

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS
PARA EL MONITOREO DE LA LÍNEA DE TRANSPORTE POR CABLE AÉREO
LÍNEA L DEL METRO DE MEDELLÍN**

JOEL ALBERTO QUINCHIA OSORIO

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
MEDELLÍN**

2012

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS
PARA EL MONITOREO DE LA LÍNEA DE TRANSPORTE POR CABLE AÉREO
LÍNEA L DEL METRO DE MEDELLÍN**

JOEL ALBERTO QUINCHIA OSORIO

Trabajo de grado para optar por el título de Tecnólogo en Electrónica

Asesor

**Carlos Alberto Monsalve Jaramillo
Ingeniero de Sistemas**

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA

MEDELLÍN

2012

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a DIOS por habernos dado la sabiduría y salud.

A nuestras esposas, hijos y padres que supieron entender la ausencia de nosotros mientras nos encontrábamos recibiendo cátedra.

A nuestros profesores que hoy pueden ver el reflejo del conocimiento que nos han entregado,

A nuestro asesor y guía Ingeniero Carlos Alberto Monsalve Jaramillo por toda su orientación y dedicación en la ejecución de esta tesis.

A la administración, funcionarios y a todo los que integran la Institución Universitaria Pascual Bravo.

A nuestros compañeros de clase, por haber compartido todo este tiempo con nosotros.

A la empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburra Metro de Medellín Ltda. En especial al Área de Operación de Cables Aéreos.

Al Ingeniero Jefe del Área de Operación de Cables Aéreos Ricardo Cano por permitir el desarrollo del proyecto.

A cada uno de nosotros que formamos parte de esta tesis por la entrega y dedicación en su ejecución.

Y todas aquellas personas que de una forma directa o indirectamente aportaron para la realización de esta tesis.

Nota de aceptación

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Medellín, 01 de Mayo de 2012

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	9
1 EL PROBLEMA	10
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
2 JUSTIFICACIÓN	11
3 OBJETIVOS	12
3.1 OBJETIVO GENERAL	12
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4 REFERENTES TEÓRICOS	13
4.1 DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CABLE AÉREO.	13
4.2 DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS ADQUISICIÓN DE DATOS	21
4.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE MEDICIÓN	26
4.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR	29
4.5 AMPLIFICADOR OPERACIONAL	32
4.6 MICROCONTROLADOR 16F873A	33
4.7 CIRCUITO INTEGRADO MAX 232	34
4.8 FUENTE REGULADA DE VOLTAJE	36
5 METODOLOGÍA	37
5.1 TIPO DE ESTUDIO	37
5.2 MÉTODO	37
5.3 POBLACIÓN	37
5.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	37
5.4.1 Fuentes Primarias	37
5.4.2 Fuentes Secundarias	37
6 RESULTADOS DEL PROYECTO	38
7 CONCLUSIONES	47
8 RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	51

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Línea turística cable Arví (Línea L)	16
Tabla 2: Descripción del gabinete de potencia.	20
Tabla 3: Especificación de señales de entrada.	38

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Fotografía de sistema Metro Cable Arví en funcionamiento.	13
Figura 2: Estación Santo Domingo K a la izquierda y L a la derecha.	17
Figura 3: Fotografía de la estación Arví	17
Figura 4: Telecabinas transportadas por el cable a lo largo de la línea L.	18
Figura 5: Gabinete de potencia de la estación Santo Domingo L	19
Figura 6: Motor de corriente continúa utilizado para la tracción del sistema	21
Figura 7: Bornera de conexiones de medidas a registrar.	26
Figura 8: Plano eléctrico de la platina de mediciones.	27
Figura 9: Modelo ideal de amplificador operacional.	32
Figura 10: Diagrama interno microcontrolador 16f873a.	33
Figura 11: Diagrama interno MAX 232	34
Figura 12: Conectores DB9.	35
Figura 13: Fuente regulada de voltaje a 5V	36
Figura 14: Diagrama de flujo de código fuente en microcontrolador.	41
Figura 15: Diagrama de flujo de código fuente de aplicación en la PC	42
Figura 16: Parte superior sin elementos de la tarjeta impresa	43
Figura 17: Parte inferior sin elementos de la tarjeta impresa.	43
Figura 18: Tarjeta impresa con todos los elementos dispuestos para su uso.	44
Figura 19: Ventana de ejecución de la aplicación	44
Figura 20: Confirmación de inicio de adquisición de datos	45
Figura 21: Menú selección "Carpeta destino..."	45
Figura 22. Menú selección de puerto	45
Figura 23. Aviso error de puerto no seleccionado	46
Figura 24. Aviso inicio de transmisión	46
Figura 25 Aplicación en funcionamiento del sistema de adquisición.	46

LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo A: Diagrama esquemático de tarjeta de adquisición de datos.	51

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se realiza con el ánimo de obtener el título de tecnólogo en electrónica y el título de tecnólogo en electromecánica, mediante la implementación que permita controlar la información a partir de los valores que se obtengan de un sistema de adquisición de datos desarrollado en el trabajo de grado por medio de lógica de programación en microcontroladores y en lenguajes de programación avanzados, combinándolos con electrónica de potencia, capaces de generar datos precisos a partir de la aplicación utilizada. Con este proyecto se pretende dar al personal operativo que controla el sistema de movimiento en la línea L del metro cable bases necesarias para reprogramar actividades de mantenimiento y/o mejoras mediante el control de las variables a estudiar en este proyecto.

1 EL PROBLEMA

El Metrocable es un sistema de cable aéreo para transporte masivo de pasajeros, ideado y localizado en la ciudad de Medellín, Colombia; este medio de transporte público es de funcionamiento permanente o de frecuencia continua, lo cual lo diferencia de los sistemas de cable hasta ahora instalados en el planeta, que se dedican a transportes para fines específicos y con frecuencias no continuas. El sistema Metrocable es complementario al Metro de la ciudad de Medellín, y atiende las necesidades de transporte de algunos de los sectores menos favorecidos de la ciudad, como son las comunas nor-oriental y centro-occidental. Es la primera línea turística del Metro y la tercera por cable aéreo del sistema.

En la actualidad, la Línea L ó Cable Arví, del Metro, es un corredor de cable aéreo que conecta la estación Santo Domingo K del Metrocable de la Línea K con el Parque Ecoturístico Arví. Esta Línea al igual que las otras dos líneas de cable, también posee un sistema de tracción impulsado por motores de corriente continua, los cuales carecen de un sistema de registro y adquisición de datos, lo que dificulta en gran parte, el análisis de las variables operacionales, tales como la velocidad de operación, la corriente y el voltaje del motor de tracción principal; a pesar de que cuenta con una interfaz de visualización. De igual forma, se cuenta con un sistema de visualización de la velocidad del viento en la estación, el cual también carece del registro de esta variable importante para conocer las condiciones atmosféricas que influyen en la operación del sistema.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo sería un sistema que monitoree y registre las variables operacionales en sistema de cable aéreo de Medellín?

2 JUSTIFICACIÓN

El sistema de Metrocable ha servido para integrar algunas comunas o áreas de difícil acceso con el Sistema de Transporte Masivo de Gran Capacidad. Ha sido un experimento de gran éxito, pues ha vuelto a ligar a la vida ciudadana grandes sectores de las clases populares; ya que nació con el propósito de mejorar las condiciones de movilidad de los habitantes de la ciudad, por medio de nuevas líneas que mantienen los estándares de calidad del Metro de Medellín a lo largo de corredores aéreos que amplían el área de influencia del sistema, garantizando la integración y rapidez al utilizar los diversos modos de transporte.

Es necesario e indispensable para el Metro de Medellín, la realización del diseño e implementación de un dispositivo de adquisición de datos que permita obtener y monitorear en tiempo real, variables tales como el tiempo, la corriente, el voltaje, velocidad y espacio. Con el fin de conocer el comportamiento del sistema para posteriormente ejercer acciones de control, garantizando siempre un análisis oportuno de las señales arrojadas sobre él, para así hacer más eficiente su operación y evitar retrasos y la posible afectación de equipos de infraestructura y personas.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo y adquisición de datos de las principales variables del sistema de tracción y de la velocidad del viento de la estación Santo Domingo L de la línea L del Metro de Medellín, mediante el uso de hardware y software que permitan la interacción de las variables con el sistema, para así poder analizar los valores registrados cuando sean requeridos para su mantenimiento o mejoras en su operación.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar las características de las variables a monitorear y adquirir, por medio de la medición y cuantificación de sus valores operacionales, con el fin de determinar las condiciones del sistema de adquisición de datos.

Diseñar el software y hardware del sistema de adquisición de datos a partir de las condiciones definidas para este sistema y las características de las variables operacionales, teniendo en cuenta las herramientas de programación de Visual Basic y Mikro Basic, las cuales operaran bajo el sistema operativo Windows XP.

Verificar la interoperabilidad entre el software y hardware diseñado para el sistema de adquisición de datos, mediante la realización de pruebas funcionales en campo, con el fin de realizar ajustes necesarios para su implementación definitiva.

4 REFERENTES TEÓRICOS

En la presente sección se introduce con la descripción general y específica del sistema Metrocable, en especial se hace énfasis sobre la línea L, correspondiente al Cable Arví, posteriormente, se realiza un enfoque sobre la identificación de los elementos y las variables de entrada y salida en un Sistema de Adquisición de Datos y en el Sistema de Tracción.

4.1 DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CABLE AÉREO.

*Figura 1. Fotografía de sistema Metro Cable Arví en funcionamiento.**



* Fuente: Disponible en:

<http://www.acimedellin.org/es/SaladePrensa/Noticias/tabid/111/NewsViewMode/full/NewsItemID/111/Default.aspx> [consultado el 10 de febrero 2012].

El sistema Metrocable es un transporte de mediana capacidad, rápido y seguro, que no contamina, porque trabaja con energía eléctrica lo que lo caracteriza como una tecnología limpia; cuenta con tres líneas de cable aéreo, línea K y línea J, con dedicación al transporte masivo de pasajeros e integradas al Metro a través de las estaciones Acevedo y San Javier y la línea turística Cable Arví (Línea L) con dedicación al transporte turístico de pasajeros, la cual se presenta en la figura 1. El corredor aéreo de la línea L comprende desde la estación de transferencia (DOM L) en Santo Domingo Sabio, hasta la estación retorno Arví (ARV) ubicada en el sector del Tambo – Vereda Piedras Blancas, corregimiento de Santa Elena.

El sistema Metrocable del Metro de Medellín se compone por un cable de acero, pilonas o torres metálicas cilíndricas para el sostenimiento del cable y vehículos, doble línea de seguridad para comprobar la operación segura del sistema y estaciones. En la línea K con un recorrido de 2.070 metros, en la línea J con un recorrido de 2.764 metros y en la línea L con un recorrido de 4.618 metros.

Se cuenta con cabinas desenganchables con capacidad para 10 pasajeros, dotadas en su interior de 2 botones que permiten la comunicación de los usuarios con el Operador de Cable, en la línea L se cuentan con 57 cabinas.

Para la línea L la operación comercial está planificada para prestarse con un número variable de cabinas 28, 47, 52 y 57 y una velocidad máxima de operación de 5.8 metros por segundo para un tiempo de recorrido de 14 minutos.

La ventilación en el interior se da por circulación de aire, la iluminación y radiocomunicación mediante panel solar y baterías.

Las estaciones de la línea L son:

Estación motriz (DOM L) destinada para transferencia de usuarios, ubicada en la estación Santo Domingo, en esta estación se encuentran el Puesto de Mando del Cable (PMC) y la infraestructura para la tracción eléctrica y de socorro.

Estación Arví (ARV) ubicada al final del trayecto del cable, destinada para el regreso de las cabinas, también llamada estación retorno, en esta estación se encuentra el garaje para el estacionamiento de las cabinas.

En la línea L se encuentra ubicada la estación retorno Arví (ARV) con una capacidad para 58 cabinas y su operación es manual.

En el garaje están dispuestas las instalaciones necesarias para realizar el aseo y el mantenimiento de las cabinas.

La operación comercial es el transporte de usuarios en las cabinas, se acuerdo con el horario definido en la planificación y publicado al usuario. Para la línea la máxima velocidad de operación del sistema es de 5.8 m/s y se cuenta con velocidades pre-establecidas de 1.5 m/s, 3.5 m/s, 4.5m/s y 5.8 m/s. La velocidad normal en las zonas de abordaje y desabordaje en las plataformas de las estaciones es de 0.23 m/s cuando el sistema tiene su velocidad máxima de 5.8 m/s.

La energía para la operación del sistema Metrocable la estación Santo Domingo (DOM L), se realiza a través de los circuitos de distribución de la zona nor-oriental de las Empresas Publicas de Medellín con una configuración de doble circuito.

El sistema Metrocable cuenta con respaldo para el caso de fallos en la alimentación eléctrica: la estación motriz cuenta con un motor diesel utilizado para evacuación del sistema y en la demás estaciones, grupos electrógenos y sistemas UPS's para alimentación de tableros, equipos técnicos e iluminación de emergencia.

Tabla 1. Línea turística cable Arví (Línea L)

Características	Detalle
Tipo de sistema	Monocable desenganchable
Longitud del Trazado	4.618 m
Pendiente Promedio de la línea	15%
Pendiente Máxima	58,41%
Velocidad de línea	Hasta 5,8 m/s
Número de pilonas de sostenimiento	23
Altura máxima de piona	27 m
Altura mínima de piona	6,46 m
Energía	Eléctrica (cero emisiones)
Potencia de los motores	680 Kw.
Diámetro del cable	52 mm - alma compacta
Capacidad instalada (Pasajeros / hora)	1.200
Demanda estimada primer año	2.740 (pas/día)
Características	Detalle
Ancho de vía	5,7 m
Número de estaciones	2
Número de cabinas	28 primera etapa
Distancia entre cabinas con 57 cabinas	173 m
Tiempo de recorrido/ sentido	14 minutos (a 5,8 m/s)

Las instalaciones técnicas del sistema se componen de dos estaciones básicas.

Estación Motriz: Se presenta en figura 2, en esta estación se ubican el sistema de tracción completo, compuesto por un motor eléctrico de 680 KW, un reductor principal, un cardan, un motor térmico de emergencia, una polea principal de tracción, sistema de control y central de tensión.

Figura 2: Estación Santo Domingo K a la izquierda y L a la derecha.



Estación de retorno: Se presenta en figura 3, esta estación está destinada para el regreso del cable y las cabinas, además en ella existen equipos electromecánicos auxiliares, el sistema de tensión mecánico, polea de retorno y garaje en línea L.

*Figura 3: Fotografía de la estación Arví**



* Fuente: Disponible en:

<http://www.turismoenmedellin.com/?idgal=1277&gal=1µ2=turismed&leng=sp&ver=1&n=Fotos%20Tour%20Parque%20Ecotur%EDstico%20Arv%ED>. [consultado el 15 de febrero 2012]

El motor de tracción de corriente continua de 680 Kw se energiza por medio de la red de EPM y una subestación de energía dispuesta para tal fin, en el sótano de la estación DOM L, por medio de los controles tanto eléctricos, como electrónicos, el Operador del Cable (OPC) da marcha al sistema desde el Puesto de Mando del Cable (PMC), se realiza un *By-pass* de todas las señales que aparentemente se encuentran en falla por medio de un pulsador dispuesto para ello, luego se da marcha desde otro pulsador, el cual libera una serie de frenos que se activan cada vez que el sistema se encuentra detenido, frenos de parqueo y de servicio, para dar marcha por medio del motor principal a un reductor de velocidad el cual se acopla mecánicamente a una polea o volante y a su vez al motor térmico de emergencia, la polea a su vez se desplaza o mueve un cable de acero trenzado de 52 mm de diámetro con alma compacta el cual transporta cada una de las telecabinas desenganchables entre las diferentes estaciones.

*Figura 4: Telecabinas transportadas por el cable a lo largo de la línea L.**



Para el desacople de las cabinas al mono-cable se tienen dispuestos en las estaciones diferentes tipos de elementos electromecánicos, los cuales accionan

* Fuente: Disponible en: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=832448&page=8> consultado el 20 de febrero 2012.

unos muelles de compresión dispuestos en cada una de las cabinas, estos muelles se encargan de realizar la apertura de una serie de mordazas que agarran la cabina al cable, para lograr así una velocidad aproximadamente del orden de 0.25 m/s al interior de las estaciones, diferentes a la velocidad en línea que es de 5.8 m/s.

En el gabinete de potencia se encuentran diferentes dispositivos que integran el sistema de tracción y control del cable, indicadores de voltaje y corriente, el paro de emergencia, el selector de encendido del armario, e indicadores de luz (ver figura 5 y tabla 2)

Figura 5: Gabinete de potencia de la estación Santo Domingo L



Tabla 2: Descripción del gabinete de potencia.

Ítem	Descripción
1	Indicador de voltaje en las baterías de respaldo
2	Vatímetro
3	Selector On/Off
4	Selector On/Off
5	Indicadores de estado tipo pararrayo

Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico.

Por lo general, los sistemas de transporte masivo que usan energía eléctrica se han desarrollado simultáneamente con los sistemas de distribución de electricidad; sin embargo, este no ha sido el caso de Colombia, en especial de los grandes centros urbanos como Bogotá, donde la red de distribución eléctrica se encuentra desarrollada para atender a sus actuales usuarios. Surge así el interrogante de cuáles serán los requerimientos de los sistemas de tracción/transporte eléctrico que serán solicitados al operador de red de un sistema de distribución de electricidad. El sistema de alimentación a un sistema de tracción tipo metro, incluidos los sistemas de trenes de cercanías, se caracteriza por el tipo de alimentación, la tensión, la configuración de la red del sistema de alimentación, el tipo de conductor de alimentación (catenaria, tercer riel, conductor rígido aéreo) y la magnitud de la potencia de las subestaciones.

Figura 6: Motor de corriente continúa utilizado para la tracción del sistema



4.2 DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS ADQUISICIÓN DE DATOS

Dentro del estudio y desarrollo de sistemas tecnológicos en el campo electrónico y computacional, se hace necesario satisfacer las necesidades de la industria, las mismas que requieren dispositivos que automaticen labores tediosas y realicen controles autónomos, ayudando a un desarrollo más rápido y óptimo de tareas, que de otro modo, se convertirían en actividades tediosas y susceptibles de errores.

Es de esta manera que el trabajo realizado está destinado a cooperar en dicha función, vale decir, la automatización de sistemas de monitoreo y control orientados, no sólo a grandes clientes, sino, implementando una solución asequible para cualquier tipo de persona.

Es además, muy necesario que, cuando un sistema de control está destinado a atender a varios usuarios, exista algún modo práctico de determinar el usuario que está siendo atendido en el momento y la manera en que se le pueda otorgar un mejor servicio personal. De ahí surge la necesidad de identificar a usuarios y llevar registros de sus actividades, con relación al sistema en general. Es en éstas

tareas donde el control y la automatización de carácter electrónico, entran en funcionamiento, realizando la toma de datos y según éstos, la activación cíclica ante determinadas variables cumplidas. Para realizar el control de dichas tareas automatizadas, se usa en frecuentes ocasiones las capacidades y versatilidad de un computador, que puede ser de características industriales, o incluso un computador personal, para que realice las veces de inspector de control y precautele el correcto funcionamiento del sistema de acuerdo a las especificaciones dadas.

Normalmente la interfaz, entre el sistema electrónico y el computador, se realiza mediante otro subsistema microprocesado.

En el ámbito real, más aún en el campo industrial, el manejo de altos voltajes analógicos es muy común, por ser la mayoría de las cargas y equipos de la industria, manejados con altas corrientes; de ahí nace la necesidad del desarrollo de sistemas de control, para éste tipo de voltajes, pero basados en sistemas microprocesados, los cuales funcionan con voltajes de corriente directa a bajos niveles. De ahí surge la idea de éste proyecto para que su realización permita el control y activación de cargas remotas a voltajes de corriente alterna, o AC, (Control ON/OFF) por medio de una interfaz remota global, tal como es la otorgada por los protocolos propios de la familia TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión y Protocolo de Internet)

Los sistemas remotos de control son, con el avance de la ciencia, un campo en el que es importante implementar nuevas técnicas que permitan una comunicación globalizada a un costo reducido y con prestaciones versátiles. Los sistemas de adquisición de datos nos ayudan a medir información presentada en forma digital o analógica.

Las señales digitales pueden venir de una variedad de fuentes tales como: interruptores, relevadores, interfaces compatibles con niveles de TTL (lógica transistor-transistor), etc. Con la interfaz apropiada se pueden interactuar

directamente por la computadora. Las señales analógicas vienen de diferentes instrumentos, sensores o transductores que convierten energía en forma de presión, posición o temperatura en señales de voltaje.

Las señales analógicas no pueden procesarse directamente en una computadora, deben convertirse primero a un número digital. A este proceso se le llama Conversión Analógica Digital (CAD). El proceso complementario, Conversión de Digital a Analógico (CDA), cambia datos digitales en señales de voltaje o corriente, ambos procesos permiten la medición y el control computarizado de procesos industriales y experimentos de laboratorio.

Los Transductores convierten temperatura, presión, nivel, longitud, posición, etcétera en voltaje, corriente, frecuencia, pulsos u otras señales.

Los actuadores son dispositivos que activan procesos de control de equipo por medio de neumática, hidráulica, energía eléctrica, etc.

Las entradas analógicas se convierten en señales digitales en el CAD. la exactitud de la conversión depende de la resolución y linealidad del convertidor, el error de ganancia y de desbalance también afecta la exactitud de la medición un convertidor ideal tiene una linealidad de $\frac{1}{2}$ LSB.

La señal de la interfaz más utilizada es, sin lugar a dudas, la señal de voltaje. Los sistemas de adquisición usualmente son capaces de manejar directamente entradas de bajo voltaje, es decir señales de unos cuantos milivoltios.

Los circuitos de acondicionamiento de señales mejoran la calidad de la señal generada por el transductor antes de que sean convertidas a señales digitales (CAD); algunos ejemplos de acondicionamiento de señal son: Escalamiento, amplificación, linealización, compensación de unión fría, filtrado, atenuación, excitación, etc. Algunos de los cuales se explican a continuación:

Diferenciales/Sencilla: En una entrada sencilla se mide el voltaje entre el canal de entrada y la tierra analógica. Cada canal puede utilizarse para diferentes dispositivos. El dispositivo debe entregar una señal con referencia a la tierra analógica. En una entrada diferencial se puede medir el voltaje entre dos terminales, esto requiere de dos canales de entrada por dispositivo pero tiene la ventaja que puede medir dispositivos que no pueden referenciarse a la tierra analógica y cancelan el ruido del modo común.

Amplificador de Entrada: En algunos casos se requiere de un amplificador a la entrada, estos amplificadores nos sirven para reforzar (buffer) la señal de entrada y darle ganancia. Normalmente la ganancia para cada canal de entrada está calculada para que la señal de entrada utilice el máximo alcance del CAD. Esto ocasiona que el alcance efectivo a la entrada sea más fino.

Aislamiento: Otro acondicionamiento útil es aislar el transductor de la computadora por razones de seguridad. El equipo que se monitorea puede manejar altos voltajes que podrían dañar el sistema, otra razón para aislar eléctricamente, es asegurar que las lecturas del transductor no se vean afectadas por las diferencias de potencial de las tierras.

Multicanalizado o Número de Canales: Una técnica muy utilizada para medir varias señales con un solo dispositivo de medición es la multicanalización, esto se utiliza normalmente en señales que no cambian rápidamente. El CAD convierte un canal cuando termina convierte el siguiente y así sucesivamente hasta terminar con todos los canales. Esto hace que la velocidad efectiva de conversión dependa del número de canales que se están muestreando.

Filtrado: El propósito de filtrar es eliminar señales no deseadas de la señal que se trata de medir un filtro de ruido se utiliza normalmente en señales de DC, tales como temperatura para atenuar señales de alta frecuencia, señales de corriente alterna AC, tales como vibración, requieren de otro tipo de filtrado, conocido como *antialiasing*. Este es también un filtro pasa bajas, pero en este caso se requiere de

un corte bastante pronunciado, si no se eliminan estas señales, aparecerán repetidas erróneamente.

El acondicionamiento también puede incluir excitación para algunos transductores: Galgas extensiométricos (strain gauges), termistores y RTD por ejemplo requieren de voltaje o corrientes externas. Las mediciones con RTD, por ejemplo, requieren una fuente de corriente para convertir las variaciones de resistencia en variaciones de voltaje. Las galgas extensiométricos, que son usualmente de resistencias bajas, utilizan un puente de *Wheatstone* con excitación de voltaje.

Linealización: Muchos sensores, los termopares entre otros, tienen una respuesta no lineal por lo que se requiere de un procesado para linealizar y hacer más fácil de manejar su medición. Existen diferentes métodos para linealizar la respuesta de un sensor, desde utilizar circuitería (hardware) como por ejemplo conectar redes de resistencias, hasta utilizar programación (software) para procesar los datos y aplicarles algún algoritmo.

Finalmente, una vez que se obtienen las mediciones es necesario transferirlas a algún lugar, ya sea para su almacenamiento o para su procesado; normalmente se cuentan con dos métodos: Consulta por interrupción y Acceso Directo a Memoria (Direct Memory Access o DMA).

Para mantener precisión los convertidores AD y DA requieren de calibraciones periódicas, esto ayuda a compensar la tendencia en los circuitos analógicos de cambiar sus características con el tiempo. Históricamente se han utilizado los potenciómetros que permiten manualmente calibrar los sistemas, una mejor opción son los CDA utilizados para digitalmente efectuar la calibración. Los valores de calibración se almacenan luego en memoria no volátil.

4.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE MEDICIÓN

Para la identificación y clasificación de variables a monitorear y supervisar desde un sistema de Supervisión y Adquisición de Datos, más conocido como *SCADA* (por sus siglas del inglés, Supervisory Control And Data Acquisition), es necesario tener en cuenta que tipo de variables y señales se manejarán, pueden ser variables análogas y/o digitales, si es de una señal alterna o directa, escala, magnitud, unidades de medida (según Sistema Internacional). Debido a que el motor de tracción de la línea L es de corriente, se realizará la siguiente medición de variables para obtener, comprender e interpretar los diferentes ciclos por los cuales el sistema en operación comercial se ve expuesto, para luego realizar las acciones correspondientes para la implementación y puesta en marcha del sistema de adquisición de datos a desarrollar. Las variables a monitorear son:

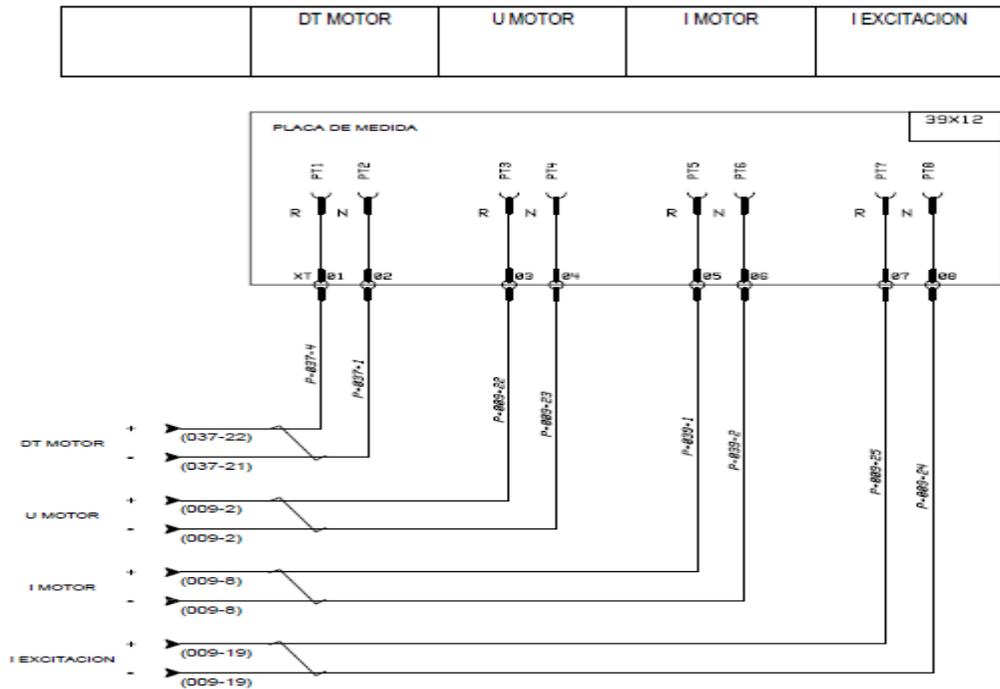
- Voltaje en corriente directa, unidad de medida el voltio (V).
- Corriente directa, unidad de medida el ampere (A).
- Velocidad del viento, unidad metros sobre segundo (m/s).
- Velocidad de operación del sistema, unidad metros sobre segundo (m/s).

Figura 7: Bornera de conexiones de medidas a registrar.



De igual forma en el plano de la figura 8, se puede ver el conexionado eléctrico del sistema de adquisición.

Figura 8: Plano eléctrico de la platina de mediciones. *



La energía que consume todo el sistema de tracción se alimenta a través de un conjunto de subestaciones rectificadores AC/DC, cada subestación suministra en un sector determinado una porción de la energía total requerida por el sistema; cada una de las subestaciones alimenta un sector de la línea de tracción, la red de tracción que alimenta a los trenes de una línea de metro o de tren de cercanías se conforma de dos líneas de alimentación conectadas en paralelo y divididas en secciones eléctricas separadas por aislamientos de superposición.

* Plano eléctrico de la bornera de mediciones. Pág. 39.

Uno de los factores más importantes en el diseño de estas redes es la confiabilidad y disponibilidad del suministro, razón por la cual cada sección debe conectarse (alimentarse) a las secciones adyacentes para tener respaldo de alimentación eléctrica en caso de presentarse algún tipo de falla en el sistema de alimentación principal, y de esta forma prevenir la ausencia de suministro eléctrico en las diferentes partes que conforman la línea

Por otra parte, se puede encontrar la utilización de fuentes de generación exclusivas para alimentar los sistemas eléctricos de transporte urbano, como la energía que consume todo el sistema de tracción se alimenta a través de un conjunto de subestaciones rectificadores AC/DC. Cada subestación suministra en un sector determinado una porción de la energía total requerida por el sistema, cada una de las subestaciones alimenta un sector de la línea de tracción.

La red de tracción que alimenta a los trenes de una línea de metro o de tren de cercanías se conforma de dos líneas de alimentación conectadas en paralelo y divididas en secciones eléctricas separadas por aislamientos de superposición; uno de los factores más importantes en el diseño de estas redes es la confiabilidad y disponibilidad del suministro, razón por la cual cada sección debe conectarse (alimentarse) a las secciones adyacentes para tener respaldo de alimentación eléctrica en caso de presentarse algún tipo de falla en el sistema de alimentación principal, y de esta forma prevenir la ausencia de suministro eléctrico en las diferentes partes que conforman la línea.

Por otra parte, se puede encontrar la utilización de fuentes de generación exclusivas para alimentar los sistemas eléctricos de transporte urbano, como es el caso de Japón.

La rectificación de la tensión AC proveniente del sistema de distribución se realiza en las subestaciones que alimentan la red de tracción. Este procedimiento se realiza por medio de puentes rectificadores de 6, 12, 24 o más pulsos. El orden de los armónicos inyectados en la red de AC es proporcional al número de pulsos, es

decir, entre mayor sea el número de pulsos, mayor será el orden de los armónicos introducidos en la red de AC. Un orden alto de los armónicos presentes representará una distorsión armónica total (THD) baja, lo cual representa, a su vez, una mayor calidad de la potencia.

Los puentes de rectificación se pueden realizar a partir de diferentes tipos de conexiones, dependiendo del número de pulsos que se requieran. El rectificador de 12 pulsos consta de un transformador tri-devanado, cuyos bobinados secundarios están uno en estrella y el otro en delta, para producir un desfase de 30 grados entre las dos ondas de tensión (*Singh et al.*, 2008). En algunos casos, el número de pulsos empleados en la rectificación de la tensión se determina a partir del tipo de transformadores disponibles.

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica, además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas, también se construyen motores de CC con el rotor de imanes permanentes para aplicaciones especiales.

4.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR

Según la Ley de *Lorentz*, cuando un conductor por el que pasa una corriente eléctrica se sumerge en un campo magnético, el conductor sufre una fuerza

perpendicular al plano formado por el campo magnético y la corriente, siguiendo la regla de la mano derecha, con módulo $F=B \cdot L \cdot I$, donde:

- F: Fuerza en Newton.
- I: Intensidad que recorre el conductor en amperio.
- L: Longitud del conductor en metros.
- B: Densidad de campo magnético o densidad de flujo tesla.

El rotor tiene varios repartidos por la periferia. A medida que gira, la corriente se activa en el conductor apropiado, normalmente se aplica una corriente con sentido contrario en el extremo opuesto del rotor, para compensar la fuerza neta y aumentar el momento.

La fuerza contraelectromotriz inducida en un motor es la tensión que se crea en los conductores de un motor como consecuencia del corte de las líneas de fuerza, es el efecto generador de pines.

La polaridad de la tensión en los generadores es inversa a la aplicada en bornes del motor.

Las fuertes puntas de corriente de un motor en el arranque son debidas a que con la máquina parada no hay fuerza contraelectromotriz y el bobinado se comporta como una resistencia pura del circuito.

Las escobillas deben poner en cortocircuito todas las bobinas situadas en la zona neutra.

Si la máquina tiene dos polos, tenemos también dos zonas neutras. En consecuencia, el número total de escobillas ha de ser igual al número de polos de la máquina.

En cuanto a su posición, será coincidente con las líneas neutras de los polos.

El sentido de giro de un motor de corriente continua depende del sentido relativo de las corrientes circulantes por los devanados inductor e inducido. La inversión del sentido de giro del motor de corriente continua se consigue invirtiendo el sentido del campo magnético o de la corriente del inducido, si se permuta la polaridad en ambos bobinados, el eje del motor gira en el mismo sentido.

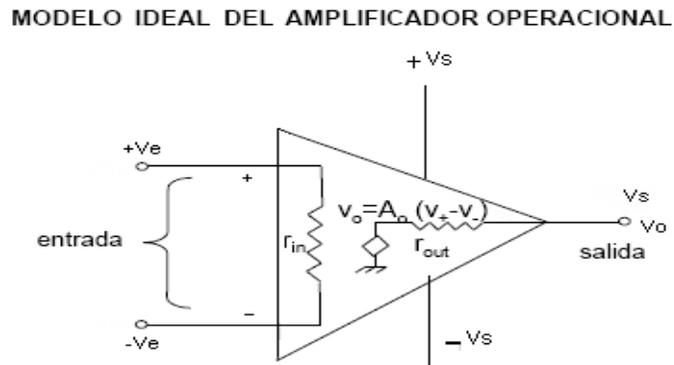
Los cambios de polaridad de los bobinados, tanto en el inductor como en el inducido se realizarán en la caja de bornes de la máquina, y además el ciclo combinado producido por el rotor produce la *FMM* (fuerza magnetomotriz). El sentido de giro lo podemos determinar con la regla de la mano derecha, la cual nos va a mostrar el sentido de la fuerza. La regla de la mano derecha es de la siguiente manera: el pulgar nos muestra hacia dónde va la corriente, el dedo índice apunta en la dirección en la cual se dirige el flujo del campo magnético, y el dedo medio hacia dónde va dirigida la fuerza resultante y por lo tanto el sentido de giro.

Los motores y los generadores de corriente continua están constituidos esencialmente por los mismos elementos, diferenciándose únicamente en la forma de utilización. Por reversibilidad entre el motor y el generador se entiende que si se hace girar al rotor, se produce en el devanado inducido una fuerza electromotriz capaz de transformarse en energía en el circuito de carga.

En cambio, si se aplica una tensión continua al devanado inducido del generador a través del colector de delgas, el comportamiento de la máquina ahora es de motor, capaz de transformar la fuerza contraelectromotriz en energía mecánica. En ambos casos el inducido está sometido a la acción del campo inductor principal.

4.5 AMPLIFICADOR OPERACIONAL

Figura 9: Modelo ideal de amplificador operacional.*



Los amplificadores operacionales son, dispositivos compactos activos y lineales de alta ganancia, diseñados para proporcionar la función de transferencia deseada. En la figura 12 se muestra el amplificador operacional (A.O.), el cual está compuesto por un circuito electrónico que tiene dos entradas y una salida, como se describe más adelante. La salida es la diferencia de las dos entradas multiplicada por un factor (G) (ganancia): $V_{out} = G \cdot (V_+ - V_-)$.

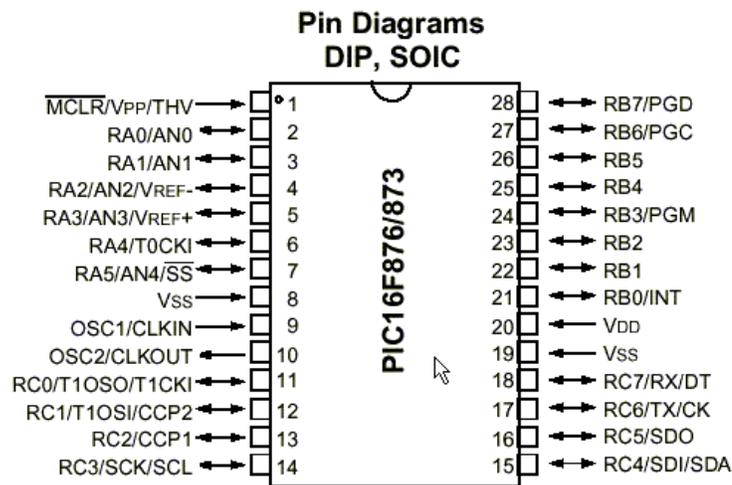
Estos dispositivos se caracterizan por ser construidos en sus componentes más genéricos, dispuestos de modo que en cada momento se puede acceder a los puntos digamos "vitales" en donde se conectan los componentes externos cuya función es la de permitir al usuario modificar la respuesta y transferencia del dispositivo.

* Fuente: <http://kagiva.galeon.com/3ds/tutores/opam.html>, tomada el 25 de Mayo de 2012.

4.6 MICROCONTROLADOR 16F873A

Pertenece a la gama de controladores PIC16F87X los cuales forman una subfamilia de microcontroladores PIC (*Peripheral Interface Controller*) de gama media de 8 bits, fabricados por *Microchip Technology Inc.*.

Figura 10: Diagrama interno microcontrolador 16f873a.*



Cuentan con memoria de programa de tipo EEPROM Flash mejorada, lo que permite programarlos fácilmente usando un dispositivo programador de PIC, esta característica facilita sustancialmente el diseño de proyectos, minimizando el tiempo empleado en programar los microcontroladores.

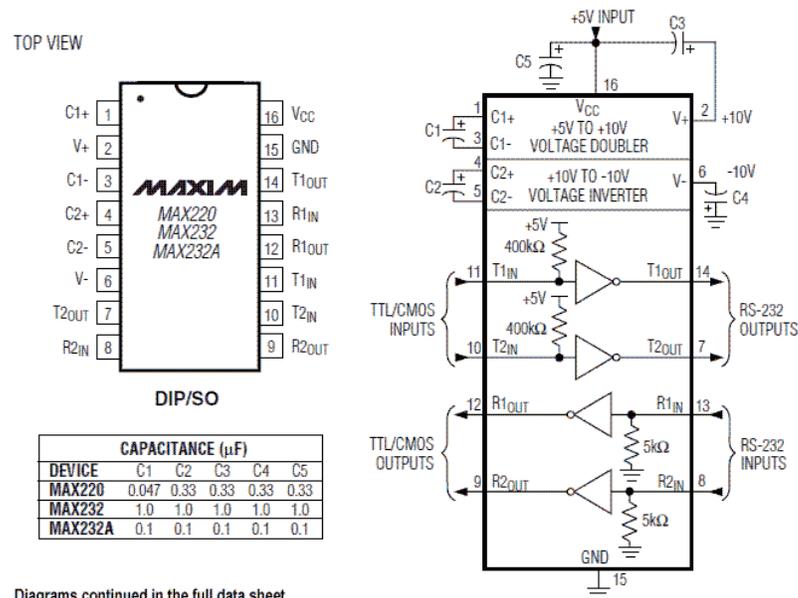
Estos microcontroladores tienen la memoria de programa y la memoria de datos separadas, lo que se conoce como arquitectura Harvard. Esta configuración

* Fuente: <http://www.ucontrol.com.ar/wiki/images/a/a7/16f876pines.gif>, tomada el 25 de Mayo de 2012.

interna permite entre otras cosas acceder a las instrucciones de programa y a los datos simultáneamente a través de buses diferentes, lo que mejora notablemente la velocidad de proceso de estos dispositivos.

4.7 CIRCUITO INTEGRADO MAX 232

Figura 11: Diagrama interno MAX 232*



Diagrams continued in the full data sheet.

El circuito integrado MAX232 dispone internamente de 4 convertidores de niveles TTL al estándar RS-232 y viceversa, para la comunicación serie como los usados en los ordenadores en los puertos COM1 y el COM2.

El circuito integrado lleva internamente 2 convertidores de nivel de TTL a RS-232 y otros 2 de RS-232 a TTL con lo que en total podremos manejar 4 señales del puerto serie del PC.

* Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos12/sensor/Image1143.gif>, tomada el 25 de Mayo de 2012.

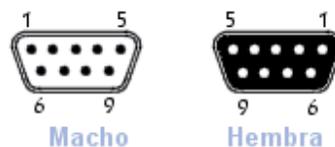
Por lo general las más usadas son; TXD, RXD, RTS y CTS. Las dos últimas son las usadas para el protocolo *handshaking* pero no es imprescindible su uso.

Para que el MAX232 funcione correctamente debemos poner unos condensadores externos, todo esto lo podemos ver en la siguiente figura en la que solo se han cableado las líneas TXD y RXD que son las más usualmente usadas para casi cualquier aplicación

El conector DB9 (originalmente *DE-9*) es un conector analógico de 9 clavijas de la familia de conectores *D-Subminiature* (*D-Sub* o *Sub-D*).

El conector DB9 se utiliza principalmente para conexiones en serie, ya que permite una transmisión asíncrona de datos según lo establecido en la norma RS-232 (RS-232C).

*Figura 12: Conectores DB9.**

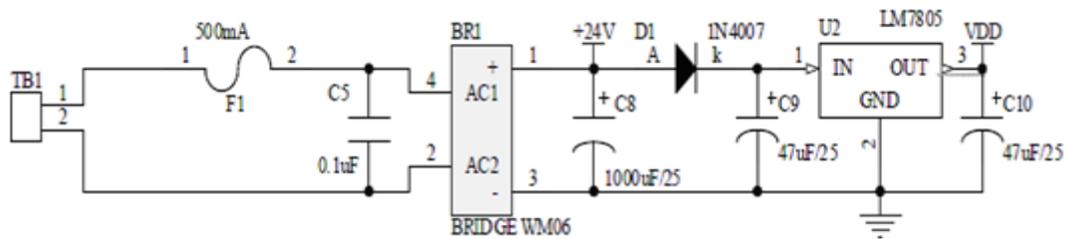


Se debe tener en cuenta que existen adaptadores DB9-DB25 para convertir fácilmente un enchufe DB9 en uno DB25 y viceversa.

* Fuente: <http://es.kioskea.net/contents/elec/connecteur-prise-db9.php3>, tomada el 25 de Mayo de 2012.

4.8 FUENTE REGULADA DE VOLTAJE

Figura 13: Fuente regulada de voltaje a 5V



Una fuente de tensión regulada, utiliza normalmente un circuito automático de control que detecta, prácticamente de un modo instantáneo, las variaciones de la tensión de salida y las corrige automáticamente.

En algunos casos, es necesario reducir o aumentar el voltaje o la corriente disponible para alimentar un circuito determinado. Para estos fines, se emplea un dispositivo eléctrico conocido como el transformador de poder, existen un sin fin de tipos de transformador de poder. El transformador permite obtener voltajes mayores o menores que los producidos por una fuente de energía eléctrica de corriente alterna, por lo general entre 105 y 120 voltios RMS.

5 METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de investigación a utilizar en el diseño del sistema de monitoreo será correlacional y experimental ya que se medirá la velocidad de operación del sistema, en comparación al voltaje y la corriente que se requiere en el sistema de tracción, y la velocidad del viento en el área determinando así los principales puntos de medición y las actividades de monitoreo a realizar.

5.2 MÉTODO

Deductivo, porque a través de este método se va a demostrar una idea que surge de una necesidad y luego será aplicada en el diseño del sistema de adquisición de datos para el transporte aéreo por cable.

5.3 POBLACIÓN

Se realizará el diseño y la implementación del sistema de adquisición de datos el cual será dirigido al personal ingenieril, técnicos de mantenimiento y operadores de cable.

5.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

5.4.1 Fuentes primarias: La información necesaria para el desarrollo de este proyecto se obtuvo mediante la observación y posterior análisis de los diferentes dispositivos de control utilizados en las estaciones de los sistemas por cable aéreo del metro de Medellín.

5.4.2 Fuentes secundarias: Al igual que manuales, libros, internet, donde se extrajo la información necesaria para el desarrollo de este proyecto.

6 RESULTADOS DEL PROYECTO

Dado que se requiere de un sistema de adquisición de datos y monitoreo en tiempo real de las múltiples variables de control para el sistema de transporte de cable aéreo, se debe de contar con un dispositivo que esté realizando la medición de las variables de manera frecuente y que posteriormente transmita la información obtenida a un PC, para así realizar el procedimiento de monitoreo y posterior análisis de dichos datos.

Para proceder con el diseño del dispositivo de adquisición y transmisión de datos es necesario saber las condiciones en las que se recibirán las variables a medir, para poder determinar si es necesario o no, diseñar circuitos que permitan acoplar las señales.

Las variables que serán procesadas son: Velocidad del viento, Voltaje del motor, velocidad de línea y corriente en el motor.

Las señales correspondientes a cada variable se obtienen de armarios que permiten tomar medidas instantáneas de dichas variables.

Tabla 3: Condición de salida de las señales y sus valores máximos y mínimos.

	Valores máximos	Valores mínimos	Condición de señal
Velocidad del viento	50 m/s	0 m/s	0.1 [V] / 1 [m/s]
Voltaje del motor	80 V	0 V	1 [V] / 1 [V]
Velocidad de línea	6.4 m/s	0 m/s	Calculada a partir del voltaje del motor
Corriente del motor	50000 A	0 A	0.1 [V] / 1000 [A]

Para el diseño de la tarjeta de adquisición de datos se ha decidido que sea controlada por un microcontrolador ya que este permite tanto leer variables

analógicas como gestionar la transmisión vía serial (RS-232) al PC. Dado que dicho microcontrolador trabaja con valores lógicos TTL (0 VDC a 5 VDC), no sería posible conectar de manera directa el voltaje del motor, cuyas señales provienen del tacómetro, por consiguiente se usará una conexión de resistencias en divisor de tensión para así generar una caída de voltaje proporcional y que se acomode al rango de voltajes manejados por el microcontrolador. Las demás señales pueden ser interpretadas fácilmente por el circuito integrado.

Ahora que se encuentran definidas las variables tanto de entrada como de salida del sistema, se puede proceder con la selección del microcontrolador que ha de ejecutar las tareas requeridas. El circuito integrado debe tener un módulo de conversión análogo digital con cuatro canales como mínimo y un módulo de transmisión UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) para el envío de los datos al PC.

Se ha elegido los microcontroladores PIC debido a su bajo costo y el previo manejo de ellos. El PIC16F873A se encuentra entre las referencias más comunes y que cumplen con los requerimientos, dicho dispositivo cuenta con cinco canales de entradas en un módulo CAD de 10 bits, un módulo de transmisión USART, múltiples temporizadores, entre otras funcionalidades.

El primer inconveniente surge al ingresar las señales al módulo de conversión análogo digital del microcontrolador de manera directa, ya que afectó tanto las medidas instantáneas en los armarios, como imprecisiones en el valor obtenido de dicha conversión. Es por esto que se ha requerido de la implementación de un acople de impedancia, para este caso se eligió una conexión tipo buffer mediante el uso de un amplificador operacional, esta modificación mejoró notablemente la toma de medidas en ambos casos.

Para el envío de la información hacia el PC se hace uso del controlador dual MAX232 el cual sirve para convertir las señales TTL provenientes del modulo de transmisión USART del microcontrolador en señales del protocolo RS232

interpretado por el puerto serial del PC y viceversa. Se ha escogido una velocidad de transmisión de 9600 baudios, sin control de flujo y un bit de paridad para la configuración de transmisión en el microcontrolador, ya que son los valores más frecuentemente utilizados.

Finalmente para la terminación de la tarjeta de adquisición de datos se ha implementado una fuente de voltaje regulado a cinco voltios la cual se encarga de brindar el voltaje necesario para la correcta operación de los circuitos integrados en la tarjeta.

En vista que este proyecto está siendo ejecutado por personas que no tienen una formación en diseño de software computacional, se ha elegido el programa Visual Basic v 6.0 como compilador base de la aplicación que monitoreará y registrará las variables; debido a que este software maneja un lenguaje de programación fácil de comprender y posee gran documentación sobre su manejo.

Figura 14: Diagrama de flujo de código fuente en microcontrolador.

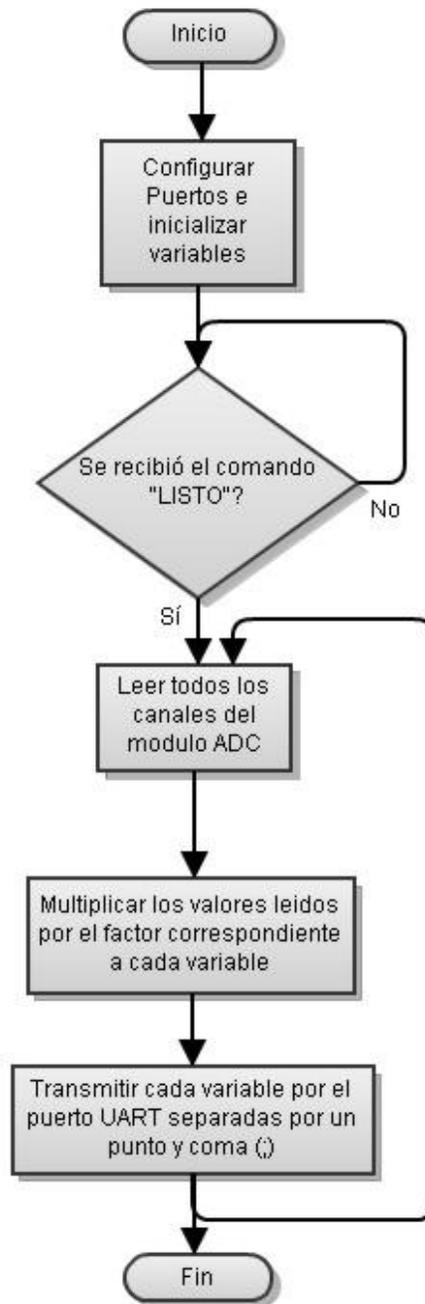
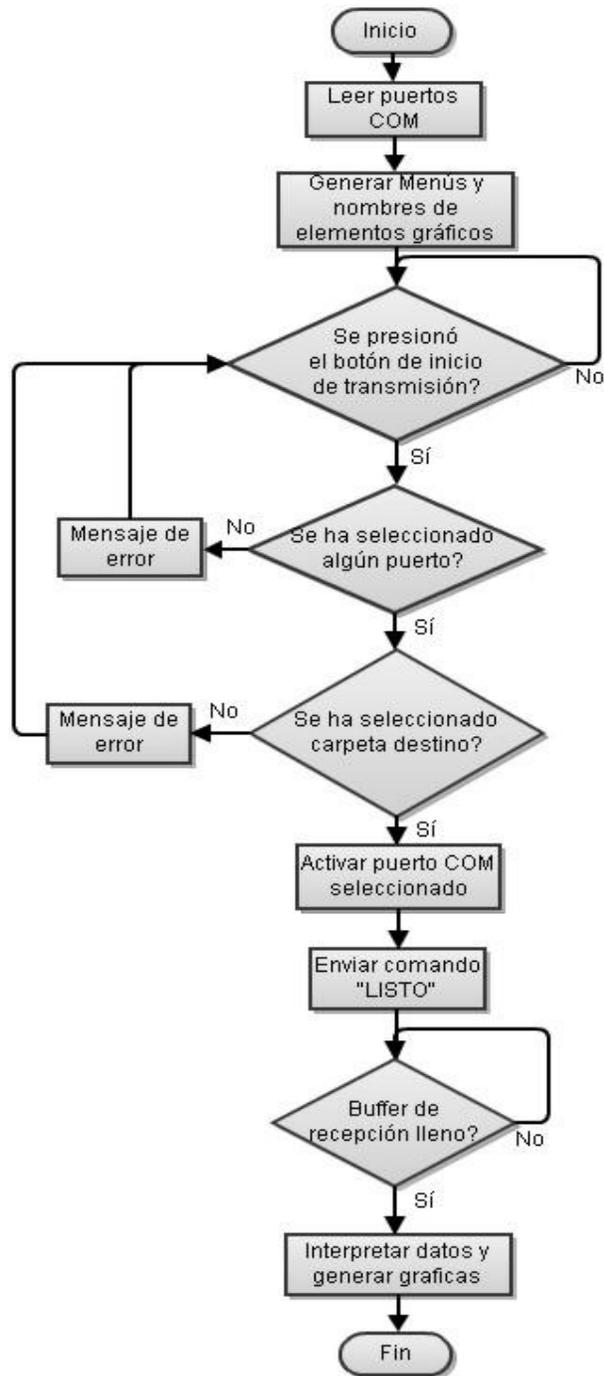


Figura 15: Diagrama de flujo de código fuente de aplicación en la PC



En las figuras 17, 18 y 19 se puede visualizar ya la aplicación final del sistema de adquisición de datos, mediante la tarjeta diseñada para tal fin.

Figura 16: Parte superior sin elementos de la tarjeta impresa

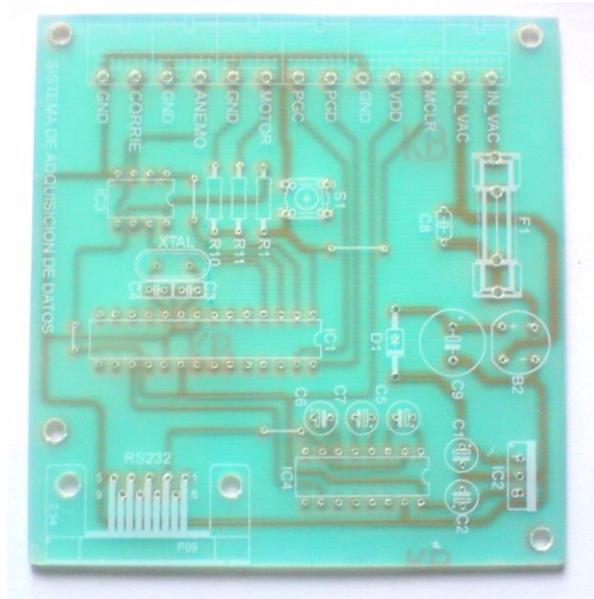


Figura 17: Parte inferior sin elementos de la tarjeta impresa.

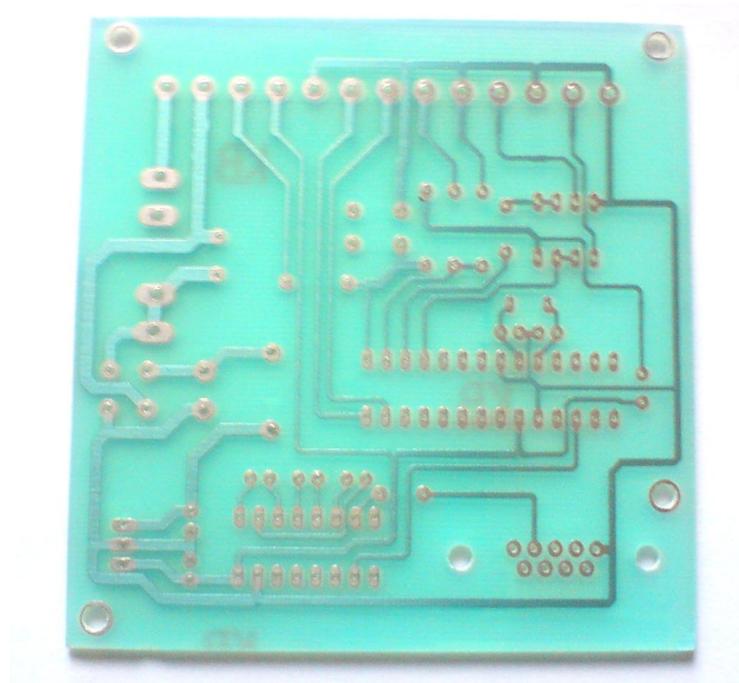
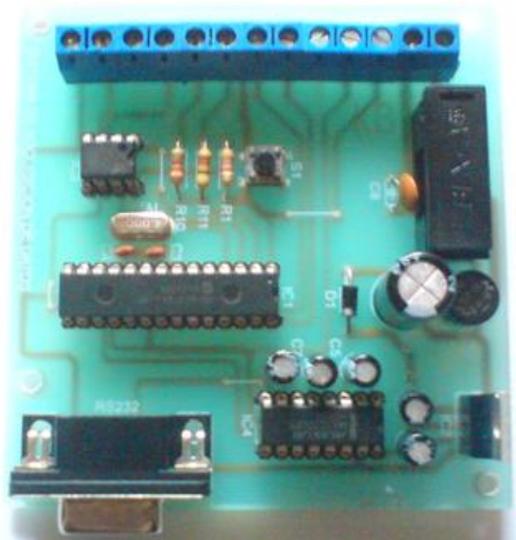
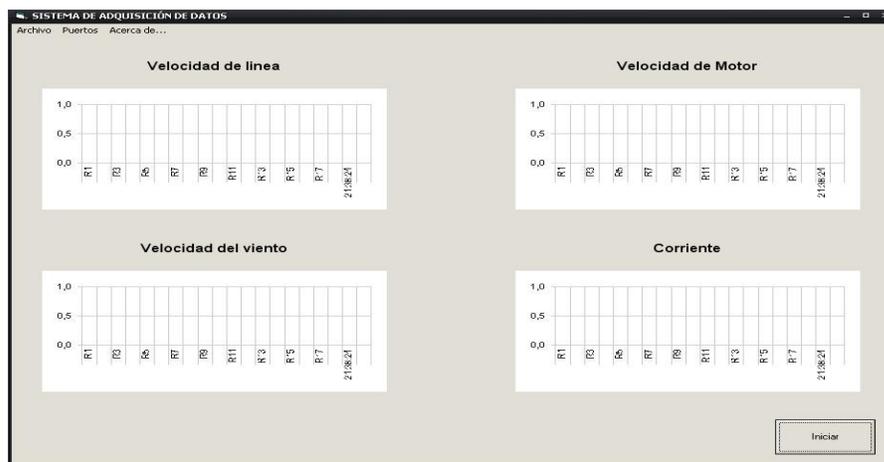


Figura 18: Tarjeta impresa con todos los elementos dispuestos para su uso.



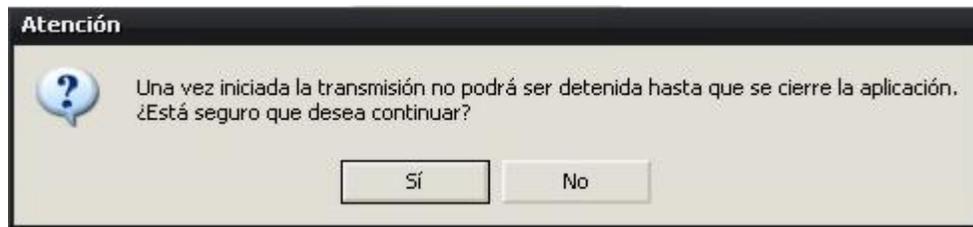
A continuación se muestra el modo de funcionamiento y operación del software del sistema de adquisición de datos, compilado en la aplicación Visual Basic v 6.0

Figura 19: Ventana de ejecución de la aplicación



Inmediatamente después de abrir la aplicación y seleccionar el botón “Iniciar” se muestra una advertencia que hace referencia al hecho de que la transmisión no podrá ser detenida a menos de que se cierre la aplicación, indicada en la Figura 20

Figura 20: Confirmación de inicio de adquisición de datos*



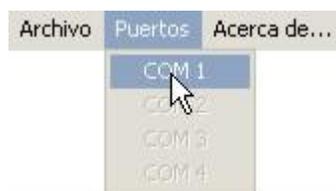
Adicionalmente, antes de iniciar la transmisión, se debe seleccionar previamente el puerto por el cual se ha de conectar la tarjeta de adquisición de datos y la ruta en la cual se guardará el archivo .csv, (del inglés *comma-separated values*), de lo contrario se mostrará un error.

En las figuras 21,22 y 23 se puede ver el modo correcto de cómo elegir la ruta y el puerto de comunicación.

Figura 21: Menú selección "Carpeta destino..."



Figura 22. Menú selección de puerto



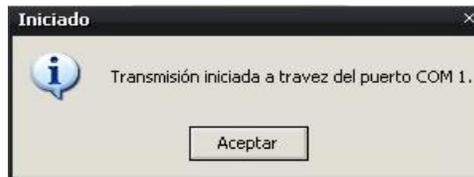
* Fuente: Imágenes tomadas del PC donde se realizó el diseño del sistema de adquisición de datos.

Figura 23. Aviso error de puerto no seleccionado



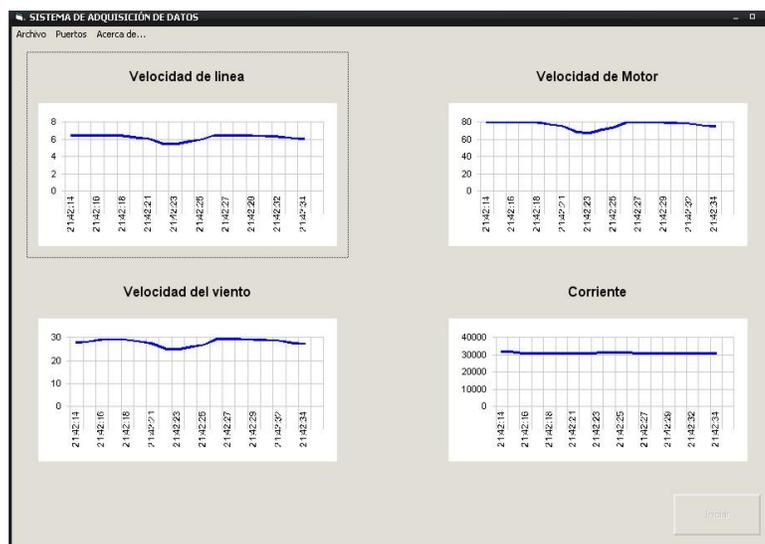
Una vez iniciada la transmisión se mostrará un mensaje indicando el puerto de comunicación seleccionado.

Figura 24. Aviso inicio de transmisión



Para luego comenzar a visualizar la trasmisión de datos del sistema al software diseñado he indicado como lo muestra la Figura 25 por medio de graficas de las variables a registrar.

Figura 25 Aplicación en funcionamiento del sistema de adquisición.



7 CONCLUSIONES

En este proyecto se logro realizar el mejoramiento de un sistema ya diseñado en el Metrocable del Metro de Medellín, ya que el sistema en tiempo real permitía la visualización de las variables a registrar en el sistema de adquisición de datos diseñado, tales como velocidad del viento, voltajes, corrientes entre otros, pero no permitía su registro, por lo que se podía incurrir en daños o errores sin tener un control o una verificación sobre el efecto o el hecho que lo produjese.

Gracias a este proyecto, los planes de mantenimiento se pueden basar estadísticamente en datos técnicos tomados a lo largo del tiempo, donde incidirá directamente los valores registrados, gracias a su precisión y rango de actuación.

El diseño del sistema de adquisición de datos proporciona un valor agregado a los sistemas de cables aéreos, ya que este sistema puede ser fácilmente readaptado y repotencializado para ser instalado a cualquier cable aéreo, permitiendo así una optimización del recurso suministrado.

8 RECOMENDACIONES

Si es requerido en cualquier caso la optimización de la tarjeta del sistema de adquisición de datos, sería recomendable comenzar por el modo de almacenamiento de los registros, en el cual se podría utilizar en vez de un archivo CSV un sistema que permita almacenar los datos en una memoria extraíble, como lo puede ser una micro *SD* o de cualquier otro tipo, para esto se debe de actualizar el software y el hardware del sistema.

De igual forma se puede incrementar el número de variables a monitorear, teniendo en cuenta el monitoreo constante de la operación del sistema por cable aéreo.

El sistema de datos diseñado puede ser aplicado a cualquier instalación donde se utilice tecnología de transporte por cable aéreo, se debe de analizar igualmente los puntos donde el sistema puede ser monitoreado, logrando así una mayor eficiencia al momento de iniciar con la operación comercial del sistema generando datos tales, que pueden ser utilizados para la programación preventiva del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

CHARTE, Francisco; Programación con Delphi 5; ANAYA; 1ra Ed.; España; 2000; 1181 p.

COMER, Douglas; Redes Globales de Información con Internet y TCP/IP; PRENTICE HALL; 3ra Ed.; México; 1996; 621 p.

GONZÁLEZ, José; Introducción a los Microcontroladores; McGraw - HILL; 1ra Ed.; España; 1992; 292 p.

HALSALL, Fred; Comunicación de Datos, Redes de Computadores y Sistemas Abiertos; [5] ADISON WESLEY; 4ta. Ed.; México; 1998; 955 p.

RATSCHILLER, Tobías; GERKEN Till; Creación de Aplicaciones Web con PHP 4; PRENTICE HALL; 1ra Ed.; España; 2001; 390 p.

RAY, John; TCP/IP Claro. Conciso. Fiable; PRENTICE HALL; 1ra Ed.; España; 1999; 911p.

YERALAN, Sencer; AHLUWALIA Ashutosh; Programming and Interfacing 8051 Microcontroller; ADISON WESLEY; 1ra Ed.; EEUU; 1995; 328 p.. La cual se retomará a continuación).

MORENO, Ricardo, RÍOS, Mario, RAMOS, Gustavo, QUINTERO, Eduardo, Universidad de Bogota y Colciencias y Codensa S. A. ESP, financiado por Colciencias, el Sena y Codensa S. A. ESP, mediante el contrato de cofinanciación 017-2007, celebrado con la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia (ACAC)

CIBERGRAFÍA

Oscar R. López Bonilla

<http://www.loboinstruments.com/Sistemas%20de%20Adquisici%F3n%20de%20Datos.ppt>, tomado el 20 de Febrero de 2012 a las 10:00AM.

<http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf>, tomado el 15 de Enero de 2012 a las 02:30PM.

[http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=3176217&orden=0;](http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=3176217&orden=0) tomado el 01 de Mayo de 2012 a las 10:00 AM.

Anexo A: Diagrama esquemático de tarjeta de adquisición de datos para sistema de cable aéreo del metro de Medellín.

