

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

TÍTULO DEL PROYECTO:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE INYECCIÓN DE PARTÍCULAS MICROMÉTRICAS CON APLICACIÓN EN OPTOMECASTRÓNICA.”

ASESOR EXTERNO:

DR. J. Ascención Guerrero Viramontes.

ASESOR INTERNO:

M en C. Raúl Moreno Rincón.

ALUMNO:

Francisco Chávez Gutiérrez. N° de control: 03270261.

Domicilio: Av. Cedro No. 234 Col. Bosques del Sur. C.P. 29065. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

E-mail: carazteca@hotmail.com

Tel. (961) 1215177. Cel. 4771850259.

LUGAR DE RESIDENCIA:

Centro de Investigación en Óptica A.C.

Lomas del Bosque No. 115, Col. Lomas del Campestre. León Guanajuato, México.

JUSTIFICACION.

El desarrollo de este tipo de periférico se realiza para la caracterización de las técnicas de mediciones de velocidad en dos y tres dimensiones de flujos en fluidos, permitiendo la calibración de técnicas de posicionamiento de partículas en investigación.

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS.

Investigar los desarrollos relacionados. Búsqueda de bibliografía y selección del sistema de inyección de partículas a implementar.

Pruebas con cartuchos. Pruebas de inyección en diferentes impresoras. Determinación de los pines de conexión para diseñar el control de válvulas independientes.

Extracción del mecanismo de inyección de tinta y construcción de un módulo externo para ser usado en la técnica de velocimetría. Implementar el sistema de control usando LabView como software de interface.

Creación del programa que permitirá seleccionar el inyector deseado y hacer una inspección del mismo. Proceder con la calibración del mismo para determinar su eficiencia y caracterizar la posición de cada válvula de manera independiente.

RESULTADOS.

Se diseño y construyó un periférico automatizado de inyección de partículas micrométricas, el cual se logró a partir del uso de un sistema comercial de impresión; esta tecnología es la que utilizan las impresoras de inyección de chorro de tinta actuales, las que encontramos en la casa, escuela u oficinas.

Consiste en un prototipo electrónico para la inyección de partículas construido a partir de un cartucho de impresora de inyección de tinta con tecnología Thermal Inkjet, permitiendo la realización de un hardware (con componentes electrónicos de fácil adquisición comercial) que pueda ser utilizado para este objetivo. Desde el control individual y grupal de cada microinyector del cartucho mencionado desde una PC (desde una interfaz grafica hecha en LabVIEW 7.1) hasta su alimentación del sistema.

Este sistema de inyección de partículas micrométricas, que se presenta en la siguiente figura 1, fue construido con técnicas de impresión de circuitos electrónicos muy fáciles de utilizar y diseñado para ser controlado a través de una tarjeta de adquisición de datos digital. Para su uso en futuros experimentos con técnicas de velocimetría para determinar la posición en tres dimensiones.

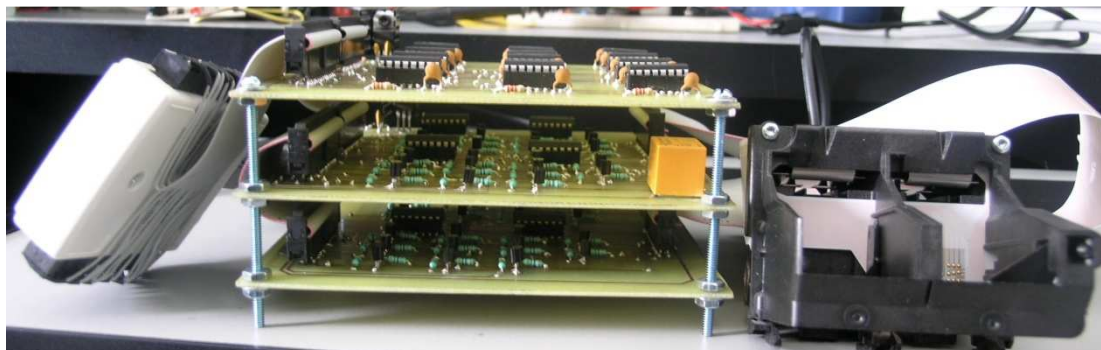


Figura 1. Sistema automatizado de inyección de partículas micrométricas

CONCLUSIÓN.

Para el estudio de la generación y formación de partículas micrométricas, se diseñó y construyó un sistema de inyección de partículas a partir de un sistema comercial de impresión; para lograr tal inyección, se utiliza la tecnología implementada en la inyección de chorro de tinta con la que trabajan las impresoras actuales. Por la forma en que se crean las gotitas en los inyectores de los cartuchos da la posibilidad de crear periféricos como el logrado hasta el momento.

Este sistema de inyección está basado de la tecnología llamada Thermal Inkjet, que utiliza resistencias diminutas como elementos de calentamiento en los microinyectores de cartuchos de impresora común, ahí (en los microinyectores) por el calentamiento que realizan estas microresistencias se provocan pequeñas burbujas que impulsan tinta en una forma de gotas muy finas. Y que por el vacío causado por la disminución de la presión crea a su vez y una nueva burbuja.

Este sistema fue construido con circuitos electrónicos de fácil adquisición que permitan su uso como un modulo externo para trabajos (en otras investigaciones) de calibración de técnicas de mediciones de velocidad en dos y tres dimensiones de flujos en fluidos. Por ello, su diseño electrónico que puede ser controlado desde una interfaz gráfica (implementada en LabView) o por un usuario directamente. EL prototipo se realizó de tal manera que se pueda controlar a través de una tarjeta de adquisición de datos digital o inclusive con otro modo de activación para los microinyectores.

Para lograr que este sistema sea automatizado, se creó un control que desde una PC pueda manipularlo. Con una interfaz creada para este caso, que permite la activación individual o colectiva de los microinyectores.

Hasta este momento se comprueba el funcionamiento del sistema de inyección en algunas pruebas preliminares (sobre hojas de papel); el usar este prototipo para su aplicación en caracterización de técnicas de medición de velocidad de flujo en fluidos en tres dimensiones y el poder obtener imágenes del proceso de inyección, es parte de un futuro proyecto más de investigación relacionado con la generación de partículas micrométricas para técnicas de posicionamiento de partículas en investigación.

Por lo tanto se da por concluido el proyecto propuesto al inicio de la residencia profesional en un 100%.



INSTITUTO TECNÓLOGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

REPORTE FINAL DE RESIDENCIA PROFESIONAL

NOMBRE DEL PROYECTO:

**"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
AUTOMATIZADO DE INYECCIÓN DE PARTÍCULAS
MICROMÉTRICAS CON APLICACIÓN EN OPTOMECASTRÓNICA."**

LUGAR DE RESIDENCIA:

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ÓPTICA, A. C.

ASESOR EXTERNO:

DR. J. ASCENCIÓN GUERRERO VIRAMONTES.

ASESOR INTERNO:

M en C. RAÚL MORENO RINCÓN.

RESIDENTE:

FRANCISCO CHÁVEZ GUTIÉRREZ.

Nº DE CONTROL:

03270261

TUXTLA GUTIERREZ CHIAPAS; A 9 DE JUNIO DE 2008.



ÍNDICE.

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN..... | i |
| SECCION I. TEORÍA..... | 4 |
| CAPÍTULO 1. Investigación de las diferentes tecnologías desarrolladas para la inyección de tinta..... | 5 |
| Búsqueda de bibliografía, artículos, reportes y documentos relacionados con el funcionamiento de inyección de tinta en las impresoras. Selección del sistema de inyección de partículas a implementar. | |
| CAPÍTULO 2. Pruebas con los primeros cartuchos de impresora de inyección de tinta..... | 12 |
| Pruebas de inyección de tinta en diferentes impresoras. Determinación del sistema electrónico que controla las señales enviadas a los inyectores individuales para diseñar el control de válvulas independientes necesario en la aplicación estudiada. | |
| SECCION II. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE PARTÍCULAS..... | 22 |
| CAPÍTULO 3. Diseño electrónico del sistema de inyección de partículas micrométricas..... | 23 |
| Diseño electrónico del control del mecanismo de inyección de tinta, permitiendo la realización de un hardware (con componentes electrónicos de fácil adquisición comercial) que pueda ser utilizado para este objetivo. Así como diseño electrónico de la fuente de alimentación del sistema. | |
| CAPÍTULO 4. Construcción del sistema automatizado de inyección de partículas micrométricas..... | 33 |
| Construcción del hardware diseñado. También, el desarrollo del prototipo a lograr (con técnicas de fabricación manual) para su futuro control desde la PC a través de una tarjeta de adquisición de datos digital. | |



SECCION III. CONTROL DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE INYECCIÓN DE PARTÍCULAS..... 40

CAPÍTULO 5. Utilización de la tarjeta de adquisición de datos digital (DAQ NI USB-6501)..... 41

Descripción del la tarjeta de adquisición de datos digital (DAQ NI USB-6501) y configuración de la misma para el control del sistema desarrollado.

CAPÍTULO 6. Creación del programa de control usando LabVIEW como software de interface..... 44

Implementar el software de interface para el sistema que permitirá seleccionar el inyector deseado y hacer visualizar su activación.

SECCION IV. RESULTADOS DE INYECCIÓN DE PARTÍCULAS MICROMÉTRICAS..... 48

CAPÍTULO 7. Primeros resultados de la inyección de partículas micrométricas..... 49

Obtención de las primeras muestras del funcionamiento del sistema automatizado de inyección de partículas micrométricas.

CONCLUSIONES GENERALES..... 53

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 55



INTRODUCCION.

En el Centro de Investigaciones en Óptica A.C. se cuenta con un laboratorio de Velocimetría. En este laboratorio se desarrollan técnicas para hacer mediciones de velocidad en dos y tres dimensiones de flujo en fluidos, esas técnicas se desarrollan dentro de los proyectos de investigación con impacto internacional. Para caracterizar esas técnicas se requiere del desarrollo de periféricos tales como sistemas de inyección de partículas muy precisos y, algunas veces sofisticados, que permitan la calibración de las técnicas de posicionamiento de partículas en tres dimensiones bajo investigación.

En el desarrollo de periféricos como el sistema de inyección de partículas que se ha estado desarrollando, se debe de partir de la selección de algún proceso de inyección comercial para llevar a cabo nuestro objetivo.

El estudio de la generación y formación de partículas micrométricas ha sido un área de interés dentro de los proyectos de velocimetría. A la fecha existen diferentes métodos para la formación y generación de partículas a partir de diferentes materiales líquidos principalmente agua y aceite. Uno de los métodos seleccionados debido a la homogeneidad del diámetro de las partículas generadas son las producidas por los sistemas MEMS (Micro Electrical Mechanical Systems) de inyección de las impresoras comerciales [1].

Para lograr este propósito, se pretende partir de una tecnología al alcance de la mano. Nos referimos a las impresoras comunes; las que encontramos en el hogar, oficina, escuela, etc.

Se considera por ser una de las más prometedoras para nuestro propósito, ya que da ventajas como: una muy alta velocidad de inyección (hasta 1.5kHz), aunque para nuestros fines no es necesaria esa velocidad, un funcionamiento constante y homogéneo, la fácil adquisición de los materiales a implementar, pero sobre todo, la gran posibilidad de obtención de diferentes tamaños de partículas para su estudio (al usar diferentes cartuchos).



OBJETIVO DEL PROYECTO.

Desarrollo de un sistema de inyección de partículas para la caracterización de técnicas de medición de velocidad de flujo en fluidos en tres dimensiones para aplicaciones en la medicina, la industria y la biología.

JUSTIFICACION.

El desarrollo de este tipo de periférico se realiza para la caracterización de las técnicas de mediciones de velocidad en dos y tres dimensiones de flujos en fluidos, permitiendo la calibración de técnicas de posicionamiento de partículas en investigación. Este dispositivo permitirá el poder validar las técnicas ópticas de alcance mundial.



RESUMEN.

En el presente trabajo se describe un sistema de inyección de partículas construido a partir de un sistema comercial de impresión basado en la inyección de tinta. Las partículas que se generarán están en el orden de los 36 micrómetros. Este tamaño de diámetro es adecuado para hacer los experimentos con una técnica de velocimetría para determinar la posición de partículas en tres dimensiones y a partir de esta información determinar la velocidad de los flujos en dos y tres dimensiones. Se dan algunos resultados preliminares y se describe el funcionamiento y construcción del sistema de inyección de partículas.



SECCION I.

TEORÍA.

CAPÍTULO 1. Investigación de las diferentes tecnologías desarrolladas para la inyección de tinta.

Búsqueda de bibliografía, artículos, reportes y documentos relacionados con el funcionamiento de inyección de tinta en las impresoras. Selección del sistema de inyección de partículas a implementar.

CAPÍTULO 2. Pruebas con los primeros cartuchos de impresora de inyección de tinta.

Pruebas de inyección de tinta en diferentes impresoras. Determinación del sistema electrónico que controla las señales enviadas a los inyectores individuales para diseñar el control de válvulas independientes necesario en la aplicación estudiada.



CAPÍTULO 1.

Investigación de las diferentes tecnologías desarrolladas para la inyección de tinta.

En el desarrollo de periféricos como el sistema de inyección de partículas que se pretende implementar, se debe de partir de la selección de algún proceso de inyección comercial para llevar a cabo nuestro objetivo.

El estudio de la generación y formación de partículas ha sido el tema de interés para muchos en todas las aplicaciones en las que están involucradas. A la fecha existen diferentes métodos para la formación y generación de partículas a partir de diferentes materiales líquidos principalmente. Una de los métodos seleccionados debido a la homogeneidad del diámetro de las partículas generadas son las producidas por los inyectores de los cartuchos de tinta en las impresiones de inyección (figura 1-1) [1].

Para lograr este propósito, se pretende partir de una tecnología al alcance de la mano. Nos referimos a las impresoras comunes; las que encontramos en el hogar, oficina, escuela, etc.

Se considera por ser una de las más prometedoras para nuestro propósito, ya que da ventajas como: una muy alta velocidad de inyección (hasta 1.5kHz), aunque para nuestros fines no es necesaria esa velocidad, un funcionamiento constante y homogéneo, la fácil adquisición de los materiales a implementar, pero sobre todo, la gran posibilidad de obtención de diferentes tamaños de partículas para su estudio.

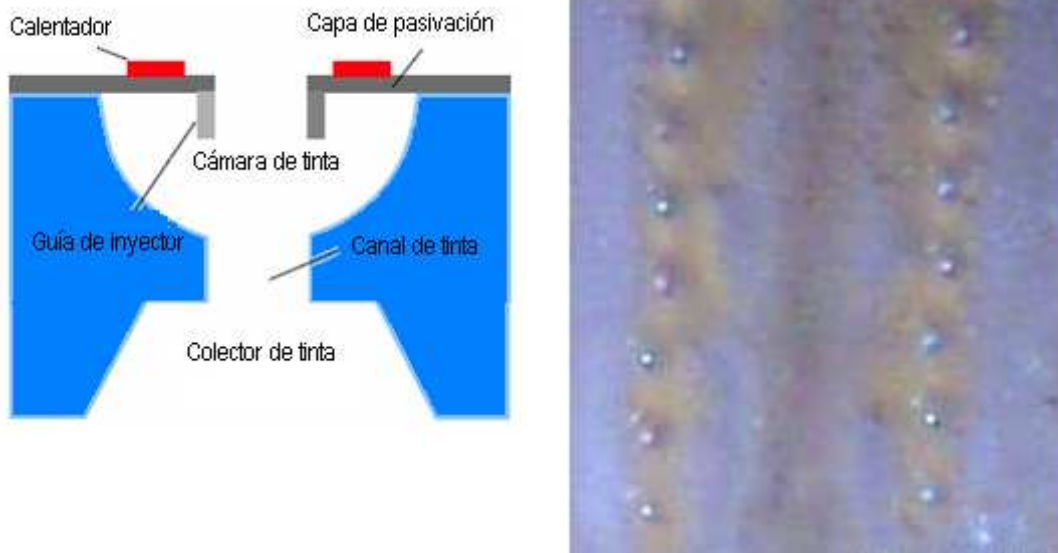


Figura 1-1. Izquierda. Vista de una sección de inyector. Derecha. Inyectores de un cartucho vistos en aumento.

Estos inyectores funcionan por medio de un depósito de líquido que es liberado a una frecuencia muy alta por medio de los inyectores [1]. Estos inyectores son pequeñas válvulas accionadas por el calentamiento de unas resistencias incrustadas alrededor del inyector. Estas válvulas no están selladas sino que la fuerza gravitacional es equilibrada por medio de la tensión superficial del líquido (figura 1-2). Las minúsculas gotas de tinta generada fluctúan entre $10\mu\text{m}$ a $40\mu\text{m}$ de diámetro.

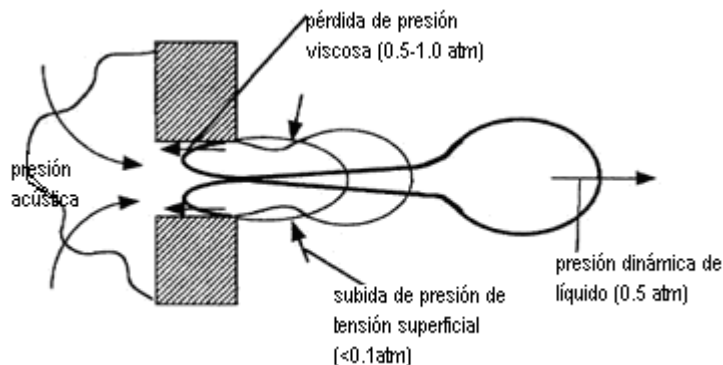


Figura 1-2. Presión básica para expulsar una gotita de tinta [2].

En la figura 1-3 vemos cómo se realiza la formación de las gotitas en una impresora, esto nos permite desarrollar un sistema a partir de los cartuchos de las mismas para la formación de micropartículas.

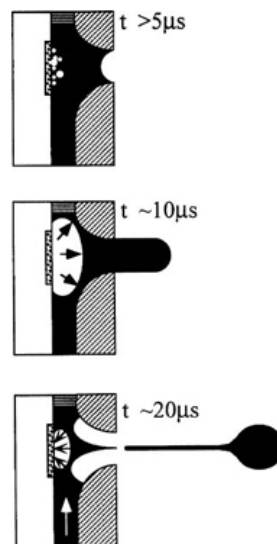


Figura 1-3. Proceso de formación de una gota en un inyector de impresora [2].

Los diferentes tipos de impresoras de chorro de tinta forman sus gotitas de tinta de formas diferentes. Existen una variedad de mecanismos de impresión de chorro de tinta que han sido desarrollados incluyendo la termal de chorro de tinta (TIJ), piezoeléctrico y electrostático [3].

Pero hay dos tecnologías principales de chorro de tinta actualmente usadas por fabricantes de impresoras:

Inyección termal. (Thermal Inkjet TIJ).

Usado por fabricantes como Canon y Hewlett-Packard [1], este método comúnmente es mencionado como el motor de burbuja. (figura 1-4). En una impresora de este tipo, resistencias diminutas crean el calor (1), y este calor vaporiza la tinta para crear una burbuja (2). Como la burbuja se amplía, un poco de la tinta es empujada de un inyector sobre una superficie (3). Cuando la burbuja crea "pequeñas explosiones" (derrumbamientos), en un vacío es creado. Esto tira más tinta en la cabeza de impresión del cartucho (4). Una cabeza de impresión de motor de burbuja típica tiene 300 o 600 inyectores diminutos (según sea el modelo del cartucho), y todos ellos pueden "inyectar" gotas de tinta simultáneamente.

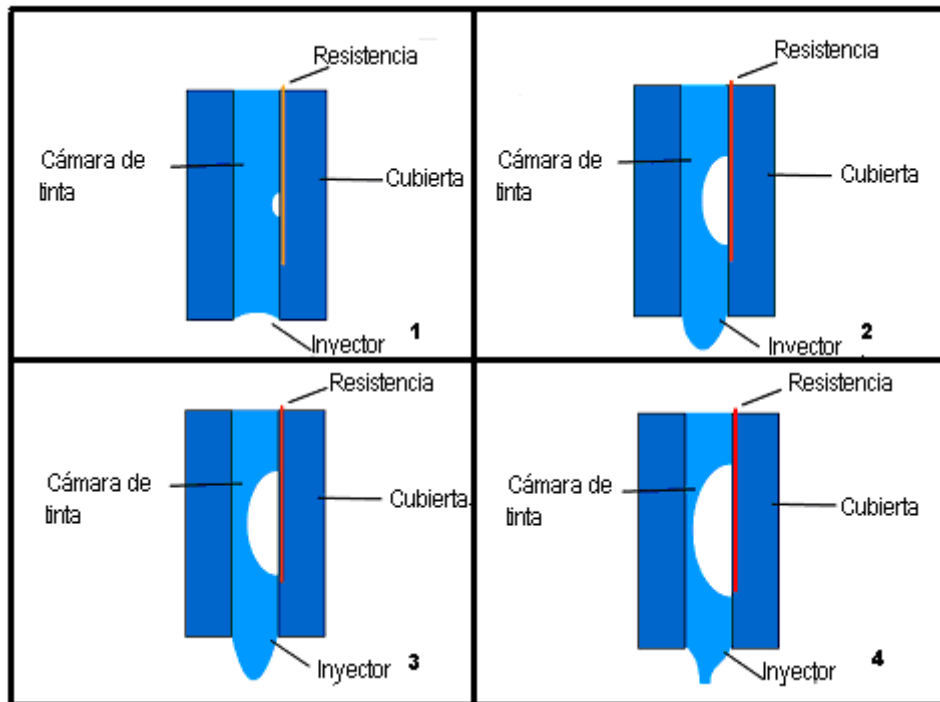


Figura 1-4. Forma en que se crea las micro gotas a través de los inyectores en el cabezal de un cartucho normal de impresora de la forma Thermal Inkjet.

Piezoeléctrico. (Piezoelectric).

Patentado por la Epson, esta tecnología usa cristales piezoeléctricos (figura 1-5). Un cristal es localizado detrás del depósito de tinta de cada inyector (1). El cristal recibe una carga eléctrica diminuta que hace que ello vibre (2). Cuando el cristal vibra hacia adentro, fuerza una cantidad diminuta de la tinta del inyector (3). Con la misma fuerza vibra hacia fuera, esto tira algo de tinta más en el depósito para sustituir la tinta rociada hacia fuera (4).

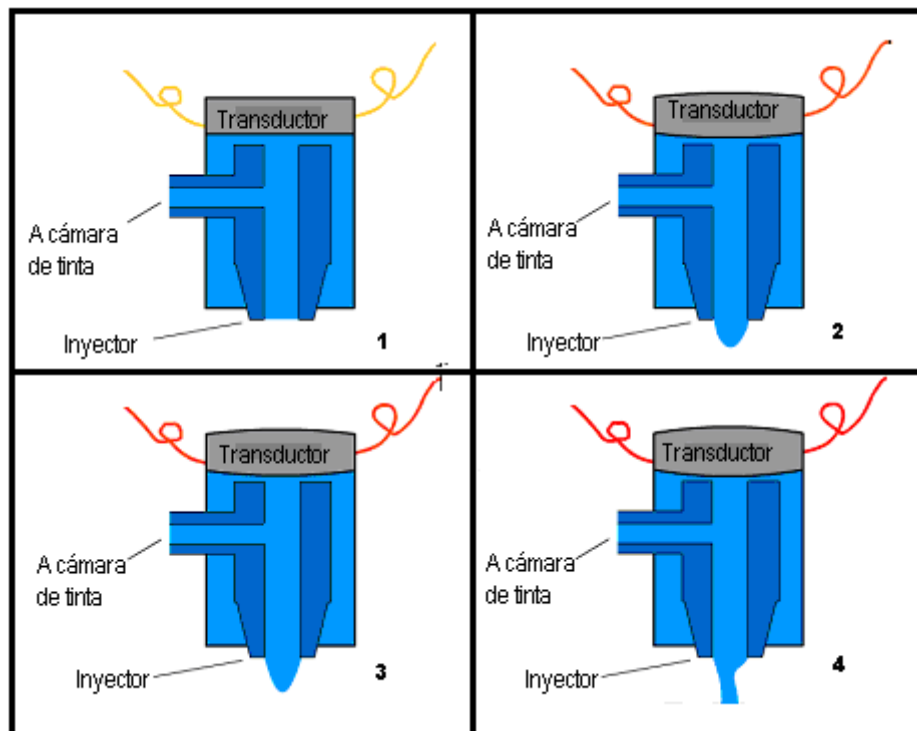


Figura 1-5. Forma en que se crea las microgotas a través de los inyectoros en el cabezal de un cartucho normal de impresora de la forma Piezoelectric.

1.1 Recopilación bibliográfica.

Se llevó a cabo la recopilación de información como bibliografía, de artículos relacionados con la inyección de micropartículas y uno solo artículo que trata la realización de un generador de aerosol uniforme de partículas.

Aquí la mención de dichos artículos:

a). Guerrero Viramontes J A, Moreno Hernández D, Mendoza Santoyo F and Funes-Gallanzi M. "3D particle positioning from CCD images using the generalizad Lorenz-Mie and Huygens-Fresnel theories". Meas. Sci. Technol. 17. 2328-234. (2006).

b). Njock Libii, J. "The illustrated topology of liquid drops during formation". Physics Education. 39. 197-200. (2004).



c). Sen A K and Dabari J. 2007. "*Droplet ejection performance of a monolithic thermal inkjet print head*". J. Micromech. Microeng. 17. 1420-1427. (2007).

d). Soon Baek S, Choi B and Oh Y. 2004. "*Design of a high-density thermal inkjet using heat transfer from CVD diamond*". J. Micromech. Microeng. 14. 750-760. (2004).

e). McGuinness P, Drenckhan W and Wearie D. "*The optimal tap: three-dimensional nozzle design*". J. Phys. D: Appl. 38. 3382-3386. (2005).

f). Ko S H, Pan H, Grigoropoulos C P, Luscombe Ch K, Fréche J M J and Poulidakos D. "*All-inkjet-printed flexible electronics fabrication on a polymer substrate by low-temperature high-resolution selective laser sintering of metal nanoparticles*". Nanotechnology. 18. 345202 (8pp). (2007).

g). Lee H H, Chou K S and Huang K H. "*Inkjet printing of nanosized silver colloids*". Nanotechnology. 16. 2436-2441. (2005.).

h). Lee C Y and Liao W C. "*Characteristics of an electro-rheological fluid valve used in an inkjet printhead*". Smart Mater. Struct. 9. 839-847 (2000).

i). Sergerev A V and Raymond A. Shaw. 2006. "*An inexpensive uniform-size aerosol generator*". Meas. Sci. Technol. 17. N41-N44. (2006).

Cabe destacar que el estudio y creación de sistemas de inyección, como generadores de partículas micrométricas, es hoy en día, algo nuevo a nivel internacional, dando pauta para que nuestro sistema automatizado sea uno de los primeros en lograrse.

1.2 Selección del sistema de inyección de partículas a implementar.

Se llevó a cabo la selección del sistema de inyección, el cual se obtuvo del estudio de diversas impresoras de inyección de chorro de tinta. Se seleccionó una de ellas por tenerla a la mano y porque pertenece al mismo modelo usado en la referencia encontrada, la de tecnología de inyección termal. Figura 1-6.



Figura 1-6. Sistema de inyección a utilizar. Cabezal del cartucho de inyección de tinta.

Como se sabe de la indagación teórica hay diversos tipos de tecnologías principales de la inyección de chorro de tinta actualmente usadas por fabricantes de impresora, una de ellas la de inyección termal. (TIJ). Que es con la que opta trabajar ya que la impresora que se seleccionó contaba con esta tecnología.

La impresora de la cual obtuvimos el sistema de inyección fue una Apollo P-2200 de Hewlett-Packard. Figura 1-7.

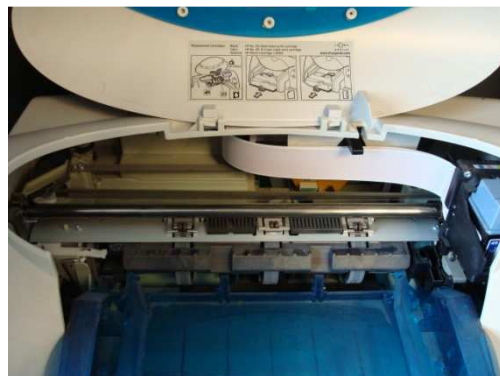


Figura 1-7. Impresora utilizada para la obtención nuestro sistema de inyección.

CAPÍTULO 2.

Pruebas con los primeros cartuchos de impresora de inyección de tinta.

2.1 Determinación de los pines de conexión de los cartuchos de impresora.

Iniciando con las indagaciones prácticas se hizo la determinación de los pines de conexión de los cartuchos de impresora para diseñar el control de válvulas independientes.

Se utilizó un cartucho c6614n (#20) de Hewlett Packard de 14 ml de líquido y que tiene aproximadamente 50 inyectores.

Ya que para controlar los pines de nuestro cartucho se necesita precisión, se reutilizó el cable plástico que acompaña al mismo en el cabezal del cartucho. Figura 2-1.

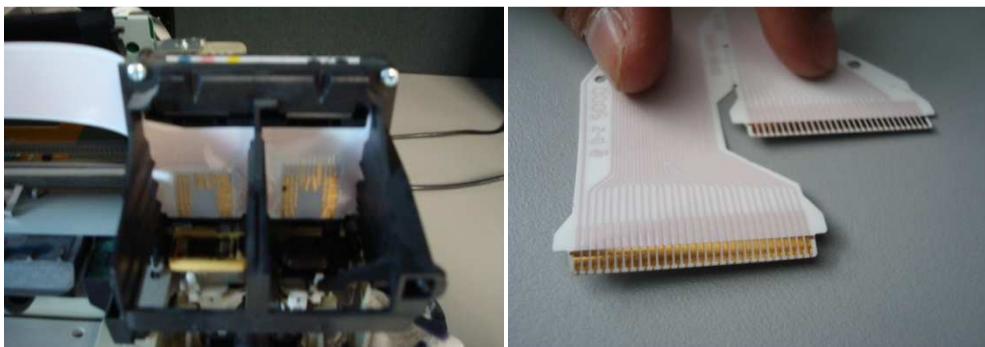


Figura 2-1. Izquierda. Pines en el cabezal del cartucho. Derecha. Terminales del otro extremo del cable plástico al conector tipo jack a presión.

Para lograr la conexión exacta entre cartucho y control, optamos por reutilizar también el conector tipo jack a presión que lleva la tarjeta de control de la impresora. Figura 2-2. Página | 13

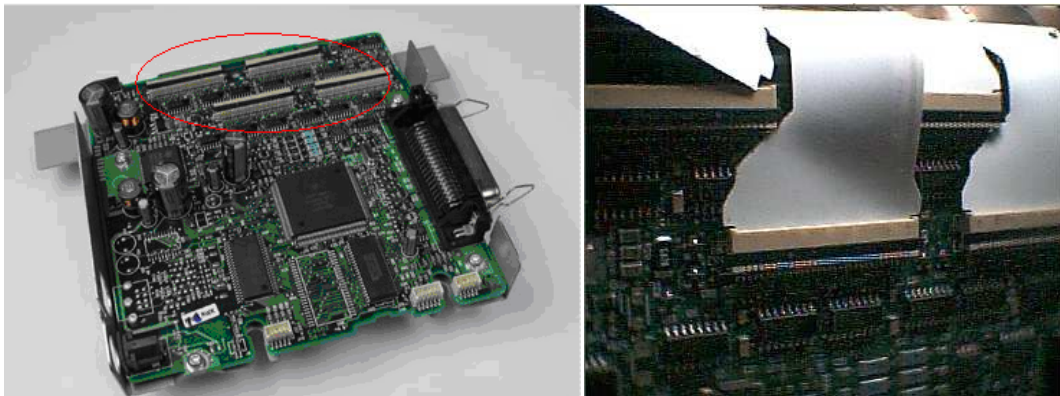


Figura 2-2. Conectores tipo jack a presión para reutilizar en la placa original de control de la impresora utilizada.



Figura 2-3. Conector extraído para su reutilización en nuestra nueva conexión.

Utilizando en el conector tipo jack a presión (figura 2-3) y con el programa de simulación de circuitos electrónicos Proteus se realizó el diseño de la figura 2-4 para lograr una nueva conexión a utilizar.

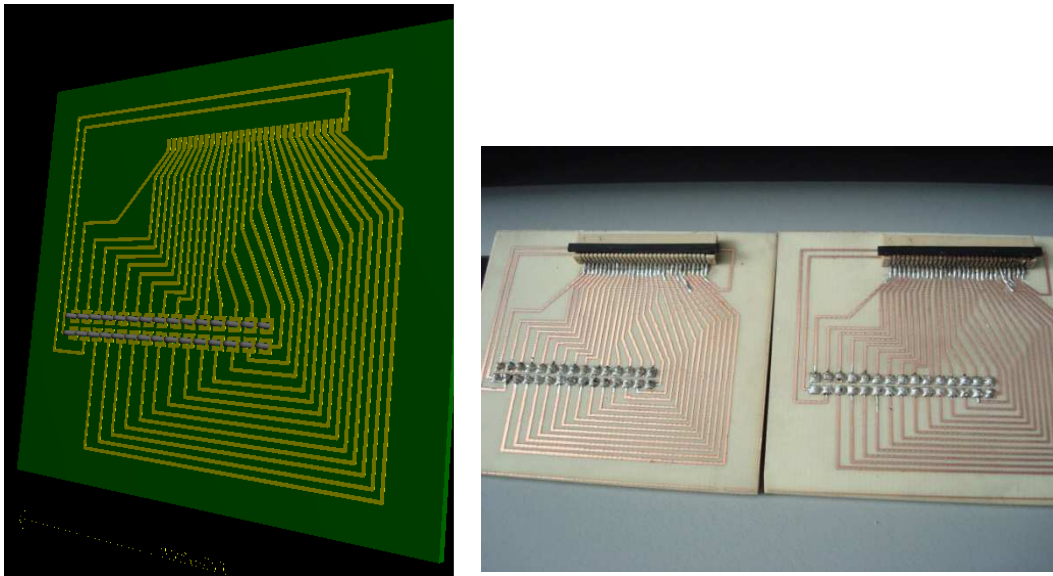


Figura 2-4. Izquierda. Diseño del PCB, de nuestro nuevo hardware de conexión. Derecha. Implementación y acabado de la conexión.

Los pines de cobre que lleva el cabezal donde va el cartucho, son la conexión directa para el control de los microinyectores que necesitamos activar (figura 2-5). Apoyándonos de una numeración realizada (Figura 2-6), al modelo de conexión electrónica para el control del cartucho, por Aleksandr V. Sergerev y Raymond A. Shaw en su diseño de un generador de aerosol uniforme de partículas [4], tenemos lo siguiente:

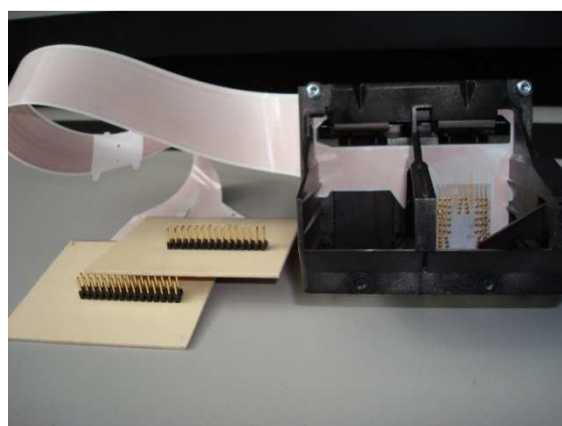


Figura 2-5. Hardware realizado para el control de los microinyectores.

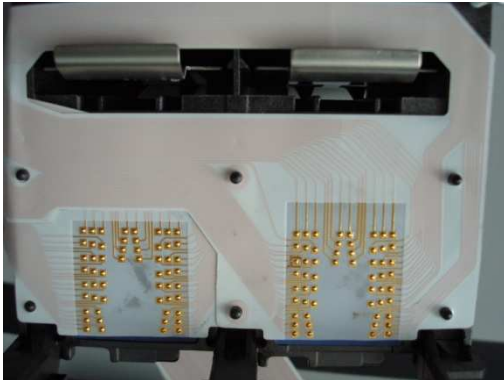


Figura 2-6. Modelo de conexiones electrónicas en el cartucho de inyección.

Los pines de conexión, los podemos dividir en grupos, dado que entre unos pines, tomados como referencia, nos da una resistencia (36.1Ω) con respecto a otros. Esta comprobación nos deja en claro que el tipo de cartucho obtenido trabaja con microinyectores del tipo de Thermal Inkjet, y que son diminutas resistencias que los hacen funcionar (figura 2-7).

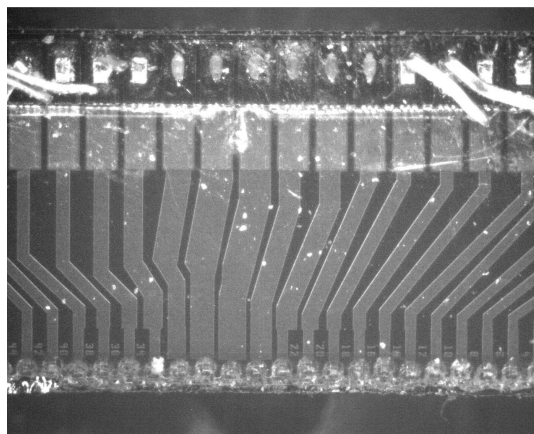


Figura 2-7. Vista de las microresistencias, a través de microscopio, que hacen trabajar a las TIJ.



En la Tabla 1, se describen los grupos formados del pin de referencia y pines con los que existen las resistencias.

| PIN DE REFERENCIA EN EL MODELO DE CONEXIÓN. | PINES DEL CARTUCHO. |
|---|--|
| 5 | 6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,19 |
| 32 | 17,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29 |
| 33 | 36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,48 |
| 60 | 46,47,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59 |

Tabla 1. Pines del modelo de conexión en los que existe una resistencia de 36.1 Ω.



En la Figura 2-8 se muestra la conexión de pines del 33 al 60 del nuestro cartucho c6614n (#20) HP y nuevo hardware realizado para su control.



Figura 2-8. Conexión de pines de cobre, del no. 33 al 60 del nuestro cartucho c6614n (#20) HP y nuevo hardware realizado para su control (tira de pines machos).

En la Tabla 2, se describe la configuración de conexión realizada para la tira de pines machos y el cartucho (de sus pines del 35 al 60).

| CONN-DIL No. | CARTRIDGE No. | CONN-DIL No. | CARTRIDGE No. |
|--------------|---------------|--------------|---------------|
| 1 | 35 | 14 | 46 |
| 2 | 36 | 15 | 50 |
| 3 | 37 | 16 | 51 |
| 4 | 38 | 17 | 49 |
| 5 | 39 | 18 | 54 |
| 6 | 40 | 19 | 53 |
| 7 | 42 | 20 | 52 |
| 8 | 41 | 21 | 55 |
| 9 | 44 | 22 | 56 |
| 10 | 45 | 23 | 57 |
| 11 | 43 | 24 | 58 |
| 12 | 48 | 25 | 59 |
| 13 | 47 | 26 | 60 |

Tabla 2. Configuración realizada del lado izquierdo de los pines del cabezal del cartucho de tinta.



En la figura 2-9 se muestra la conexión de pines del 5 al 32 del nuestro cartucho c6614n (#20) HP y nuevo hardware realizado para su control.

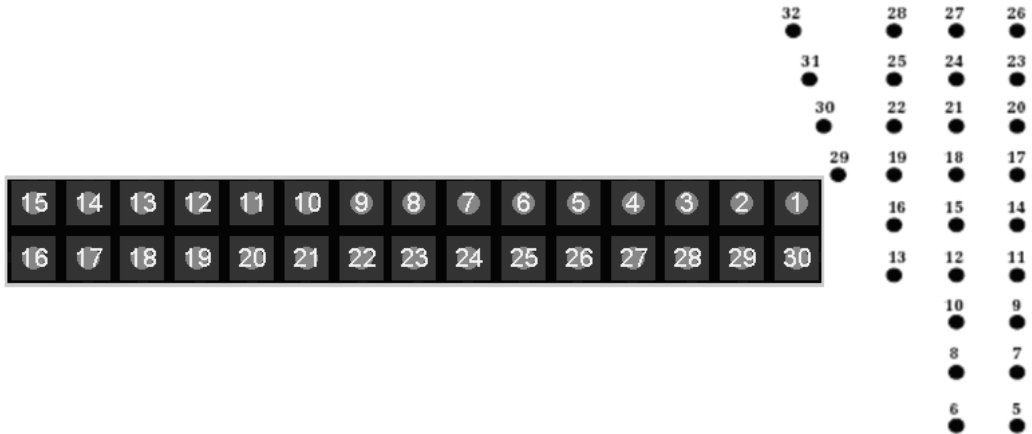


Figura 2-9. Conexión de pines de cobre, del no. 5 al 32 del nuestro cartucho c6614n (#20) HP y nuevo hardware realizado para su control (tira de pines machos).

En la Tabla 3, se describe la configuración de conexión realizada para la tira de pines machos y el cartucho (de sus pines del 5 al 32).

| CONN-DIL No. | CARTRIDGE No. | CONN-DIL No. | CARTRIDGE No. |
|--------------|---------------|--------------|---------------|
| 1 | 5 | 16 | 22 |
| 2 | 6 | 17 | 20 |
| 3 | 7 | 18 | 21 |
| 4 | 8 | 19 | 24 |
| 5 | 9 | 20 | 23 |
| 6 | 10 | 21 | 25 |
| 7 | 13 | 22 | 26 |
| 8 | 12 | 23 | 27 |
| 9 | 11 | 24 | 28 |
| 10 | 16 | 25 | 29 |
| 11 | 14 | 26 | 30 |
| 12 | 15 | 27 | 31 |
| 13 | 19 | 28 | 32 |
| 14 | 18 | 29 | 33 |
| 15 | 17 | 30 | 34 |

Tabla 3. Configuración realizada del lado derecho de los pines del cabezal del cartucho de tinta.

2.2 Microinyectores del cartucho.

También para el control de microinyectores, se encontró que el cartucho tiene aproximadamente 46 microinyectores, que es un aproximado de los pines de la conexión física que se realizó, y con lo que se cuenta para su manipulación.



Figura 2-10. Izquierda. Microscopio de Inspección de 2.5X a 10X de zoom Edmund Optics. Derecha cámara Pixelink USB 2.0 de 0.8 a 2.0 Megapixel.

Utilizando un Microscopio de Inspección de 2.5X a 10X de zoom Edmund Optics y una cámara Pixelink USB 2.0 de 0.8 a 2.0 Megapixel (figura 2-10) se logró tomar fotografías de los inyectores del cartucho a utilizar (Figura 2-11).

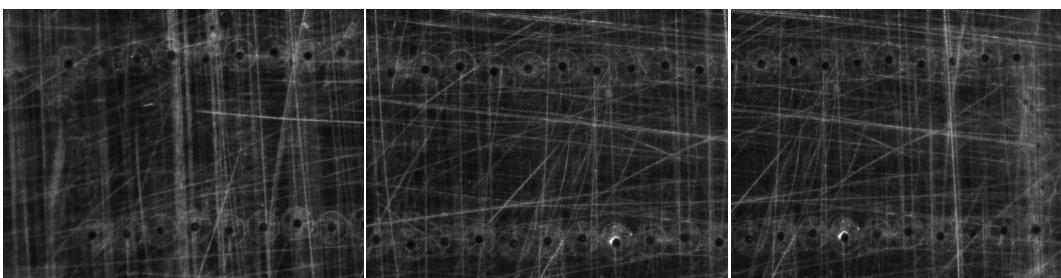


Figura 2-11. Vista de todo el riel de microinyectores a través de microscopio superponiendo varias imágenes de las diferentes secciones.

En la figura 2-12 se puede ver un microinyector, a través de microscopio, que lleva a cabo la impresión de tinta.

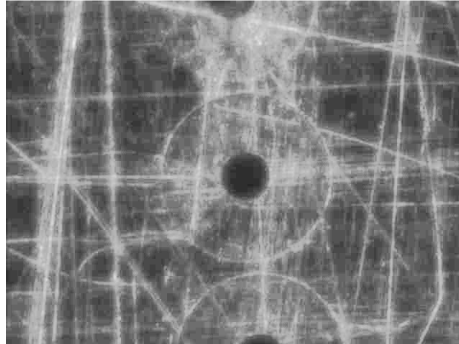


Figura 2-12. Vista de uno de los microinyectores del MEMS a través de microscopio.

Utilizando el microscopio y cámara CCD logramos tener una medida aproximada de $37.2 \mu\text{m}$ de diámetro de los microinyectores. Teniendo una calibración previa de $2.7 \mu\text{m}/\text{píxel}$ (Figura 2-13).

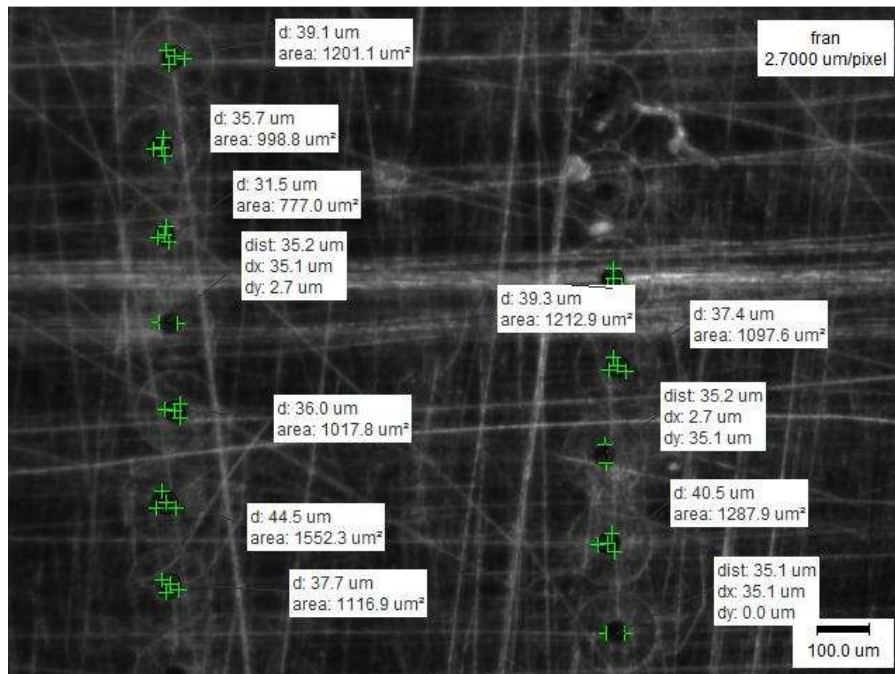


Figura 2-13. Vista con un escala de $2.7 \mu\text{m}/\text{píxel}$ de inyectores a través del microscopio.



CONCLUSIÓN.

Para lograr la inyección de partículas, para su estudio, se ha optado utilizar la tecnología implementada en la inyección de chorro de tinta con la que trabajan las impresoras actuales. Por la forma en que se crean las gotitas en los inyectores de los cartuchos nos da la posibilidad de diseñar un sistema de inyección de micropartículas. La tecnología considerada para iniciar nuestro diseño es la llamada Thermal Inkjet, teniendo resistencias diminutas para la inyección de partículas y la oportunidad de control de inyectores del cartucho a utilizar.

Esto nos ha llevado al desarrollo de un nuevo hardware de conexión el cual permitirá el control de los inyectores tanto individual como grupal. Se ha verificado el diámetro de los inyectores a través de un microscopio y se determina la cantidad de los mismos que es necesario controlar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

[1] Soon Baek S, Choi B and Oh Y. 2004. "*Design of a high-density thermal inkjet using heat transfer from CVD diamond*". J. Micromech. Microeng. 14. 750-760. (2004).

[2] Hue P. Le, Le Technologies, Inc., Beaverton, Oregon, "*Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology*", Journal of Imaging Science and Technology, Volume 42, Number 1, January/February 1998.

http://www.imaging.org/resources/web_tutorials/inkjet.cfm

[3] Sen A K and Dabari J. 2007. "*Droplet ejection performance of a monolithic thermal inkjet print head*". J. Micromech. Microeng. 17. 1420-1427. (2007).

[4] Sergerev A V and Raymond A. Shaw. 2006. "*An inexpensive uniform-size aerosol generator*". Meas. Sci. Technol. 17. N41-N44. (2006).

PAGINAS DE INTERNET:

<http://www.howstuffwork.com>



SECCION II.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE PARTÍCULAS.

CAPÍTULO 3. Diseño electrónico del sistema de inyección de partículas micrométricas.

Diseño electrónico del control del mecanismo de inyección de tinta, permitiendo la realización de un hardware (con componentes electrónicos de fácil adquisición comercial) que pueda ser utilizado para este objetivo. Así como diseño electrónico de la fuente de alimentación del sistema.

CAPÍTULO 4. Construcción del sistema automatizado de inyección de partículas micrométricas.

Construcción del hardware diseñado. También, el desarrollo del prototipo a lograr (con técnicas de fabricación manual) para su futuro control desde la PC a través de una tarjeta de adquisición de datos digital.

CAPÍTULO 3.

Diseño electrónico del sistema de inyección de partículas micrométricas.

3.1 Diseño electrónico del control del mecanismo de inyección de tinta.

En el sistema de inyección de partículas que se está desarrollando, se debe de partir de un circuito que permita la aplicación de un potencial a las microresistencias contenidas en el cartucho, para la generación de calor que provocarán la inyección de tinta en el cartucho de la impresora. La figura 3-1 muestra la base en la que es ensamblado el cartucho de tinta en una impresora común.

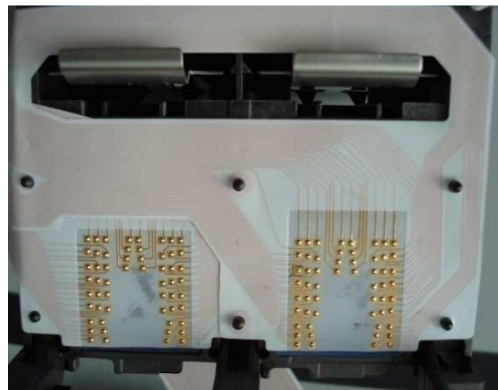


Figura 3-1. Conexiones electrónicas en el cartucho de inyección.

Para la activación de los microinyectores del cartucho de chorro de tinta, es necesario enviar a las microresistencias pulsos de disparo que tengan una duración del orden del los $5\mu\text{s}$ y una amplitud aproximada de 8 volts.

Para lograr los 8 volts de amplitud, se diseñó un arreglo de transistor, resistencias y buffer. Así también, el diseño que nos permite los pulsos de activación de $5\mu\text{s}$; el cual será utilizando una señal que proviene desde una tarjeta de adquisición de datos DAQ, y pasando hacia un circuito monoestable no redisparable de precisión (este circuito integrado nos permitirá los pulsos con una duración aproximada de $5\mu\text{s}$); y de ahí hacia el buffer y arreglo diseñado para aplicación de voltaje a las resistencias diminutas.

3.1.1 Circuito electrónico de acondicionamiento de los pulsos de disparo.

En la activación de los microinyectores del cartucho de chorro de tinta, se necesitan enviar pulsos de disparo para su activación en una duración aproximada de $5\mu s$.

Esto se logra por medio del uso de un circuito monoestable no redisparable de precisión.

3.1.1.1 Circuito monoestable no redisparable de precisión.

Este tipo de circuitos integrados trabajan si luego de recibir a su entrada una transición que genere un pulso (para nuestro diseño un flanco ascendente), y si durante la duración del mismo se produce un flanco del mismo tipo (de nuevo ascendente, por ejemplo) la duración del pulso de salida siempre es la misma sin importar la duración de los pulsos de entrada, dicho pulso terminará en el tiempo definido por R_T y C_T y de la circuitería interna del multivibrador monoestable. Un monoestable no redisparable de precisión común quizá tenga un t_p determinado por $t_p = 0.7 R_T C_T$ (figura 3-2) [1].

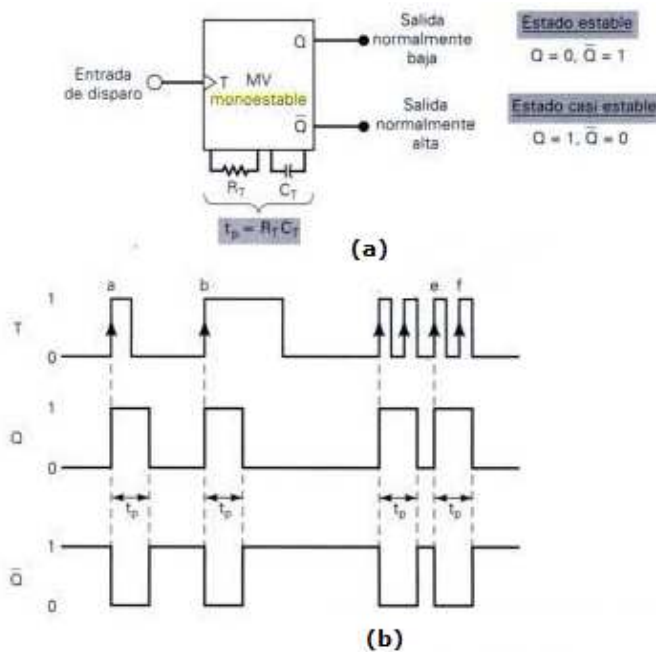


Figura 3-2. Símbolo para el multivibrador monoestable y formas de onda comunes para el modo de operación no redisparable.

Físicamente lo encontramos en el circuito integrado SN74LS221. En la figura 3-3 vemos el encapsulado de este CI., que contiene dos multivibradores de este tipo para nuestro uso [2].

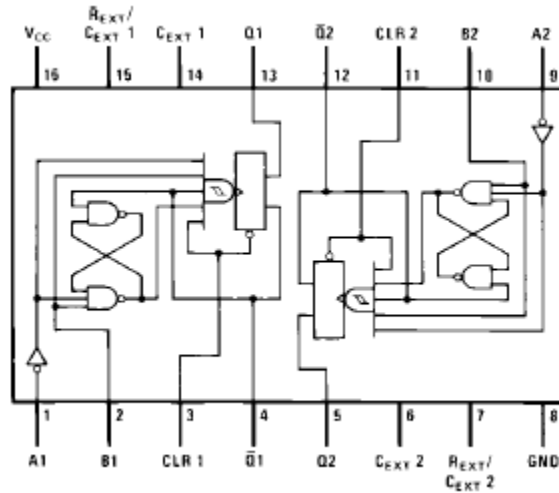


Figura 3-3. Diagrama interno de conexión del C.I. SN74LS221.

El SN74LS221 cuenta con dos entradas A y B, las cuales definen con qué flanco se debe activar el circuito de temporización. Dependiendo según sea la selección, se entra por una de dichas entradas y la otra se conecta a masa ó a Vcc.

En este caso, se necesita el disparo con el flanco ascendente, por lo tanto, la señal proveniente de uno de los pines individuales de los puertos configurados de la DAQ NI USB-6501, debe entrar por B y mandar A a tierra (figura 3-4).

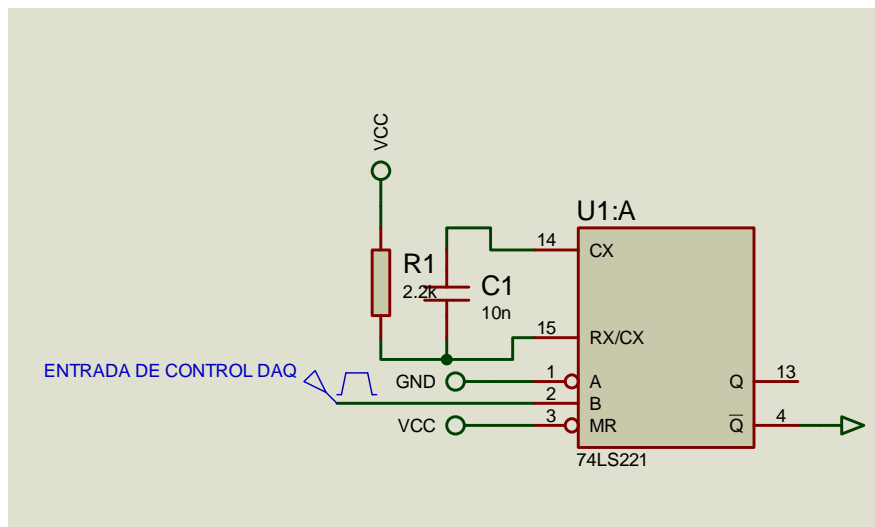


Figura 3-4. Configuración y arreglo con el CI SN74LS221, para detección del flanco ascendente.

El tiempo de temporización, esto es, el tiempo de duración del pulso, depende de los valores de la resistencia y capacitor externos; para lograr el envío a las microresistencias los pulsos de disparo que tengan la duración del orden de los 5 μ s.

En la figura 3-5 se muestra la conexión física del arreglo RC de temporización para el multivibrador monoestable no redispensible de precisión utilizado.

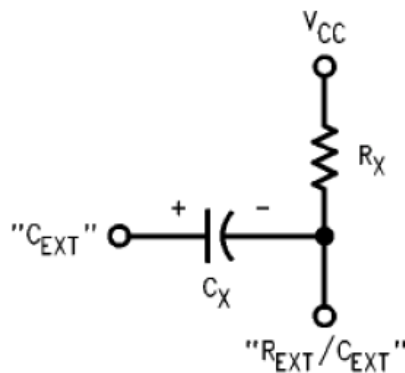


Figura 3-5. Arreglo RC.

Sabiendo que $t_p = 0.7 R_T C_T$ podemos calcular que:

$$R_T = \frac{5\mu s}{0.7 C_T}$$

Necesitando un $t_p = 10\mu s$ y proponiendo un capacitor de 10nF, entonces

$$R_T = \frac{5\mu s}{0.7(10nF)}$$

Por lo tanto

$$R_T = 714.28 \Omega$$

Implementando el circuito de disparos (para obtener pulsos de activación aproximados de $5\mu\text{s}$), se compruébalo siguiente:

Con un capacitor de 10nF , pero con una resistencia diferente a la calculada (valor de resistencia calculada $714.28\ \Omega$), de $817\ \Omega$ podemos obtener los pulsos de activación aprox. de $5\mu\text{s}$.

En la figura 3-6 vemos el resultado de una prueba de esta implementación, con una señal TTL de 10kHz (de un generador de ondas) de entrada, podemos verificar los pulsos de activación deseados que en nuestro sistema de inyección son necesarios.

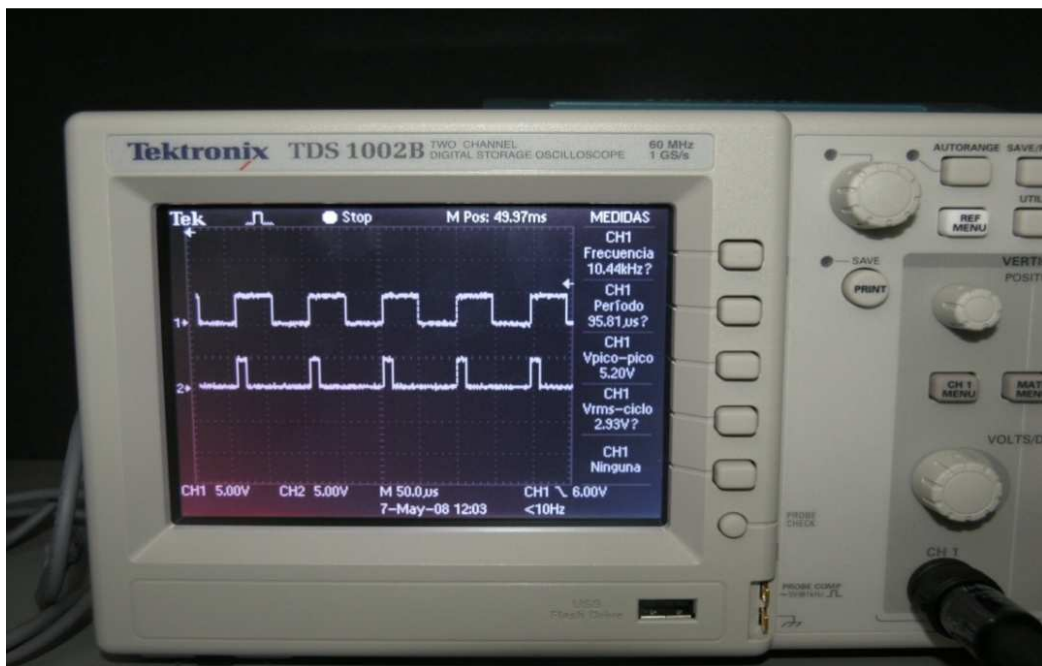


Figura 3-6. Vista de la generación de pulsos de activación para el sistema de inyección de partículas.

3.1.2 Circuito electrónico para la activación de las resistencias termales.

El arreglo que activa los MEMS dentro del cartucho, que logrará la inyección de micropartículas, se activará a través de un control de serie de pulsos de nivel TTL (logrado con el circuito electrónico de acondicionamiento de los pulsos de disparo), pasando por un disparador Triggered-Schmitt utilizado como buffer que excitará la base de un transistor Darlington NPN de amplificación de voltaje; esto permitirá el funcionamiento de las resistencias termales en cada uno de sus arreglos (figura 3-7).

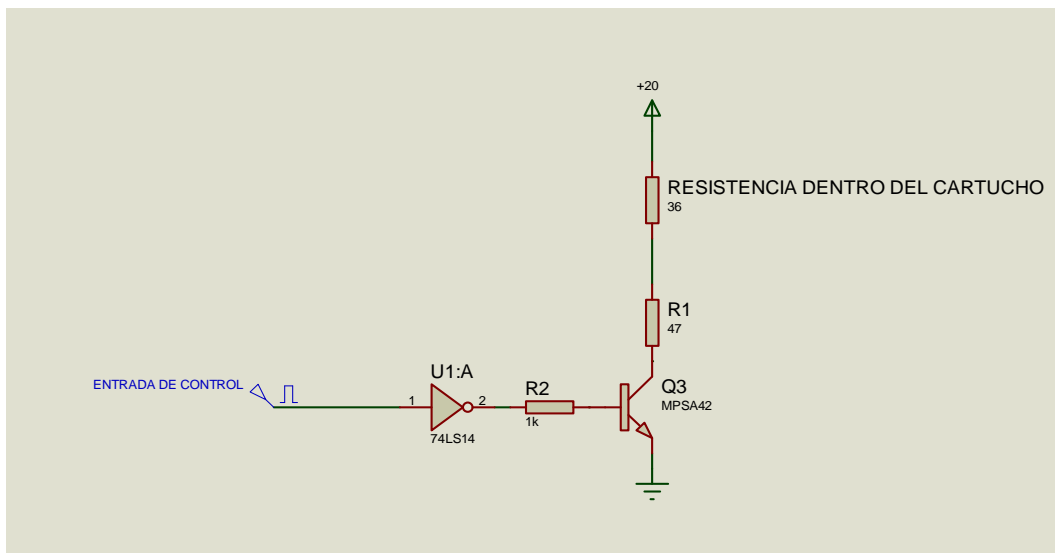


Figura 3-7. Arreglo electrónico para la activación de las resistencias termales y puesta en marcha de los microinyectores.

Todo lo anterior debe realizarse para cuando se desee hacer la activación de un microinyector del cartucho de chorro de tinta utilizado. Ya que, al mandar un pulso de control y activación, se pretende obtener las micropartículas deseadas (figura 3-8.) [3].

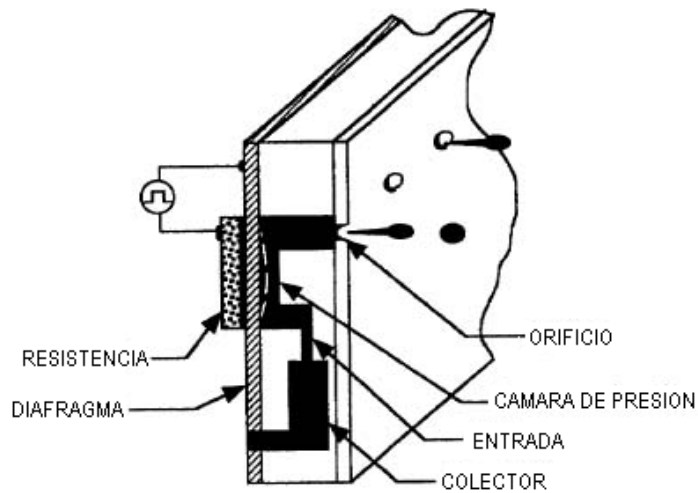


Figura 3-8. Forma de activación del MEMS dentro del cartucho, que logrará la inyección de micropartículas.

De lo anterior, se implemento el circuito electrónico del sistema de inyección de micropartículas utilizando el siguiente material:

Transistores Darlington NPN. MPSA42 en encapsulado TO-92 (figura 3-9) [4]. Se escogió es tipo de transistores por ser de amplificación de voltaje, que nos permitirá una caída de de voltaje aproximado de 8 volts en las microresistencias, en un tiempo de aplicación de 5 μ s.

MPSA42

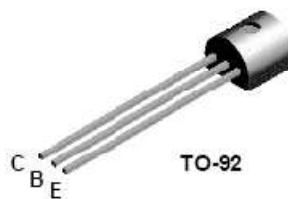


Figura 3-9.

Los disparadores Not Triggered-Schmitt (74ls14) utilizado como buffer, en encapsulado 14-Dip que incluye 6 disparadores de este tipo. Estas compuertas se utilizan para evitar alguna impedancia existente entre el pulso de activación y la base de los transistores Darlington, así como también, para tener un pulso exacto de nivel TTL (figura 3-10) [4].

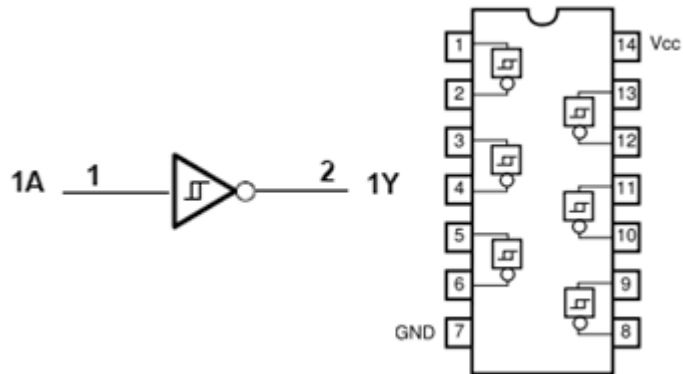


Figura 3-10. Izquierda. Símbolo del disparador Not Triggered-Schmitt. Derecha. Encapsulado 14-Dip del 74LS14.

Resistencias de 47Ω a $\frac{1}{4}$ de watt (este valor de resistencia es el implementado para lograr físicamente la caída negativa de +20v a +12) en serie (conectadas) con las microresistencias de 36.1Ω que están dentro del cartucho de inyección de chorro de tinta (figura 3-11). Haciendo un divisor de tensión para la aplicación de 8 volts a las microresistencias.



Figura 3-11. Resistencias en serie.

Todo lo anterior para lograr un hardware que controle los microinyectores en forma individual o colectiva.

3.2 Alimentación del sistema de inyección.

Para el funcionamiento del prototipo y lograr la aplicación que nos permitirá una caída de de voltaje de 8 volts en las micro resistencias, creando pulsos negativos, cayéndose de +20 V a aproximadamente +12 V, se realizó una fuente de de voltaje de 20 Volts y con 1 Amper aproximadamente, para alimentar los circuitos (en una de las tarjetas de control existe un regulador de voltaje 7805 para la alimentación de los 74ls14 y 74ls221).

Para lograr este objetivo, se hizo uso de un regulador de voltaje ajustable, que permite establece el voltaje de salida regulado deseado.

Utilizando los siguientes componentes la alimentación fue realizada de la siguiente manera:

Con un transformador de 18V de AC para red local de 120V de AC, a un ampere (Recordando que el voltaje de los transformadores es voltaje por $\sqrt{2}$), nos da el suficiente voltaje para lograr la fuente de 20V de DC.

Utilizando un regulador de voltaje LM317, que puede operarse con el voltaje de salida regulado en cualquier valor dentro del rango de voltajes de 1.2 a 37V, y arreglo de resistencias de un valor aproximado de 5K Ω y 330 Ω , así como también capacitores de valores de 470uF y 10uF a 63V y un transistor TIP41 (para asegurar una buena corriente), podemos tener el arreglo de la figura 3-12.

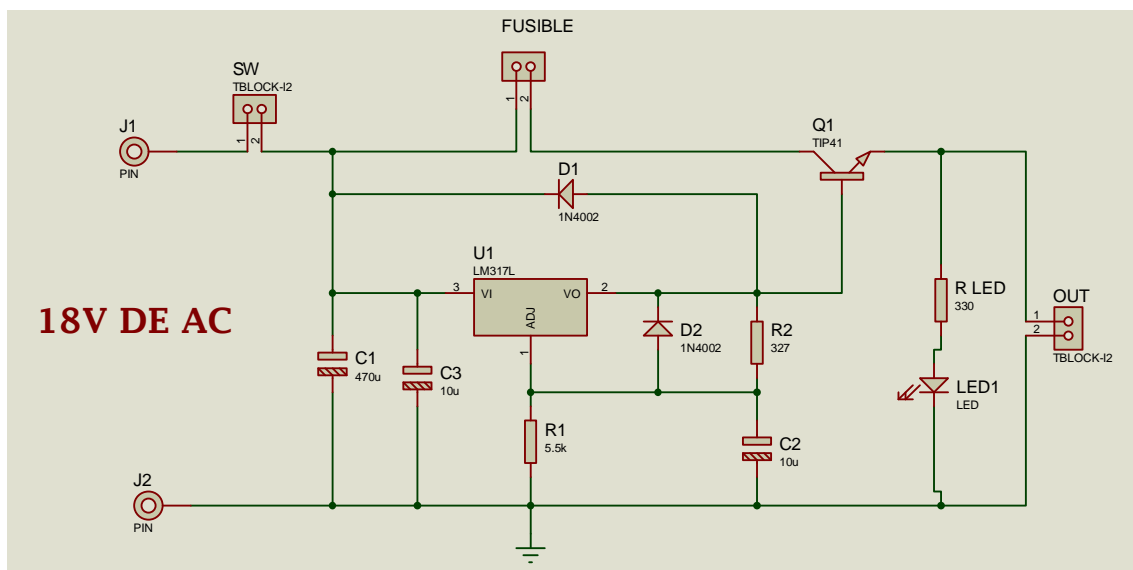


Figura 3-12. Diseño electrónico de nuestra fuente de voltaje de 20V a 1A.

El voltaje de salida deseado puede calcularse mediante [5],

$$V_o = V_{ref} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) + I_{aj} R_1$$

Con los valores típicos del LM317 de

$$V_{ref} = 1.25V \quad e \quad I_{aj} = 100\mu A$$

Tenemos

$$V_o = 1.25V \left(1 + \frac{5K\Omega}{330\Omega} \right) + (100\mu A)(5K\Omega)$$

Obtenemos

$$V_o = 20.19 \text{ volts}$$

En la figura 3-13, se presenta la fuente de voltaje ya construida.

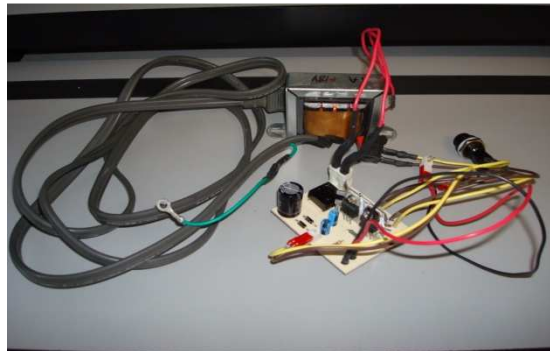


Figura 3-13. Fuente de alimentación.

CAPÍTULO 4.

Construcción del sistema automatizado de inyección de partículas micrométricas.

4.1 Construcción del hardware diseñado.

En la construcción de este sistema de inyección se utilizó el programa de simulación de circuitos electrónicos Proteus en su versión 7.1. En este software se realizó el diseño físico de los circuitos electrónicos diseñados para el control de inyección y alimentación del prototipo.

En la figura 4-1 se muestra el diseño del circuito electrónico de acondicionamiento de los pulsos de disparo, el cual cuenta con pines machos que son la conexión directa como entrada de la tarjeta de adquisición de datos digital y la conexión de señales hacia la etapa del circuito de control para la activación de las resistencias termales. Esta tarjeta comparte la alimentación de +5V y GND con las de control de activación.

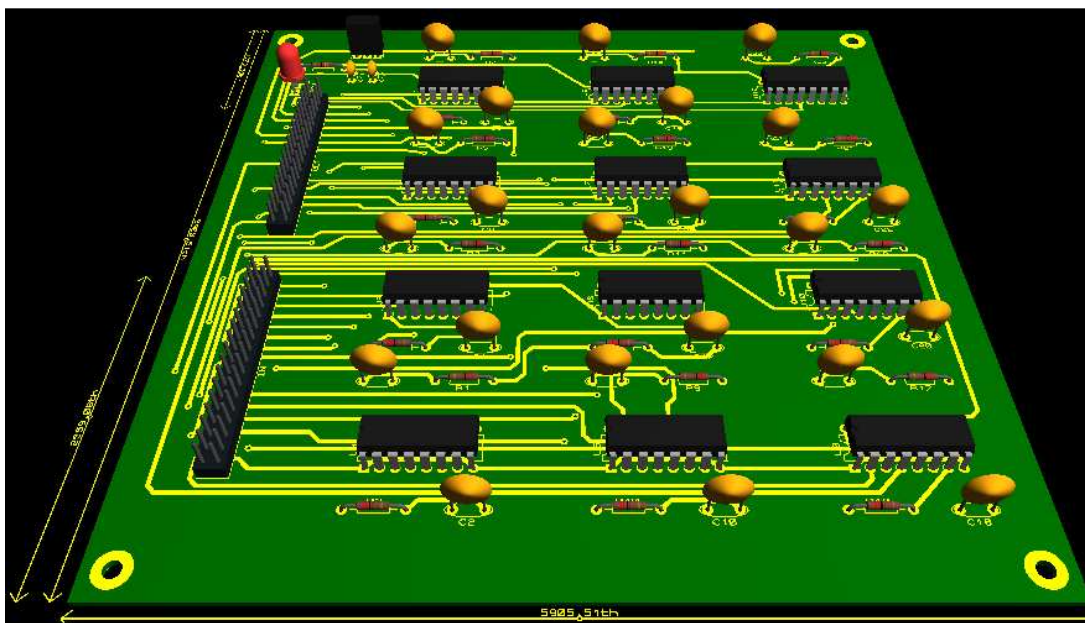


Figura 4-1. Circuito electrónico de acondicionamiento de los pulsos de disparo.

En las figuras 4-2 y 4-3 se ve el diseño PCB de la etapa del circuito de control para la activación de las resistencias termales. En este caso fueron dos tarjetas realizadas para esta etapa, comunicadas entre sí y hacia el circuito de control de pulsos de activación.

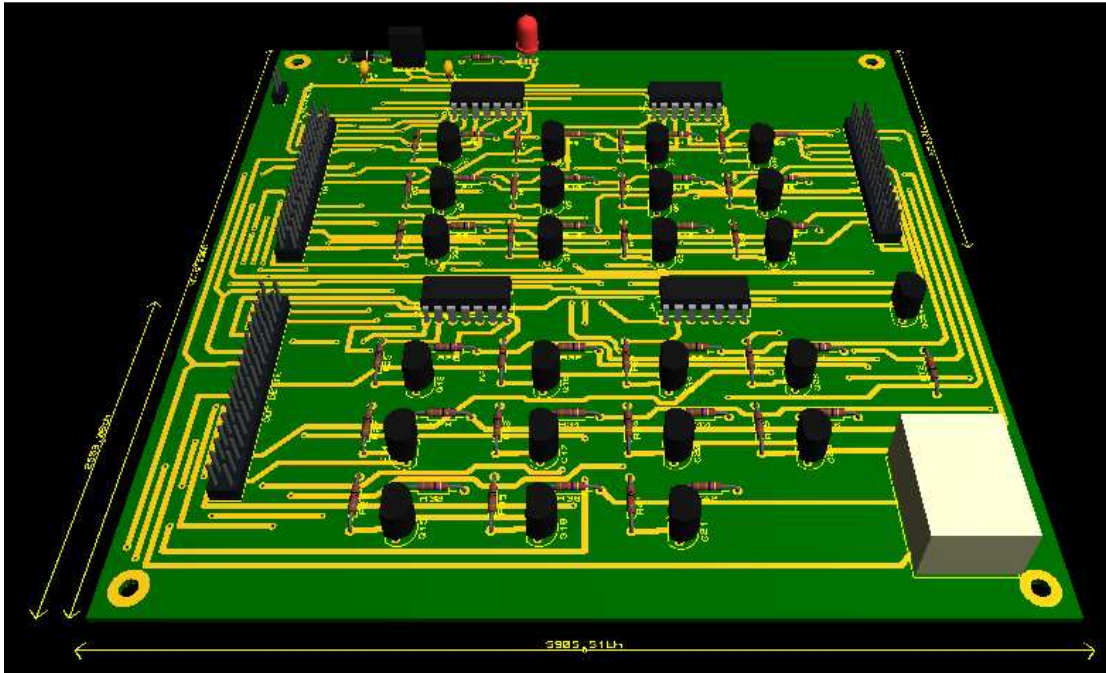


Figura 4-2. Tarjeta No.1 para la activación de las resistencias termales.

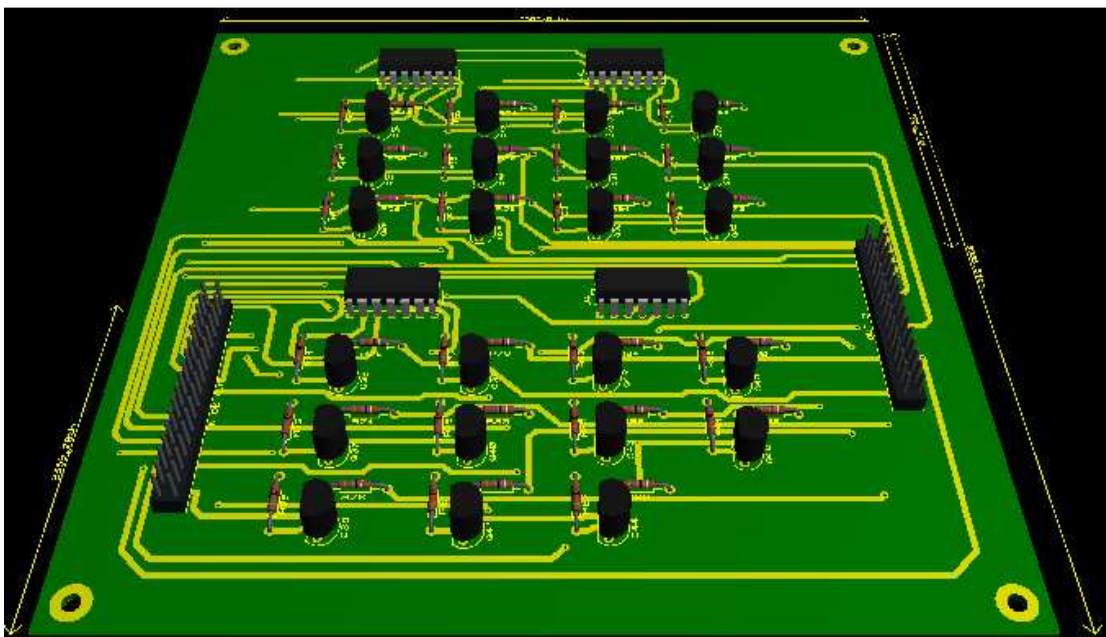


Figura 4-3. Tarjeta No. 2 para la activación de las resistencias termales.

Al obtener el diseño de las pistas y de un acabado preliminar del hardware con el programa Proteus 7.1, se hizo la impresión del circuito en hojas de transferencia térmica PNP-BLUE (Press and Peel Blue) (fig.4.-4), para utilizar una técnica de planchado sobre placas de cobre en fibra de vidrio para lograr físicamente el hardware deseado, todo esto para cada uno de los diseños construidos del sistema de inyección.

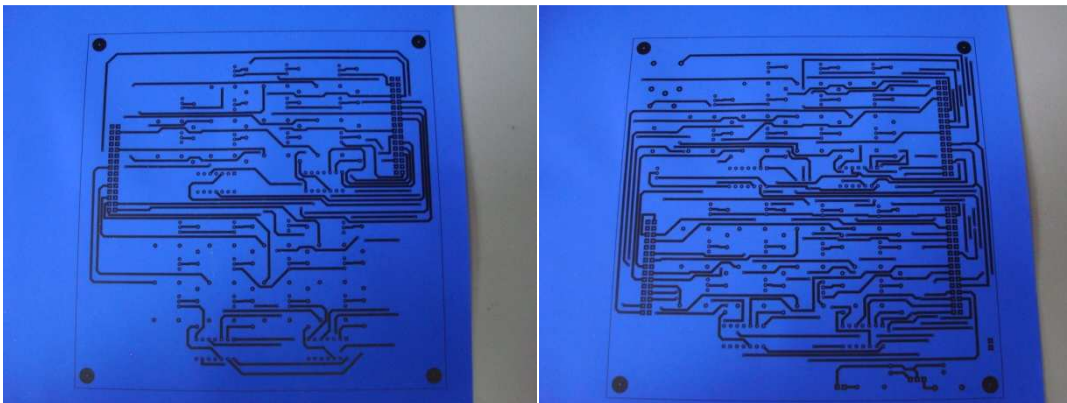


Figura 4-4. Impresión del circuito en hojas de transferencia térmica PNP-BLUE.

Al transferir la impresión del circuito a las placas de cobre en fibra de vidrio de doble cara y darle una atraque químico con cloruro férrico a las mismas; se obtiene circuitos electrónicos impresos con acabado profesional y con excelente precisión (figura 4-5).



Figura 4-5. Parte del circuito de control del sistema de inyección de micropartículas.

El siguiente paso realizado comprendió en la implementación completa del sistema, al integrar los componentes de este (capacitores, resistencias, circuitos integrados con su respectivo zócalo, pines machos de conexión para cable plano, reguladores de voltajes, etc), soldándole a las placas impresas cada uno.

Por ser un aproximado de 46 microinyectores a controlar se optó por realizar un diseño de dos PCB (como se comentó anteriormente). Como se ve en la figura 4-6 las tarjetas de control logradas son conectadas a través de cable plano, compartiendo voltaje de aplicación y tierra entre sí.

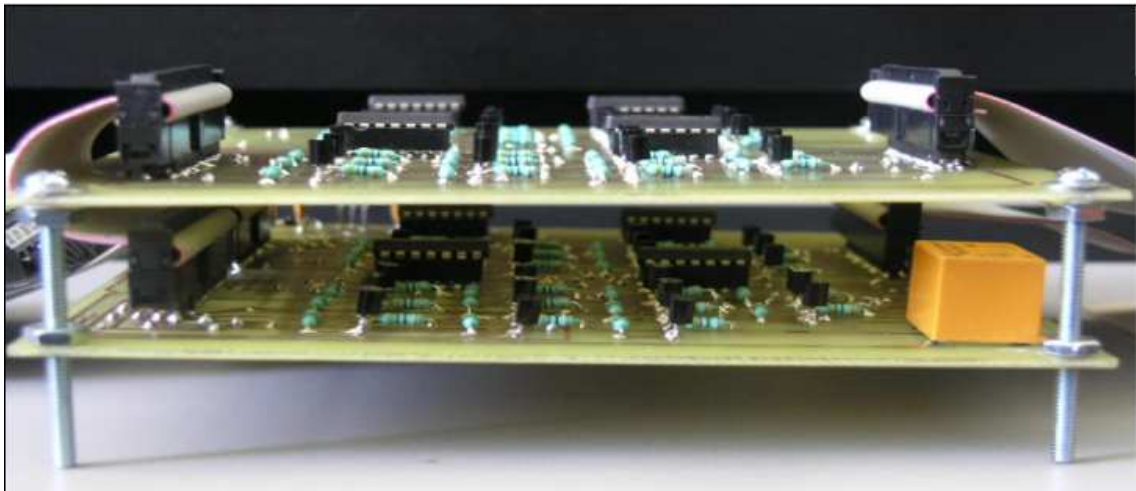


Figura 4-6. Diseño terminado de las tarjetas de control para el sistema de inyección de partículas micrométricas, en las cuales se realiza una configuración de control y alimentación de una a otra.

Para activar o desactivar los pines de cada arreglo de microresistencias en las tarjetas de control (23 microinyectores), se cambia la activación de alimentación de cada riel de microinyectores con un circuito de control que desde la interfaz de control en PC se hará, se logró a través de un transistor NPN BC547 y un mini-relevador (que funciona con 5V) se haga dicha acción (figura 4-7). Todo esto fue implementado en una de nuestras tarjetas de control.

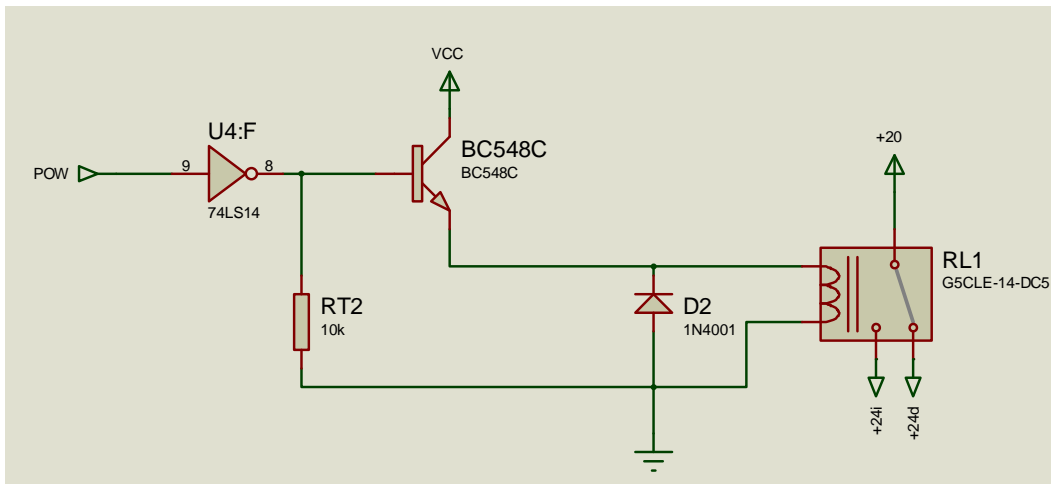


Figura 4-7. Circuito que nos permite elegir la activación o cambio de alimentación a los microinyectores.

Trabajando con la misma técnica de implementación del hardware diseñado, se logra el circuito electrónico de acondicionamiento de los pulsos de disparo que aparece en la figura 4-8, el cual se integra a la etapa de control de inyección.

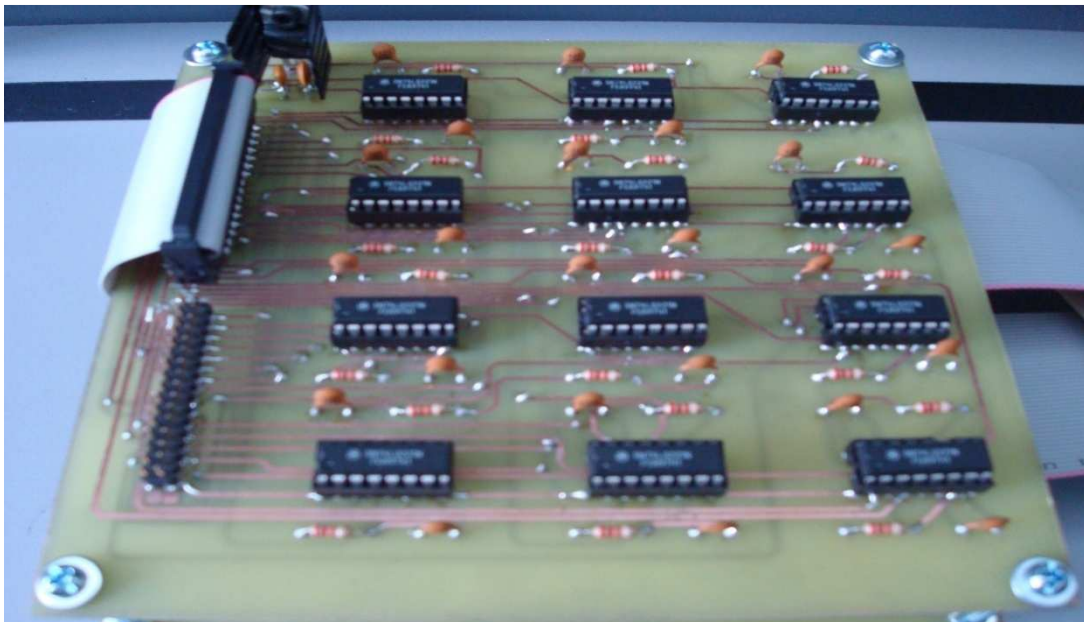


Figura 4-8. Diseño terminado de circuito electrónico de acondicionamiento de los pulsos de disparo para el sistema de inyección de partículas micrométricas, el cual se alimenta a los diseños mencionados anteriormente.

Se suma el diseño del circuito electrónico de acondicionamiento de los pulsos de disparo, a las tarjetas de control logradas anteriormente para nuestro sistema automatizado de inyección de partículas micrométrica (figura 4-9); cada circuito electrónico logrado se diseño de tal manera que pueda ser controlado a través de la tarjeta de adquisición de datos digital con la que trabaja nuestro sistema.

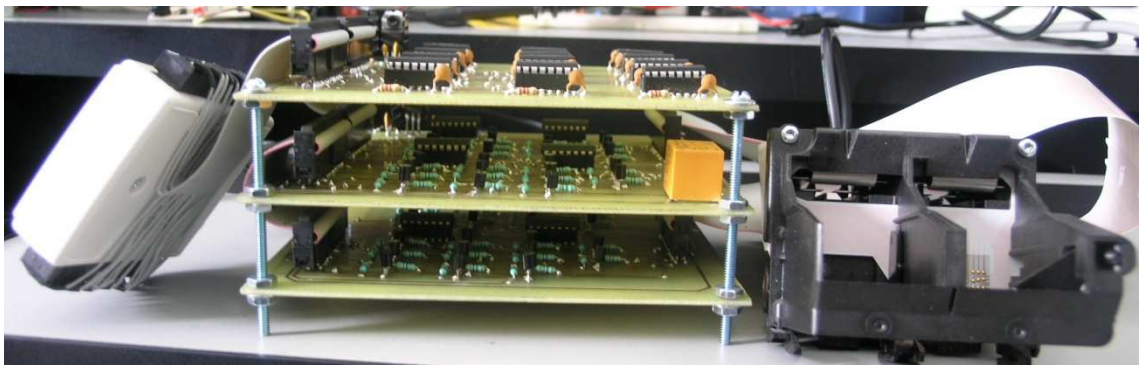


Figura 4-9. Sistema automatizado de inyección de partículas micrométricas



CONCLUSIÓN.

Se implemento el circuito electrónico del sistema de inyección de micropartículas pensado en que será un modulo externo que permitirá la calibración de técnicas de mediciones de velocidad en dos y tres dimensiones de flujos en fluidos, para su uso en aplicaciones reales.

Logrando así, un hardware, el cual, puede ser controlado desde una interfaz gráfica (implementada en LabView) o por un usuario directamente. EL prototipo se realizo de tal manera que se pueda controlar a través de una tarjeta de adquisición de datos digital o inclusive con otro modo de activación para los microinyectores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

[1] Tocci R J y León J. "*Sistemas digitales: Principios y aplicaciones*". Pearson Educación. 231-232. 2003.

[2] Hojas de especificaciones del SN74LS221.

[3] Hue P. Le, Le Technologies, Inc., Beaverton, Oregon, "*Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology*", Journal of Imaging Science and Technology, Volume 42, Number 1, January/February 1998.

http://www.imaging.org/resources/web_tutorials/inkjet.cfm

[4] Hojas de especificaciones de los dispositivos. MPSA42, 74LS14.

[5] Boylestad R L y Nashelsky L. "*Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*". 8ª Edición. Pearson Educación. 879-880. 2003.



SECCION III.

CONTROL DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE INYECCIÓN DE PARTÍCULAS.

CAPÍTULO 5. Utilización de la tarjeta de adquisición de datos digital (DAQ NI USB-6501).

Descripción del la tarjeta de adquisición de datos digital (DAQ NI USB-6501) y configuración de la misma para el control del sistema desarrollado.

CAPÍTULO 6. Creación del programa de control usando LabVIEW como software de interface.

Implementar el software de interface para el sistema que permitirá seleccionar el inyector deseado y hacer visualizar su activación.

CAPÍTULO 5.

Utilización de la tarjeta de adquisición de datos digital (DAQ NI USB-6501). Página | 41

Se presenta ahora la parte de control del sistema de inyección de partículas micrométricas. Teniendo planeado el uso de una tarjeta de adquisición de datos digital (DAQ), que será el control del sistema. Siendo su manipulación desde la PC, ya sea de escritorio o portátil, pensado en la utilización de un software de control realizado desde National Instruments LabVIEW 7.1.

5.1 DAQ NI USB-6501.

La DAQ NI USB-6501 es un dispositivo de entrada - salida portátil digital, proporcionando la adquisición de datos confiable y el control (figura 5-1). Esta tarjeta de adquisición de datos trabaja con niveles TTL (5 volts y 8.5 mA.).



Figura 5-1. DAQ NI USB-6501.

Con una comunicación USB hacia la PC, la USB-6501 es un dispositivo que proporciona 24 líneas I/O y un contador 32 bites. Cuenta con 24 líneas digitales en tres puertos: P0. <0.. 7>, P1. <0.. 7>, y P2. <0.. 7>. P2.7 (que en el sistema de inyección de micropartículas será requerido), también puede funcionar como un contador 32 bites. En la tabla 4 podemos ver que con esta DAQ se puede trabajar individual, o por puerto, las entradas y salidas [1].

| MODULO | TERMINAL | SEÑAL | MODULO | TERMINAL | SEÑAL |
|--------|----------|------------|--------|----------|-------|
| | 1 | GND | | 17 | P0.0 |
| | 2 | +5 V | | 18 | P0.1 |
| | 3 | P1.7 | | 19 | P0.2 |
| | 4 | P1.6 | | 20 | P0.3 |
| | 5 | P1.5 | | 21 | P0.4 |
| | 6 | P1.4 | | 22 | P0.5 |
| | 7 | GND | | 23 | P0.6 |
| | 8 | GND | | 24 | P0.7 |
| | 9 | P2.7/PFI 0 | | 25 | GND |
| | 10 | P2.6 | | 26 | GND |
| | 11 | P2.5 | | 27 | P1.0 |
| | 12 | P2.4 | | 28 | P1.1 |
| | 13 | P2.3 | | 29 | P1.2 |
| | 14 | P2.2 | | 30 | P1.3 |
| | 15 | P2.1 | | 31 | +5 V |
| | 16 | P2.0 | | 32 | GND |

Tabla 4. Configuración del de puertos de la DAQ NI USB-6501.

Físicamente, los pulsos generados desde la interfaz de control son enviados por la DAQ. Para lograr esto, se dispuso de crear una conexión directa hacia nuestro sistema de inyección de partículas.

En la figura 5-2 vemos dicha conexión realizada con un conector y cable plano para lograr este objetivo. Así logrando la conexión de pin a pin para lograr enviar las señales deseadas.



Figura 5-2. Izquierda. Vista frontal de la DAQ NI USB-6501 y el conector de cable plano. Derecha. Vista posterior de la conexión realizada.

Haciendo una nueva configuración de hardware para este propósito, se logra comunicar la DAQ con el sistema de inyección construido (figura 5-3).



Figura 5-3. Comunicación física del la DAQ NI USB-6501 y el sistema de inyección de partículas micrométricas.

En la Tabla 5 se describe la configuración adoptada para el control de la tarjeta de adquisición de datos a nuestro sistema.

| ASIGNACION DE INYECTOR | PIN DE DAQ | | | ASIGNACION DE INYECTOR | PIN DE DAQ |
|------------------------|------------|----|----|------------------------|------------|
| GND | GND | 1 | 17 | 1 / 24 | P0.0 |
| SIN SEÑAL | +5V | 2 | 18 | 2 / 25 | P0.1 |
| 16 / 39 | P1.7 | 3 | 19 | 3 / 26 | P0.2 |
| 15 / 38 | P1.6 | 4 | 20 | 4 / 27 | P0.3 |
| 14 / 37 | P1.5 | 5 | 21 | 5 / 28 | P0.4 |
| 13 / 36 | P1.4 | 6 | 22 | 6 / 29 | P0.5 |
| GND | GND | 7 | 23 | 7 / 30 | P0.6 |
| GND | GND | 8 | 24 | 8 / 31 | P0.7 |
| CAMBIO DE RIEL | P2.7 | 9 | 25 | GND | GND |
| 23 / 46 | P2.6 | 10 | 26 | GND | GND |
| 22 / 45 | P2.5 | 11 | 27 | 9 / 32 | P1.0 |
| 21 / 44 | P2.4 | 12 | 28 | 10 / 33 | P1.2 |
| 20 / 41 | P2.3 | 13 | 29 | 11 / 34 | P1.3 |
| 19 / 42 | P2.2 | 14 | 30 | 12 / 35 | P1.4 |
| 18 / 41 | P2.1 | 15 | 31 | SIN SEÑAL | +5V |
| 17 / 40 | P2.0 | 16 | 32 | GND | GND |

Tabla 5. Configuración realizada para la asignación de inyector, salidas de la DAQ y el conector de cable plano utilizado.



CAPÍTULO 6.

Creación del programa de control usando LabVIEW 7.1 como software de interface.

Para el control de este sistema automatizado de inyección de partículas micrométricas, se optó por crear un programa de control que desde una PC, ya sea de escritorio o portátil, pueda manipular el sistema. Esta interfaz de control se realizó con la utilización del software LabVIEW (**L**aboratory **V**irtual **I**nstrument **E**ngineering **W**orkbench) en su versión 7.1. Ya que este es un lenguaje y a la vez un entorno de programación gráfica en el que se pueden crear aplicaciones de una forma flexible y potente.

Este programa está orientado a aplicaciones de control de instrumentos electrónicos, y en este caso, para el desarrollo de un sistema de instrumentación. Como en este trabajo, los programas creados en LabVIEW se guardan en ficheros llamados VI (Virtual Instruments). Relacionado con este concepto, se les nombra a sus dos ventanas principales: Panel Frontal (es la parte que verá el usuario o de control) y Diagrama de Bloques (es donde se realiza la programación) [2].

En un programa preliminar, se realizó una interfaz de control que permita al usuario seleccionar el microinyector deseado a activar (esto se logra por una señal cuadrada generada por software que sale de la DAQ). Los cuales son puestos a trabajo a través de botones, y reflejando dicha activación por los leds que se presentan en la misma interfaz. En total son 23 botones que representan los 46 microinyectores calculados para trabajar individualmente, cada riel dispone de 23 inyectores lo cual se presentan en los botones descritos; y para lograr el cambio de riel de microinyectores, se dispone de un switch que permite dicho cambio (aquí se programó solamente para encendido o apagado del circuito electrónico que activa o desactiva el mini relevador que se encuentra en una de las tarjetas de control).

En la figura 6-1 se presenta el Panel Frontal del programa preliminar realizado en LabVIEW 7.1.

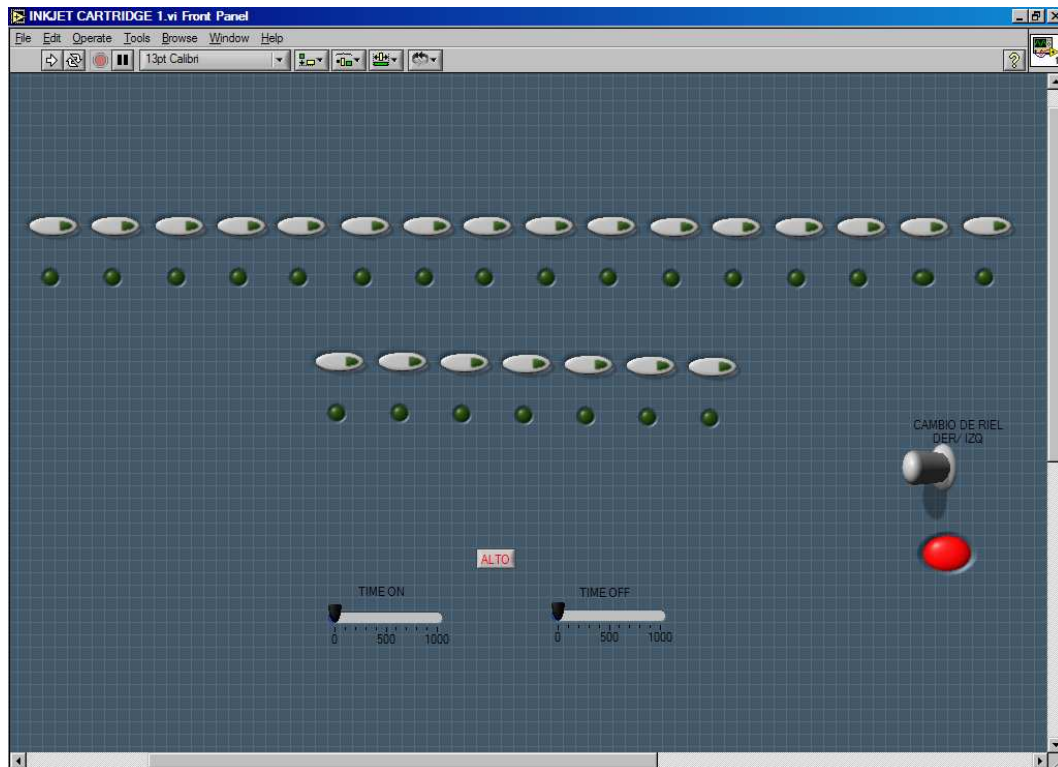


Figura 6-1. Interfaz de control preliminar del sistema de inyección de partículas micrométricas.

En la programación de la interfaz de control, se realizó lo siguiente:

Para la activación individual de cada uno de los microinyectores, se programó en un ciclo WHILE (que repetirá el código en su interior cumpliendo su condición) la activación en un CASE (si es oprimido un botón de la interfaz), realice la secuencia de encendido o apagado del bit booleano deseado; esto es que con un SEQUENCE realiza primeramente el valor de verdadero (activado) y después el valor falso (desactivado) de la salida que necesitamos para cada microinyector. Esto nos facilitó la generación de señales individuales TTL para cada activación, con una frecuencia de señal de 1Hz a 100Hz (preliminar), lograda con el **Wait** (ms) que especifica el número de milisegundos de duración del tiempo de encendido y de apagado que por software podemos hacer desde LabVIEW. Logrando manipular el Tiempo de encendido y del de apagado respectivamente (figura 6-2).

Esta señal digital TTL, debe salir a través de la tarjeta de adquisición de datos (DAQ NI USB-6501), esto se logra con la ayuda del DAQ Assistant que genera un nuevo task para la configuración física de nuestra DAQ.

Todo lo descrito anteriormente, se repitió para cada una de nuestras salidas, excepto para la que cambia del riel de microinyectores.

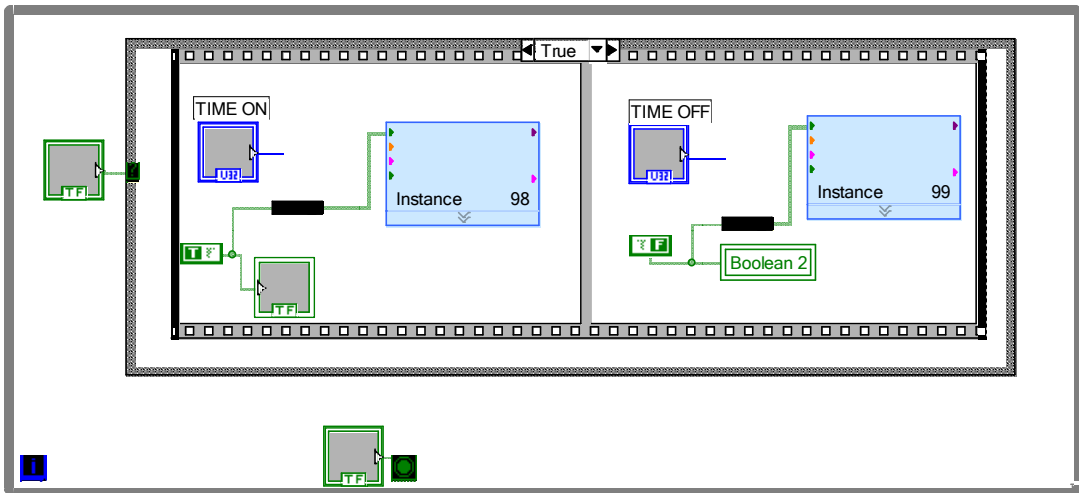


Figura 6-2. Programación en el Diagrama de Bloques.

Para la selección del carril de inyectores se programó un Toogle Switch, que también es un booleano que activación para el un pin directo de la DAQ. Este encendido/apagado es negado para que de inicio el bit no este en alto (figura 6-3).

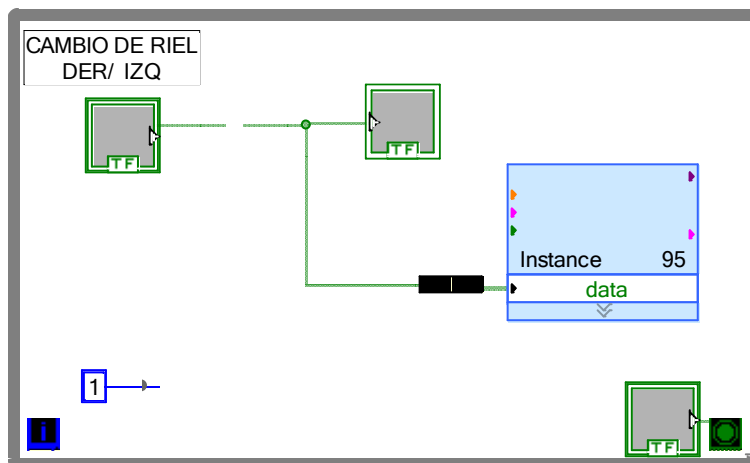


Figura 6-3. Cambio de riel de microinyectores.



CONCLUSIÓN.

Para lograr que este sistema sea automatizado, se creó un control que desde una PC pueda manipularlo. Con una interfaz sencilla pero de gran aplicación para este caso, permite la activación individual o colectiva de los microinyectores.

Página | 47

Realizando todo esto con el uso de una tarjeta de adquisición de datos digital y programando en el lenguaje y entorno gráfico de programación de LabVIEW 7.1 de National Instrument.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

[1] Guía de uso y especificaciones DAQ NI USB-6501.

[2] Lajara Vizcaíno J R y Pelegrí Sebastián. "*LabVIEW, Entorno gráfico de programación.*" Alfaomega marcombo. 3-4. 2007.



SECCION IV.

INYECCIÓN DE PARTÍCULAS MICROMÉTRICAS.

CAPÍTULO 7. Primeros resultados de la inyección de partículas micrométricas.

Obtención de las primeras muestras del funcionamiento del sistema automatizado de inyección de partículas micrométricas.

CAPÍTULO 7.

Primeros resultados de la inyección de partículas micrométricas.

En esta sección, se presentan los primeros resultados de la inyección de partículas micrométricas. Son pruebas del funcionamiento del sistema de inyección.

Estas primeras pruebas fueron realizadas sobre hojas de papel común. En la figura 7-1, se puede representar este proceso de impresión.

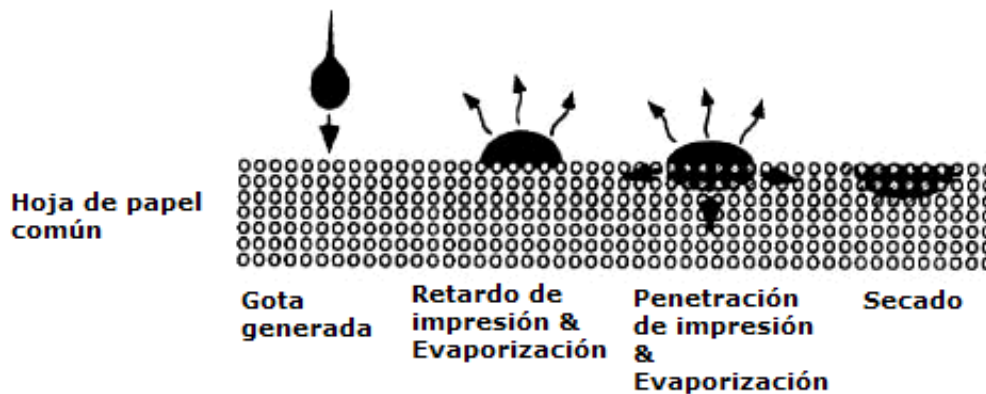


Figura 7-1. Proceso de inyección realizado hasta el momento para comprobar el funcionamiento del sistema de inyección de partículas micrométricas [1].

En las fotografías siguientes, figura 7-2 y 7-3 (utilizando el microscopio y cámara CCD) se logra tener visualización de la impresión de estas microgotas generadas por el sistema de inyección de partículas micrométricas, el líquido utilizado hasta este momento es la tinta normal de un cartucho de impresora; en un futuro se pretende la inyección de líquidos como agua o aceites, según la necesidad de su aplicación.

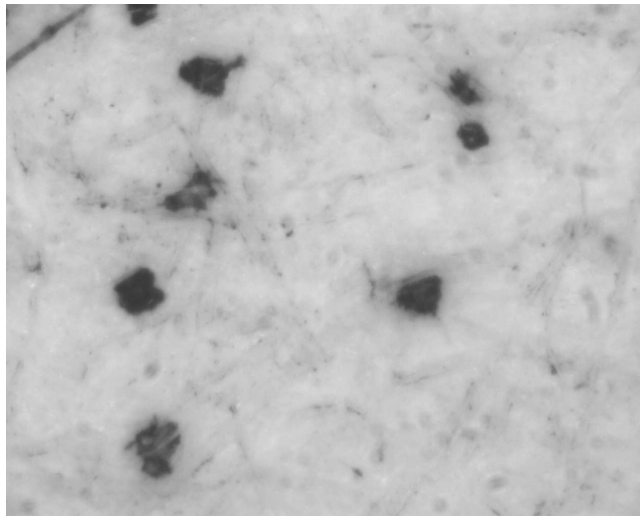


Figura 7-2. Vista de la impresión sobre papel común de las primeras micro gotas obtenidas por el sistema de inyección.

En la figura 7-2, se presentan algunas impresiones de micro gotas en forma individual y aleatoria, accionando los inyectores desde la interfaz creada en LabVIEW 7.1. Como se puede observar, en la prueba realizada del funcionamiento del sistema, se logran inyectar partículas las cuales se imprimen correctamente sobre el papel, otras sufren una deformación al imprimirse sobre el mismo.

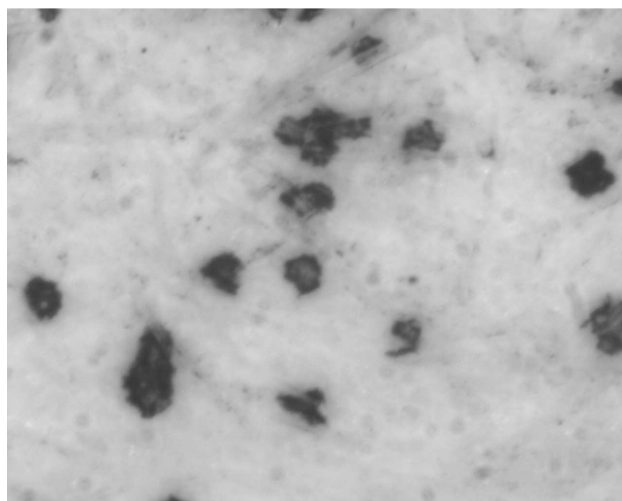


Figura 7-3. Micro gotas impresas aleatoriamente.

También, como en una impresora normal, la inyección simultánea de varios inyectores nos genera impresión de mayor magnitud, en este caso se logró el trabajo colectivo de los microinyectores de nuestro sistema de inyección (Figura 7-4).

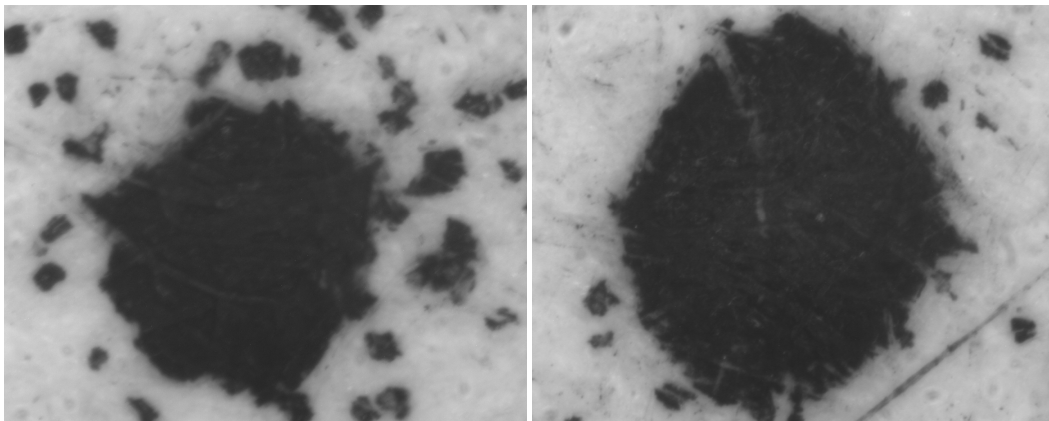


Figura 7-4. Pruebas de inyección colectiva y aleatoria obtenidas.

En la aplicación real del inyector de partículas, la inyección no irá sobre una superficie, como se muestra en los ejemplos anteriores, pues el objetivo es tomar imágenes, de las gotas inyectadas, en el tiempo de caída [2]. Lo que se pretende es adquirir una serie de imágenes. Las posiciones de cada inyector nos dará la referencia para saber la posición de la gota bajo estudio. El sistema óptico para lograr tal objetivo no está preparado para hacer esta parte del experimento, por lo que no se muestran imágenes adquiridas con esta técnica, lo que si se comprueba es el correcto funcionamiento del sistema construido a través de las inyecciones sobre el papel.



CONCLUSIÓN.

Hasta este momento se comprueba el trabajo del sistema de inyección, el poder perfeccionar este prototipo para su aplicación en caracterización de técnicas de medición de velocidad de flujo en fluidos en tres dimensiones y el poder obtener imágenes del proceso de inyección, es parte de un futuro proyecto más de investigación relacionado con la generación de partículas micrométricas para técnicas de posicionamiento de partículas en investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

[1] Hue P. Le, Le Technologies, Inc., Beaverton, Oregon, "*Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology*", Journal of Imaging Science and Technology, Volume 42, Number 1, January/February 1998.

http://www.imaging.org/resources/web_tutorials/inkjet.cfm

[2] Guerrero Viramontes J A, Moreno Hernández D, Mendoza Santoyo F and Funes-Gallanzi M. "*3D particle positionining from CCD images using the generalizad Lorenz-Mie and Huygens-Fresnel theories*". Meas. Sci. Technol. 17. 2328-234. (2006).



CONCLUSIONES GENERALES

Para el estudio de la generación y formación de partículas micrométricas, se diseñó y construyó un sistema de inyección de partículas a partir de un sistema comercial de impresión; para lograr tal inyección, se utiliza la tecnología implementada en la inyección de chorro de tinta con la que trabajan las impresoras actuales. Por la forma en que se crean las gotitas en los inyectores de los cartuchos da la posibilidad de crear periféricos como el logrado hasta el momento.

Página | 53

Este sistema de inyección está basado de la tecnología llamada Thermal Inkjet, que utiliza resistencias diminutas como elementos de calentamiento en los microinyectores de cartuchos de impresora común, ahí (en los microinyectores) por el calentamiento que realizan estas microresistencias se provocan pequeñas burbujas que impulsan tinta en una forma de gotas muy finas. Y que por el vacío causado por la disminución de la presión crea a su vez y una nueva burbuja.

Este sistema fue construido con circuitos electrónicos de fácil adquisición que permitan su uso como un modulo externo para trabajos (en otras investigaciones) de calibración de técnicas de mediciones de velocidad en dos y tres dimensiones de flujos en fluidos. Por ello, su diseño electrónico que puede ser controlado desde una interfaz gráfica (implementada en LabView) o por un usuario directamente. EL prototipo se realizo de tal manera que se pueda controlar a través de una tarjeta de adquisición de datos digital o inclusive con otro modo de activación para los microinyectores.

Para lograr que este sistema sea automatizado, se creó un control que desde una PC pueda manipularlo. Con una interfaz creada para este caso, que permite la activación individual o colectiva de los microinyectores.



Hasta este momento se comprueba el funcionamiento del sistema de inyección en algunas pruebas preliminares (sobre hojas de papel); el usar este prototipo para su aplicación en caracterización de técnicas de medición de velocidad de flujo en fluidos en tres dimensiones y el poder obtener imágenes del proceso de inyección, es parte de un futuro proyecto más de investigación relacionado con la generación de partículas micrométricas para técnicas de posicionamiento de partículas en investigación.

Por lo tanto se da por concluido el proyecto propuesto al inicio de la residencia profesional en un 100%.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Guerrero Viramontes J A, Moreno Hernández D, Mendoza Santoyo F and Funes-Gallanzi M. "3D particle positionning from CCD images using the generalizad Lorenz-Mie and Huygens-Fresnel theories". Meas. Sci. Technol. 17. 2328-234. (2006).

Njock Libii, J. "The illustrated topoly of liquid drops during formation". Physics Education. 39. 197-200. (2004).

Sen A K and Dabari J. 2007. "Droplet ejection performance of a monolithic termal injekt print head". J. Micromech. Microeng. 17. 1420-1427. (2007).

Soon Baek S, Choi B and Oh Y. 2004. "Design of a high-density thermal inkjet using heat transfer from CVD diamond". J. Micromech. Microeng. 14. 750-760. (2004).

McGuinness P, Drenckhan W and Wearie D. "The optimal tap: three-dimensional nozzle design". J. Phys. D: Appl. 38. 3382-3386. (2005).

Ko S H, Pan H, Grigoropoulos C P, Luscombe Ch K, Fréche J M J and Poulidakos D. "All-inkjet-printed flexible electronics fabrication on a polymer substrate by low-temperature high-resolution selective laser sintering of metal nanoparticles". Nanotechnology. 18. 345202 (8pp). (2007).

Lee H H, Chou K S and Huang K H. "Inkjet printing of nanosized silver colloids". Nanotechnology. 16. 2436-2441. (2005.).

Lee C Y and Liao W C. "Characteristics o fan electro-rheological fluid valve used in an inkjet printhead". Smart Mater. Struct. 9. 839-847 (2000).

Sergerev A V and Raymond A. Shaw.2006. "An inexpensive uniform-size aerosol generador". Meas. Sci. Technol. 17. N41-N44. (2006).



Hue P. Le, Le Technologies, Inc., Beaverton, Oregon, "*Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology*", Journal of Imaging Science and Technology, Volume 42, Number 1, January/February 1998.

Página | 56

http://www.imaging.org/resources/web_tutorials/inkjet.cfm

Tocci R J y León J. "*Sistemas digitales: Principios y aplicaciones*". Pearson Educación. 231-232. 2003.

Boylestad R L y Nashelsky L. "*Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*". 8ª Edición. Pearson Educación. 879-880. 2003.

Lajara Vizcaíno J R y Pelegrí Sebastián. "*LabVIEW, Entorno gráfico de programación*." Alfaomega marcombo. 3-4. 2007.

Hojas de especificaciones del SN74LS221.

Hojas de especificaciones de los dispositivos. MPSA42, 74LS14.

Guía de uso y especificaciones DAQ NI USB-6501.