, (3) Programa para PC, (4) Resultados y conclusiones, (5) Anexo, (6) Bibliografías.

En el capítulo uno se verán algunos conceptos básicos sobre metrología dimensional, fundamentalmente la encargada de la medición de planitud de grandes áreas. Se proporciona una descripción de los transductores de posición y ángulo más comunes, con la finalidad de comprender el funcionamiento de los transductores empleados en el planímetro. Este capítulo también hace referencia a diversos instrumentos utilizados en metrología dimensional.

El capítulo dos hace referencia a los sistemas y subsistemas electrónicos para el robot usado en la medición de planitud de grandes áreas. Primero se plantea una introducción general del sistema, después se describen los diversos subsistemas como son el impulsor, el guía, la adquisición de lecturas, el de comunicaciones por radio frecuencia y el sistema de control que es el microprocesador MC68HC11E2. Por último se explica el algoritmo de control, como es el principio de operación y su implementación en lenguaje ensamblador del MC68HC11E2.

Durante el capítulo tres se hará referencia al ambiente de operación del software para PC desarrollado llamado "ControlCom". Aquí se describen los procesos de adquisición e interpretación de las lecturas provenientes de los codificadores ópticos incrementales que están asociados al planímetro. Se presenta un manual de operación y una descripción en el ámbito del programador.

El capítulo cuatro presenta los resultados obtenidos del sistema de medición mediante la calibración del mismo. También se evalúa el desempeño en la medición en el que se pueden apreciar las mediciones hechas por el planímetro sobre un piso y los resultados obtenidos, así como el trabajo a futuro del sistema desarrollado.

En el capítulo cinco se incluyen anexos que comprenden circuitos esquemáticos electrónicos y los circuitos impresos.

Por último, en el capítulo seis son las diversas fuentes de referencia utilizadas para este proyecto y esta tesis.

CAPITULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS

Desde la antigüedad el hombre ha tenido necesidad de medir y contar los fenómenos y las cosas que le acontecía diariamente. Debido a esta necesidad, el hombre ha inventado una gran cantidad de métodos y sistemas para medir el tiempo, distancia, peso, etc. Surgiendo una ciencia llamada "metrología" que evoluciona y se retroalimenta día tras día con el avance de las ciencias y de la tecnología para el desarrollo de técnicas de medición más exactas.

En este capítulo se pretende dar un panorama general de la instrumentación dimensional y particularmente la medición de planitud en grandes áreas, que son conceptos básicos necesarios para comprender el desarrollo de esta tesis. Se mostrarán los distintos tipos de sensores o transductores de posición y ángulo de tipo ópticos, inductivos y láser necesarios para aplicaciones en robótica e interfaces con PC's, así como en la industria. Al final del capítulo se enumeran los diversos dispositivos usados en la medición de grandes áreas.

1.1. Instrumentación electrónica

Un sistema de instrumentación electrónico consiste de varios componentes que se utilizan para realizar una medición y registrar el resultado. Por lo general consta de tres elementos principales: un dispositivo de entrada, un acondicionador de señal o dispositivo de procesamiento y un dispositivo de salida. El dispositivo de entrada recibe

la cantidad por medir y envía una señal eléctrica proporcional al dispositivo acondicionador de señal. Aquí la señal se amplifica, se filtra o se modifica en un formato para el dispositivo de salida. Este puede ser un simple medidor indicador, un osciloscopio o un registrador para presentación visual. Puede ser un registrador de cinta magnética para el almacenamiento temporal o permanente de los datos de entrada, o puede ser una computadora digital para manipulación de los datos o proceso de control [2]. El tipo de sistema depende de qué se va a medir y de qué manera se van a presentar los resultados.

Los sistemas de instrumentación se pueden clasificar en dos clases principales: analógicos y digitales. Los sistemas analógicos tratan en forma analógica la información de mediciones. Un sistema analógico se puede definir como una función continua, como una gráfica de voltaje contra tiempo, o desplazamiento contra presión. Los sistemas digitales manejan la información en forma discreta. Una cantidad digital puede consistir en un número de pulsos discretos y discontinuos cuya relación de tiempo contiene información referente a la magnitud o naturaleza de la cantidad.

Un sistema de adquisición de datos analógicos consta de algunos o todos los elementos siguiente:

Transductores para la transformación de parámetros físicos en señales eléctricas.

Acondicionadores de señales para la amplificación, modificación o selección de ciertas partes de estas señales.

Dispositivos de presentación visual para monitoreo continuo de las señales de entrada. Estos dispositivos pueden incluir osciloscopios de varios canales o de un solo canal, osciloscopio de almacenamiento, panel de medidores, desplegados numéricos, etc.

Instrumentos de registro de gráficas para obtener un registro permanente de los datos de entrada. Estos incluyen registradores de tinta y plumilla para proporcionar registros continuos en cortes de papel, sistemas de registros ópticos como los registradores de galvanómetro, de espejo y los registradores ultravioleta.

Instrumentación de cinta magnética para guardar los datos de entrada, conservar su forma eléctrica original y reproducirlos posteriormente para un análisis más detallado.

Un sistema de adquisición de datos digital puede incluir algunos o todos los elementos como se muestra en la figura 1.1. Las operaciones esenciales dentro de un sistema digital incluyen: manipulación de señales analógicas, medición, conversión y manejo de datos digitales, programación y control interno. La función de cada elemento de la fig. 1.1 se describe a continuación.

Transductor. Transforma parámetros físicos en señales eléctricas aceptables para el sistema de adquisición. Algunos parámetros son la temperatura, presión, aceleración, desplazamiento de peso y velocidad; también es factible medir directamente cantidades eléctricas, como voltajes, resistencia, o frecuencia.

Acondicionador de señal. Por lo general incluye la circuitería de soporte para el transductor. Esta circuitería puede proporcionar la energía de excitación, circuito de equilibrio y elementos de calibración. Un ejemplo de acondicionador de señal es un puente balanceado con galgas extensiométricas y unidad de fuente de energía.

Explorador o multiplexor. Acepta múltiples entradas analógicas y las conecta secuencialmente a un instrumento de medición.

Convertidor de señal. Transforma la señal analógica en una forma aceptable para el convertidor analógico-digital. Un ejemplo de este dispositivo es un amplificador de voltajes de bajo nivel generados por termopares o galgas extensiométricas.

Convertidor analógico-digital (A/D). Convierte el voltaje analógico a su forma digital equivalente. La salida del convertidor A/D se puede desplegar visualmente y estar disponible como voltaje en pasos discretos para procesamiento posterior o grabación en un registrador digital.

Equipo auxiliar. Esta sección contiene instrumentos para funciones de programación de sistemas y procesamiento digital de datos. Las funciones auxiliares incluyen linearización y comparación de límites. Estas funciones se pueden ejecutar mediante instrumentos individuales o mediante una computadora digital.

Registrador digital. Registra información digital en tarjetas perforadas, cintas de papel perforado, cinta magnéticas, páginas mecanografiadas o una combinación de estos sistemas. El registrador digital puede ir luego de una unidad de acoplamiento que transforma la información digital en la forma apropiada para la entrada del registrador digital seleccionado.

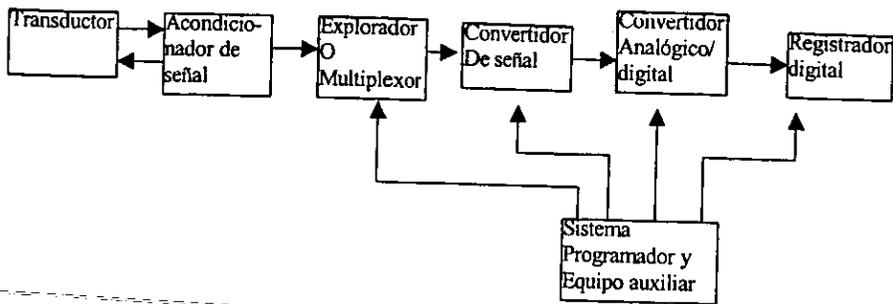


Figura 1.1. Sistema de adquisición de datos digital.

Los sistemas de adquisición de datos se utilizan en un gran número de aplicaciones (en constante aumento), en una variedad de áreas industriales y científicas, como la industria biomédica, aeroespacial y telemetría. El tipo de sistema de adquisición de datos analógico o digital, depende del uso de los datos registrados. En general, los sistemas de datos analógicos se utilizan cuando se requiere un amplio ancho de banda o cuando se puede tolerar poca exactitud. Los sistemas digitales se aplican cuando el proceso físico que en estudio varía poco (ancho de banda angosto) y cuando se necesita una exactitud alta y bajo costo por canal. Los sistemas digitales varían en complejidad desde sistemas de un solo canal para medición y registro de voltaje de CD hasta sistemas automáticos de múltiples canales, los cuales miden un gran número de parámetros de entrada, los comparan con respecto a condiciones o límites preestablecidos y llevan a cabo cálculos y toman decisiones sobre la señal de entrada. Los sistemas digitales en general son más complejos que los analógicos, tanto en términos de volumen y complejidad de los datos de entrada que pueden manejar.

Los sistemas de adquisición de datos a menudo utilizan registradores de cinta magnética. Los sistemas digitales requieren convertidores para cambiar voltajes analógicos en números o cantidades digitales discretas. Inversamente, la información digital se puede convertir de nuevo en analógica, como voltaje o corriente con lo cual puede utilizarse como una cantidad de realimentación que controla un proceso industrial.

1.1.1. Interface de transductores a sistemas de medición y control electrónico

Los voltajes y las corrientes de salida de muchos transductores son señales muy pequeñas. Además de los bajos niveles, a menudo es

necesario transmitir la salida del transductor cierta distancia hacia el equipo de colección de datos o de control. En el arreglo de problemas, sobre todo en un ambiente industrial donde hay mucha maquinaria eléctrica, el ruido eléctrico puede causar serias dificultades en circuitos de bajo nivel. Estos ruidos pueden ser radiados, como un campo electromagnético, o inducidos en el cableado de la planta, como circuitos a tierra y picos producidos por la fuente de alimentación de ca. A pesar de las fuentes de ruido, las señales de bajo nivel se deben de transmitir con cuidado de un lugar a otro.

Un método efectivo para combatir el ruido es incrementar la intensidad de las señales de bajo nivel antes de su transmisión a través de los alambres. Esto se realiza frecuentemente con un amplificador de instrumentación.

Varias características de un amplificador de instrumentación lo distinguen de los amplificadores operacionales.

Los amplificadores de instrumentación tienen ganancia finita. Un amplificador operacional tiene una ganancia muy grande, la cual es infinita en el caso ideal. El amplificador operacional se suele usar con realimentación externa para proporcionar una ganancia finita, el amplificador de instrumentación no proporciona estas funciones.

El amplificador de instrumentación tiene una entrada diferencial de alta impedancia. El amplificador operacional también tiene una entrada de alta impedancia. Sin embargo, cuando los elementos de realimentación se adicionan alrededor del amplificador operacional, la impedancia de entrada disminuye considerablemente.

El amplificador de instrumentación tiene un rango de voltaje alto y un rechazo en modo común también alto. Aunque los amplificadores tienen rechazo y rango de voltaje en modo común, el amplificador de instrumentación es superior a la mayoría de los amplificadores operacionales.

En la figura 1.2 se muestra el diagrama a bloque de un amplificador de instrumentación, la figura muestra que el amplificador de instrumentación está construido con amplificadores operacionales.

Nótese que cada entrada al amplificador de instrumentación es la entrada no inversora de un amplificador operacional, por lo que la impedancia de entrada del amplificador de instrumentación es muy alta.

Para establecer la ganancia del amplificador, se utiliza el criterio generalmente aplicado a los amplificadores operacionales.

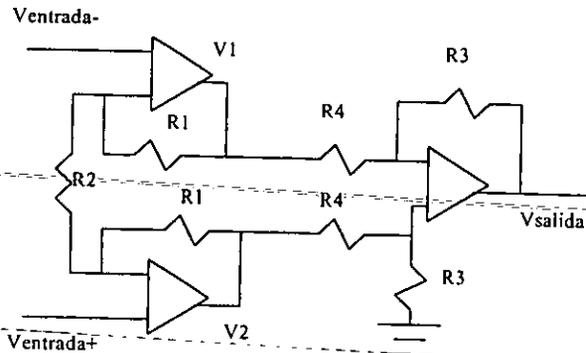


Figura 1.2. Amplificador de instrumentación.

El voltaje en la entrada inversora del amplificador de entrada inferior es $V_{\text{entrada}+}$ y por lo tanto V_1 es

$$V_1 = (R_1/R_2)(V_{\text{entrada}-} - V_{\text{entrada}+})$$

En forma semejante V_2 se puede escribir como

$$V_2 = (R_1/R_2)(V_{\text{entrada}+} - V_{\text{entrada}-})$$

La etapa de salida es un amplificador diferencial simple; por tanto, el voltaje de salida se puede derivar en

$$V_{\text{salida}} = (R_3/R_4)(V_2 - V_1) = (2R_1R_3/R_2 R_4)(V_{\text{entrada}+} - V_{\text{entrada}-})$$

Para reducir la captación de voltajes de ruido en las conexiones entre transductor y amplificador de instrumentación, las terminales al transductor serán tan cortas como sea posible y la señal amplificada se transmite la distancia requerida. En algunas situaciones la señal de bajo nivel del transductor se debe transmitir por cable de alguna longitud. Un ejemplo son las conexiones al termopar de un horno, donde la temperatura es demasiado alta para permitir la introducción de dispositivos electrónicos. Esta y otras situaciones semejantes requieren que las conexiones con el transductor sean diferenciales para prevenir la introducción de ruido [2].

1.1.2. Multiplexión digital/analógica

A menudo es necesario o deseable combinar o multiplexar un conjunto de señales analógicas en un solo canal digital, o a la inversa, un solo canal digital es un conjunto de canales analógicos. Se pueden multiplexar tanto señales digitales como voltajes analógicos. Se pueden multiplexar en la tecnología de la computadora, se distribuye a un número de dispositivos analógicos, como osciloscopio, registrador de pluma y un registrador analógico de cinta, etc. Hay dos formas de llevar a cabo la multiplexión: la primera utiliza un convertidor D/A separado para cada canal, figura 1.3. La segunda emplea un convertidor D/A único, más un conjunto de interruptores de multiplexión analógica y circuitos de muestreo y sostenimiento (sample and hold) en cada canal analógico, figura 1.4.

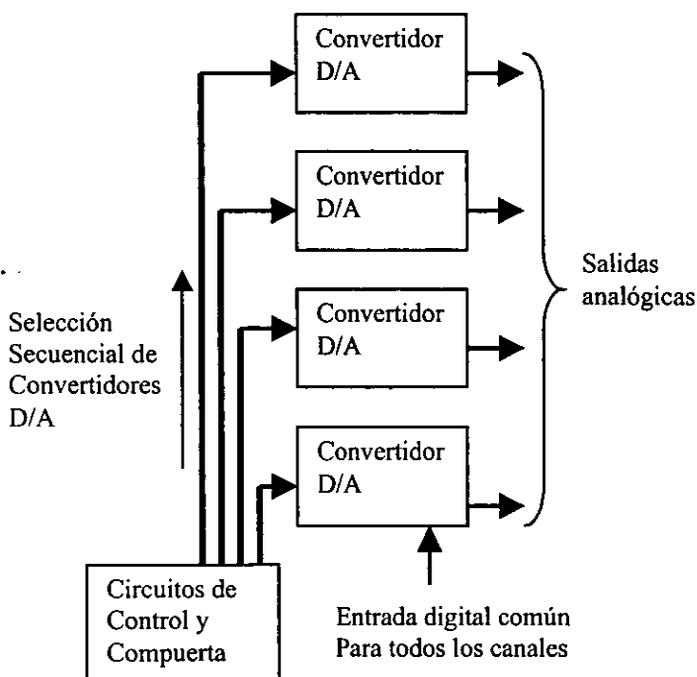


Figura 1.3. Multiplexaje con múltiples convertidores D/A.

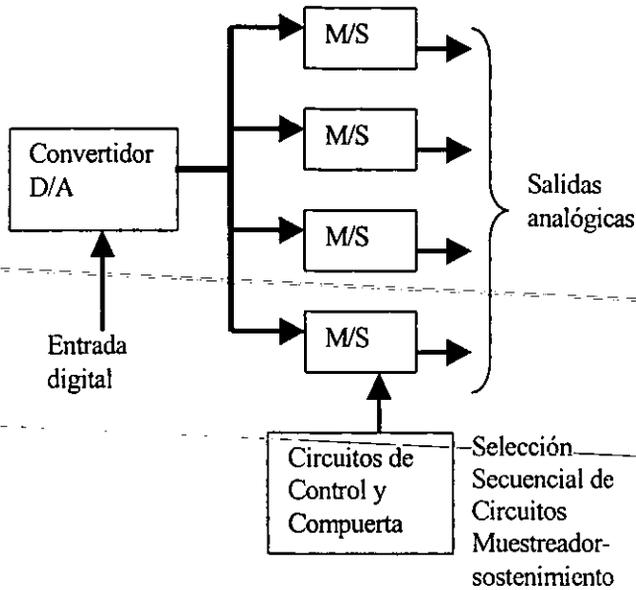


Figura 1.4. Multiplexaje con un convertidor D/A.

En el sistema de la figura 1.3 la información digital se aplica a todos los canales y el canal se elige mediante una compuerta de pulsos de reloj a los canales de salida apropiados. Se requiere un convertidor D/A por cada canal, de tal forma que el costo inicial puede ser un poco mayor que para el segundo sistema; pero la ventaja es que la información analógica está disponible en la salida del convertidor digital-analógico (CDA) durante un periodo de tiempo indefinido en tanto que los contenidos de registro de flip-flop del CDA sean transferidos mediante el control de una compuerta hacia el CDA.

El segundo método ilustrado en la figura 1.4 sólo utiliza un convertidor D/A y, por lo tanto, tiene un costo inicial ligeramente inferior. La técnica múltiple de muestreo y sostenimiento se renueva (los capacitores no retienen su carga indefinidamente).

1.1.3. Multiplexión analógica/digital

En la conversión analógica/digital es conveniente multiplexar las entradas analógicas en lugar de las salidas digitales. Un posible sistema

se da en la figura 1.5 donde los interruptores son tanto de estado sólido como de relevadores, se utilizan para conectar las entradas analógicas a un "bus" común. Este bus va a un sólo convertidor A/D que sirve para todos los canales.

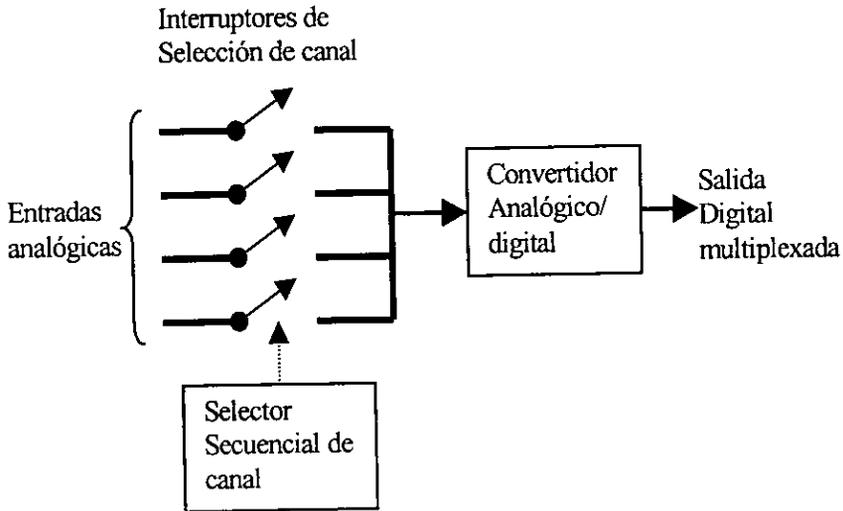


Figura 1.5. Multiplexión analógica.

Las entradas analógicas se conmutan de manera secuencial al bus por medio del circuito de control y selección de los canales. Si se requieren muestras simultáneas para todos los canales, se puede utilizar un circuito de "muestreo y sostenimiento" antes de cada interruptor multiplexor. En esta forma todos los canales se muestrean simultáneamente y luego se conmutan al convertidor secuencialmente.

También es posible multiplexar mediante un comparador separado para cada canal analógico. Este sistema se muestra en la figura 1.6 donde se emplea un convertidor A/D tipo contador. La entrada de cada comparador se conecta a la salida del CDA. La otra entrada de cada comparador se conecta a los canales de entrada analógica separados. Se requiere circuitería de sincronización y control para operar el contador y muestrear los comparadores.

Al inicio del proceso de multiplexión, el contador se limpia y se aplican pulsos de conteo al contador. El convertidor D/A traslada la salida del contador y proporciona un voltaje de salida analógico, el cual alimenta a todos los comparadores. Cuando uno de los comparadores

indica que la salida D/A es mayor que el voltaje de entrada en ese canal, se presenta el contenido del contador. El conteo se reanuda hasta que se recibe la siguiente señal, cuando el comparador correcto se identifica y el contenido del contador se presenta de nuevo.

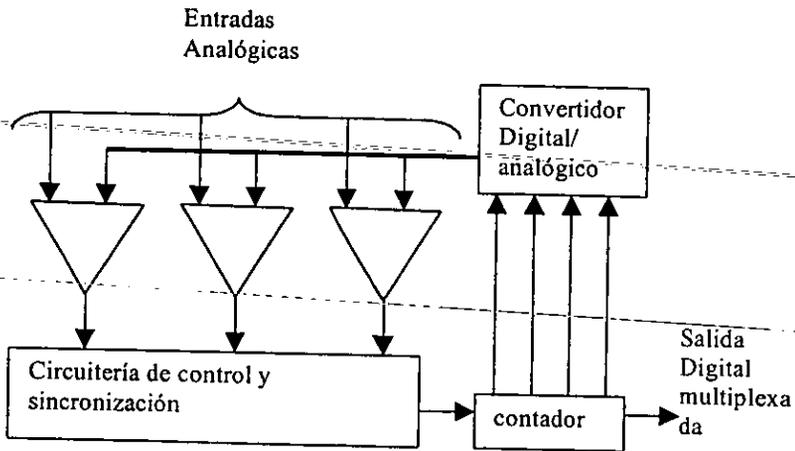


Figura 1.6. Multiplexaje utilizando comparadores.

1.2. Transductores de posición y ángulo

A continuación se mencionan los dispositivos transductores más comunes en metrología dimensional.

1.2.1. Ópticos

El método óptico para medir dimensiones con mucha exactitud se basa en el principio de la interferencia de la luz. El instrumento basado en este principio se llama interferómetro y se usa en la calibración de los bloques calibradores y otros estándares dimensionales. Otros instrumentos ópticos de amplio uso son los diversos tipos de microscopios y telescopios, incluyendo al teodolito convencional de topografía, el cual se utiliza para medir grandes distancias.

Considérese los dos conjuntos de haces de luz mostrados en la figura 1.7. En la figura 1.7.a, los dos haces están en fase de modo que la brillantez en el punto *P* aumenta cuando se intersecan. En la figura 1.7.b,

los haces están fuera de fase en media longitud de onda, de modo que se observa una cancelación, y se dice que las ondas de luz se interfieren. Esta es la esencia del principio de la interferencia. El efecto de la cancelación se realiza al permitir que dos ondas de luz de una fuente única viajen a lo largo de trayectorias de longitudes diferentes. Cuando la diferencia en la distancia es un múltiplo entero de las longitudes de onda, hay un refuerzo de las ondas, en tanto que hay una cancelación cuando las diferencias en las distancias es un múltiplo impar de las medias longitudes de onda.

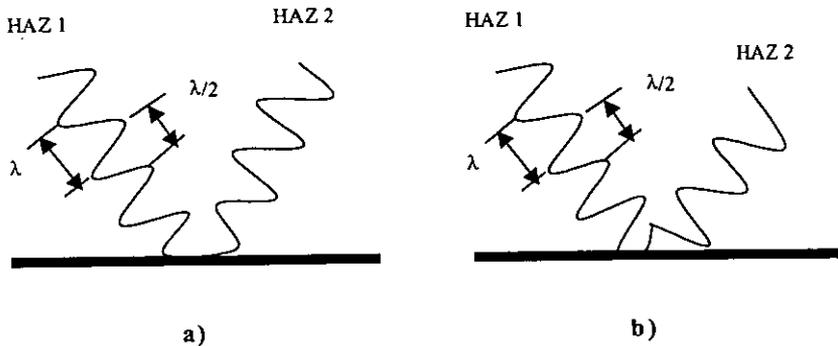


Figura 1.7. Principio de interferencia.

Aplicárese ahora el principio de la interferencia a las mediciones dimensionales. Considérense las dos placas paralelas mostradas en la figura 1.8. Una placa es de vidrio transparente, libre de esfuerzos internos, pulida, plana, con exactitud de unas micropulgadas; la otra placa tiene una superficie metálica reflejante. La placa de vidrio se llama plano óptico. Se proyectan haces de luz paralelos *A* y *B* en las placas mediante una fuente adecuada colimada, se supone que la distancia de separación *d* entre las placas es muy pequeña. El haz reflejado *A* interseca el haz incidente *B* en el punto *P*. Ya que el haz reflejado viajó más que el haz *B* por una distancia de $2d$, creará una interferencia en el punto *P* si esta distancia incremental es un múltiplo impar de $\lambda/2$. Si la distancia $2d$ es un múltiplo par de $\lambda/2$, el haz reflejado refuerza al haz *B*; por lo tanto, para $2d = \lambda/2, 3\lambda/2, \text{etc.}$, la pantalla *S* no detecta luz reflejada. Ahora considérese las mismas dos placas pero con una ligera inclinación de modo que la distancia entre las placas es una variable. Ahora si se ven los haces de luz reflejados, y aparecen regiones alternadas iluminadas y oscuras en la pantalla que indican la variación en el espaciamiento entre las placas. Las líneas oscuras de las regiones se

llaman franjas, y el cambio en la distancia de separación entre las dos posiciones de las dos franjas corresponde a $\Delta(2d)=\lambda/2$

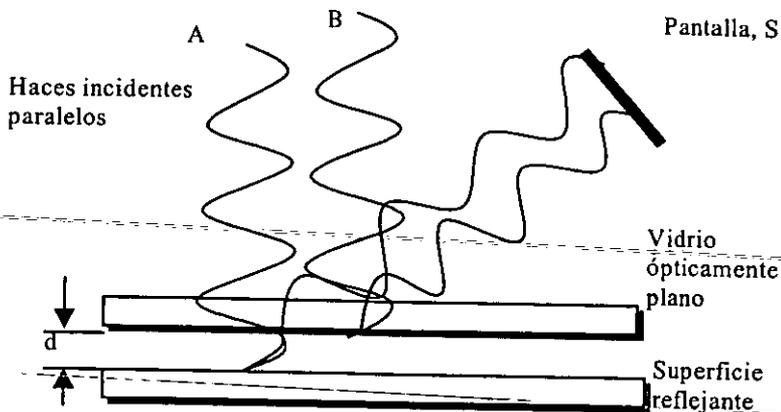
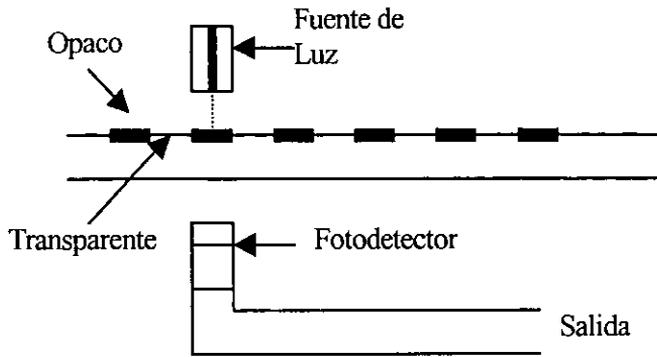


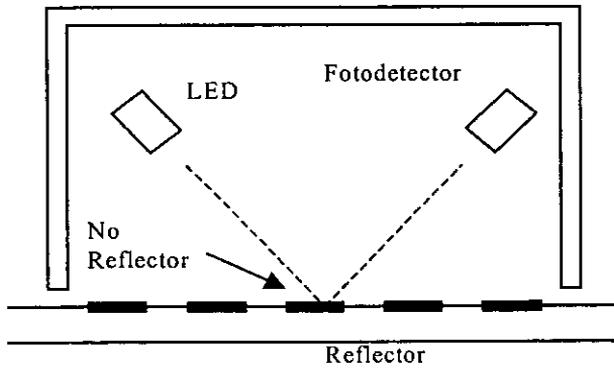
Figura 1.8. Medición dimensional utilizando el principio de interferencia.

Por otra parte, los codificadores ópticos pueden estar basados en sectores opacos y transparentes, en sectores reflectores y no reflectores, o en franjas de interferencia. En cualquier caso, en el cabezal de lectura fijo hay siempre una fuente de luz, normalmente un LED infrarrojo y un fotodetector (LDR, célula fotoeléctrica o fototransistor). Los problemas asociados son relativos a la influencia del polvo ambiental y humo, a la degradación temporal y térmica de las características de los elementos optoelectrónicos y al efecto de las vibraciones sobre los posibles sistemas de enfoque.

Cuando se emplean sectores opacos y transparentes, como sobre vidrio, metal ranurado, etc. (figura 1.9.a), el emisor y el detector deben situarse uno a cada lado del elemento móvil. En cambio, cuando se emplean sectores reflectores y no reflectores, Por ejemplo acero pulido con surcos grabados en su superficie (figura 1.9.b), el emisor y el detector deben de estar en el mismo lado. Los discos de vidrio son más estables, rígidos y duros y planos que los metálicos, pero tienen menor resistencia a los choques y vibraciones [11].



a)



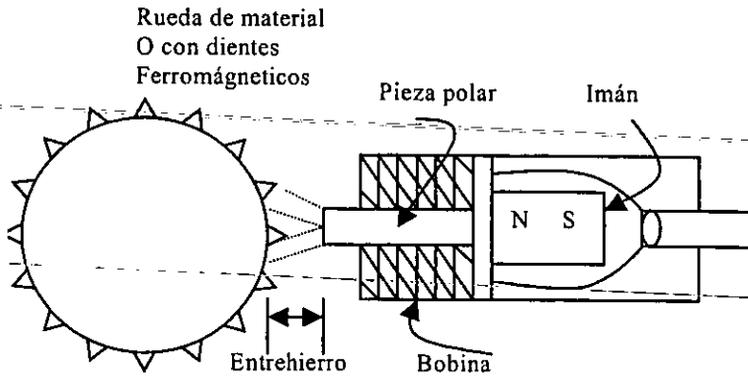
b)

Figura 1.9. Codificadores ópticos.

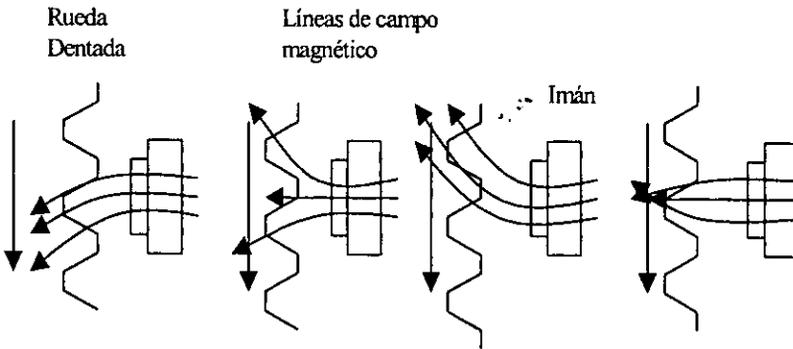
1.2.2. Inductivos

Una rueda o rueda dentada de material ferromagnético dará un impulso de tensión cada vez que pase por delante de una bobina fija dispuesta en un campo magnético constante, figura 1.10.a. La forma de la señal obtenida es casi senoidal, pero está se puede recuadrar o simplemente determinar sus pasos por cero, lógicamente, hay una velocidad mínima y una velocidad máxima que determinan el margen de aplicación de este método. La falta de respuestas a velocidades bajas, es

una de sus limitaciones principales. En la figura 1.10.b se representa un codificador similar pero con sensor magnetoresistivo. La curva de la línea de campo magnético depende de que zona de la rueda quedan enfrentadas al sensor. La salida es independiente de la distancia a la rueda, dentro del margen de medida.



a)



b)

Figura 1.10. Transductores inductivos.

En la figura 1.11 se presenta otro sistema inductivo pero basado en un núcleo toroidal con dos bobinas. Una se emplea para la excitación, con corriente de 20 a 200 kHz, y otra para la detección. En esta última hay dos estados: "1" cuando se detecta tensión alguna y "0" cuando se detecta una tensión de frecuencia igual a la excitación. El elemento

móvil posee zonas con material magnetizado. De este modo, cuando éste queda delante de la cabeza de lectura la satura por que el flujo que emana del material se suma al creado por la señal de excitación; con el núcleo saturado no se detecta tensión alguna en la segunda bobina ($e = -d\phi/dt$, y ϕ tiene el valor de saturación, constante): estado "1", cuando delante de la cabeza de lectura hay una zona que no posee material magnetizado, la segunda bobina detecta una tensión inducida por la primera, estado "0". Una variante de la técnica anterior emplea también material magnetizado, la segunda bobina detecta, pero el detector es de efecto Hall, magnetoresistivo o de efecto Wiegand [11].

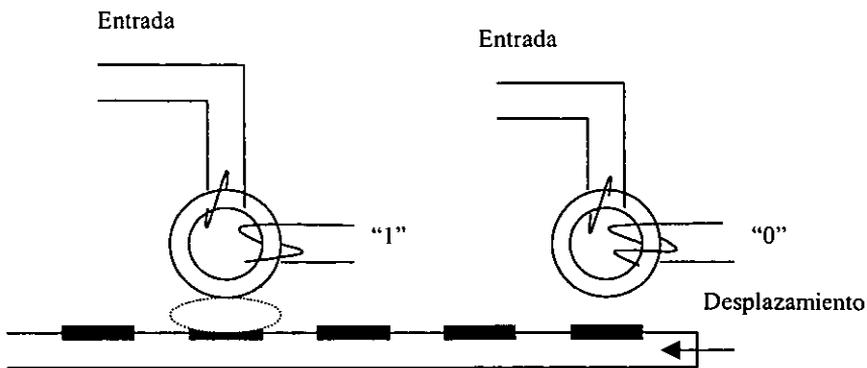


Figura 1.11. Transductor inductivo.

1.2.3. Sistemas láser

Un método óptico para medir dimensiones con mucha exactitud se basa en el principio de la interferencia de la luz. El instrumento basado en este principio se llama interferómetro y se usa en la calibración de los bloques calibradores y otras aplicaciones donde se requieren mediciones dimensionales absolutas con extrema precisión.

El principio de interferencia ofrece la posibilidad práctica de medir pequeños defectos de superficie y calibrar los bloques calibradores; sin embargo, se utiliza un plano óptico inclinado, como el de la figura 1.12.

La luz monocromática de la fuente se colima mediante la lente L en la placa divisora S_2 , la cual es un espejo medio plateado que refleja la mitad de la luz hacia el espejo M ópticamente plano y permite la transmisión de la otra mitad hacia la pieza de trabajo W . Ambos haces se reflejan, se recombinan en la placa divisora S_2 y entonces se transmiten a

la pantalla. Pueden aparecer franjas en la pantalla que resultan de las diferencias en las longitudes de las trayectorias ópticas de los dos haces.

Si el instrumento está construido de manera apropiada, estas diferencias ocurren por las variaciones dimensionales de la pieza de trabajo.

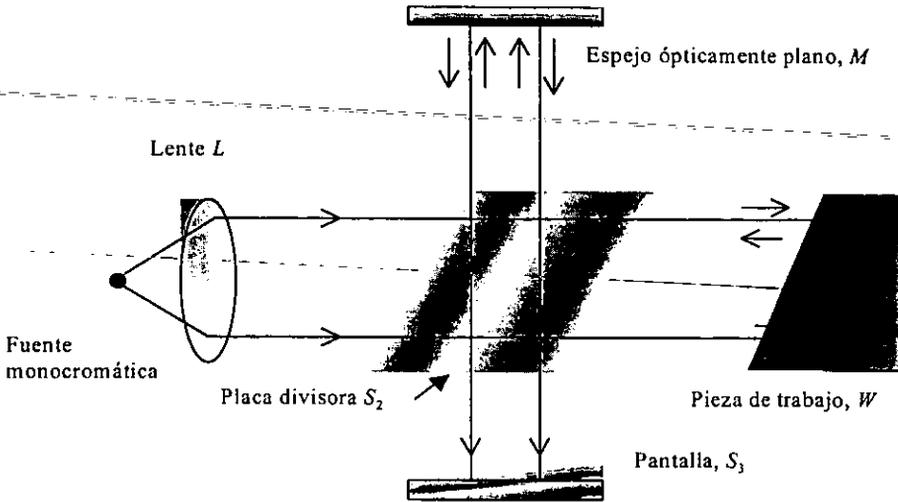


Figura 1.12. Esquema del interferómetro.

La longitud de onda de la luz de la fuente monocromática influye en el espaciamiento de las franjas. La tabla 1.1 que se muestra a continuación detalla las longitudes de onda de algunas fuentes comunes de luz y el intervalo correspondiente entre franjas de media longitud de onda.

Fuente	Longitud de onda μm	Intervalo de franja de media longitud de onda μm
Helio	0.589	0.295
Kriptón 86	0.606	0.303
Mercurio 198	0.546	0.273
Sodio	0.598	0.299

Tabla 1.1. Longitudes de onda

La serie de dispositivos de medición vía láser, LE, son sensores ópticos que miden la distancia entre el sensor y un reflector sin hacer contacto físico.

Para este propósito, el láser o el reflector, es adherido a un objeto móvil, ya sea el reflector o el sensor están sujeto a una estación para que el reflector este siempre en el campo de visibilidad, figura 1.13.

El diodo láser emite un haz de luz el cual es reflejado por el reflector. La señal reflejada es a su vez recibida por un detector en el mismo dispositivo. La posición de fase de la señal recibida, en referencia a la fase de la señal de salida, es la medición de la distancia. El valor absoluto de distancia obtenido de esta forma es transferido a la unidad de control a través de la interfaz.

Los parámetros del dispositivo de medición vía láser pueden ser reconfigurados para aplicaciones específicas o requerimientos por medio del software de programación EPROG. Parámetros tales como resolución, formato de datos, código de palabras de datos, interruptores de limite, valores prefijados, bits de señal e interruptores de señal pueden ser programados.

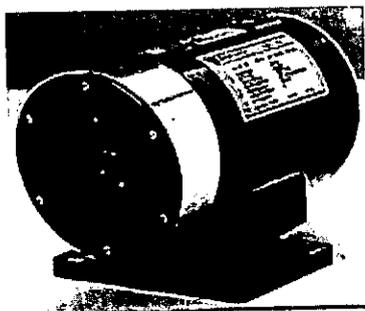


Figura 1.13. Dispositivo de medición vía láser, LE.

1.3. Medición de planitud en grandes áreas

En la actualidad, la industria de la construcción esta aumentando la capacidad de almacenamiento en bodegas mediante la incorporación de diseños verticales de áreas de almacenamiento y de montacargas. Tal filosofía de diseño aumenta la capacidad de almacenamiento en un 60% o más, ahorrando miles de dólares al utilizar espacio todavía disponible, como se muestra en la figura 1.14. De esta forma el volumen de almacenamiento se incrementa al aumentar la altura de la bodega conservando la misma superficie de terreno disponible. No obstante, el área del terreno generalmente es grande, abarcando algunos miles de metros cuadrados.

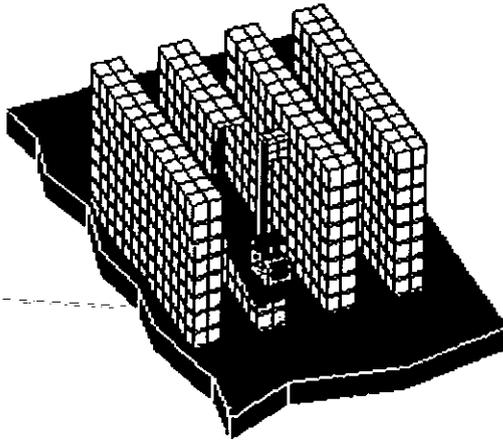


Figura 1.14. Bodega vertical y montacargas.

La palabra *superflat* fue introducida inicialmente por la compañía Face [13] en los 70's para describir la planitud y nivelación requerida en los pisos para soportar la velocidad nominal (libre de problemas) de los montacargas verticales conocidos como *VNA lift trucks* [3] (Very Narrow Aisle lift trucks, montacargas de Pasillo Muy Estrecho). Para conseguir un alto grado de confiabilidad en el desplazamiento de los montacargas entonces es necesario obtener altos grados de exactitud en planitud y nivelación de los pisos *superflat* sobre los cuales se desplazarán los vehículos. Por lo tanto, la forma de un piso *superflat* debe ser especificada con gran exactitud. También se requieren de técnicas especiales de acabado en pisos y de una continua medición del control de calidad durante la vida útil del mismo.

Los pisos no sólo son medidos por su planitud, sino también por su nivelación. De esta forma las literales F_F y F_L simplemente significan planitud de piso y nivelación de piso (Floor Flatness y Floor Levelness). La literatura reporta el procedimiento para obtener los números F_F y F_L a partir de mediciones dimensionales [13]. Para pisos con tráfico aleatorio, la calidad del piso esta comúnmente determinado por

$$F = \frac{100F_F}{50F_L}$$

Entonces, un piso *superflat* cumple con la condición de número F
 $F_{\min}=100$.

La industria de la construcción en concreto utiliza dispositivos específicos de medición para pisos específicos. Un ejemplo es el "perfileografo", que es usado para medir pisos superflat. Otro ejemplo es el medidor de perfiles de piso Dipstick, que es usado para medir pisos de tráfico aleatorio y caminos de concreto, ver la siguiente sección.

Para proporcionar una mejor idea acerca del sistema de números F , la figura 1.15 muestra una gráfica que relaciona los números F con una topografía de ejemplo en el piso [13].

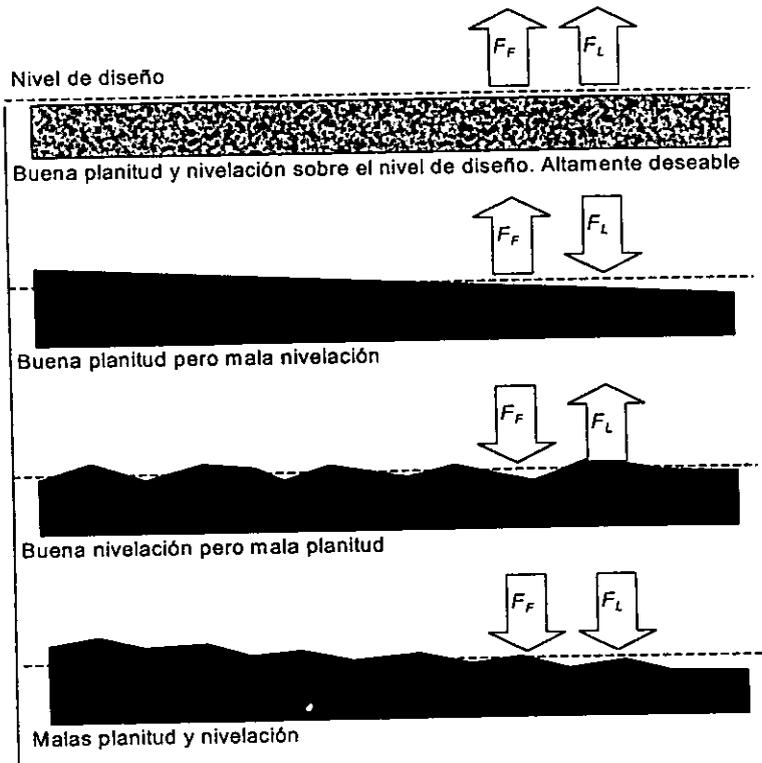


Figura 1.15. Números F y su relación con la geometría de un piso.

1.4. Instrumentación utilizada en la medición de grandes áreas

La industria de la construcción en concreto utiliza dispositivos específicos de medición para pisos específicos. Un ejemplo es el

“perfileografo”, que es usado para medir pisos superflat. Otro ejemplo es el medidor de perfiles de piso Dipstick, que es usado para medir pisos de trafico aleatorio y caminos de concreto [13], ver figura 1.16.



Figura 1.16. Medidor de perfiles.

El Dipstick tiene las siguientes ventajas:

- Manejo fácilmente por un usuario.
- Armado en minutos.
- Produce reportes en segundos.

Las desventajas de los instrumentos anteriores principalmente del Dipstick son:

- Es necesario un usuario que lo desplace por la superficie a medir.
- En la medición de grandes superficies, abarca poca área.
- Los reporte generados son necesario pasarlos manualmente a una hoja de calculo para su posterior análisis y proceso.

CAPITULO 2

Sistema electrónico para el robot usado en la medición de planitud de grandes áreas

En la actualidad en el Centro de Instrumentos UNAM, particularmente en el Laboratorio de metrología, existe un diseño mecánico para la medición de planitud de grandes áreas. Tal diseño fue pensado como un método de medición rápido, confiable y de operación completamente automática, que consiste en el levantamiento manual de lecturas de desplazamiento y ángulo.

Ante la carencia de un sistema electrónico completamente autónomo que cumpla su función en la prestación de servicios de medición de planitud en grandes áreas, nuestra labor en electrónica y computación es automatizar y rediseñar este prototipo mecánico para que cumpla el objetivo esperado, consistiendo en una autonomía completa, para delegar el enorme trabajo de levantamiento y procesamiento de lecturas a los sistemas electrónicos de control y computo modernos.

En este capítulo hacemos una descripción general del robot, analizando a grandes rasgos su principio de operación. Posteriormente continuaremos con la descripción de los subsistemas que lo componen, empezando por el impulsor, el cual consiste de un motor de CD, el guía compuesto por un motor a pasos el cual corrige el rumbo del robot para que siga una línea recta, la adquisición de lecturas que consiste en

transductores de posición y ángulo los cuales son accedidos mediante los circuitos comerciales, el de comunicaciones por radio frecuencia y el sistema de control que es el microcontrolador MC68HC11E2 [8]. En el siguiente punto se explica el algoritmo de control, mostrando como están relacionadas las etapas mencionadas anteriormente con el microprocesador, para finalizar con el principio de operación y su implementación en lenguaje ensamblador del MC68HC11E2, esto desde el punto de vista de operación y programación.

2.1 Introducción general

En este sistema de medición existen dos componentes "hardware" y "software" físicamente separados pero interactuando a través de un enlace de comunicaciones RF. El primer componente es un robot controlado automáticamente en un recorrido recto sobre el piso a medir y el cual transporta dispositivos ópticos para la medición de longitud y ángulo. El mismo controlador obtiene lecturas y las transporta vía RF a una computadora huésped. El desplazamiento autónomo del robot es dirigido mediante un dispositivo apuntador láser colocado en el extremo opuesto de la trayectoria a recorrer. En el robot existen sensores guía que detectan las desviaciones sobre la trayectoria predefinida de manera que se pueda corregir la dirección. Asimismo, el robot posee sensores de longitud de desplazamiento que le indican el momento para adquirir lecturas. El segundo componente es un programa para PC y una estación receptora de RF en espera del arribo asíncrono de lecturas para procesarlas y así obtener los números F que describen la calidad del piso. El esquema descrito para la medición se muestra en la figura 2.1.

El sistema electrónico en el robot está compuesto por un control principal basado en el microcontrolador MC68HC11, y subsistemas de guía, desplazamiento autónomo, adquisición de datos y comunicaciones RF, como se muestra en la figura 2.2. El programa en ensamblador para el HC11 implementa el algoritmo de control en un esquema fuertemente basado en interrupciones asíncronas de éste microcontrolador.

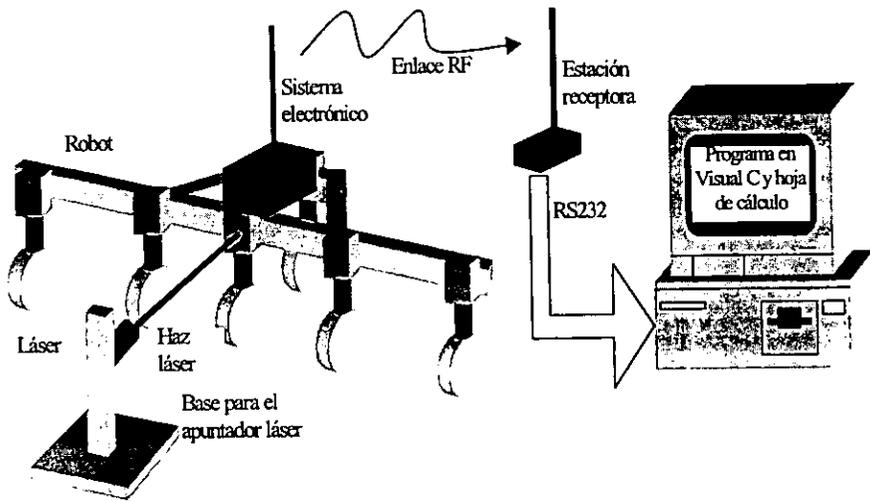


Figura 2.1. Instrumento para la medición de planitud y nivel de grandes áreas.

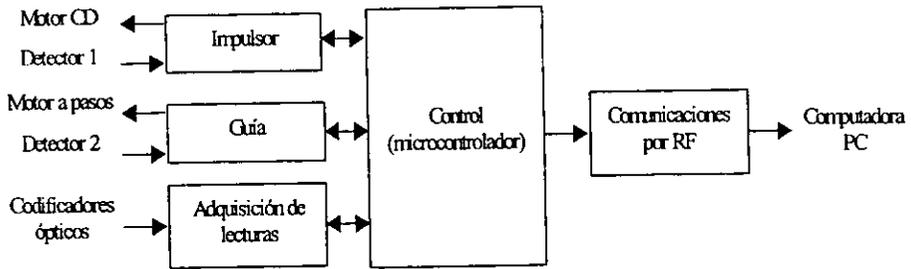


Figura 2.2. Sistema electrónico.

2.2 Descripción de los subsistemas

La descripción de los subsistemas explica cada una de las partes que componen al robot que lo hace ser independiente y autónomo. Este apartado consiste de cinco puntos que son el subsistema impulsor, subsistema guía, subsistema para la adquisición de lecturas, subsistema de comunicaciones por radio frecuencia y subsistema de control. La implementación detallada de los subsistemas se presenta en los diagramas esquemáticos del anexo A.

Cada uno de los puntos es esencial para la implementación del algoritmo de medición, el subsistema impulsor consta de un motor de CD

que dota al robot de movilidad, el subsistema guía consta principalmente de un motor a pasos que corrige la desviación del robot, el subsistema de adquisición de datos consiste de los sensores de desplazamiento y ángulo que adquieren los datos de las condiciones del piso, el subsistema de comunicación por radio frecuencia es un modulo de envío de datos y otro modulo de recepción y finalmente el de control que consiste de un microcontrolador que es encargado de las instrucciones a los módulos anteriores.

2.2.1 Subsistema impulsor

El subsistema de desplazamiento autónomo dota al robot de movilidad controlada. El sensor óptico identificado como "Detector 1" permiten el avance controlado del robot sobre la trayectoria para detenerse en forma estable cada .30cm y capturar lecturas de desplazamiento y ángulo. El detector 1 genera una interrupción, IRQ, en el microcontrolador para atender el flujo del algoritmo de control. El movimiento del robot es controlado al impulsar un motor CD solidario al mecanismo de avance en el robot a través del puerto D del HC11, figura 2.3.

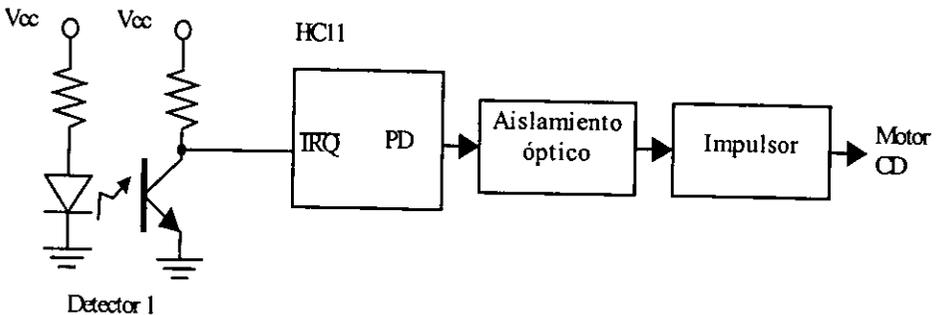


Figura 2.3. Subsistema de desplazamiento.

2.2.2 Subsistema guía

El subsistema guía es la interfaz hardware para la detección de la desviación de la trayectoria recta y para la corrección de dirección. La trayectoria es predefinida mediante un apuntador láser común colocado en el extremo opuesto. La detección de la trayectoria se lleva a cabo mediante sensores ópticos infrarrojos identificados como "Detector 2". Entonces el detector 2 indica el sentido de corrección en la dirección del

robot de la siguiente forma (ver figura 2.4.): si PE7=1 entonces corrige a la derecha, si PE6=1 entonces corrige a la izquierda, si PE7=PE6=0 entonces no hay corrección. La corrección se lleva a cabo al impulsar un motor de pasos solidario al mecanismo de dirección en el robot a través del puerto A del HC11.

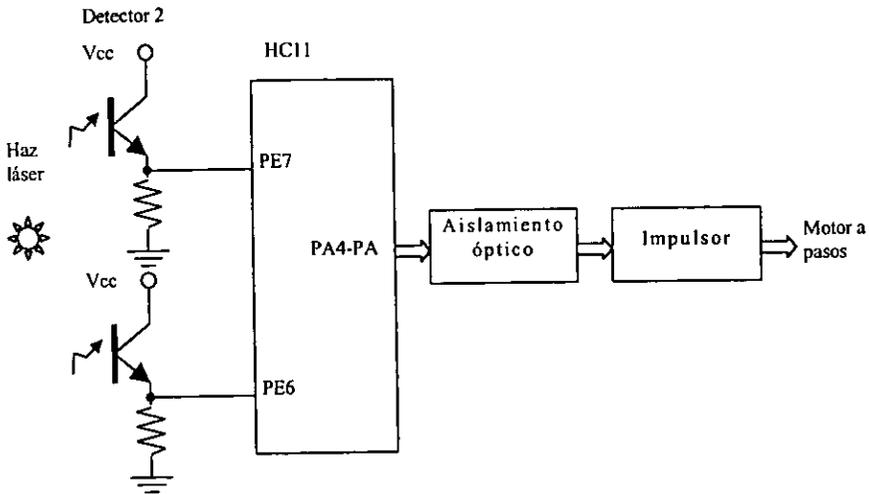


Figura 2.4. Subsistema guía.

2.2.3 Subsistema para la adquisición de lecturas

El subsistema de adquisición de datos consta de tres circuitos de interfaz entre microprocesador y codificadores ópticos, LS7266R1 [15], tres codificadores ópticos lineales para la medición de desplazamiento [16] y dos codificadores ópticos de péndulo o inclinómetros para la medición de ángulo [17]. El HC11 controla las acciones de configuración, lectura y escritura en los R1 para la adquisición de datos a través de sus puertos C y B. La configuración utilizada se muestra en la figura 2.5. La adición de este nuevo subsistema contribuye a una mejora sustancial con respecto al diseño previo [9]. En este sentido, conseguimos un ahorro notable de energía que prolonga la vida útil de las baterías.

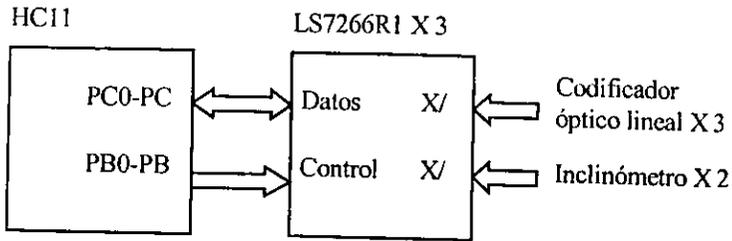


Figura 2.5. Subsistema de adquisición de datos.

2.2.4 Subsistema de comunicaciones por radio frecuencia

El subsistema de comunicaciones RF consiste de un módulo transmisor, TXM-900-HP-II [7], controlado por el puerto serie RS232 del HC11, PD. El TXM en conjunto con el RXM, funcionan como reemplazo inalámbrico del enlace serie entre dos equipos de comunicaciones. El TXM opera con modulación OOK en la banda de 900MHz, alcanzando distancias de hasta 100m en línea de vista. La configuración utilizada se muestra en la figura 2.6. La inclusión de este nuevo subsistema mejora el desempeño del trabajo previo [9] al aumentar la distancia entre el robot y la estación receptora. Lo anterior nos permite realizar en forma más cómoda la medición de grandes áreas.

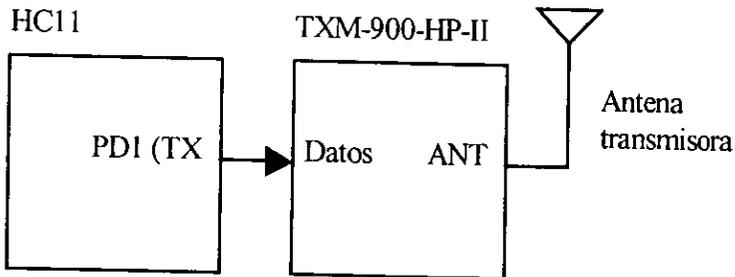


Figura 2.6. Subsistema de comunicaciones RF.

El subsistema de comunicaciones RF se complementa con la estación receptora en el extremo opuesto del enlace. La estación receptora esta compuesta por un módulo receptor RXM-900-HP-II [6] y un desplazador de nivel MAX232. El RXM genera la señal de recepción de datos y el MAX232 acondiciona la señal al puerto serie RS232 de la computadora. La configuración utilizada se muestra en la figura 2.7.

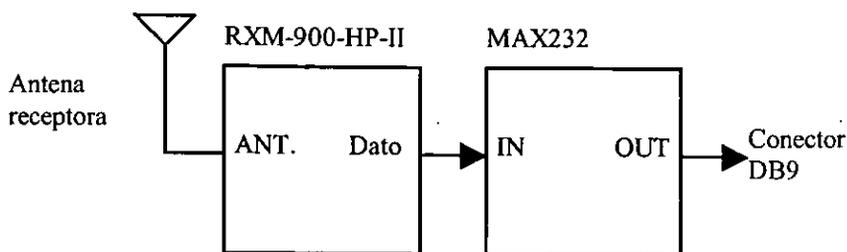


Figura 2.7. Estación receptora.

2.2.5 Subsistema de control

El sistema de control está constituido por el microcontrolador MC68HC811E2 [8], el cual es el cerebro de este instrumento de medición, figura 2.8. El MC68HC11 es un MCU de 8-bits que utiliza tecnología HCMOS que lo hace de tamaño pequeño y rápido con un bajo consumo de energía, y alta inmunidad al ruido.

Se proporcionan funciones periféricas al chip. Ocho canales analógico-digital (A/D) de conversión incluido con ocho bits de resolución.

Una interface de comunicación serie asíncrona (SCI) y una interface periférica serie sincrónica (SPI) están incluidas.

Las principales características MC68HC11E2 son:

- Contiene 52 pines.
- No contiene ROM y EPROM.
- 256 bytes de RAM.
- 2048 bytes (2kb) de EEPROM.
- Dos puertos seriales (SCI y SPI).
- Un convertidor A/D de 8 canales, 8 bits.
- Voltaje de operación es 5.0V.
- La Frecuencia del Bus(Max) es 2(MHz).

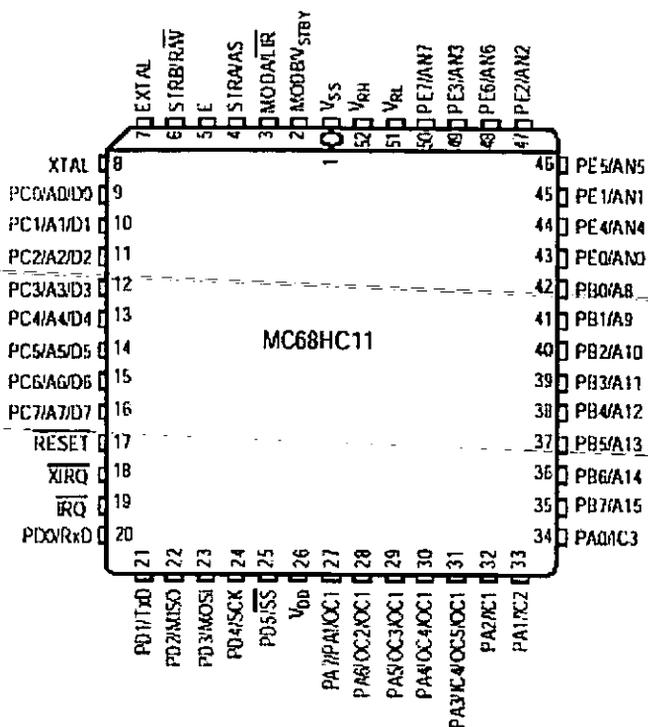


Figura 2.8. Pines asignados al MC68HC11E2.

Contiene 5 puertos que son el puerto A, puerto B, puerto C, puerto D y puerto E como se muestra en la figura 2.9 que es el diagrama de bloques del microcontrolador MC68HC11. En este diagrama se aprecia como esta constituido internamente dándole al programador una visión general de los recursos que dispone.

En la figura 2.10. se muestran los siete registros del CPU disponibles para el programador. Los dos acumuladores de 8-bits (A y B) pueden usarse por algunas instrucciones como un acumulador de 16-bits llamado registro D.

También contiene un registro indexado X, un registro indexado Y, para el acceso a datos y el stack pointer y el program counter para el control del flujo del programa.

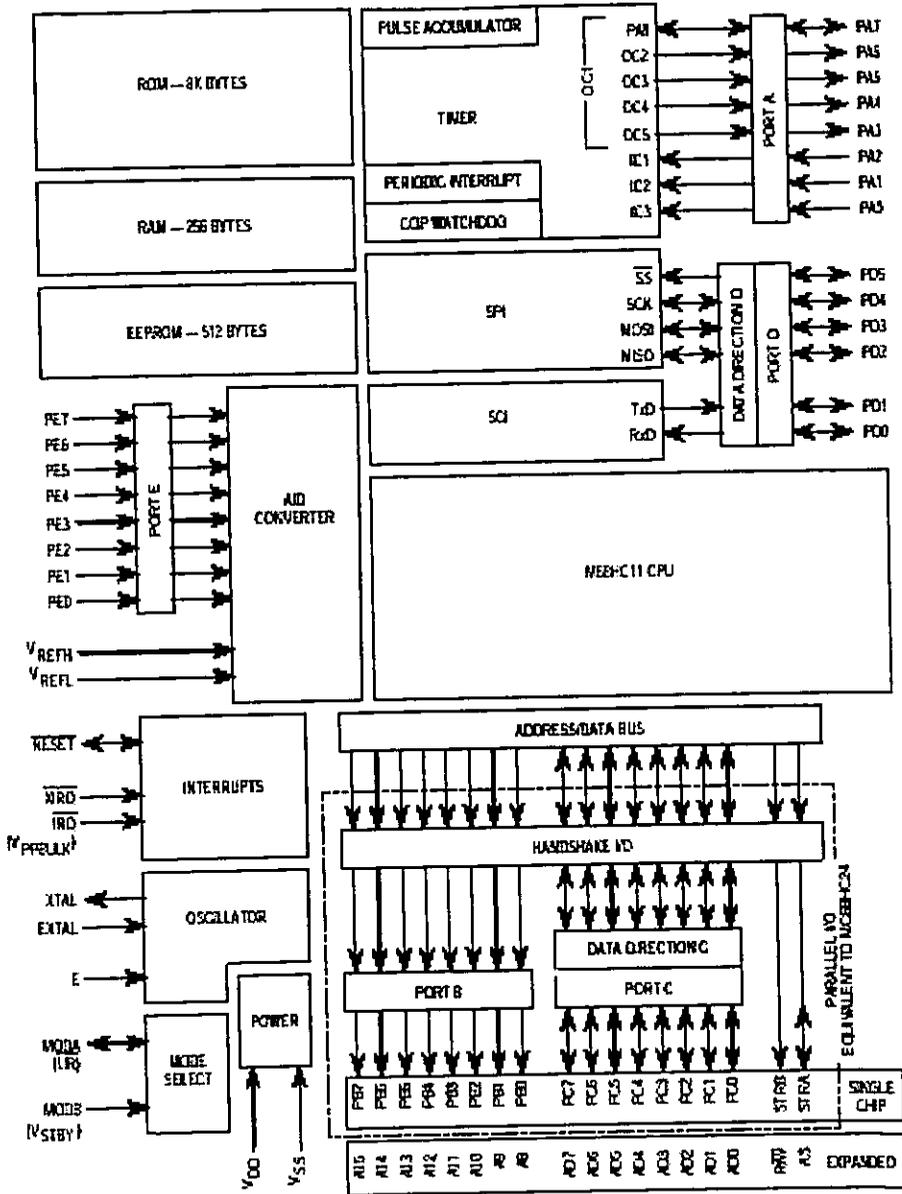


Figura 2.9. Diagrama de bloques del M68HC11

En la parte inferior de la figura 2.10 se muestra el registro de código de condición (CCR), el cual contiene ocho banderas que son la de acarreo (C), sobreflujo (V), cero (Z), la del negativo (N), interrupción mascarable I (I), medio acarreo (H), interrupción mascarable X (X) y deshabilitación del stop (S).

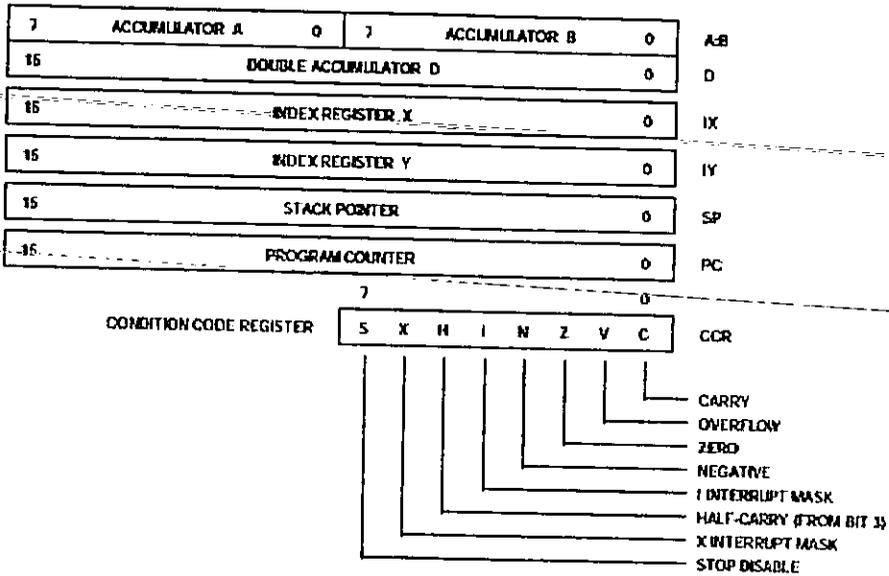


Figura 2.10. Modelo del programador MC68HC11.

Este microcontrolador puede trabajar en cuatro modos de hardware, los cuales se pueden seleccionar con la combinación de dos entradas al microcontrolador que son MODA y MODB, figura 2.11. Los modos de operación son Single chip, expandido, bootstrap y test especial.

Inputs		Mode Description	Control Bits in HPRIO (Latched at Reset)			
MODB	MODA		RBOOT	SMOD	MDA	IRV
1	0	Normal single chip	0	0	0	0
1	1	Normal expanded	0	0	1	0
0	0	Special bootstrap	1	1	0	1
0	1	Special test	0	1	1	1

Figura 2.11. Selección de los modos de hardware.

Para nuestro propósito utilizamos el modo Single Chip. El diagrama de conexión para esta configuración esta dada en la figura. 2.12.

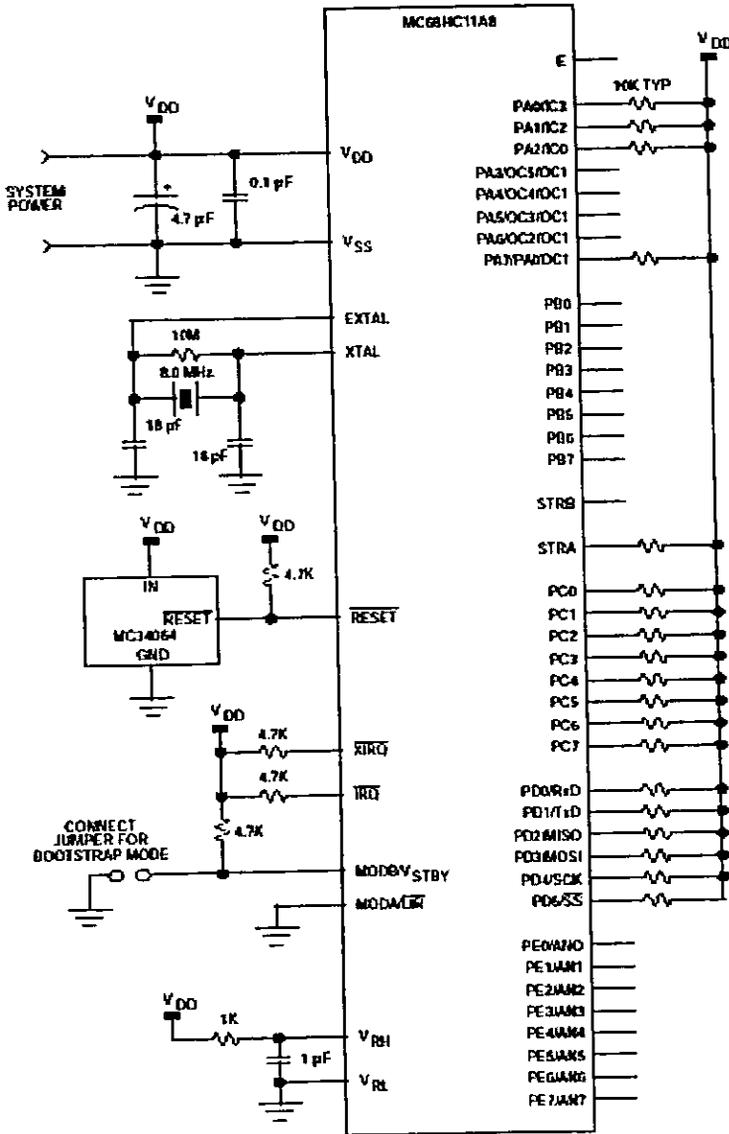


Figura 2.12. Diagrama de conexión en modo Single Chip.

Se considero un modo single chip, por que con los 2k bytes de memoria EEPROM bastaban para almacenar el programa en ensamblador.

De la figura anterior los pines VRH y VRL son los voltajes de referencia del convertidor A/D, conteniendo a la entrada un filtro paso bajas para aislar el ruido del suministro de la fuente de poder que es sensible a las medidas analógicas. Debe haber por lo menos 2.5V entre VRL y VRH para la exactitud en las conversiones A/D, figura 2.13.

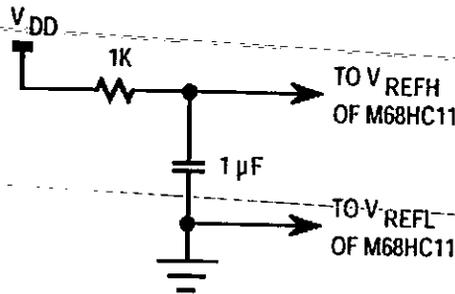


Figura 2.13. Filtro paso-bajas para el convertidor A/D.

La arquitectura desarrollada contiene exteriormente un circuito de reset, figura. 2.14. Cuando se activa en un nivel bajo, es usado para inicializar el MC68HC11 puesto que no sabemos en que condiciones se encuentra al inicio.

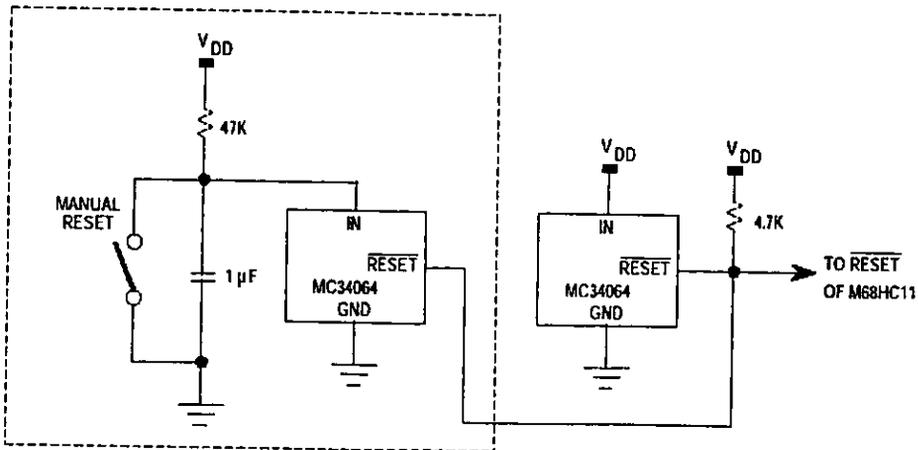


Figura 2.14. Circuito de reset.

El MC34064 proporciona una salida open-drain directamente en la entrada del reset del MC68HC11.

El pin del oscilador es impulsado por un cristal externo, figura 2.15. Se utiliza una configuración para cristales de alta frecuencia (arriba de 1 MHz), En nuestro caso utilizamos un cristal de 8MHz. En la configuración la resistencia $R_f=10\text{ M}\Omega$ provee una corriente directa de bias a la entrada de la NAND interna del HC11. Los capacitores C1 y C2 son de 18pF.

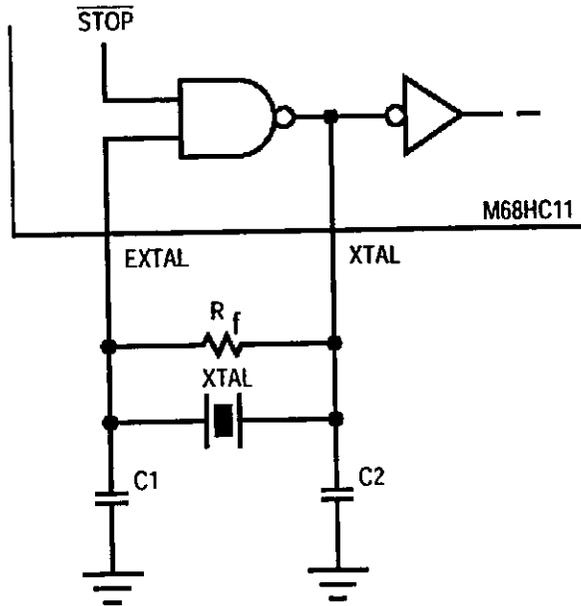


Figura 2.15. Conexión del cristal para altas frecuencias.

2.3 Algoritmo de control

El algoritmo de control para este robot es el programa en ensamblador residente en el MC68HC811E2, este es el encargado de gobernar el comportamiento de los subsistemas periféricos.

El programa en ensamblador para el HC11 implementa un algoritmo de medición en un esquema fuertemente basado en interrupciones asíncronas de éste microcontrolador.

El algoritmo de control consta principalmente de dos bloques bien definidos.

- a) El programa principal que consiste en el inicio de la adquisición de datos, continuando con el inicio de las comunicaciones, el inicio de los sistemas de desplazamiento y guía y finalmente en una encuesta continua del detector 2 (sensores ópticos infrarrojos) en los cuales, si llega una señal de control, corregirá la dirección mediante un motor a pasos.
- b) El servicio de atención a la interrupción debida al detector 1 (optoacoplador), desempeña la siguiente secuencia: detiene el motor de CD, lee los codificadores ópticos, envía las lecturas vía RF y finalmente activa el motor de CD.

Desde el punto de vista del programador, a continuación se analiza la afectación de los registros, la secuencia de las rutinas necesarias, así como el acceso a los puertos del microcontrolador.

2.3.1 Principio de operación

En el MC68HC811E2 reside el algoritmo para el control de las diversas funciones del robot. La figura 2.16. muestra el diagrama a bloques simplificado del algoritmo de control.

Este programa se divide en dos partes importantes que es el programa principal y la interrupción por el detector 1 introducidas en el inicio de la presente sección.

El programa principal inicia con el reconocimiento de los LS7266R1 y los prepara para la adquisición de datos mediante la secuencia que establece el fabricante, luego configura los parámetros de comunicación con el que el HC11 enviará los datos, posteriormente inicia el motor de DC para desplazar el robot, luego entra en un lazo con el motor a pasos en espera de algún evento generado por los sensores ópticos infrarrojos identificados como "Detector 2" el cual dará la señal para la corrección del robot mediante dos secuencia almacenadas en RAM que hacen girar el motor a pasos a la izquierda o a la derecha.

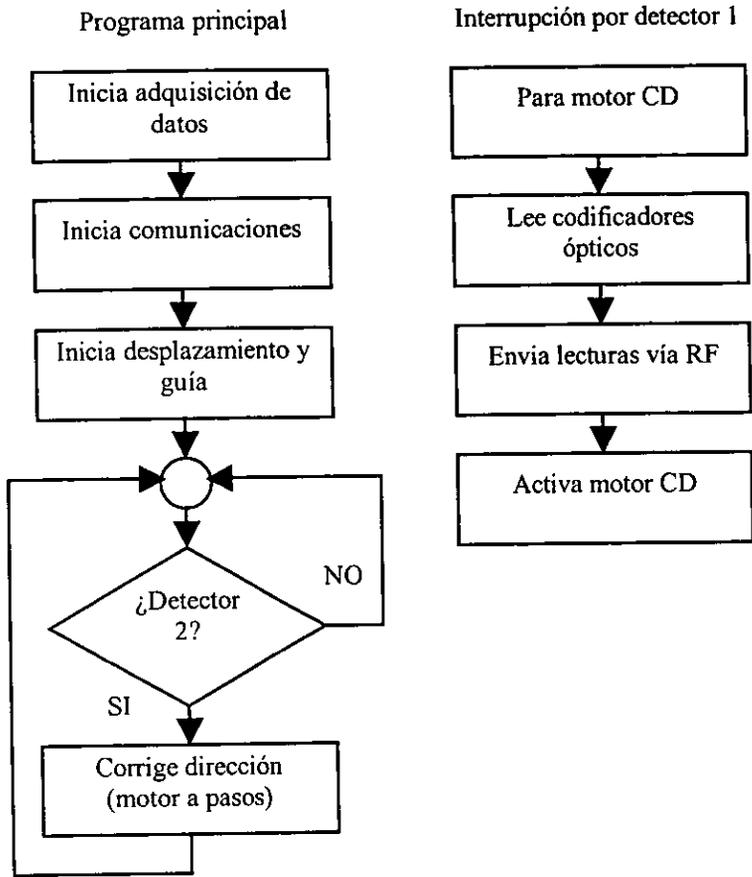


Figura 2.16. Algoritmo de control

La segunda parte corresponde a una interrupción por medio del detector 1 que genera una interrupción, IRQ, en el microcontrolador para atender el flujo del algoritmo de control. Durante esta interrupción se realizan las siguientes actividades: leer la información de los codificadores ópticos y lineales, almacenar las mediciones en localidades de memoria y enviar esa porción de memoria mediante puerto serie y enlace RF. En este ultimo punto se preparan los registros necesarios SCDR y SCSR dedicados a la comunicación, finalmente se activa de nuevo el motor al salir de la interrupción para seguir el proceso en donde fue interrumpido.

2.3.2 Implementación en lenguaje ensamblador MC68HC811E2

Como se menciona en el apartado anterior la implementación en lenguaje ensamblador del MC68HC11E2 para el control del robot esta compuesto de dos etapas que son:

- a) Programa principal
- b) Interrupción por detector 1.

A continuación se realiza una breve descripción de la implementación software obviando los detalles.

a) Programa principal

El inicio de la adquisición de datos comienza con reconocimiento de los LS7266R1 [15], consiste en seguir una secuencia para poder accederlos, utilizando el puerto B y el puerto C del MC68HC11 así como el reloj E. La correspondencia con los LS7266R1, figura 2.17, es (PC0-D0), (PC1-D1), (PC2-D2), (PC3-D3), (PC4-D4), (PC5-D5), (PC6-D6), (PC7-D7), (PB0-CS1), (PB1-CS2), (PB2-CS3), (PB3-RD), (PB4-WR), (PB5-CD), (PB6-XY), (E-FSK). Se considera el acceso en paralelo por lo cual hay que habilitar un R1 a la vez y deshabilitar los otros para leer la información de cada uno sin que haya conflicto entre ellos. La secuencia de las instrucciones para un LS7266R1 es:

1. Deshabilitar el Registro Índice.
2. Reset E al Registro de Banderas.
3. Reset al Byte Poyter (X,Y).
4. FCK Divisor de Frecuencia.
5. Transferir el PR0 al PSK(X y Y).
6. Habilitar las entradas A y B (X,Y).
7. Cuadratura Múltiple de 4.
8. Reset Counter (X,Y).
9. Reset Byte Poyter.
10. Valores de salida (0x12).
11. Valores de salida (0x34).
12. Valores a la salida (0x56).
13. Transfiere el Preset al Counter.
14. Transfiere CNTR al OL.
15. Reset Counter.
16. Reset Byte Poyter.
17. Deshabilitación del Chip1.

18. Lee salida del latch (0x12).
19. Lee salida del latch (0x34).
20. Lee salida del latch (0x56).
21. Reset Byte Poyter.
22. Valores de salida (0x78).
23. Valores de salida (0x9A).
24. Valores de salida (0xBC).
25. Deshabilitación del Chip1.
26. Tranfiere CNTR a OL.
27. Reset al Byte Poyter.
28. Deshabilitación del Chip1.

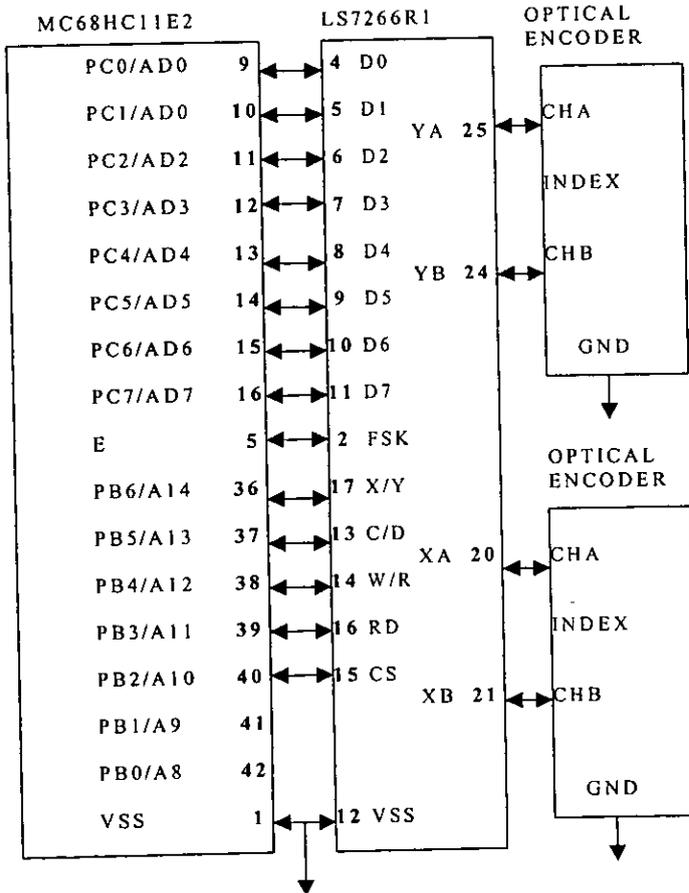


Figura 2.17. Interconexión entre el HC11 y los LS7266R1.

Por ejemplo las instrucciones para el primer punto son:

```

BSET      PORTBI, X, $01
LDAB     # $FF
STAB     DDRC
LDAB     # $E0
LDAA     # $3E
STAA     PORTB
STAB     PORTC
LDAA     # $2E
STAA     PORTB
LDAA     # $3E
STAA     # PORTB

```

Como se observa en el fragmento de código en ensamblador, primero se desactiva el LS7266R1, para luego poner como salida el puerto C, y así, mandar la información respectiva al LS7266R1. También se analiza que la secuencia de lectura o escritura del dato es un bajo, un alto y un bajo para controlar las señales WR o RD.

El sistema utiliza 3 chips LS7266R1, por lo cual lo anterior se repite cinco veces, teniendo cuidado que no haya conflictos en la afectación de los registros ocupados.

El inicio de las comunicaciones consiste en iniciar el SCI, con una configuración de un bit de inicio, 8 bits de datos, un bit de parada, y una transmisión de 1200 baud.

El inicio del motor DC se activará para que este funcionando continuamente mientras no se genere la interrupción, esto se realiza con el siguiente fragmento de código.

```

CLI
BSET      PORTDI, Y, $20

```

Las secuencias de pasos del motor a pasos se almacena en memoria RAM, una para el giro a la izquierda y otra para el giro a la derecha.

El motor a pasos estará operando continuamente, esperando un evento en el "Detector 2" ocasionado por un haz de luz láser, mencionado en una sección anterior, si PE7=1 entonces corrige a la derecha, si PE6=1 entonces corrige a la izquierda, si PE7=PE6=0 entonces no hay corrección.

Al inicio del programa se determina un umbral de luz para fijar el parámetro de luz que incide sobre los detectores esto es:

UMBRAL EQU \$20

b) Interrupción por detector 1

La interrupción tiene como finalidad detener en forma estable cada 30 cm el motor de CD y capturar lecturas de desplazamiento y ángulo.

Esto se consigue con una interrupción, IRQ, en el microcontrolador para atender el flujo del algoritmo de control, en el siguiente fragmento de código en ensamblador se analiza esta interrupción.

```
Intirq  SEI
        LDY      #$1000
        BCLR     PORTBI,Y,$20
        LDAB     #$05
LOOP2   LDX      #$FFFF
LOOP1   DEX
        CPX      #$0000
        BNE     LOOP1
        DECB
        CMPB    #$00
        BNE     LOOP2
```

Ejecutada la interrupción, el programa en ensamblador se va a la dirección de memoria FFF2 donde se encuentra el servicio de atención a la interrupción, Intirq, posteriormente hay un contador que permite al programar enviar los datos almacenados en memoria.

La secuencia de la adquisición de datos se hace tomando las lecturas mediante los "Optical Encoder" [16] y los "T2 Inclínometer" [17] leyéndolas con los LS7266R1 en donde la secuencia de pasos es la siguiente:

1. Deshabilitación del Chip1.
2. Tranfiere CNTR a OL.
3. Reset al Byte Poyter.
4. Deshabilitación del Chip1.
5. Lee salida del latch (0x56).
6. Lee salida del latch (0x34).
7. Lee salida del latch (0x12).
8. Deshabilitación del Chip1.
9. Tranfiere CNTR a OL.
10. Reset al Byte Poyter.
11. Deshabilitación del Chip1.
12. Lee salida del latch (0xBC).
13. Lee salida del latch (0x9A).

14. Lee salida del latch (0x78).

Un fragmento del código en lenguaje ensamblador de la adquisición de datos en el punto 5 es:

```
LDAA    #$1E
STAA    PORTB
LDAA    #$16
STAA    PORTB
LDAB    PORTC
LDAA    #$1E
STAA    PORTB
STAB    BYTE3
```

En el fragmento en código ensamblador se obtiene el dato por el puerto C y se manda a una localidad de memoria llamada BYTE3. Para su posterior transmisión.

Un problema con el envío de datos es que el MC68HC11E2 solo maneja lógica de 8 bits y con los sensores se deseaba el envío de mediciones de 24 bits. Por lo cual fue necesario convertir tres bytes de medición en seis bytes de lectura ASCII.

Continuando con el código en ensamblador para que el BYTE3 se ordene y divida en dos ASCII, A5 y A6, es:

```
LDAA    BYTE3
LSRA
LSRA
LSRA
LSRA
STAA    G5
LDAB    BYTE3
ANDB    #$0F
STAB    G6
LDAA    G5
CMPA    #$09
BGT     ADICION1
ADDA    #$30
BRA     SIGUE1
ADICION1 ADDA    #$37
STAA    A5
SIGUE1  LDAA    G6
CMPA    #$09
BGT     ADICION2
ADDA    #$30
```

```

                BRA      SIGUE2
ADICION2 ADDA    # $37
SIGUE2   STAA    A6
    
```

En este fragmento de código se procede primero hacer un ordenamiento del dato para almacenarlo en una localidad de memoria, G5 y G6, posteriormente es dividido y almacenado en otra localidad de memoria, A5 y A6, preparándolo para su envío.

En el siguiente fragmento en código ensamblador se muestra el procedimiento de transmisión de datos

```

                LDX      # $0012
REPITE   LDAB      0,X
                STAB      SCDR
LAZO     LDAA      SCSR
                ANDA      # $80
                BEQ       LAZO
                LDAA      # $20
                STAA      TFLG2
                INX
                CPX      # $0021
                BLO       REPITE
                LDAA      # $20
                STAA      TFLG2
    
```

En el fragmento de código en ensamblador, se inicia con la carga del registro X en la localidad de memoria donde se encuentran los datos a transmitir, para posteriormente afectar los registros de comunicación que son el SCDR y el SCSR, finalmente se hace un lazo en el cual se van enviando los datos hasta finalizar con el fragmento de memoria de mediciones.

Esto se puede verificar en el programa para PC hecho para la recepción de datos, o el programa *hiperterminal*, enviando datos con el MC68HC11E2 y observando que la recepción de datos sea la correcta. Se verifica que en el inicio de una medición la lectura sea en 000000, y se procede a desplazar los transductores *optical encoder*, observando la afectación de la lectura relativa a la puesta en cero inicial.

Se observa en el programa de comunicación que los datos enviados tengan un orden correcto, obteniendo las siguientes mediciones de los tres LS7266R1 en sus sensores X y Y respectivos:

LS7266R1 1		LS7266R1 2		LS7266R1 3
X	Y	X	Y	X
000000	000000	000000	000000	000000
000000	000000	000000	000000	000000
000000	000000	000000	000000	000000

Finalmente se vuelve a arrancar el motor de DC antes de salir de esta interrupción como se observa en el siguiente fragmento de código:

```
LDX  # $1000
BSET PORTDI, Y, $20
```

CAPITULO 3

PROGRAMA PARA PC

Durante el desarrollo de esta tesis, se planeo una interfaz para el operador, que fuera totalmente amigable y fácil de usar por cualquier usuario con conocimientos básicos de metrología y ambiente Windows. Por eso se decidió emplear Visual C++ versión 6 como herramienta de programación.

Visual C++ 6 nos permite, con el uso de las clases y el tipo de programación orientada a objetos, desarrollar un programa de gran calidad en esta tesis, puesto que se quería un ambiente visual con el usuario y al mismo tiempo permitirle al programador estructurarlo de tal forma que fuera ventajoso agregarle nuevas características al código.

El software de usuario permite obtener las lecturas del robot móvil a través de una computadora PC. En el esquema de la figura 3.1. el programa para acceder el puerto serie, llamado *ControlCom*, recibe en forma asíncrona datos y los envía dinámicamente a una hoja de cálculo en Excel. El programa *ControlCom* se desarrollo en forma específica para este proyecto en particular utilizando Visual C++ 6 como herramienta de desarrollo. La forma dinámica de envío de datos asíncronos, conocida como *OLE Automation*, permite la adquisición de lecturas sin la intervención del operador [4]. Posteriormente, y una vez capturadas las lecturas de un segmento del piso a medir, el usuario puede almacenar los datos, graficar o calcular los números F que describen la calidad del piso.

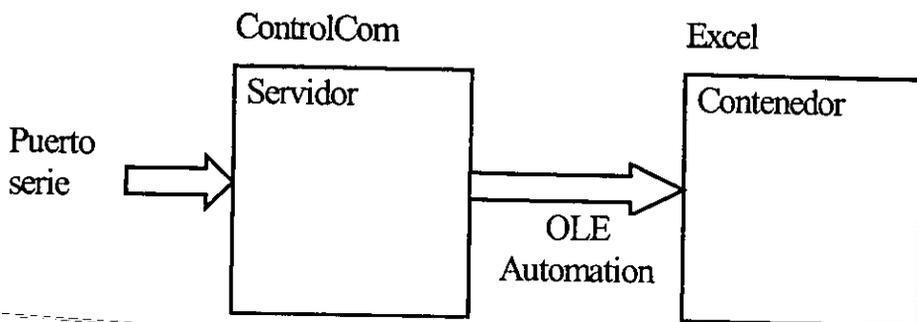


Figura 3.1. Software de usuario.

3.1. Descripción en el ámbito de usuario

Con todos los componentes del sistema acoplados—(computadora, software de operación, sistema electrónico y sistema mecánico), logramos automatizar la adquisición de lecturas en su forma completa. Implementamos un software con algunas herramientas que son necesarias y de gran utilidad en un instrumento automático de medición de planitud. Así se creó el software para la adquisición de datos, *ControlCom*, el cual contiene todo el ambiente para el usuario del planímetro, la adquisición, interpretación de lecturas y transporte a Excel. Este software de operación está compuesto por varios archivos que se mencionan a continuación y que una vez compilados producen el programa aplicación *ControlCom.EXE*, el cual es el programa más importante para el usuario final.

La aplicación *ControlCom.EXE* fue programada utilizando Visual C++ Versión 6 como herramienta de desarrollo, por lo que es una aplicación para plataformas de 32 bits; es decir, requiere de Microsoft Windows versión 95, 98 o NT versión 4 para poder correr. Utiliza principalmente las mediciones de los codificadores ópticos como interfaz entre el robot de medición y la PC. El robot cuenta con cinco fuentes de medición independientes, de las cuales se ocupan tres de estas para recibir las lecturas lineales provenientes de las tres regletas (codificadores ópticos) y dos para medir ángulo de inclinación en el planímetro (inclinómetros). Con estas cinco lecturas, una hoja de cálculo puede evaluar la planitud y los números F que describen la calidad de la superficie sobre la cual se desplaza el robot. A continuación se presenta la descripción del programa en el ámbito del operador en la forma de un manual de operación.

3.1.1. Descripción general del programa

La *Microsoft Foundation Class Library & Active Template Library* (MFC&T) es realmente la base estándar de programación para aplicaciones Windows. El programa *ControlCom.EXE* utiliza algunas características de la MFC&T como las siguientes [1].

- Soporte para documento único.
- Clase de listas, arrays y cadenas.
- Clase relativa al tiempo.
- Clase de objetos visuales como controles y cajas de diálogo.
- Sistema de ayuda.
- Acceso a controles *ActiveX*.
- Intercambio dinámico de datos mediante *OLE Automation*.

También se utilizó otra aplicación de Visual C++ 6. El *COM aplicado*, o al menos un aspecto de él, la automatización OLE la cual contiene la interfaz *IDispatch*, que permite que los programas de C++ se comuniquen con los programas de *Microsoft Visual Basic para Aplicaciones* (VBA) y con los programas escritos en otros lenguajes [4].

En un diálogo de comunicación de Automatización, está siempre presente una relación *maestro-esclavo* claramente definida. El maestro es el *cliente* de Automatización y el esclavo el componente o *servidor* de automatización. El cliente inicia la interacción construyendo un objeto componente o asociándose a un objeto existente de un programa componente que ya se está ejecutando. El cliente llama después a las funciones de interfaz del componente y libera esas interfaces cuando termina. Los posibles entornos de interacción son:

- Un cliente de automatización de C++ utiliza una aplicación de Microsoft o de una tercera empresa como componente.
- Se utiliza un componente de automatización de C++ dentro de una aplicación de Microsoft, que actúa como cliente de automatización. De este modo, el código de VBA puede construir y utilizar objetos C++.
- Un componente de Automatización de C++ es utilizado por un cliente de Automatización de C++.
- Un programa de Visual Basic utiliza una aplicación consciente de la Automatización como Excel.

Los archivos necesarios para compilar la aplicación en Visual C++ son los siguientes:

- *ControlCom.cpp*. Implementa la clase *CControlCom* para la implementación del comportamiento de la aplicación.

- **Excel8.cpp.** Implementa las clases `_Application`, `_Workbook`, `_Worksheet`, `Range`, `Workbooks` y `Worksheets` para la funcionalidad de Automatización.
- **mscomm.cpp.** Implementa la clase `CMSCComm` que es parte del control `ActiveX`, `MSCOMM32.OCX`, que encapsula la funcionalidad del control de comunicaciones.
- **ParamCom.cpp.** Implementa la clase `CParamCom` para visualizar la caja de dialogo *Configuración* que le permitirá establecer los parámetros con los que se realizaran las comunicaciones.
- **MainFrm.cpp.** Implementa la clase `CMainFrame` para el registro de las barras de estado y herramientas.
- **ControlComDoc.cpp.** Implementa la clase `CControlComDoc` para la serialización de archivos de lecturas (lectura escritura).
- **ControlComView.cpp.** Implementa la clase `CcontrolComView` que forma la visualización de la aplicación.
- **StdAfx.cpp.** Incluye librerías y archivos estándar precompilados.
- **ControlCom.h.** Incluye prototipos y definiciones para `ControlCom.cpp`.
- **Excel8.h.** Incluye prototipos y definiciones para `Excel8.cpp`.
- **mscomm.h.** Incluye prototipos y definiciones para `MSComm.cpp`.
- **ParamCom.h.** Incluye prototipos y definiciones para `ParamCom.cpp`.
- **MainFrm.h.** Incluye prototipos y definiciones para `MainFrm.cpp`.
- **ControlComDoc.h.** Incluye prototipos y definiciones para `ControlComDoc.cpp`.
- **ControlComView.h.** Incluye prototipos y definiciones para `ControlComView.cpp`.
- **Resource.h.** Incluye definiciones de constantes.
- **StdAfx.h.** Incluye prototipos y definiciones para `StdAfx.cpp`.
- **ControlCom.ico.** Icono de aplicación.
- **ControlCom.rc.** Archivo de recursos.
- **ControlCom.odl.** Archivo de proyecto, que es un archivo de texto que describe el componente en un ODL.
- **ControlCom.rc2.** Archivo de recursos.
- **Control.reg.** Archivo para manipulación de los datos de registro.

3.1.2. Software de operación

El programa para la adquisición de datos, *ControlCom.EXE*, está diseñado bajo un ambiente amigable para el usuario; Incluye menús de

"persiana", soporte para comunicaciones serie RS232 y enlace dinámico con Excel.

El programa *ControlCom* es la interfaz con el usuario para:

- Obtener los datos del planímetro mediante el puerto serie y estación RF receptora.
- Procesar los datos para su calibración.
- Establecer el enlace con Excel y colocarlo en primer plano.
- Almacenar los datos en las casillas correspondientes de Excel.

Descripción del programa ControlCom.EXE

El programa principal cuenta con el siguiente menú de opciones:

- ❖ **Conexión** Establece o corta la comunicación.
- ❖ **Configuración** Establece los parámetros para la comunicación.
- ❖ **Ayuda** Opciones de ayuda.

La ventana principal cuenta con una área para el despliegue del historial de mediciones *Texto recibido*, en donde se registran las lecturas que arriban por el puerto serie, figura 3.2. Las lecturas en el historial se envían periódicamente a Excel en donde pueden ser procesadas, desplegadas o almacenadas para su posterior tratamiento.

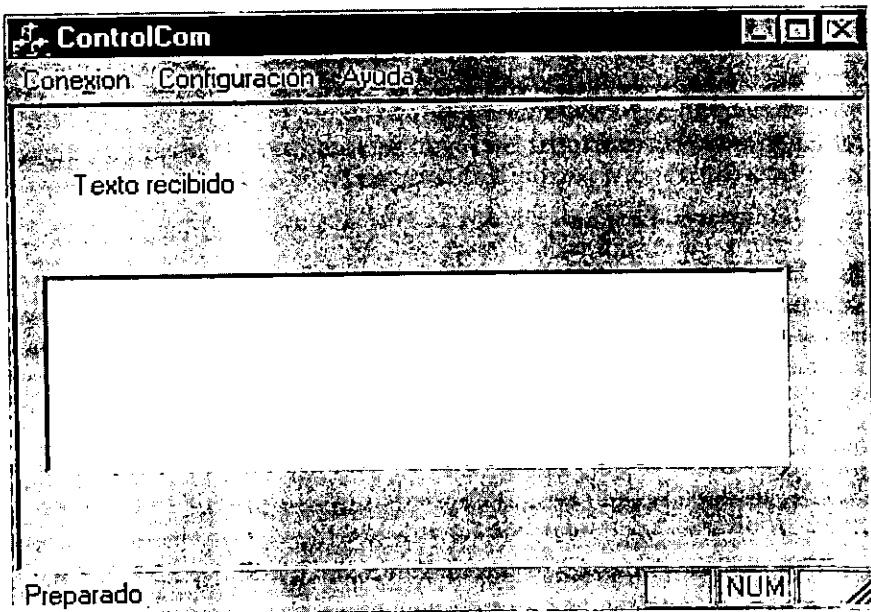


Figura 3.2. *ControlCom*, aplicación de Windows.

Barra de estado

En la parte inferior del programa podemos visualizar una barra de estado mostrando un breve texto de ayuda, donde se da a conocer el estado del programa, figura 3.3.



Figura 3.3. Barra de estado.

Menú de opciones

El programa incluye un menú para el acceso a las funciones del programa, figura 3.4.

- ❖ Conexión > Establecer
- ❖ Conexión > Cortar
- ❖ Conexión > Salir
- ❖ Configuración > Parametros COM
- ❖ Ayuda > Acerca de ControlCom

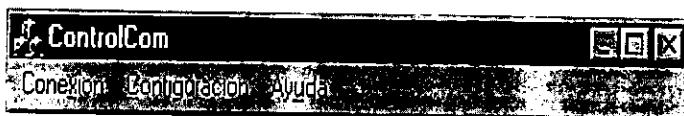


Figura 3.4. Menú de opciones.

Menú *Conexión*

Las opciones del menú *Conexión* permiten establecer la comunicación con el puerto serie, así como cortar la comunicación ó salir, figura 3.5.

❖ Establecer

Crea una conexión con el dispositivo serie para la recepción de datos provenientes del robot.

❖ Cortar

Corta la comunicación con el dispositivo serie.

❖ Salir

Sale de la aplicación; pero no afecta a Excel una vez abierto.

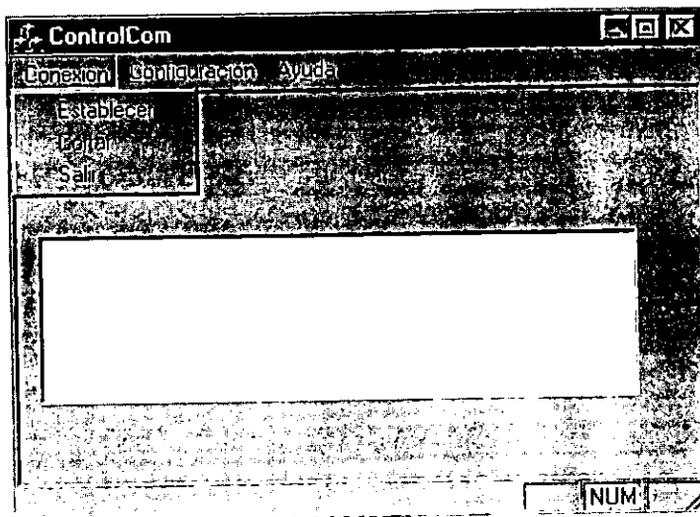


Figura 3.5. Menú *Conexión*.

Menú *Configuración*

La única opción del menú *Configuración*, figura 3.6, permite establecer los parámetros de comunicaciones RS232.

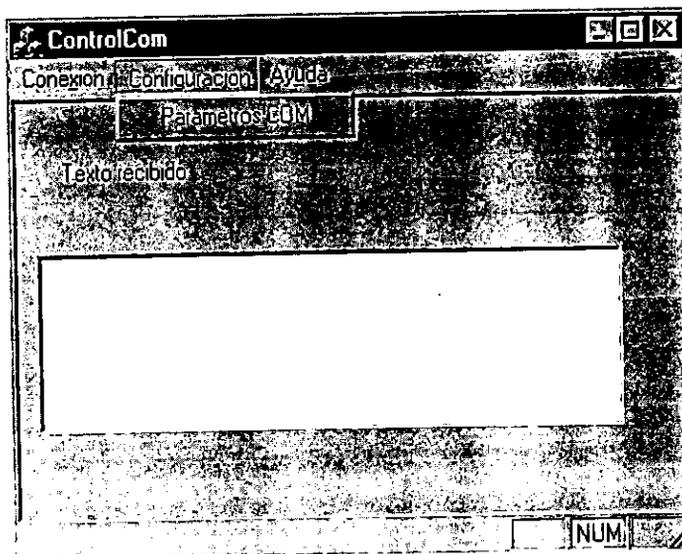


Figura 3.6. Menú configuración.

❖ Opción *Parámetros COM*

Esta opción permite establecer los valores apropiados, como son el Puerto (COM1, COM2, COM3, COM4) a utilizar, la velocidad en Baudios (110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 38400, 56000, 128000, 256000), la Paridad (ninguna, par, impar, marca, espacio), la cantidad de Bits por carácter (4, 5, 6, 7, 8), los Bits de parada (1, 1.5, 2), el tipo de Control de flujo (ninguna, Xon/Xoff, Hardware(DTR/DSR), Hardware(DTS/CTS) así, como el Modo de lectura (Modo texto, Modo binario). Figura 3.7.

Así, también contiene tres botones. Uno de ellos, *Aceptar*, permite que una vez introducidos los valores queden guardados en el registro de Windows. El botón *Restaurar* permite volver a la configuración o valores establecidos por omisión. El botón *Cancelar* permite salir de la ventana sin alterar los parámetros. Una vez aceptados los datos estos quedan guardados en forma persistente.

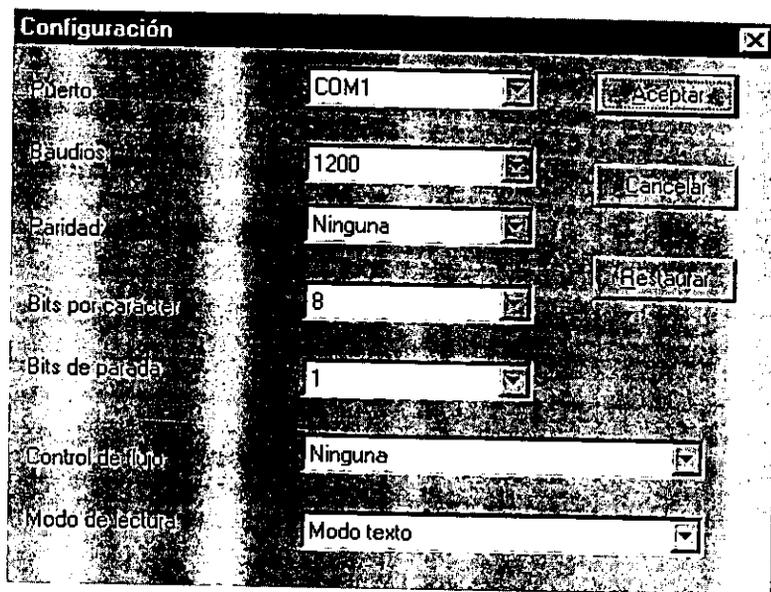


Figura 3.7. Caja de diálogo *Configuración*.

Menú *Ayuda*

Despliega la caja de diálogo *Acerca de ControlCom* en el formato estándar de Windows.

Visualización de datos.

Los datos son almacenados en el historial de *ControlComm*, así como en Excel. En este último se distribuyen en las casillas correspondientes, tal como se muestra en la figura 3.8, en la cual se muestran unos datos de prueba que han sido enviados.

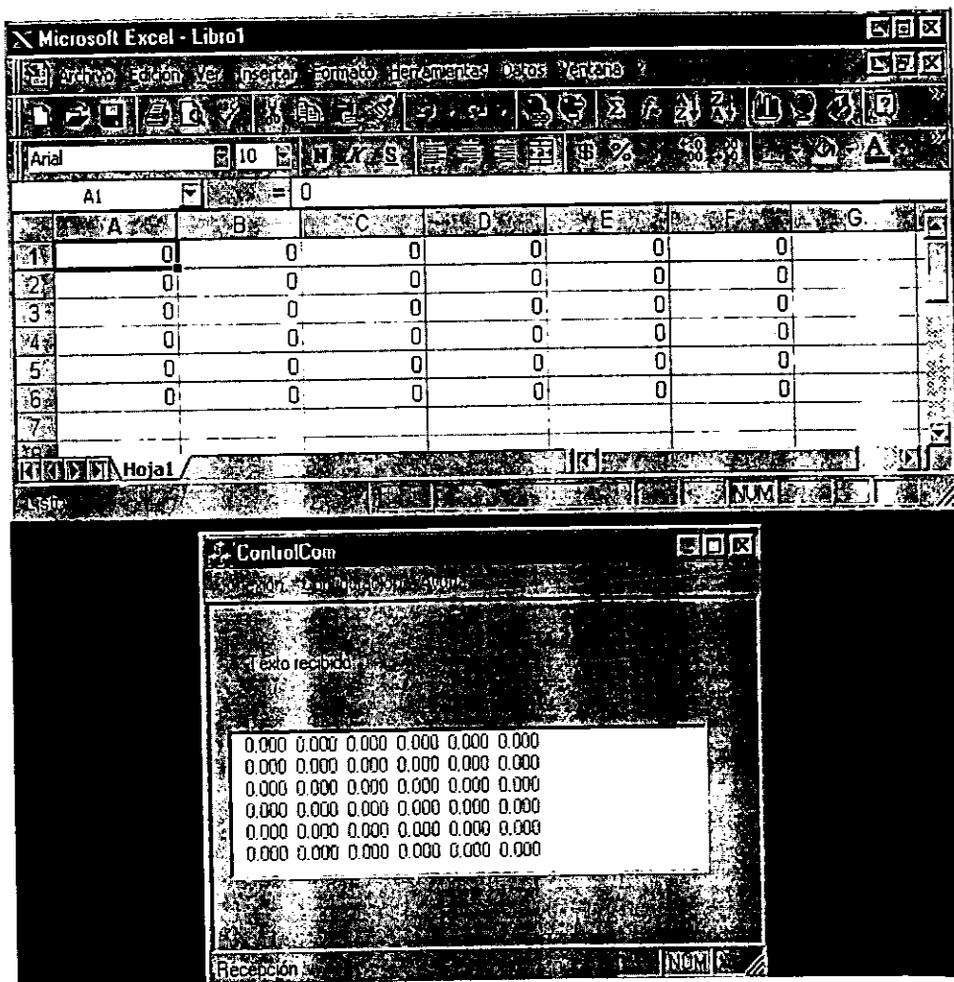


Figura 3.8. Visualización de la aplicación.

En la figura se aprecia como los datos que llegan al historial de *ControlCom* son al mismo tiempo almacenados en las casillas correspondientes de Excel, dividiéndose la información que llega de cada

sensor, en cada una de las celdas correspondientes. Esto lo hace el programa en forma asíncrona y automática, quedándole al usuario un documento u hoja de cálculo en Excel para su manipulación posterior, la cual se puede guardar, copiar, realizar las gráficas pertinentes, calcular los números F , etc.

3.2. Descripción en el ámbito de programador

Debido a que el código fuente es muy extenso, en este apartado solamente nos concretaremos a describir las clases, ya que los archivos que conforman la aplicación han sido descritos en sección 3.1.

3.2.1. Descripción de clases

La aplicación *ControlCom* consta de 13 clases, mostradas en la figura 3.9. Cada una de estas clases contiene varias funciones miembro, entre las que se encuentran el constructor y destructor de la clase, funciones para el manejo de eventos y otras mas para cálculos internos y especificaciones generales.

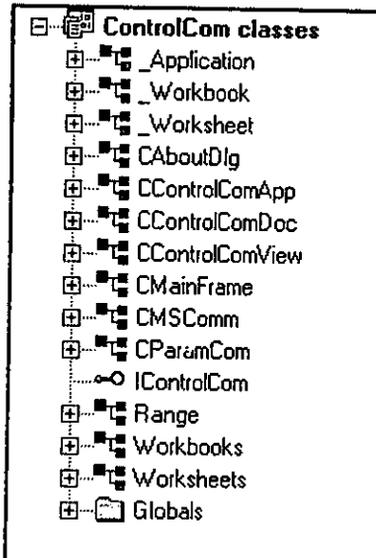


Figura 3.9. Clases de la aplicación *ControlCom*.

A continuación se describe cada una de las clases mostradas en la figura 3.9 con las funciones miembro que las componen.

3.2.2. CAboutDlg

Esta clase describe al cuadro de diálogo *Acerca de...*, que aparece al hacer clic sobre la opción *Acerca de...* del menú ayuda. La figura 3.10. muestra las funciones miembro que componen esta clase, descritas a continuación.



Figura 3.10. Funciones miembro de la clase CAboutDlg.

CAboutDlg(); Constructor estándar de la caja de diálogo *Acerca de ControlCom*.

virtual void DoDataExchange(CDataExchange* pDX); Soporte DDX/DDV (Intercambio de datos con otras aplicaciones).

3.2.3. _Application, _Workbook, _Worksheet, Range, Workbooks, Worksheets.

Estas clases son las que permiten crear el código para cargar a Excel, crear un libro de trabajo y leer y escribir en las celdas de la hoja de cálculo activa [5].

Excel tiene sus propias bibliotecas de tipos que se encuentran en el archivo Excel8.olb, habitualmente en el directorio \Archivos de programa\Microsoft Office\Office. El *ClassWizard* puede leer este archivo exactamente igual que lee los archivos TLB, para crear las clases de controlador de C++ para los objetos de Excel individuales, tabla 3.1.

Objeto/Clase	Dato miembro de la clase vista
_Application	m_app
Range	m_range[5]
_Worksheet	m_worksheet
Workbooks	m_workbooks
Worksheets	m_worksheets

Tabla 3.1. Clases y datos miembro.

3.2.4. CMSComm

Esta clase fue creada por un control ActiveX llamado *Microsoft Communications Control* la cual dará acceso a cada una de las propiedades para el control de la comunicación RS232, figura 3.11. Por ejemplo, se puede establecer el número del puerto que deseamos utilizar. Esta clase es distribuida por Microsoft como parte del ambiente de programación. Para una descripción detallada, refiérase a [1].

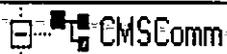


Figura 3.11. Clase CMSComm.

3.2.5. CParamCom

Esta clase contiene las variables y funciones miembro necesarios para la configuración y los parámetros comunicación. La clase CParamCom contiene las funciones miembro que se muestran en la figura 3.12.

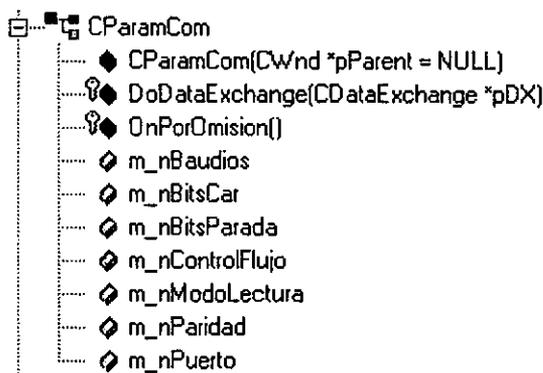


Figura 3.12. Funciones y variables miembro de la clase CParamCom.

CParamCom(CWnd*pParent=NULL); Constructor de la caja de dialogo *Configuración*.

void CParamCom::DoDataExchange(CDataExchange*pDX); Entradas de los parámetros de comunicación.

void CParamCom::OnPorOmision(); Parámetros por defecto de la comunicación.

int m_nBaudios; Variable miembro vinculada a la lista desplegable del dialogo.

int m_nBitscar; Variable miembro vinculada a la lista desplegable del dialogo.

int m_nBitsParada; Variable miembro vinculada a la lista desplegable del dialogo.

int m_nControlFlujo; Variable miembro vinculada a la lista desplegable del dialogo.

int m_nModoLectura; Variable miembro vinculada a la lista desplegable del dialogo.

int m_nParidad; Variable miembro vinculada a la lista desplegable del dialogo.

int m_nPuerto; Variable miembro vinculada a la lista desplegable del dialogo.

3.2.6. CMainFrame

Esta clase es creada por AppWizard y define el comportamiento de la ventana principal de la aplicación. Las funciones miembro de esta clase se muestran en la figura 3.13.

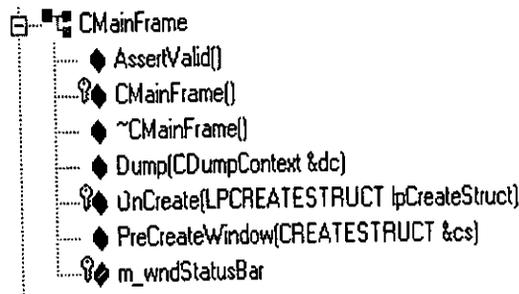


Figura 3.13. Funciones miembro de la clase CMainFrame.

CMainFrame(); Constructor de la ventana principal. Carece de código. Insertado por el ambiente de programación.

virtual BOOL PreCreateWindow(CREATESTRUCT& cs);
Especifica las propiedades del marco de aplicación.

virtual ~CMainFrame(); Destructor. Carece de código. Insertado por el entorno de programación.

virtual void AssertValid() const; Insertada por el ambiente de programación con fines de depuración.

virtual void Dump(CDumpContext& dc) const; Insertada por el ambiente de programación con fines de depuración.

afx_msg int OnCreate(LPCREATESTRUCT lpCreateStruct); Inicia la barra de estado.

afx_msg BOOL PreCreateWindow(CREATESTRUCT& cs); Cambia los atributos usados en una ventana creada por el AppWizard.

virtual Protected m_wndStatusBar; Controla el miembro barra embebida.

3.2.7. CControlComApp

Esta clase contiene las funciones miembro que se muestran en la figura 3.14.

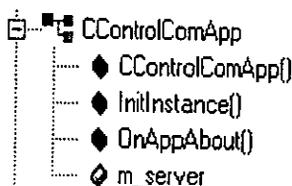


Figura 3.14. Funciones miembro de la clase CControlComApp.

CControlComApp(); Constructor. Carece de código. Insertado por el ambiente de programación.

virtual BOOL InitInstance(); Inicia la instancia: Habilita controles, establece el perfil de la aplicación, establece la aplicación de documento único, habilita el ejecutar/abrir con DDE y despliega la ventana.

afx_msg void OnAppAbout(); Maneja el evento *Acerca de ControlCom*, del menú de opciones.

virtual public m_server; Servidor de objeto para la creación de documentos.

3.2.8. CControlComDoc

Esta clase, creada por AppWizard, define el comportamiento del documento de la aplicación. La figura 3.15 muestra las funciones miembro de la clase CControlComDoc.

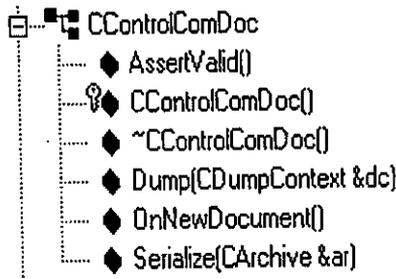


Figura 3.15. Funciones miembro de la clase CControlComDoc.

CControlComDoc(); Constructor. Carece de código. Insertado por el ambiente de programación. Aquí se habilita la automatización.

virtual BOOL OnNewDocument(); Establece el soporte para manejo de documentos.

virtual void Serialize(CArchive& ar); Soporte para serialización de datos. No utilizado.

virtual ~CControlComDoc(); Destructor. Carece de código. Insertado por el ambiente de programación.

virtual void AssertValid() const; Insertada por el ambiente de programación con fines de depuración.

virtual void Dump(CDumpContext& dc) const; Insertada por el ambiente de programación con fines de depuración.

3.2.9. CControlComView

Esta clase define la vista del documento, y contiene todas las funciones miembros que son utilizadas por las clases definidas en la aplicación. Esta clase presenta las vistas que se van a utilizar para la transmisión de datos, así como todas las ventanas y botones necesarios para la aplicación.

La clase `CControlComView` contiene una gran cantidad de funciones miembro, ya que esta clase es la encargada de las vistas de la aplicación y del código de soporte principal. Las funciones miembro que la componen se muestran en la figura 3.16.

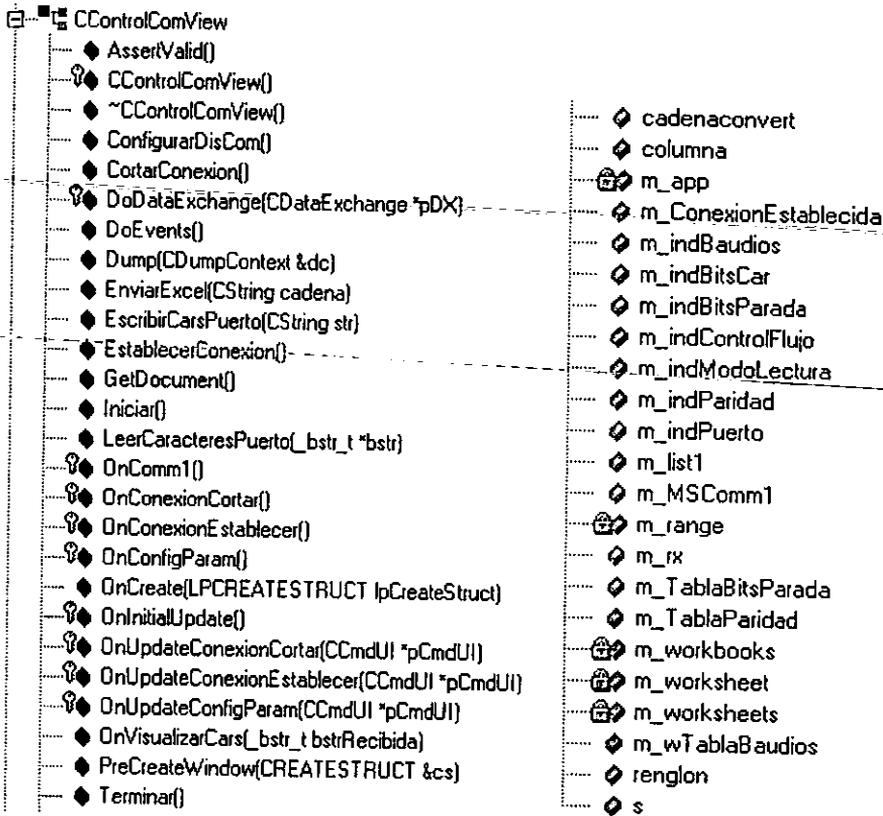


Figura 3.16. Funciones miembro de la clase `CControlComView`.

`virtual void AssertValid() const;` Método por omisión usado con fines de depuración.

`void ConfigurarDisCom();` Especifica los parámetros establecidos en el control `MSCComm`.

`bool CortarConexion();` Libera el dispositivo de comunicaciones para su uso por otras aplicaciones.

`CControlComView();` Constructor: Pone valores, Inicia el texto de la historia.

`~CControlComView();` Destructor, carece de código. Insertado por el ambiente de programación.

`virtual void DoDataExchange(CDataExchange* pDX);` Permite el intercambio de datos con los controles de la ventana divisible.

`void DoEvents();` Permite que se ejecuten eventos de otras aplicaciones mientras corren procesos propios.

`virtual void Dump(CDumpContext& dc) const;` Método por omisión usado con fines de depuración.

`void EnviarExcel(CString cadena);` Prepara la cadena y la envía a Excel.

`bool EscribirCarsPuerto(CString str);` Envía la cadena str al puerto de comunicaciones serie. No usada por la aplicación, establecida con propósitos de depuración.

`bool EstablecerConexion();` Abre el puerto de comunicaciones mediante los métodos del control `MSComm`.

`CControlComDoc* GetDocument();` Obtiene un apuntador al documento para intercambio de información.

`static void Iniciar();` Recupera la configuración del puerto serie a partir del registro de Windows.

`int LeerCaracteresPuerto(_bstr_t *bstr);` Obtiene la cadena de caracteres a partir de los eventos producidos en el puerto serie.

`afx_msg void OnComm1();` Es el despachador de los eventos que se producen en el puerto serie.

`afx_msg void OnConexionCortar();` Atiende el evento *Cortar Conexión* del menú *Comunicaciones*.

`afx_msg void OnConexionEstablecer();` Atiende el evento *Establecer Conexión* del menú *Comunicaciones*.

`afx_msg void OnConfigParam();` Atiende el evento *Configuración* del menú *Comunicaciones*.

`Afx_msg void OnCreate(LPCREATESTRUCT lpCreateStruct);` Ejecuta Excel y lo prepara para el intercambio dinámico de datos.

virtual void OnInitialUpdate(); Ajusta el tamaño de la ventana marco. Establece la configuración del puerto serie.

afx_msg void OnUpdateConexionCortar(CCmdUI* pCmdUI);
Habilita o deshabilita la opción *Cortar* del menú *Conexión*.

afx_msg void OnUpdateConexionEstablecer(CCmdUI* pCmdUI);
Habilita o deshabilita la opción *Establecer* del menú *Conexión*.

afx_msg void OnUpdateConfigParam(CCmdUI* pCmdUI); Habilita o deshabilita la opción *Parámetros COM* del menú *Configuración*

void OnVisualizarCars(_bstr_t bstrRecibida); Atiende el evento generado por recepción de datos en el puerto serie. Para visualizarlos en la caja de *Texto recibido*.

Virtual BOOL --ProcGreateWindow(CREATESTRUCT &cs);
Especifica el estilo de la ventana al llamar a su método heredado.

static void Terminar(); Guarda la configuración del puerto serie en el registro de Windows.

CString cadenaconvert; Variable miembro vinculada con la implementación.

Cstring m_rx; Variable miembro vinculada con la implementación.

Cstring s; Variable miembro vinculada con la implementación.

int renglon; Variable miembro vinculada con la implementación.

int columna; Variable miembro vinculada con la implementación.

private _Application m_app; Dato miembro de la clase vista contenida en excel8.h y excel8.cpp.

bool m_ConexionEstablecida; verdadero (true) si el puerto fue abierto.

int m_indPuerto; Mensaje de encabezado. Parámetro por defecto de la comunicación, (COM2).

int m_indBaudios; Mensaje de encabezado. Parámetro por defecto de la comunicación, (9600).

int m_indParidad; Mensaje de encabezado. Parámetro por defecto de la comunicación, (ninguna).

int m_indBitsCar; Mensaje de encabezado. Parámetro por defecto de la comunicación, (8).

int m_indBitsParada; Mensaje de encabezado. Parámetro por defecto de la comunicación, (1).

int m_indControlFlujo; Mensaje de encabezado. Parámetro por defecto de la comunicación, (Xon/Xoff).

int m_indModoLectura; Mensaje de encabezado. Parámetro por defecto de la comunicación, (texto/binario).

public CListBox m_list1; Variable miembro. Crea una caja de lista.

public CMSComm m_MSCComm1; Clase miembro vinculada con el control activeX IDC_MSCCOMM1.

private Range m_range; Dato miembro de la clase vista contenida en excel8.h y excel8.cpp.

BYTE m_TablaParidad[5]; Tabla de paridades.

BYTE m_TablaBitsParada[3]; Tabla bits de parada

private Workbooks m_workbooks; Dato miembro de la clase vista contenida en excel8.h y excel8.cpp.

private Worksheet m_worksheet; Dato miembro de la clase vista contenida en excel8.h y excel8.cpp.

private Worksheets m_worksheets; Dato miembro de la clase vista contenida en excel8.h y excel8.cpp.

UINT m_wTablaBaudios[13]; Tabla de velocidades.

CAPITULO 4

Resultados y Conclusiones

La experiencia obtenida tanto en el desarrollo de proyectos usando semiconductores recientes como en el software que permite la comunicación entre tareas, es vital para proyectos futuros, en donde la autonomía de los instrumentos cobra importancia, para su buen desempeño en la ingeniería tanto en actividades de servicio como en la industria.

Actualmente en el Centro de Instrumentos UNAM, particularmente en el Laboratorio de Metrología se cuenta con el equipo necesario y software para realizar mediciones de planitud sobre grandes áreas con una gran rapidez e intervención mínima por parte del usuario, con lo cual el robot autónomo esta en disposición de prestar el servicio a la industria.

En el presente capitulo se hace una descripción de los resultados obtenidos con el desarrollo de esta tesis. Empezando con la calibración, en la cual se obtienen las gráficas representativas del desempeño de los dispositivos de medición de desplazamiento lineal y angular. El desempeño en la medición con el cual se comprueba los resultados esperados mediante una prueba. Los resultados donde se sintetizan las especificaciones finales tanto en el sistema electrónico como en el software del usuario. Finalmente las conclusiones obtenidas.

4.1 Calibración

Se desarrolló un experimento de calibración para evaluar el desempeño de los dispositivos de medición de desplazamiento lineal y angular y se obtuvieron las curvas de calibración [10].

Protocolo de medición lineal

Tarea: Trazo de la curva de calibración lineal por comparación.

Instrumento a calibrar: Codificador óptico y regleta, US-Digital, sin número de serie.

Alcance: 20mm.

Resolución: 0.05 mm.

Patrón: Calibrador de comparadores y palpadores, Mitutoyo 521-105, n/s 601015.

El procedimiento consiste en generar valores nominales mediante el instrumento patrón y compáralos contra el valor verdadero reportado por el instrumento a calibrar. Entonces el error, valor nominal menos valor verdadero, graficado contra el valor nominal constituye la curva de calibración. El arreglo utilizado se observa en la figura 4.1.

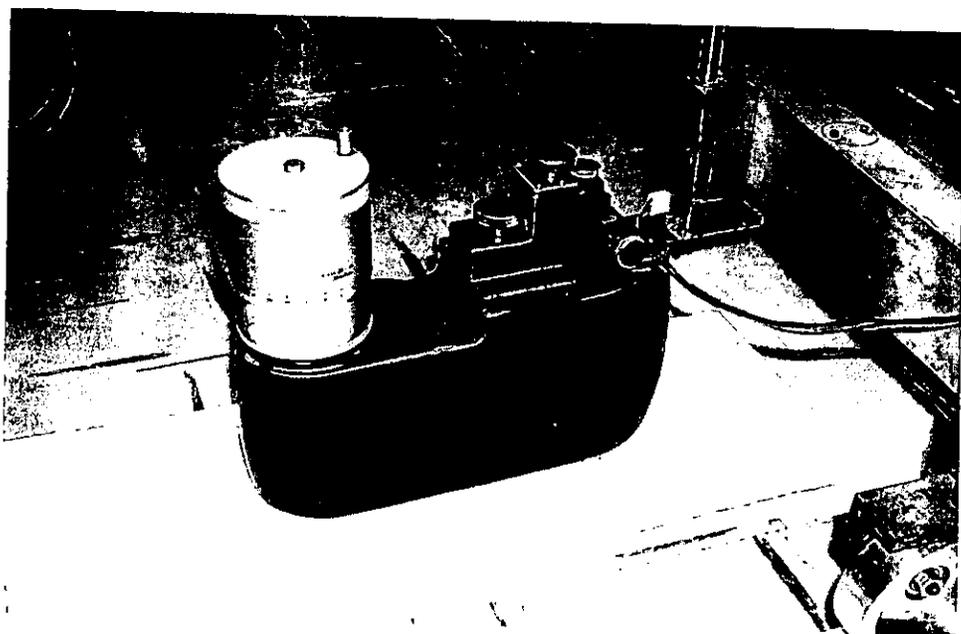


Figura 4.1. Arreglo usado en la calibración lineal.

Los datos obtenidos se muestran en la tabla 4.1 y su gráfica correspondiente en la figura 4.2.

Valor nominal (mm)	Valor verdadero (mm)	Error (um)
0	0	0
2	0	20
4	4	0
6	5	10
8	6	20
10	8	20
12	10	20
14	11	30
16	13	30
18	15	30
20	17	30

Tabla 4.1. Calibración lineal.

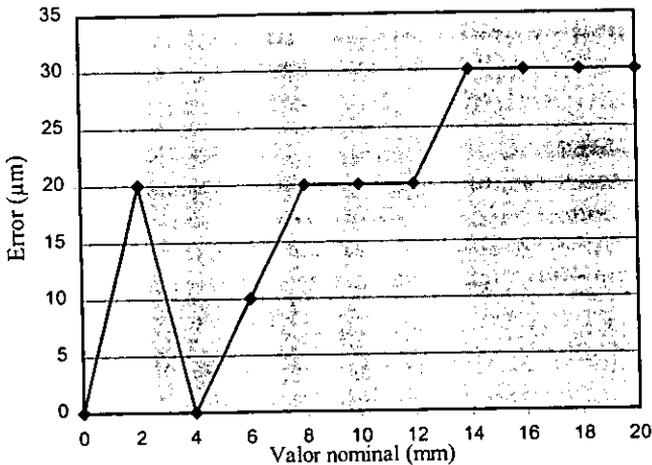


Figura 4.2. Curva de calibración lineal.

Protocolo de medición angular

Tarea: Trazo de la curva de calibración angular por comparación.

Instrumento a calibrar: Inclinómetro, US-Digital, sin número de serie.

Alcance: 360gra-arc.

Resolución: 0.05gra-arc.

Patrón: Prisma óptico 12 caras, Nikon, n/s 8538; Autocolimador Nikon. Mod. 6D. No Serie 73863.

El procedimiento consiste en generar valores nominales en el prisma óptico, registrarlos mediante el autocolimador y compararlos contra el valor verdadero reportado por el instrumento a calibrar. Entonces el error, valor nominal menos valor verdadero, graficado contra el valor nominal constituye la curva de calibración. El arreglo utilizado se observa en la figura 4.3.

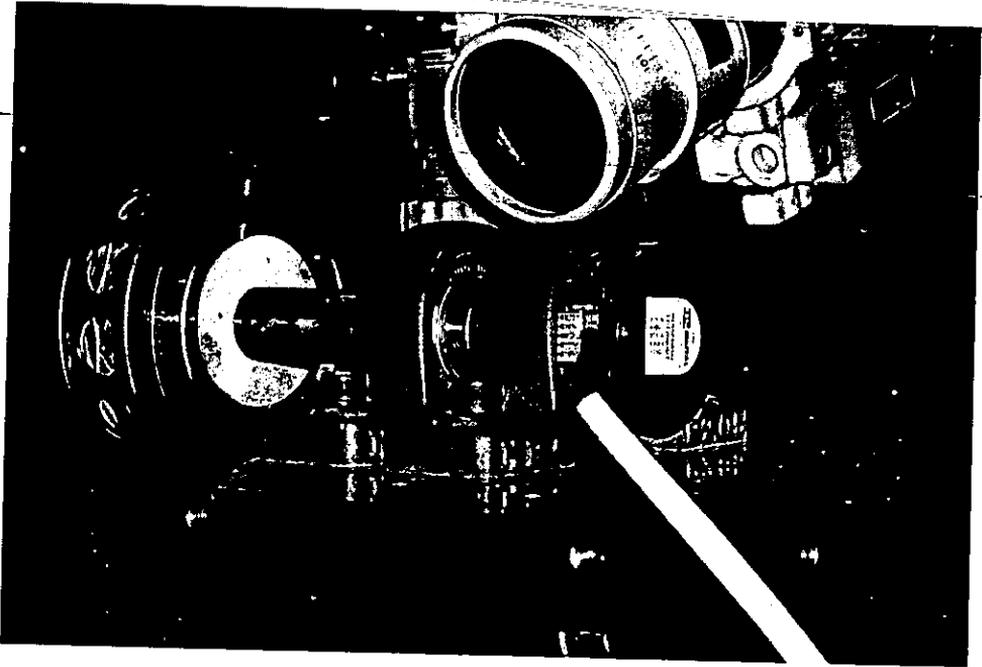


Figura 4.3. Arreglo usado en la calibración angular.

Los datos obtenidos se muestran en la tabla 4.2 y su gráfica correspondiente en la figura 4.4.

Valor nominal (gra-arc)	Valor nominal (seg-arc)	Valor verdadero (gra-arc)	Valor verdadero (seg-arc)	Error (seg-arc)
0	0	0	-1	1
30	0	30	0	0
60	0	60	-1	1
90	0	90	1	-1
120	0	120	2	-2
150	0	150	3	-3
180	0	180	2	-2
210	0	210	3	-3
240	0	240	2	-2
270	0	270	0	0
300	0	300	-1	1
330	0	330	-1	1

Tabla 4.2. Calibración angular.

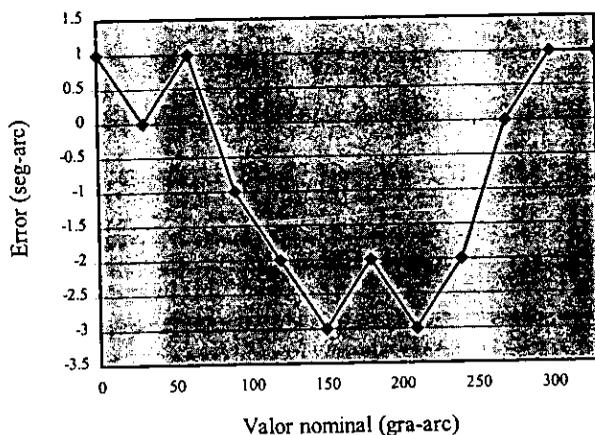


Figura 4.4. Curva de calibración lineal.

Tales resultados nos permiten apreciar las capacidades del instrumento y, en un momento determinado, introducir correcciones por software para mejorar la exactitud.

4.2 Desempeño

La figura 4.5 muestra un ejercicio de medición sobre una superficie de prueba.

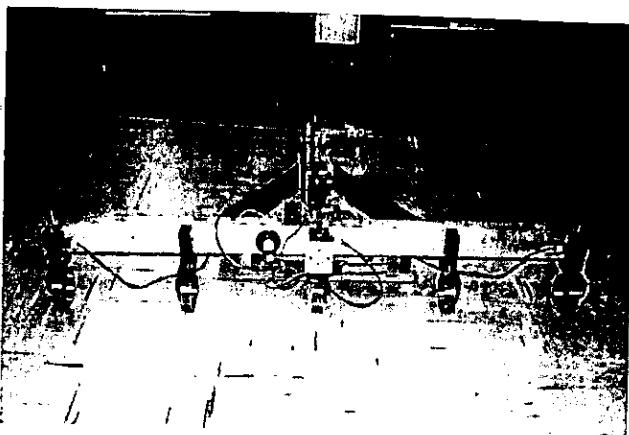


Figura 4.5. Medición de una superficie de prueba.

El desempeño obtenido confirma los resultados esperados. Adicionalmente, podemos afirmar lo siguiente:

- El instrumento en conjunto es de operación sencilla. Sólo requiere de personal con capacitación básica en metrología dimensional y conocimientos esenciales del ambiente Windows.
- Se proporciona una excelente comodidad de operación. En este sentido, el operador tiene la libertad de delegar el control de la medición al instrumento y computadora PC. Además, la autonomía de desplazamiento del instrumento (100m de alcance) evita que el operador acompañe al instrumento en su recorrido. La estación receptora y computadora PC permanecen fijas y el robot se desplaza automáticamente en la superficie bajo inspección.

4.3 Resultados

Los resultados del sistema electrónico pueden ser evaluados subjetivamente al observar su desempeño en la medición. No obstante, el instrumento en su conjunto puede ser evaluado cualitativamente a través

de la calibración de los dispositivos para la medición de desplazamiento y ángulo.

Sistema electrónico

Se desarrolló el sistema electrónico de la figura 4.6. Sus principales funciones proporcionan al robot las siguientes características:

- Bajo consumo de potencia. Aproximadamente requiere suministro doble de voltaje de 12V 0.3Ah y 12V 0.7Ah.
- Alcance de medición de 20mm y 360gra-arc cubriendo dos franjas de 100m X 30cm.
- División mínima de 0.05mm y 0.05gra-arc.
- Exactitud de ± 1 dígito.
- Desplazamiento autónomo.
- Velocidad de desplazamiento de 0.3m/s.
- Algoritmo de control implementado en software.
- Ajustes y calibración por software.
- Transmisión de lecturas de desplazamiento lineal e inclinación en forma inalámbrica y automática.
- Mínima intervención por parte del operador. Sólo se requiere la intervención humana en la puesta en inicio.

Software de usuario

Se desarrolló un software específico con aplicación en la medición de planitud y nivel utilizando la tecnología *OLE Automation* que permite el intercambio dinámico de datos entre aplicaciones Windows 98/00. El software, mostrado en la figura 4.7, automatiza el proceso de captura de lecturas provenientes del robot sin la intervención humana al transportar datos de mediciones a Excel para su procesamiento. Las principales características del software son las siguientes:

- Recepción automática de datos asíncronos por puerto serie.

- Transporte dinámico (sin intervención del operador) de datos a Excel.
- Interfaz amigable bajo una plataforma Windows 98/00.
- Programación Orientada a Objetos, POO, lo que permite escalabilidad y reusabilidad del código fuente.

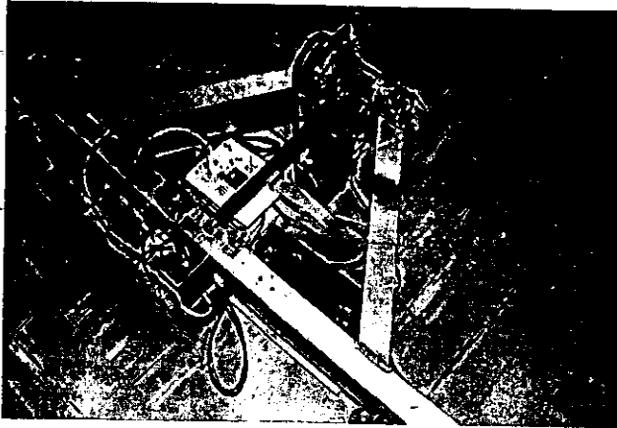


Figura 4.6. Sistema electrónico para el robot usado en la medición de planitud y nivel.



Figura 4.7. Software para la recepción de lecturas, hoja de cálculo y estación receptora.

4.4 Conclusiones

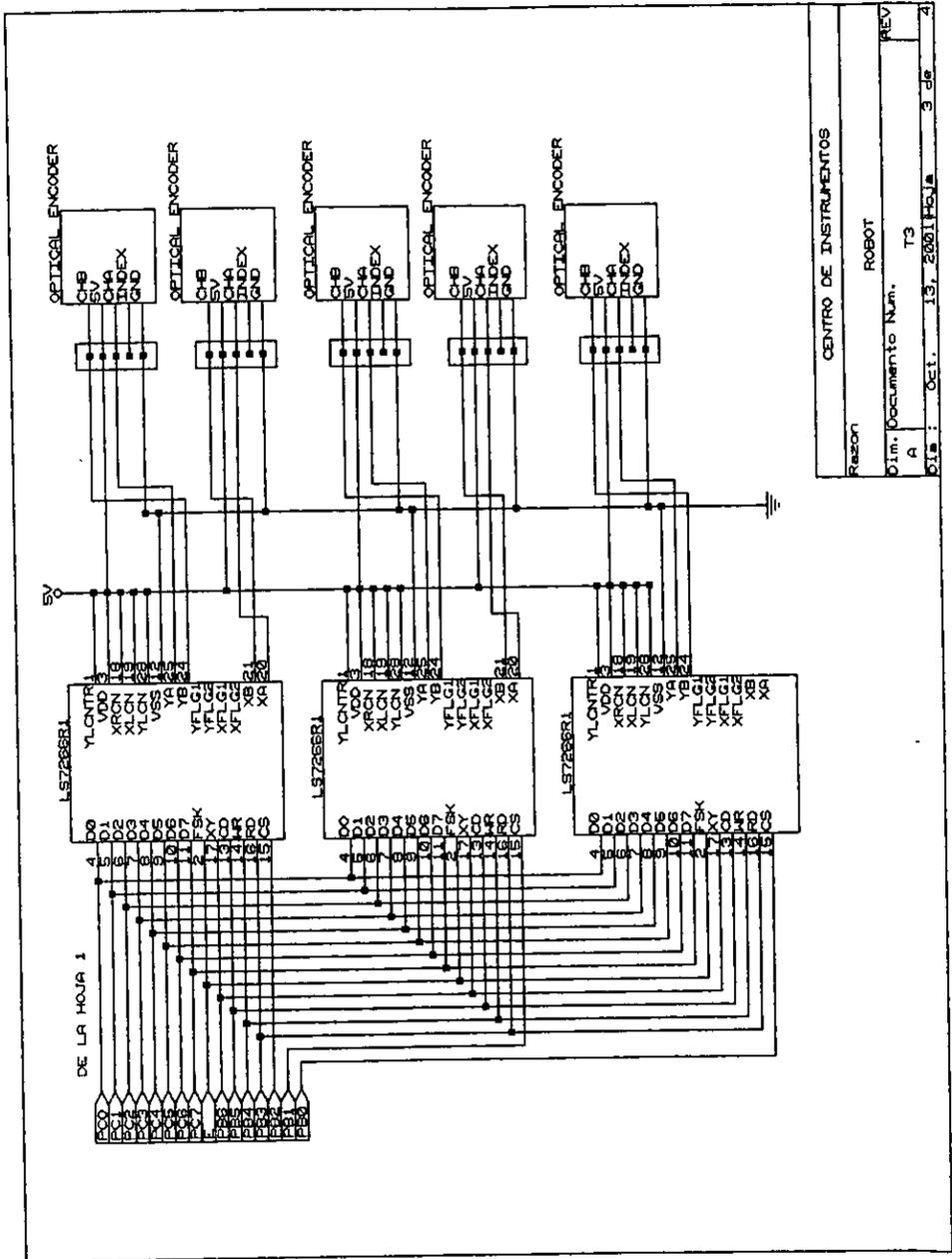
En el Laboratorio de Metrología del Centro de Instrumentos UNAM, se cuenta con el equipo necesario y software para realizar mediciones de planitud y nivel de grandes áreas con una gran rapidez e intervención casi nula por parte del usuario. A diferencia de los equipos comerciales, nuestro instrumento requiere una mínima intervención por parte del operador. En conjunto, el instrumento proporciona un alto grado de automatización en comparación al equipo comercial disponible en el mercado. También se puede prestar los servicios de estas herramientas a la industria. Se adquirió experiencia en el desarrollo electrónico con dispositivos semiconductores recientes como los mencionados RXM, TXM y R1 y se asegura la vigencia del instrumento en los años venideros. Esto nos permite abordar proyectos de desarrollo tecnológico con una mejor capacidad técnica. En cuanto al programa *ControlCom*, se comprobó que la automatización de Office habilita a los programadores y usuarios para desarrollar y utilizar aplicaciones complejas bajo un esquema cooperativo de tareas.

ANEXO A

Diagramas y circuitos impresos

En este anexo se muestra los diagramas y circuitos impresos.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**



CENTRO DE INSTRUMENTOS	
Reason	ROBOT
Dim. Documento Num.	T3
Rev	
Dis.	Oct. 13, 2001
	3 de 4

Figura A.2. Sistema electrónico, etapa de adquisición de datos.

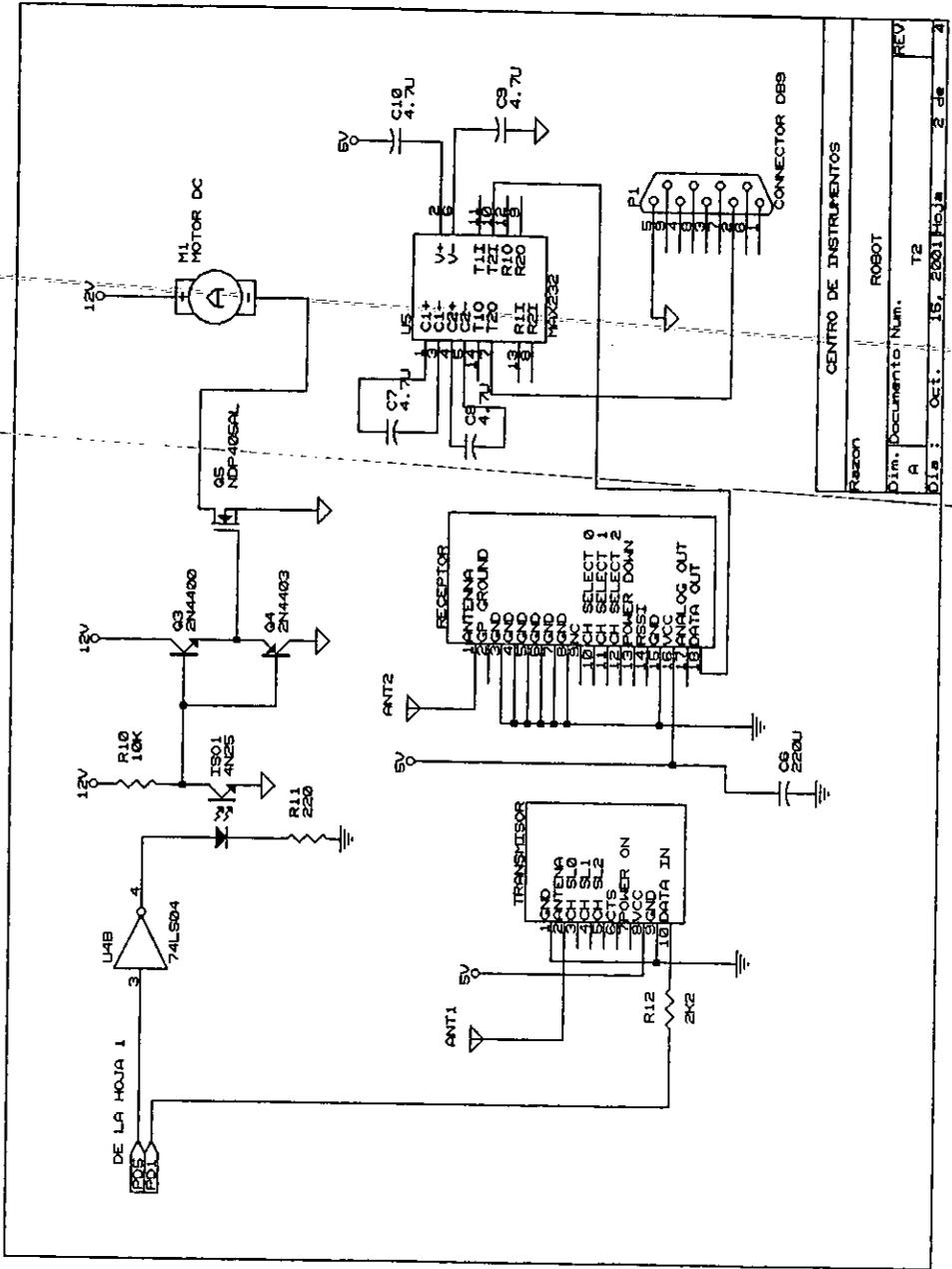


Figura A.3. Sistema electrónico, etapa de desplazamiento y comunicaciones.

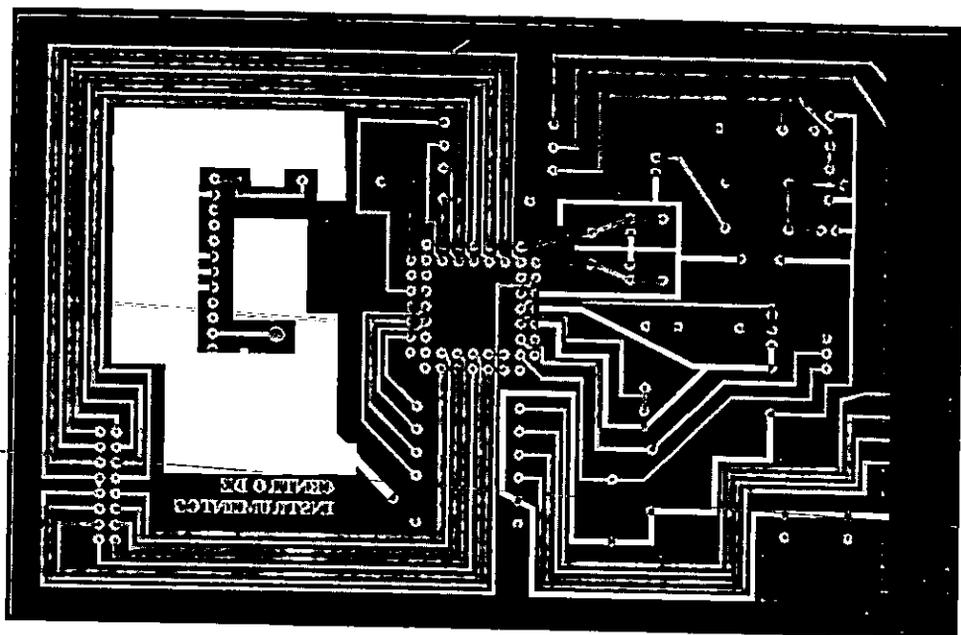


Figura A.5. Circuito impreso, etapa de control.

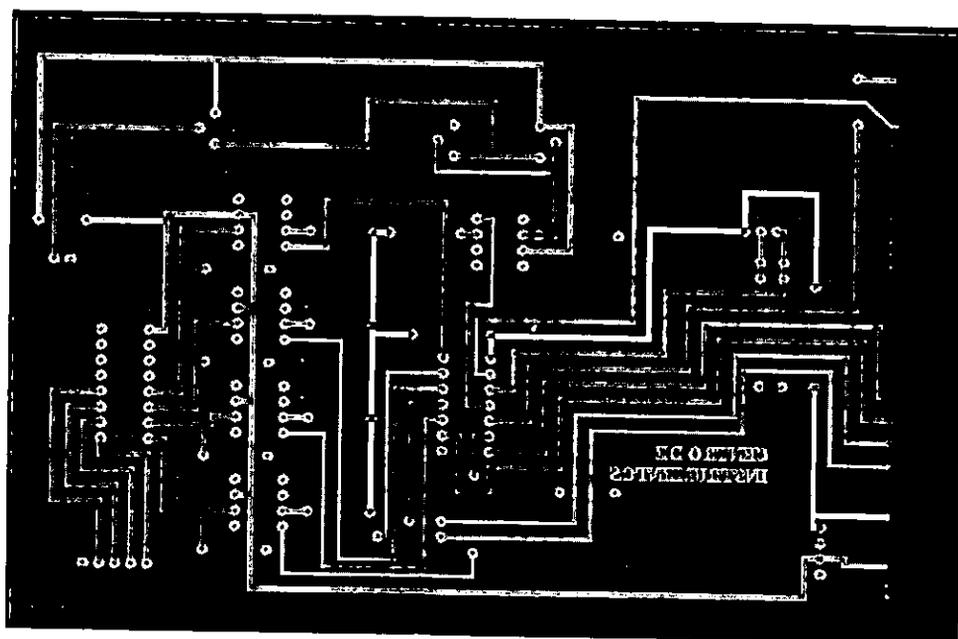


Figura A.6. Circuito impreso, etapa de desplazamiento y guía.

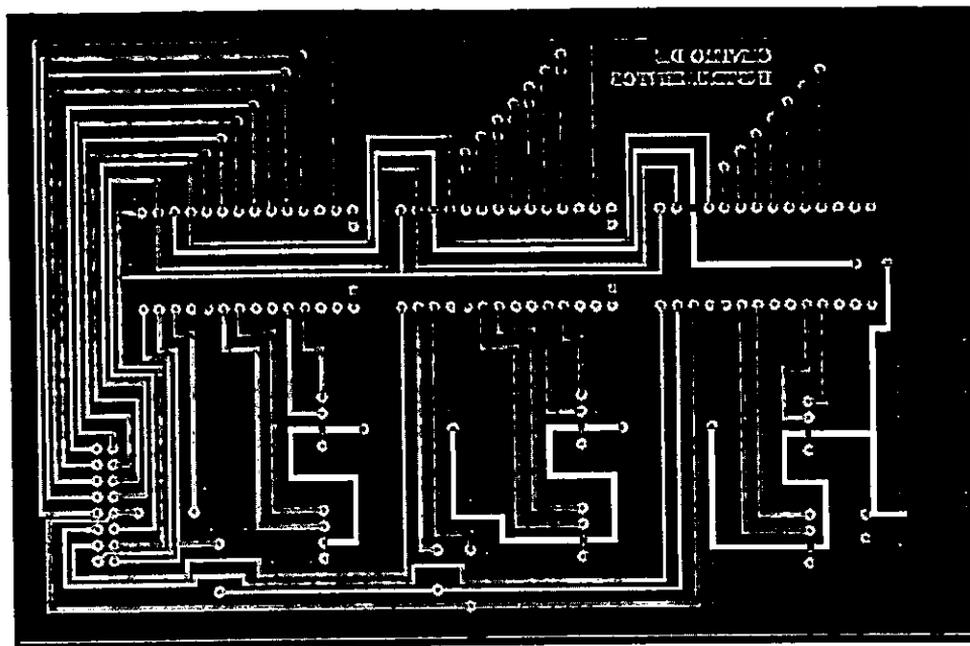


Figura A.7. Circuito impreso, etapa adquisición de datos.

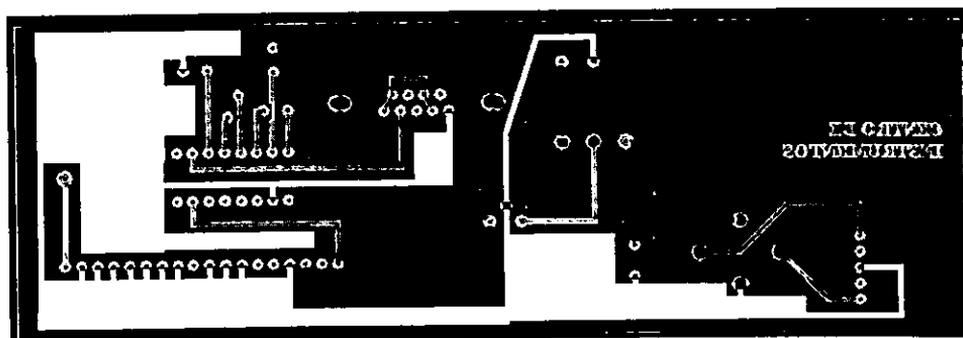


Figura A.8. Circuito impreso, etapa de recepción de datos.

Bibliografía

- [1] Ceballos Francisco Javier, *Visual C++6 Programación Avanzada en Win32*, editorial RA-MA, 852, (1999).
- [2] Cooper William D., Helfrick Albert D., *Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición*, Editorial Prentice Hall, Primera Edición, 450, (México 1991).
- [3] Drexel, Homepage, <http://216.42.36.72/index.html>
- [4] Jack P. Holman, *Métodos Experimentales para ingenieros*, Mc. Graw Hill, Cuarta Edición, 559, (1988).
- [5] Kruglinski David J., *Programación avanzada con Microsoft Visual C++6*, editorial Mc-Graw Hill, 1058, (1999).
- [6] Linx, *High performance RF module RXM-900-HP-II*, (Linx Technologies, Oregon, USA), 24, (1999).
- [7] Linx, *High performance RF module TXM-900-HP-II*, (Linx Technologies, Oregon, USA), 16, (1999).
- [8] Motorola, *HC11 Reference manual*, (Motorola Inc., Phoenix, USA), (1991).
- [9] Nava Rigoberto, Padilla Sergio, Valera Benjamin, *SOMI XI Congreso de Instrumentación*, "Sistema para medición de planitud e inclinación en grandes superficies", SOMI, (SOMI, Morelia, México).
- [10] Nava Rigoberto, Sánchez Luis, Valera Benjamin, Luna , *SOMI XI Congreso de Instrumentación*, "Calibración de un planímetro para la medición de grandes áreas", SOMI, (SOMI, Ensenada, México).
- [11] Pallás Areny Ramón. *Transductores y acondicionadores de señal*, editorial Marcombo, 480, España 1989.
- [12] S&S Concrete Floors, Homepage, <http://www.ssconcretefloors.com/index.htm>.
- [13] The Face Companies, Homepage, <http://faceco.com/compinfo.html>
- [14] Tr Electronic en Mexico, www.ansamx.com/tr-l.htm

- [15] US Digital, LS7266R1 Encoder to microprocessor interface chip, Technical data, (US Digital Corp., Vancouver, USA), 6, (1999).
- [16] US Digital, *Optical encoder disk and linear strip*, Technical data, (US Digital Corp., Vancouver, USA), 2, (1999).
- [17] US Digital, *T2 Inclinometer*, Technical data, (US Digital Corp., Vancouver, USA), 1, (1997).

ANTIBIOGRAMA

Se observó que de las ocho cepas bacterianas aisladas *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus faecium*, *Staphylococcus aureus* y *Eubacterium pyogenes* fueron sensibles al florfenicol, *Proteus mirabilis* presentó sensibilidad intermedia, y *Escherichia coli*, *Klebsiella ozaenae* y *Streptococcus mutans* presentaron resistencia.

CONCENTRACIÓN MÍNIMA INHIBITORIA (CMI)

La sensibilidad al florfenicol fue de 3.2 µg/ml para *E. coli*, *Proteus mirabilis* y *Klebsiella ozaenae*; para *S. aureus* y *S. mutans* fue de 1.6 µg/ml y de 0.05 µg/ml para *S. faecalis* y *E. pyogenes*.

DISCUSIÓN

La prevalencia de las descargas vaginales en la granja evaluada (31.7%) es comparable con un estudio donde estaba involucrado el síndrome de mastitis metritis agalactia (MMA) 30% (Dreau et al.)¹⁸, lo anterior difiere de un segundo estudio en donde la prevalencia de las descargas vaginales es del 18.8 % asociado únicamente con infecciones del tracto genito-urinario (Taylor).¹² La alta prevalencia se asocia con los principales factores predisponentes como son: deficiente higiene en los corrales, manipulación obstétrica sin la higiene adecuada y la vulva dilatada en cerdas con varios partos (Taylor MA)¹², (Floss et al.)²⁷. Todos estos factores se identificaron en la granja donde se realizó el experimento.

Otro de los datos que se observó, es que la mayoría de las cerdas con descarga vaginal (78%) se encontraba entre el cuarto y octavo parto, lo cual corresponde a 47 cerdas de 60 (total). Otro estudio indica que dentro de los principales factores predisponentes están: cerdas con más de cinco partos, cerdas a las que se les dan 3 o más montas y más de 6 días de intervalo del destete al servicio, siendo estos parte de los principales factores predisponentes de descargas vaginales, presentes en esta granja (Carabin et al.)⁹, (Taylor MA)¹².

La incidencia del tipo de descarga vaginal también se midió en el presente estudio encontrándose a la descarga tipo I con una frecuencia del 38%, descarga tipo II 35%, 15% descarga tipo III y 11.6% descarga tipo IV. No se encontró ningún estudio que clasificara de esta manera los tipos de descarga o que midiera la incidencia por tipo de descarga; sin

embargo, un último estudio indica algunas características de las descargas y su origen; por ejemplo, las descargas de color blanco pueden provenir de vulva, vagina, cervix y útero. Mientras que las descargas a manera de un fluido mucoso, presentando pus y sangre en la orina provienen de vejiga, riñones, vulva y vagina (Sheffield)¹. Otro tipo de descarga vaginal fue la que tenía aspecto sanguinolento, sugiriendo que proviene de una ruptura de vasos sanguíneos, encontrándose organismos oportunistas como *E. coli*, *E. suis*, *Klebsiella* spp., *Proteus* spp., *Pseudomonas* spp., *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Erysipelotrix* spp., *Pasteurella* spp., *Chlamydia*, *Leptospira bratislava* y *L. muenchen* (Sheffield)¹. Cabe mencionar que en el presente estudio se encontraron siete cerdas con estas características, presentando cinco de ellas parto distócico, de las cuales tres fueron manipuladas obstétricamente, lo que pudo provocar la ruptura de una vena que provocó el color sanguinolento (Sheffield)¹. En otro estudio el examen post-mortem de 47 cerdas mostró que 21 cerdas no presentaron una lesión grave, dos cerdas presentaron infección en vagina, cuatro presentaron vaginitis y endometritis, doce solo endometritis, seis cerdas presentaron endometritis y cistitis, y dos cerdas solo cistitis (Sheffield)¹.

Al empezar a hacer el diagnóstico de descarga vaginal se observó que éstas se diferenciaban de acuerdo con su color y consistencia por lo que se realizó la siguiente clasificación con el fin de medir los parámetros por tipo de descarga e identificar la gravedad de cada una de ellas.

Descarga tipo I.- Blanco de consistencia viscosa.

Descarga tipo II.- Verde de consistencia viscosa.

Descarga tipo III.- Amarillo de consistencia pastosa.

Descarga tipo IV.- Café obscuro de consistencia líquida.

Se encontraron algunos datos que indican el origen de las descargas de acuerdo a su color o agente etiológico. Se encontró que las bacterias involucradas en descarga de color blanco amarillento o de color café son *Escherichia coli*, *Streptococcus* spp. y *Staphylococcus* spp. (Bara et al.)²⁸. Otros estudios bacteriológicos de descargas vaginales indican la presencia bacteriológica de bacterias Gram negativas como *E. coli*, *Proteus* spp., *Pseudomonas* spp. y *Klebsiella* spp.; dentro de las bacterias Gram positivas se encuentran a *Eubacterium suis*, *Actinomyces pyogenes*, *Micrococcus*, *Streptococcus* y *Enterococcus faecalis* (Carr et al.)¹⁴.

Los días a presentación de estro post-destete (DPEpd) de cerdas con y sin descarga vaginal fue similar, de 8.5 y 8.9 respectivamente, de acuerdo al rango de DPE (5-15) ambos resultados se encuentran dentro de los parámetros normales, considerándose como promedio 8 días (Taylor MA)²⁹, (Palomo AY)³⁰.

La fertilidad a parto de las cerdas recuperadas fue de 55%; otros estudios indican que el promedio de esta variable es del 76.8% (Bara et al.)²⁸, mientras que, en los grupos controles (cerdas sin descarga) de ambos estudios, se encontró una fertilidad alrededor del promedio normal 85% (Taylor MA)²⁹, (Palomo AY)³⁰, (Taylor MA)³¹.

Las bacterias presentes en el aparato genital pueden tornarse patógenas e inducir una infección local provocado por la inmunodepresión de la cerda al momento del parto, afectando el porcentaje de fertilidad a servicio (Bosow et al.)³².

Por lo general hay enterobacterias en las descargas vaginales (Carr et al.)¹⁴, (Bara et al.)²⁸, (Bosow et al.)³², las cuales disminuyen el pH de la vagina por la fermentación que

producen (Brock et al.)²²; se encontró un artículo en donde se midió el pH de la orina de cerdas con descarga vaginal, encontrándose que el pH va de 5 a 7 (Martineau et al.)². En el presente estudio, al medir el pH de las descargas vaginales, se encontró que oscila entre 7 y 9, encontrando un pH de 8 en 11 de las 20 mediciones.

Al aplicar los tratamientos se detectó que las cerdas con descarga tipo I son las que responden inmediatamente al tratamiento, posiblemente se debe a que sea una infección solo en la vulva, aunque la literatura indica que las descargas con las características citadas en este estudio como tipo I y II pueden provenir de vulva, vagina, cervix o útero (Sheffield)¹.

Al aplicar el tratamiento con florfenicol vía intramuscular (Grupo A) se observó que al siguiente día de la primera aplicación las cerdas con descarga tipo I presentaban escasa secreción, y un día después de la tercera aplicación la vulva estaba completamente limpia y seca. En el caso de la descarga vaginal tipo II después de la segunda aplicación se notaba una considerable mejoría, un día después de la tercera aplicación no se veía infección en el interior de la vulva, solo se observaban los restos de la descarga (con aspecto de costra). De las cuatro cerdas con descarga vaginal tipo III solo se recuperó una, la cual había expulsado en partes los restos del lechón que estaba provocando la infección. La cerda con descarga vaginal tipo IV se recuperó; como ya se mencionó esta descarga puede ser causada por una lesión ocasionada durante un parto distócico (Sheffield)¹.

Con el tratamiento de florfenicol vía oral (grupo B) 10 cerdas se recuperaron (50%), de estas, seis presentaron descarga tipo I, una tipo II y tres tipo IV; ninguna de las dos cerdas con descarga tipo III se recuperaron. La recuperación que presentó este grupo con respecto al grupo A es del 25% menos, lo cual es causado por la diferencia entre las dosis administradas. Al inicio del estudio se pretendió comparar la vía de administración del florfenicol, de tal forma que debían manejarse las mismas dosis por diferente vía, sin embargo al iniciar el tratamiento vía oral se detectó que las cerdas dejaron de consumir el alimento casi por completo por el sabor amargo que tiene el florfenicol. Posteriormente se decidió disminuir la dosis a 5 mg/kg, con los mismos resultados, ya que las cerdas no consumían en algunos casos ni la mitad del alimento y se optó por dar la dosis que el laboratorio recomienda, (2 mg/kg) (Schering P)²⁵, antes de las cinco de la mañana mezclado en alimento preiniciador con alta palatabilidad, asegurando con esto que las cerdas recibieron la dosis adecuada de florfenicol de acuerdo a su peso.

No se encontró ningún resultado en la bibliografía que ayudara a comparar estos resultados, ya que éste es el primer estudio donde se utiliza Florfenicol como tratamiento contra descargas vaginales en cerdas, sin embargo existe resistencia bacteriana a otros antibióticos utilizados como tratamiento en descargas vaginales, encontrando resistencia de *E. coli* contra penicilinas, sulfas trimetoprim y tetraciclinas (Spillane P)⁸. Siendo estos antibióticos de elección para algunas de estas bacterias como por ejemplo la penicilina ataca a bacterias Gram positivas como *Staphilococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes* y la eritromicina a bacterias Gram

negativas como *Escherichias coli*, *Klebsiella spp.*, *Proteus spp.* y *Pseudomonas spp.* (Wesley et al.)³³.

En otro estudio se aisló *E. coli* encontrando resistencia del 77.3% contra estreptomycinina y 81.8% contra tetraciclinas. También se aisló *Streptococcus sp.* el cual presentó susceptibilidad a la penicilina aunque fue 100% resistente a estreptomycinina. *Staphylococcus spp.* presentó 42.9% de resistencia contra la penicilina, 57.1% a la estreptomycinina y 71% a la tetraciclina (Bara et al.)²⁸.

La literatura menciona que las bacterias involucradas no soportan un pH ácido, siendo una buena alternativa como tratamiento la acidificación de la orina a niveles de pH de 5.5 para inhibir el crecimiento bacteriano (Jawetz E)³⁴.

Los reportes indican que de acuerdo al intervalo destete-servicio (7 días) los promedios de los parámetros deben ser los siguientes: PFS 87%, PFP (de cerdas gestantes) 94%, NL 12, LNV 11.5, LNM 4%, PP 1.2 a 1.5 kg. Lo cual al compararlo con los resultados del grupo B se observa que la fertilidad es mucho menor (Taylor MA)²⁹.

En los parámetros productivos de los grupos A y C de acuerdo al intervalo de días destete-servicio (alrededor de 9 días) se considerarían como promedios normales PFS 80%, PFP 88%, NL 11, LNV 11, LNM 6%. Y el promedio de mortalidad en hembras gestantes es del 1% (Taylor MA)²⁹, (Camprodón et al.)³⁵.

CONCLUSIONES

Teniendo como prioridad el porcentaje de recuperación se observó que el grupo tratado con Florfenicol intramuscular a dosis de 10 mg/kg fue el que presentó mejores resultados presentando un 75% de recuperación; esto nos da por conclusión que ésta vía de administración y dosis del Florfenicol es eficaz como tratamiento para el control de infecciones en el tracto génito urinario.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Sheffield OPB, England, 5m po Box 233, Copyright 5M Enterprises Limited 2000, Available from: URL: <http://www.thepigsite.com/PigHealth/search.asp>
- 2.- Martineau GP, Klopfenstein C, Pelenc F. Iatrogenic potomania in sows as a new major risk factor of urinary tract infection. The 16th International Pig Veterinary Society Congress, Melbourne, Australia, 17-20 Sept 2000.
- 3.- Trujillo OME. Parámetros de producción. Producción porcina; México D.F. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM 1988:210-214.
- 4.- Whittemore CT. Ciencia y práctica de la producción porcina. Acribia, S.A. Zaragoza, España, 1996:1-3.
- 5.- Almon GW. Investigation into sow infertility. The Pig Journal, 1995;35:20-27.
- 6.- Mancera MA. Aislamiento e identificación de la flora bacteriana del útero en cerdas gestantes y no gestantes (tesis de licenciatura) México D.F.: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, 1978.
- 7.- Hughes PE, Varley MA. Reproducción del Cerdo, Acriba Zaragoza España 1984:1-3.
- 8.- Spillane P. Cystitis and endometritis in a 1000 sow unit. The pig Journal, 1999;44:162-182.

- 9.- Carabin H, Bigras-Poulin M, Ménard J, Castillo J, Martineau GP. A retrospective study of postmating vulvar discharge syndrome in sows. Proceedings of the 13th international Pig Veterinary Society Congress, June 26-30; Bangkok, Thailand, 1994: 374.
- 10.- Dee SA. Diagnosing and controlling urinary tract infections caused by *Eubacterium suis* in swine. Veterinary Medicine, February, 1991.
- 11.- Macinnes JI, Desrosiers R. Agents of the "suis-diseases" of swine: *Actinobacillus suis*, *Haemophilus parasuis*, and *Streptococcus suis*. Canadian Journal of Veterinary Research, 1999;63,2:83-89.
- 12.- Taylor MA. Pig diseases. Cystitis in sows. Seventh edition. PLC Great Britain, 1999:243-247, 635-637.
- 13.-Bara MR, Cameron RDA. A study of the incidence, characterization, effect on reproductive performance and predisposing factor associated with post-mating vulval discharges (PDM). Proceedings of the 13th International Pig Veterinary Society Congress: 1994 June 26-30; Bangkok, Thailand, 1994:399.
- 14.- Carr J, Walton R. Bacterial flora of the urinary tract of pigs associated with cystitis and pyelonephritis. Veterinary Record, 1993;132:575-577.
- 15.- Walker RI. Isolation of *Eubacterium suis* from sows with cystitis. JAVMA, October 15 1989;195(8):1104-1107.

- 16.- Yeruham I, Elad D, Perl S. Cystitis Isolation of *Corynebacterium pilosum* and *Actinomyces piogenes* from cistitis and vulvovaginitis infection in a 2-month-old female calf. *Journal of Veterinary Medicine B*, 1999;46(2):127-130.
- 17.- Leman AD, Straw BE. Urinary tract infection. Disease of swine, 8th edition. Iowa USA; Iowa State University Press, Ames Iowa, 1994:464-468,1010-1011.
- 18.- Sneath PH, Mair NS, Sharpe ME, Holt JG. Facultatively Anaerobic Gram-Negative Rods. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Williams & Wilkins; Baltimore, Maryland, 1989;3:2145-2151.
- 19.- Dreau D, Laval A. Efect of ceftiofur in the control of urinary infection in sows. The 16th International Pig Veterinary Society Congress, Melbourne, Australia, 17-20 Sept 2000.
- 20.- Wilson R, Cargil C, Smith R, Mc Orist S, Davidson S. Reducing the impact of subclinical urogenital tract infection on sow reproductive performance through strategic medication. The 16th International Pig Veterinary Society Congress, Melbourne, Australia, Sept. 2000.
- 21.-Merck Co Inc. Cloranfenicol y congéneres. ed Oceano Centrum, Cuarta edición, Barcelona España, 1993:1758-1762, 1632-1634.
- 22.-Brock TD, Smith WD. Tipos de plásmidos y su significado biológico. *Microbiología*. Prentice-Hall cuarta edición, México D.F. 1987;400-403,557-560

- 23.- Kim KH, Donn I. Nuflor. Veterinary Pharmaceuticals and Biologicals, 10th edition, 1997.
- 24.-Mestorino N, Pesoa J, Turic E, Errecalde JO. Florfenicol: Pharmacological Aspects. Veterinaria Argentina 1999; 16,152,:127-141.
- 25.- Schering Plough S.A. de C.V. División Veterinaria, Información del Departamento Técnico. Características del Nuflor. 2001.
- 26.- Lobell RD, Varma KJ, et al. Pharmacokinetics of florfenicol following intravenous and intramuscular doses to cattle. J Veterinary Pharmacology, 1996;17:253-258.
- 27.- Floss PD, Tubbs R. Causas infecciosas de infertilidad en las cerdas. Universidad de Missouri - Colombia. Venezuela porcina: <http://www.pcca.com.ve/e34p26.htm>.
- 28.- Bara MR, Cameron RDA. A study of the incidence, characterization, effect on reproductive performance and predisposing factor associated with post-farrowin vulval discharges (PDF). Proceedings of the 13 Th International Pig Veterinary Society Congress: 1994 june 26-30; Bangkok, Thailand, 1994:400.
- 29.- Taylor MA. Productivity data. Pig diseases. Seventh edition edition. PLC Great Britain, 1999:1-11.

- 30.-Palomo AY, Curso de formación pericial veterinaria: Ganado porcino. Madrid España. Redyva® Mundo Veterinario, publicación electrónica propiedad de Red Veterinaria y Agropecuaria, S.L., 2000:<http://redyva.com.veterinarios/especialidades/porcino/especialista/cursoperitos>.
- 31.- Taylor MA, Vulvar discharges. Pig diseases. Seventh edition. PLC Great Britain, 1999:360-361.
- 32.- Bosow H. Bödiker R, Richter H. Artificial infestation of the vagina for the prevention of metritis, mastitis and colibacillosis. Proceedings of the 13th International Pig Veterinary Society Congress:1994 June 26-30; Bangkok Thailand, 1994:375.
- 33.- Wesley GC, Craig BD, Alice RJ. Quimioterapia. Farmacología Médica, 13th edition, Madrid España, 1993:664-667.
- 34.- Jawetz E. Medicamentos con indicaciones especiales y antisépticos urinarios. Farmacología Básica y Clínica 4^a ed. México D.F., 1993:609-615.
- 35.- Camprodon A, Ayllón S, Barcelo J. Producción de nulíparas en explotaciones separadas. VI Symposium Internacional de Reproducción e Inseminación Artificial Porcina, 1999:93-97.

CUADROS

Cuadro 1. PORCENTAJE DE PREVALENCIA Y FERTILIDAD

GRUPOS	NUMERO DE CERDAS	PREVALENCIA (%)	FERTILIDAD (%)
CON DESCARGA	60	31.7	63.6
SIN DESCARGA	129	68.3	85
TOTAL	189	100	

Cuadro 2. PORCENTAJE DE PREVALENCIA POR NÚMERO DE PARTO

PARTO	N° DE CERDAS	PORCENTAJE
1	2	3.3
2	4	6.7
3	7	11.7
4	17	28.3
5	14	23.3
6	8	13.3
7	4	6.7
8	4	6.7
TOTAL	60	100

Cuadro 3. INCIDENCIA POR TIPO DE DESCARGA VAGINAL

DESCARGA *	INCIDENCIA %	N° HEMBRAS
TIPO I	38	23
TIPO II	35	21
TIPO III	15	9
TIPO IV	11.6	7
TOTAL	100	60

* Tipo I.- Blanco de consistencia viscosa.

Tipo II.- Verde de consistencia viscosa.

Tipo III.- Amarillo de consistencia pastosa.

Tipo IV.- Café oscuro de consistencia líquida.

Cuadro 4. NÚMERO DE CERDAS POR TIPO DE DESCARGA Y POR NÚMERO DE PARTO

DESCARGA*	N° DE PARTO								TOTAL CERDAS
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	
TIPO I	2	1	3	6	6	4	1	0	23
TIPO II	0	1	2	8	4	1	2	3	21
TIPO III	0	1	2	1	2	1	1	1	9
TIPO IV	0	1	0	2	2	2	0	0	7
N° CERDAS	2	4	7	17	14	8	4	4	60

* Tipo I.- Blanco de consistencia viscosa.

Tipo II.- Verde de consistencia viscosa.

Tipo III.- Amarillo de consistencia pastosa.

Tipo IV.- Café oscuro de consistencia líquida.

Cuadro 5. RELACIÓN TIPO DE DESCARGA pH (% Y N° de cerdas)

PH	TIPO I		TIPO II		TIPO III		TIPO IV	
	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°
pH 7	20	1	20	1	20	1	60	3
pH 8	60	3	80	4	40	2	40	2
pH 9	20	1	0	0	40	2	0	0
TOTAL	100	5	100	5	100	5	100	5

VARIABLES DE LAS CERDAS TRATADAS

Cuadro 6. PROMEDIO DE DÍAS A PRESENTACIÓN DE ESTRO

CERDAS	N° DE CERDAS	DPE*
SIN DESCARGA	20	8.9
CON DESCARGA	40	8.5

DPE=Días a Presentación de Estro

* $P > 0.05$

Cuadro 7. INCIDENCIA Y PROMEDIO DE DÍAS A PRESENTACIÓN DE ESTRO POR TIPO DE DESCARGA

DESCARGA	INCIDENCIA %	N° HEMBRAS	DPE*
TIPO I	35	14	9.2
TIPO II	35	14	7.7
TIPO III	15	6	6.6
TIPO IV	15	6	10.6
TOTAL	100	40	\bar{x} = 8.5

DPE=Días a Presentación de Estro

* $P > 0.05$

\bar{x} = promedio

Tipo I.- Blanco de consistencia viscosa.

Tipo II.- Verde de consistencia viscosa.

Tipo III.- Amarillo de consistencia pastosa.

Tipo IV.- Café oscuro de consistencia líquida.

**Cuadro 8. NÚMERO DE CERDAS POR TRATAMIENTO Y TIPO DE
DESCARGA**

DESCARGA *	GRUPO A	GRUPO B
TIPO I	7	7
TIPO II	8	6
TIPO III	4	2
TIPO IV	1	5
TOTAL	20	20

* Tipo I.- Blanco de consistencia viscosa.

Tipo II.- Verde de consistencia viscosa.

Tipo III.- Amarillo de consistencia pastosa.

Tipo IV.- Café oscuro de consistencia líquida.

Cuadro 9. PORCENTAJE Y NÚMERO DE CERDAS RECUPERADAS POST-TRATAMIENTO POR TIPO DE DESCARGA POR GRUPO TRATADO

DESCARGA *	GRUPO A		GRUPO B	
	(% y N° de cerdas)		(% y N° de cerdas)	
TIPO I	86	6	86	6
TIPO II	87	7	16	1
TIPO III	25	1	0	0
TIPO IV	100	1	60	3
RECUPERACIÓN	75	15	50	10
GLOBAL				

- * Tipo I.- Blanco de consistencia viscosa.
 Tipo II.- Verde de consistencia viscosa.
 Tipo III.- Amarillo de consistencia pastosa.
 Tipo IV.- Café oscuro de consistencia líquida.

Cuadro 10. PORCENTAJE DE CERDAS SIN DESCARGA POR TRATAMIENTO

GRUPO	TRATAMIENTO	% DE CERDAS SIN DESCARGA	% DE CERDAS CON DESCARGA
A	Florfenicol IM	75	25
B	Florfenicol oral	50	50

Cuadro 11. PROMEDIO DE LAS VARIABLES REPRODUCTIVAS POR TRATAMIENTO.

TX VARIABLE	FF IM		FF ORAL		CONTROL	
	Media	E Std	Media	E Std	Media	E Std
DL	21.9 ±	0.51	21.7 ±	0.51	20.7 ±	0.43
DPEpp	31.2 ±	1.15	29.5 ±	1.19	29.6 ±	0.64
DPEpd	9.3 ±	1.26	7.8 ±	1.12	8.95 ±	0.85
FS	0.25 ±	0.09	0.65 ±	0.16	0 ±	0
FP	1.25 ±	0.09	1.65 ±	0.16	1.00 ±	0

TX = Tratamiento

FF = Florfenicol.

IM = Intramuscular.

DL = Días de lactancia.

DPEpp = Días a presentación de estro post-parto

DPEpd = Días a presentación de estro post-destete.

FS = Fertilidad a servicio.

FP = Fertilidad a parto (de las cerdas gestantes)

Cuadro 12. PROMEDIO DE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS POR TRATAMIENTO

TX VARIABLE	FF IM		FF ORAL		CONTROL	
	Media	E Std	Media	E Std	Media	E Std
NL	11.2 ±	0.70	12.4 ±	1.13	10.3 ±	2.81
LNV	9.4 ±	0.74	11.5 ±	1.10	6.7 ±	0.96
LNM	1.33 ±	0.25	0.8 ±	0.24	1.44 ±	0.28
MOM.	0.53 ±	0.19	0.1 ±	0.10	0.44 ±	0.16
PESO	1.38 ±	0.04	1.3 ±	0.06	1.31 ±	0.08
PROMEDIO						

TX = Tratamiento

FF = Florfenicol.

IM = Intramuscular.

NL= número de lechones.

LNV= lechones nacidos vivos.

LNM= lechones nacidos muertos.

MOM= momias.

FIGURAS

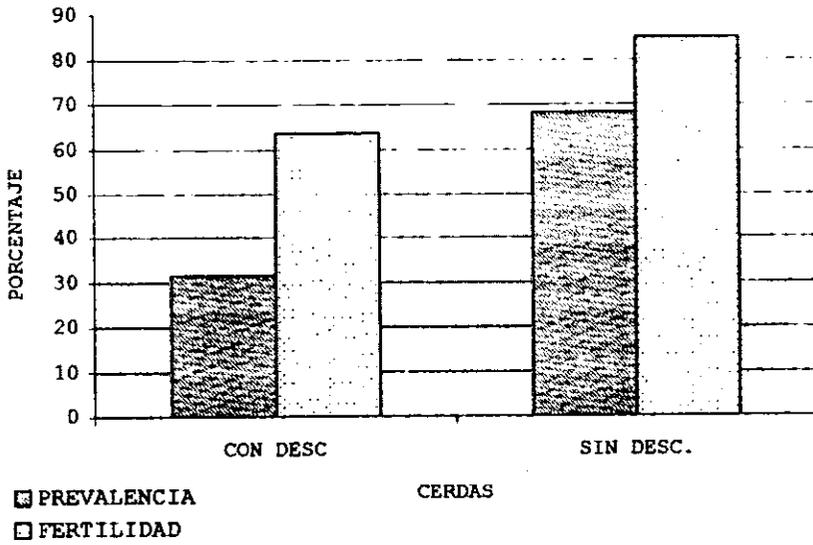


Figura 1. Porcentaje de prevalencia y fertilidad.

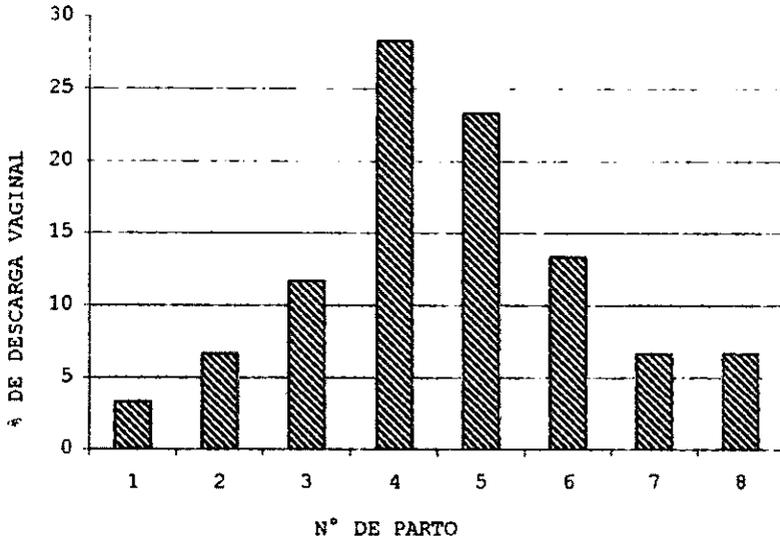


Figura 2. Relación descarga vaginal/número de parto.

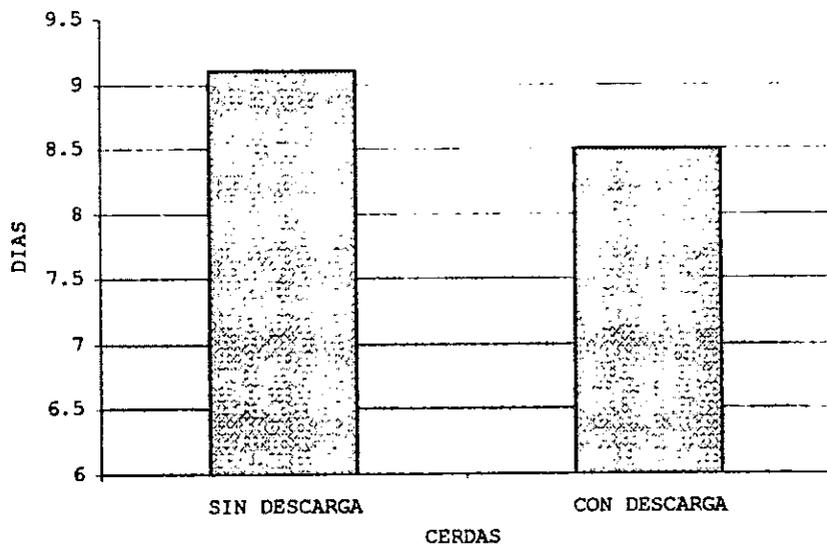


Figura 3. Días a presentación de estro.

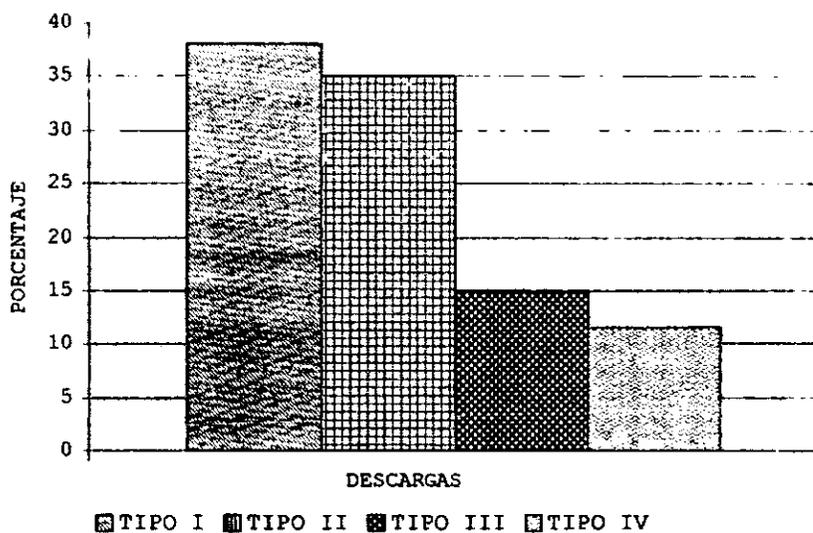


Figura 4. Incidencia del tipo de descarga

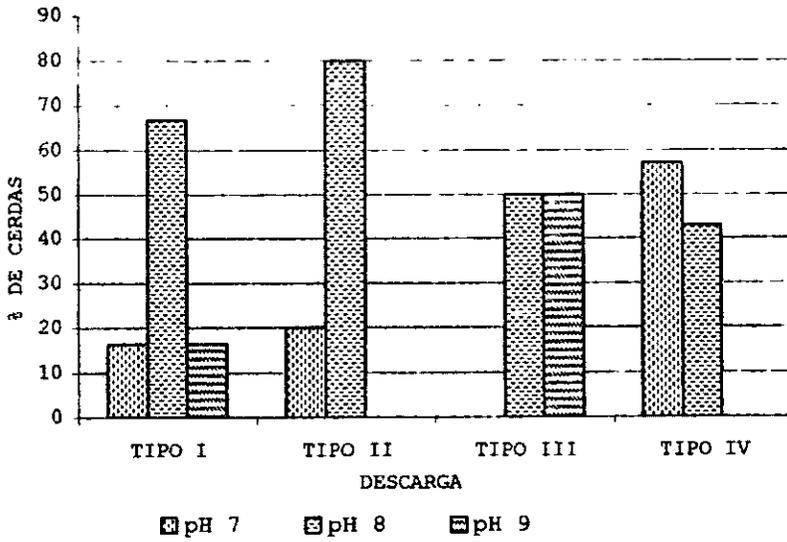


Figura 5. Relación tipo de descarga con pH.

UNA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

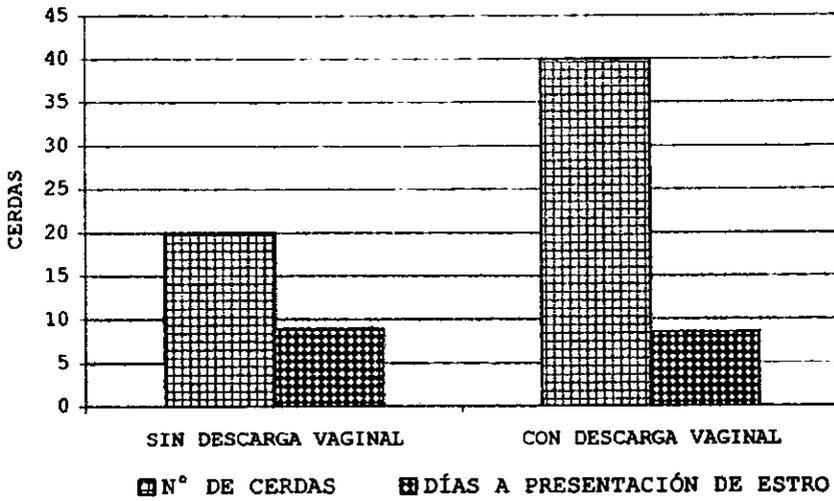


Figura 6. Días a presentación de estro (DPE) de cerdas con y sin descarga vaginal.

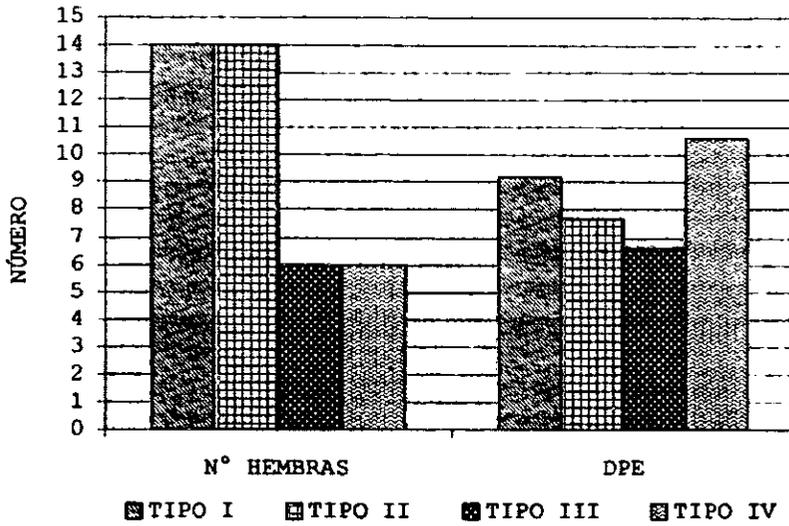


Figura 7. Número de hembras y días a presentación de estro (DPE) por tipo de descarga.

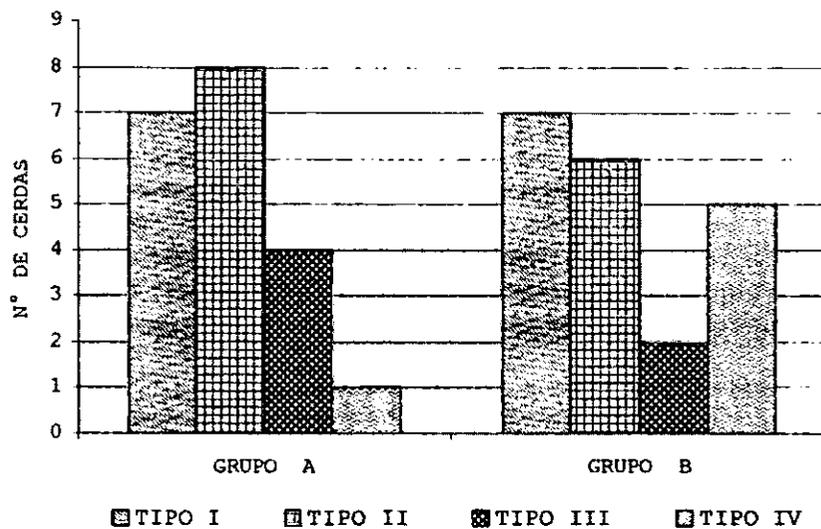
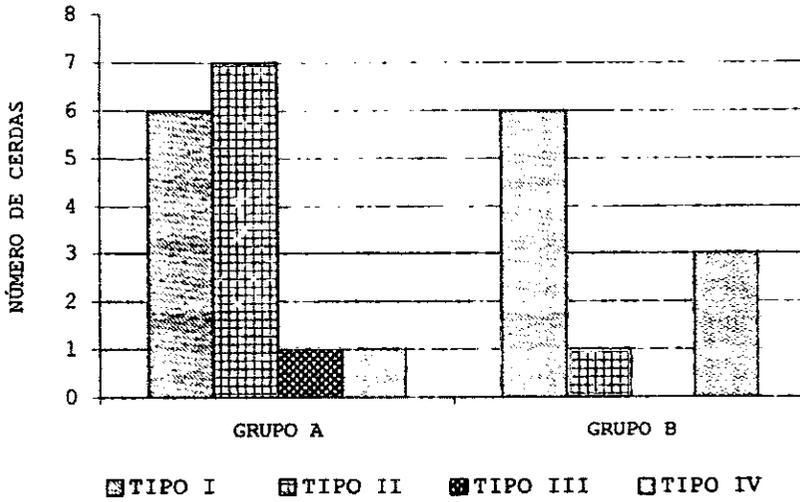


Figura 8. Número de cerdas por tratamiento y tipo de descarga.



Cuadro 9. Número de cerdas recuperadas por tipo de descarga vaginal

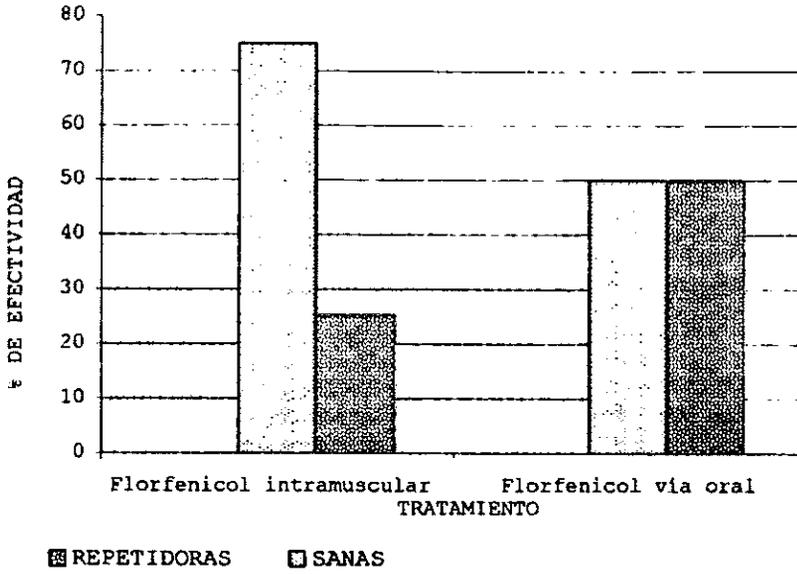


Figura 10. Resultados de los tratamientos.

DESCARGAS VAGINALES



TIPO I

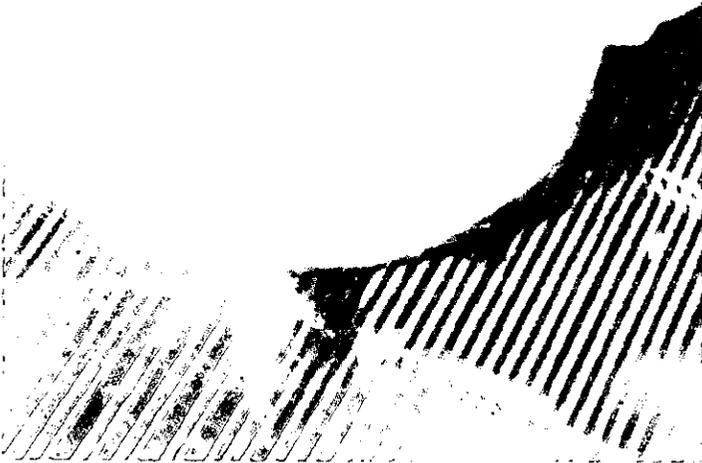


TIPO II

DESCARGAS VAGINALES



TIPO III



TIPO IV