

**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Facultad de Ingeniería Eléctrica**  
**Departamento de Automática y Sistemas Computacionales**



**TRABAJO DE DIPLOMA**

**DISEÑO DE UN MÓDULO DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA AUXILIAR PARA LA  
SEÑALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE UN ENCLAVAMIENTO FERROVIARIO**

**Autor: OSNIEL ROBAINA DEL SOL**

**Tutores: M.Sc. Ing. CESILIO GARCÍA DE LA CRUZ  
Dr.C. FRANCISCO HERRERA FERNÁNDEZ**

**Santa Clara**

**2014**

**"Año 56 de la Revolución"**

**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Facultad de Ingeniería Eléctrica**  
**Departamento de Automática y Sistemas Computacionales**



**TRABAJO DE DIPLOMA**

**DISEÑO DE UN MÓDULO DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA AUXILIAR PARA LA  
SEÑALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE UN ENCLAVAMIENTO FERROVIARIO**

**Autor: OSNIEL ROBAINA DEL SOL**

[orobaina@uclv.edu.cu](mailto:orobaina@uclv.edu.cu)

**Tutores: M.Sc. Ing. CESILIO GARCÍA DE LA CRUZ**

Director de COSIE Centro

[asesorcosie@sicen.ferronet.cu](mailto:asesorcosie@sicen.ferronet.cu)

**Dr.C. FRANCISCO HERRERA FERNÁNDEZ**

[herrera@uclv.edu.cu](mailto:herrera@uclv.edu.cu)

**Santa Clara**

**2014**

**"Año 56 de la Revolución"**



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Automática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

---

Osniel Robaina Del Sol

Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Cesilio García De La Cruz,

M.Sc. Ing. Tutor

---

Boris Luis Martínez Jiménez,

Dr.C. Jefe de Departamento

---

Firma del Responsable de  
Información Científico-Técnica

*Pensamiento*



**PENSAMIENTOS**

***“De frailes que le niegan a Colón la posibilidad de descubrir el paso Nuevo  
está lleno el mundo, lo que importa no es sentarse con los frailes,  
sino embarcarse en las  
carabelas con Colón.”***

***José Martí***

***“Lo útil no es saber mucho, sino  
como aplicas lo poco que  
sabes.”***

***Thomas Fuller.***

The word "Exergos" is rendered in a 3D, blocky font. The letters are primarily yellow with green outlines and shadows, giving it a three-dimensional appearance. The letters are slightly slanted and have a soft shadow beneath them.

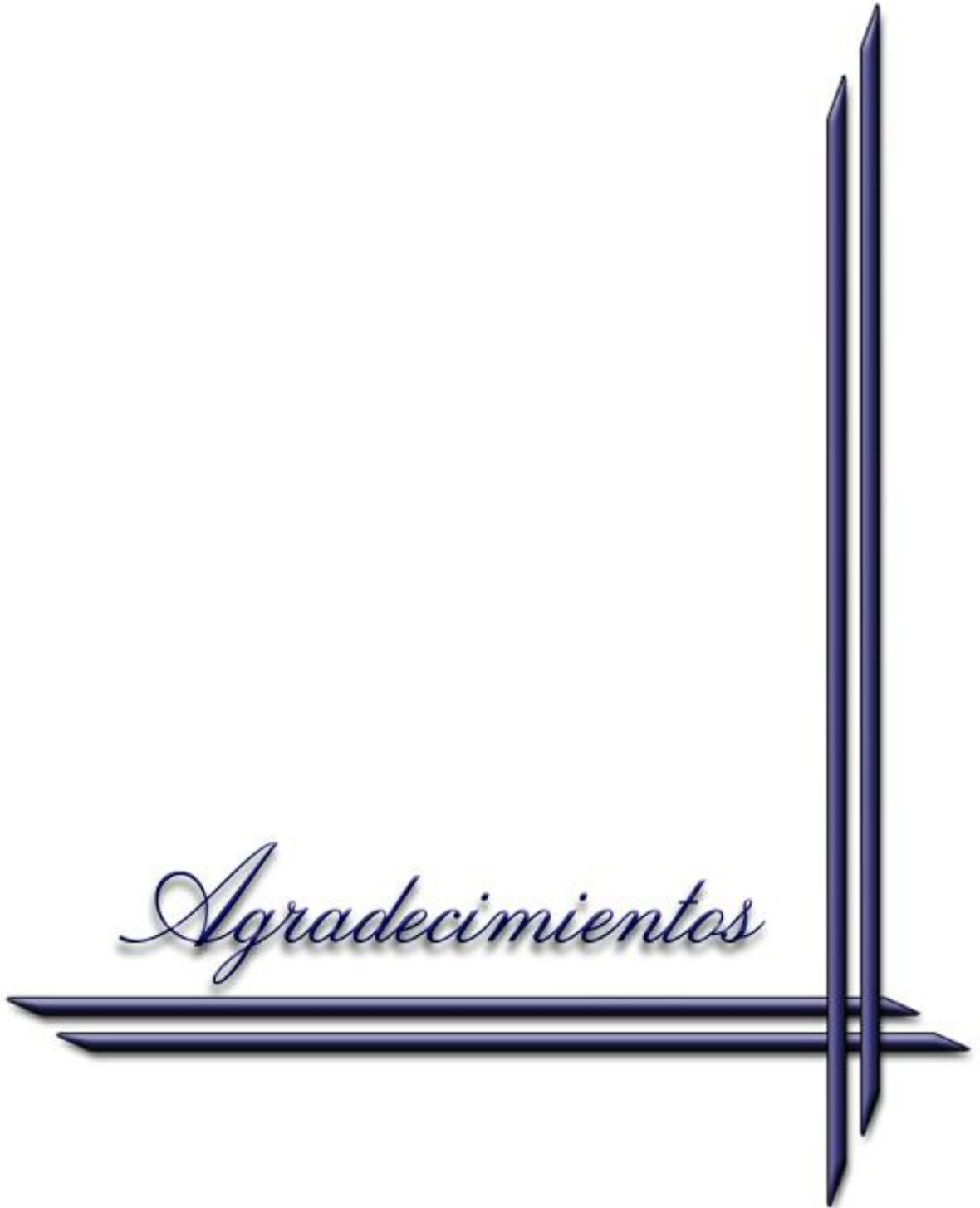
***"Hay hombres que luchan un día y son buenos hay otros que luchan un año  
y son muy buenos  
hay los que luchan muchos años y son mejores  
pero los hay que luchan toda la vida  
esos son los imprescindibles (...)."***

***Bertolt Brecht***

***“Lo poco que he aprendido carece de valor, comparado con lo  
que ignoro y no desespero en aprender.”***

***René Descartes.***

*Agradecimientos*



## AGRADECIMIENTOS

**A**

“A mis abuelos, los que han dedicado toda su vida en transmitirme sus mejores valores y sentimientos, y de quienes estaré eternamente agradecido de haberme formado como el hombre y profesional que soy. Para ellos todo lo mejor.”

“A mi tutor, **M.Sc. Ing. Cesilio García De La Cruz**, por haberme ofrecido la grandiosa posibilidad de trabajar en este proyecto; por la confianza, y por esa profesionalidad que trataré de alcanzar (...), que a pesar de las dificultades siempre tuvo tiempo para mí.”

“A mis amigos, que tan significativo papel desempeñaron en mi superación humana, a los que todavía quedan y a los que ya se han ido, me recuerden o no, porque aun así, siguen presentes como el primer día. A todos, todos ellos, por los tan especiales momentos compartidos y los que aún faltan; sobre todo a: **Yeinier Suárez Sarduy, Nelson Figueredo Sánchez, Andrés Pérez Ruiz, Frenk Álvarez Armiñana**; y en especial a aquellos que han sido mi mano derecha en estos cinco años de contienda y más, **Juan A. Mateo Rodríguez y Víctor Yanes Guillén**. A **Eva Dayana Sánchez Cardoso y Yeini Rodríguez Castañeda** por apoyarme, y ayudarme en la elaboración del documento.”

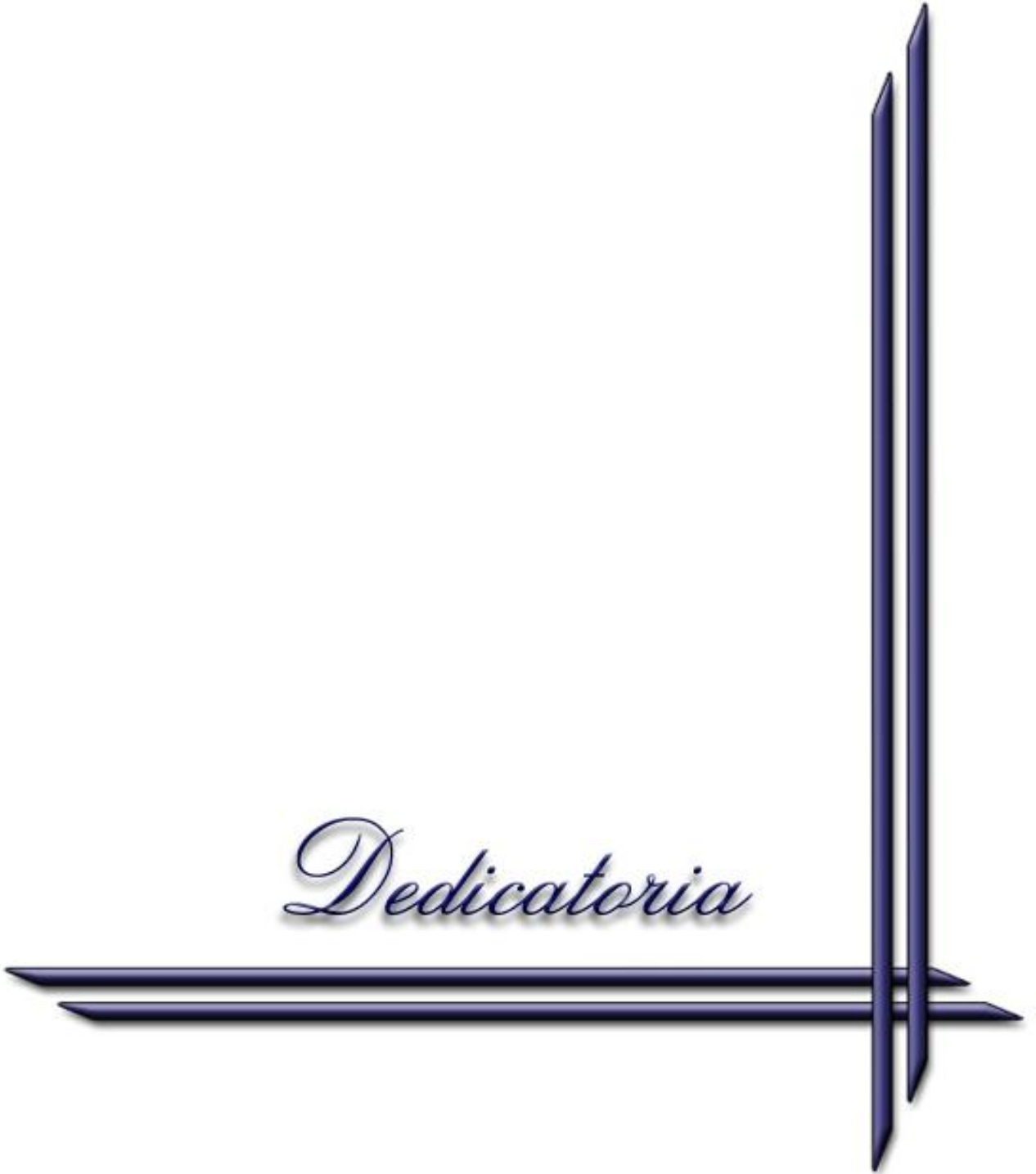
“A mis familiares por la paciencia, que en estos años me ha permitido dedicar tiempo a mi preparación como profesional. En especial a mi primo **José Luis Laviña Velazco** por todo el apoyo brindado en la vida como tutor y hermano y a sus hijos, **José Alberto Laviña Castellón y José Carlos Laviña Castellón** por la oportunidad de poder inculcarles el conocimiento; y a sus padres, mis tíos, **José Laviña Santana y Lorelis Velazco Valdés**. A mi padrastro, **Ramón Santiago Seisdedos Bujalance** por estar presente en etapas y momentos en que necesitaba los consejos de un padre y por el apoyo brindado a mi madre. A los hermanos de mi padre, sobre todo y especialmente a mi tía, **Olga Lidia Robaina Ramírez**, por estar presente en momentos en que hace falta la presencia de un padre.”

“A todos los que directa o indirectamente posibilitaron la realización de este trabajo. A la Revolución que me ha permitido hacer realidad este gran sueño.”

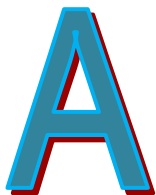
“A todos ellos, **Gracias**, por hacer posible este sueño.”

**Osniel Robaina Del Sol**

*Dedicatoria*



## DEDICATORIA



“A quienes anteriormente correspondí con los agradecimientos (...). A todos ellos dedico este, el fruto de nuestros esfuerzos.”

“A la memoria de mi padre, **José de la Caridad Robaina Ramírez**, que desde un lugar cercano (...), regó su bendición hacia mí, porque estuvo presente durante este largo período de estudios ayudándome a cumplir mi sueño.”

“A mi madre, **Aracely Del Sol Valdés**, por enseñarme con su ejemplo como madre y padre, por ser el más ferviente de mis amigos, por impulsarme en la superación de todas las metas u obstáculos que impone la vida, por ser la guía que motiva la mayoría de mis acciones (...), a ella dedico mi tesis.”

“A mi hermano, **Osney Robaina Del Sol**, por la paciencia que ha tenido conmigo todos estos años, por su apoyo incondicional y esfuerzo en cumplir mis sueños; por contribuir en mi formación profesional y moral; por compartir mis méritos, alegrías y vicisitudes; pero sobre todo por enseñarme el valor de la amistad, aun cuando la distancia se interpone.”

“A mi hermano, **Osley Robaina Suárez**, que me ha dado la oportunidad de reivindicarme y recuperar tiempo perdido, en lograr uno de los sueños de nuestro padre (...), que esta tesis y su autor le sirvan de guía en sus años por venir como estudiante.”

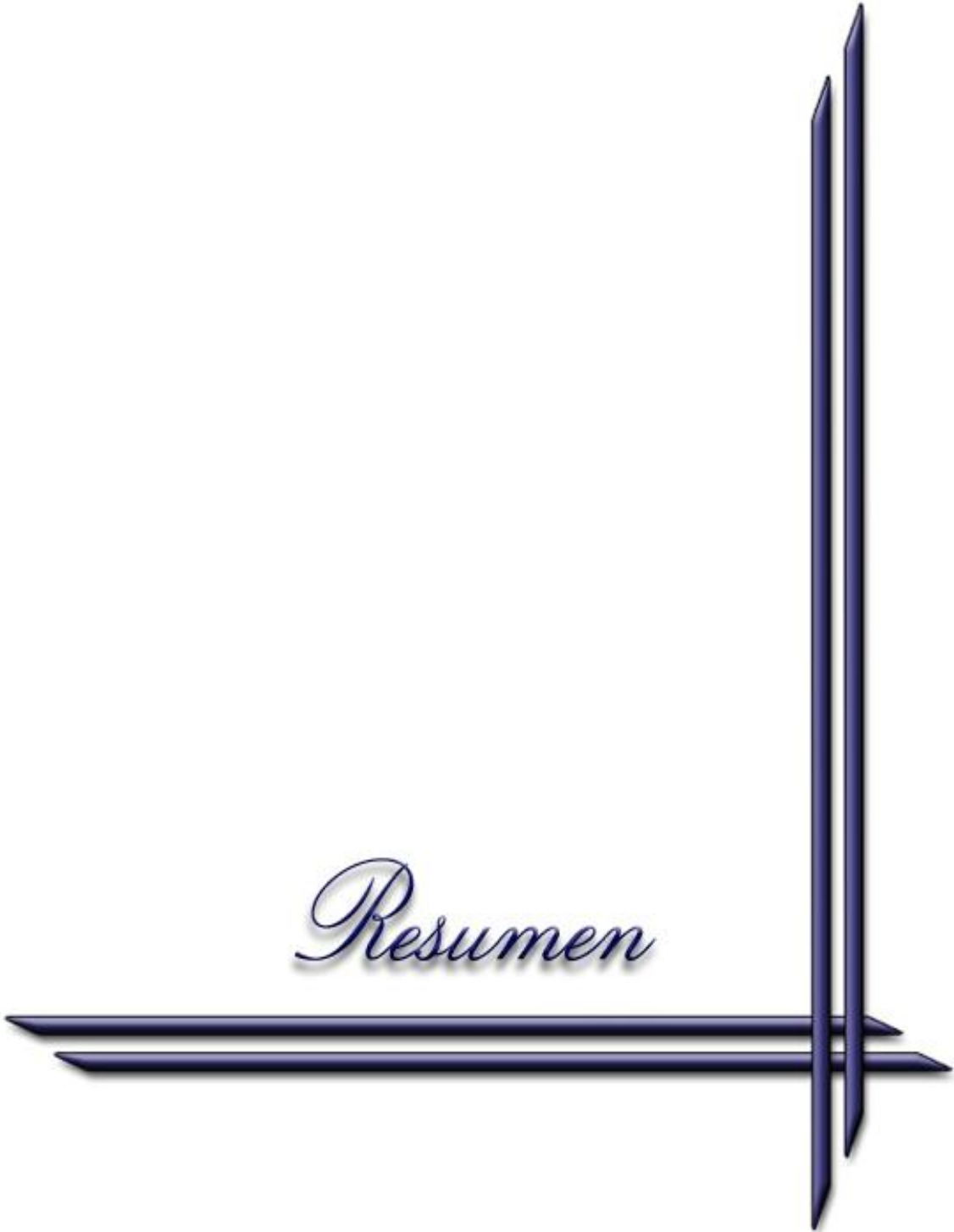
“A los profesores de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, en especial a los de la carrera de **Ingeniería en Automática** de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, que nos han impartido los conocimientos y las experiencias necesarias para escalar la montaña del saber (...).”

“A la ESBU “José Esteban Tartabull” en mi localidad, Cumanayagua, Cienfuegos; en especial a los estudiantes de **9<sup>no</sup> grado** por darme la oportunidad de entender el valor de la **Educación** moral e intelectual en su más amplio concepto, siendo participe de su enseñanza.”

“A todos ellos, **Gracias**, por hacer posible este sueño.”

**Osniel Robaina Del Sol**

*Resumen*



## RESUMEN

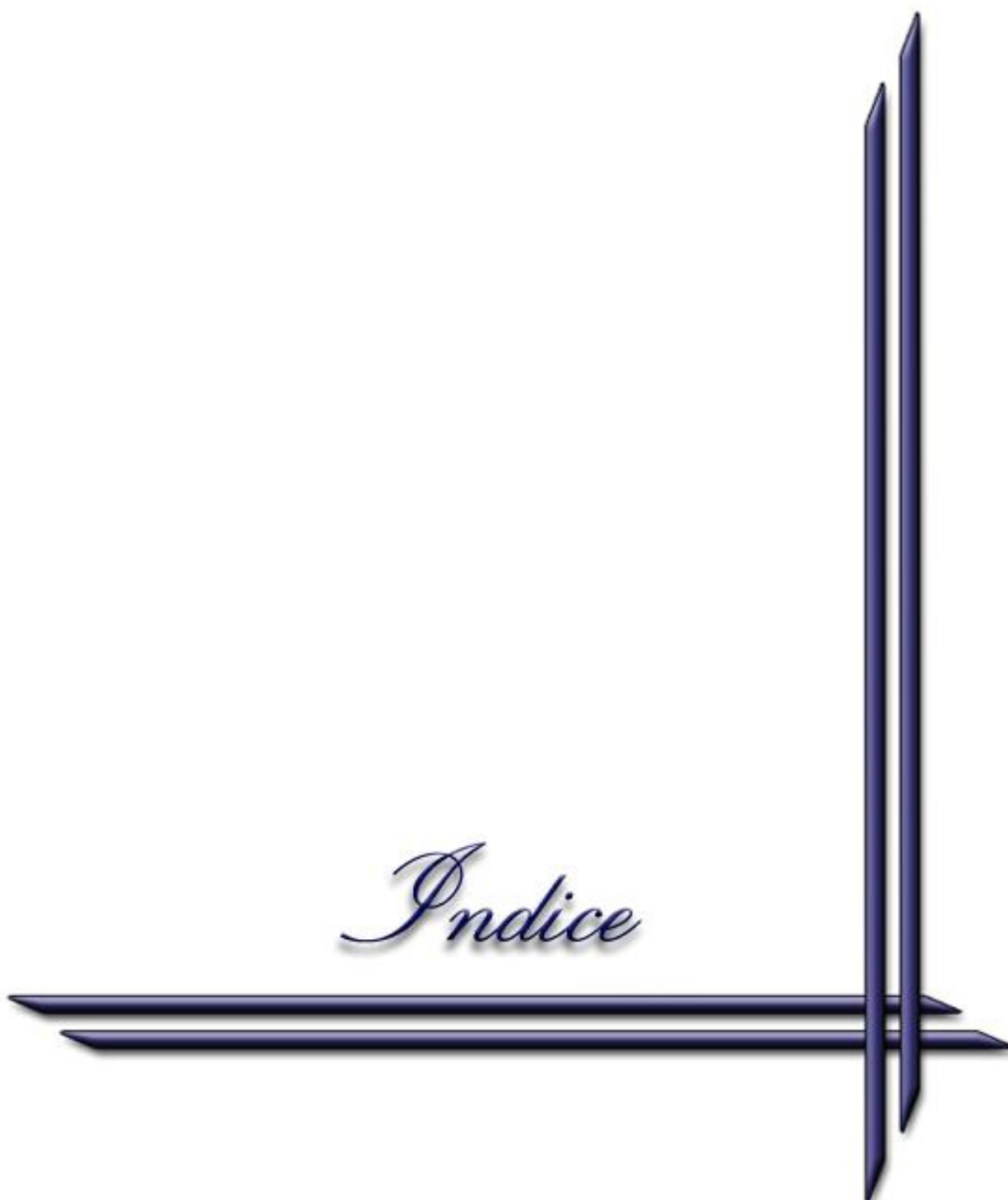
En la actualidad las fallas existentes en el Sistema Electroenergético Nacional pueden provocar accidentes dentro de un enclavamiento ferroviario. La no existencia de un control adecuado sobre los sistemas de supervisión y señalización, como la pizarra de control de posición de los cambia-vías y los semáforos de entrada a las estaciones ferroviarias han tenido un impacto directo en la accidentabilidad que se registra en los últimos cinco años por la Unión de Ferrocarriles de Cuba, debido a que en gran medida dependen solamente de este sistema.

Esta problemática nos exigió la necesidad de realizar el diseño de un módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario; que fuera capaz de mantener energizado el enclavamiento o estación del ferrocarril de forma tal que haya una alimentación eléctrica ininterrumpida hacia sus principales señales.

Para lograr ese empeño se partió de un estudio exploratorio descriptivo en las tres provincias centrales del país, valorando nuestros enclavamientos para posteriormente realizar una revisión bibliográfica actualizada y proponer el diseño de un módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario y finalmente simular la propuesta teniendo en cuenta el toolbox SimPowerSystems del MATLAB, para evaluar su vitalidad.

Los resultados obtenidos constatan que la propuesta es viable, económica, pertinente y muy oportuna ya que al encontrarse el país en la modernización de nuestro sistema ferroviario se cuenta con los recursos materiales y el personal calificado para acometer el mismo que tributaría a la seguridad en el movimiento de trenes.

*Indice*



## TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	1
Organización del informe.....	4
Tareas de Investigación.....	5
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	7
1.1 Antecedentes socioculturales de los ferrocarriles.....	7
1.1.1 Introducción del ferrocarril en Cuba.....	8
1.2 La señalización ferroviaria: Elemento fundamental de la seguridad de movimiento de trenes. ....	10
1.3 Sistema de alimentación eléctrica a los enclavamientos ferroviarios.....	11
1.3.1 Particularidades del sistema de alimentación eléctrica en los enclavamientos ferroviarios cubanos. ....	12
1.3.2 Módulo “CSR-1”, destinación del “CSR-1”.....	13
1.3.2.1 Funcionamiento y características. ....	13
1.3.2.2 Orden de conexión.....	17
1.3.2.3 Exigencias de la Técnica de seguridad. ....	17
1.4 Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI).....	18
1.5 Fuentes renovable de generación eléctrica. ....	19
1.5.1 Sistema fotovoltaico como fuente renovable de generación eléctrica. ....	20
1.5.2 Potencia mundial generada por la energía fotovoltaica. ....	21
1.5.3 Coste de paneles. ....	21
1.6 Conclusiones del Capítulo 1.....	22
CAPÍTULO 2. DISEÑO METODOLÓGICO. ....	25

2.1	Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI), las UPS. ....	25
2.1.1	Clasificación de los UPS de acuerdo a sus características y utilización. 26	
2.1.2	Criterios para la correcta selección de las UPS.....	28
2.1.3	Características del COMPACT C 2600-24. ....	29
2.2	Empleo de la energía solar como fuente renovable. ....	31
2.2.1	Energía solar térmica. ....	31
2.2.1.1	Colectores planos.....	32
2.2.1.2	Colectores concentradores.....	32
2.2.1.3	Tendencias y aplicaciones de la energía solar térmica. ....	33
2.2.2	Energía solar fotovoltaica. ....	33
2.2.2.1	Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica. ....	35
2.3	Desarrollo de la energía fotovoltaica en Cuba.....	36
2.4	Grupo Electrónico. ....	36
2.4.1	Tipos y Capacidades del Sistema.....	37
2.4.2	Dimensionamiento. ....	39
2.5	Diseño Metodológico del módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario. ....	39
2.5.1	Medios estructurales y dispositivos técnicos seleccionados. ....	40
2.5.1.1	Principio de funcionamiento del COMPACT C 2600-24. ....	40
2.5.1.2	Estructura de soporte del Panel Solar. ....	42
2.5.1.3	Banco de baterías. ....	42
2.5.1.4	Cable de Bajo Voltaje (RB509). ....	43
2.5.1.5	Panel Solar. ....	43
2.5.1.5.1	Cálculo del consumo de energía.....	43

2.5.1.6	Dispositivo de conmutación automática, ATSO21.....	45
2.5.1.7	Grupo Electrógeno, DENYO DCA 75SPI.....	46
2.5.2	Esquema funcional del enclavamiento ferroviario.....	47
2.6	Conclusiones del Capítulo 2.....	50
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....		53
3.1	Criterio de Simulación de la propuesta.....	53
3.1.1	Utilización del toolbox SimPowerSystems.....	54
3.2	Montaje del módulo de alimentación eléctrica auxiliar propuesto, en el simulador.....	54
3.2.1	Análisis de la simulación.....	57
3.3	Análisis del funcionamiento.....	58
3.3.1	Funcionamiento de la Red Industrial.....	58
3.3.2	Funcionamiento del Panel Solar.....	59
3.3.3	Funcionamiento del Grupo Electrógeno.....	59
3.3.4	Funcionamiento del Banco de Baterías.....	60
3.4	Análisis económico.....	61
3.5	Conclusiones del capítulo 3.....	62
CONCLUSIONES.....		64
RECOMENDACIONES.....		66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		68
ANEXOS.....		71
Anexo I	Ficha Técnica del COMPACT C 2600-24.....	71
Anexo II	Especificaciones Técnicas del DENYO DCA 75SPI.....	74
Anexo III	Esquema de funcionamiento de la Red Industrial.....	76
Anexo IV	Esquema de funcionamiento del Panel Solar.....	76

Anexo V Esquema de funcionamiento del Grupo Electrónico. ....76

Anexo VI Esquema de funcionamiento del Banco de Baterías.....76

*Introducción*



## INTRODUCCIÓN

El ferrocarril fundado en Inglaterra, en 1825, luego en Francia, Alemania, Bélgica y Rusia y 12 años después, fue introducido en Cuba como pionero en toda Hispanoamérica y segundo en América, solo después de los Estados Unidos. El promotor del primer ferrocarril de Cuba fue Claudio Martínez de Pinillo, el Conde de Villanueva, nacido en La Habana y por lo tanto un criollo. Fue Conde a partir de la muerte de su padre, que era español, fallecido el 29 de abril de 1829.

El 20 de mayo de 1814 fue nombrado Contador General de Rentas y de la Aduana de la Isla de Cuba. En 1832 pasó a ser el Presidente de la Junta de Fomento. En 1833 murió Fernando VII y le sucedió la Reina Isabel II, quien el 12 de octubre de 1834 autorizó el ferrocarril, financiado por bancos ingleses mediante empréstito de dos millones de pesos en oro. En abril de 1835 la Junta de Fomento creó la Comisión denominada Camino de Hierro, presidida por el Conde de Villanueva.

La prioridad máxima del Ferrocarril está centrada en garantizar la Seguridad de este medio de transporte (trenes), en este contexto fue necesario disponer de un cuerpo de “policías ferroviarios” (guardavías) que, conociendo dónde estaban los trenes, autorizaran su movimiento; la creciente demanda de este medio de transporte, y el consiguiente aumento del número de trenes en circulación, reveló la insuficiencia de este sistema: el guardavías, entonces, debía atender simultáneamente a varios trenes.

Al implementarse las señales a pie de vía (banderas, etc.) en el RGC (Reglamento General de Circulación), los banderines de parada y marcha de los trenes, sustituidos en 1840 por discos maniobrados a pie de vía, evolucionando a

las señales mecánicas poco tiempo más tarde. La velocidad de los primeros trenes era reducida y su peso no muy grande, por lo que la distancia de parada necesaria para detener al tren era más bien corta.

El distanciamiento entre trenes (separación para mantener la seguridad) se hacía por horario (separación por tiempo entre trenes por el cumplimiento del libro horario). El tráfico ferroviario no estaba congestionado, y los viajes se hacían durante el día. Para responder a las expectativas de desarrollo creadas por el ferrocarril, fue necesario realizar y poner en circulación más trenes, con velocidades más altas, más largos y con mayor peso. Los procedimientos existentes para controlar y parar un tren fueron insuficientes y fue necesario crear nuevas señales que respondieran a los nuevos requerimientos de seguridad y control.

Los semáforos preventivos de las estaciones, son las señales más importantes para la circulación de los trenes, por indicar el estado de la señal de entrada a la Estación, sin embargo son pocas las estaciones donde funcionan y no se establecen precauciones por esta causa; existen estaciones, donde las señales de entrada se encuentran en curvas y la señal preventiva se hace imprescindible, estas señales se instalaron para que funcionaran y no para que permanecieran fuera de servicio.

En la actualidad la afectación del fluido eléctrico en un enclavamiento ferroviario, puede ser causa de accidente por no existir un módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario, que alimente la pizarra de control de posición de los cambia-vías y los semáforos, para que el operador de movimiento pueda tomar decisiones e impartir instrucciones precisas a las tripulaciones de los trenes que se aproximan al enclavamiento.

En el sistema ferroviario cubano se han implementado dispositivos que soportan la demanda energética de una estación ante un fallo electroenergético nacional, como lo ha sido el “convertidor en semiconductores-rectificador CSR-1”.

Con la prioridad de abastecer de energía eléctrica al enclavamiento ferroviario, durante un fallo energético del sistema electroenergético nacional, permitiendo el

correcto funcionamiento de los sistemas de alerta, alarma y las señalizaciones correspondientes se pretende con esta investigación proponer el módulo de alimentación eléctrica auxiliar adecuado a utilizar por el sistema ferroviario nacional. Siendo necesario analizar la posibilidad de implementación de los dispositivos más adecuado a las necesidades y demandas energéticas, existentes en correspondencia con el avance tecnológico de la época actual, con énfasis en la automatización ferroviaria

El módulo a implementar tiene que alimentar tanto a la pizarra de control de los cambia-vías como a los semáforos de entrada a la estación, que estén activados en el momento de la falla eléctrica en un tiempo de 1,5 segundos y desconectarse cuando su carga llegue al mínimo permisible.

Su diseño tiene que ser “Fail – Safe” en el sentido de que ante cualquier fallo el sistema vaya a posición segura. Por la no existencia de este dispositivo entre otros elementos en la década de los 90 se produjo un accidente ferroviario en el poblado de Coliseo con pérdidas de vidas humanas y grandes pérdidas materiales; por lo que se hace necesario plantear la siguiente situación problemática:

**Situación Problemática:** Se centra en la importancia que reviste para el movimiento de trenes, la seguridad en el movimiento tanto de pasaje como para las cargas y las carencias de piezas de repuesto, unido a las obsolescencias tecnológicas con que cuenta actualmente el ferrocarril cubano en lo referente a la automática y a las fuentes de alimentación a los enclavamientos ferroviarios.

Cumpliendo con el Lineamiento 289 del VI congreso del PCC referido a la modernización de nuestro ferrocarril, se propone diseñar un módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario, que posibilite minimizar en su totalidad los peligros y situaciones existentes durante un fallo de energía eléctrica debido al mal o no funcionamiento de los medios que garantizan la seguridad dentro de una estación de tren.

Luego de realizada la Revisión Bibliográfica, teniendo en cuenta las posibles respuestas a la situación problemática y después de fomentado el marco teórico; se plantea la siguiente hipótesis de investigación:

**Hipótesis:** *El diseño del módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario, posibilitará minimizar en su totalidad los peligros y situaciones existentes durante un fallo de energía eléctrica.*

Dentro de este contexto, se pretende con el trabajo de investigación, cumplir con los siguientes objetivos:

**Objetivo general:** Proponer el diseño de un módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario.

**Objetivos específicos:**

1. Identificar en la literatura especializada las técnicas empleadas en otros países para garantizar la alimentación de las pizarras de control de posición de los cambia-vías y los semáforos de entrada de un enclavamiento ferroviario.
2. Caracterizar el sistema de alimentación eléctrica auxiliar empleado en nuestro país para garantizar la vitalidad de los semáforos de entrada y la pizarra de control de posición de los cambia-vías.
3. Realizar el diseño metodológico del módulo de alimentación eléctrica auxiliar que permita mantener energizados de forma automática la pizarra de control de posición de los cambia-vías y los semáforos de entrada de una estación ferroviaria.
4. Simular a partir del toolbox SimPowerSystems del MATLAB el módulo de alimentación eléctrica auxiliar para evaluar la propuesta realizada.

**Organización del informe.**

El trabajo de diploma incluye una introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos. Los tres capítulos se resumen como sigue:

## **CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.**

En este capítulo se recogerán los antecedentes de la implementación de este tipo de módulo de alimentación eléctrica auxiliar mediante el análisis, en diferentes acápite, que recogerán someramente un estudio científico del tema. Se expondrá su desarrollo e implementación en Cuba y otros países, que de forma conjunta evidencian la solución de la problemática planteada.

## **CAPÍTULO 2. DISEÑO METODOLÓGICO.**

En este capítulo se diseñará el módulo de alimentación eléctrica auxiliar que dará solución al problema científico planteado, a partir del estudio realizado sobre las UPS (Uninterruptible Power Supplies, por sus siglas en inglés), los sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía renovable, los grupos electrógenos y una serie de dispositivos; tratados en los diferentes acápite del mismo.

## **CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.**

Validación de los resultados y la efectividad de la aplicación diseñada mediante pruebas virtuales. Realización del análisis económico de la investigación.

### **Tareas de Investigación.**

- Investigación sobre los sistemas de alimentación eléctrica implementada en Cuba y en otros países para los enclavamientos ferroviarios.
- Investigación de la bibliografía necesaria para la realización del diseño metodológico de la propuesta.
- Proposición del diseño de un módulo de alimentación eléctrica auxiliar para un enclavamiento ferroviario, que cumpla con las exigencias técnicas en la seguridad al movimiento de trenes.
- Realización de la simulación de la propuesta teniendo en cuenta el toolbox SimPowerSystems del MATLAB.

*Capítulo I*



## **CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.**

De notable importancia es la seguridad en la estaciones del ferrocarril cubano cuyo factor esencial es mantener la integridad de todo el personal que se encuentra presente en los marcos de un enclavamiento ferroviario, la posibilidad de la ocurrencia de accidentes dentro del rango de afectación de los enclavamientos es un aspecto latente en Cuba ya que con la historia se ha sido testigo de ello.

Uno de los factores que contribuiría a evitar esta situación desfavorable sería la puesta en marcha de un módulo de alimentación eléctrica auxiliar que permita respaldar energéticamente y mantener alimentado los medios y señales de la inmediatez de un enclavamiento ferroviario, dígase semáforos y pizarra de control de posición de los cambia-vías; de forma tal que ante un fallo energético se logre mantener el adecuado funcionamiento en la estación ferroviaria.

Este tipo de módulo como función íntegra debe de ser un sistema de alimentación eléctrica auxiliar, por lo cual en este capítulo se materializa y ejemplifica su utilización en el ferrocarril cubano con el estudio realizado sobre el “CSR-1”, los paneles solares como fuente de energía renovable y las UPS(Uninterruptible Power Supplies, por sus siglas en inglés); luego de realizada la correspondiente revisión bibliográfica se desarrollarán una serie de epígrafes que de una manera conjunta argumentarán lo anterior.

### **1.1 Antecedentes socioculturales de los ferrocarriles.**

En el siglo XVIII, los trabajadores de diversas zonas mineras de Europa descubrieron que las vagonetas cargadas se desplazaban con más facilidad si las ruedas giraban guiadas por un carril hecho con planchas de metal, ya que de esa forma se reducía la fricción. El ingeniero de minas inglés Richard Trevithick, quien el 24 de febrero de 1804 adaptó la máquina de vapor, para que tirara de una locomotora que hizo circular a una velocidad de 8Km/h arrastrando 5 vagones, en la fundición de Peny-Darren en el sur de Gales (SIFER, 2011).

En 1821 el Parlamento inglés aprobó un proyecto de ley para la construcción de un ferrocarril entre Stockton y el centro siderúrgico de Darlington, en Durham. La compañía ferroviaria deseosa de obtener los mejores equipos, convocó a un concurso en 1829 para seleccionar la mejor locomotora, la Rocket, diseñada y construida por George y Robert Stephenson y Henri Boti, Rocket (SIFER, 2011).

En Europa continental el nuevo invento se difundió con rapidez, Francia inauguró, en 1828, un ferrocarril entre Saint Etienne y Andrezieux, en la región de Loira. También en 1828, comenzó a operar entre las ciudades de Lyns-Budweis el primer ferrocarril austriaco. En Alemania el ferrocarril se convirtió en fuente de prestigio y competencia, en 1835, Baviera y Sajonia inauguraban ferrocarriles y se disputaban el mérito de haber puesto la primera piedra del sistema ferroviario alemán.

Los norteamericanos que fueron los primeros en aplicar el vapor al transporte marítimo, tampoco marchaban a la zaga en materia ferroviaria. En 1828, se iniciaron los trabajos de construcción de la primera línea de servicios públicos, el ferrocarril de Baltimore-Ohio, pero este comenzó sus operaciones con carros tirados por caballos (SIFER, 2011). En 1830, se inauguró la primera línea concebida para tracción a vapor; la de Charleston a Hamburg, en el estado de Carolina del Sur.

### **1.1.1 Introducción del ferrocarril en Cuba.**

En abril de 1830 es creada la Comisión o Junta del Camino de Hierro, donde se analizarán las propuestas sobre los caminos de hierro (SIFER, 2011). El 15 de febrero de 1831, es presenciado el funcionamiento de la primera locomotora en Cuba. El primer tramo ferroviario de Cuba, de La Habana a Bejucal, de 17 millas (27,3 kilómetros), se concluyó e inauguró el domingo 19 de noviembre de 1837, 11 años antes de que España tuviera el suyo, entre Barcelona y Mataró. El tramo Bejucal - Güines, de 19 millas (30,5 kilómetros), fue inaugurado ese día de noviembre, pero de 1838. En realidad el primer tren que se deslizó por las paralelas de hierro salió del Taller de Ciénaga, sede del ferrocarril colonial de

Cuba, en un viaje de prueba, el 13 de noviembre de 1837, arribó a Bejucal a las 10:18 a.m.

En 1837 llegaron a Cuba las primeras 8 locomotoras inglesas fabricadas por la Braithwhith y Reanis y los carriles necesarios para su uso, los técnicos se contrataron en Estados Unidos. La locomotora "Junta de Fomento", es la más antigua conservada en Cuba, fue declarada Monumento Nacional del país en el 2002, y se llama así en reconocimiento a la magna obra del Conde de Villanueva. Su debut ocurrió en Matanzas, el 16 de agosto de 1843. Representa un símbolo del inicio del ferrocarril no solo en la isla, sino en el mundo, y más del 70 por ciento de sus piezas actuales son las originales (SIFER, 2011).

El ingeniero Jules Sagebien, trabajó enconadamente en la construcción, desarrollo y difusión posterior del ferrocarril en toda la isla. A él se debe en gran medida la construcción del ferrocarril de El Cobre, Oriente, en 1842, único en su tipo en el país por lo abrupto del terreno donde fue construido; la construcción de la Línea Cienfuegos-Palmira-Ranchuelo-Villa Clara, en 1846; la prolongación del ferrocarril de Júcaro, en Cárdenas, y en 1855 el de Guantánamo.

Los primeros tramos del ferrocarril del Oeste, que unieron a Ciudad de La Habana con Pinar del Río, inaugurado en 1861. En 1902, con la primera intervención yanqui, desde el centro y al este se creó un ferrocarril con capital de Estados Unidos. El Ferrocarril Central quedó inaugurado oficialmente el 12 de noviembre de 1902, luego de construirse 541 kilómetros de vía de Santiago de Cuba a Santa Clara. La Estación Central de Ferrocarriles, obra del arquitecto norteamericano Lente H. Murchin, se inauguró oficialmente el 30 de noviembre de 1912 (SIFER, 2011).

El 30 de junio de 1961 se creó la Empresa Consolidada de Ferrocarriles Nacionales, y entre 1964-1965 se importaron 80 locomotoras de la URSS, Francia e Inglaterra. La reconstrucción de la línea central, una de las obras de mayor envergadura en los años 1970-1980 se resume en 1291 kilómetros de vía, 1888 kilómetros de explanaciones; 229 puentes, y 909 obras de fábrica y de todas las estaciones de pasajeros y edificios técnicos, entre La Habana y Santiago de Cuba.

El 29 de enero de 1975 se realizó el acto por la conclusión del primer tramo de la línea central. El Comandante en Jefe Fidel Castro operó la locomotora soviética M-62-K No. 61602 y desde entonces se considera esta fecha el Día del Trabajador Ferroviario. El 30 de diciembre de 1977 Fidel inauguró la vía férrea rápida entre Santa Clara y Ciudad de La Habana (SIFER, 2011). En 1984 quedó concluida la reconstrucción de la Línea Central y el 19 de noviembre de 2002, quedó inaugurado el Museo del Ferrocarril de Cuba.

## **1.2 La señalización ferroviaria: Elemento fundamental de la seguridad de movimiento de trenes.**

La primera señal fue el “Disc and Crossbar”, formada por un disco en la parte superior que cuando se presenta de frente a la marcha, indica alto; y cuando se gira, muestra una pletina de forma rectangular indicando vía libre (Montes, 2007); en el año 1841 aparece un nuevo tipo de señal, el semáforo.

Esta señal consiste en un poste de aproximadamente cuatro metros de alto, con un brazo que extendido en su posición vertical significaba vía libre, inclinado 45° indicaba precaución, y horizontal indicaba parada. Para poder circular por la noche y aumentar el número de trenes por la línea, el semáforo iba equipado en un lateral con unos cristales, detrás de los cuales se colocaba un farol de aceite

De la misma manera en que se configuran las primeras señales, surgen los primeros accionamientos manuales de los desvíos. A pie de aguja se disponía de una palanca para cambiar la posición del desvío: el guardagujas se encargaría de maniobrar estas palancas para poner a continuación la señal correspondiente en su aspecto de marcha o vía libre (Montes, 2007).

En el año 1890, la ley inglesa establece la obligación de instalar enclavamientos de protección en todos los desvíos; los primeros enclavamientos de tipo mecánico de transmisión rígida. El enclavamiento se establecía a nivel de cada aguja con sus señales asociadas, según la posición del desvío, la señal autorizaba o no la ruta y no podía darse el caso por error de una señal autorizando una ruta cuya posición del desvío implicara problemas de seguridad con otras rutas ya establecidas (Moreno, 2013).

En las cabinas de enclavamiento (véase la figura 1-1.) existía un conjunto de barras verticales para maniobrar individualmente agujas y señales y además una colección de manetas horizontales (manetas de itinerario) que enclavaban las diferentes agujas y señales entre sí constituyendo itinerarios seguros y compatibles con otras rutas ya establecidas. La forma en que se accionaban las agujas y señales desde la cabina de enclavamiento variaba (Álvarez, 2013).



Figura 1-1: Enclavamiento Ferroviario.

Existían enclavamientos mecánicos (véase la figura 1-2) de transmisión funicular por cable de acero, de transmisión hidráulica o de transmisión hidroneumática. La evolución de la tecnología ha llevado al desarrollo de enclavamientos electromecánicos, eléctricos (de cableado libre y de módulos geográficos) y finalmente electrónicos (Álvarez, 2012).



Figura 1-2: Enclavamiento Mecánico.

### 1.3 Sistema de alimentación eléctrica a los enclavamientos ferroviarios.

La alimentación eléctrica a los enclavamientos ferroviarios constituye una premisa fundamental para garantizar el movimiento de los trenes con seguridad. En los

países desarrollados estos sistemas de alimentación cuentan con muchos puntos de contacto que los hacen compatible los unos con los otros (Moreno, 2013).

En Europa los enclavamientos ferroviarios cuentan con 4 fuentes de alimentación independiente, todas en función de garantizar la seguridad ferroviaria en el movimiento de los trenes.

El sistema más estable con que cuentan es el de una red de alimentación eléctrica independiente de 25 Kvolts exclusivamente para estos menesteres además de contar como reserva de esta la red eléctrica industrial (Gualda, 2012).

Como complemento cuentan con grupos electrógenos o plantas de emergencia para en casos excepcionales mantener energizados a estas estaciones y adicionalmente cuentan con un banco de baterías de 250 a 300 A/h, alimentado por un convertidor.

En América se cuenta con una alimentación exclusiva para los enclavamientos ferroviarios de 500 Kvolts, además de contar con grupos electrógenos fijos en cada enclavamiento, y grupos electrógenos móviles para ser utilizados en caso de emergencia, cuentan también con un banco de baterías de 200 A/h para la alimentación de los sistemas de señales automáticos (Mohan, 2013).

### **1.3.1 Particularidades del sistema de alimentación eléctrica en los enclavamientos ferroviarios cubanos.**

Nuestro país a pesar de ser el séptimo en implementar el ferrocarril a nivel mundial cuenta con serias limitaciones en cuanto a la alimentación eléctrica de nuestros enclavamientos ferroviarios. Ciertamente se previó por la alta dirección del país el montaje de una red exclusiva de 10 Kvolts la cual se comenzó a implementar en el año 1978 y se ejecutó desde ciudad de La Habana hasta el municipio de Santo Domingo en Villa Clara que nunca llegó a funcionar y constituyó una pérdida económica para el país.

En los momentos actuales contamos para satisfacer las necesidades eléctricas de nuestros enclavamientos con el sistema electroenergético nacional con un grupo de interrupciones que se crean por problemas de generación o por problemas

técnicos en las líneas de transmisiones hacia nuestras estaciones y con grupos electrógenos de tecnología muy heterogénea que garantizan medianamente nuestras necesidades de generación cuando falla la red eléctrica nacional. La obsolescencia del módulo convertidor adquirido de la antigua Unión Soviética nos está generando serios problemas con la seguridad en el movimiento de los trenes.

### **1.3.2 Módulo “CSR-1”, destinación del “CSR-1”.**

El convertidor “CSR-1” a semiconductores estaba destinado para cargar la batería de acumuladores aplicando la corriente alterna de la red eléctrica (régimen normal) y convertir la energía de corriente continua (directa) de la batería de acumuladores a alterna, cuando se desconectaba la red eléctrica (régimen de avería).

El “CSR-1” junto con el relé de tensión, tipo RTS (relé de tensión en semiconductores) garantizaba el mantenimiento óptimo de la batería de acumuladores en el régimen activo y la carga acelerada en el tiempo de postavería.

El convertidor se fabricaba en la versión abierta y se colocaba en los paneles, armarios cerrados y en lugares protegidos de la penetración de la humedad, polvo y objetos ajenos. El “CSR-1” se empleaba en general en los dispositivos de paneles de alimentación eléctrica de los puestos de las centrales intermedias, equipadas con los convertidores estáticos.

#### **1.3.2.1 Funcionamiento y características.**

##### **Funcionamiento:**

El convertidor “CSR-1”, cuyo esquema funcional, constaba de cuatro partes principales (véase la figura 1-3): inversor del rectificador mandado “IRM”; bloque de mando de los tiristores “BMT”; regulador de fases “RF”; dispositivo de protección y de disparo “DPD”.

---

Durante el régimen de conversión (RCT) la interacción de los elementos se realizaba del modo siguiente:

El generador “G” en el bloque de mando de los tiristores producía la frecuencia estable del trabajo del convertidor. La tensión de salida rectangular del generador se convertía por el conformador de impulso “CFI”, en los impulsos de picoforma que hacían activo el inversor.

El inversor hacía convertirse la corriente continua a alterna en la salida del convertidor; el dispositivo de protección y disparo facilitaba el disparo del inversor y realizaba la protección de las sobrecargas y cortocircuitos en la salida del convertidor (URSS, 1982).

Durante el régimen de rectificación (RRT):

La tensión alterna a través del transformador de potencia se aplicaba al rectificador de puente mandado, el puente de rectificación estaba acoplado con la batería de acumuladores.

La regulación de corriente de carga se realizaba cambiando la fase de impulsos de mando respecto a la tensión alterna que se aplicaba al diagonal de puente del regulador de fase. El generador amplificador transformaba la tensión sinusoidal que llegaba desde la salida de regulador de fase a la rectangular; el conformador de impulsos trabajaba también como en el régimen de conversión.

Para controlar el regulador de fase fuera del convertidor “CSR-1” se colocaban dos relés en semiconductores de tensión, tipo RTS, en la salida de los cuales se conectaban los relés “RCA” (relé de carga de los acumuladores) y “Carga”, los que conmutaban los regímenes de carga de la batería de acumuladores.

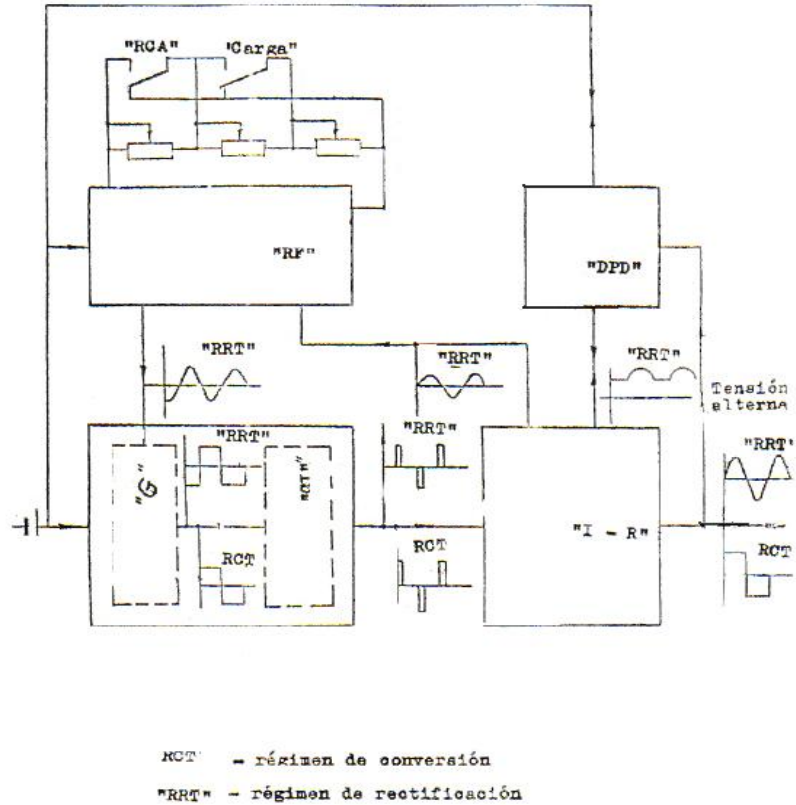


Figura 1-3: Esquema funcional del "CSR-1".

**Características:**

Tabla 1-1: Régimen de Conversión.

Régimen de Conversión	
La fuente de alimentación eléctrica era la batería de acumuladores con la tensión nominal, V	24
La potencia nominal de la carga, siendo igual a 0.9 el $\cos \zeta$ , kw	1

<b>Régimen de Conversión</b>	
El valor activo nominal de tensión de salida, V	215-230
La frecuencia de tensión de salida, Hz	$60 \pm 0.6$
El tiempo de disparo, s	no más de 0.5
El rendimiento, siendo nominal la carga, %	no menos de 80

El valor admisible de potencia de salida, ( $P_{adm}$ ) y de rendimiento ( $N$ ) del convertidor, respecto al  $\cos \zeta$  y del coeficiente de carga ( $C_c = P_{carga} / P_{nominal}$ ).

No debían encontrarse los transformadores, con la corriente en marcha en vacío en más de 100 mA. La corriente a consumir por el "CSR-1", siendo muerta la marcha, era de 4.5 A, como máximo (URSS, 1982).

Tabla 1-2: Régimen de Rectificación.

<b>Régimen de Rectificación</b>	
La fuente de alimentación era la red de corriente alterna con la tensión nominal, V	220
La corriente de carga de la batería de acumuladores, A	de 0 a 20

<b>Régimen de Rectificación</b>	
El cambio de la corriente de carga establecida, si las oscilaciones de tensión de alimentación era de 190 a 250 V, no más del, %	+ - 25
El rendimiento, no menos del, %	65
La corriente a consumir de la red de corriente alterna, siendo máxima la corriente de carga, no más de , A	7
Las dimensiones exteriores, mm	775x375x355

### **1.3.2.2 Orden de conexión.**

El “CSR-1” se destinaba para colocarlo dentro del panel de conversión “PDC-CE” que entra en la composición de los dispositivos de alimentación eléctrica; durante el funcionamiento del convertidor “CSR-1” fuera de los paneles el montaje exterior se acoplaba con este. De la batería de acumuladores de “CSR-1” se tendían separadamente los conductores de fuerza “PB 24-NB 24”, y los conductores de control “PBC-NBC”.

### **1.3.2.3 Exigencias de la Técnica de seguridad.**

La seguridad eléctrica del convertidor correspondía a las exigencias de las normas NC 175. 007.0-75. Según el método de protección del hombre de la afección con corriente eléctrica, el convertidor se refiere a la clase 01 y tiene la toma de tierra protectora, el perno con el diámetro M4. Cerca del lugar, donde se realizaba el acoplamiento del conductor de toma de tierra se encontraba el signo

distintivo de toma de tierra que no se borraba durante la explotación. Los tamaños del signo correspondían a los requisitos de dibujos.

La transportación del convertidor se realizaba en la tara utilizando todas las variedades de medios del transporte, excepto el transporte aéreo en las condiciones, determinadas respecto a la influencia de los factores mecánicos con condiciones de transportación X según el NC 175. 007.0-75. y respecto a la influencia de los factores climáticos con condiciones de almacenamiento 6 (OX2) según el NC 175. 007.0-75. En los casos de transportación de corta duración en las plataformas abiertas en los camiones la tara de transportación con los convertidores, embalados en esta, debía ser cubierta por lona impermeabilizadora. La tara con los convertidores, embalados en esta, debía ser sujeta en los vagones, plataformas, bodegas y en otros medios de transporte de tal modo que era excluida la posibilidad del desplazamiento de la tara y sus choques mutuos (URSS, 1982).

#### **1.4 Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI).**

Las UPS (Uninterruptible Power Supplies, por sus siglas en inglés) han recibido a través del tiempo diferentes denominaciones, una de las más utilizadas es la de Back-up (respaldo). El término Back-up no es el más correcto ya que solo enmarca una de las funciones que realizan las UPS.

Las UPS como bien lo expresa su nombre es una fuente de energía ininterrumpible; que además debe resolver diversos problemas que ocurren en la fuente de energía AC; cuyas consecuencias pueden ser fatales, estas consecuencias pueden destruir tanto la información como el equipamiento provocando grandes pérdidas económicas.

De acuerdo a la capacidad que tengan estos dispositivos de proteger los sistemas contra los diferentes tipos de fallas así será su complejidad y sus precios. Es por esta razón que las compañías productoras han definido 9 tipos de fallas como Standard y han clasificado las UPS en grupos o niveles según las fallas que sean capaces de resolver o para entregar lo que es llamado una salida "limpia".

Esto constituye uno de los aspectos para su clasificación, otros aspectos están relacionados con la forma de trabajo que como se verá más adelante existen tres formas básicas: on-line, off-line, interactive-line. Por último podemos señalar que también se clasifican de acuerdo al número de fase de la entrada de AC (Kurtz, 2014).

### **1.5 Fuentes renovable de generación eléctrica.**

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre las energías renovables se cuentan la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar, undimotriz, la biomasa y los biocombustibles.

Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, la eólica y la hidráulica. La navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la del Sol, son buenos ejemplos de ello.

Hacia la década de los años 1970 las energías renovables se consideraron una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura garantizada (a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación) como por su menor impacto ambiental en el caso de las energías limpias, y por esta razón fueron llamadas energías alternativas. Actualmente muchas de estas energías son una realidad, no una alternativa, por lo que el nombre de alternativas ya no debe emplearse (Orbegozo, 2011).

Según la Comisión Nacional de Energía, en España, la venta anual de energía del Régimen Especial se ha multiplicado por más de 10 en España, a la vez que sus precios se han rebajado un 11%.

En España las energías renovables alcanzaron en el año 2005 un 5,9% del total de energía primaria, un 1,2% es eólica, un 1,1% hidroeléctrica, un 2,9% biomasa y el 0,7% otras. La energía eólica es la que más crece.

Las fuentes renovables de energía pueden dividirse en dos categorías: no contaminantes o limpias y contaminantes. Entre las primeras:

- La llegada de masas de agua dulce a masas de agua salada: energía azul.
- El viento: energía eólica.
- El calor de la Tierra: energía geotérmica.
- Los ríos y corrientes de agua dulce: energía hidráulica o hidroeléctrica.
- Los mares y océanos: energía mareomotriz.
- El Sol: energía solar.
- Las olas: energía undimotriz.

Las energías de fuentes renovables contaminantes tienen el mismo problema que la energía producida por combustibles fósiles: en la combustión emiten dióxido de carbono, gas de efecto invernadero, y a menudo son aún más contaminantes puesto que la combustión no es tan limpia, emitiendo hollines y otras partículas sólidas.

Un panel solar (o módulo solar) es un dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica) mediante energía solar térmica y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad mediante energía solar fotovoltaica (Bulletin, 2012).

### **1.5.1 Sistema fotovoltaico como fuente renovable de generación eléctrica.**

Los paneles fotovoltaicos: están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad; las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas, del griego "fotos", luz. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía lumínica produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

Silicio cristalino y arseniuro de galio son la elección típica de materiales para celdas solares. Los cristales de arseniuro de galio son creados especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los cristales de silicio están disponibles en lingotes estándar más baratos producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica. El silicio policristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor coste.

Cuando es expuesto a luz solar directa, una celda de silicio de 6 cm de diámetro puede producir una corriente de alrededor 0,5 amperios a 0,5 voltios. El arseniuro de galio es más eficaz que el silicio, pero también más costoso (ECURED, 2014).

Se realizan conexiones eléctricas en serie-paralelo para determinar el voltaje de salida total. La cimentación y el sustrato deben ser conductores térmicos, ya que las celdas se calientan al absorber la energía infrarroja que no es convertida en electricidad. Debido a que el calentamiento de las celdas reduce la eficacia de operación es deseable minimizarlo (Bulletin, 2012). Los ensamblajes resultantes son llamados paneles solares o grupos solares.

### **1.5.2 Potencia mundial generada por la energía fotovoltaica.**

La potencia de un módulo solar se mide respectivamente en kW o MW (Kilowatt o Megawatt de potencia). Se trata de la potencia eléctrica generada en condiciones estándares para la incidencia de luz. A finales de 2013 había instalados en el mundo aproximadamente 96,5 GW de energía solar fotovoltaica, según un informe dado a conocer por la Agencia Internacional de la Energía (Fundación Wikimedia, 2014).

### **1.5.3 Coste de paneles.**

El coste de los paneles fotovoltaicos se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales y su coste medio de generación eléctrica ya es competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red. Hasta 2005 el problema más importante con los paneles fotovoltaicos era el costo, que estaba bajando hasta 3 o 4 dólares por vatio. El precio del silicio usado para la mayor parte de los paneles tuvo una breve tendencia al alza en 2008, lo que hizo

que los fabricantes comenzaran a utilizar otros materiales y paneles de silicio más delgados para bajar los costes de producción. Debido a economías de escala, los paneles solares se hacen menos costosos según se usen y fabriquen más.

A medida que ha aumentado la producción, los precios han continuado bajando y todas las previsiones indican que lo seguirán haciendo en los próximos años. El coste de las células solares de silicio cristalino ha descendido desde 76,67 \$/Wp en 1977 hasta aproximadamente 0,74 \$/Wp en 2013. Esta tendencia sigue la llamada "ley de Swanson", una predicción similar a la conocida Ley de Moore, que establece que los precios de los módulos solares descienden un 20% cada vez que se duplica la capacidad de la industria fotovoltaica (Fundación Wikimedia, 2014).

### **1.6 Conclusiones del Capítulo 1.**

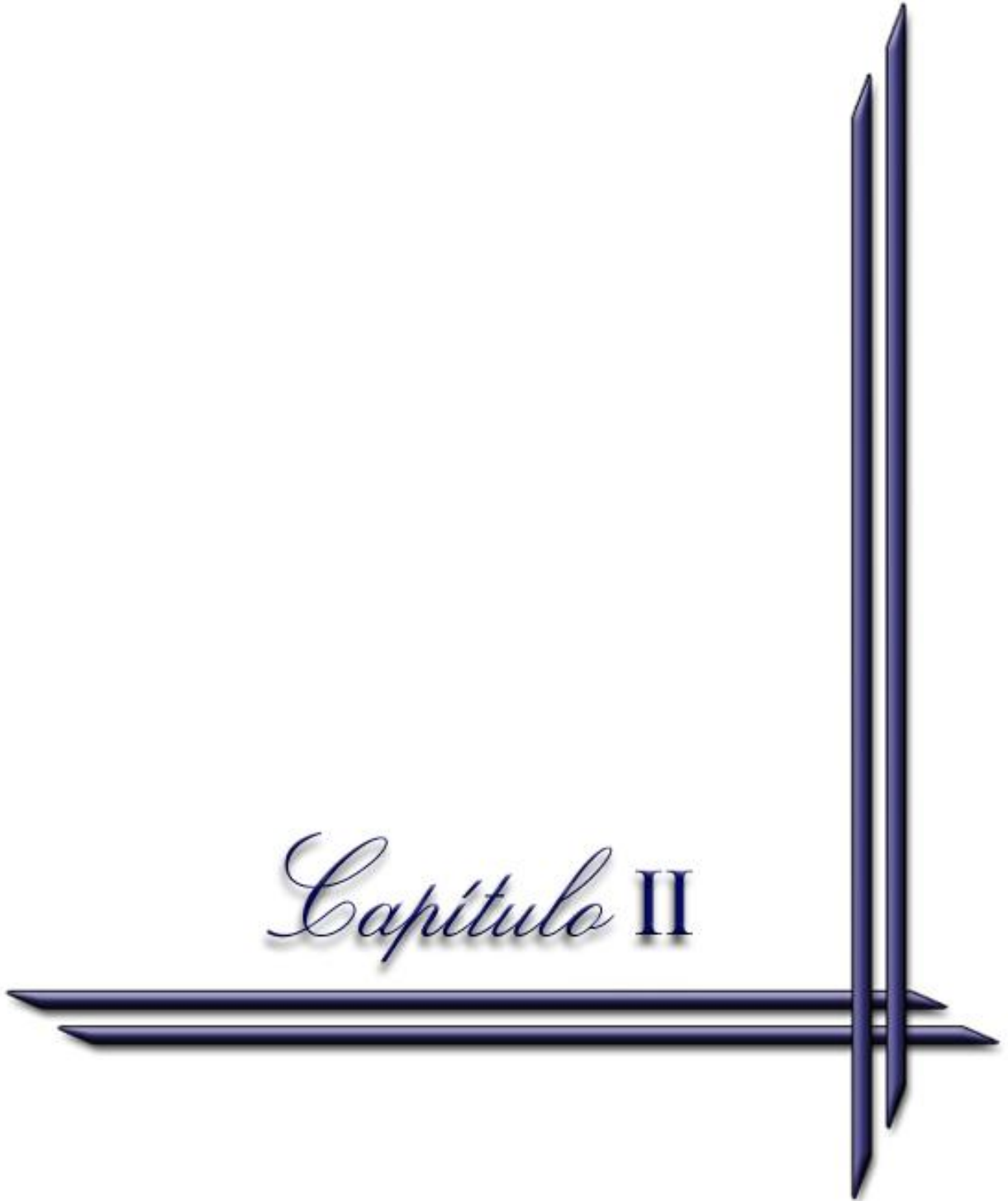
En este capítulo se ha desarrollado una profundización en la historia sociocultural del surgimiento del ferrocarril tanto en Cuba como en el ámbito internacional, una descripción de la señalización ferroviaria donde se planteó algunos de los tipos de señales implementados en el transporte ferroviario que dieron paso a los enclavamientos en las estaciones del ferrocarril, desde las cuales se realiza el control de la posición de los trenes en la vía férrea, así como el manejo de las señales más importantes en una estación (dígase semáforo y pizarra de control de posición de los cambia-vía). Se analizó el sistema de alimentación eléctrica a los enclavamientos ferroviarios en países como Rusia y España. Se analizó el sistema de alimentación eléctrica en los enclavamientos ferroviarios cubanos, del "CSR-1" se realiza una descripción detallada en su diseño, en este capítulo.

Un análisis de los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida o UPS (por sus siglas en inglés) y de los paneles fotovoltaicos como fuente de energía renovable para alimentación eléctrica, realizándose una descripción de lo más relevante de sus aspectos. A través de la síntesis de cada uno de los epígrafes que presenta el Marco Teórico, luego de realizada la búsqueda y la revisión bibliográfica y teniendo en cuenta lo anterior se ha determinado que la metodología a utilizar para el diseño de un módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización

---

automática de un enclavamiento ferroviario, consta de la selección adecuada de los componentes que lo integran que al operar de manera conjunta dan solución al problema existente, en los enclavamiento ferroviarios cubanos.

*Capitula* **II**



---

## CAPÍTULO 2. DISEÑO METODOLÓGICO.

El uso de la energía en cualquiera de sus manifestaciones es vital para el hombre. Sin energía la sociedad sería incapaz de sobrevivir. De ella dependen la iluminación de interiores y exteriores, la preparación y conservación de alimentos y medicinas, el transporte de personas y mercancías, el funcionamiento de las fábricas y otros importantes aspectos de la vida, normales e imprescindibles para la sociedad moderna.

Los combustibles fósiles han sido los grandes protagonistas del impulso industrial desde la invención de la máquina de vapor hasta nuestros días. De ellos, como ya se dijo, depende la mayor parte de la industria y el transporte en la actualidad.

En la actualidad se han retomado las ideas de nuestros antepasados y se ha comenzado una revisión al amparo de las nuevas tecnologías, de aplicaciones más eficientes a estas fuentes, lo que ha dado en llamarse como fuentes de energía renovables.

En este capítulo se pretende realizar un diseño metodológico a partir del aprovechamiento de estas fuentes renovables de energía, específicamente la solar, con la utilización de paneles solares que conjuntamente con la propuesta de dispositivos técnicos adecuados, lograrán el diseño de un módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario, que provee de la seguridad necesaria al sistema ferroviario nacional ante el fallo de energía eléctrica del sistema electroenergético nacional, posibilitando el correcto funcionamiento de los sistemas de señalización de una estación de trenes.

### 2.1 Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI), las UPS.

Aún las más esotéricas configuraciones, caen dentro de dos categorías principales de UPS, llamadas ON-Line (en línea) y Off-Line (fuera de línea). Ambos diseños nos proveen de una energía de reserva desde un grupo de

baterías cuando la línea de alimentación principal falla, pero difieren en el rango y extensión de otros beneficios que ellas pueden otorgar.

La sección de entrada es la forma en que la tensión de la línea es conectada a la UPS, después de la sección de entrada suele haber un filtro, para la protección contra picos transitorios, interferencias de radio frecuencia, etc. Todas las configuraciones de UPS tienen un Inversor que entrega una salida de onda cuasi-sinusoidal o sinusoidal.

Una batería es necesaria para mantener funcionando a la UPS cuando la energía de la línea falla o cae demasiado; con una autonomía (tiempo de reserva de energía) típica para una UPS de pequeño o mediano tamaño, suele ser de 10 a 15 minutos (Kurtz, 2014). Un circuito cargador es necesario para recargar la batería luego de un corte de energía, y para mantener a la batería a plena carga mientras no está en uso.

### 2.1.1 Clasificación de los UPS de acuerdo a sus características y utilización.

Existen 3 tipos básicos de UPS, fuera de línea (off-line), en línea (on-line), e interactivo con la línea (line-interactive).

Definiciones:

On -line: Si el 100% de la corriente de la carga es normal y permanentemente suministrado por el inversor de la UPS; están conformadas básicamente por un convertor de corriente alterna a continua, que puede ser un rectificador, una batería y un inversor de corriente continua a alterna.

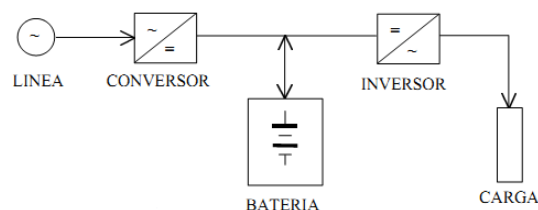


Figura 2-1: UPS ON-Line.

En condiciones normales del suministro eléctrico, el convertor de CA/CC, entrega al circuito corriente continua que alimenta a la batería y al inversor, que convierte nuevamente la tensión continua en alterna y alimenta la carga crítica.

Si se produce un fallo en la energía suministrada por la red principal, o algunos de sus parámetros, como se ha visto anteriormente, no son el conveniente para el equipo protegido (Kurtz, 2014).

El convertor deja de funcionar y la batería pasa a alimentar la carga vía el inversor, ver figura 2-1. Este tipo de UPS proveen energía constante a la carga sin tiempo de transferencia, de ahí que se le suele designar, como UPS real o verdadera UPS (Sánchez, 2004).

Off-line: Si la corriente de la carga es normalmente suministrada directamente por la línea; también denominadas “Stand-by” o “No-Break” están formadas básicamente por un convertor de corriente alterna a continua, que puede ser un rectificador o cargador de batería, una batería y un inversor de corriente continua a alterna.

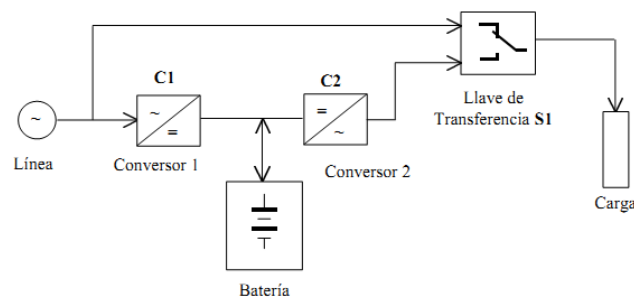


Figura 2-2: UPS Off-Line.

El convertor de corriente alterna a continua, cuando hay energía en la red, solo carga la batería, ya que generalmente en estas condiciones el inversor no funciona o funciona en vacío o solo funciona la etapa de control, con el fin de ahorrar energía y efectuar una transferencia en el menor tiempo posible, ver figura 2-2.

La UPS interactiva: Una importante mejora a la UPS tipo Standby, fue el agregado de un regulador de tensión de entrada (estabilizador), constituido por un transformador con derivaciones seleccionables. El estabilizador de tensión, a la entrada del sistema, permite operar al sistema en "Modo Normal", cuando se producen caídas o sobre elevaciones en la tensión de línea, sin que sea necesario conmutar al Modo Batería. La operación de una UPS Interactiva, en modo Batería es idéntica al de las UPS Standby. Consta de una llave de transferencia, un conversor reversible y batería, ver figura 2-3.

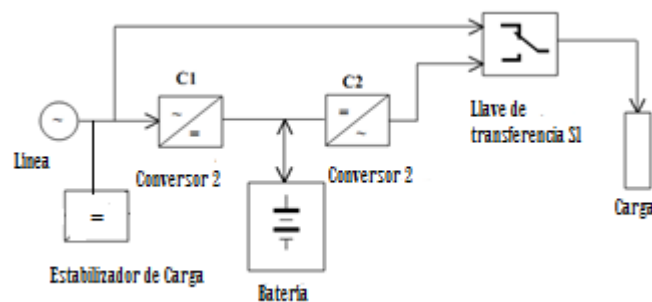


Figura 2-3: UPS interactiva.

La potencia reactiva de este sistema UPS, es proporcional a la diferencia de los valores eficaces de las tensiones de línea y del inversor. Si la tensión del inversor es menor que la tensión de la red, entonces el convertidor consume potencia reactiva, en cambio, si la tensión del convertidor es mayor que la de la red entrega energía reactiva (Kurtz, 2014). Por lo tanto controlando el valor eficaz de la tensión del inversor se puede compensar o sobre compensar el factor de potencia de la carga.

### 2.1.2 Criterios para la correcta selección de las UPS.

Se elige una UPS Off-line similar a la On-line, con la diferencia que, en condiciones normales una llave S1, que puede ser estática o electromecánica, alimenta la carga directamente de la red (de ahí el nombre de Stand-by ); a pesar de presentar un tiempo apreciable en la transferencia de red a línea y de que la carga en condiciones normales de línea, está directamente sometida a las posibles perturbaciones de la red, es uno de los sistemas más utilizados en

computadora tipo personales, centrales de teléfono, electromedicina, etc., ya que su costo es apreciablemente menor que una del tipo “On-line”. El peso del equipo es mucho menor, que una UPS “On-line” puesto que los transformadores son más pequeños. Como el inversor no se encuentra funcionando permanentemente es mucho más silenciosa que una “On-line” (Kurtz, 2014). En condiciones normales la forma de onda en la carga es la correspondiente a la red no necesita filtros especiales como las “On-line”.

### 2.1.3 Características del COMPACT C 2600-24.

El COMPACT C 2600-24 (véase la figura 2-4) es un inversor de onda senoidal con cargador de baterías integrado, y regulador solar de carga, con muchas funciones adicionales. El COMPACT C 2600-24 ha sido desarrollado para su uso en instalaciones aisladas (independientes de la red eléctrica), o para trabajar como sistema de alimentación ininterrumpida (SAI o UPS).



Figura 2-4: COMPACT C 2600-24.

La máxima intensidad del contacto de Transferencia es de 16 A, es decir, con este sistema se pueden alimentar aparatos de consumo hasta un máximo de 3700 W. Cuando el cargador de batería está trabajando, parte de esta potencia es utilizada para la carga, de acuerdo con el sistema de distribución de energía.

El sistema de transferencia está protegido contra sobrecarga con un fusible de seguridad automático en la parte de entrada AC del COMPACT C 2600-24. Si el

---

sistema es sobrecargado el botón del fusible se disparará. Para poner de nuevo el sistema automático de seguridad se debe presionar nuevamente el botón.

El umbral de tensión de entrada que permite la función de transferencia puede ser ajustado de 150 hasta 230V por el botón de ajuste “TRANSFER” (23) (véase la figura 2-5). En salida de fábrica está ajustado en la posición mediana de 200V que es el valor correcto para la mayoría de las aplicaciones corrientes. Una tensión de entrada (sobre AC in) superior a este valor generará el traslado de la tensión de entrada sobre la salida (AC out) y desactivará el modo inversor (STUDER, 2013). Si la tensión de entrada esta inferior de 20V a la tensión reglada, la transferencia estará desactivada al mismo tiempo que el inversor arrancara.

El COMPACT C 2600-24(véase el anexo 1, ficha técnica del COMPACT C 2600-24) dispone de un regulador solar de carga incorporado. Para cargar la batería, se pueden conectar los módulos solares al terminal SOLAR +/- . Se trata de un “regulador de cambio” de 30 A. Las tensiones de trabajo de los módulos solares deben ajustarse a las tensiones de trabajo del COMPACT C 2600-24 y no exceder nunca el valor máximo especificado.

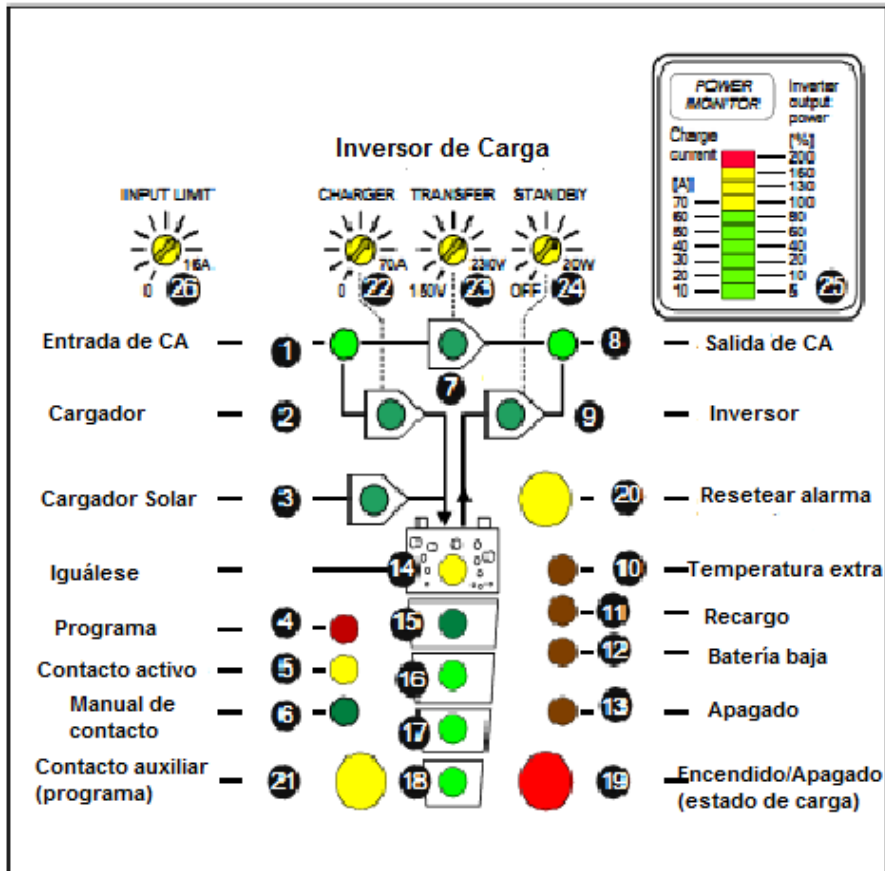


Figura 2-5: Display y elementos de control de operación.

## 2.2 Empleo de la energía solar como fuente renovable.

La energía solar es el resultado de reacciones nucleares de fusión. Esta radiación electromagnética llega a la Tierra a través del espacio e interactúa con la atmósfera y la superficie terrestre. Es esta radiación la que se aprovecha para obtener energía. Existen dos formas de energía a partir de la radiación solar de las cuales el hombre se beneficia, estas son: la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica.

### 2.2.1 Energía solar térmica.

La energía solar térmica se refiere a la energía del Sol que se aplica con fines térmicos (calentamiento). La conversión de la energía solar en calor útil se logra por medio de dispositivos conocidos como colectores solares, los cuales pueden ser clasificados en dos grupos: lo de bajas temperaturas (colectores planos), los

---

que alcanzan temperaturas entre 40 y 100 grados Celsius; y los de altas temperaturas (colectores concentradores), con los que se obtienen hasta 500 y más grados Celsius de temperatura (ECURED, 2014).

### **2.2.1.1 Colectores planos.**

Los colectores planos son de construcción sencilla, generalmente consisten en una caja de pequeño grosor en comparación con sus otras dos dimensiones y en su interior se instala una superficie absorbente, recorrida por unos tubos por donde circula el agua que transporta el calor útil absorbido. Esta caja se cubre por una lámina transparente de vidrio o plástico, con el objetivo de reducir las pérdidas por convección o radiación. En la parte opuesta a esta cara se coloca un material aislante que tiene como función reducir las pérdidas por convección.

El principio de funcionamiento de estos colectores es el siguiente: los colectores interceptan la radiación en una placa de absorción por la que circula el fluido portador. Este fluido se calienta al atravesar los canales por transferencia de calor desde la placa de absorción, para luego darle el uso deseado.

Una de las posibilidades de este tipo de colector es que no solo capta la radiación directa sino también la radiación difusa. Un calentador solar bien dimensionado puede trabajar de manera satisfactoria no solo en días soleados sino en días medio nublados, siempre que la radiación no caiga por debajo de ciertos límites (ECURED, 2014). En nuestro país se logra satisfacer la demanda de agua caliente en más del 95 % de los días del año.

### **2.2.1.2 Colectores concentradores.**

Conocidos también como colectores focales, son utilizados en sistemas ópticos reflectores o refractores, con el objetivo de concentrar la energía solar en un foco generalmente puntual o lineal. En estos calentadores, la energía solar se concentra, antes de transformarse en calor, por medio de procedimientos ópticos.

La radiación solar que penetra a un colector concentrador a través de una superficie determinada se refleja, refracta o absorbe por una superficie menor, para luego ser convertida en energía térmica. Como resultado de esta

---

concentración, la intensidad de la energía solar se incrementa y las temperaturas del receptor pueden tomar varios cientos e incluso miles de grados Celsius.

Los concentradores deben moverse hacia el Sol si se quiere que actúen con eficiencia. La ventaja principal de este tipo de calentador es la reducción de las pérdidas térmicas en el receptor, ya que existe menos área para la radiación del calor y el líquido que circula por el receptor puede calentarse a mayores temperaturas con un rendimiento razonable y a menor costo (Bulletin, 2012).

### **2.2.1.3 Tendencias y aplicaciones de la energía solar térmica.**

En nuestro país como solución a los problemas energéticos y aprovechando la radiación solar que es intensa todo el año, también se hace uso de la energía solar térmica. Los círculos infantiles, escuelas, hospitales, empresas, campismos y algunas otras entidades del Estado se benefician de la radiación solar, por medio de la instalación de calentadores solares. También el secado de productos agropecuarios e industriales es otra de las aplicaciones que encuentra la energía solar térmica en nuestro país (ECURED, 2014).

### **2.2.2 Energía solar fotovoltaica.**

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene transformando la radiación solar directamente en electricidad por medio de paneles solares construidos para este fin. El principio de funcionamiento de estos sistemas de paneles se basa en el fenómeno físico conocido como efecto fotoeléctrico o fotovoltaico.

Este fenómeno permite que algunos materiales con determinadas propiedades, sean capaces de emitir electrones cuando reciben luz (energía de los fotones). Cuando estos electrones libres se capturan, el resultado es una corriente eléctrica. En la figura 2-6 se ilustra la operación de una celda fotovoltaica, llamada también celda solar. Las celdas solares están hechas de materiales semiconductores, tales como el silicio, que se usan en la industria microelectrónica.

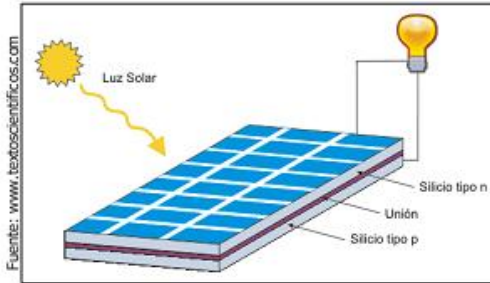


Figura 2-6: Operación de una celda fotovoltaica.

Para las celdas solares, una delgada rejilla semiconductor se trata especialmente para formar un campo eléctrico, positivo en un lado, la energía luminosa llega hasta la celda solar, los electrones reciben la energía suficiente para abandonar el material semiconductor. Si se ponen conductores eléctricos tanto del lado positivo como del negativo de la rejilla, y se forma un circuito eléctrico, los electrones forman una corriente eléctrica, que se puede aplicar a una carga determinada.

Las celdas solares de silicio transforman la energía solar en eléctrica con una eficiencia de conversión, a nivel de laboratorio, con valores cercanos a 25 %, lo que se convierte en un desafío a obtener en las producciones industriales de bajo costo. Para el caso de otras celdas más complejas, se puede alcanzar valores de eficiencia de conversión de hasta un 34 %.

Un arreglo de varias celdas solares conectadas eléctricamente unas con otras y montadas en una estructura de apoyo o un marco, se llama módulo fotovoltaico (véase la figura 2-7). Los módulos están diseñados para proveer un cierto nivel de voltaje. La corriente producida depende directamente de cuánta luz llega hasta el módulo (Orbegozo, 2011).

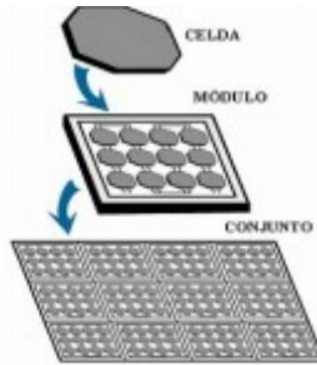


Figura 2-7: Módulo y arreglo fotovoltaico.

### 2.2.2.1 Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica.

Las celdas fotovoltaicas ofrecen varias ventajas, entre las que están las siguientes:

- No tienen partes móviles.
- Son extremadamente modulares
- Generan desde fracciones de W hasta decenas de MW (se pueden instalar en un reloj, casa, auto, fábrica, etc.).
- Fácil instalación, inclusive por partes y cada una de ellas genera inmediatamente, o sea, es aditiva.
- Versátil y silenciosa.
- Tiene poco riesgo tecnológico, ya que la disminución de los costos ha ido dictando el nivel de aplicación en cada momento, facilitando así su carácter modular (comienza a ser competitiva con otras fuentes).
- Produce muy bajo impacto ambiental (prácticamente ninguno), ayudando de esta forma a mantener limpio el medioambiente.

La principal desventaja de esta tecnología es el costo, el que ha ido decreciendo vertiginosamente a medida que su aplicación se ha extendido. Otra de las desventajas que presenta es que sus niveles de generación varían en dependencia de la radiación, existiendo lugares donde su contribución es pobre.

---

### **2.3 Desarrollo de la energía fotovoltaica en Cuba.**

La transformación directa de la radiación solar en electricidad por conversión fotovoltaica, es una de las formas más promisorias de su aprovechamiento a largo plazo. Su sostenido desarrollo internacional permite ya aplicarla con una mayor rentabilidad que la del resto de las fuentes convencionales, en diferentes aplicaciones aisladas y remotas. En Cuba existe alrededor del 5% de hogares sin electrificación, ubicado en zonas alejadas del sistema eléctrico nacional, los cuales pudieran ser energizados con energía solar fotovoltaica.

En Cuba también se ha incrementado notablemente la potencia fotovoltaica instalada mediante la electrificación de escuelas, consultorios médicos y otros objetivos sociales vinculados con la cultura y a la recreación en lugares apartados de las redes del Sistema Eléctrico Nacional. Al terminar el primer semestre del año 2013 la potencia total instalada alcanzaba los 2 MW en sistemas fotovoltaicos autónomos (ECURED, 2014).

Aplicaciones tales como el Programa de Electrificación fotovoltaica a las Casas Consultorios del Médico de la Familia en las montañas y zonas rurales remotas con casi 240 instalaciones funcionando, varios hospitales de montaña, escuelas con internado, más de 100 círculos sociales y poblados, confirman lo positivo de esta solución (ECURED, 2014).

### **2.4 Grupo Electrónico.**

Los conjuntos moto-generadores (véase la figura 2-8) están siendo utilizados para la construcción de edificios nuevos así como para actualizaciones. Proporcionan energía de emergencia en el caso de la falla del servicio de energía y se pueden usar para reducir el costo de la electricidad donde la estructura y política de la tarifa del servicio local, los hacen una opción viable. Debido a su importante papel, los conjuntos generadores deben especificarse y aplicarse de tal manera que proporcionen energía eléctrica confiable de la calidad y capacidad requeridas.



Figura 2-8 Grupo Electrónico.

#### 2.4.1 Tipos y Capacidades del Sistema.

Los sistemas de generación de energía en el sitio se pueden clasificar por el tipo y la capacidad del equipo de generación. El equipo de generación se clasifica usando las capacidades en: emergencia, primaria y continua. Las definiciones de las capacidades son importantes para entender cuando usar el equipo. El tipo del sistema de generación en el sitio y la capacidad apropiada a usar se basa en la aplicación. Vea la Tabla 2-1 y las descripciones de lo siguiente:

-Sistemas de Emergencia: Los sistemas de emergencia generalmente se instalan según se exijan para la seguridad pública y sean obligatorios por ley. Están pensados para proporcionar energía e iluminación por periodos cortos para tres propósitos: permitir una evacuación segura de edificios, para equipo de apoyo a la vida y crítico para gente vulnerable o para sistemas de comunicaciones críticos e instalaciones usadas para seguridad pública (Generation, 2014).

-Standby Legalmente Exigido: Los sistemas Standby legalmente exigidos, generalmente se instalan como lo ordenan los requisitos legales para la seguridad pública. Están pensados para proporcionar energía e iluminación por periodos cortos donde son necesarios para evitar peligros o para facilitar las operaciones de combate de incendios (Generation, 2014).

-Standby Opcional: Los sistemas Standby opcionales generalmente se instalan donde la seguridad no está en riesgo, pero la pérdida de energía podría causar una pérdida económica comercial o de ingresos, interrumpir un proceso crítico o causar una inconveniencia o incomodidad. Estos sistemas

---

se instalan en centros de datos, granjas, edificios comerciales e industriales y residencias (Generation, 2010).

-Potencia Primaria: Las instalaciones de potencia primaria usan la generación en lugar de un suministro de red pública, donde no se dispone de la energía de servicio. Un sencillo sistema de energía primaria utiliza cuando menos dos conjuntos generadores y un interruptor de transferencia para transferir el suministro a las cargas entre ellos (Generation, 2014).

-Rasurado de Picos: Las instalaciones para el rasurado de picos utilizan la generación para reducir o allanar los picos de electricidad con el propósito de ahorrar dinero en los cargos por demanda de energía. La generación instalada para propósitos Standby también puede usarse para el rasurado de picos (Generation, 2014).

-Reducción de Tarifa: Las instalaciones para reducción de la tarifa usan la generación de acuerdo con los convenios de la tarifa de energía eléctrica con los servicios de electricidad públicos. La generación instalada para propósitos de Standby también puede usarse para la reducción de tarifa (Generation, 2014).

-Carga de Base Continua: Las instalaciones para carga de base continua usan la generación para suministrar energía (kW) constante por medio de equipo de interconexión con una red de servicio. Estas instalaciones normalmente son de los servicios de electricidad o están bajo su control (Generation, 2014).

-Co-Generación: A menudo, la generación para carga de base continua se usa en la aplicación de Co-Generación. La Co-Generación utiliza tanto la generación de electricidad directa como el calor de los desechos del escape para sustituir la energía suministrada por el servicio público. El calor de desecho se captura y cualquiera de los dos se usa directamente o se convierte en electricidad (Generation, 2014).

Tabla 2-1: Capacidad y Tipo de Sistemas.

	Capacidad del Conjunto Generador		
Tipos de Sistema	Standby	Primario	Continuo
	Emergencia	Potencia Primaria	Carga Base
	Standby legalmente exigido	Rasurado de Picos	Co-Generación
	Standby Opcional	Reducción de Tarifas	

#### 2.4.2 Dimensionamiento.

Dependiendo de la carga total (generalmente arriba de los 500 kW), puede ser ventajoso poner conjuntos generadores en paralelo. Aunque es técnicamente posible, normalmente no es económicamente posible poner en paralelo conjuntos generadores cuando la carga total es de 300 kW o menos.

#### 2.5 Diseño Metodológico del módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario.

El diseño del módulo posibilitará el adecuado funcionamiento de un enclavamiento ferroviario puesto que el mismo proveerá el suministro eléctrico ininterrumpido necesario, alcanzando un mayor desarrollo tecnológico el sistema ferroviario cubano y evitando la ocurrencia de accidentes en este medio de transporte al suministrar la energía requerida en el funcionamiento de las señales más importantes.

Los sistemas de generación eléctrica más importantes que lo conforman son el panel solar (como fuente de energía renovable), la red industrial (sistema electroenergético nacional), el grupo electrógeno y el banco de baterías.

---

Durante el día el enclavamiento recibe la energía eléctrica del sistema fotovoltaico y en las noches de la red industrial, y en ausencia de esta por cualquier causa del grupo electrógeno, y si este se encuentra disfuncional, entonces la energía eléctrica es suministrada por el banco de baterías.

### **2.5.1 Medios estructurales y dispositivos técnicos seleccionados.**

La correcta selección de los medios y dispositivos para el diseño del módulo permiten su adecuado funcionamiento al ser estos los componentes que a través de su funcionalidad conjunta posibilitan el mejor desempeño por el cual se materializa el módulo auxiliar.

#### **2.5.1.1 Principio de funcionamiento del COMPACT C 2600-24.**

El esquema funcional del COMPACT C 2600-24 (véase la figura 2-9), cuenta con importantes funciones principales, que cumplen las expectativas y los requerimientos de uso para el diseño de este módulo de alimentación eléctrica auxiliar, dentro de las cuales podemos encontrar a:

- El inversor senoidal integrado en el COMPACT C 2600-24 genera una tensión alterna senoidal excepcionalmente precisa y estabiliza la frecuencia (Frauscher, 2014). Para arrancar grandes motores eléctricos, el usuario dispone de un pico de arranque que es 3 veces la potencia nominal del COMPACT C 2600-24.

El inversor está protegido contra sobrecarga y cortocircuito. La etapa de potencia con transistores de potencia MOS-FET de última generación, el transformador toroidal, y el rápido sistema de regulación forman un inversor robusto y fiable con alta eficiencia. El sistema de búsqueda de carga de 1 a 20 W procura un consumo mínimo de energía y asegura larga vida a las baterías (STUDER, 2013).

- Sistema de transferencia: el COMPACT C 2600-24 puede alimentarse de una fuente AC, como por ejemplo un generador de emergencia o una red AC. Con el relé de transferencia conectado, la tensión alterna de entrada está disponible a la salida para alimentar los consumos conectados. El cargador de baterías está operando. La distribución de energía entre los aparatos y el cargador de baterías es automática.

- El cargador de baterías incorporado es capaz de cargar completamente las baterías con gran rapidez. El microprocesador de control del proceso de carga de 3–4 etapas, asegura una carga óptima de las baterías. La intensidad de carga puede regularse de forma continua entre 0–55 A. El cargador de baterías está concebido para baterías de plomo-ácido y plomo-gel. Gracias al sistema de carga de flotación, la batería puede permanecer conectada de forma continua (STUDER, 2013).

- Con el regulador solar de carga incorporado, el COMPACT C 2600-24 es una estación solar completa. En una instalación solar este regulador asegura que estas baterías se carguen correctamente.

Con el COMPACT C 2600-24, las baterías se pueden cargar con los módulos fotovoltaicos y con el generador al mismo tiempo. La carga de las baterías con las dos fuentes de energía se realiza de forma totalmente automática.

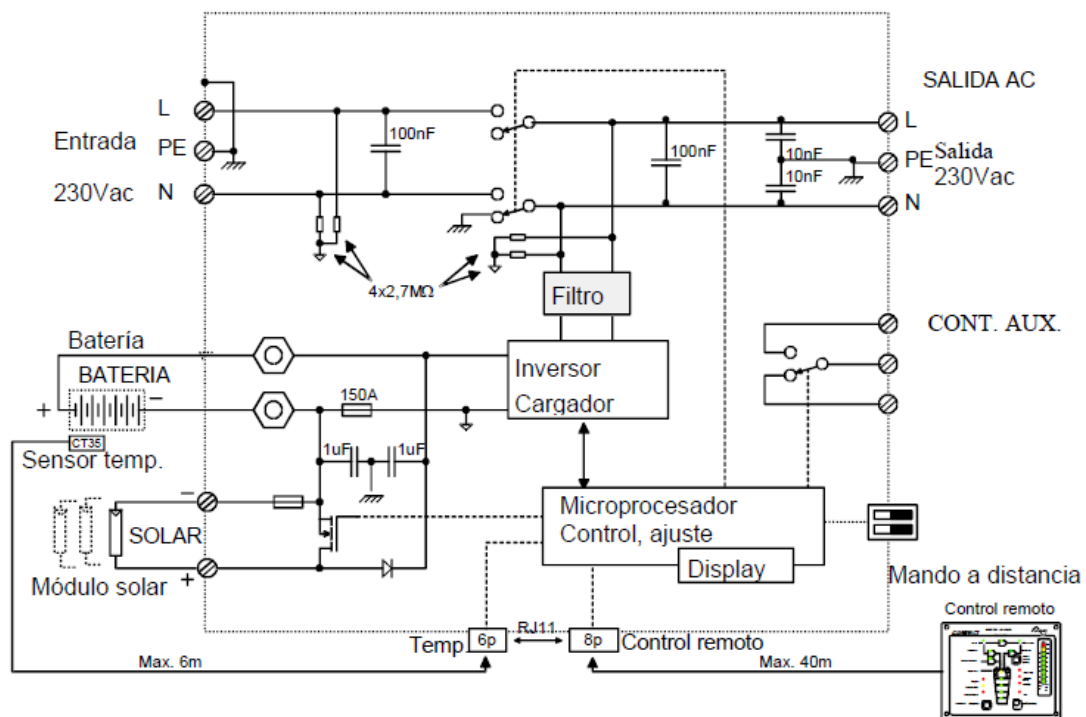


Figura 2-9: Esquema funcional del COMPACT C 2600-24.

---

### **2.5.1.2 Estructura de soporte del Panel Solar.**

La estructura soporte, es la encargada de asegurar un buen anclaje del generador solar, facilita la instalación de mantenimiento de los paneles a la vez que proporciona no solo la orientación necesaria, sino también el ángulo de inclinación idóneo para un mejor aprovechamiento de la radiación.

Se emplean perfiles de acero galvanizado o de aluminio para la sujeción y conexionado de los módulos, asegurando un buen contacto eléctrico entre el marco de los módulos y los perfiles de soporte, por seguridad frente a posibles pérdidas de aislamiento en el generador o efectos inducidos por descargas atmosféricas.

### **2.5.1.3 Banco de baterías.**

El banco de baterías es el encargado de almacenar la energía generada y no consumida en el momento. La energía acumulada es entregada a los consumos durante la noche y durante los días nublados cuando no estén en funcionamiento ni el grupo electrógeno, ni el panel solar o la red industrial (sistema electroenergético nacional). Es por ello que selecciona la batería FM150 de plomo-ácido, las baterías de plomo-ácido son el tipo más comúnmente usado. Son relativamente económicas y ofrecen buen servicio en temperaturas ambiente entre 0 °F (-18 °C) y 100 °F (38 °C).

Las baterías no deberían ser descargadas en más del 60%, de lo contrario su tiempo de vida disminuirá demasiado (Bulletin, 2012). Las baterías de plomo-ácido se pueden recargar con cargadores de batería convencionales, esta batería es capaz de generar hasta 12 voltios, 7 amperes por hora, no requiere mantenimiento y un tiempo de vida aproximado de 3-5 años; posibilitando energizar al enclavamiento ferroviario durante la falla de energía eléctrica al no estar en funcionamiento los demás sistemas que componen este módulo de alimentación eléctrica auxiliar (panel solar, red industrial y grupo electrógeno).

### 2.5.1.4 Cable de Bajo Voltaje (RB509).

Cable de conductores dobles de bajo voltaje multi-trenzado de calibre 16, para ser conectado al transformador AC, o del panel solar al panel de control, cable de diseño especial a prueba de rayos UV, disponibles en 50, 100, 250, 500 o rodillos de 1000 pies (304.8 m) alámbrico (Bulletin, 2012).

### 2.5.1.5 Panel Solar.

Se utilizan 12 módulos de 36 celdas solares de silicio cada uno para un arreglo fotovoltaico de 36 volt conectados en serie en grupos de a tres y en paralelo estos grupos de forma tal que queden 4 grupos de a tres en paralelo para mantener el voltaje en los 36 volt requeridos y aumentar la corriente de 0.5 A hasta 2 A a la salida, suficiente para energizar las señales más importantes del enclavamiento ferroviario, dígame pizarra de control de posición de los cambia-vías y semáforos de entrada y salida de la estación.

#### 2.5.1.5.1 Cálculo del consumo de energía.

Conceptualmente, el cálculo de la energía de consumo necesaria diariamente (Wh/día), es sencillo, pues basta con multiplicar la potencia (W) de cada una de los equipos que se dispone (luces, televisores, videos, ordenadores, etc.) por el número de horas de su utilización respectivamente (h/día) (Canteli, 2013).

Para estimar la carga de consumo diaria (Ah/día), únicamente habrá que dividir la energía de consumo diaria (Wh/día) por la tensión nominal del sistema (Vn), o bien realizar los cálculos anteriores en función de la corriente de consumo de cada equipo (A) en vez de la potencia (W) (Bulletin, 2012).

La carga real necesaria a suministrar por el sistema fotovoltaico, L, se calcula teniendo en cuenta las eficiencias y pérdidas de los distintos subsistemas que intervienen en el sistema fotovoltaico:

$$L=L_{dc}+ (L_{ac} / \eta_{inv}) \quad (2.1)$$

Donde:

L: carga real necesaria (Ah/día).

Ldc: cargas en corriente continua (Ah/día)

Lac: cargas en corriente alterna (Ah/día).

$\eta_{inv}$ : eficiencia media del inversor (85%).

La Tabla 2-2, muestra los datos y el resultado obtenido del cálculo de la energía total de consumo tanto para los semáforos como para los cambia-vías del enclavamiento ferroviario.

Tabla 2-2: Cálculo de la energía total de consumo.

Estimación de Carga							
Descripción	Unidades	Potencia AC (W)	Potencia DC(W)	Horas de uso (h)	Tensión nominal	Energía/día (Wh/día)	Carga/día (Ah/día)
Semáforos	1		25	24	12	600	50
Cambia-vías	1		41	24	24	984	41
Banco de Baterías							250
<b>Total</b>						<b>1584</b>	<b>341</b>

### 2.5.1.6 Dispositivo de conmutación automática, ATSO21.

El dispositivo de conmutación automática ATSO21 (véase la figura 2-10) se emplea en todas las instalaciones que requieren la conmutación entre tres líneas para garantizar la alimentación de las cargas en caso de anomalía en una de ellas.

El ATSO21 selecciona la línea de alimentación maniobrando directamente los interruptores presentes en las líneas: el ATSO21 puede ser utilizado con los interruptores automáticos y de maniobra-seccionadores ABB SACE. El dispositivo supervisa la tensión de la línea principal y de emergencia y registra las siguientes anomalías:

- Máxima y mínima tensión (hasta +/-30%)\*
- Frecuencia máxima y mínima ( $0.9f_n > f > 1.1f_n$ )
- Falta de fase
- Desequilibrio de frecuencia\*\*
- Desequilibrio de tensión \*\*\*

\* Máx. +20% en el caso de tensión 480 Vac y mín. -20% en el caso de tensión 208 Vac)

\*\* En el caso de desequilibrio de frecuencia, el umbral fijo +/- 10% se aplica también a la diferencia entre los valores de frecuencia de las fases.

\*\*\* En el caso de desequilibrio de tensión, el umbral definido mediante selector Lim se aplica también a la diferencia entre los valores de tensión de las fases. (ABB, 2011)

Puede ser utilizado en modalidad manual o automática. En el primer caso el control de los interruptores se podrá efectuar mediante los pulsadores presentes en el frontal del dispositivo, mientras que en modalidad automática la lógica de conmutación la controla directamente el dispositivo (ABB, 2011). El dispositivo puede ser utilizado en sistemas monofásicos, trifásicos con Neutro y trifásicos sin neutro.



Figura 2-10: Dispositivo ATSO21.

### 2.5.1.7 Grupo Electrónico, DENYO DCA 75SPI.

Todos los modelos consisten en un alternador que se acopla directamente a una máquina de diesel (véase la figura 2-11). El alternador y artefacto están fijados a la base del rodillo común. El aislador de vibración especial se usa para minimizar las vibraciones durante el funcionamiento (REDSTART, 2014).

El generador y los componentes eléctricos están totalmente encerrados en una caja de acero sólido, impermeable. La supresión del ruido se logra usando materiales de aislamiento legítimos muy eficaces. La serie de DCA puede operarse a 50Hz o a 60Hz ajustando la velocidad del artefacto simplemente usando el mando de acelerador o el mando en el panel (REDSTART, 2014).



Figura 2-11: DENYO DCA 75SPI.

El extractor de aire en el sistema de combustible puede ser molesto, sin embargo, con la serie de DENYO DCA 75SPI, la extracción del aire del combustible se

---

realiza automáticamente simplemente operando el interruptor de salida, sin la necesidad de usar herramientas o dispositivos.

La salida de combustible del motor de diesel al exterior se previene. El motor empezará después que el extractor de aire del combustible ha funcionado varias veces. Al operar a máxima carga la serie DENYO DCA 75SPI no produce casi ningún ruido contaminante al entorno.

Los artefactos usados en estos generadores se encuentran todos bajo las normas de Polución Atmosféricas Californianas, que es una de la anti-polución más severa del mundo de las normas. Por consiguiente, estos artefactos no descargan gases nocivos por lo que las emisiones a la atmósfera son minimizadas (véase el anexo 2).

### **2.5.2 Esquema funcional del enclavamiento ferroviario.**

El enclavamiento ferroviario (véase la figura 2-12) o estación de tren es el lugar desde el cual los operadores de movimiento visualizan el comportamiento de este medio de transporte y de las señales que lo regulan.

Es por ello la importancia que tiene mantener energizado este local, el diseño de este módulo de alimentación eléctrica auxiliar; posibilitando la alimentación eléctrica ininterrumpida de la pizarra de control de posición de los cambia-vías y semáforos de las entradas de la estación.



Figura 2-12: Enclavamiento ferroviario.

El siguiente esquema en bloque (véase la figura 2-13) muestra la relación existente entre los principales dispositivos que forman parte del diseño del módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario.



Figura 2-13: Esquema en Bloque del diseño del módulo de alimentación eléctrica auxiliar.

El análisis del esquema de la figura 2-13 refleja de forma general el comportamiento eléctrico del diseño del módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario, en el cual forman parte diferentes medios y dispositivos para la generación de la energía eléctrica.

Durante el día estará abasteciendo a la estación de trenes el panel solar como fuente de energía renovable (energía eléctrica, fotovoltaica), a la vez de cargar las baterías del banco de baterías; durante la noche entrará a funcionar la red industrial y en caso de fallar esta o la fuente de energía renovable, entrará en funcionamiento el grupo electrógeno, y si cualquiera de ellos fallara o estén

disfuncionales, entonces el enclavamiento se abastecería de energía eléctrica del banco de baterías. Para ello cuenta con el dispositivo conmutador ATS021 para alternar entre las diferentes fuentes de energía eléctrica; y para una mejor comprensión se propone el siguiente esquema principal (véase la figura 2-14).

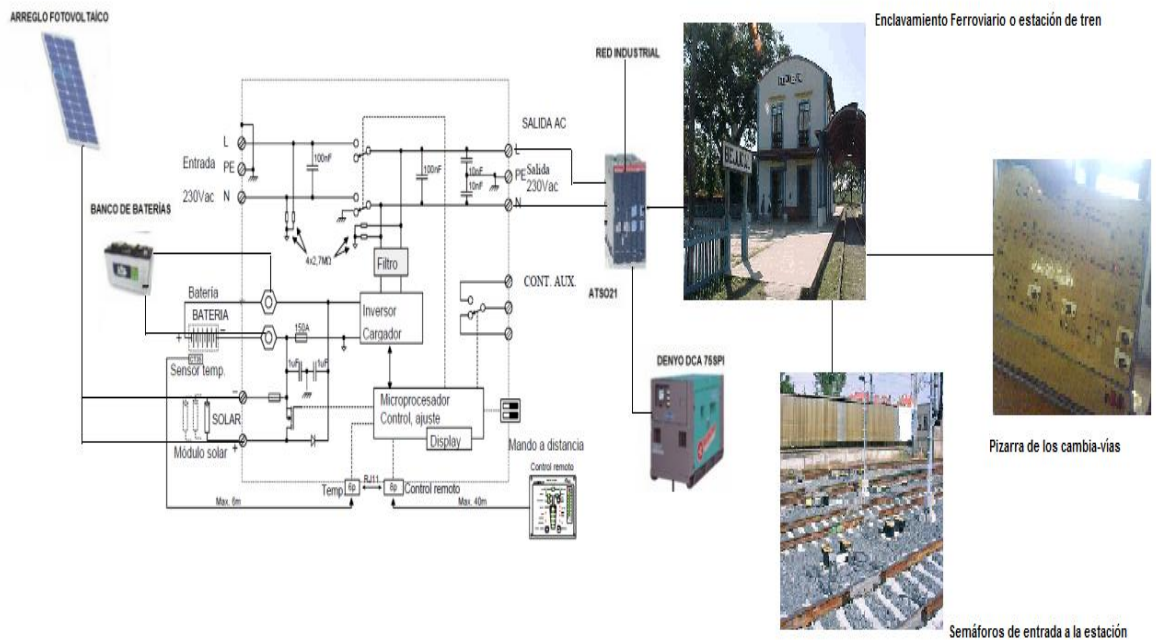


Figura 2-14: Esquema Principal del diseño del módulo de alimentación eléctrica auxiliar.

## 2.6 Conclusiones del Capítulo 2.

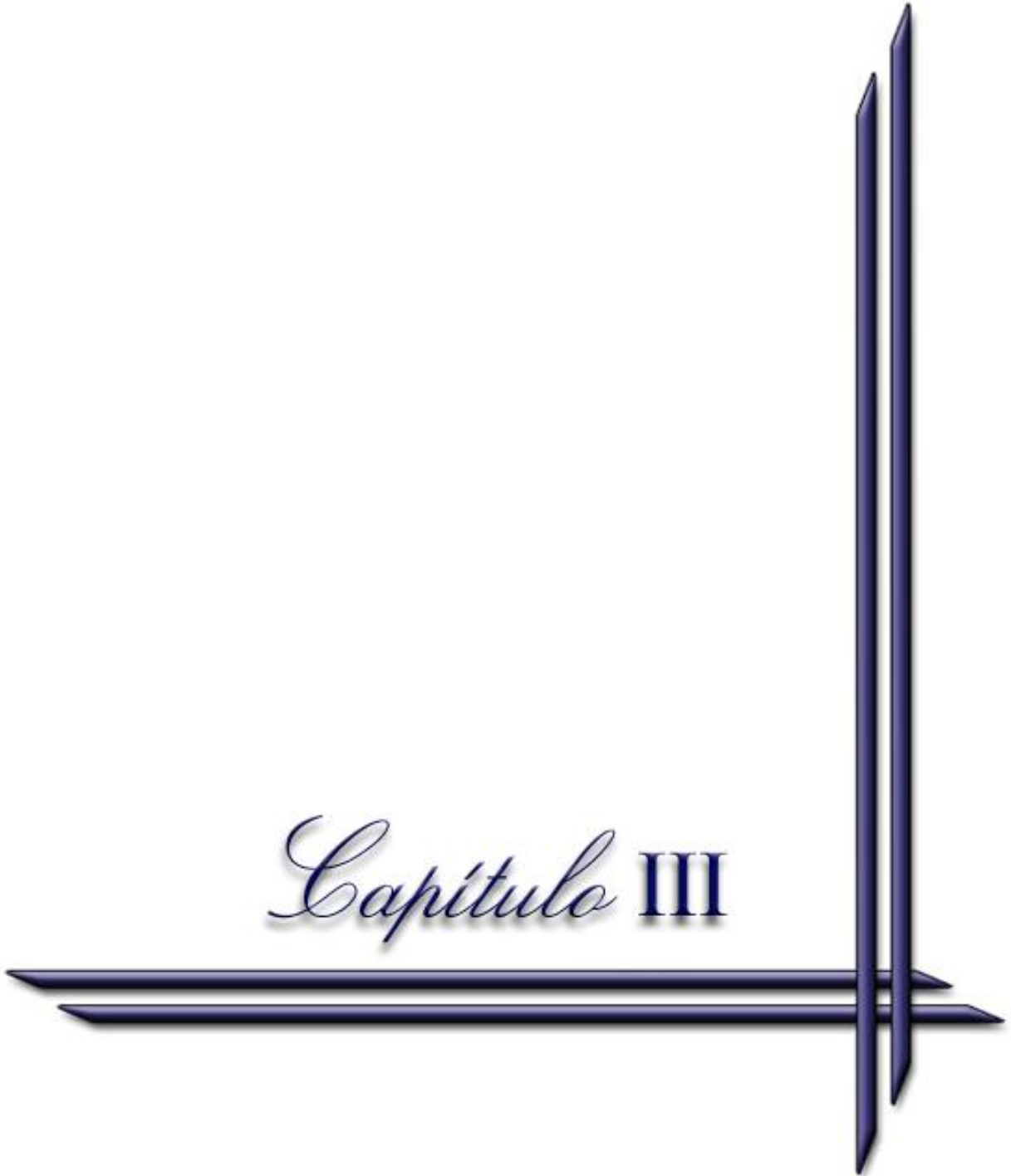
La detallada descripción realizada en el capítulo sobre las UPS, muestra el alto grado de aplicabilidad de estos dispositivos, esto posibilitó la correcta selección del utilizado en la confección de este proyecto de tesis; uno que no sólo trabaja como fuente sino que además posee un alto grado de aplicación y otros usos, como regulador de cargas de baterías a partir de módulos solares, el COMPACT C 2600-24.

---

La utilización del panel solar como fuente de obtención de la energía eléctrica para el enclavamiento, no sólo garantiza la utilización de medios y equipos relativamente económicos y no perjudiciales para el ambiente, sino que además permite un diseño más consecuente a la época moderna al poner en utilidad un recurso renovable, la energía solar. Para la selección del módulo solar, se tuvieron en cuenta diferentes aspectos como fue: el cálculo de la energía eléctrica consumida y la que debe ser entregada por esta fuente renovable al enclavamiento ferroviario.

La implementación de los grupos electrógenos como otra de las fuentes alternativas para la obtención de la energía eléctrica requerida en la estación del ferrocarril, garantiza un mayor grado de seguridad en los medios de señalización y visualización al entregar la generación de energía eléctrica necesaria. El banco de baterías aunque es el último de los sistemas en actuar para mantener energizado al enclavamiento no por esto es el menos importante ya que es parte esencial en el diseño de este módulo de alimentación de energía eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario.

*Capítulo* III



## **CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.**

En los capítulos anteriores se realiza una búsqueda bibliográfica de los antecedentes y utilización en otros países del sistema eléctrico que garantiza la mayor seguridad ferroviaria en las estaciones; se procede al diseño metodológico de este módulo de alimentación eléctrica auxiliar, contando para ello con la descripción de los dispositivos y medios a emplear en su diseño.

En este capítulo se muestran los resultados alcanzados mediante simulación teniendo en cuenta el toolbox SimPowerSystems del MATLAB, en el cual se procede a simular alcanzando los resultados esperados de la prueba virtual de este proyecto de tesis.

También se realiza un análisis económico de la propuesta, así como una descripción detallada de los principales elementos que forman parte en la simulación.

### **3.1 Criterio de Simulación de la propuesta.**

MATLAB es el nombre abreviado de “MATrix LABoratory”. MATLAB es un programa para realizar cálculos numéricos con vectores y matrices. Como caso particular puede también trabajar con números escalares, tanto reales como complejos, con cadenas de caracteres y con otras estructuras de información más complejas. Una de las capacidades más atractivas es la de realizar una amplia variedad de gráficos en dos y tres dimensiones. MATLAB tiene también un lenguaje de programación propio.

Es un gran programa de cálculo técnico y científico. Para ciertas operaciones es muy rápido, cuando puede ejecutar sus funciones en código nativo con los tamaños más adecuados para aprovechar sus capacidades de vectorización. En otras aplicaciones resulta bastante más lento que el código equivalente desarrollado en C/C++ o Fortran. Sin embargo, siempre es una magnífica herramienta de alto nivel para desarrollar aplicaciones técnicas, fácil de utilizar y

que, como ya se ha dicho, aumenta significativamente la productividad de los programadores respecto a otros entornos de desarrollo. MATLAB dispone de un código básico y de varias librerías especializadas (toolboxes).

### **3.1.1 Utilización del toolbox SimPowerSystems.**

El software SimPowerSystems es una herramienta moderna del diseño que deja a los científicos e ingenieros construir modelos que simulan sistemas de potencia rápidamente y fácilmente. Usa el ambiente Simulink, que permite no sólo dibujar la topología del circuito rápidamente, sino además el análisis del circuito que puede incluir interacciones con control mecánico, termal, y otras disciplinas.

SimPowerSystems es una biblioteca (toolbox) que contiene modelos de equipos típicos de potencia como transformadores, líneas, máquinas, y electrónica de potencia. Estos modelos provienen de libros de texto, y su validez se basa en la experiencia de los Sistemas de Poder Experimentados y Simulados en los Laboratorios de Simulación de Hydro-Québec, de una gran utilidad norteamericana localizados en Canadá, y también en la experiencia de la Escuela de Tecnología Superior y Universidad Laval. Las capacidades del software SimPowerSystems para modelar una instalación eléctrica típica son ilustradas en archivos de comprobación.

### **3.2 Montaje del módulo de alimentación eléctrica auxiliar propuesto, en el simulador.**

La simulación generalizada del módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática del enclavamiento ferroviario, fue realizada a través del esquema de simulación presentado en la figura 3-1.

En él, se observa un bloque que contiene la simulación de los eventos posibles que pueden ocurrir y para los cuales funciona este módulo, dentro del cual se encuentran las 3 señales de entrada y 4 señales de salida (véase figura 3-2.), tomadas en cuenta a partir de las diferentes situaciones a las que se puede enfrentar el enclavamiento y están en correspondencia con las fuentes de generación eléctrica principales que actúan en él.

Estas señales están implementadas a partir de operadores lógicos utilizados en la electrónica digital (Rashid, 2013), a partir del análisis de la tabla 3-1. En el esquema de simulación se emplean 2 diodos rectificadores para disminuir y el voltaje de las fuentes de corriente alterna; el módulo de alimentación eléctrica como podrá apreciarse en la simulación entrega un voltaje de 36 volt y una corriente de 2 A para ser utilizado por los semáforos y la pizarra de control de posición de los cambia-vías en el enclavamiento ferroviario; además de contar con switch para conmutar entre las principales fuentes según la situación existente.

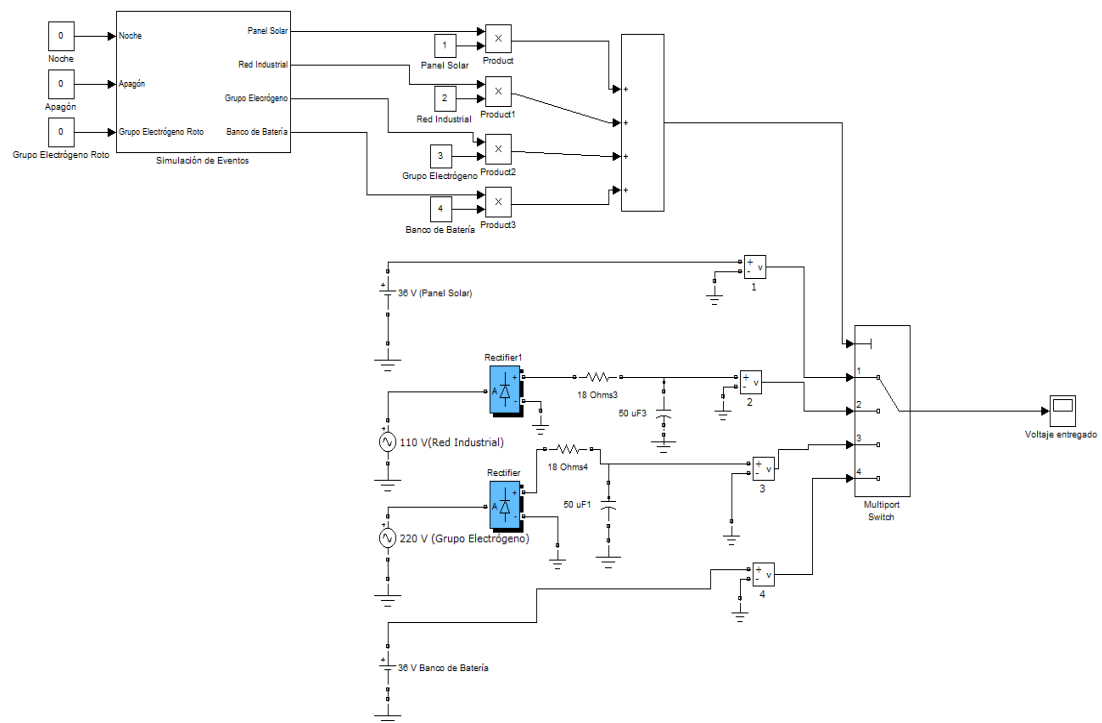


Figura 3-1: Esquema Generalizado del Módulo de Alimentación Eléctrica Auxiliar.

Tabla 3-1: Lógica de las Señales, Tabla de Verdad.

Lógica de las Señales						
Señales de Entrada			Señales de Salida			
Noche	Apagón	Grupo Electrónico Roto	Panel Solar	Red Industrial	Grupo Electrónico	Banco de Baterías
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0
1	0	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1

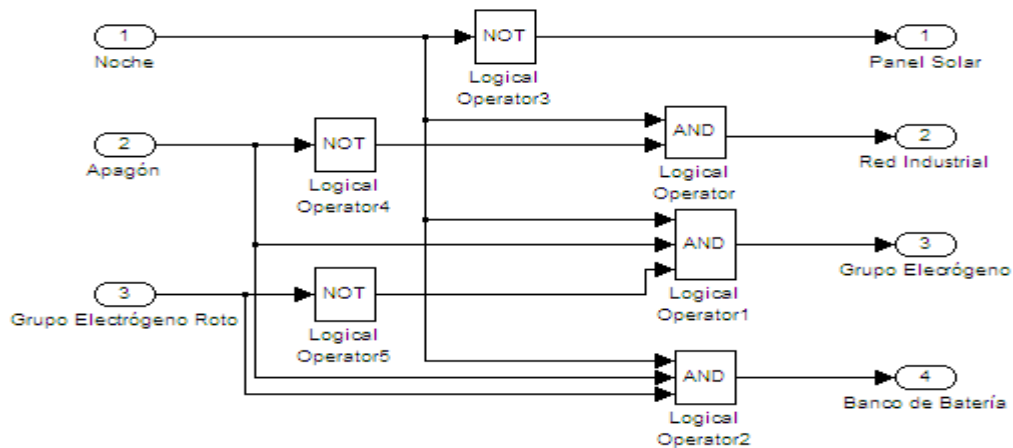


Figura 3-2: Señales principales del Esquema Generalizado.

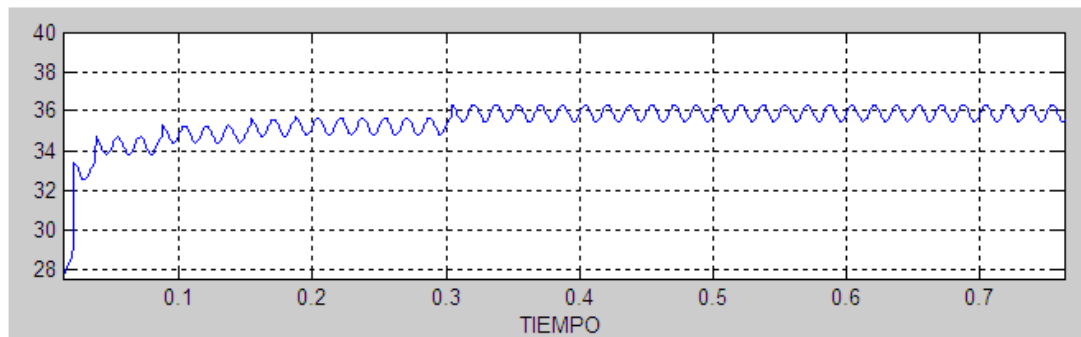
### 3.2.1 Análisis de la simulación.

La figura 3-3 (a y b) muestra cómo se comporta el voltaje a la salida en la simulación del módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática del enclavamiento ferroviario. Se observa en la figura 3-3(a) el comportamiento de las fuentes de corriente directa (DC) (Panel Solar o el Banco de Baterías) y en la figura 3.3 (b) el comportamiento de las fuentes de corriente alterna (AC) (la Red Industrial y el Grupo Electrónico), en ambos casos se obtiene 36 volt.



(a)

Voltaje Entregado por las fuentes de AC



(b)

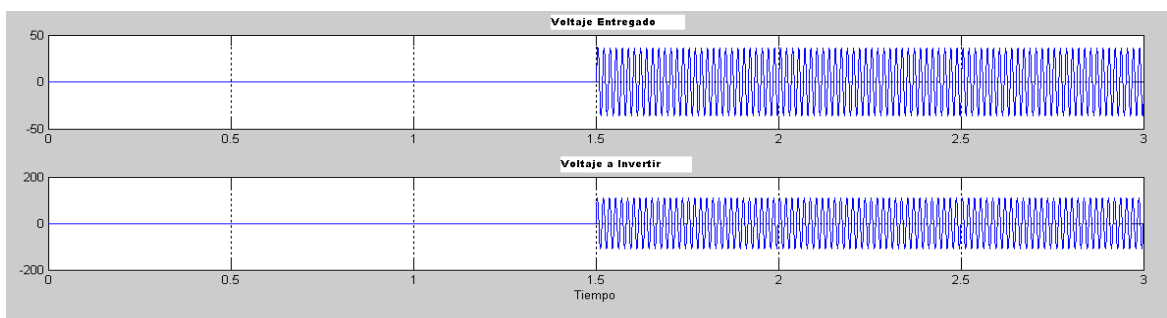
Figura 3-3 (a y b): Comportamiento de la simulación del Esquema Generalizado.

### 3.3 Análisis del funcionamiento.

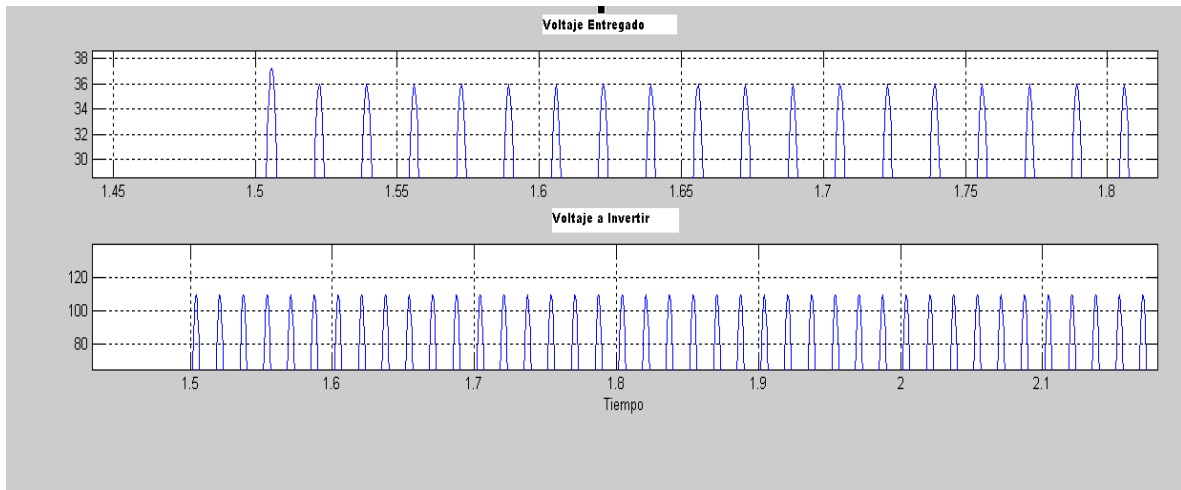
En el funcionamiento del sistema se analiza de forma separada a través de las pruebas virtuales de los dispositivos de generación eléctrica que forman parte de las fuentes alternativas de generación eléctrica auxiliar de este módulo.

#### 3.3.1 Funcionamiento de la Red Industrial.

A partir de la simulación llevada a cabo de la Red Industrial (véase anexo 3), se obtuvo el siguiente resultado de simulación, mostrado en la figura 3-4(a,b); el cual cumple con lo esperado, dado que a partir de una fuente de corriente alterna se obtuvieron los 36 volt requeridos por el enclavamiento ferroviario.



(a)



(b)

Figura 3-4(a, b): Resultados de la simulación de la Red Industrial.

### 3.3.2 Funcionamiento del Panel Solar.

A partir de la simulación llevada a cabo del Panel Solar (véase anexo 4), se obtuvo el siguiente resultado de simulación, mostrado en la figura 3-5; el cual cumple con lo esperado, dado que a partir de una fuente de corriente directa se obtuvieron los 36 volt requeridos por el enclavamiento ferroviario.

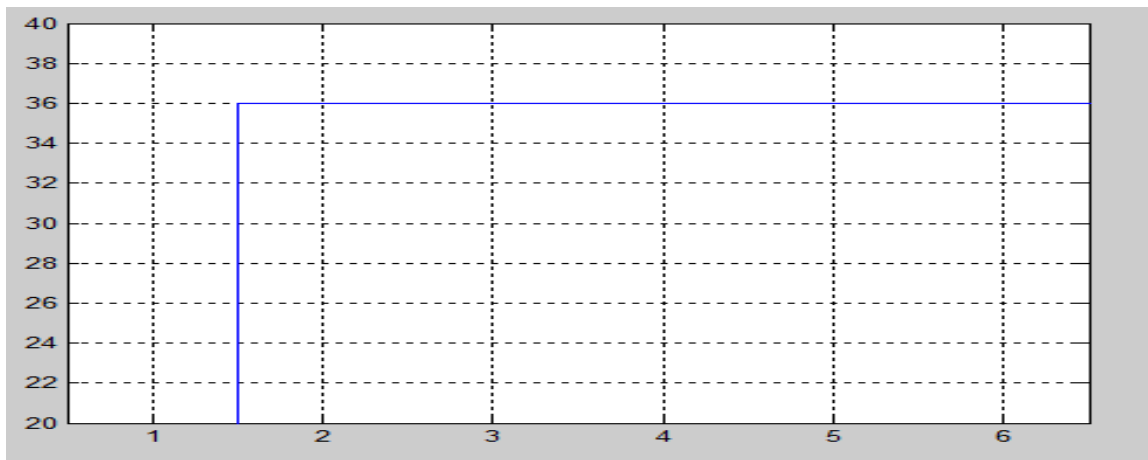
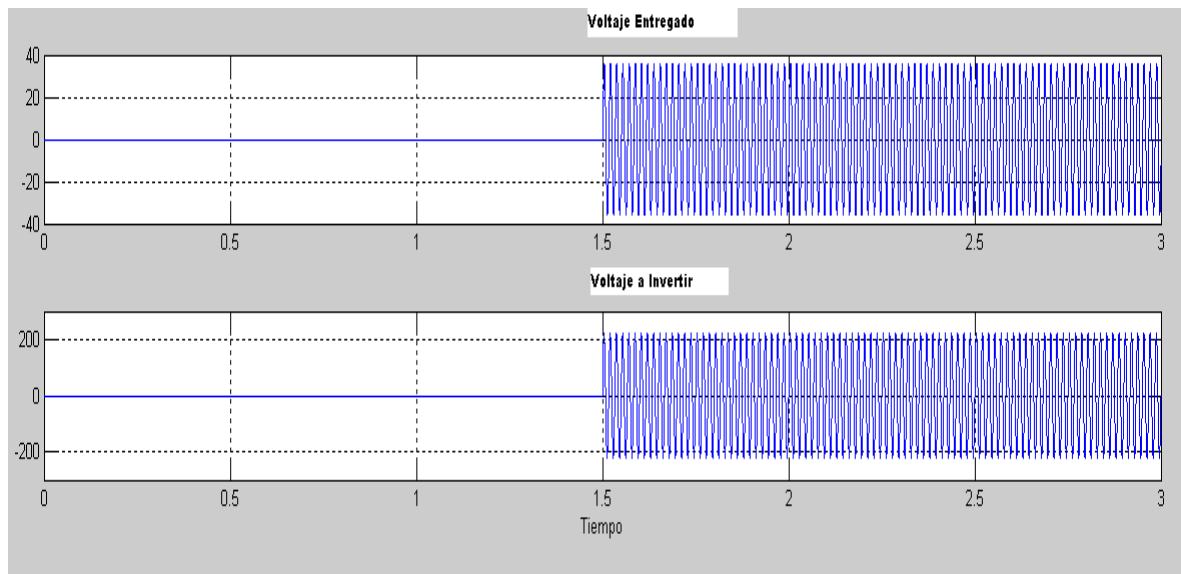


Figura 3-5: Resultados de la simulación del Panel Solar.

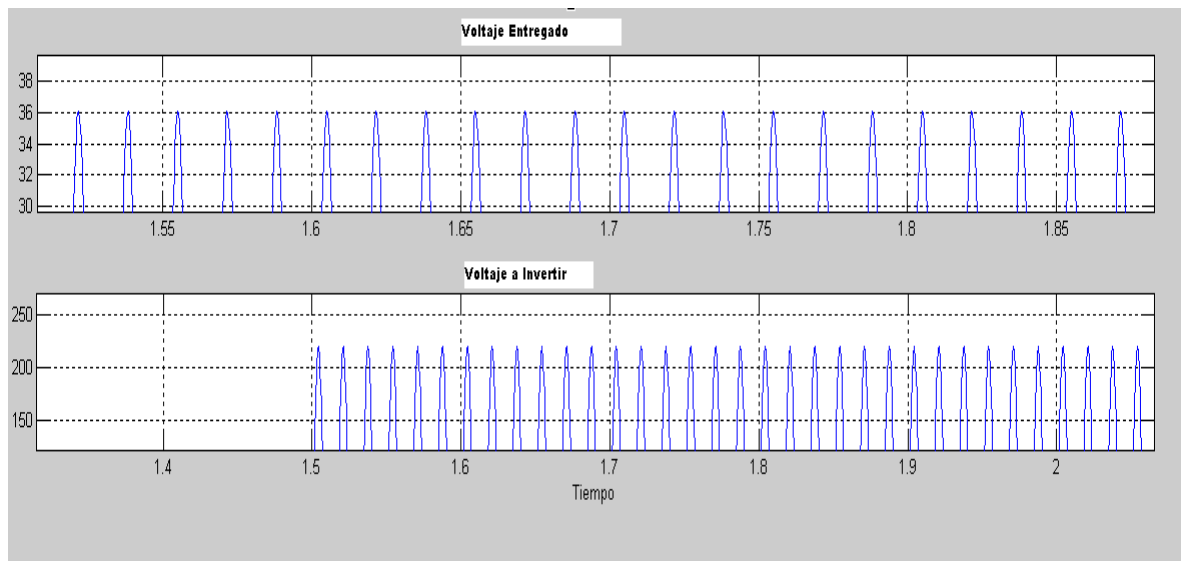
### 3.3.3 Funcionamiento del Grupo Electrónico.

A partir de la simulación llevada a cabo del Grupo Electrónico (véase anexo 5), se obtuvo el siguiente resultado de simulación, mostrado en la figura 3-6(a, b); el

cual cumple con lo esperado, dado que a partir de una fuente de corriente alterna de 220 volt se obtuvieron los 36 volt requeridos por el enclavamiento ferroviario.



(a)



(b)

Figura 3-6(a, b): Resultados de la simulación del Grupo Electrónico.

### 3.3.4 Funcionamiento del Banco de Baterías.

A partir de la simulación llevada a cabo del Banco de Batería (véase anexo 6), se obtuvo el siguiente resultado de simulación, mostrado en la figura 3-7; el cual

cumple con lo esperado, dado que a partir de una fuente de corriente directa se obtuvieron los 36 volt requeridos por el enclavamiento ferroviario, respondiendo en el tiempo requerido al encontrarse de forma continua en hibernación para entrar en funcionamiento en el momento de su demanda, con un tiempo de descarga óptimo a los requerimientos del proyecto.

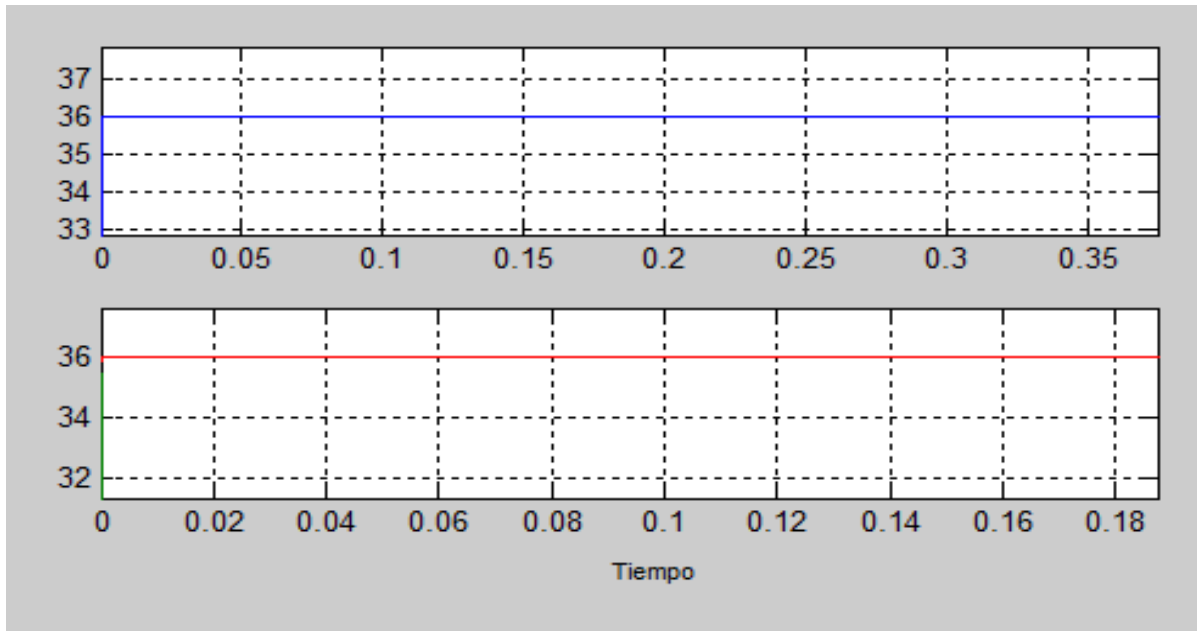


Figura 3-7: Resultados de la simulación del Banco de Baterías.

### 3.4 Análisis económico.

El módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario, para implementarse en un país subdesarrollado como Cuba, el cual además debido al bloqueo económico impuesto por el gobierno de los Estados Unidos de América no puede adquirir determinados elementos de forma tal que sus precios no sean tan elevados, es un sistema económico y eficiente; puesto que los elementos que lo integran no presentan un elevado valor monetario tal y como se muestra en la tabla 3-2.

Además dado que el mismo está integrado en parte por una fuente de energía renovable, siendo valiosa su utilidad dado el bajo impacto medioambiental que provoca.

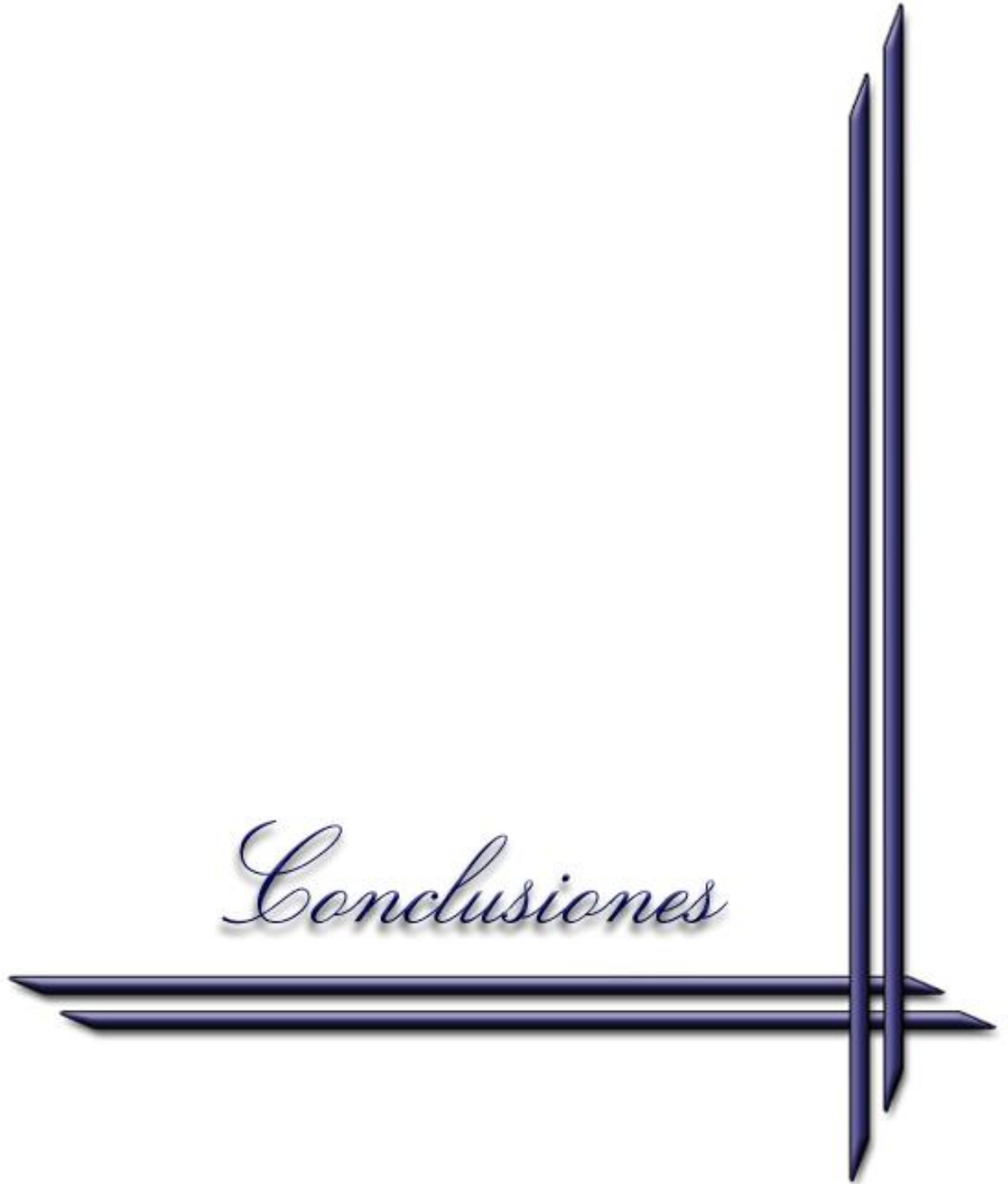
Tabla 3-2: Coste Económico de los elementos principales que integran el Módulo.

<b>Coste Económico de Algunos Elementos</b>	
<b>Elementos</b>	<b>Precios(dólares americanos)</b>
12 Paneles Solares de Silicio	3516.48
COMPACT C 2600-24	1896
ATSO21	800
DENYO DCA 75SPI	12 746
<b>TOTAL</b>	<b>18 958.48</b>

### 3.5 Conclusiones del capítulo 3.

En este capítulo se han presentado los resultados alcanzados mediante simulación del esquema generalizado del módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario. A partir del análisis del funcionamiento de cada una de las fuentes alternativas de generación eléctrica que lo integran, se demostró el adecuado funcionamiento del mismo, al responder cada uno de los sistemas en un tiempo de 1.5 segundos y entregar un voltaje a la salida de 36 volt, dando solución al problema planteado en este trabajo mantener energizado los semáforos de entrada y la pizarra de control de posición de los cambia-vías de la estación ferroviaria.

*Conclusiones*



## CONCLUSIONES

La utilización del enclavamiento ferroviario para activar las señales fundamentales tenidas en cuenta en las estaciones del transporte ferroviario, ha sido objeto de estudio de varios países que utilizan esta vía de transporte. Su alimentación eléctrica puede verse ejemplificada a través del desarrollo de este trabajo de diploma, que muestra las diversas técnicas empleadas por países como Rusia, Argentina, Venezuela y Estados Unidos en donde se cuenta con un intrincado sistema eléctrico para este fin.

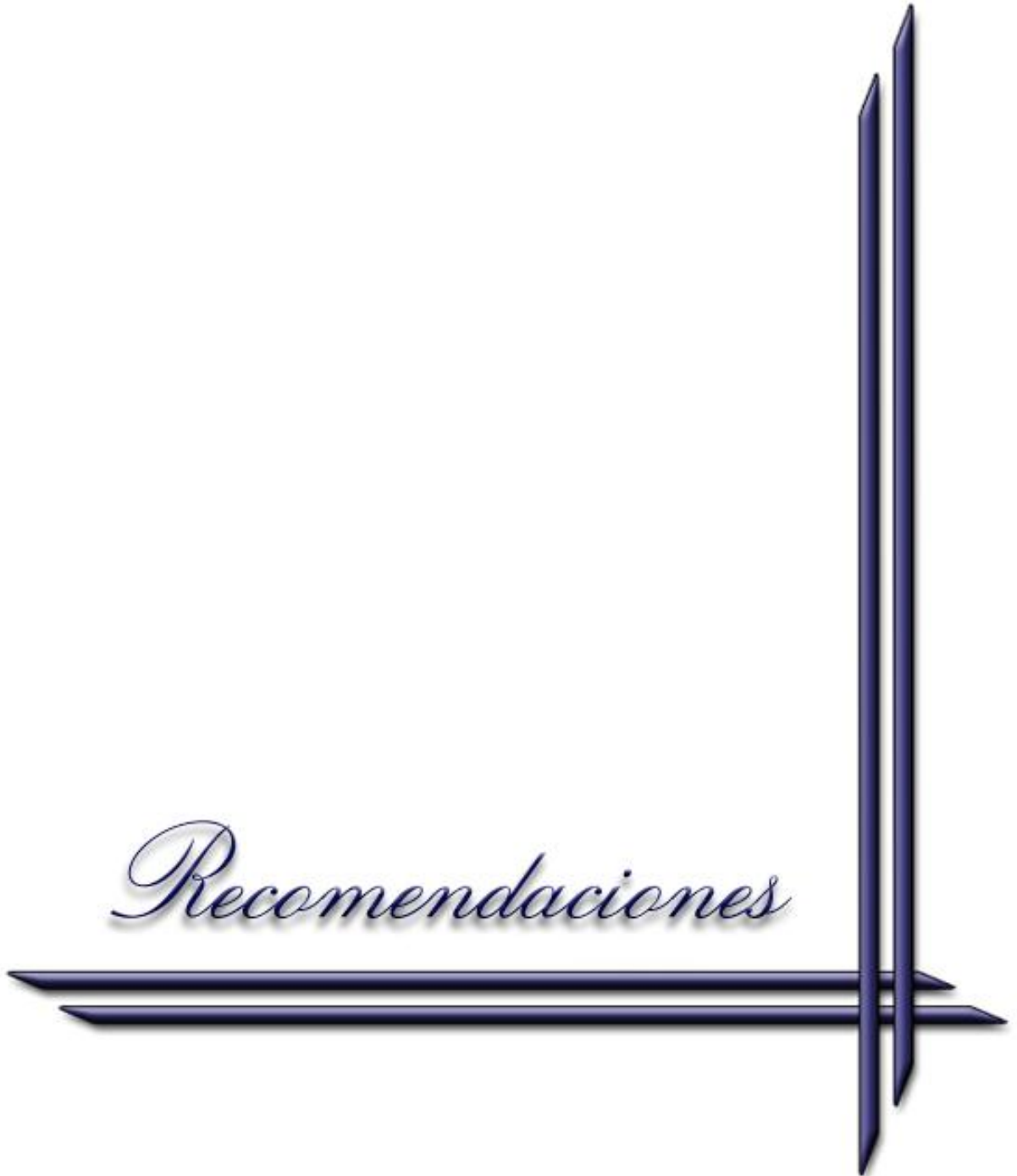
1.- El diseño propuesto cumple con todas las especificidades técnicas exigidas en los manuales y normas vigentes para la seguridad de movimiento de trenes en el país, además de contribuir a la disminución de la accidentabilidad ferroviaria en los enclavamientos de nuestro territorio central.

2.- La implementación de la propuesta es viable, económica y de fácil adquisición por el país, pudiéndose generalizar para todos los enclavamientos ferroviarios de Cuba.

3.- Mediante la simulación del diseño de este módulo de forma general e independiente en el funcionamiento de sus elementos se obtuvo el resultado esperado, al ser consecuente la simulación con la funcionalidad y ulterior utilización de este módulo de alimentación eléctrica auxiliar.

4.- La propuesta realizada es una opción segura y eficiente al contar con una fuente renovable de energía permitiendo que el módulo en su conjunto sea de bajo impacto ambiental.

*Recomendaciones*



## RECOMENDACIONES

Con el objetivo de mantener una continuidad de este trabajo se recomienda lo siguiente:

- Implementar el módulo de alimentación eléctrica auxiliar para la señalización automática de un enclavamiento ferroviario en las estaciones que requieran de su uso, realizando para ello un estudio previo de este documento.
- Ser consecuente en la aplicación de este módulo de acuerdo a la necesidad actual y a la aplicabilidad de su uso.
- Aplicar los resultados obtenidos en experimentos reales.
- Seguir profundizando en el estudio de las fuentes renovables de energía y de su aplicación en este medio de transporte, en futuras investigaciones.

*Bibliografía*

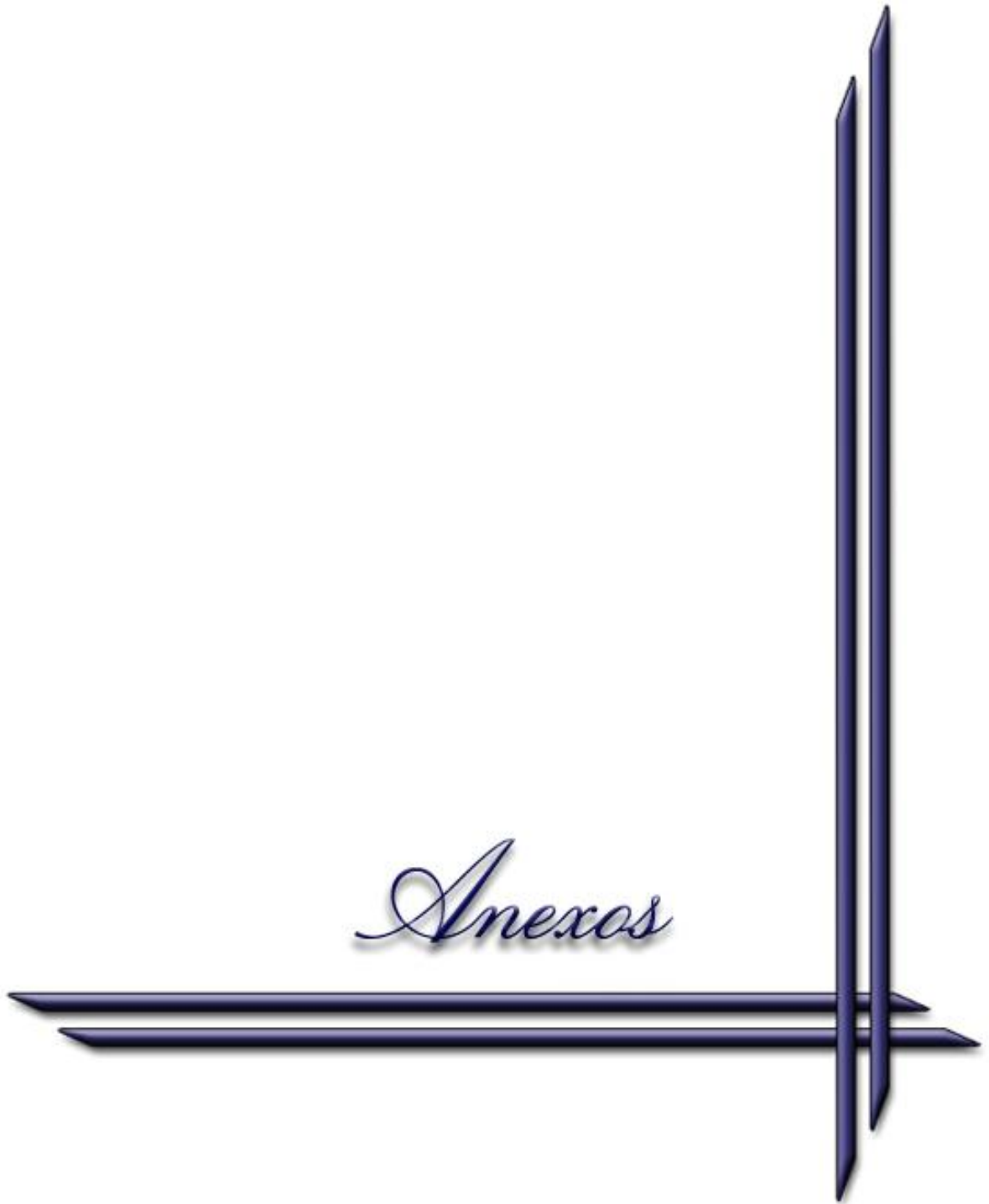


**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ABB 2011. Dispositivo de conmutación automática ATS021, Instrucciones de instalación y de utilización. 32.
2. ÁLVAREZ, A. G. 2012. Cambio automático de ancho de vía de los trenes en España. . Colección monografías vía libre., 2, 128.
3. ÁLVAREZ, A. G. 2013. Cambiadores de ancho, trenes de ancho variable y tercer carril: Nuevas soluciones a un viejo problema. Revista Anales de Mecánica y Electricidad.
4. BUENO, A. 2012. Construcción de un Semáforo.
5. BULLETIN, M. 2012. Renewable energy sources and CHP [Online]. [Accessed [http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDRETH/RES/2012\\_12\\_EN\\_MONTHLY\\_RES.pdf](http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDRETH/RES/2012_12_EN_MONTHLY_RES.pdf), 15 de febrero de 2014].
6. CANTELI, M. M. 2013. Convertidores electrónicos de potencia Universidad de Cantabria.
7. ECURED 2014. Energía fotovoltaica en Cuba.
8. FRAUSCHER, J. 2014. From track switch to inductive wheel sensor using a variety of technologies. SIGNAL+DRAHT INTERNATIONAL.
9. FUNDACIÓN WIKIMEDIA, I. 2014. Panel Solar. Wikipedia®.
10. GENERATION, C. P. 2014. Manual de Aplicación Conjuntos Generadores enfriados con Líquido.
11. GUALDA, J. A. 2012. Electrónica industrial: Técnicas de potencia.
12. KURTZ, I. V. H. 2014. Sistemas de Alimentación Ininterrumpidos UPS. Tesis de grado, Universidad Federal de Santa María, Universidad Nacional de Misiones.
13. M. SC. ING. CARLOS ORBEGOZO, I. R. A. 2011. Energía Solar Fotovoltaica, manual técnico para instalaciones domiciliarias. . In: ©, G. E. C. Y. S. S. (ed.).

14. MOHAN, N. 2013. Power electronics. Converters, Applications, and Design. John Wiley & Sons.
15. MONTES, F. 2007. Los sistemas de señalización en el ferrocarril: su evolución. Anales de mecánica y electricidad.
16. MORENO, J. 2013. La importancia de los enclavamientos.
17. RASHID, M. 2013. Electrónica de potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones.
18. REDSTART. 2014. DENYO DCA-75SP1 [Online]. [Accessed [www.redstarequipment.com.au](http://www.redstarequipment.com.au)].
19. SÁNCHEZ, Y. F. 2004. Aplicación de Convertidores Resonantes en Sistemas Fotovoltaicos de Energía. Tesis de Grado, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
20. SIFER 2011. CD El Ferrocarril en Cuba. Primera Parte.
21. STUDER 2013. Manual de Instalador y Usuario, Inversor senoidal, Cargador de baterías, Sistema de transferencia COMPACT C 2600-24.
22. URSS 1982. Convertidor "CSR-1" a semiconductores.

*Anexos*



**ANEXOS****Anexo I Ficha Técnica del COMPACT C 2600-24.**

<b>Ficha Técnica del COMPACT C 2600-24</b>	
<b>Inversor</b>	
Tensión nominal de batería	24 V
Rango de tensión de entrada	19 – 32 V
Potencia nominal	2300 VA
Potencia máxima 30 minutos a 25° C	2600 VA
Máxima potencia de carga en 5 segundos	3 X Pnom
Máxima carga	hasta cortocircuito
Máxima carga asimétrica	hasta Pcont.
Stand-by ajustable	1 – 25 W
Rendimiento máximo	95%
Consumo: OFF, Stand-by, ON	0.8 / 0.9 / 9 W
Tensión de salida (Vac)	230Vac ( -10%/0)
Frecuencia de salida controlada por cuarzo (Hz)	50 ±0.05 %
Distorsión máxima	< 2%

<b>Ficha Técnica del COMPACT C 2600-24</b>	
<b>Inversor</b>	
Comportamiento dinámico de carga de 0 a 100 %	0.5 ms
Protección contra sobrecarga y cortocircuito	Parada automática después de 5 pruebas de arranque
Protección contra recalentamiento	Alarma acústica antes corte – arranque automático
<b>Cargador de Batería (4 pasos) I-U-Uo- Nivelado (cada 25 ciclos</b>	
Intensidad de carga (A) ajustable	0-55 A
Ajuste del corriente de entrada (power sharing)	1 – 16 A
Tensión de entrada máxima	265 Vac
Tensión de entrada mínima	Umbral ajustable de 150 a 230 Vac
Rango de frecuencia de entrada	45 – 65 Hz
Corrección del factor de potencia (PFC)	EN 61000-3-2
<b>Regulador Solar de Carga Opcional (4 etapas) I-U-Uo- Nivelado (cada 25 ciclos</b>	
Tensión máxima sin carga	45 V
Intensidad máxima de carga	30 A

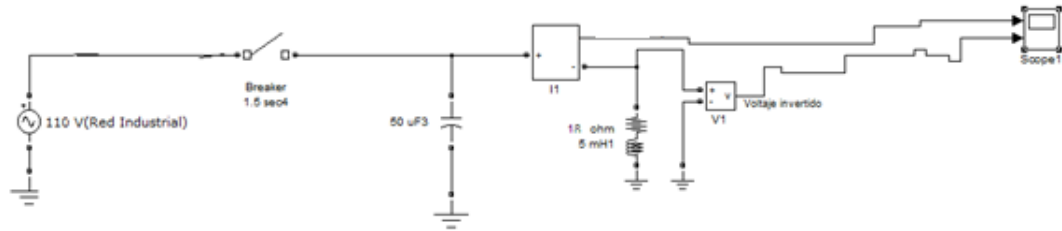
<b>Ficha Técnica del COMPACT C 2600-24</b>	
<b>Control de la batería ( umbrales y tiempos ajustables por el usuario)</b>	
Tiempo de carga de absorción	0 – 4h
Límite del ciclo de carga de voltaje	28.8 V
Tensión de flotación	27.2 V
Tensión de ecualización	31.2 V
Protección contra descarga profunda	21.6 V
<b>Información general</b>	
Contacto multifunción libre de potencial (3 puntos)	16 A - 250 Vac
Máxima corriente en relé de transferencia	16 A/ 3.7 kVA
Tiempo de transferencia	< 20 ms
Peso	17.1 Kg.
Dimensiones Alto x Ancho x Largo ( Mm.)	124 x 215 x 480
Índice de protección IP20	IP23 con cubierta CxxxxIP23
Rango de temperatura de trabajo	-20 a 55° C
Ventilación	desde 45°
Nivel acústico con/sin ventilación	< 10 dB/ < 35 dB

**Anexo II Especificaciones Técnicas del DENYO DCA 75SPI.**

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL DENYO DCA 75SPI</b>	
<b>ALTERNADOR</b>	
Frecuencia	60 Hz
Rendimiento Continuo/Standby	65/68.3KVA
Velocidad de Giro	1500RPM
No. de fases	Tres fases de 4 alambres
Voltaje	220 V
Factor de potencia	0.8
Regulación de voltaje %	+0.5
Excitación	Brushless, Rotating Exciter (with A.V.R.)
Aislamiento	Clase F

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL DENYO DCA 75SPI</b>	
<b>ARTEFACTO</b>	
Modelo	ISUZU A-6BG1
Tipo	Inlined, Direct injected
Rendimiento	80/1500 PS/rpm
No. de cilindros	6-105 X 125mm
Pistón de desplazamiento	6.494L
Combustible	diesel
Consumo de combustible	10.8L/H
Capacidad refrigerante	22.9L
Capacidad de la batería	95E41RX2
Capacidad del tanque de combustible	155L
<b>SONIDO</b>	
7m/dB (A) 1500/1800rpm	61dB
<b>UNIDAD</b>	
Dimensión (L/W/H mm)	2630x1000x1300
Peso	1590Kg

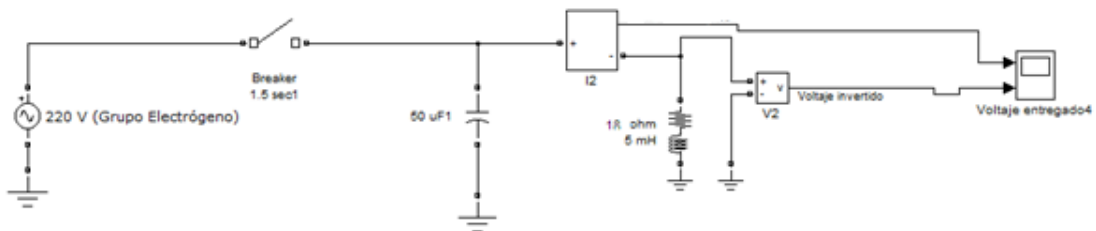
**Anexo III Esquema de funcionamiento de la Red Industrial.**



**Anexo IV Esquema de funcionamiento del Panel Solar.**



**Anexo V Esquema de funcionamiento del Grupo Electrónico.**



**Anexo VI Esquema de funcionamiento del Banco de Baterías.**

