

800.2237
A 2237
2007

INFORME TÉCNICO FINAL

DESARROLLO DE UN EQUIPO ELECTRÓNICO PARA SENSAR LA OPERACIÓN GLOBAL DE TRENES, “CAJA NEGRA PARA TRENES”

ANDES ELECTRÓNICA LTDA.

Código del Proyecto: 205-4771

Fecha de Entrega: 30 de noviembre 2007

I. RESUMEN EJECUTIVO

1. Antecedentes de la Empresa

Enrique Morchio y Cía. Ltda., bajo el nombre de Andes Electrónica, inició sus actividades el 1º de diciembre de 1991, cubriendo la áreas de diseño, servicios y fabricaciones electrónicas.

Andes Electrónica se formó como una empresa de servicios, fuertemente especializada en soluciones tecnológicas. Es así como ha llegado a ser pionera en el desarrollo de tarjetas y sistemas fiscales.

Actualmente la empresa posee el equipamiento necesario para realizar actividades de investigación y desarrollo, fabricación de equipos electrónicos y soporte técnico de sistemas de computación, asesorías, diseño de sistemas de control automático y reingeniería de maquinarias industriales.

2. Síntesis del Proyecto de innovación

El objetivo del proyecto es desarrollar un equipo electrónico para el control de conducción de trenes, tanto de carga como de pasajeros, semejando una caja negra de aviones.

Este equipo tiene la finalidad de reemplazar a los equipos electromecánicos que tenían estos trenes, los cuales presentaban problemas debido a que usaban mecanismos de relojería y era muy cara su mantención.

Con esto se pretende conseguir un ahorro en mantención, dado que los equipos electromecánicos tienen tecnología de los años sesenta, y no entregan los parámetros necesarios para realizar estadísticas de mantención.

3. Principales resultados del Proyecto y Conclusiones

El principal resultado obtenido en este Proyecto es el desarrollo de un equipo electrónico prototipo que permite registrar las variables de conducción de trenes eléctricos, almacenando la información en una memoria no volátil, constituyendo una caja negra en caso de accidente.

También se ha desarrollado un software, con ayuda de la información recopilada en el viaje a Estados Unidos, que permite administrar la información almacenada en la memoria no volátil del equipo, lo que permite por ejemplo; revisar parámetros de operación para determinar fallas, hacer mantenciones preventivas por kilometraje, entre otras actividades relacionadas con la mantención de trenes, lo que permite reducir costos.

Se ha implementado una línea de producción del equipo en la empresa, la cual se realiza a través de las áreas productivas: Metalmecánica, Armado de Equipos, y Soporte y Servicio Técnico. Cada área está enfocada en realizar una etapa importante y bien definida de la producción del equipo.

Finalmente se ha cumplido con el objetivo de fabricar un equipo que permita registrar la operación global de trenes junto con controlar algunos sistemas del mismo.

4. Impacto del Proyecto

El impacto del proyecto es la mejora en el equipamiento de los trenes, ya que se dispone de un equipo que actúa como caja negra en caso de accidente, que permite al maquinista del tren visualizar la velocidad a la que se desplaza y que registra los principales controles de operación del tren para almacenarlos en archivos o ingresarlos a una base de datos central.

Todo esto permite un control más detallado de las variables que se manejan al momento de hacer las mantenciones preventivas y correctivas de los trenes.

II. EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

Este proyecto nace de la necesidad de desarrollar un equipo electrónico para el control de conducción de trenes, tanto de carga como de pasajeros, semejando una caja negra de aviones.

El problema fundamental del equipo electromecánico, que se reemplaza con éste desarrollo, es la obsolescencia de repuestos y la falta de técnicos capacitados para la reparación de éste, ya que posee mecanismos de relojería de alta complejidad.

Durante el desarrollo de este Proyecto es necesario hacer variadas mediciones y pruebas en terreno para estudiar, analizar y obtener los resultados que se esperan en cada una de las etapas del desarrollo.

En las siguientes secciones se describen las diferentes etapas realizadas durante el desarrollo del equipo, hasta llegar a concretar un prototipo instalado.

III. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

Etapa 1. Levantamiento de información y evaluación:

En la primera etapa se constituye el equipo base de trabajo para el desarrollo del proyecto, se revisa la programación de las actividades y se realizan reuniones con la empresa de ferrocarriles para levantar los requerimientos del equipo a desarrollar.

1. Conformar equipo de trabajo y evaluar ajustes a la programación de actividades

El equipo de trabajo para el proyecto quedó constituido de la siguiente manera,

Cargo	Nombre	Profesión
Jefe del proyecto	Javier Morchio	Ingeniero Civil Industrial
Ingenieros	Pedro Moreira Rodrigo Pizarro	Ingeniero Eléctrico Ingeniero Eléctrico
Técnicos	Luis Ortega Víctor Vidal David Gutiérrez	Técnico Superior Electrónico Técnico Electrónico Técnico Electrónico
Diseñador de PCB	Alberto Fuentes	Técnico Superior Electrónico
Secretaria	Ingrid Cea	Administrativa

Considerando la baja de 2 ingenieros respecto del equipo de trabajo propuesto originalmente, se ha reestructurado la asignación de recursos, incrementando la dedicación de tiempos del personal de investigación y del personal de apoyo, para lograr alcanzar las metas en el tiempo propuesto inicialmente.

2. Efectuar reuniones con la empresa de Ferrocarriles para levantar los requerimientos

Mediante una serie de reuniones se levantan los requerimientos necesarios para desarrollar el equipo y se definen las funcionalidades que éste debe tener, también se definen los controles e instrumentos del tren que se requieren monitorear para sensar la operación global del tren.

En la siguiente figura se muestra una imagen de la cabina de un tren, en el cual se realizará la investigación y el desarrollo del equipo para sensar la operación global del mismo.

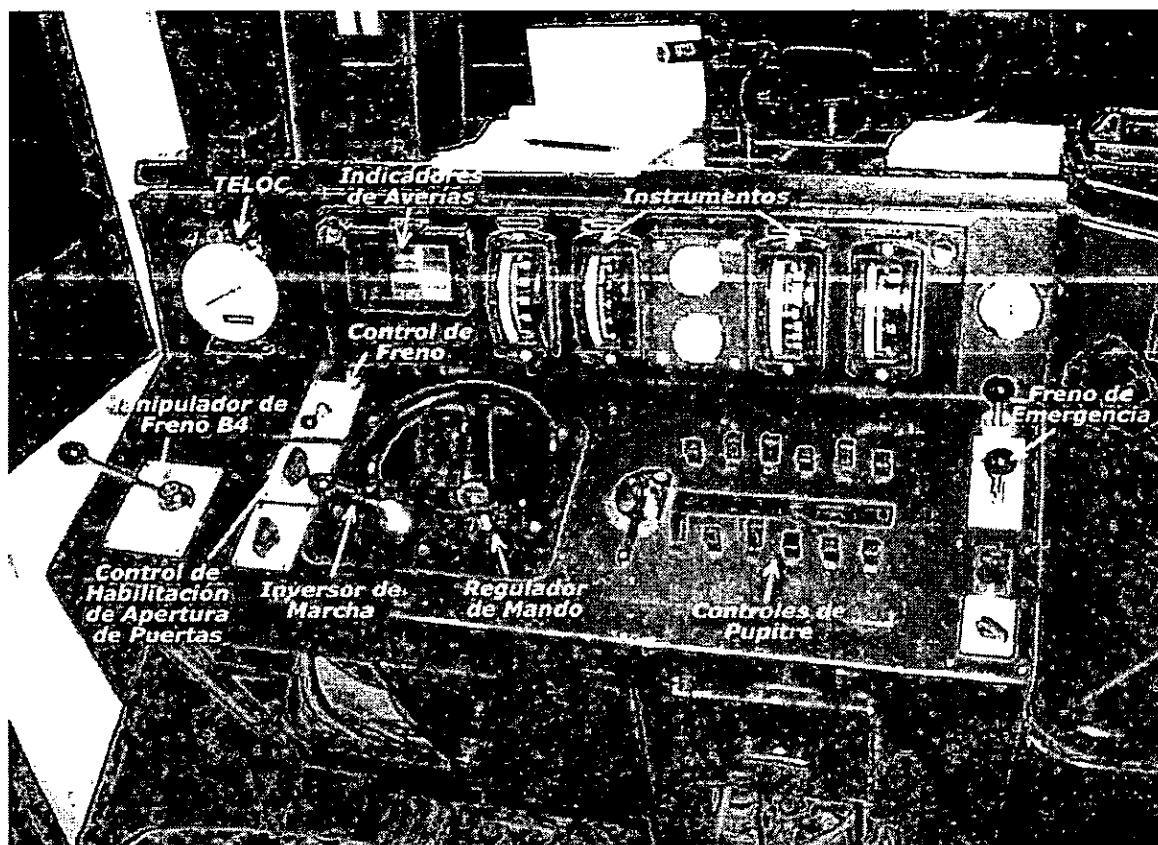


Fig. 1, Controles del tren

El equipo deberá determinar, visualizar y registrar la velocidad y el kilometraje en función del tiempo, también deberá registrar el estado de los controles e instrumentos del tren para sensar la operación global de trenes. Los controles que se deben sensar son los siguientes:

- i. Control de habilitación/anulación de secuencia de hombre muerto
- ii. Posición de la palanca de freno
- iii. Posición de la palanca de freno de emergencia
- iv. Posición del inversor de marcha
- v. Posición del regulador de mando
- vi. Posición de los interruptores de control del tablero de conducción
- vii. Cabina operativa
- viii. Estado de indicadores luminosos de averías
- ix. Posición del control del aire acondicionado de pasajeros
- x. Posición de palanca de habilitación de apertura de puertas
- xi. Estado del circuito de lazo cerrado
- xii. Valores del voltaje de la batería, corriente de la batería, voltaje de línea y corriente de motores

Etapa 2. Investigación de los circuitos eléctricos del tren

Esta es la etapa donde se estudia y evalúan eléctricamente el funcionamiento de los controles del tren, para conectar, adaptar y sensar el estado de los mismos. Se estudian las posibles ubicaciones de los módulos constituyentes del sistema dentro de la cabina del tren.

También se realiza un estudio y algunas pruebas para desarrollar el módulo sensor de velocidad que irá instalado en la rueda del tren. Finalmente se definen las especificaciones de requisitos del equipo a desarrollar.

1. Estudio de señales análogas y digitales que se requiera sensar en el tren

En el tren se realizan las mediciones necesarias con osciloscopios portátiles y téster digitales en todos los controles e instrumentos del tren que se monitorearan, para obtener la información necesaria para realizar el análisis del funcionamiento de cada uno de éstos.

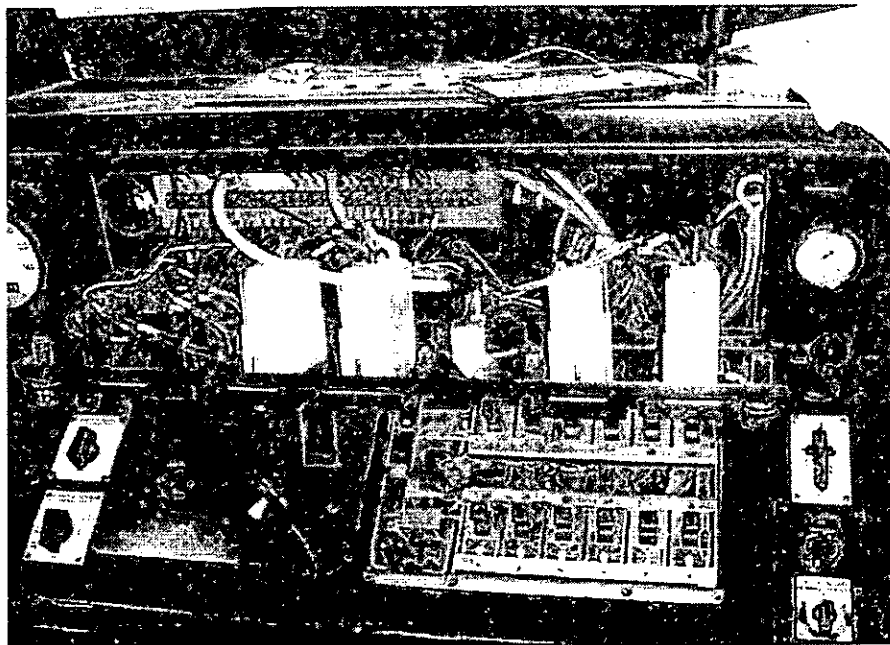


Fig. 2, Panel de controles del tren abierto

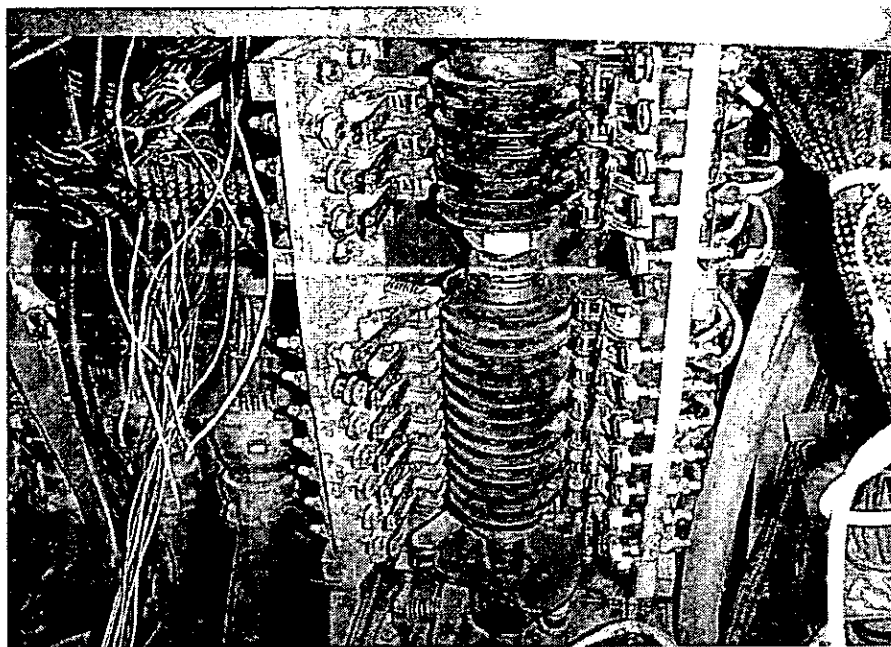


Fig. 3, Control regulador de mando

El resultado del análisis del funcionamiento de los controles del tren permite determinar cuáles son las señales que se deben sensar para definir el estado del control, con esto se puede definir la cantidad de entradas digitales y analógicas que se deben implementar en el dispositivo captador de eventos y actuador para determinar el estado de cada control e instrumento, de manera de sensar la operación global del tren.

2. Estudio de espacio disponible en la cabina de los trenes para ubicar los distintos módulos y cables de interconexión

El equipo en sí constituye un sistema distribuido, tanto desde el punto de vista conceptual como del punto de vista de hardware, por lo tanto los diferentes módulos que componen el sistema se instalarán en diferentes lugares dentro de la cabina del tren, para lo cual es necesario estudiar la ubicación de cada uno de los módulos y definir el cableado de interconexión.

3. Estudio del módulo sensor de velocidad

El módulo sensor de velocidad debe ser instalado en el eje de la rueda del tren o en algún lugar que represente el movimiento de las ruedas del tren, para poder obtener una muestra y calcular la velocidad en función del tiempo.

Se ha estudiado el bogie del tren, que es el bloque en el cual van montadas las ruedas y los motores, se determina que lo más apropiado es colocar una rueda

dentada fijada al eje del tren, que gire junto con éste y que en un extremo tenga un sensor inductivo, el cual enviará los pulsos equivalentes al movimiento de la rueda.

El bogie del tren posee dos pares de ruedas, cada par unido por un eje común, en la siguiente figura se puede apreciar uno de los bogies del tren.

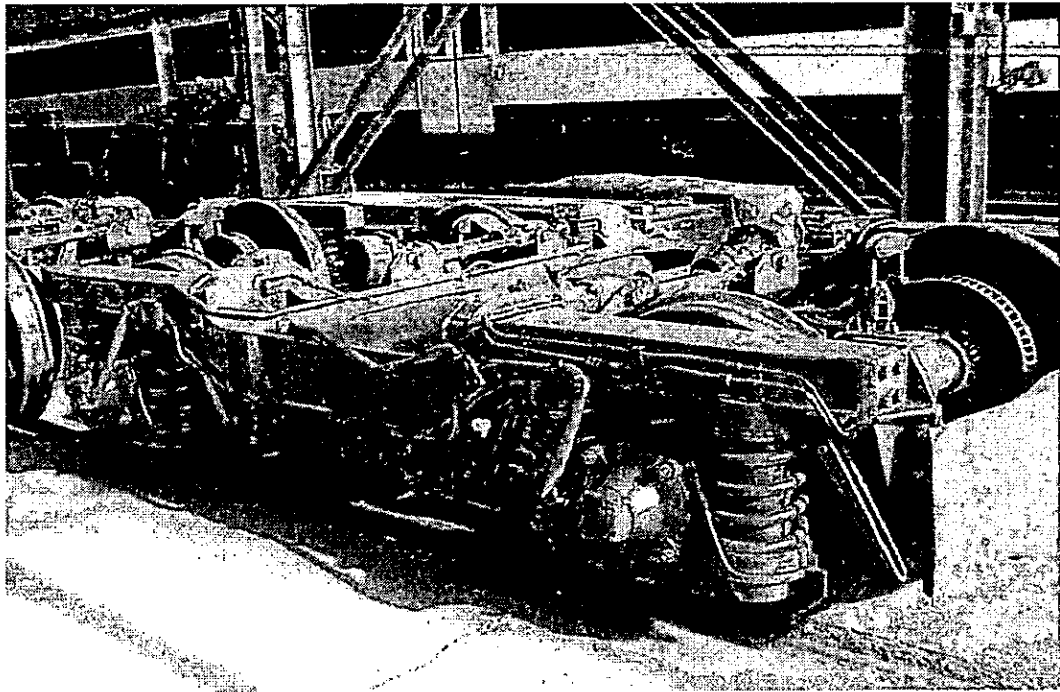


Fig. 4, Bogie del tren

4. Reunión con todo el equipo para la definición de las características del prototipo a desarrollar

Se han realizado varias reuniones con el equipo de trabajo para definir las características del prototipo a desarrollar en base a los requerimientos del cliente. El resultado de las reuniones está en las siguientes especificaciones que definen el prototipo:

i. Visualización

- a. El equipo permitirá la visualización de la velocidad y los kilómetros recorridos por el tren en todo momento en un display especial de cristal líquido.
- b. El equipo permitirá visualizar en un segundo display de cristal líquido, de tipo alfanumérico, los siguientes eventos o informaciones:
 - Fecha y hora actual
 - RUT y nombre del conductor cuando se inicia o finaliza una sesión
 - Tiempo de conducción

ii. Registro de información

El equipo será capaz de capturar y almacenar la siguiente información en una memoria DSM:

- a. Velocidad
- b. Kilometraje
- c. Hora y fecha
- d. Inicio o término de sesión
- e. Desconexión del equipo
- f. Estado del Control de habilitación/anulación de secuencia de hombre muerto
- g. Posición de la palanca de freno
- h. Posición de la palanca de freno de emergencia
- i. Posición del inversor de marcha
- j. Posición del regulador de mando
- k. Posición de los interruptores de control del tablero de conducción
- l. Cabina operativa
- m. Estado de indicadores luminosos de averías
- n. Posición del control del aire acondicionado de pasajeros
- o. Posición de palanca de habilitación de apertura de puertas
- p. Estado del circuito de lazo cerrado
- q. Valores del voltaje de la batería, corriente de la batería, voltaje de línea y corriente de motores

iii. Unidades de actuación

- a. El equipo activará por un tiempo definido, el engrasador de pestañas cada ciertos intervalos de tiempo de acuerdo a la velocidad del tren
- b. Se activará un aviso audible ante la ocurrencia de un exceso de velocidad.
- c. Se habilitará el accionamiento de los frenos de patín cuando la velocidad del tren supere un valor configurable, por defecto 8 km/h (reemplazo de la funcionalidad del equipo antiguo).
- d. Se bloqueará el accionamiento de apertura de puertas cuando la velocidad supere 5 km/h.

iv. Software de Control

En conjunto con el equipo, se proveerá un software ejecutable en un computador personal, el que tendrá las características y funcionalidades siguientes:

- a. Se comunicará con el DSM y descargará la información previamente almacenada en éste, la cual corresponde a lo almacenado por el equipo.
- b. Generar archivos con la información especificada anteriormente en el punto ii.
- c. Desplegará gráficamente la información contenida en los archivos.
- d. Programará los parámetros de operación del sistema, porque no se provee la instalación de un teclado en el Tacógrafo.
- e. El software tendrá un manual de usuario como parte del programa (Help On-Line).

5. Viaje al exterior, Estados Unidos

La finalidad del viaje, fue el tomar contacto con la empresa Amtrack, principal operador de trenes en USA, con la finalidad de estudiar la compatibilidad de los equipos rodantes que poseen en operación con los que se están desarrollando para los trenes chilenos. La idea fue evaluar el nivel de automatización de sus locomotoras.

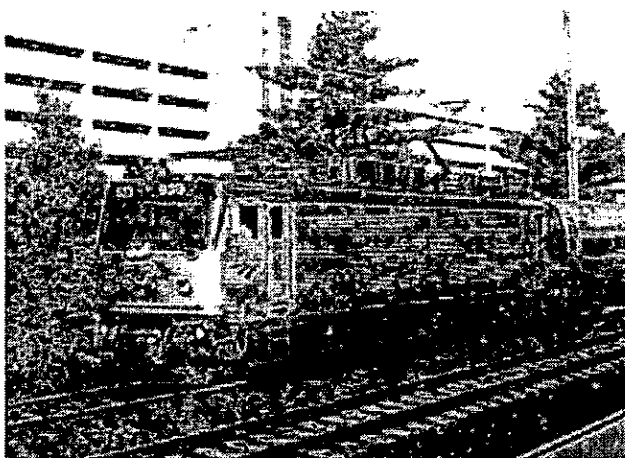
El equipamiento de trenes cuenta con una gran variedad de proveedores, siendo algunos de ellos, fabricados en Europa, y otros con componentes de ese continente, por lo cual los trenes equipados con sistemas electromecánicos, en un importante porcentaje poseen equipos marca Telo (de origen alemán), el cual es el mismo que nuestra empresa esta diseñando el reemplazo para los trenes españoles del tipo UT440.

Material rodante de Europa, principalmente proveniente de Suecia, tal como los modelos AEM-7 y AEM7C cuentan con tecnología alemana de monitoreo de cabina



AEM 7

Esta empresa ha implementado un proyecto en el que combina distintos tipos dematerial rodante, tales como las locomotoras EMD GP49-3, adquiridas a Norfolk Southern; las que han sido reacondicionadas, además de material rodante denominado DMU (Diesel Multiple Unit), y ciertos convoyes marca Bombardier Bilevel Coaches.



AEM-7AC-939

Etapas 3. Diseño del prototipo y desarrollo de los módulos que componen el sistema

En esta etapa se diseña el hardware para los diferentes módulos que....

1. Desarrollo de los 9 módulos que componen el sistema

El sistema completo para sensar la operación global de trenes se compone de nueve elementos con funciones específicas, cada uno de los cuales está constituido por varios circuitos electrónicos representados en diferentes diagramas esquemáticos, a continuación se describen las tareas realizadas en el desarrollo de cada elemento.

i. CPU

La CPU del sistema es el elemento encargado de capturar en todo momento el flujo de información proveniente del sensor de velocidad y del dispositivo que captura todos los eventos generados por los controles e instrumentos del tren.

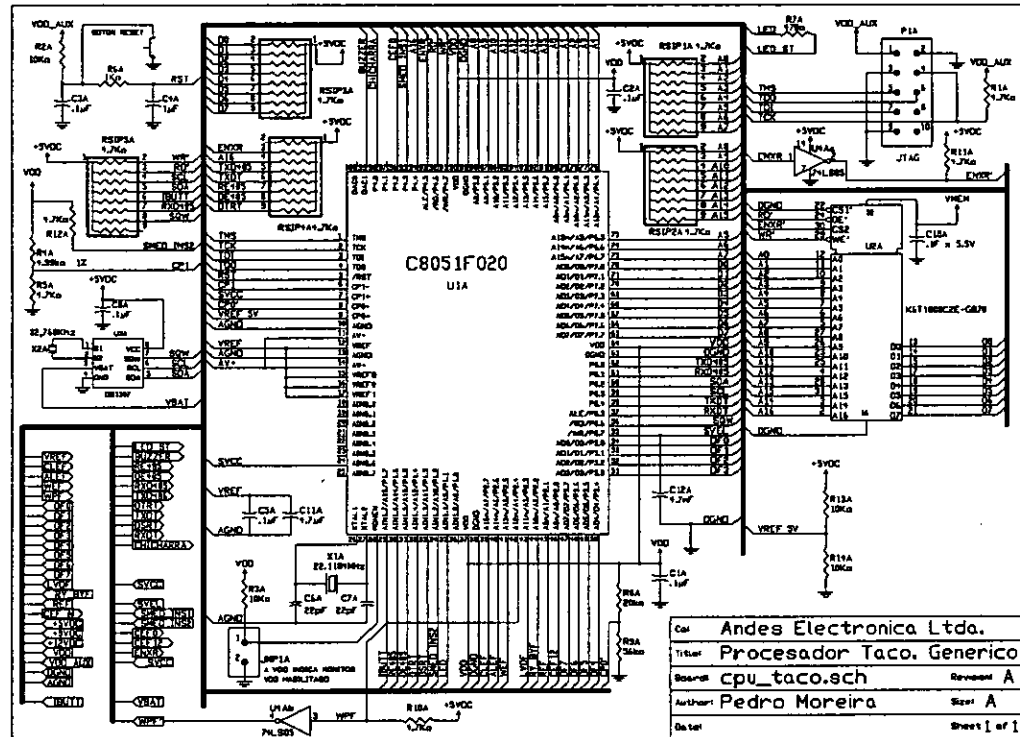
a. Desarrollo de hardware

El hardware de la CPU se compone de una tarjeta de circuito impreso de gran complejidad, la cual contiene varios circuitos electrónicos, cada uno de los cuales se encarga de realizar tareas específicas, los cuales son:

- i Circuito Procesador general
- ii Circuito adquisidor de velocidad
- iii Circuito Regulador de voltaje
- iv Circuito de interfaz de comunicaciones.

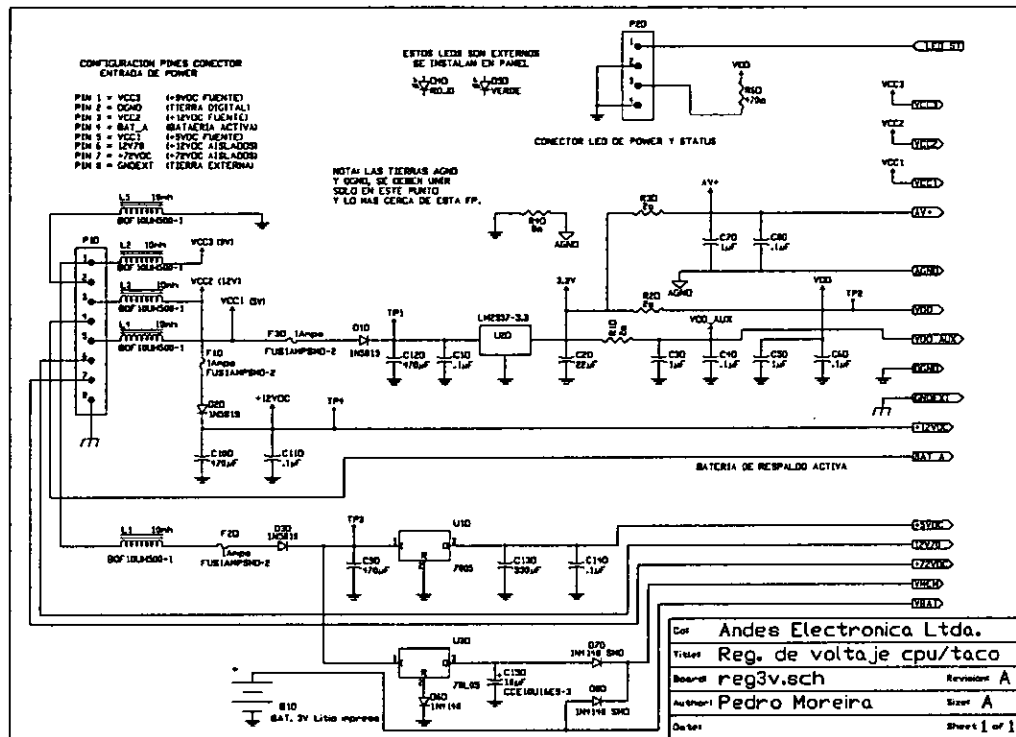
A continuación se describen las funciones de cada uno y se muestran los diagramas esquemáticos de los circuitos electrónicos de la CPU.

- **Procesador general:** Es el circuito que contiene el microprocesador maestro, el reloj de tiempo real, la memoria ram y la memoria de datos no volátil. Controla todas las operaciones del equipo, debido a que es la cabeza de todo el sistema (master).

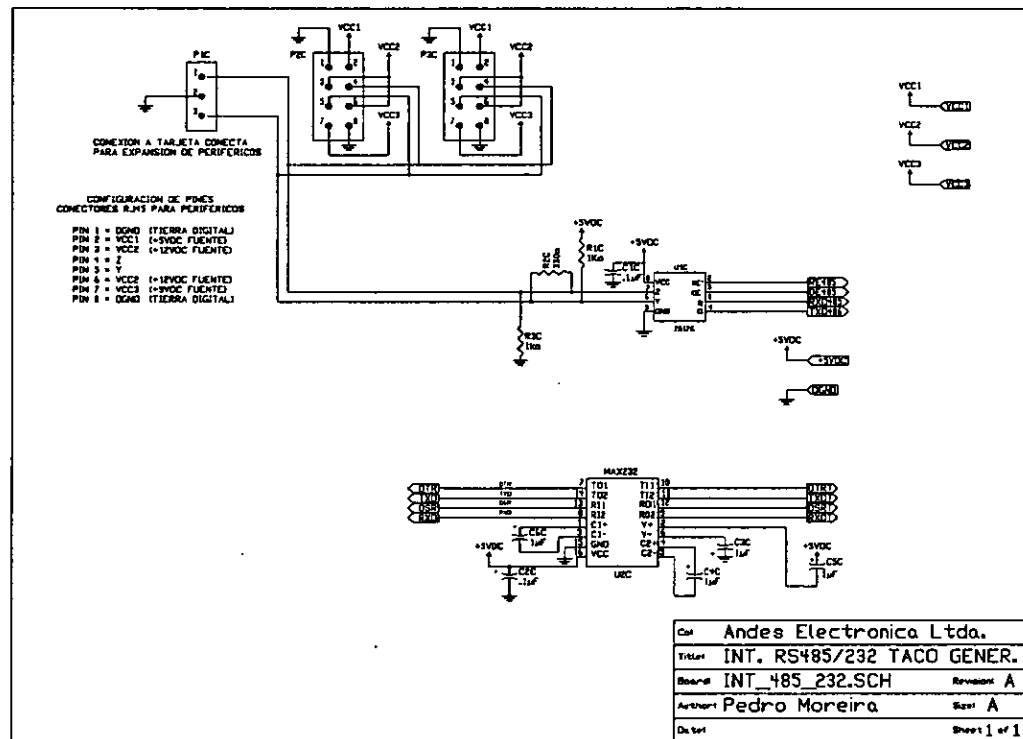


- [illegible]

- Regulador de voltaje: Es el circuito que se encarga de mantener estables los voltajes de alimentación provenientes de la fuente de poder, eliminando el ruido eléctrico inducido en los cables de alimentación.



- Comunicaciones: Este circuito contiene las interfaces de comunicaciones seriales RS-485 (diferencial) para periféricos y RS-232 para conectarse con un computador personal.



ii. Dispositivo Capturador de eventos y actuador

El dispositivo capturador de eventos y actuador permite capturar el estado de todas las señales digitales y el nivel de las señales analógicas, además de controlar las salidas de actuación de acuerdo a los comando enviados desde la CPU o bien operando en modo off-line.

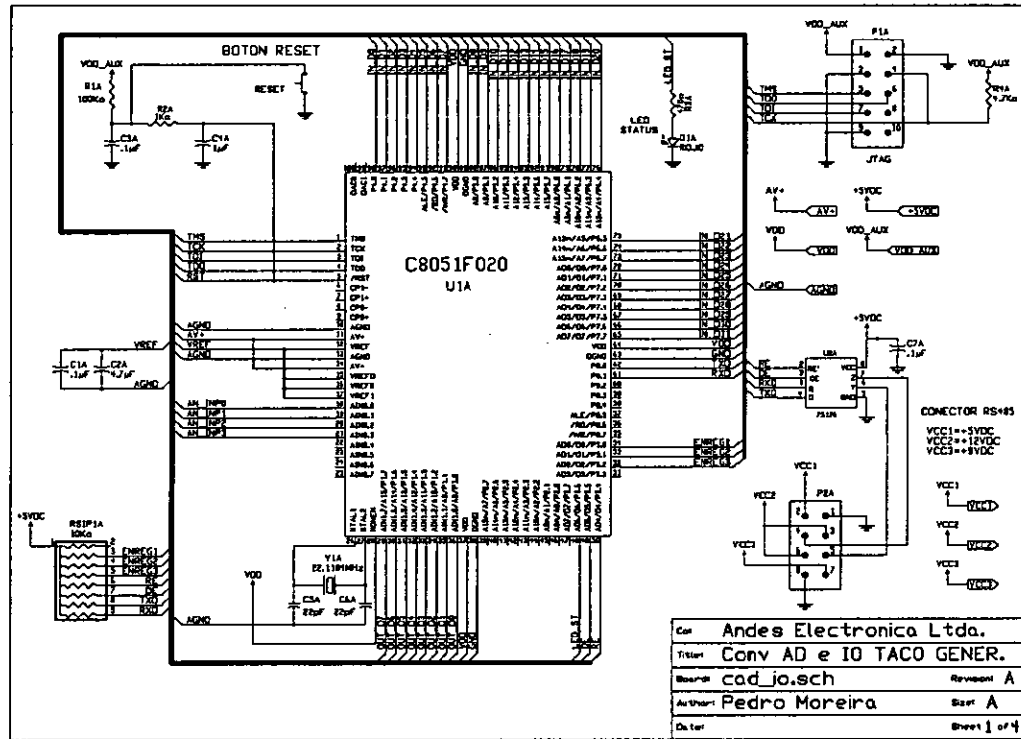
a. Desarrollo de hardware

El hardware del dispositivo capturador de eventos y actuador está dividido en varios circuitos electrónicos (cada uno representado por diagramas esquemáticos), separando las etapas análogas de las digitales, la fuente de poder de la lógica, todo esto conforma una única tarjeta de circuito impreso (PCB).

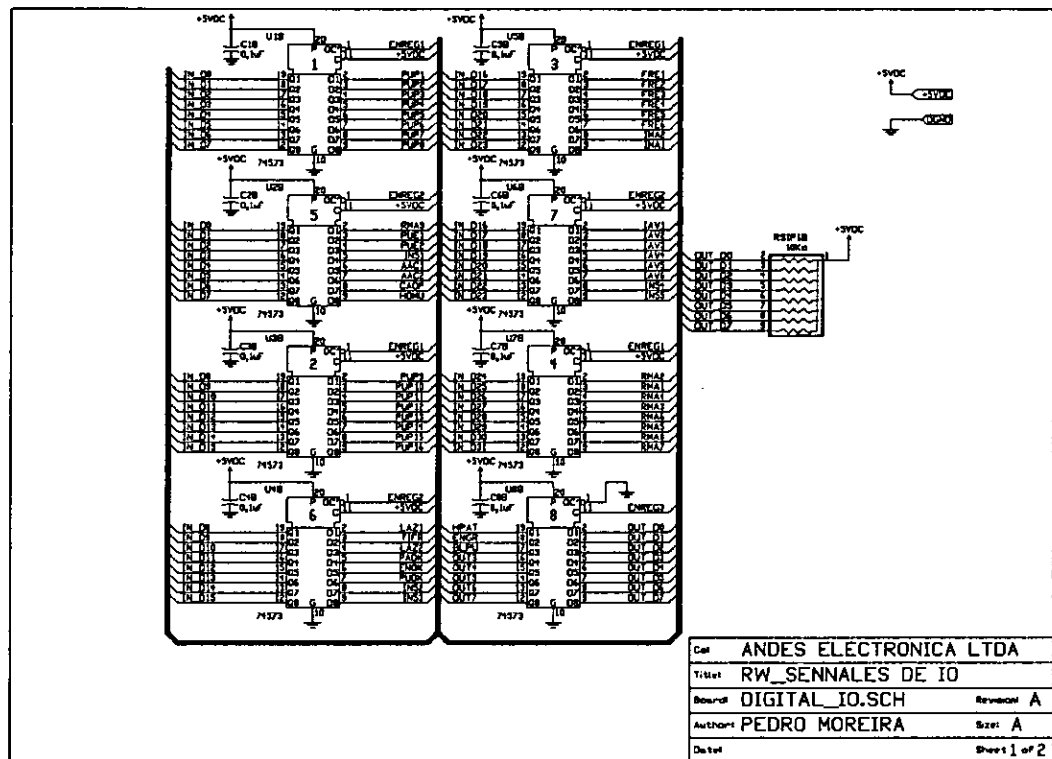
También posee interfaces de sensado y de actuación, las que finalmente son las que se conectan directamente a las líneas del tren, en este caso cada interfaz posee su propia tarjeta de circuito impreso.

A continuación se describen cada uno de los módulos y etapas componentes del dispositivo capturador de eventos y actuador.

- **Procesador conversor AD:** Este circuito se basa en el microcontrolador esclavo que se encarga de capturar el estado de todas las entradas digitales, calcular el valor de las entradas analógicas y controlar las salidas de actuación, se comunica con la CPU mediante comunicación serial RS-485.

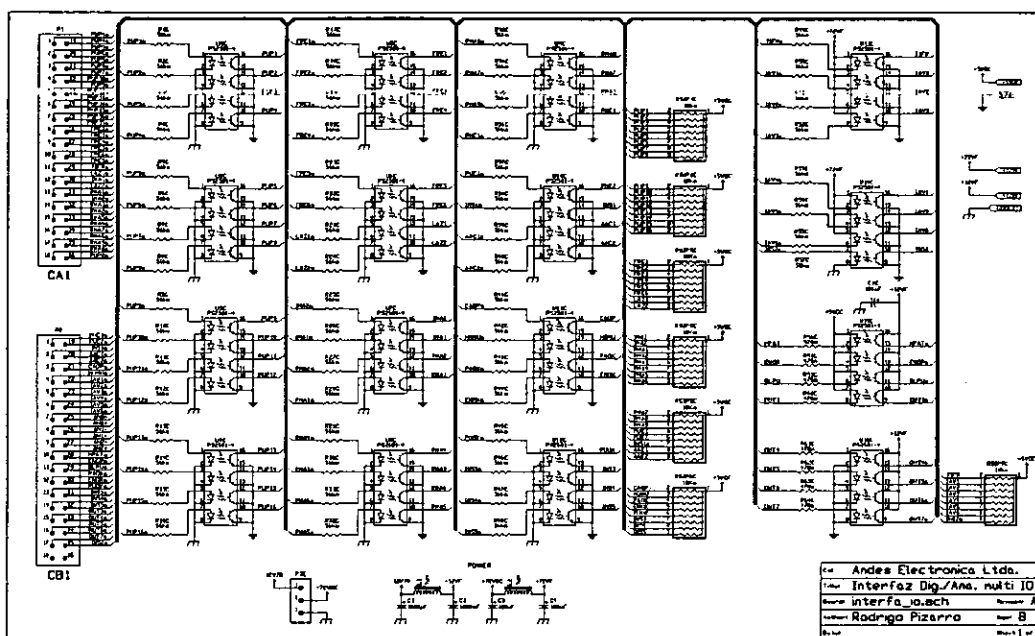


- Recepción de señales digitales de entrada/salida: Este circuito permite multiplexar las entradas digitales del microcontrolador, para sensar todas las señales de entrada que se requieren para el tren.

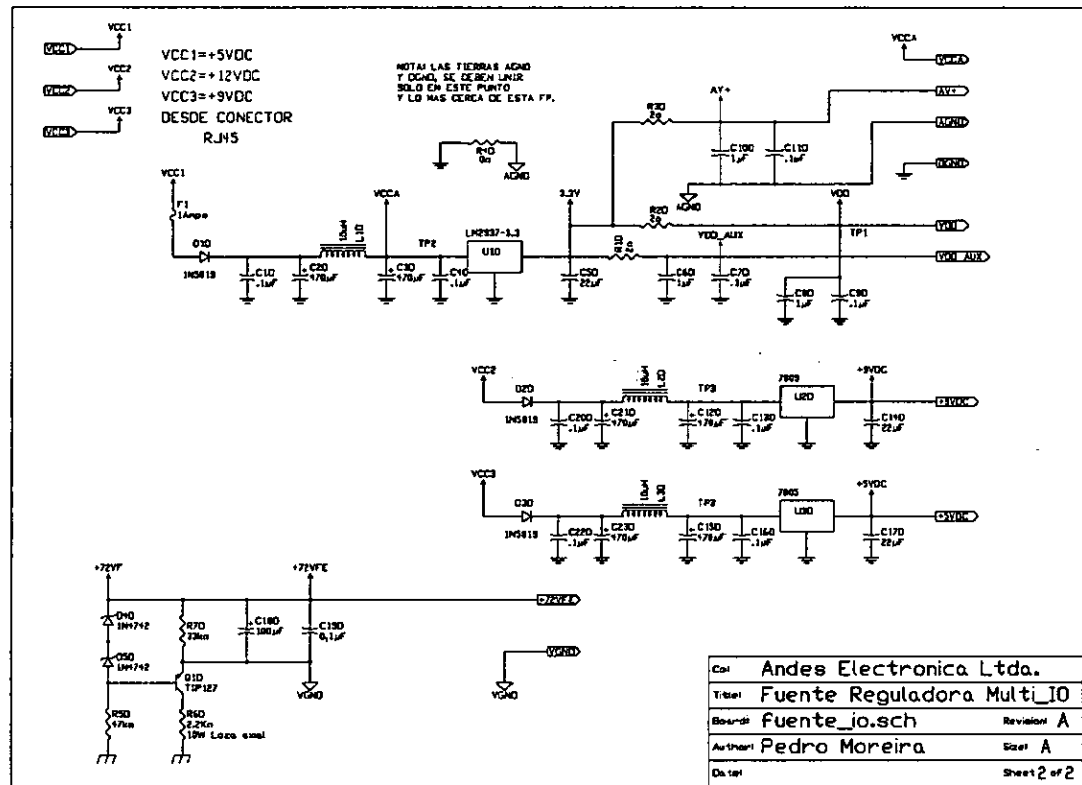


- [illegible]

- Interfaz digital: Está constituida por varios optoacopladores, uno para cada entrada digital, con el objetivo de proteger al microcontrolador, esta etapa define los conectores que se emplearán para conectarse a las interfaces.



- Fuente reguladora del dispositivo: se encarga de mantener estables los voltajes de alimentación para los circuitos del dispositivo. También tiene una etapa destinada a generar una tierra virtual para poder realizar las mediciones en algunos instrumentos análogos del tren.



b. Desarrollo de Interfaces y Cables

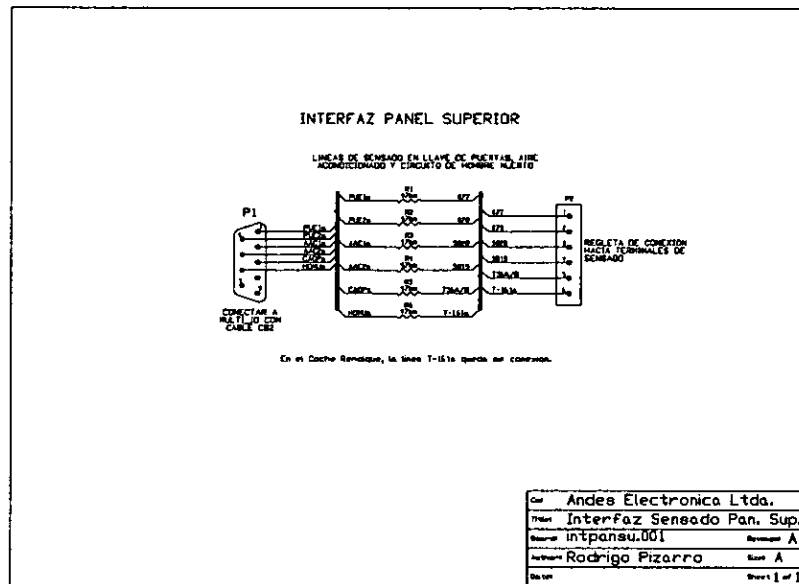
El dispositivo capturador de eventos y actuador obtiene el estado de las señales de control del tren mediante las interfaces de sensado, y realiza las acciones de control sobre el tren a través de la interfaz de actuación. Las interfaces se conectan con el dispositivo capturador de eventos y actuador mediante cables de interconexión.

El circuito electrónico de cada una de estas interfaces se representa mediante un diagrama esquemático, con el cual se diseña una tarjeta de circuito impreso. Las interfaces y cables son las siguientes:

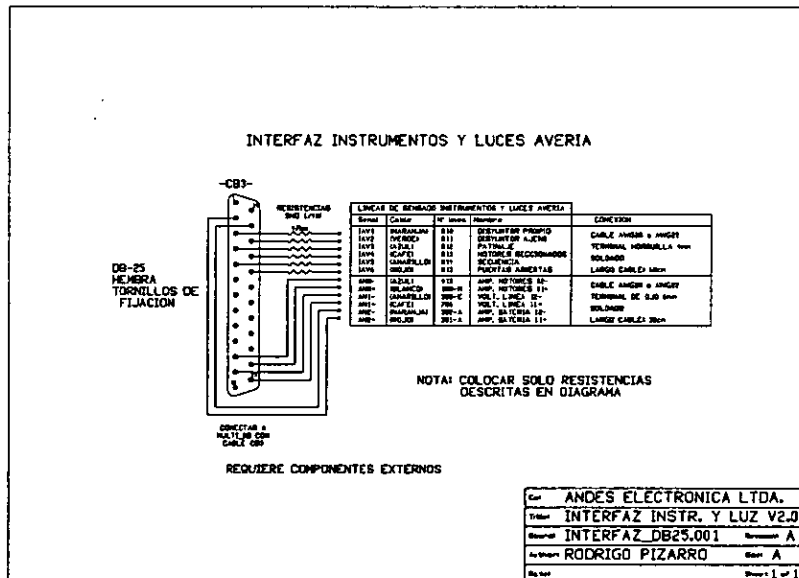
- Interfaces de sensado
 - i Módulo panel superior
 - ii Módulo instrumentos y luces de averías
 - iii Manipulador de freno
 - iv Regulador de mando
 - v Módulo pupitre
- Interfaz de actuación
- Cables de interconexión
 - i Cable CA
 - ii Cable CB
 - iii Cable de comunicación periféricos

- Interfaces de sensado

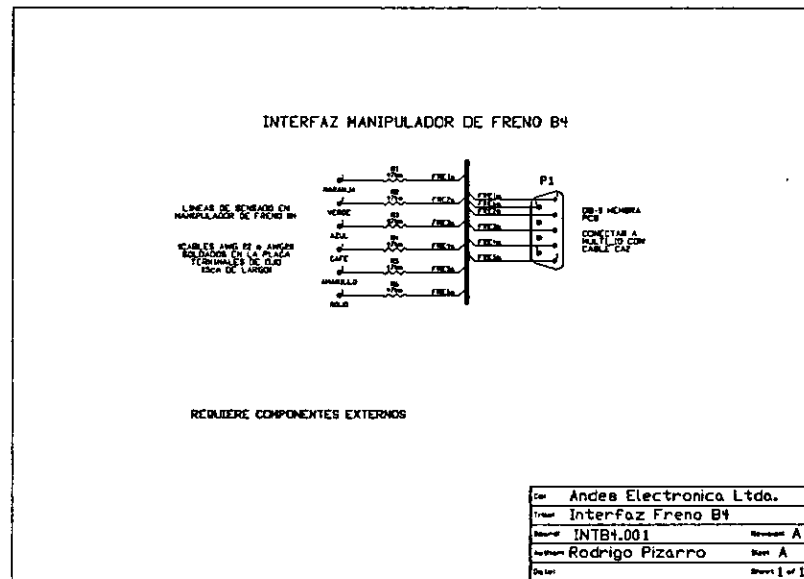
- i Módulo panel superior



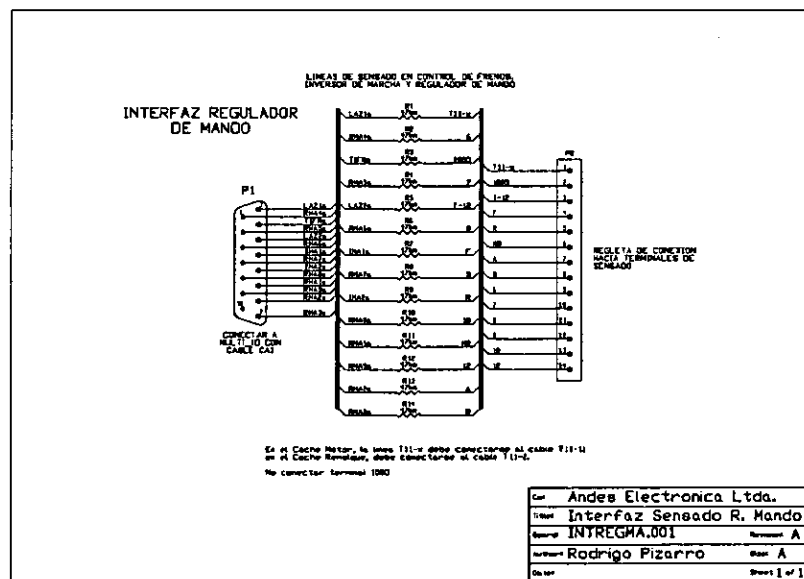
- ii Módulo instrumentos y luces de averías



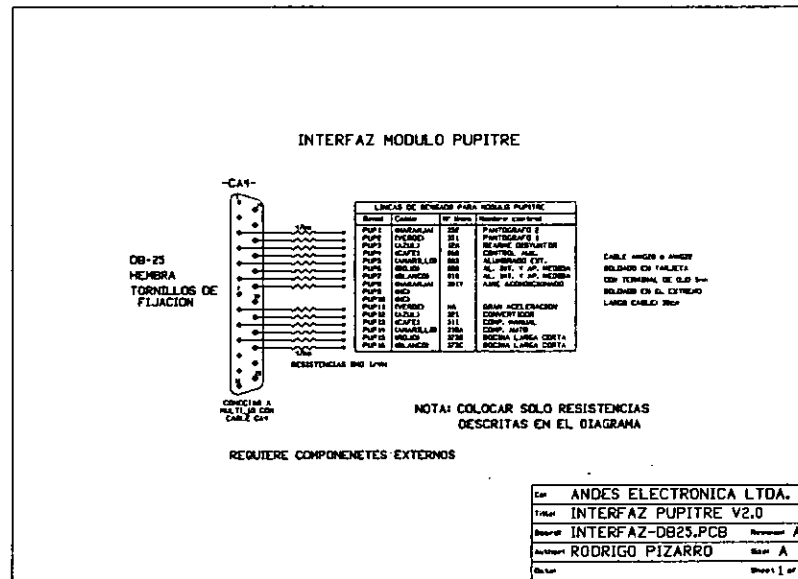
iii Manipulador de freno



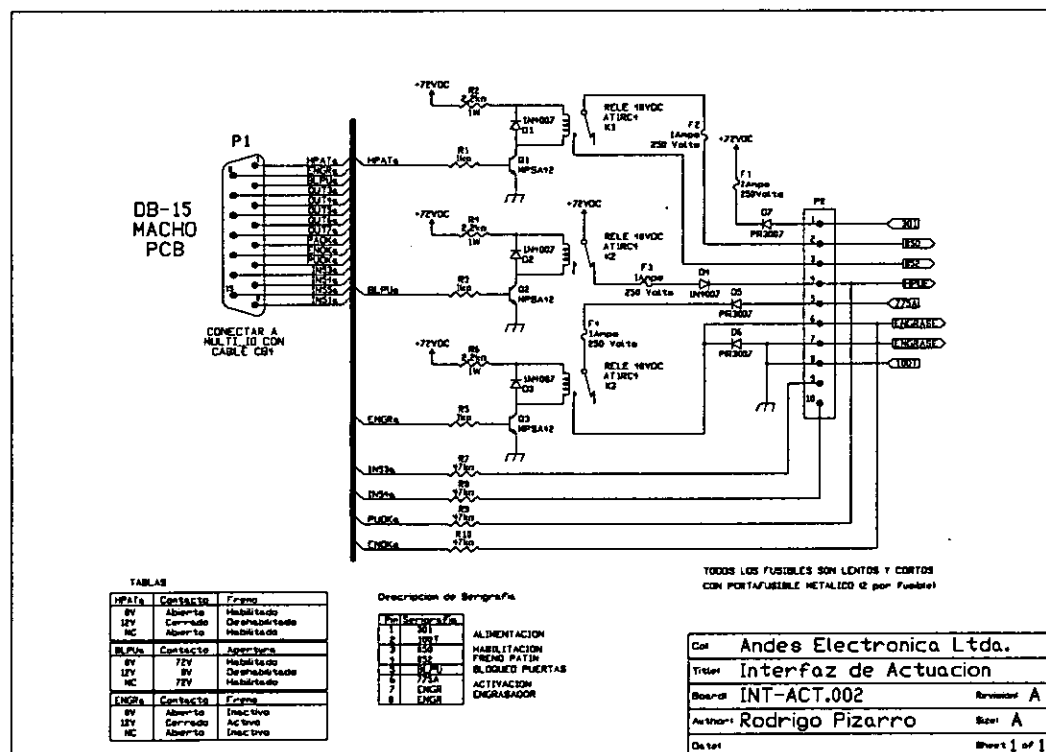
iv Regulador de mando



v Módulo pupitre

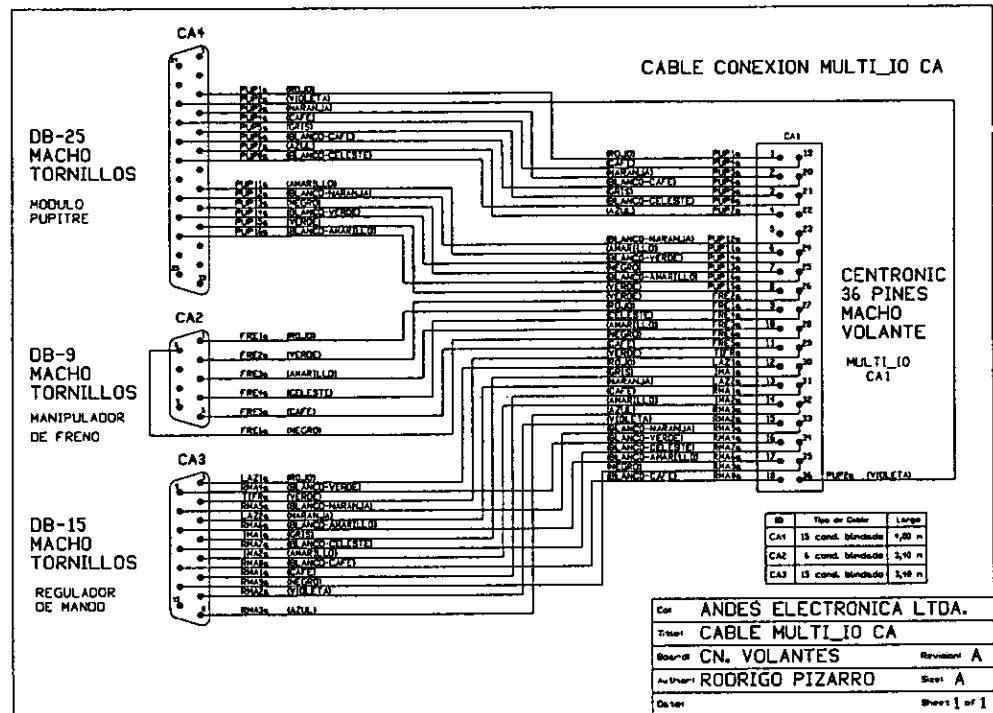


- Interfaz de actuación

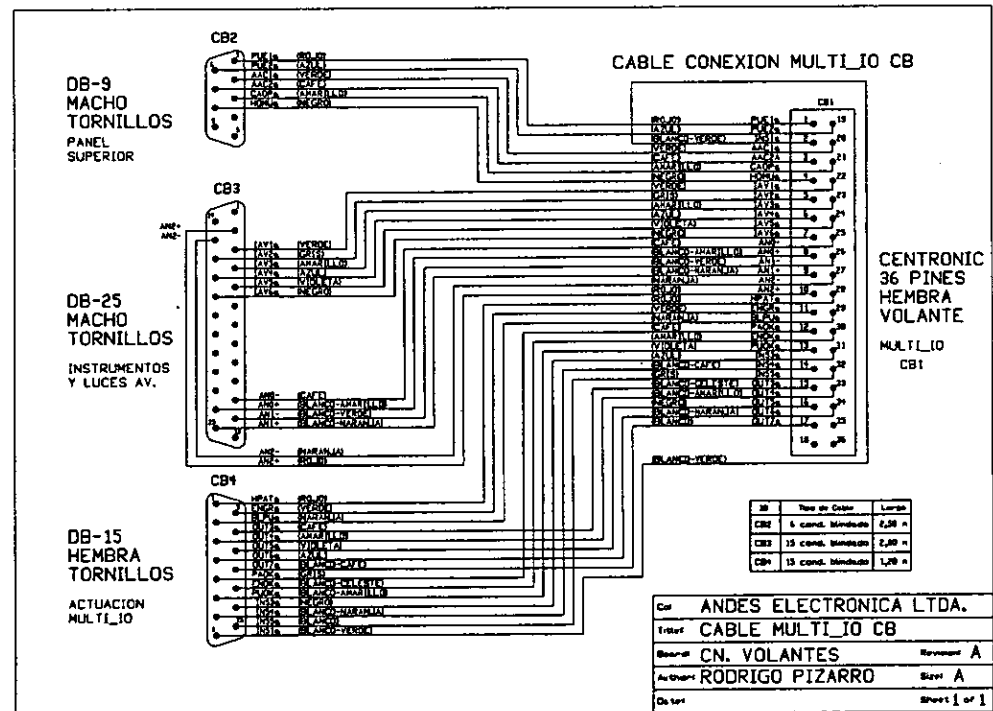


■ Cables de interconexión

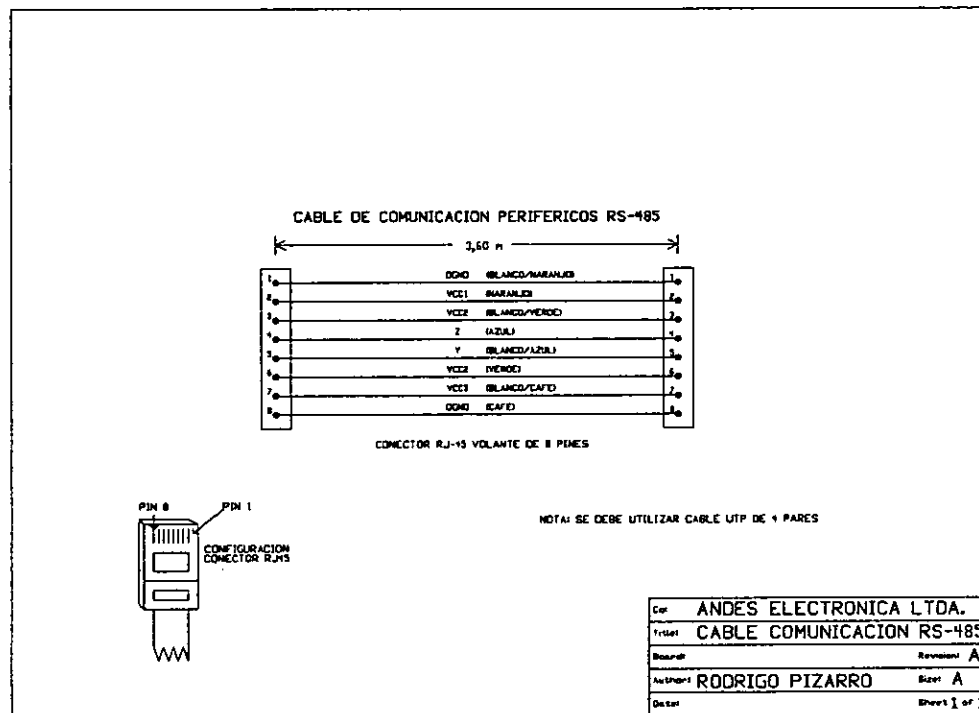
i Cable CA



ii Cable CB



iii Cable de comunicación periféricos

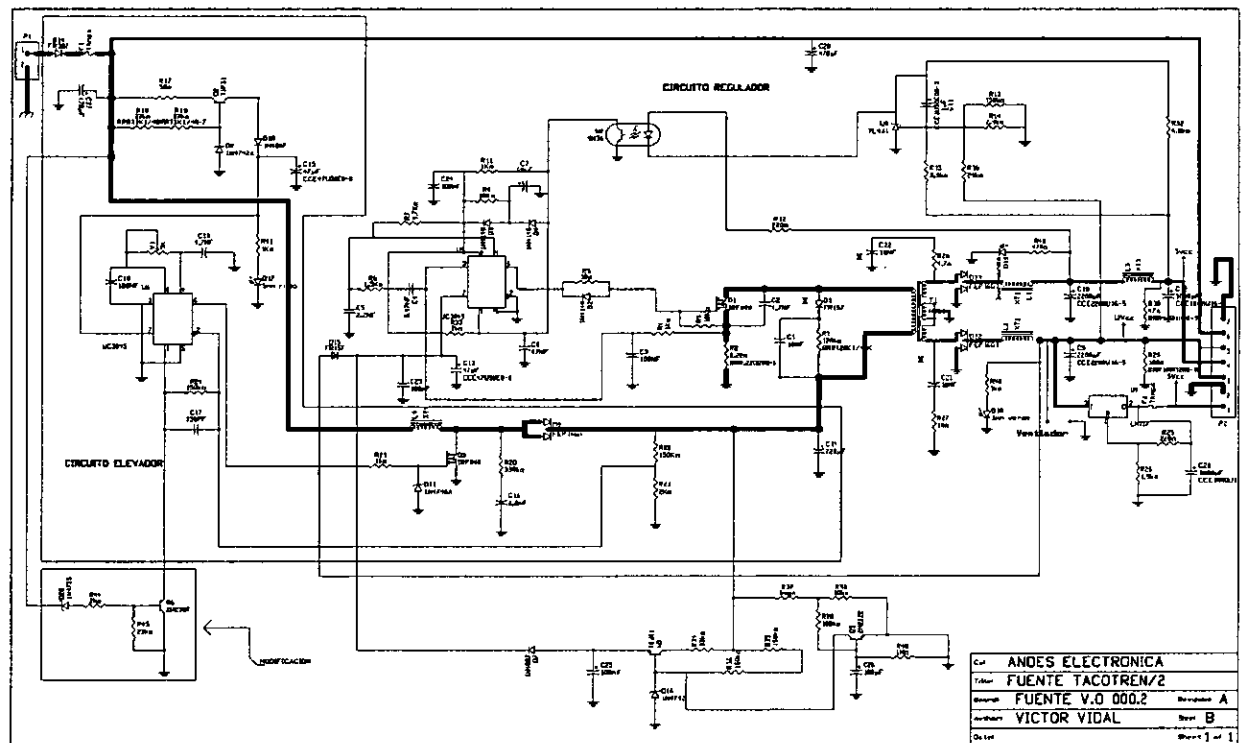


- NOTAS LAS TIERRAS AGND
Y AGND, SE DEBEN UNIR
SOLAMENTE EN ESTE PUNTO
Y LO MAS CERCA DE ESTA FP.
-
- VCC2
F2 10uF
FUS1AMP5MD-2
C280 100nF
VDD
C180 100nF
C110 1uF
VCC1
F1 10uF
FUS1AMP5MD-2
D10 1N4148
TP2
C120 100nF
C100 1uF
LM2837-3.3
U20
3.3V
C20 22uF
C220 1uF
C200 1uF
C210 1uF
C230 1uF
C240 1uF
C250 1uF
C260 1uF
C270 1uF
C280 1uF
C290 1uF
C300 1uF
C310 1uF
C320 1uF
C330 1uF
C340 1uF
C350 1uF
C360 1uF
C370 1uF
C380 1uF
C390 1uF
C400 1uF
C410 1uF
C420 1uF
C430 1uF
C440 1uF
C450 1uF
C460 1uF
C470 1uF
C480 1uF
C490 1uF
C500 1uF
C510 1uF
C520 1uF
C530 1uF
C540 1uF
C550 1uF
C560 1uF
C570 1uF
C580 1uF
C590 1uF
C600 1uF
C610 1uF
C620 1uF
C630 1uF
C640 1uF
C650 1uF
C660 1uF
C670 1uF
C680 1uF
C690 1uF
C700 1uF
C710 1uF
C720 1uF
C730 1uF
C740 1uF
C750 1uF
C760 1uF
C770 1uF
C780 1uF
C790 1uF
C800 1uF
C810 1uF
C820 1uF
C830 1uF
C840 1uF
C850 1uF
C860 1uF
C870 1uF
C880 1uF
C890 1uF
C900 1uF
C910 1uF
C920 1uF
C930 1uF
C940 1uF
C950 1uF
C960 1uF
C970 1uF
C980 1uF
C990 1uF
VDD
C100 1uF
C110 1uF
C120 1uF
C130 1uF
C140 1uF
C150 1uF
C160 1uF
C170 1uF
C180 1uF
C190 1uF
C200 1uF
C210 1uF
C220 1uF
C230 1uF
C240 1uF
C250 1uF
C260 1uF
C270 1uF
C280 1uF
C290 1uF
C300 1uF
C310 1uF
C320 1uF
C330 1uF
C340 1uF
C350 1uF
C360 1uF
C370 1uF
C380 1uF
C390 1uF
C400 1uF
C410 1uF
C420 1uF
C430 1uF
C440 1uF
C450 1uF
C460 1uF
C470 1uF
C480 1uF
C490 1uF
C500 1uF
C510 1uF
C520 1uF
C530 1uF
C540 1uF
C550 1uF
C560 1uF
C570 1uF
C580 1uF
C590 1uF
C600 1uF
C610 1uF
C620 1uF
C630 1uF
C640 1uF
C650 1uF
C660 1uF
C670 1uF
C680 1uF
C690 1uF
C700 1uF
C710 1uF
C720 1uF
C730 1uF
C740 1uF
C750 1uF
C760 1uF
C770 1uF
C780 1uF
C790 1uF
C800 1uF
C810 1uF
C820 1uF
C830 1uF
C840 1uF
C850 1uF
C860 1uF
C870 1uF
C880 1uF
C890 1uF
C900 1uF
C910 1uF
C920 1uF
C930 1uF
C940 1uF
C950 1uF
C960 1uF
C970 1uF
C980 1uF
C990 1uF
VDD
C100 1uF
C110 1uF
C120 1uF
C130 1uF
C140 1uF
C150 1uF
C160 1uF
C170 1uF
C180 1uF
C190 1uF
C200 1uF
C210 1uF
C220 1uF
C230 1uF
C240 1uF
C250 1uF
C260 1uF
C270 1uF
C280 1uF
C290 1uF
C300 1uF
C310 1uF
C320 1uF
C330 1uF
C340 1uF
C350 1uF
C360 1uF
C370 1uF
C380 1uF
C390 1uF
C400 1uF
C410 1uF
C420 1uF
C430 1uF
C440 1uF
C450 1uF
C460 1uF
C470 1uF
C480 1uF
C490 1uF
C500 1uF
C510 1uF
C520 1uF
C530 1uF
C540 1uF
C550 1uF
C560 1uF
C570 1uF
C580 1uF
C590 1uF
C600 1uF
C610 1uF
C620 1uF
C630 1uF
C640 1uF
C650 1uF
C660 1uF
C670 1uF
C680 1uF
C690 1uF
C700 1uF
C710 1uF
C720 1uF
C730 1uF
C740 1uF
C750 1uF
C760 1uF
C770 1uF
C780 1uF
C790 1uF
C800 1uF
C810 1uF
C820 1uF
C830 1uF
C840 1uF
C850 1uF
C860 1uF
C870 1uF
C880 1uF
C890 1uF
C900 1uF
C910 1uF
C920 1uF
C930 1uF
C940 1uF
C950 1uF
C960 1uF
C970 1uF
C980 1uF
C990 1uF
VDD
C100 1uF
C110 1uF
C120 1uF
C130 1uF
C140 1uF
C150 1uF
C160 1uF
C170 1uF
C180 1uF
C190 1uF
C200 1uF
C210 1uF
C220 1uF
C230 1uF
C240 1uF
C250 1uF
C260 1uF
C270 1uF
C280 1uF
C290 1uF
C300 1uF
C310 1uF
C320 1uF
C330 1uF
C340 1uF
C350 1uF
C360 1uF
C370 1uF
C380 1uF
C390 1uF
C400 1uF
C410 1uF
C420 1uF
C430 1uF
C440 1uF
C450 1uF
C460 1uF
C470 1uF
C480 1uF
C490 1uF
C500 1uF
C510 1uF
C520 1uF
C530 1uF
C540 1uF
C550 1uF
C560 1uF
C570 1uF
C580 1uF
C590 1uF
C600 1uF
C610 1uF
C620 1uF
C630 1uF
C640 1uF
C650 1uF
C660 1uF
C670 1uF
C680 1uF
C690 1uF
C700 1uF
C710 1uF
C720 1uF
C730 1uF
C740 1uF
C750 1uF

v. Fuente de poder

a. Desarrollo de hardware

La fuente de poder se compone de dos etapas switching, con protección contra cortocircuito, sobre y bajo voltaje de entrada. Se emplea un modulador que controla un transistor MOSFET para disminuir las pérdidas por caída de tensión.



vi. Capturador de datos DSM

Se compone básicamente de una memoria SmartMedia de 128MB de capacidad para almacenamiento, se emplea un formato propietario de Andes para grabar la información en ésta, lo que entrega mayor seguridad en los datos.

vii. Sensor de velocidad

El módulo sensor de velocidad consta de una rueda dentada que gira fijada al eje de la rueda del tren, y que posee un sensor inductivo en uno de sus extremos. En base a las mediciones mecánicas realizadas en el bogie del tren, se determinan las dimensiones, y se diseña el prototipo.

El módulo sensor de velocidad se instala en una de las tapa que cubre el eje de la rueda del tren, en la siguiente figura se muestra dónde se instala:

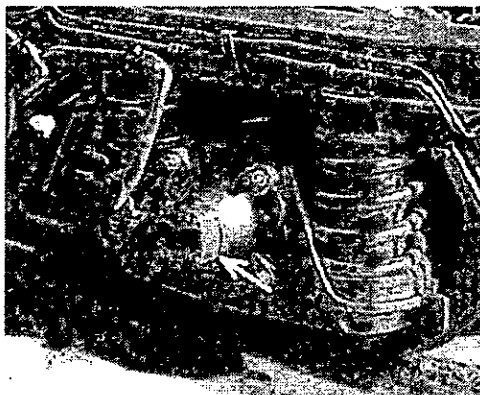


Fig. 5, Bogie del tren

viii. Dispositivos adicionales

ix. Software de control

El software desarrollado está dividido en dos módulos independientes que ejecutan tareas específicas de acuerdo a su funcionalidad, las que se describen a continuación.

1. Software de descarga y procesamiento de datos.

El software de descarga y procesamiento de datos permite obtener la información almacenada en la memoria no volátil del equipo, denominada DSM. La descarga se realiza conectando la memoria en un lector USB que es controlado por el software de descarga. La presentación general del software se muestra en la figura 6.

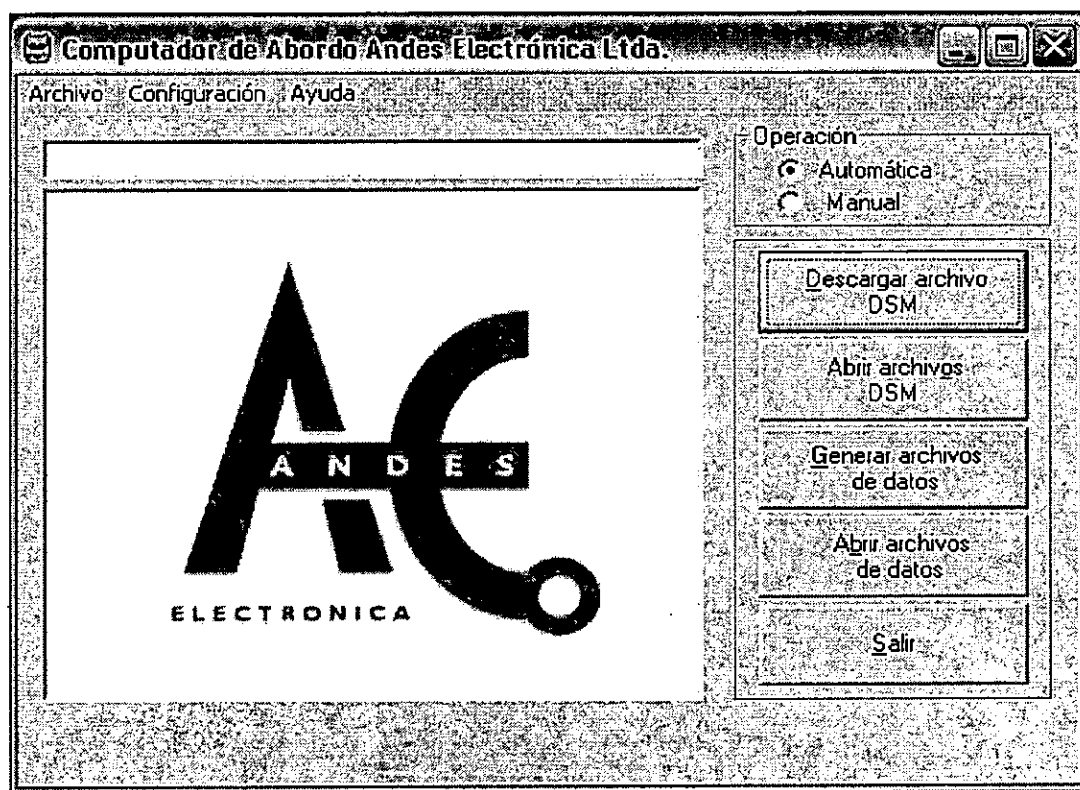


Fig. 6, Software de descarga y procesamiento de datos

El archivo descargado de la memoria DSM es procesado y decodificado para generar archivos de texto delimitados por comas, los que pueden ser analizados usando planillas de cálculo como excel o también pueden ser ingresados a una base de datos.

Los datos son almacenados en archivos diarios dentro de una carpeta Mes dentro de una carpeta año y dentro de una carpeta con el número de unidad.



La información contenida en el archivo de texto es la siguiente:

- Fecha
- Hora
- Odómetro [Km]
- Velocidad [Km/h]
- Corriente de Motores[A]
- Estado de Cabina
- Voltaje de Linea [kV]
- Corriente de Bateria [A]
- Voltaje de Bateria [V]
- Inversor de marcha
- Regulador de mando
- Manipulador de Freno
- Circuito de Lazo
- Estado Hombre Muerto
- Pantógrafo 1
- Pantógrafo 2
- Reset Disyuntor
- Control Auxiliar
- Alumbrado Interior
- Alumbrado Instrumentos
- Alumbrado Exterior
- Aire Acondicionado
- Bocina Larga
- Bocina Corta
- Gran Aceleración
- Convertidor
- Compresor Automático
- Compresor Manual
- Posición Apertura de Puertas
- Luz de Disyuntor Propio
- Luz de Disyuntor Ajeno
- Luz de Patinaje
- Luz de Estado de Motores
- Luz secuencia
- Luz de Puertas Abiertas
- Posición Aire Acondicionado
- Activación de Engrase

2. Software de verificación y monitoreo de parámetros de operación.

El software de verificación y monitoreo de parámetros de operación para el equipo permite revisar la correcta conexión de las señales que se deben monitorear para que la detección de los controles sea la correcta.

El programa tiene dos modos de operación, a continuación se muestra la pantalla principal del software monitor de trenes en ambos modos de operación, modo señales y modo controles:

El modo señales permite visualizar el estado de cada una de las señales de sensado conectadas a las líneas de cada control del tren, lo cual permite detectar fallas de conexión de éstas.

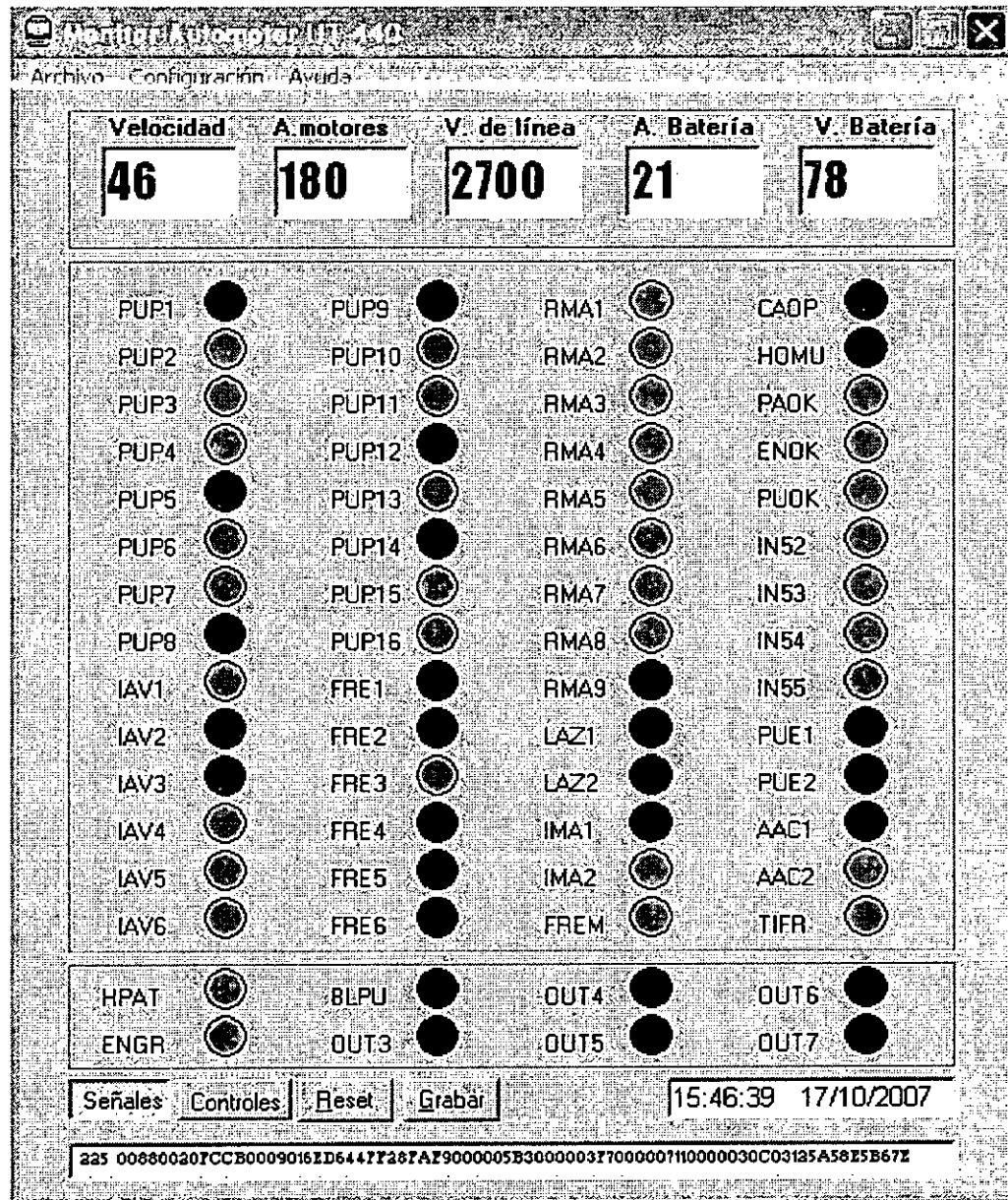


Fig. Monitor de trenes en Modo Señales

El modo controles permite ver el estado de cada control de operación del tren en su conjunto, lo que permite revisar el correcto funcionamiento del sistema al detectar cada control.

Monitor Automotor UFF-440

Archivo Configuración Ayuda

Velocidad	A. motores	V. de línea	A. Batería	V. Batería
45	180	2700	21	78

Estado cabina	Operativa ☒	Convertidor	Activo ☒
Circuito de lazo	Cerrado ☒	Compresor Automático	Activo ☒
Inversor de marcha	Adelante	Compresor Manual	Inactivo ☐
Regulador de mando	0	Manipulador de Freno	4
Hombre muerto	Activado ☒	Apertura de Puertas	AL
Pantógrafo 2	Activo ☒	Disyuntor Propio	Inactivo ☐
Pantógrafo 1	Inactivo ☐	Disyuntor Ajeno	Activo ☒
Rearme Disyuntor	Inactivo ☐	Patinaje	Activo ☒
Control Auxiliar	Inactivo ☐	Estado Motores	No seccion ☐
Aire Acondicionado	Activo ☒	Luz de secuencia	OFF ☐
Alumbrado Interior	Inactivo ☐	Estado de puertas	Cerradas ☐
Alumbrado Exterior	Activo ☒	Posición Aire Acond.	Medio
Alumbrado instrumento	Inactivo ☐	H. Puertas ok	☒
Bocina Larga	Inactivo ☐	Engrase ok	☒
Bocina Corta	Inactivo ☐	H. Patines ok	☒
Gran Aceleración	Inactivo ☐		

Señales **Controles** Reset Grabar

15:47:01 17/10/2007

278 0088000207CCB0009016ED644FF287AF9000005B3000003270000071100000030C03125A58Z5B67E

Fig. , Monitor de trenes en Modo Controles

El computador en el cual se ejecuta el programa se conecta mediante un cable de comunicación serial con el equipo instalado a bordo del tren, mediante el cual puede obtener los datos necesario para representar gráficamente el estado de los controles del tren.

- A continuación se presenta un ejemplo de como se vería la información en un archivo de texto delimitada por comas, abierto en una hoja de cálculo de excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Fecha	Hora	Odómetro(Km)	Velocidad(Km/h)	Corriente, Motores(A)	Estado Cabina	Corriente Motores	Voltímetro Línea	Amper
16039	11-08-2005	9:04:59	256403	0	0	Operativa	0		2785
16041	11-08-2005	9:05:00	256403	0	0		0		
16042	11-08-2005	9:05:01	256403	0	0	Operativa	0		2782
16043	11-08-2005	9:05:02	256403	0	0	Operativa	0		2785
16044	11-08-2005	9:05:03	256403	0	0		0		
16045	11-08-2005	9:05:04	256403	0	0		0		
16046	11-08-2005	9:05:05	256403	0	150				
16047	11-08-2005	9:05:06	256403	2	180	Operativa	180		2782
16048	11-08-2005	9:05:07	256403	5	200	Operativa	200		2782
16049	11-08-2005	9:05:08	256403	8	200	Operativa	200		2785
16050	11-08-2005	9:05:09	256403	9	200	Operativa	200		2785
16061	11-08-2005	9:05:10	256403	12	200	Operativa	200		2782
16062	11-08-2005	9:05:11	256403	13	200	Operativa	200		2785
16063	11-08-2005	9:05:12	256403	14	200	Operativa	200		2787
16064	11-08-2005	9:05:13	256403	15	200	Operativa	200		2787
16065	11-08-2005	9:05:14	256403	15	200	Operativa	200		2785
16066	11-08-2005	9:05:15	256403	15	200	Operativa	200		2785
16067	11-08-2005	9:05:16	256403	15	200	Operativa	200		2787
16068	11-08-2005	9:05:17	256403	16	200	Operativa	200		2785
16069	11-08-2005	9:05:18	256403	16	200	Operativa	200		2790
16060	11-08-2005	9:05:19	256403	16	200	Operativa	200		2790
16061	11-08-2005	9:05:20	256403	18	200	Operativa	200		2797
16062	11-08-2005	9:05:21	256403	18	200	Operativa	200		2792
16063	11-08-2005	9:05:22	256403	20	200	Operativa	200		2797
16064	11-08-2005	9:05:23	256403	22	200		200		
16065	11-08-2005	9:05:24	256403	24	190	Operativa	180		2797
16066	11-08-2005	9:05:25	256403	26	160	Operativa	160		2800

Fig. 6, Ejemplo despliegue de información

Etapas 4. Fabricación de Prototipos y Pruebas en Terreno

1. Diseño de Tarjetas de circuito impreso

El diseño de las tarjetas de circuitos impresos se realizó a medida que se fueron liberando los diseños de los circuitos electrónicos que constituyen cada uno de los dispositivos del sistema.

Las tarjetas que se han diseñado para el equipo son:

- i. CPU
 - a. CPU
 - b. Conecta
- ii. Dispositivo capturador de eventos y actuador
 - a. CAD IO
 - b. Interfaces de sensado
 - Interfaz manipulador de freno
 - Interfaz de instrumentos y luces de averías
 - Interfaz de panel superior
 - Interfaz módulo pupitre
 - Interfaz regulador de mando
 - c. Interfaz de actuación
- iii. Dispositivo velocímetro y odómetro
 - a. Velocímetro
- iv. Tarjeta fuente de poder
 - a. Fuente

2. Desarrollo de microcódigo

El desarrollo del microcódigo para el equipo se realizó en varias etapas de acuerdo a la funcionalidad de cada uno de los módulos de hardware y firmware del equipo.

Los tres microcódigos desarrollados tiene las siguientes funcionalidades de acuerdo a la unidad en la cual se cargan, y se se describen a continuación.

i. CPU

Es la unidad maestra en todo momento que controla el funcionamiento de todos los periféricos del sistema, display velocímetro y capturador de eventos. Se encarga de calcular la velocidad, y la distancia recorrida, almacenar los eventos en la memoria no volátil, enviar la información al display velocímetro, comandar los actuadores del sistema, y solicitar el estado de los controles del tren al capturador de eventos.

ii. Dispositivo capturador de eventos y actuador

Es la unidad encargada de recolectar el estado de todos los controles del tren y activar los actuadores cuando reciba la orden de la CPU. A ésta unidad se conectan todas las interfaces de sensado y de actuación.

iii. Dispositivo velocímetro y odómetro

Esta unidad visualiza la información enviada por la CPU en el display velocímetro y en el display alfanumérico.

3. Fabricación de Prototipos

i. Fabricación de Tarjetas de circuito impresos

Las tarjetas de circuito impresos (TCI) se fabricaron en Andes Electrónica Chile y en Elate España. Las tarjetas de mayor complejidad fueron fabricadas en España, ya que cuentan con mejor tecnología para la fabricación de TCI.

ii. Fabricación de cajas

Las cajas metálicas de los equipos constituyen una caja negra en caso de accidente, de modo que son robustas y van acorde con la cabina del tren que también es metálica. Estas cajas fueron fabricadas en la metalmecánica de Andes Electrónica.

iii. Armado de equipos

La totalidad de los equipos fueron armados en Andes Electrónica, desde el armado de las tarjetas de circuito impresos (soldar los componentes en estas), el montaje de las tarjetas armadas en las cajas metálicas de cada equipo, hasta el embalaje de los prototipos para instalar.

4. Instalación de prototipos en el tren

La instalación de prototipos se realizó en los trenes designados para esto, de acuerdo al siguiente diagrama de instalación.

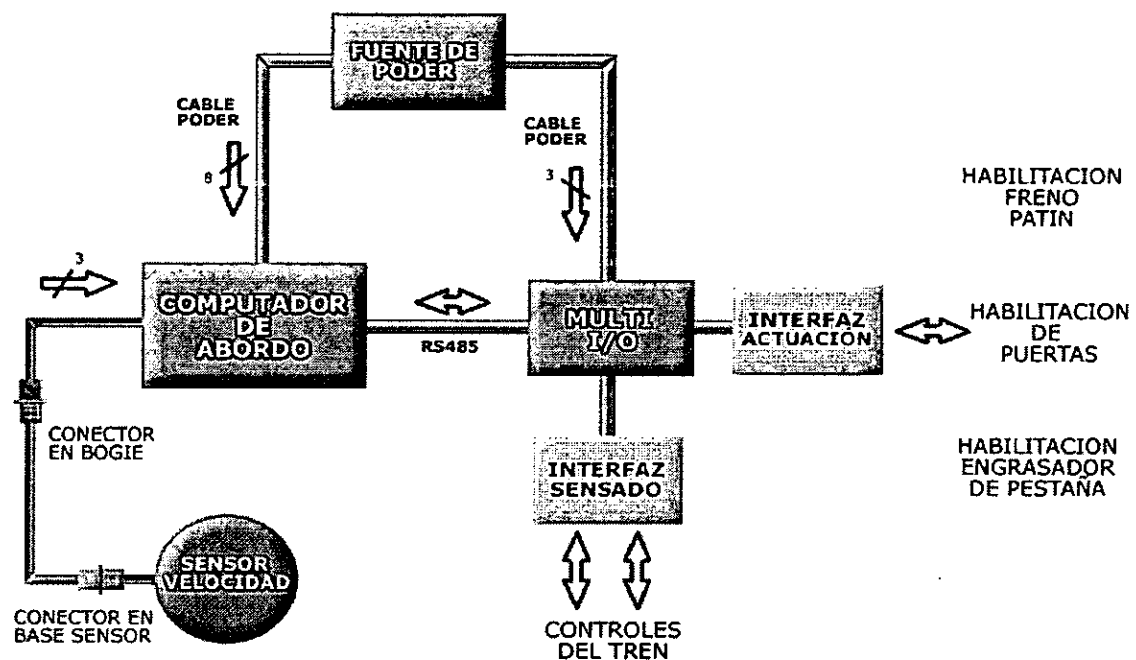


Fig. 7, Diagrama de Instalación.

Los diferentes módulos de hardware que se instalaron en el tren, se muestran en las siguientes imágenes.

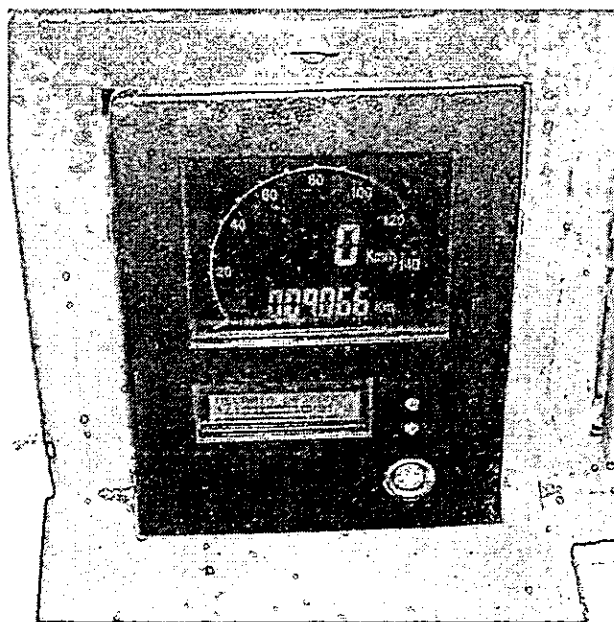


Fig. 8, Tacógrafo de trenes instalado

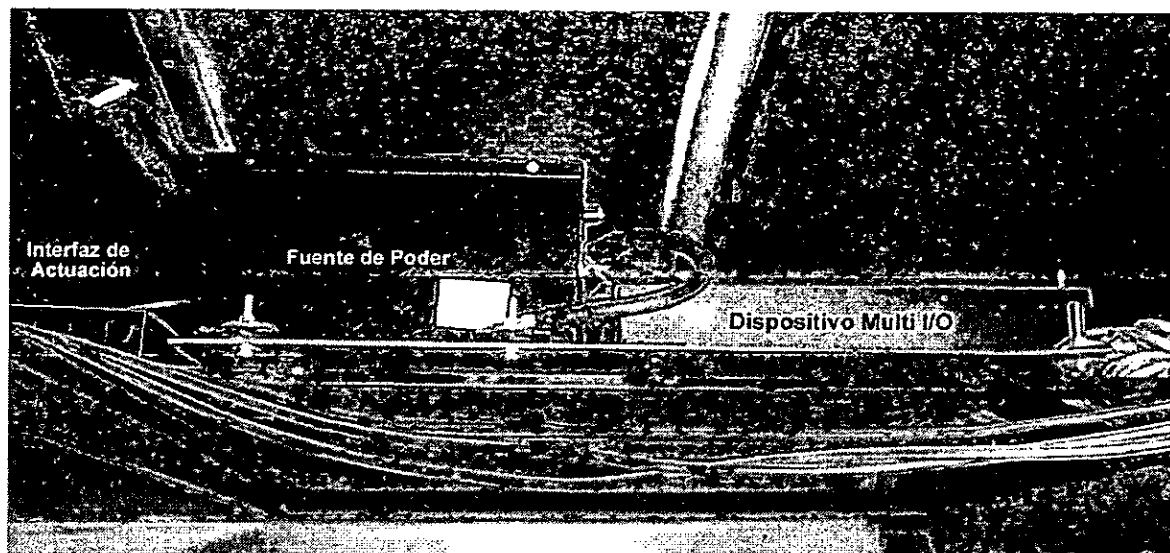


Fig. 9, Interfaz de actuación, Fuente de poder y Multi IO instalados.

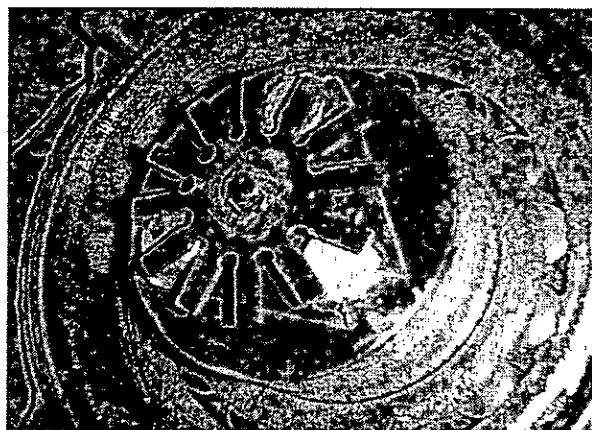


Fig. 10, Rueda dentada en eje de rueda



Fig. 11, Sensor instalado

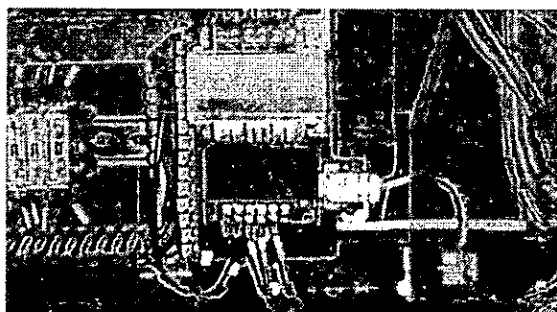


Fig. 12, Interfaz de panel superior

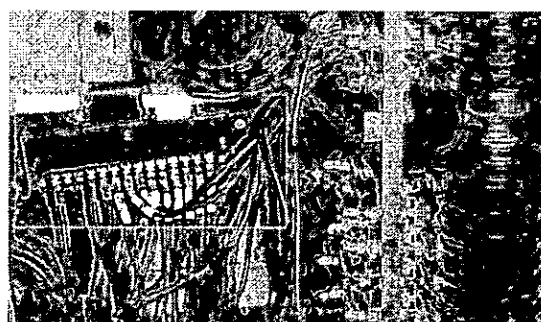


Fig. 13, Interfaz regulador de mando

5. Pruebas en terreno

Las principales pruebas realizadas a los equipos instalados en los distintos trenes se enumeran a continuación:

- a. Pruebas mecánicas sensor de velocidad
- b. Pruebas eléctricas del sensor de velocidad
- c. Pruebas de la fuente de poder, niveles de tensión y ruido eléctrico
- d. Pruebas de tierra y de ruido eléctrico
- e. Medición del diámetro de ruedas y cálculo de calibraciones
- f. Pruebas de medición de distancia y velocidad
- g. Pruebas de sensado de los distintos controles de operación
- h. Pruebas de sensado de los instrumentos de medición de corrientes y voltajes que dispone el tren
- i. Pruebas de actuadores y tiempos de activación
- j. Pruebas de grabación de eventos en memoria
- k. Pruebas de seguridad de los datos en el apagado o encendido del equipo

Las pruebas fueron realizadas en terreno para las cuales se emplearon los siguientes equipos electrónicos:

- a. Osciloscopio portátil
- b. Multitéster digitales
- c. Notebook
- d. Miron RS485 (equipo de desarrollo de Andes)

El resultado de las pruebas realizadas permitió corregir problemas de diseño y fallas en la programación del microcódigo, implementando las modificaciones necesarias, luego de las cuáles se repitieron las pruebas hasta obtener el resultado deseado.

Etapa 5. Ajuste del diseño, Pruebas piloto de fabricación, Control de calidad y Generación de manuales

1. Ajustes del diseño

En base al resultado de las pruebas realizadas con los equipos instalados a bordo de los trenes de prueba, se revisan, analizan y corrigen los problemas detectados mediante la implementación de modificaciones en el diseño de hardware o en el desarrollo del microcódigo, según corresponda.

Una vez completadas las modificaciones se realizan nuevamente las pruebas para comprobar el funcionamiento de las modificaciones realizadas, esto se repite hasta que se obtienen los resultados esperados.

2. Pruebas piloto de fabricación

Después que se obtuvieron todos los resultados esperados en las pruebas en terreno, se fabrican las tarjetas de circuitos impresos y las cajas definitivas, con los nuevos diseños, de manera de probar el producto final en un tren.

El armado de los equipos se realiza en el área de *Armado de Equipos*, las cajas metálicas se arman en el área de *Metalmecánica*, y el control de calidad es realizado por el área de *Servicio de Andes Electrónica*.

3. Control de calidad

El control de calidad es realizado por el área de Servicio de Andes Electrónica Ltda., de acuerdo a los instructivos de prueba y listados de verificación de funcionamiento de los distintos módulos que componen el sistema.

4. Generación de manuales

Luego que se completó el desarrollo del equipo y que se cumplieron todas las pruebas necesarias, se generan los siguientes manuales:

Manuales e instructivos para Andes:

- i. Instructivo de Configuración Inicial Tacógrafo de Trenes mediante i-button
- ii. Protocolos de pruebas Multi IO, cables e interfaces
- iii. Listados de verificación
 - a. Tarjeta CPU Taco
 - b. Tarjeta Velocímetro

Manuales para el cliente:

- i. Manual de Instalación Tacógrafo de Trenes
- ii. Manual de Configuración mediante puerto serie
- iii. Manual de Descarga de datos

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Durante el desarrollo de este Proyecto, a través del trabajo en laboratorio y las pruebas en terreno se ha completado con éxito el desarrollo de un equipo electrónico prototipo que permite registrar las variables de conducción de trenes eléctricos, almacenando la información en una memoria no volátil, constituyendo una caja negra en caso de accidente.

Se ha desarrollado un software, con la información recopilada en el viaje a Estados Unidos, que permite administrar la información almacenada en la memoria no volátil del equipo, lo que permite por ejemplo; revisar parámetros de operación para determinar fallas, hacer mantenciones preventivas por kilometraje, entre otras actividades relacionadas con la mantención de trenes.

Se han reducido los costos de mantención en el cliente, gracias a que el equipo una vez configurado queda operativo y lo único que se debe hacer es descargar la información de la memoria cada 1 mes.

Se ha implementado una línea de producción del equipo en la empresa, la cual se realiza a través de las áreas productivas: Metalmecánica, Armado de Equipos, y Soporte y Servicio Técnico. Cada área está enfocada en realizar una etapa importante y bien definida de la producción del equipo.

V. IMPACTOS DEL PROYECTO
VI. BIBLIOGRAFÍA

1. "Soluciones prácticas para la puesta a tierra de sistemas eléctricos de distribución", Pablo Díaz, McGraw Hill.
2. Datasheet Memoria SmartMedia Toshiba TH58NS100C
3. Macro Assembler and utilities for 8051 and variants, User Guide.
4. Datasheet Microcontrolador Cygnal C8051F020 1.- C8051F020 data sheet, Silicon laboratories, www.silab.com
5. National linear data book, National semiconductors 2000.
6. 64MB & 128MB SmartMediaTM Card data sheet, Samsung Electronics 2005.
7. 1-GBIT (128M $\times$ 8 BITS) CMOS NAND E2PROM (128M BYTE SmartMediaTM) data sheet, Toshiba Electronics 2004.
8. TTL & HCmos integrated circuits, Texas Instruments 2000.
9. Software Driver of SmartMedia(TM), MEMORY PRODUCT & TECHNOLOGY SAMSUNG ELECTRONICS Co., LTD (Ver 3.0).
10. SmartMediaTM Logical Format Specifications, Web-Online Version 1.00
Issued: May 19, 1999 SSFDC Forum Technical Committee
11. SmartMediaTM Physical Format Specifications, Web-Online Version 1.00,
Issued: May 19, 1999 SSFDC Forum Technical Committee
12. Cx51 User's Guide, Keil Software January 2004: Initial revision in CHM format.
13. Ax51 User's Guide, Keil Software May 2004: Initial revision in CHM format.
14. LX51 User's Guide, Keil Software December 2004: Initial revision in CHM format

CARTA GANTT																					
N°	ETAPA	ACTIVIDADES	DURACION	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	MES 13	MES 14	MES 15	MES 16	MES 17	PARTICIPANTES
	descripción		semanas																		
ETAPA 1	LEVANTAMIENTO O INFORMACION	Conformar equipo, evaluar ajustes a la programación y levantamiento información tecnológica y de mercado	2																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		Efectuar reuniones con las empresas Temoina modo de levantar información sobre requerimientos	2																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
ETAPA 2	Investigación de los Circuitos Eléctricos de los Trenes.	estudio de todas las señales digitales y análogas que se requieran censar	4																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		estudiar el espacio disponible en la cabina de los trenes para ubicar los distintos módulos y cables de interconexión.	2																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		Estudiar el módulo sensor de velocidad	2																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		Reunión con todo el equipo para la definición de las características del prototipo a desarrollar y evaluar.	1																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		viaje exterior USA	1																		JAVIER MORCHIO
ETAPA 3	Diseño del prototipo y desarrollo de los módulos que componen el sistema	Desarrollo de los 9 módulos que componen en sistema	8																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		Diseño de la visualización de los datos en modo de texto y gráfico, permitiendo la impresión de la información agrupada por distintos campos	6																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		Diseño de software de administración y gestión	6																		ROSSANA BLANCO
		Diseño de los circuitos impresos para los prototipos a fabricar																			JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		Armado de los Prototipos	4																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
ETAPA 4	Fabricación prototipos y pruebas	Fabricación de prototipos	20																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		Pruebas en laboratorio	12																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		Pruebas en Terreno	16																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		Desarrollo del Software de verificación, configuración y personalización de parámetros de operación	12																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		Prueba de software de administración y gestión	6																		ROSSANA BLANCO
		levantamiento de errores para ajuste prototipo	2																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
ETAPA 5	Ajustes del diseño, pruebas pilotos de fabricación, control de calidad y generación de manuales	ajustes prototipo despues de las pruebas en terreno	3																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		Implementación de una línea de fabricación	1																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		Pruebas piloto fabricacion definitiva	6																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		Control de calidad	3																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
		construccion manual operación	6																		JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO
Informes de avance																				JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO	
Informe final																				JAVIER MORCHIO, PEDRO MOREIRA, RODRIGO PIZARRO	

