



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): GABRIEL GERARDO

APELLIDOS: DUARTE CHAUSTRE

NOMBRE(S): DIANA MARIA

APELLIDOS: HINCAPIE URIBE

FACULTAD: INGENIERA

PROGRAMA ACADEMICO: INGENIERIA ELECTRONICA

DIRECTOR(ES):

NOMBRE(S): SERGIO BASILIO

APELLIDOS: SEPULVEDA MORA

TITULO DEL TRABAJO (TESJS): SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE UNA FUENTE FOTOVOLTAICA USANDO COMUNICACIÓN INALÁMBRICA ENTRE MICROCONTROLADORES

### RESUMEN

Este trabajo presenta un sistema de monitorización para una fuente fotovoltaica ubicada en la Universidad Francisco de Paula Santander usando comunicación inalámbrica por medio de un microcontrolador PIC 16F877A, un PIC 18F4550 y dos módulos transceptores RF NRF24L01+, los cuales adquieren, transmiten, reciben y almacenan en un computador con una base de datos, por medio de una interfaz gráfica desarrollada en Java e instalada en el mismo las variables correspondientes a las medidas energéticas entregadas por la fuente fotovoltaica y la radiación solar incidente en el área.

PALABRAS CLAVE: Fotovoltaico, microcontroladores, monitorización, Radio Frecuencia, transceptores.

### CARACTERISTICAS

No. De Páginas: 89

PLANOS: N/A

ILUSTRACIONES: 36

SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE UNA FUENTE FOTOVOLTAICA USANDO  
COMUNICACIÓN INALÁMBRICA ENTRE MICROCONTROLADORES

GABRIEL GERARDO DUARTE CHAUSTRE

DIANA MARÍA HINCAPIÉ URIBE

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2015

SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE UNA FUENTE FOTOVOLTAICA USANDO  
COMUNICACIÓN INALÁMBRICA ENTRE MICROCONTROLADORES

GABRIEL GERARDO DUARTE CHAUSTRE

DIANA MARÍA HINCAPIÉ URIBE

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Electrónico

Director

SERGIO BASILIO SEPULVEDA MORA

Mg. En Ingeniería Electrónica

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2015

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: San José de Cúcuta, 04 de Mayo de 2015

HORA: 4:00 P.M.

LUGAR: SALA 3 - CREAD

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Título de la Tesis: "SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE UNA FUENTE FOTOVOLTAICA USANDO COMUNICACIÓN INALÁMBRICA ENTRE MICROCONTROLADORES".

Jurados: IE. Esp. SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA  
IEM. Esp. GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTÍNEZ

Director: IE. M.Sc. SERGIO BASILIO SEPÚLVEDA MORA

Nombre de los Estudiantes	Código	Calificación
GABRIEL GERARDO DUARTE CHAUSTRE	1160066	Cinco, cero 5,0
DIANA MARÍA HINCAPIÉ URIBE	1160078	Cinco, cero 5,0

## LAUREADA



IE. Esp. SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA



IEM. Esp. GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTÍNEZ



Vo.Bo. IE. DINAEL GUEVARA IBARICA, Ph.D.  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Electrónica

## **Agradecimientos**

Agradecemos a Dios ante todo porque él es quien nos ha dado el entendimiento y la fuerza para seguir adelante y lograr esta tarea.

A nuestras familias por estar siempre a nuestro lado apoyándonos.

A nuestro director Sergio Sepulveda por su colaboración y asesoramiento en todo este proyecto

Y a todos nuestros amigos y compañeros que de una u otra forma nos han ayudado a estar hoy aquí

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	11
1. Descripción del problema.....	12
1.1 Planteamiento del problema.....	12
1.2 Justificación.....	13
1.2.1 Beneficios tecnológicos.....	13
1.2.2 Beneficios económicos.....	13
1.2.3 Beneficios sociales.....	14
1.2.4 Beneficios institucionales.....	14
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo general.....	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
1.4 Alcances.....	15
1.5 Limitaciones y delimitaciones.....	16
1.5.1 Limitación.....	16
1.5.2 Delimitaciones.....	16
2. Marco referencial.....	17
2.1 Antecedentes.....	17
2.2 Marco teórico.....	18
2.2.1 Sistema fotovoltaico.....	18
2.2.2 Inversor DC/AC.....	21
2.2.3 Medidor de energía.....	23
2.2.4 Piranómetro.....	24
2.2.5 Microcontroladores PIC.....	25
2.2.6 Comunicación serial RS-485 (TIA/EIA-485-A).....	31
2.2.7 USB (universal serial bus).....	32
2.2.8 Radiofrecuencia.....	34
2.2.9 Bases de datos.....	35

3. Metodología.....	36
3.1 Arquitectura general del sistema.....	36
3.2 Recopilar información de hardware, dispositivos y herramientas de programación a utilizar.....	37
3.2.1 Medidor ekm-omnimeter iv.3.....	37
3.2.2 Piranómetro sp-110 (apogee instruments).....	39
3.2.3 Microcontroladores.....	40
3.2.4 Transceptor nrf24l01+.....	43
3.2.5 Herramientas de desarrollo de software.....	44
3.3 Diseño del hardware.....	44
3.4 Desarrollo del firmware.....	46
3.4.1 Comunicación inalámbrica.....	46
3.4.2 Acondicionamiento de la señal del piranómetro sp-110.....	48
3.4.3 Comunicación RS-485.....	48
3.4.4 Interfaz USB.....	50
3.4.5 Programación Java y almacenamiento en base de datos.....	52
4. Resultados.....	57
4.1 Diseño del hardware.....	57
4.1.1 Placa para adquisición y transmisión de datos.....	57
4.1.2 Placa para la recepción y transmisión de datos vía USB.....	58
4.2 Firmware de los microcontroladores.....	58
4.3 Software de la interfaz Java y almacenamiento en la base de datos.....	61
4.4 Interfaz Java y base de datos.....	63
4.4.1 Interfaz Java.....	63
4.4.2 almacenamiento en la base de datos.....	64
4.5 Pruebas de velocidad de transmisión de datos y tasa de error de bits.....	65
4.5.1 Velocidad de transmisión.....	65
4.5.2 Tasa de error de bits.....	66
5. Conclusiones.....	68
6. Recomendaciones.....	69
Anexo 1 Análisis para comunicación con EKM-omnimeter iv.3.....	71

Anexo 2 Protocolo de comunicación EKM-omnimeter iv.3.....	72
Anexo 3 Circuito esquemático para la placa de adquisición y transmisión de datos.....	73
Anexo 4 Circuito esquemático para la placa de recepción de datos y transmisión vía USB.....	74
Anexo 5 Firmware PIC16F877A.....	75
Anexo 6 Firmware PIC18F4550.....	79
Anexo 7 Manual de instalación del aplicativo java Datalogger.....	81
Anexo 8 Manual de usuario del aplicativo java Datalogger.....	86
Referencias.....	88