



Centro de Ingeniería y Desarrollo
Industrial

PROYECTO INDUSTRIAL TERMINAL

DISEÑO ELECTRÓNICO PARA UN ROBOT EXPLORADOR MEDIDOR DE ESPEORES.

PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD DE:
Tecnólogo en Mecatrónica

PRESENTA:
Octavio Garduño Barrios

TUTOR ACADÉMICO Y DE PLANTA:
M.C. Julio César Solano Vargas

007901

Santiago de Querétaro, Querétaro 2017



CONACYT



Dedico esta Tesis a mis padres Francisco Garduño Carmona y Martha Barrios Cuevas que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a mis metas, ser un profesional nato. Nunca dudaron de su pequeño hijo y nunca les fallaré.

A mi hermana Jacqueline Garduño Barrios y demás familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi desarrollo profesional.

Principalmente, quiero dedicar esta tesis a mi asesor el investigador, docente, maestro y próximamente doctor el M.C. Julio César Solano Vargas, sin él no fuera posible la realización del proyecto, le agradezco su tiempo, dedicación y esmero para enseñarme el camino correcto que debo de tomar.

Octavio Garduño Barrios

Agradecimientos

Agradezco a Dios infinitamente por permitirme terminar uno de mis tantos logros que estoy llevando a cabo en mi vida, terminar mi licenciatura como Ingeniero Mecatrónico. Que me permitirá abrirme las puertas a un vasto campo dentro del conocimiento científico aplicado, mi meta, desde un principio, no es venderme a la industria, sino, seguir preparandome y aplicar cada uno de mis conocimientos a campos de la ciencia que me permitan desarrollarme a plenitud como ingeniero, sentirme realizado por cada trabajo, proyecto o aplicación que pueda llevar a cabo para beneficio de la sociedad. Nunca dejaré entredicho que el conocimiento no sirve para llegar lejos, nunca estaré conforme con lo que he llevado hasta el momento, mi meta, desde un principio, es ser reconocido por hacer cosas que me gustan y tengan un impacto considerable en las personas. Doy gracias a Dios y a la vida por darme salud y ganas de salir adelante sin importar los obstáculos que se me presenten. Esto solo es el principio de algo grande y maravilloso, el principio de hacer un cambio diferente, buscar y hacer cosas diferentes.

Agradezco también a mis padres y a mi hermana, que están tomando un papel crucial dentro de mi desarrollo científico-aplicado, por el momento, quiero hacer énfasis especial para ellos, ya que su esfuerzo y dedicación para formarme, no está siendo en vano, su esfuerzo y apoyo incondicional, poco a poco está obteniendo resultados; termine un periodo de licenciatura, una etapa importante en mi vida y sin el apoyo de mis padres y mi hermana, esto no hubiera sido posible. También quiero reiterar mi agradecimiento a personas que confiaron en mí, que me apoyaron en situaciones en las que más necesitaba de su apoyo. A más de quince años de estudio constante sobre algo que me apasiona y aplico, quiero llevarlo a otro punto crucial que me permita estar agradecido por haber estudiado más de quince años, no quiero perder estos años en una industria, en hacer lo mismo diario, en recibir órdenes y obtener un salario promedio, quiero que los sujetos a los que estoy agradecido, se sientan dichosos y agradecidos de haberlo hecho.

Resumen

Diseño electrónico para un robot explorador medidor de espesores, Octavio Garduño Barrios, M.C. Julio César Solano Vargas. El presente trabajo aborda sobre el desarrollo electrónico de un robot explorador medidor de espesores, antes de abordar con la modificación del diseño, se hicieron pruebas pertinentes en una tabla de pruebas electrónicas (PROTOBOARD) se modificó y se actualizó el diseño electrónico en el software Altium Designer versión 14.2. El diseño electrónico se dividió en tres partes esenciales, una es la parte principal, donde se manipulan y observan las señales de entrada y salida por parte del DSP. La otra parte del diseño es la tarjeta donde se adquieren las señales de comunicación con un microcontrolador para poder manipular el robot con dos palancas (josticks) de señal analógica y por último se adecuó un diseño electrónico para el módulo Escon 50/5 del motor a utilizar. En el primer diseño, se volvió a elaborar el diseño electrónico del robot, haciendo pruebas pertinentes en una tabla de pruebas electrónicas, ya sea la activación de una válvula 3/2 para el flujo de agua hacia una bomba, la activación misma de la bomba (circuito de adecuación), la ergonomía de la tarjeta, hacerla lo más chica posible, adecuación y prueba de los componentes esenciales: adecuamiento y disipación de los reguladores, prueba de optoacopladores y buffers para el manejo de señales analógicas y digitales dentro del DSP. Circuito de adecuación para el manejo de las señales digitales de los sensores ultrasónicos que van a la entrada del DSP, y lo más importante, el acoplamiento de las señales digitales que van hacia los motores, con su freno eléctrico y electrónico respectivos. Dentro del segundo diseño, simplemente se adecuaron de forma ordenada cada una de las partes del diseño, ya sea acomodar los componentes de forma arbitraria y ordenada, fuente, microcontrolador, conectores para las entradas y salidas tanto analógicas como digitales, antes de llevar a cabo la elaboración de la tarjeta se hicieron pruebas pertinentes en un PROTOBOARD, después de su elaboración se hicieron pruebas pertinentes para observar su correcto funcionamiento. En el tercer y último diseño, fue la adecuación del driver Escon 50/5 para el motor Maxon de nuestro robot, para llevar a cabo el diseño, se observó las características del módulo, circuitos de filtro establecidos para su manejo (tomando en cuenta el voltaje y corriente a utilizar), analizando de forma adecuada las características se prosiguió al diseño electrónico de nuestra tarjeta.

Índice general

Agradecimientos	III
Resumen	V
Lista de figuras	VII
1.	1
1.1. Introducción.	1
1.2. Planteamiento del problema.	2
1.3. Objetivos.	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos Específicos.	3
1.4. Justificación.	3
1.5. Marco teórico.	4
1.6. Antecedentes.	5
2. Desarrollo	9
3. Resultados	19

Índice de figuras

1.1. Ejemplo de medición por ultrasonido.	5
1.2. Mini - rover MIRO2.	6
1.3. Spirit.	6
2.1. Convertidor CD-CD utilizado en el diseño.	10
2.2. Reguladores de voltaje lineales utilizados en el diseño del circuito.	11
2.3. Procesador digital de señales, utilizado en nuestro circuito de control.	12
2.4. Amplificador seguidor de tensión o mejor conocido como buffer de tres estados.	13
2.5. Optoacoplador HCPL-0630.	14
2.6. Circuitos de activación de los mosfets dentro del diseño.	14
2.7. Componentes adicionales al DSP.	15
2.8. Circuitos propuestos para la adecuación del Driver.	16
2.9. Pruebas llevadas a cabo en una tabla de pruebas electrónicas (PROTOBOARD).	17
2.10. Programa de diseño electrónico Altium Designer, donde se elaboró la tarjeta electrónica.	18
3.1. Tarjetas terminadas dentro del programa, en cada apar- tado del mismo (esquemático, pcb).	19
3.2. Tarjetas terminadas, para la parte de control principal.	20
3.3. Tarjetas terminadas, para la parte de adecuación del dri- ver del motor y pruebas pertinentes llevadas a cabo.	21

Capítulo 1

1.1. Introducción.

Cada vez es más común encontrar robot desempeñando diferentes tareas industriales o domesticas como soldaduras, pintura, aspirado, etc. Innovando así los avances de la tecnología siendo capaz de realizar tareas propias del ser humano; la construcción de los robots constituye la realización de diferentes sistemas para coordinar los elementos que logran el desplazamiento. En la actualidad el diseño de los robots van ligados con las necesidades que se crean según el entorno, en la industria los robots hacen parte fundamental de esta, también se puede encontrar robots capaces de ejecutar tareas domésticas mientras otros son los encargados de construir y ayudar en el procesamiento de todo lo que se hace necesario en la cotidianidad facilitando el trabajo, proporcionando calidad y evitando riesgos en trabajos pesados. Un claro ejemplo de lo anterior lo constituyen los robots exploradores donde se encuentran aquellos destinados a la inspección de tanques de almacenamiento. A lo largo de este trabajo se plantea construir, actualizar y validar un diseño electrónico para un robot capaz de reconocer obstáculos e ilustrar la trayectoria realizada, para así lograr resolver algunos problemas de inaccesibilidad y mediciones en sistemas de tanques de almacenamiento. Un proceso de diseño de este tipo implica abordar diversos objetivos desde pruebas electrónicas en una tabla de pruebas electrónicas hasta la elaboración de tarjetas a través de la cual se diseña, se hacen pruebas y se valida o se rediseña. Desempeñan trabajos en zonas de difícil acceso, por esto se tiene como una solución para alguna parte de la industria pesada, por lo que se hace importante recorrer cada uno de los puntos clave a evaluar teniendo como principio fundamental el movimiento del robot para proceder al sistema de inspección y así generar un proceso y análisis de datos para llegar a el conocimiento del área a evaluar. El trabajo concluye con la presentación de resultados en los que podrá observarse un proceso de diseño y construcción teniendo como base la estructuración y realización de pruebas para llegar a la construcción del prototipo final con la nueva versión mejorada y actualizada. La tesis va a estar dividida en planteamiento del problema, justificación,

objetivos, marco teórico, desarrollo, resultados y conclusiones.

1.2. Planteamiento del problema.

“Los robots móviles son una tecnología importante en la disminución de riesgos contra la vida humana en ambientes peligrosos”

(<http://kefamare.galeon.com/edoarte.htm> (agosto 15 de 2011)), existen varias clases de robots exploradores para diferentes fines, desde explorar zonas minadas, hasta explorar el espacio, cada uno diseñado para un fin en específico. [Ramírez et al., 2002]

Entre las necesidades de solucionar problemas e innovar en el medio de la industria mediante la robótica se ha construido diferentes tipos de robots móviles que hacen más simple el trabajo del hombre en espacios de difícil acceso como los tanques de almacenamiento de dimensiones considerables, donde su inspección se hace bastante riesgosa para el ser humano, ya sea por el espacio reducido, contaminación, o infestaciones de organismos vivos.

Hoy en día en el mundo industrial, principalmente en el área de inspección es necesario obtener datos relevantes acerca de la calidad de vida y uso de los tanques de almacenamiento en industrias y empresas en general, dichos tanques de almacenamiento son de dimensiones grandes, imposibles y a la vez peligroso para un ingeniero especializado en el área, a su vez que tiene que considerar tomar varias muestras de medición, esto implica agotamiento exhaustivo hacia el trabajador. [Salas et al., 2007]

Para las correctas mediciones por parte del transductor, manejo de trayectorias por parte de sensores ultrasónicos instalados, manejo correcto de los motores de corriente directa y correcta visualización de los datos medidos, es necesario un óptimo y correcto diseño electrónico aislado y protegido, capaz de manejar y controlar todos los actuadores y sensores acorde a las necesidades buscadas anteriormente mencionadas, principalmente en función al controlador implementado.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general

- Elaborar un diseño electrónico para un robot explorador, medidor de espesores, para el manejo de señales digitales y analógicas para el control y manejo de sensores y motores previamente establecidos, acorde a una programación preestablecida.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Pruebas experimentales pertinentes, manejo de sensores ultrasónicos, activación de bomba de agua y válvula,.

- Rediseño de la tarjeta principal en el programa Altium Designer versión 14.2, librerías, componentes principales, tanto en el esquemático como en la parte del PCB del programa.

- Rediseño de la tarjeta que contiene el control manual del robot en el programa Altium Designer versión 14.2, librerías, componentes principales, tanto en el esquemático como en la parte del PCB del programa.

- Elaboración de la tarjeta para la adecuación del módulo ESCON 50/5, para el control y manejo de los motores de corriente directa del robot, tanto en el esquemático como en el PCB del programa Altium Designer versión 14.2 .

- Soldar los componentes en el espacio previamente establecido dentro de las tarjetas.

- Pruebas de las tarjetas terminadas, previamente soldados los componentes electrónicos.

- Documentación del proyecto.

1.4. Justificación.

La creación de un robot explorador para tanques de almacenamiento integra diferentes sistemas haciendo de este una herramienta necesaria en la industria, tanto para facilidad de operación como para evitar riesgos personales. Ofreciendo una solución a las numerosas producciones que, por sus características de procesamiento, necesitan realizar un control seguro.

Gracias a que en la actualidad los beneficios de la robótica hacen posible que los robots lleguen a algunos lugares inaccesibles y que cumplan sus tareas con un buen desarrollo, se pretende aportar un diseño para resolver algunos problemas, como accesibilidad, y riesgos físicos que puede tener el hombre en algunos de estos trabajos a realizar. Dentro de los diferentes campos para los que este proyecto podría llegar a ser importante podemos encontrar, los alcantarillados, ventilaciones, exploración de zonas desconocidas, lugares que deben ser monitoreados constantemente

ya sea para tomar medidas correctivas o preventivas.[FLORES BARRERA, 2009]

El presente proyecto viene a la tarea de enriquecer el vasto campo de la robótica móvil en la parte de robots exploradores, con un diseño electrónico actualizado y mejorado capaz de llevar a cabo, en coordinación con la programación implementada, sus múltiples tareas encomendadas.

Ya que, las versiones anteriores a dichos prototipos, llevados a cabo dentro del área de robótica móvil e instrumentación, no son capaces de realizar las tareas completas encomendadas que tienen que llevar a cabo, la última versión, una versión de prueba no tiene implementado un diseño óptimo y adecuado para llevar a cabo todas las funciones establecidas y concretadas trabajando de manera eficiente, por ese motivo, la necesidad de un diseño electrónico renovado y actualizado para que el prototipo trabaje al total de su capacidad encomendada. Acorde a estándares mecánicos, que se modificaron a su vez, dentro del diseño del robot, se establecieron las dimensiones mecánicas externas dentro de las tarjetas, tanto la principal como la tarjeta de adecuación del módulo ESCON 50/5.

1.5. Marco teórico.

En el siguiente apartado se explicará de manera breve las funciones del robot explorador para mediciones de espesores en tanques de almacenamiento ubicado en el área de energía del Centro de Investigación y Desarrollo Industrial (CIDE-SI), el cual con dichas características, nos permite una visualización más profunda acerca de las modificaciones y alternativas previstas antes de llevar a cabo su desarrollo electrónico. También abordaremos antecedentes previos de robots exploradores, que se tomaron como base para la realización del prototipo.

La medición de espesores es una medida de mantenimiento preventivo, debido que, al realizarlo cada determinado tiempo, se previene desgastes en los tanques y futuros accidentes.

La inspección de los tanques se hace necesaria para determinar las condiciones físicas, tanto internas como externas, el grado de deterioro y las causas que originaran el mismo, esto permite tener una evaluación del tanque, con lo cual se podrá tomar acciones de mantenimiento lo que tiene como resultado:

- Aumento en niveles de seguridad en la operación.
- Incremento en vida útil.
- Prevención y decremento en el deterioro.
- Disminución en el índice de accidentes.

Para poder obtener el espesor de un tanque de almacenamiento se puede llevar a cabo de diferentes formas, una de las usuales es mediante el empleo de ondas ultrasónicas, la cual es un método alternativo que ha sido bien aceptado para la realización de este trabajo, dado que permite obtener medidas suficientemente

precisas sin causar ningún daño a la estructura analizada. [Salas et al., 2007]
La inspección por ultrasonido es un método no destructivo en el cual un haz o un conjunto de ondas de alta frecuencia son introducidos en los materiales para la detección de fallas en la superficie y sub-superficie. Las ondas de sonido viajan a través del material disminuyéndose paulatinamente y que rebotan hacia un receptor, la cual determina la distancia recorrida de las ondas mediante sencillas ecuaciones.

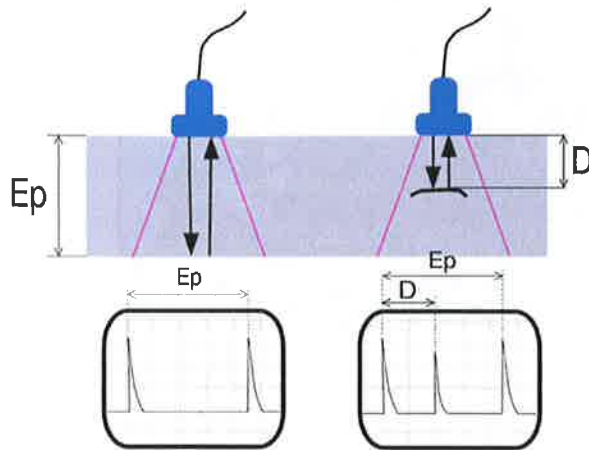


Figura 1.1: Ejemplo de medición por ultrasonido.

Los resultados obtenidos son mostrados y posteriormente analizados para definir la localización de fallas y discontinuidades en el material analizado. Para el control adecuado del manejo de las mediciones por ultrasonido y las mediciones de trayectoria por medio de los sensores ultrasonicos, es necesario la adecuación electrónica del robot, acorde a dichas necesidades, sin perjudicar el chip electrónico (aislarlo de manera eficiente) y adecuarlo a las necesidades de voltaje y corriente requeridos para el buen funcionamiento de los actuadores.

1.6. Antecedentes.

Entre los robots exploradores con más importancia en la evolución de la robótica podemos encontrar:

-El mini-rover MIRO-2 ha sido desarrollado por la ESA (EuropeanSpaceAgence) es impulsado totalmente por energía solar, tiene “12 kg de peso incorpora un taladro robótico que permite reunir hasta 10 muestras a una profundidad máxima

de 2 m”.

Solero el mini-rover utiliza baterías en miniatura para almacenar la electricidad a bordo. También dispone de un bastidor innovador. Sus seis ruedas montadas sobre los vértices de un hexágono le permiten funcionar en terrenos muy irregulares.



007901

Figura 1.2: Mini - rover MIRO2.

-Spirit es el primero de los dos robots que forma parte del Programa de Exploración de Marte de la NASA, este robot está diseñado para despertar de la hibernación y comunicarse con la Tierra, cuenta con cámaras, un brazo con una herramienta para la colección y desmenuzamiento de rocas, un aparato para la toma de imágenes microscópicas y varios espectrómetros que miden la composición de minerales. [Ramírez et al., 2002]



Figura 1.3: Spirit.

Durante años la Medición de espesores por ultrasonido de tanques vertical de almacenamiento fueron realizadas con ayuda de escaleras de doble extensión, andamios, grúas y guindolas de seguridad, exponiendo la integridad física de los trabajadores.

La utilización del equipo de seguridad personal y equipos especiales para alturas han resultado benéficos para la disminución de accidentes, sin embargo, la frecuencia de accidentes que ocurren en los trabajos de altura ha promovido el desarrollo de nuevas tecnologías de inspección, que han contribuido a disminuir el impacto económico y de más consecuencias derivadas de un accidente.

Los equipos Robotizados están diseñados para realizar inspecciones ultrasónicas para medición de espesores de estructuras de material ferromagnético como tanques, recipientes y tuberías de grandes diámetros, sin la necesidad de montar costosos y peligrosos andamios y sin arriesgar la integridad física de los técnicos durante la inspección.

Las ventajas de este tipo de equipos son:

- Facilidad de medición de la estructura.
- Ahorro de tiempo en la elaboración de la inspección.
- Mayor nivel de seguridad en el procedimiento de la inspección.
- Mediciones con mayor confiabilidad.
- Maniobras en zonas con poco acceso en el tanque.

Algunas de las desventajas presentes son:

- Costo elevado (Compra, mantenimiento, servicio).
- Diámetro limitado.

Debido a que el sector de almacenamiento de hidrocarburos tiene una influencia considerable en el territorio mexicano, el departamento de Energía de CIDESI optó por el desarrollo de su propio robot para inspecciones de tanques de almacenamiento, el Robot Explorador, el primer robot medidor de espesores hecho en México.

El Robot Explorador segunda generación (robot en el que se está trabajando) es diferente físicamente y en las cuestiones técnicas es mucho mejor que la primera generación, pero ambas generaciones tienen la misma finalidad y el mismo principio de funcionamiento.

Capítulo 2

Desarrollo

Para llevar a cabo la realización del proyecto:

- Primero que nada, se hicieron pruebas pertinentes con cada uno de los componentes esenciales que intervienen en el robot, ya sean sensores, motores de corriente directa, válvula 3/2, una bomba de suministro de agua, aunque viene integrado un acelerómetro y un inclinómetro, estos, simplemente se alimentaron para su correcto funcionamiento y se adecuaron sus señales de lectura y escritura. Ya establecidas las pruebas, se procedió a la elaboración de nuestro esquema del circuito en el software Altium Designer version 14.2, se modificaron y actualizaron los datos de los componentes electrónicos para poder pasarlo a la elaboración de nuestra tarjeta en la parte del PCB del programa. Todo esto para la tarjeta principal de control .
- Despues se prosigue con la modificación y reediseño del sistema electrónico del control manual del prototipo, no se llevaron a cabo muchas modificaciones, simplemente se hicieron pruebas sencillas en un protoboard con sus respectivos reguladores y un chip de control para las señales analógicas de los potenciómetros (microcontrolador 18f4550) y unas entradas digitales para dos botones de accionamiento y control, tomando en cuenta el circuito integrado RS485 para las líneas de datos que obtenemos del DSP.
- Por último se elaboró el diseño electrónico para una tarjeta de adecuación del módulo ESCON 50/5 para el control de los motores de corriente directa a utilizar, previamente se hicieron pruebas en una tarjeta de pruebas electrónicas (principalmente era la adecuación de filtros, con bobinas y resistencias y la adecuación de la entrada de tensión hacia la tarjeta 24volts 6 Amperes, para dicha adecuación fue necesario un diodo zenner de 30 volts, un fusible de 2.5 Amperes y un capacitor electrolitico de 2200 microfaradios).

Primeramente se volvieron a tomar en cuenta las entradas y salidas digitales y analógicas hacia nuestro DSP (procesador digital de señales).

Se considera un diseño previo de fuentes de voltaje, con reguladores lineales de tensión y un convertidor. El convertidor nos dá a la tarea de dividir las fases de voltaje que se toman en cuenta para la parte digital y de potencia de nuestro circuito, los reguladores van acorde a las diferentes alimentaciones que se necesitan (alimentar componentes digitales y de potencia). Se prosigue con la arquitectura de conexión de componentes, para el aislamiento de las señales digitales y analógicas, en este caso se utilizaron optoacopladores HCPL-0630 y buffers HC245N (amplificadores seguidores de tensión, para evitar las impedancias en las señales digitales y mantener el voltaje y corriente dentro de las mismas).

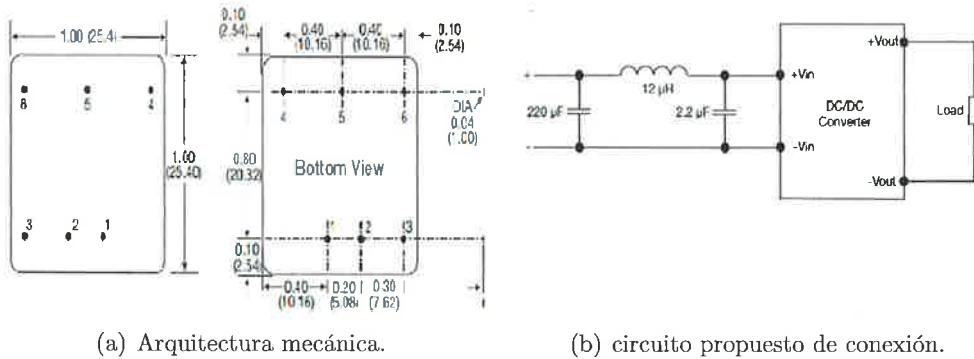
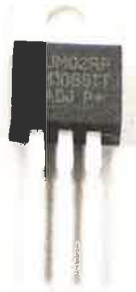
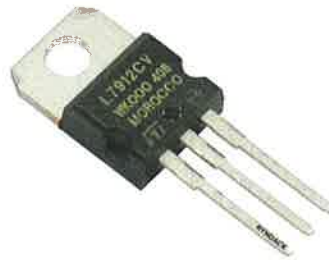


Figura 2.1: Convertidor CD-CD utilizado en el diseño.

El presente convertidor tiene entrada de voltaje de 9 a 36 volts como límite de voltaje de entrada y a la salida obtenemos 15 volts con una corriente de 1 Amperre, en las figuras preentadas observamos la arquitectura mecánica del mismo con el circuito de filtrado para su correcta aplicación.



(a) Regulador de tensión 5volts lineales a la salida.



(b) Regulador de tensión 12volts lineales a la salida.

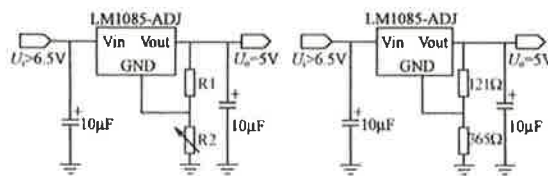


图 3 LM1085 - ADJ 输出调整和应用

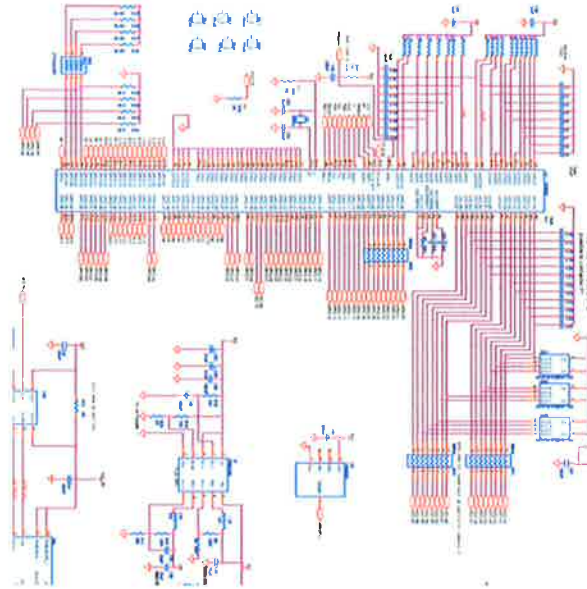
(c) circuito propuesto de conexión para los dos reguladores.

Figura 2.2: Reguladores de voltaje lineales utilizados en el diseño del circuito.

Los reguladores de tensión lineales, nos presentan una fuente alternativa de alimentación para cada una de la etapas de nuestro circuito, ya sea alimentar al procesador o a otros circuitos integrados propuestos (optoacopladores, buffers, transistores), observamos su arquitectura mecánica física y un diseño propuesto de conexión con capacitores a la entrada y salida de las tensiones de voltaje con valor de 10 microfaradios de preferencia.

Para la tarjeta de control se utilizó un DSP marca piccolo, se alimenta con 5 volts digitales (alimentarlo con etapa digital de 5volts) y las señales de entrada y salida tanto analógicas como digitales son de 3volts con una corriente de 200 miliamperes, se utilizaron señales analógicas de entrada y salida: ADCA0, ADCB0, ADCB1,ADCA1 con una resolución de 12bits y entadas y salidas digitales: GPIO0 (EPWM0), GPIO1(EPWM1), GPIO2(EPWM2),GPIO4(EPWM3) con una resolución de 16 bits. Y cabe destacar que se utilizaron tres interrupcio-

nes externas (EQEPA, EQEPB, XINT1), para la utilización de encoders y una interrupción externa (ya sea un boton o cualquier otro dispositivo).



(a) Salidas y entradas electrónicas (analógicas y digitales) de la control card.



(b) Control card o DSP (procesador digital de señales).

Figura 2.3: Procesador digital de señales, utilizado en nuestro circuito de control.

Para el manejo de varias señales digitales tanto entradas como salidas (tomando en consideración de ser un voltaje de 3.3 volts) fue necesario la adecuación de buffers (amplificadores seguidores de tensión) de tres estados (uno, cero lógicos y salidas y entradas de alta impedancia) ya que el DSP trabaja al mismo tiempo

con varias salidas y entradas, independientemente del estado lógico, se generan salidas y entradas de alta impedancia, esto implica la utilización de dichos dispositivos alimentandolos y activandolos de manera adecuada (enable en estado bajo para trabajar con salidas de alta impedancia y el recorrido de la señal, en su mayoría va de la entrada A a la salida B, respectivamente con el respectivo pin DIR en estado alto).

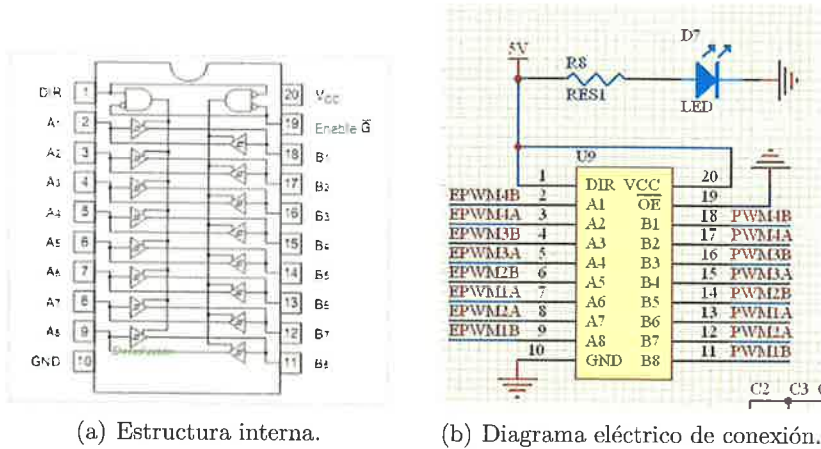
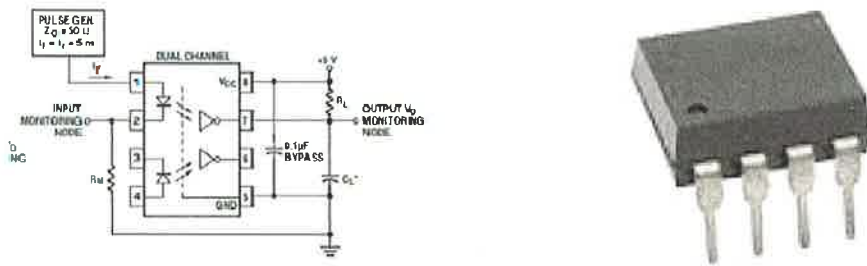


Figura 2.4: Amplificador seguidor de tensión o mejor conocido como buffer de tres estados.

Un componente importante a considerar al momento de trabajar con etapas de potencia controladas con señales digitales es la adjudicación, dentro del diseño, de optoacopladores; dicho optoacoplador es el HCPL-0630, con salida a colector común (salida de la señal a partir del colector del fototransistor) de 50 miliAmperes como corriente máxima y como tope puede soportar un voltaje de 7volts. Cada integrado consta de dos entradas y dos salidas.

Dicho optoacoplador es de accionamiento rápido (en 50 miliAmperes de corriente de salida a una velocidad 50ns, la razón de transferencia de corriente que circula del led a la corriente de salida del fototransistor, CTR), dadas las características y arquitectura del componente.



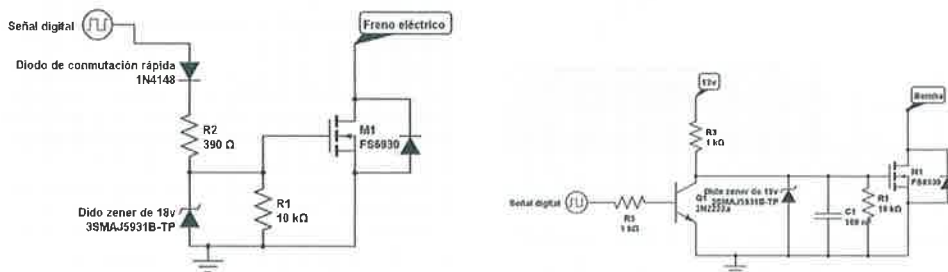
(a) Estructura interna y conexión básica.

(b) Componente.

Figura 2.5: Optoacoplador HCPL-0630.

La respuesta de salida de la corriente en el colector común del fototransistor es más rápida con una resistencia de carga de 350 ohms (características del componente), ya que, la resistencia más cercana es de 470 ohms (R_L), se le agrego esta resistencia al diseño de nuestro circuito, con su respectivos capacitores de 0.1 microfaradios.

Para las salidas de los motores se adecuaron unos conectores especiales, dichas salidas que van del circuito al motor es el freno eléctrico, el freno electrónico, la salida digital (PWM) y la dirección. Cada uno de los frenos eléctricos se activa con la salida de un mosfet de potencia (FDS6930).



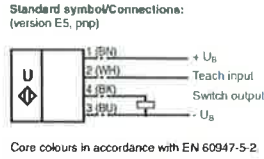
(a) Circuito para la activación del mosfet de los frenos eléctricos del motor.

(b) Circuito para la activación del mosfet para la bomba de agua.

Figura 2.6: Circuitos de activación de los mosfets dentro del diseño.

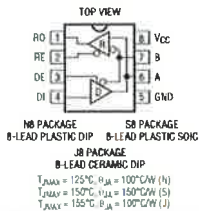
El mosfet de la bomba se tiene que disipar aparte, por eso la necesidad de colocar el componentes fuera de la tarjeta, para mayor disipación debdo a las altas corrientes.

Ya mencionadas las partes más importantes a trabajar dentro del diseño del circuito, cabe destacar la adecuación de sensores ultrasónicos (es necesario la adecuación de transistores y un divisor de voltaje, ya que la salida de dichos sensores es analógica de 10volts a la salida) y un RS485 para la comunicación de los datos (T_x, R_x).



(a) Conexión electrónica del sensor ultrasónico.

(b) Sensor ultrasónico.



(c) Arquitectura interna del LTC485.

(d) LTC485.

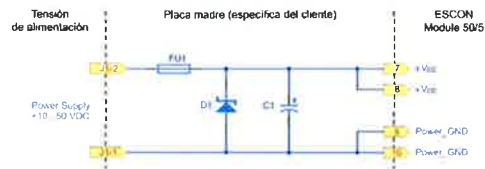
Figura 2.7: Componentes adicionales al DSP.

Para la actualización de la tarjeta del control manual se actualizo únicamente los componentes dentro del diseño, acomodando uno que otro puente de conexión, las dimensiones se conservan como su aplicación.

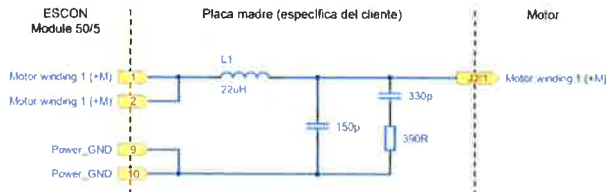
Para la adecuación del módulo del driver Escon 50/5, fue necesario revisar la ficha técnica del módulo, tomando en cuenta que por lo mucho utilizaremos 6 Amperes (máximo 2 Amperes en cada devanado) en el motor con un voltaje de 24 volts, ya con estos datos preestablecidos, se diseñó el circuito de potencia basándonos en los circuitos propuestos en la ficha técnica; tanto para la adecuación de la alimentación como en el circuito de filtrado hacia cada uno de los devanados del motor.



(a) Módulo ESCON 50/5.



(b) Circuito de adecuación para la alimentación (evitar corrientes retroalimentadas y rizados en la tensión).



(c) Circuito de filtro propuesto para los devanados del motor.

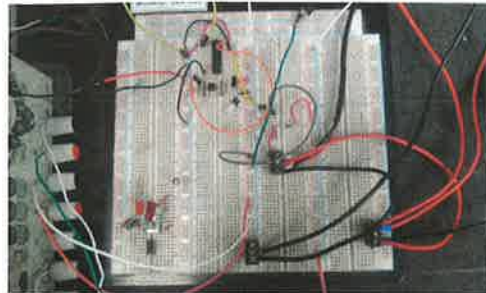
Figura 2.8: Circuitos propuestos para la adecuación del Driver.

En general, estos circuitos propuestos para la adecuación de la alimentación y el manejo de los devanados del motor, son para evitar corrientes basura o retroalimentaciones que se pueden provocar por el embobinado de los motores y a su vez nos sirve para mantener una tensión idónea acorde al voltaje a trabajar dentro del motor.

Ya considerando cada una de las características de los componentes y circuitos electrónicos básicos para nuestro circuito de control, se prosiguió con la aplicación de pruebas básicas pertinentes en una tabla de prueba electrónica.



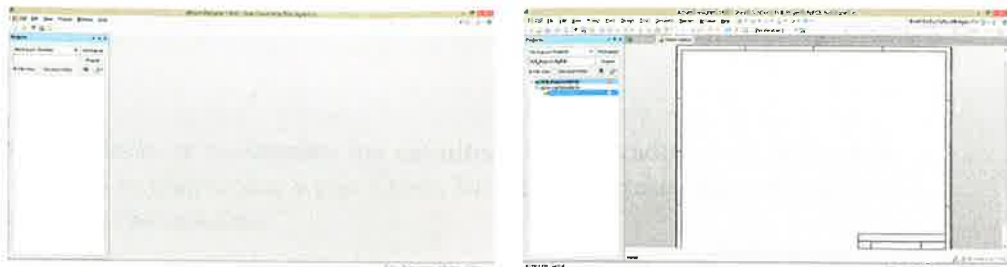
(a) Prueba de los circuitos de activación de los mosfets de potencia.



(b) Componentes básicos.

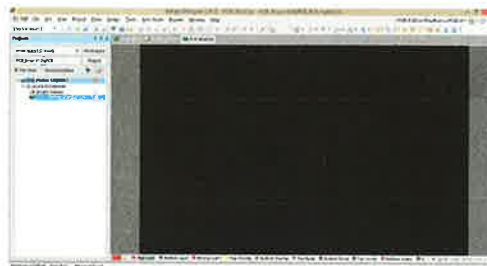
Figura 2.9: Pruebas llevadas a cabo en una tabla de pruebas electrónicas (PROTOBOARD).

Ya hechas las pruebas pertinentes, se prosigue con el diseño y actualización del circuito electrónico en el software Altium Designer V14.2, cabe destacar que ya se tenían versiones previas del diseño electrónico de la tarjeta de control, solamente era cuestión de actualizarla conforme a los lineamientos establecidos y hacer pruebas pertinentes.



(a) Ventana principal del programa.

(b) Área del esquemático, donde se desarrolla la circuitería.



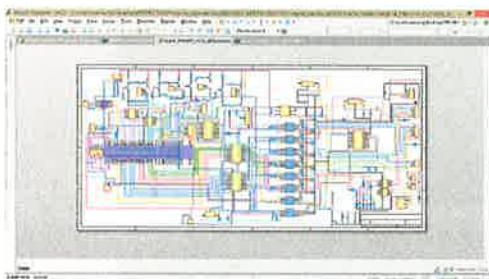
(c) Área del PCB, donde se elabora la tarjeta electrónica con medidas y lineamientos principales.

Figura 2.10: Programa de diseño electrónico Altium Designer, donde se elaboró la tarjeta electrónica.

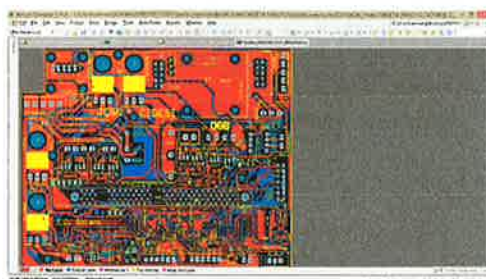
Capítulo 3

Resultados

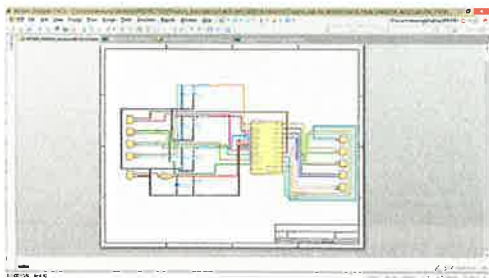
En este apartado se mostrarán los circuitos ya elaborados en el programa, como las tarjetas ya elaboradas y por último las tarjetas terminadas soldadas con sus componentes electrónicos.



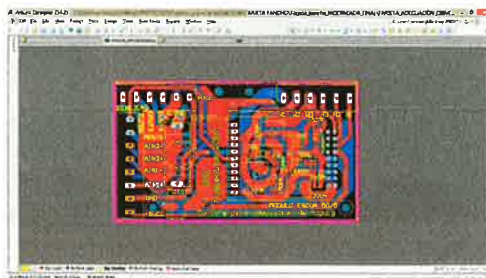
(a) Esquemático, tarjeta de control.



(b) PCB, tarjeta principal.



(c) Esquemático, tarjeta de adecuación del driver.

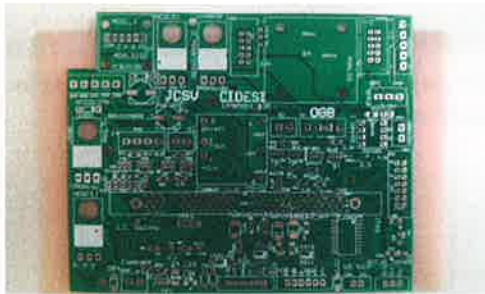


(d) PCB, tarjeta de adecuación del driver.

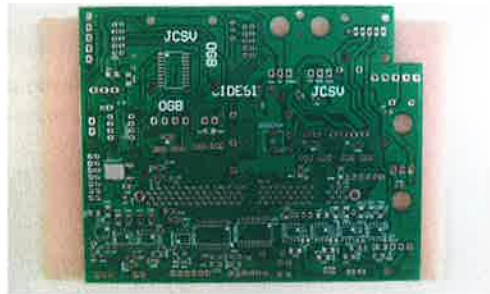
Figura 3.1: Tarjetas terminadas dentro del programa, en cada apartado del mismo (esquemático, pcb).

Al momento del diseño, se tiene que tomar en cuenta la ubicación del componente, actualizando el footprint si era necesario (ya que dentro de la primera

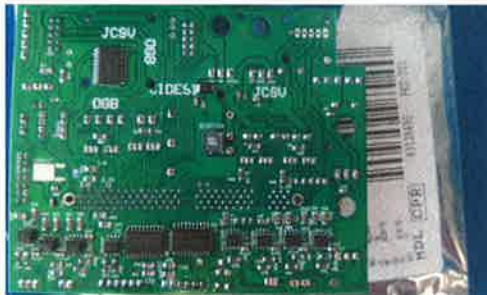
versión del diseño, los componentes dentro del esquemático no tenían los footprints actualizados para mandarlos a la parte del PCB de la tarjeta). Es necesario y recomendable colocarle marcas (NETS) las líneas de conexión con respectivos colores de identificación (negro para GND, rojo para Vcc, etc).[Cal, 2006] En la parte del PCB, se tienen que tomar las dimensiones mecánicas externas y las posiciones de cada uno de los componentes, cuidando que las etapas de potencia queden aisladas de la etapa digital, también es de suma importancia el grosor de las pistas y las caras a trabajar dentro de la misma. Y para componentes superficiales que necesiten de disipación es necesario dejar un area amplia donde ira la parte del componente a disipar (reguladores,mosfets); los pads u orificios dentro de la tarjeta deben de quedar con un diametro acorde a las dimensiones de un alambre básico para tomar las muestras de la señal(Normas Básicas y Recomendaciones en el Diseño de PCBs,Manuel J. Bellido Díaz,Octubre de 2015)



(a) Tarjeta de control.



(b) Tarjeta de control 2.



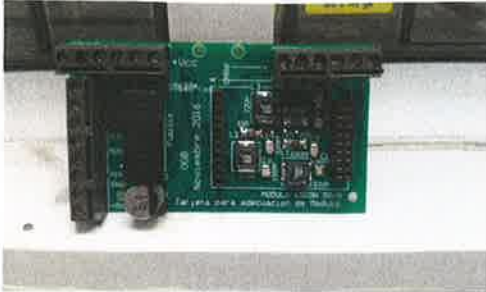
(c) Tarjeta de control soldada.



(d) Tarjeta de control soldada 2.

Figura 3.2: Tarjetas terminadas, para la parte de control principal.

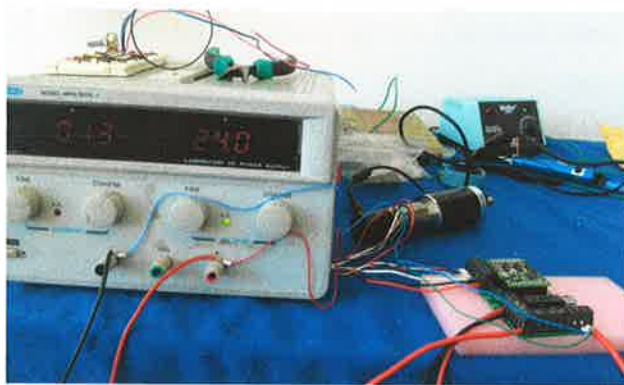
Ya revisado el diseño varias veces, se manda a fabricar con un cliente especial encargado de llevarlas a cabo, se procuraba que fuera lo más rápido posible, pero en lo económico si fue satisfactorio.



(a) Tarjeta para la adecuación del driver.



(b) Tarjeta para la adecuación del driver con módulo integrado.



(c) Pruebas digitales con la tarjeta y el motor adecuados de forma correcta.

Figura 3.3: Tarjetas terminadas, para la parte de adecuación del driver del motor y pruebas pertinentes llevadas a cabo.

Bibliografía

- [Cal, 2006] Cal, D. H. (2006). Altium designer 6: Cad/cam en diseño electrónico. *Autocad magazine*, (102):12–14.
- [FLORES BARRERA, 2009] FLORES BARRERA, L. G. (2009). *MEDICION DE ESPESORES POR ULTRASONIDO Y REQUISITOS NECESARIOS PARA EL PERSONAL QUE LLEVA A CABO ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA CENTRAL NUCLEOELECTRICA LAGUNA VERDE*. PhD thesis.
- [Ramírez et al., 2002] Ramírez, A., Solano, J., and Vargas, E. (2002). Robot móvil para medir espesores de pared ferromagnética por ultrasonido. VIII Congreso Anual SOMIM-1er Congreso Anual de la Academia de Ingeniería.
- [Salas et al., 2007] Salas, R., Pérez, J., and Ramírez, J. (2007). Técnicas de diseño, desarrollo y montaje de circuitos impresos. *Universidad de los Andes. Venezuela*.