

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/163

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTORES:

NOMBRE(S) ERICK APELLIDOS DURÁN ALVAREZ
 NOMBRE(S) FERNANDO ANDRES APELLIDOS LANCHEROS ORTEGA

FACULTAD: INGENIERIAS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR (S):

NOMBRE(S) GLORIA ESMERALDA APELLIDOS SANDOVAL MARTÍNEZ

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA CONECTADO A RED EN LA EMPRESA CERÁMICAS COLMENA S.A.S EN EL MUNICIPIO DE ARAUCA

RESUMEN. En el proceso de diseño del Sistema Generación Fotovoltaica para la empresa Cerámicas Colmena S.A.S. se establece la metodología usada para dimensionar el sistema fotovoltaico, aplicando la normativa Código Eléctrico Colombiano para cumplir con los estándares de seguridad de instalaciones eléctricas, por medio del proceso de simulación del sistema propuesto se avalan los datos establecidos en la etapa de diseño y se determina la viabilidad técnica para la conexión del SGFV a la red de baja Tensión, se identifican los parámetros que permiten establecer la viabilidad económica del sistema propuesto

PALABRAS CLAVES: sistema, proceso simulación, cerámicas, electricidad, viabilidad económica

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 163 **PLANOS:** **ILUSTRACIONES:** **CD ROOM:** 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA
CONECTADO A RED EN LA EMPRESA CERÁMICAS COLMENA S.A.S EN EL
MUNICIPIO DE ARAUCA

ERICK DURÁN ALVAREZ
FERNANDO ANDRES LANCHEROS ORTEGA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2017

DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA
CONECTADO A RED EN LA EMPRESA CERÁMICAS COLMENA S.A.S EN EL
MUNICIPIO DE ARAUCA

ERICK DURÁN ALVAREZ
FERNANDO ANDRES LANCHEROS ORTEGA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Electromecánico

Director
GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTÍNEZ
Especialista Gerencia de recursos energéticos

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2017

**FACULTAD DE INGENIERIAS
ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO DIRIGIDO**

FECHA: 05 de junio 2017 **HORA:** 9:00 A.M
LUGAR: SALAS CREAD 3
PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA.

TITULO DEL TRABAJO DE GRADO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA FOTOVOLTAICA CONECTADO A RED EN LA EMPRESA CERAMICAS COLMENA S.A.S. EN EL MUNICIPIO DE ARAUCA".

JURADOS: Msc JOSE ARMANDO BECERRA VARGAS,
Msc.SERGIO BASILIO SEPULVEDA MORA
Esp. JUAN CARLOS RAMIREZ BERMUDEZ

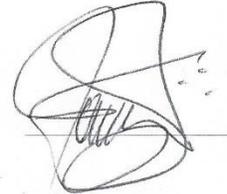
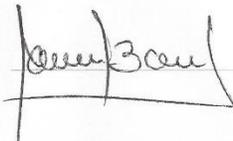
DIRECTOR: Esp. GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTINEZ

CO-DIRECTOR: Doc. LUIS DOMINGO VAGEON RODRÍGUEZ.

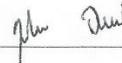
APROBADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CÓDIGO	CALIFICACIÓN
ERICK DURAN ALVAREZ	1090671	4.2
FERNANDO LANCHEROS ORTEGA	1090464	4.2

FIRMA DE LOS JURADOS:



VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR



Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag
Teléfono (057)(7) 5776655 - www.ufps.edu.co
oficinadeprensa@ufps.edu.co San José de Cúcuta - Colombia

Creada mediante decreto 323 de 1970

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios por darme sabiduría, fortaleza para seguir adelante; a mi madre Liliana Elizabeth Álvarez Villarreal quien me brindó todo el apoyo para que este sueño se hiciera realidad, a mi hermana que fue mi motor para seguir adelante, mi tío Jhon Robinson Álvarez quien fue un gran apoyo, confianza y fortaleza durante toda la carrera infinitas gracias a todos los que estuvieron conmigo en este proceso; por último agradecer al gran compañero que conocí durante el camino como ingenieros electromecánicos, espero este sea el comienzo de un futuro prometedor para ambos.

Erick Durán

A Rosa Albina Ortega Caicedo y José del Carmen Lancheros mis padres, quienes me brindaron su apoyo incondicional, los que con su ejemplo me impulsaron a ser cada día mejor, a los cuales le debo la oportunidad de alcanzar mi mayor logro ser Ingeniero Electromecánico, a quienes la mejor forma de agradecerles es brindándoles mi amor, a ellos infinitas Gracias por ser mis padres.

Fernando Andrés

Agradecimientos

Este proyecto de grado fue desarrollado gracias al convenio realizado entre la empresa Cerámicas Colmena S.A.S y la Universidad Francisco de Paula Santander; por lo que debemos agradecer a todas las personas que hicieron posible alcanzar las metas propuestas, de manera muy especial.

A la Ing. Esp. Gloria Esmeralda Sandoval directora de nuestro proyecto; quien con sus aportes técnicos y humanos nos brindó su confianza para lograr los objetivos propuestos de la forma más idónea.

Al doctor Luis Domingo Vageon Rodríguez codirector quien nos proporcionó todo el apoyo y confianza para desarrollar todas las actividades necesarias en la empresa Cerámicas Colmena S.A.S.

Al cuerpo docente del programa de Ingeniería Electromecánica, cuyas enseñanzas se aplicaron en el desarrollo de este trabajo.

A nuestros compañeros de estudios que siempre nos dieron un mensaje de apoyo y ánimo.

Contenido

	pág.
Resumen	21
Introducción	23
1 Problema	25
1.1 Título	25
1.2 Planteamiento del problema	25
1.3 Formulación del problema	27
1.4 Justificación	27
1.5 Objetivos	31
1.5.1 Objetivo general	31
1.5.2 Objetivos específicos	31
1.6 Alcances.	32
1.6.1 Tipo de proyecto	32
1.7 Limitaciones y delimitaciones	32
1.7.1 Limitaciones	32
1.7.2 Delimitaciones	33
2 Marco referencial	35
2.1 Antecedentes	35
2.2 Marco Teórico	36
2.2.1 Radiación solar	36
2.2.1.1 Tipos de radiación solar sobre una superficie	36
2.2.1.2 Irradiación e irradiancia	37

2.2.2 Panel solar fotovoltaico	38
2.2.3 Convertidor CD/CA o Inversor	40
2.2.4 Métodos de control en inversores con conexión a red	41
2.2.5 Estrategias de control en inversores Trifásicos	43
2.2.5.1 Sistema de referencia síncrono – control dq	43
2.2.5.2 Sistema de referencia estacionaria	43
2.2.5.3 Sistema de control abc	44
2.2.6 Topologías de conexión a red de inversores fotovoltaicos	45
2.2.6.1 Inversor centralizado	45
2.2.6.2 Inversor descentralizado	47
2.2.6.3 Topología multi-rama (multi-string)	48
2.3 Marco conceptual.	49
2.4 Marco Legal	50
2.5 Marco Contextual	51
3 Metodología	53
3.1 Tipo de investigación	53
3.2 Modalidad de la investigación	53
3.3 Población	53
3.4 Metodología de recopilación de datos	53
4 Resultados	55
4.1 Características del recurso solar y el comportamiento del consumo eléctrico de la empresa Cerámicas Colmena S.A.S, en Arauca	55
4.1.1 Ubicación de la empresa	55
4.1.2 Datos meteorológicos	55
4.1.2.1 Temperatura	56

4.1.2.2 Irradiación	56
4.1.2.3 Viento	57
4.1.2.4 Humedad	58
4.1.3 Carga y potencia eléctrica de la planta de producción Cerámicas Colmena	58
4.1.3.1 Caracterización de máquinas eléctricas	58
4.1.3.2 Cuadro de cargas	60
4.1.3.3 Las características de consumo eléctrico de la empresa Cerámicas Colmena	62
4.2 Dimensionamiento del SGFV para la empresa Cerámicas Colmena S.A.S.	63
4.2.1 Normativa para instalaciones Fotovoltaicas	63
4.2.2 Orientación, irradiación y factores de corrección	65
4.2.2.1 Irradiación global diaria mensual sobre superficie inclinada con ángulo de inclinación óptimo para Cerámicas Colmena S.A.S.	66
4.2.2.2 Factor de Irradiación (FI)	67
4.2.3 Generación de Potencia del SGFV	69
4.2.4 Elección del Equipo Inversor	72
4.2.5 Elección del panel solar	74
4.2.6 Dimensionamiento malla fotovoltaica por equipo de inversión	75
4.2.6.1 Comportamiento de Parámetros DC de los Paneles Solares	76
4.2.6.2 Numero de paneles solares del SGFV	79
4.2.6.3 Números de paneles en serie	80
4.2.6.4 Paneles solares por MPPT	82
4.2.7 Estructura de montaje GFV	83
4.2.7.1 Mecanismos de fijación de paneles	85
4.2.8 Características Generales del SGFV de acuerdo a las disposiciones en la Sección 690 NTC 2050	87

4.2.9 Conductores, sistema de protección y conexión del SGFV	88
4.2.9.1 Cableado del lado DC	88
4.2.9.2 Sección transversal, capacidad de corriente del conductor y tubería eléctrica del lado DC	89
4.2.9.3 Elección del conductor DC	91
4.2.9.4 Conectores DC para Paneles Solares	92
4.2.9.5 Cableado del lado AC	93
4.2.9.6 Sección transversal, capacidad de corriente del conductor y tubería eléctrica del lado AC	93
4.2.9.7 Elección del cableado AC	93
4.2.9.8 Sistemas de protección	96
4.2.9.9 La norma NTC 2050 en la sección 690 establece que los SGFV deben contar con mecanismos de protección contra contactos indirectos y falla eléctricas	96
4.2.9.10 Sistema de Medición, conexión y desconexión a la red	98
4.2.9.11 En el marco español la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión está regida por el Real Decreto 1663/2000	98
4.2.9.12 Cajas de conexión	102
4.2.9.13 Transformador de Aislamiento Puro	103
4.2.10 Sistema de Puesta a Tierra (SPT)	104
4.2.11 Sistema de Protección contra rayos (SPR)	107
4.3 Simulación en la plataforma Simulink de MatLab R2016b.	108
4.3.1 Estructura de modelado por bloques del SGFV en Plataforma Simulink	109
4.3.2 Configuración de los bloques	110
4.3.2.1 Tabla de datos	110
4.3.2.2 Matriz Fotovoltaica	112
4.3.2.3 Convertidor DC-DC con control MPPT	114

4.3.2.4 Inversor Convertidor fuente de voltaje (VSC)	115
4.3.2.5 Control inversor VSC	116
4.3.2.6 Filtro de salida inversor tipo LC	117
4.3.2.7 Transformador de aislamiento galvánico	117
4.3.2.8 Punto de conexión a la red	118
4.3.2.9 Fuente de voltaje trifásica	118
4.3.2.10 Transformador de distribución	118
4.3.2.11 Carga R-L Serie	119
4.3.3 Análisis resultados simulación	120
4.3.3.1 Análisis de niveles de tensión DC a radiación y temperatura variable de las matrices fotovoltaicas del SGFV	121
4.3.3.2 Análisis de corriente DC a radiación y temperatura variable de las matrices fotovoltaicas del SGFV	122
4.3.3.3 Análisis de potencia a radiación y temperatura variable de las matrices fotovoltaicas	122
4.3.3.4 Comportamiento del Sistema a radiación y temperatura variable	123
4.3.3.5 Comportamiento del sistema a radiación y temperatura constante	127
4.3.4 Simulación en la herramienta PVsyst	129
4.3.4.1 Ubicación y Orientación del lugar de estudio	129
4.3.4.2 Definición del sistema	130
4.3.4.3 Análisis de resultados PVsyst	131
4.4 Análisis de viabilidad económica.	135
4.4.1 Costo de Inversión Inicial	135
4.4.2 Proyección de generación de energía	137
4.4.3 Costo de mantenimiento, beneficios tributarios y beneficios ambientales	139
4.4.4 Viabilidad económica	140

4.5 Divulgación de resultados	143
5 Conclusiones	145
6 Recomendaciones	146
Referencias bibliográficas	148
Anexos	150