

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

*Trabajo de titulación previo a la  
obtención del título de Ingeniero  
Mecánico Automotriz*

**PROYECTO TÉCNICO:**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA GENERADOR DE CARGA  
ELÉCTRICA, UTILIZANDO PANELES SOLARES, PARA EL INCREMENTO  
DE LA AUTONOMÍA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL”**

**AUTORES:**

JUAN FERNANDO PARAPI PLAZA

GABRIEL ISMAEL PESANTEZ OLEAS

**TUTOR:**

ING. ADRIÁN XAVIER SIGÜENZA REINOSO. M.SC.

CUENCA - ECUADOR

2020

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, "Juan Fernando Parapi Plaza con documento de identificación N° 0105307615 y Gabriel Ismael Pesantez Oleas con documento de identificación N° 0106549140, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA GENERADOR DE CARGA ELÉCTRICA, UTILIZANDO PANELES SOLARES, PARA EL INCREMENTO DE LA AUTONOMÍA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre del 2020



---

Juan Fernando Parapi Plaza  
C.I. 0105307615



---

Gabriel Ismael Pesantez Oleas  
C.I. 0106549140

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollada el trabajo de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA GENERADOR DE CARGA ELÉCTRICA, UTILIZANDO PANELES SOLARES, PARA EL INCREMENTO DE LA AUTONOMÍA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL”**, realizado por Juan Fernando Parapi Plaza y Gabriel Ismael Pesantez Oleas, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre del 2020



---

Ing. Adrián Xavier Sigüenza Reinoso, M.Sc.

C.I. 0103827366

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Juan Fernando Parapi Plaza con documento de identificación N° 0105307615, y Gabriel Ismael Pesantez Oleas con documento de identificación N° 0106549140, autores del trabajo de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA GENERADOR DE CARGA ELÉCTRICA, UTILIZANDO PANELES SOLARES, PARA EL INCREMENTO DE LA AUTONOMÍA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, octubre del 2020



---

Juan Fernando Parapi Plaza  
C.I. 0105307615



---

Gabriel Ismael Pesantez Oleas  
C.I. 0106549140

## **AGRADECIMIENTO**

*Un agradecimiento muy especial a mis padres Manuel y Carmen que me brindaron en todo momento su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida lo cuales me ayudan a alcanzar un logro más al superarme en el ámbito educativo.*

*A mi hermana por estar en todos mis momentos siempre apoyándome teniéndome paciencia a lo largo de mi vida y mis estudios.*

*A toda mi familia en especial a mi abuelita Filomena, a mi tía Gladys y mis primos Geovanny y Alex los cuales me supieron dar ánimos y su apoyo para seguir en adelante en mis estudios.*

*Al Ing. Adrián Sigüenza por su tiempo, disposición y dedicación guiándonos en cada momento en el desarrollo de este proyecto.*

**Juan Fernando Parapi Plaza**

## **DEDICATORIA**

*Este proyecto de titulación dedico a mis padres Manuel Fernando y María del Carmen, los pilares fundamentales en mi vida con mucho amor ya que siempre me apoyaron moralmente y económicamente en todo momento de mi vida ya que muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este para poder llegar a ser un profesional.*

*A mi abuelita Filomena y mi tía Gladys por su incondicional apoyo.*

*A mi hermana Dayanna y mis primos Geovanny y Alex por siempre contar con ellos y su total apoyo de una u otra manera.*

*A mi compañero de tesis y amigo por los años de estudio que hemos tenido por todos esos momentos que hemos pasado en el aula de clases y fuera de ellas.*

**Juan Fernando Parapi Plaza**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar agradezco a mis padres Gabriel y Elsa, que han sido mi ejemplo de lucha y trabajo para lograr cumplir con los objetivos que uno se propone en la vida a pesar de los obstáculos que uno tiene que superar para cumplir cada meta.*

*A mi hermana Jessica, que gracias a sus consejos y su carácter me ha sabido motivar para realizar mis actividades con ingenio y con valor, y que junto con su esposo Cesar han sabido echarme una mano de sabiduría, gratitud total.*

*A mis sobrinos Dylan y Matthew que son lo más importante para mí, y que son mi inspiración para seguir adelante.*

*A mi familia en general, que cada uno ha sabido brindarme su ayuda de diferente manera en este largo trayecto.*

*A mi tutor, profesores y amigos por contribuir con esta meta profesional.*

**Gabriel Ismael Pesantez Oleas**

## **DEDICATORIA**

*Consciente de que este logro no se lo supera de la noche a la mañana, dedico de una manera muy especial este Proyecto Técnico de Titulación a mis padres, a mi hermana, a mi familia y a mis amigos que cada uno de ustedes ha sabido ayudarme en algún punto de esta travesía, y que con amor, confianza, amistad y dedicación se puede lograr este sueño convertido en realidad.*

**Gabriel Ismael Pesantez Oleas**

## RESUMEN

Este proyecto se enfoca en el estudio y la implementación de un sistema que genere carga eléctrica mediante la utilización de paneles solares y que está a su vez sea conducido hasta los sistemas auxiliares de 12 v de un vehículo eléctrico Kia Soul EV mediante un controlador programado para este fin, aumentando su autonomía al no tener la necesidad de convertir el alto voltaje de la batería principal para alimentar dichos sistemas.

Para lograr dicho objetivo se procede con la revisión bibliográfica sobre las nuevas estrategias de las empresas automotrices en la implementación de sistemas de recarga de baterías y nuevas celdas constituidas por diferentes materiales para aumentar la autonomía de las mismas, adicionalmente también se investiga el aprovechamiento de la energía solar como medio de carga para vehículos eléctricos y el proceso que conlleva el montaje de dicho sistema con su controlador sin interferir en el funcionamiento normal, logrando de esta manera el aprendizaje para asumir la ejecución del proyecto.

Seguidamente se procedió con el estudio de cada elemento que compone el circuito generador tal como los paneles solares sometidos a experimentación, el controlador junto con su programación y los consumidores que son la base para el dimensionamiento de los componentes ántes citados, realizando previamente un análisis de los sistemas principales del vehículo encargados de la transformación de alto voltaje a 12 voltios consumidos en los periféricos del VE.

Luego de este procedimiento se ejecutó un estudio sobre la ubicación y la sujeción de los paneles solares mediante software CAD-CAE para crear una estructura que cumpla la mejor disposición y por ende un óptimo rendimiento de parte del sistema generador.

Finalmente se realizó la recolección de datos de generación de carga y el análisis de validación mediante graficas de comparación en pruebas designadas que nos demuestran la variación de consumo del vehículo por parte de sus sistemas auxiliares, demostrando un incremento notable en la autonomía, que beneficia en los recorridos a larga distancia.

## SUMMARY

This project focuses on the study and implementation of a system that generates electrical charge through the use of solar panels and which is in turn driven to the 12v auxiliary systems of a Kia Soul EV electric vehicle by means of a controller programmed to this end, increasing its autonomy by not having the need to convert the high voltage of the main battery to power said systems.

To achieve this objective, we proceed with the bibliographic review on the new strategies of automotive companies in the implementation of battery recharging systems and new cells made up of different materials to increase their autonomy, additionally the use of the battery is also investigated solar energy as a means of charging for electric vehicles and the process involved in assembling said system with its controller without interfering with normal operation, thus achieving learning to assume the execution of the project.

Next, we proceeded with the study of each element that makes up the generator circuit such as the solar panels subjected to experimentation, the controller together with its programming and the consumers that are the basis for the dimensioning of the aforementioned components, previously carrying out an analysis of the main systems of the vehicle responsible for the transformation of high voltage to 12 volts consumed in the peripherals of the EV.

After this procedure, a study was carried out on the location and fastening of the solar panels using CAD-CAE software to create a structure that complies with the best arrangement and therefore optimal performance from the generator system.

Finally, the collection of load generation data and the validation analysis were carried out through comparison graphs in designated tests that show us the variation in consumption of the vehicle by its auxiliary systems, demonstrating a notable increase in autonomy, which benefits in long-distance tours.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	IX
SUMMARY .....	X
ÍNDICE GENERAL .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XX
1. PROBLEMA .....	1
2. OBJETIVOS .....	2
2.1. Objetivo General .....	2
2.2. Objetivos Específicos .....	2
CAPITULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL PROYECTO .....	3
1.1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.2. HISTORIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO (VE) .....	3
1.3. VEHÍCULO ELÉCTRICO (VE) .....	4
1.3.1. COMPONENTES DEL VEHÍCULO KIA SOUL EV .....	5
1.3.2. VEHÍCULO ELÉCTRICO ENCHUFABLE (BEV) .....	6
1.3.3. AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO .....	7
1.3.4. CAUSAS DE LA REDUCCIÓN DE LA AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO .....	9
1.3.5. SOLUCIONES PARA AUMENTAR LA AUTONOMÍA .....	9
1.4. ENERGIA SOLAR .....	10
1.4.1. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR .....	11
1.4.2. RADIACIÓN SOLAR .....	11
1.5. SISTEMA GENERADOR DE CARGA .....	15
1.5.1. PANEL SOLAR .....	15
1.5.2. CONTROLADOR SOLAR .....	22

CAPITULO 2: DISEÑO DEL CIRCUITO GENERADOR DE CARGA ELÉCTRICA.	26
2.1. INTRODUCCIÓN	26
2.2. COMPONENTES DE RECARGA DEL VEHICULO	26
2.2.1. SISTEMA LDC	27
2.3. COMPONENTES DE UN CIRCUITO DE CARGA SOLAR.	30
2.3.1. BATERÍA DE 12V	30
2.4. PANEL SOLAR	32
2.4.1. PANEL SOLAR KINGSOLAR	33
2.4.2. ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LOS PANELES SOLARES	34
2.4.3. RESULTADOS DE PRODUCCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE...	35
2.5. CONTROLADOR DE CARGA	42
2.5.1. ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR SOLAR UTILIZADO.	42
2.5.2. CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN:	42
2.6. CIRCUITO GENERARDOR DE CARGA ELÉCTRICA	44
2.6.1. PRUEBA EXPERIMENTAL:	44
CAPITULO 3: ANALISIS E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA EL CIRCUITO GENERADOR DE CARGA ELECTRICA.	46
3.1. INTRODUCCIÓN	46
3.2. ANALIS ESTRUCTURAL	46
3.2.1. DISEÑO	47
3.3. ANALISIS AERODINAMICO	49
3.3.1. SIMULACION AERODINAMICA CON VARIACION DE VELOCIDAD.	50
3.4. ANÁLISIS DE MATERIAL.	53
3.5. SIMULACIÓN DE ESFUERZOS.	56
3.5.1. ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN A 30 KM/H.	56
3.5.2. ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN A 50 KM/H.	57

3.5.3.	ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN A 90 KM/H.....	58
3.5.4.	ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN A 145 KM/H.....	59
3.6.	ELABORACION DE LA ESTRUCTURA.....	61
CAPITULO 4: ANALISIS DE PRUEBAS Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS. ...		62
4.1.	INTRODUCCION.....	62
4.2.	FUNDAMENTACION TEORICA.....	62
4.2.1.	CONSUMO DE LOS SISTEMAS PERIFERICOS DEL VEHICULO..	62
4.2.2.	SISTEMA DE ALUMBRADO.....	64
4.2.3.	SISTEMA DE AUDIO.....	65
4.3.	REDUCCION APROXIMADA DE CONSUMO CON EL USO DE LOS SISTEMAS PERIFERICOS MÁS UTILIZADOS. ....	66
4.4.	PRUEBAS DE GENERACION DE CARGA.....	66
4.4.1.	PRUEBAS ESTÁTICAS.....	67
4.4.2.	RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS ESTATICAS.....	71
4.4.3.	COMPARACIÓN DE TENDENCIAS ENTRE PRUEBAS.....	86
4.4.4.	PRUEBAS DINÁMICAS.....	90
4.4.5.	TIPOS DE PRUEBAS DINÁMICAS.....	90
4.4.6.	RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS DINÁMICAS.....	94
4.4.7.	COMPARACIÓN DE TENDENCIAS EN PRUEBAS CORTAS.....	108
4.4.8.	COMPARACION DE TENDENCIAS EN PRUEBAS LARGAS.....	118
4.4.9.	VALIDACION DE RESULTADOS.....	120
CONCLUSIONES.....		131
RECOMENDACIONES.....		133
BIBLIOGRAFIA.....		134
ANEXOS.....		136

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Historia del Vehículo Eléctrico.....	3
Figura 2: Vehículo eléctrico Kia Soul EV.....	4
Figura 3: Componentes principales del vehículo eléctrico.....	5
Figura 4: Vehículo Eléctrico Enchufable Híbrido (PHEV).....	6
Figura 5: Altitud y Longitud del Planeta.....	11
Figura 6: Incidencia de Radiación Solar en el Azuay. ....	14
Figura 7: Simulación de Circuito Sensor.....	17
Figura 8: Micro Procesador Arduino Mega 2560.....	18
Figura 9: Circuito Divisor de Tensión.....	18
Figura 10: Conexión del Sensor ACS712.....	20
Figura 11: Conexión del Sensor de Temperatura y Humedad.....	20
Figura 12: Esquema sensor medidor de nivel de luz.....	21
Figura 13: Pantalla LCD con valores programables.....	25
Figura 14: Conexión del Controlador Solar.....	25
Figura 15: Componentes y conexión de la EPCU del Kia Soul EV.....	27
Figura 16: Esquema Eléctrico Positivo del Circuito LDC.....	28
Figura 17: Esquema Eléctrico Negativo del Circuito LDC.....	29
Figura 18: Esquema de Funcionamiento de un Circuito de Carga.....	30
Figura 19: Características de la Batería de 12v. ....	31
Figura 20. Componentes del Panel Solar.....	32
Figura 21: Experimento de Generación de Carga con Paneles Solares.....	35
Figura 22: Variación de Tensión respecto a la temperatura del día.....	36
Figura 23: Variación de Tensión respecto al nivel de iluminación.....	37
Figura 24: Producción de Tensión variable en porcentajes de humedad. ....	38
Figura 25: Correlación de la incidencia de luz solar respecto la producción de tensión.....	39
Figura 26: Correlación por regresión poli nómica de temperatura respecto a la producción de tensión.....	40
Figura 27: Correlación por regresión poli nómica de humedad respecto a la producción de tensión.....	41
Figura 28: Controlador de Carga Solar MP-80.....	43
Figura 29: Circuito generador de carga.....	44
Figura 30: Programación del Controlador de Carga Solar. ....	44

Figura 31: Comportamiento del Sistema Generador de Carga en experimentación de Producción de Tensión. ....	45
Figura 32: Superficie del Vehículo para ubicación de los Paneles Solares.....	46
Figura 33: Ilustración de la Estructura diseñada y seleccionada en CAD.....	47
Figura 34: Planos y cotas de la estructura principal .....	48
Figura 35: Análisis aerodinámico evaluado a 30 km/h. ....	50
Figura 36: Análisis aerodinámico evaluado a 50 km/h. ....	51
Figura 37: Análisis aerodinámico evaluado a 90 km/h. ....	51
Figura 38: Análisis aerodinámico evaluado a 145 km/h. ....	52
Figura 39: Análisis de Deformación con esfuerzos máximos a 30km/h.....	56
Figura 40: Factor de Seguridad Mínimo a 30 km/h .....	56
Figura 41: Análisis de Deformación con esfuerzos máximos a 50km/h.....	57
Figura 42: Factor de Seguridad Mínimo a 50 km/h .....	57
Figura 43: Análisis de Deformación con esfuerzos máximos a 90km/h.....	58
Figura 44: Factor de Seguridad Mínimo a 90 km/h .....	58
Figura 45: Análisis de Deformación con esfuerzos máximos a 145 km/h.....	59
Figura 46: Factor de Seguridad Mínimo a 145 km/h .....	59
Figura 47: Estructura construida con dimensiones exactas. ....	61
Figura 48: Paneles Solares ensamblados a la estructura.....	61
Figura 49: Consumo de SOC y consumo de Batería por el sistema de calefacción.....	62
Figura 50: Consumo del Electro ventilador en ajuste automático.....	63
Figura 51: Prueba de Consumo de SOC por Sistema de Calefacción. ....	63
Figura 52: Consumo de SOC por Luces Guías.....	64
Figura 53: Consumo de SOC por luces Altas.....	64
Figura 54: Prueba de Consumo de SOC por sistema de Alumbrado .....	65
Figura 55: Comparativa de Consumo por Sistema de Audio .....	65
Figura 56: Protocolo de Muestreo para pruebas estáticas .....	67
Figura 57: Colocación y sujeción de paneles solares al VE.....	68
Figura 58: Configuración de Controlador en la parte posterior del VE. ....	68
Figura 59: Colocación y estacionamiento del VE en el lugar de pruebas. ....	68
Figura 60: Comparación de humedad en la primera configuración. ....	72
Figura 61: Comparación de Temperatura en la primera configuración.....	72
Figura 62: Comparación de Iluminación en la primera configuración.....	72

Figura 63: Comparativa de consumo de SOC respecto al tiempo en la primera configuración.....	73
Figura 64: Comparativa de consumo de Alto Voltaje respecto al tiempo en la primera configuración.....	73
Figura 65: Comparativa de consumo de Corriente respecto al tiempo en la primera configuración.....	74
Figura 66: Comparativa de consumo de Bajo Voltaje respecto al tiempo en la primera configuración.....	74
Figura 67: Comparación de humedad en la segunda configuración.....	75
Figura 68: Comparación de Temperatura en la segunda configuración.....	76
Figura 69: Comparación de Iluminación en la segunda configuración. ....	76
Figura 70: Comparativa de consumo de SOC respecto al tiempo en la segunda configuración.....	77
Figura 71: Comparativa de consumo de Alto Voltaje respecto al tiempo en la segunda configuración.....	77
Figura 72: Comparativa de consumo de Corriente respecto al tiempo en la segunda configuración.....	78
Figura 73: Comparativa de consumo de Bajo Voltaje respecto al tiempo en la segunda configuración.....	78
Figura 74: Comparación de humedad en la tercera configuración.....	79
Figura 75: Comparación de Temperatura en la tercera configuración.....	80
Figura 76: Comparación de Iluminación en la tercera configuración. ....	80
Figura 77: Comparativa de consumo de SOC respecto al tiempo en la tercera configuración.....	81
Figura 78: Comparativa de consumo de Alto Voltaje respecto al tiempo en la tercera configuración.....	81
Figura 79: Comparativa de consumo de Corriente respecto al tiempo en la tercera configuración.....	82
Figura 80: Comparativa de consumo de Bajo Voltaje respecto al tiempo en la tercera configuración.....	82
Figura 81: Comparación de humedad en la cuarta configuración. ....	83
Figura 82: Comparación de Temperatura en la cuarta configuración. ....	84
Figura 83: Comparación de Iluminación en la cuarta configuración. ....	84

Figura 84: Comparativa de consumo de SOC respecto al tiempo en la cuarta configuración.....	84
Figura 85: Comparativa de consumo de Alto Voltaje respecto al tiempo en la cuarta configuración.....	85
Figura 86: Comparativa de consumo de Corriente respecto al tiempo en la cuarta configuración.....	85
Figura 87: Comparativa de consumo de Bajo Voltaje respecto al tiempo en la cuarta configuración.....	86
Figura 88: Tendencia Global de la Primera Configuración.....	86
Figura 89: Tendencia Global de la Segunda Configuración.....	87
Figura 90: Tendencia Global de la Tercera Configuración.....	88
Figura 91: Tendencia Global de la Cuarta Configuración.....	89
Figura 92: Protocolo de Muestreo para pruebas dinámicas.....	90
Figura 93: Superficie de Pruebas en Circuito o Cortas .....	91
Figura 94: Recorrido de la Ruta Universidad Politécnica Salesiana - Tres Cruces Cajas .....	92
Figura 95: Humedad en Prueba dinámica de la Primera configuración de Consumo....	94
Figura 96: Temperatura en Prueba dinámica de la Primera configuración de Consumo	94
Figura 97: Iluminación en Prueba dinámica de la Primera configuración de Consumo	95
Figura 98: Consumo de SOC por Km Recorrido en la Primera Configuración.....	95
Figura 99: Consumo de Alto Voltaje por Km Recorrido en la Primera Configuración.	96
Figura 100: Consumo de Corriente por Km Recorrido en la Primera Configuración....	96
Figura 101: Consumo de Bajo Voltaje por Km Recorrido en la Primera Configuración.....	97
Figura 102: Humedad en Prueba dinámica de la segunda configuración de Consumo .	97
Figura 103: Temperatura en Prueba dinámica de la segunda configuración de Consumo .....	98
Figura 104: Iluminación en Prueba dinámica de la segunda configuración de Consumo .....	98
Figura 105: Consumo de SOC por Km Recorrido en la Segunda Configuración.....	99
Figura 106: Consumo de Alto Voltaje por Km Recorrido en la Segunda Configuración.....	99
Figura 107: Consumo de Corriente por Km Recorrido en la Segunda Configuración.	100

Figura 108: Consumo de Bajo Voltaje por Km Recorrido en la Segunda Configuración.	100
Figura 109: Humedad en Prueba dinámica de la tercera configuración de Consumo..	101
Figura 110: Temperatura en Prueba dinámica de la tercera configuración de Consumo	101
Figura 111: Iluminación en Prueba dinámica de la tercera configuración de Consumo	102
Figura 112: Consumo de SOC por Km Recorrido en la Tercera Configuración. ....	102
Figura 113: Consumo de Alto Voltaje por Km Recorrido en la Tercera Configuración.	103
Figura 114: Consumo de Corriente por Km Recorrido en la Tercera Configuración. .	103
Figura 115: Consumo de Bajo Voltaje por Km Recorrido en la Tercera Configuración.	104
Figura 116: Humedad en Prueba dinámica de la cuarta configuración de Consumo...	104
Figura 117: Temperatura en Prueba dinámica de la cuarta configuración de Consumo	105
Figura 118: Iluminación en Prueba dinámica de la cuarta configuración de Consumo	105
Figura 119: Consumo de SOC por Km Recorrido en la Cuarta Configuración. ....	106
Figura 120: Consumo de Alto Voltaje por Km Recorrido en la Cuarta Configuración.	106
Figura 121: Consumo de Corriente por Km Recorrido en la Cuarta Configuración....	107
Figura 122: Consumo de Bajo Voltaje por Km Recorrido en la Cuarta Configuración.	107
Figura 123: Tendencia Global Dinámica de la Primera Configuración .....	108
Figura 124: Tendencia Global Dinámica de la Segunda Configuración .....	109
Figura 125: Tendencia Global Dinámica de la Tercera Configuración.....	110
Figura 126: Tendencia Global Dinámica de la Cuarta Configuración .....	110
Figura 127: Humedad en Prueba de Ascenso .....	111
Figura 128: Temperatura en Prueba de Ascenso .....	112
Figura 129: Iluminación en Prueba de Ascenso .....	112
Figura 130: Consumo de SOC en Prueba de Ascenso .....	113
Figura 131: Consumo de Alto Voltaje en Prueba de Ascenso .....	113
Figura 132: Consumo de Corriente en Prueba de Ascenso .....	114

Figura 133: Consumo de Bajo Voltaje en Prueba de Ascenso .....	114
Figura 134: Humedad en Prueba de Descenso .....	115
Figura 135: Temperatura en Prueba de Descenso .....	115
Figura 136: Iluminación en Prueba de Descenso .....	116
Figura 137: Consumo de SOC en Prueba de Descenso.....	116
Figura 138: Consumo de Alto Voltaje en Prueba de Descenso.....	117
Figura 139: Consumo de Corriente en Prueba de Descenso .....	117
Figura 140: Consumo de Bajo Voltaje en Prueba de Descenso .....	117
Figura 141: Tendencia Global en Prueba de Ascenso.....	118
Figura 142: Tendencia Global en Prueba de Descenso .....	119

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Autonomía de Vehículos Asequibles en Ciclo WLTP .....	8
Tabla 2: Incidencia de Radiación Solar en la Ciudad.....	14
Tabla 3: Guía de Selección ACS712 .....	19
Tabla 4: Producción de Voltaje y Corriente por una Hora .....	22
Tabla 5: Características del Panel Solar King Solar.....	34
Tabla 6: Resultados de Experimentación de producción de Tensión.....	35
Tabla 7: Características de Controlador ZHCSolar MP-80.....	43
Tabla 8: Límites de Velocidad (Cuenca-Ecuador) .....	49
Tabla 9: Condiciones Ambientales Influenciables .....	49
Tabla 10: Valores de Presión y Velocidad Máximas evaluadas a 30 km/h.....	50
Tabla 11: Valores de Presión y Velocidad Máximas evaluadas a 50 km/h.....	51
Tabla 12: Valores de Presión y Velocidad Máximas evaluadas a 90 km/h.....	52
Tabla 13: Valores de Presión y Velocidad Máximas evaluadas a 145 km/h.....	52
Tabla 14: Materiales para fabricación de estructuras. ....	53
Tabla 15: Propiedades de materiales metálicos para estructuras.....	54
Tabla 16: Relación de factores .....	55
Tabla 17: Deformación y factor de seguridad de la estructura a 30km/h.....	57
Tabla 18: Deformación y factor de seguridad de la estructura a 50km/h.....	57
Tabla 19: Deformación y factor de seguridad de la estructura a 90km/h.....	58
Tabla 20: Deformación y factor de seguridad de la estructura a 145km/h.....	60
Tabla 21 Relación de Consumo por km de recorrido .....	66
Tabla 22 Configuraciones de consumo para pruebas estáticas.....	69
Tabla 23 Especificaciones de Prueba en la primera configuración. ....	71
Tabla 24 Especificaciones de Prueba en la segunda configuración. ....	75
Tabla 25 Especificaciones de Prueba en la tercera configuración.....	79
Tabla 26 Especificaciones de Prueba en la cuarta configuración.....	83
Tabla 27: Funciones de Tendencia en la Primera Configuración.....	87
Tabla 28: Funciones de Tendencia en la Segunda Configuración.....	87
Tabla 29: Funciones de Tendencia en la Tercera Configuración. ....	88
Tabla 30: Funciones de Tendencia en la Cuarta Configuración.....	89
Tabla 31: Configuración de Consumo para Pruebas Cortas.....	93

Tabla 32: Configuración de Consumo para Pruebas Largas. ....	93
Tabla 33: Funciones de las Tendencias dinámicas de la Primera Configuración. ....	108
Tabla 34: Funciones de las Tendencias dinámicas de la Segunda Configuración. ....	109
Tabla 35: Funciones de las Tendencias dinámicas de la Tercera Configuración. ....	110
Tabla 36: Funciones de las Tendencias dinámicas de la Cuarta Configuración. ....	111

# 1. PROBLEMA

En la actualidad, los vehículos eléctricos están siendo la mejor alternativa automotriz para un transporte amigable con el medio ambiente, dependiendo de la capacidad de las baterías, el rendimiento del motor y eficiencia, cada automóvil eléctrico ofrece distintas limitaciones en cuanto a kilómetros máximos de autonomía, esto hace que el coste de un vehículo eléctrico no base su precio únicamente y en gran medida a la potencia del motor, sino también en cuanta autonomía ofrecen sus baterías con respecto a la competencia.

Un vehículo Kia Soul EV es un automóvil eléctrico fabricado desde el año 2014 utilizado para el transporte de personas o mercancías, el cual cuenta con una propulsión de un motor eléctrico de 81,4 kilovatios que se alimentan con corriente almacenada en su batería de polímero de litio que suministra 27 KWh, proporcionando una autonomía de 141 km según (*Juela 2017*) y de 150 km según el ciclo de conducción WLTP (Worldwide Harmonized Light Duty Vehicles Test Procedures) o Procedimientos Mundialmente Armonizados para Pruebas de Vehículos Ligeros, esta limitación se debe en gran medida a la batería, lo que está retrasando la adopción del coche eléctrico en nuestras calles debido a la limitada autonomía con la que cuentan estos vehículos en comparación con los coches de combustión produciendo un inconveniente al momento de ejercer viajes de larga distancia entre la principales ciudades del país.

De acuerdo a las distancias generadas entre las principales ciudades del Ecuador se necesita una autonomía superior a los 200 km para emprender una comunicación entre ellas, en cuyas rutas existe una gran afluencia de personas y comercio, motivo por el cual se considera que este viaje en un vehículo eléctrico no se la podría realizar o en su defecto implicaría detenerse en ciudades intermedias que cuenten con sistemas de carga de las baterías para continuar el viaje.

En base a la autonomía actual de los vehículos eléctricos, emprender un viaje no sería adecuado debido a la falta de electrolineras en el País y al tiempo que tarda en ejecutar una carga completa en el vehículo, motivo por el cual no es rentable adquirirlo para efectuar viajes de larga distancia.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.OBJETIVO GENERAL**

- Implementar un sistema generador de carga eléctrica, utilizando paneles solares, para el incremento de la autonomía en un vehículo eléctrico KIA SOUL.

### **2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar un estado del arte junto con la información técnica de paneles solares a implementarse para determinar la producción de tensión y carga.
- Diseñar el circuito generador de carga eléctrica con un controlador del sistema para las condiciones en las que se usa el vehículo.
- Implementar una estructura de soporte del sistema generador de carga para obtener la mayor eficiencia energética.
- Comprobar los resultados obtenidos de la experimentación mediante equipo de software y curvas de eficiencia energética.

# FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL PROYECTO

## 1.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo toma importancia la fundamentación teórica de las características del vehículo eléctrico, así como también la información técnica sobre los paneles solares a implementarse, y a través de estas, determinar la producción de tensión y carga que puede producirse, para el abasto de los periféricos del Kia Soul Ev.

## 1.2. HISTORIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO (VE).

El inicio de los vehículos eléctricos, se remonta desde el siglo XIX, donde se desarrolló la electricidad con la pila de Volta; estos se inventaron mucho antes que los de motores a gasolina y diésel. En la figura 1 se observa la cronología de cómo fué evolucionando el vehículo eléctrico a lo largo de los siglos XIX y XX.

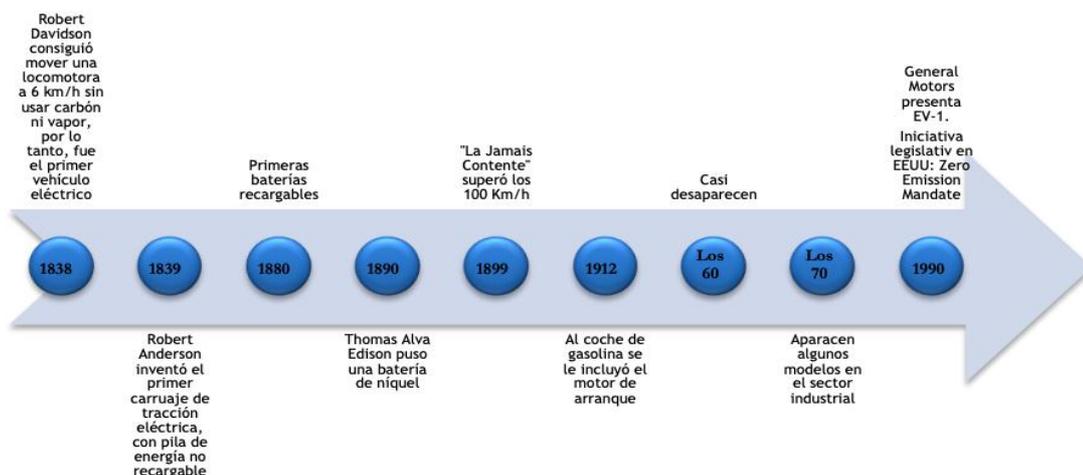


Figura 1: Historia del Vehículo Eléctrico

Fuente: (Buj, 2017)

Continuando con su expansión en el siglo XXI donde existen inmensas inversiones en este tipo de transporte, siendo la crisis económica 2008, unida al alza del precio del petróleo los factores determinantes del desarrollo actual para los vehículos

eléctricos, sin mencionar los estrictos estándares de reducción de contaminación emanados por los de combustión que obligan innovar este tipo de movilidad.

La evolución del mercado sigue una tendencia común a la introducción de las nuevas tecnologías de este transporte, con altibajos en su inicio, pero con una clara preferencia ascendente por parte de los usuarios. (Arnaiz, 2015)

### **1.3. VEHÍCULO ELÉCTRICO (VE)**

Es un automóvil de combustible alternativo impulsado parcial o totalmente por electricidad (figura 2), la cual esta almacenada en modo de energía química en baterías que se recargan mediante una red eléctrica (Garcia Déniz & Jimenez del Río, 2013). Este utiliza uno o más motores eléctricos para trasladarse, sin embargo, para que genere su propia energía, el sistema de propulsión consta de otros elementos adicionales que brindan esta posibilidad.



*Figura 2: Vehículo eléctrico Kia Soul EV*

*Fuente: (KIA, 2019)*

Su funcionamiento se fundamenta en la composición de un motor, un terminal de carga para obtener la electricidad, los transformadores que la convierten en amperaje y tensión almacenable en baterías, su funcionamiento óptimo es realizado en combinación de eficiencia y seguridad, sistematizando la energía que induce el motor. (Garcia Déniz & Jimenez del Río, 2013)

### 1.3.1. COMPONENTES DEL VEHÍCULO KIA SOUL EV.

Los vehículos con motor de combustión interna de gasolina y diésel no poseen las mismas partes que los eléctricos en cuanto a los principales sistemas, circuitos y componentes de transmisión (Figura 3).

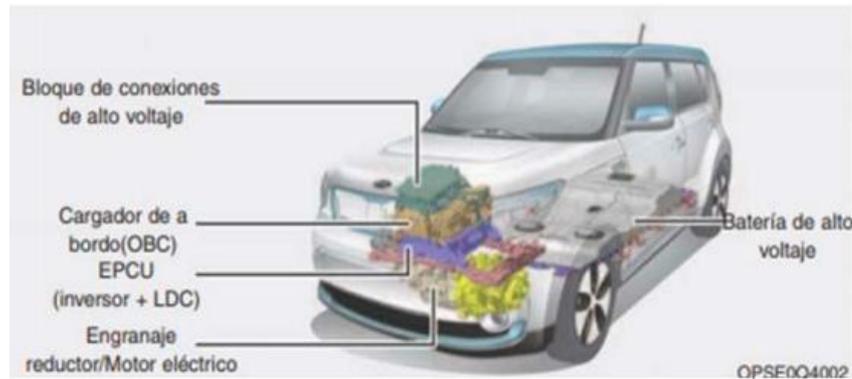


Figura 3: Componentes principales del vehículo eléctrico.

Fuente: (Manual del Usuario Kia Soul, 2017)

- Batería auxiliar (12v).
- Motor eléctrico (tracción).
- Compresor de aire acondicionado eléctrico.
- Calefactor auxiliar eléctrico (PTC).
- Dirección asistida eléctrica.
- Servofreno eléctrico (Bomba de vacío o asistencia directa).
- Inversor / Controlador.
- Conversor DC-DC bidireccional (AT/BT).
- Cargador AC/DC.
- BMS.
- Batería de tracción (AT: 300 a 600 V).
- Climatización batería de tracción.
- Ecu gestión eléctrica.

### 1.3.2. VEHÍCULO ELÉCTRICO ENCHUFABLE (BEV)

Este modelo mantiene un mecanismo de funcionamiento similar al PHEV (Plug in Hybrid Electric Vehicle) figura 4, la diferencia es que no cuenta con el sistema de recarga por parte del motor de combustión interna que funciona como un generador a bordo, pero en remplazo de este, sus baterías se recargan en una fuente externa ya sea de tipo doméstico o en puntos públicos adaptados para este fin. Estos vehículos son conocidos como eléctricos puros ya que no cuentan con otro modo de propulsión.

La mayor complejidad que presentan radica en el tiempo de carga y la demanda de acumuladores de energía de mejores prestaciones, sin embargo su popularidad no cesa gracias a los avances registrados, innovando desde las primeras baterías de gran dimensión y peso que brindaban una autonomía máxima de 100 km e incluso menos, y su tiempo de carga demasiado extenso con períodos de 8 a 12 horas , hasta los nuevos modelos más sofisticados de menor dimensión y peso, que brindan recorridos de hasta 300 o 400 km en vehículos de media gama y hasta los 600 km en alta gama, de manera que cada tres o cuatro años la autonomía evoluciona hasta un 135%, de la misma manera el tiempo para cargar este tipo de autos se ha reducido hasta los 45 minutos o una hora máximo, y con estudios que pretenden cargar en 8 minutos, tiempo tolerable en comparación de una recarga de combustible en un vehículo de combustión.



*Figura 4: Vehículo Eléctrico Enchufable Híbrido (PHEV)*

*Fuente: (Electric2Car)*

Las principales características del vehículo eléctrico enchufable son las siguientes:

- La batería del vehículo se puede cargar desde la red eléctrica natural.
- El uso de realimentación de la energía mediante sistemas regenerativos y energías renovables.
- Innovación en los sistemas de carga como los avances en tecnología inalámbrica, eliminando conexiones incómodas.
- La definición de autonomía relacionada al tipo de acumulador.

### **1.3.3. AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO**

En lo que respecta a la autonomía, es el régimen de duración de su batería al realizar un determinado recorrido hasta que finaliza su carga, la distancia que el mismo puede cubrir en kilómetros sin verse expuesto a recargar nuevamente, muchos de los diseños hoy en día tienen un alcance limitado (tabla 1), debido a la baja densidad de energía de las baterías en comparación con el combustible de los de combustión interna.

En la actualidad la autonomía del transporte eléctrico se ve afectada por varios factores como tipo de materiales en acumuladores, cantidad y número de celdas que posee, periodo de trabajo bajo carga completa, uso de sistemas auxiliares, velocidades elevadas, pendientes muy pronunciadas, condiciones climáticas no muy exigentes, la planificación y optimización de la ruta a recorrer. (Galicía , 2013)

Para determinar qué tan sofisticado fué creado un vehículo se pone a prueba la duración de la batería en ciclos de conducción homologados mundialmente, de manera que cumpla un patrón para comparación con otros modelos, el WLTP (World Harmonized Light-Duty Vehicle Test Procedure) es un estándar global que sirve para determinar los niveles de emisiones contaminantes y consumo de energía de vehículos tradicionales, híbridos y eléctricos puros, reemplazando el ciclo NEDC desde 2017, que contaba con falencias en sus fases de conducción, condiciones de camino, hábitos de manejo urbano y en carretera, cambio de marchas en un solo régimen de giro y la depreciación de mantener los periféricos de seguridad y confort encendidos para determinar el consumo real (Juarez, 2019).

Tabla 1: Autonomía de Vehículos Asequibles en Ciclo WLTP

Marca	Autonomía	Ilustración
VOLKSWAGEN e-up	260 km	
RENAULT Zoe	300 km	
OPEL Corsa	220 km	
RENAULT Twizy 2018	96 km	
KIA Soul EV 2020	277 km	

### **1.3.4. CAUSAS DE LA REDUCCIÓN DE LA AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.**

#### **1.3.4.1. Terrenos planos o con desniveles.**

Según: Sergio Morales ingeniero del “ Laboratorio de Investigación en Vehículos Eléctricos (LIVE) del Instituto Tecnológico de Costa Rica” asegura que los VE no pierden potencia al subir cuevas, pero si existe un mayor consumo de energía, el experimento realizado se inició con el 100% de carga de las baterías, desde los 1435 msnm hasta los 3432 msnm con variaciones de altimetría considerables, se concluyó que la reducción de autonomía fué de 1:2, es decir que por 1 km recorrido se consumía 2 km de autonomía, llegando al fin de la prueba con 20%de carga. (Avedaño, 2018).

#### **1.3.4.2. Ocupantes a bordo del vehículo**

El VE varió la reducción de autonomía dependiendo de la cantidad de pasajeros que ingresen en él, ya que a mayor peso necesitará, mayor potencia para moverse y esto incurre en un mayor consumo. (Avedaño, 2018)

#### **1.3.4.3. Utilización de periféricos**

Según: (Armijos & Gomez, 2018), la utilización de los periféricos incide directamente en el consumo de energía del vehículo, dos de los sistemas consumidores que más afectan son la calefacción y audio por el tiempo de utilización, su análisis determina la corriente que consume cada sistema mediante pruebas experimentales que determina una disminución de la autonomía del VE cuando se encuentran encendidos, teniendo de 10 a 27 km menos de recorrido según la potencia que estos utilicen, sin embargo los demás periféricos en condiciones de trabajo disminuirán entre 5 a 15 km más de dicha autonomía.

### **1.3.5. SOLUCIONES PARA AUMENTAR LA AUTONOMÍA**

En los países líderes en esta tecnología automotriz como China, están ideando planes con empresas para que los VE al momento de terminar con la energía almacenada en la batería, acuda a una estación de recambio, en donde un robot sustituye la desgastada por una completamente cargada, que es una opción que mejora el tiempo de abasto, con una duración de tres minutos aproximadamente, mejorando incluso el tiempo de recarga de combustible en un vehículo de combustión.

Otra de las soluciones implantadas por las empresas que fabrican acumuladores energéticos, está en la adopción de nuevos materiales, con promesas bastante atractivas que pretenden alargar la autonomía hasta los 600 km reales, la sustitución de las baterías de iones de litio y electrolito líquido por las nuevas celdas que tienen compuestos níquel, cobalto y aluminio en el caso de Tesla, o las de níquel, manganeso y cobalto, para LG Chem que suministra a marcas como Renault, Chevrolet, Volkswagen entre otras, que no aumentan el peso de la batería en un 10%, y que elevara el precio de los vehículos en un 5% aproximadamente hasta que todos los compuestos puedan ser producidos a gran escala.

Por último tenemos la incorporación de sistemas de recarga en el vehículo y sistemas regenerativos de carga, aprovechando las energías externas como el caso de la solar y eólica, o la recuperación de energías perdidas como es el caso de los frenos y suspensión, utilizados en los vehículos híbridos actualmente y que son innovados constantemente para mayor generación de carga.

La energía solar está siendo analizada por muchas marcas que la ven como una solución a corto plazo, con bajo coste de inversión, que recarga la batería del auto, y que con la combinación ideal de materiales puede ser parte de la carrocería del vehículo.

Según Noelia López: El Instituto Fraunhofer para sistemas de Energía Solar ha creado paneles solares invisibles que aumentan la autonomía del vehículo, sin perturbar la estética, que brindan eficiencias de potencial nominal de aproximadamente entre 200 y 400 W/m<sup>2</sup>, aumentando en una media de 10 km la autonomía, sin embargo los paneles que son instalados exteriormente en un vehículo, brindan un potencial de hasta 1000 y 1500 W/m<sup>2</sup> mejorando indudablemente la autonomía. (Redondo, 2019)

#### **1.4. ENERGIA SOLAR**

La energía solar es una fuente renovable y limpia que se obtiene de la radiación que recibe la tierra en forma de luz, calor y radiación ultravioleta, nuestro planeta recibe una cantidad de luminosidad convertida en energía eléctrica de aproximadamente 1,6 millones de kWh, de los cuales se aprovecha solo el 40%, ya que el potencial

energético que se obtiene está condicionado por la intensidad de la radiación solar de cada lugar en el mundo.

#### 1.4.1. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR

El aprovechamiento de la energía solar requiere de la utilización de dispositivos que capturen la energía proveniente del sol y la transformen en una forma de energía compatible con la demanda que se pretende satisfacer. (Renobables, 2008)

#### 1.4.2. RADIACIÓN SOLAR

Radica en la energía emanada por el sol al planeta tierra, en grupo de radiaciones electromagnéticas (ultravioleta e infrarroja), provenientes del sol a través del espacio. (Reyes, 2018)

Es la suma entre la radiación solar directa (viene en línea recta desde el disco solar, en una trayectoria totalmente definida) y la radiación solar difusa (fracción de que llega a la superficie producto de la absorción, dispersión y reflexión de gases), es decir toda la que incide en la superficie terrestre (Romero Tous, 2009)

Los principales factores que influyen en la radiación solar son:

- Altitud: magnitud de longitud vertical, con respecto a un plano determinado.
- Latitud: distancia angular entre cualquier punto periférico de la Tierra respecto al paralelo Ecuador.
- Longitud: distancia angular entre cualquier punto de la Tierra respecto al Meridiano de Greenwich.

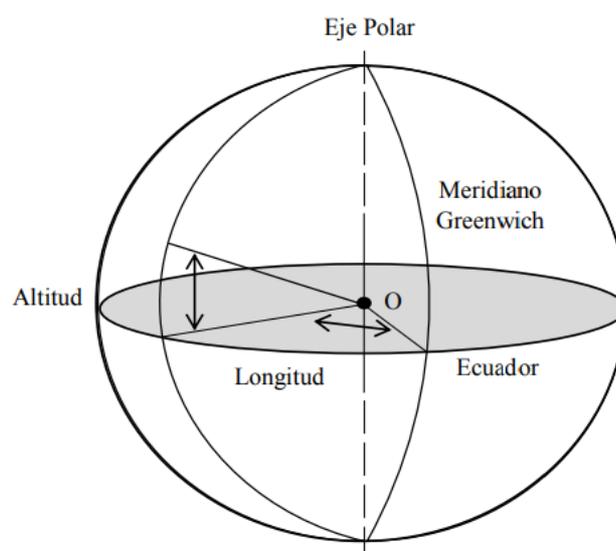


Figura 5: Altitud y Longitud del Planeta

Fuente: (Reyes, 2018)

### 1.4.2.1. Radiación Directa

Es la radiación que se dirige hasta la superficie del planeta en forma de rayos ultravioletas e infrarrojos, sin tener ningún cambio en su trayectoria.

$$R_D = \Sigma R_{D\theta,\alpha}$$

En donde:

$\Sigma R_{D\theta,\alpha}$  Es la suma de toda la radiación directa.

$$R_{D\theta,\alpha} = S_{constante} * \beta^{m(\theta)} * SunDur_{\theta,\alpha} * SunGap_{\theta,\alpha} * \cos(AngIn_{\theta,\alpha})$$

Donde:

$S_{constante}$  Es la radiación solar, recibida en la atmosfera terrestre.

$\beta^{m(\theta)}$  Es la media de las longitudes de ondas.

$SunDur_{\theta,\alpha}$  Es el tiempo de duración de sector del cielo.

$SunGap_{\theta,\alpha}$  Es la fracción de espacio del mapa solar.

$AngIn_{\theta,\alpha}$  Es la incidencia angular solar con respecto al centro geométrico.

### 1.4.2.2. Radiación Difusa

Es la radiación que se refleja por consecuencia de tipos de cobertores sobre la superficie terrestre como son las nubes, el polvo, los edificios, los árboles y todo lo que obstruya un paso directo de luz. Los ángulos de incidencia y las fracciones de espacio para cada sector del cielo, dan la resultante de un estudio de cálculo:

$$R_{F\theta,\alpha} = R_{glb} * P_{dif} * Dur * SkyGap_{\theta,\alpha} * Peso_{\theta,\alpha} * AngIn_{\theta,\alpha}$$

Donde:

$R_{glb}$	Radiación global normal.
$P_{dif}$	Flujo de radiación normal considerando siempre entre 0,2 y 0,7.
$Dur$	Duración del análisis.
$Peso_{\theta,\alpha}$	Cantidad de radiación difusa en cierta zona del cielo.
$AngIn_{\theta,\alpha}$	Valor angular que incide entre el centroide del cielo y el objeto interceptor.

### 1.4.2.3. Radiación Solar en Cuenca

El estudio más representativo que se ha realizado en Ecuador y en la ciudad es el Atlas solar publicado por el CONELEC para fines de generación eléctrica en 2008. La radiación solar es analizada por medio de imágenes satelitales que se generan a partir de información de radiómetro de satélite. (Delgado & Orellana, 2015)

La ciudad de Cuenca en la Provincia del Azuay (figura 6), se ubica al centro sur de la República del Ecuador entre las latitudes 2°52'60" y 78°58'60" W, tiene una superficie de 67,72 km<sup>2</sup> y posee una altitud máxima de 2550 msnm, lo que se toma valores de radiación solar medidos por estaciones meteorológicas siendo así los valores máximos de radiación en la ciudad de 152,48 kWh/m<sup>2</sup> y la más baja de 135,29 kWh/m<sup>2</sup>.

En la tabla 2 podemos observar donde son los lugares con es el índice más alto de radiación solar en la ciudad de Cuenca y cantones próximos, por cada metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>).

Tabla 2: Incidencia de Radiación Solar en la Ciudad

Nº	LUGARES	W/m <sup>2</sup>
1	Centro de la Ciudad	602,42
2	UPS	625,72
3	CUMBE	641,38
4	SAYAUSÍ	604,79
5	TURI	533.36
6	MOLLETURO	663,48

Fuente: (Calle & Sarango, 2018)

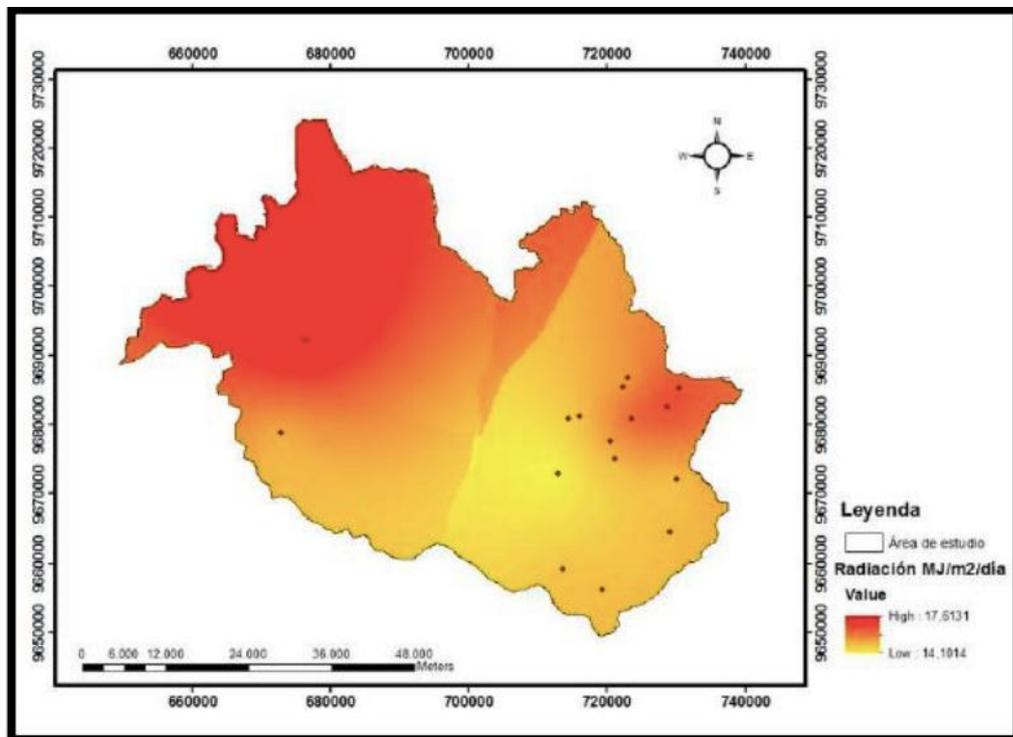


Figura 6: Incidencia de Radiación Solar en el Azuay.

Fuente: (Calle & Sarango, 2018)

#### 1.4.2.4. Eficiencia Energética

La eficiencia energética de los vehículos eléctricos es aproximadamente 3 veces más que los de combustión, con lo que no consume energía cuando está en movimiento, a diferencia de los motores actuales que continúan funcionando incluso estando en ralentí.

## 1.5. SISTEMA GENERADOR DE CARGA

Un sistema generador o regenerativo armoniza un conjunto de componentes útiles para la producción de energía que será suministrada hacia la batería de un vehículo con el fin de aprovechar los recursos naturales para sustituir el potencial que pierde dicha máquina al crear la misma energía, incrementando la eficiencia y la autonomía. Para implementar este sistema se requiere un análisis de los componentes y del tipo de batería utilizada por el vehículo, sus valores deben ser calculados:

Según: (Lata & Quintuña, 2018), expresan una ecuación de autonomía del VE, en base a un recorrido en kilómetros, a los porcentajes de carga del VE y al consumo real de la batería.

$$Autonomia Real = \frac{SOC (\%) * Autonomia Normal}{100\%}$$

Siendo:

- SOC (%) el porcentaje de carga real al finalizar la prueba.
- Autonomía Normal corresponde a la máxima generada por el vehículo.

Gracias a estas estimaciones se determina la cantidad de energía que necesita la batería del vehículo, con lo que se puede estimar la producción de un grupo de paneles solares y un controlador, siempre teniendo en cuenta un factor de seguridad.

### 1.5.1. PANEL SOLAR

El panel solar es una estructura robusta y manejable sobre la cual se colocan las células fotovoltaicas, son diseñados para captar la radiación electromagnética que proviene del sol para su posterior aprovechamiento.

#### 1.5.1.1. Tipos de paneles solares y sus características.

- **Mono cristalino de silicio puro.**

Este tipo de panel solar tiene una constitución uniforme de material de silicio en sus celdas solares, el rendimiento en laboratorio es de 24,7% con módulos comerciales se encuentra alrededor del 16%. (Reyes, 2018)

- **Poli cristalino de Silicio puro.**

Este panel tiene disposición de diversas secciones de una barra de silicio la cual está estructurada en desorden de pequeños cristales, el rendimiento es bajo a comparación de los mono-cristalinos teniendo una rentabilidad energética de 19,8% y en paneles comerciales de 14%. (Reyes, 2018)

- **Silicio amorfo.**

Las células de este panel se encuentran formadas por silicio, pero se constituye sin la estructura cristalina, el rendimiento que alcanza es de 5%. (Reyes, 2018)

- **Teluro de cadmio.**

El rendimiento de este tipo de panel es del 8%. (Reyes, 2018)

- **Arseniuro de galio.**

Tiene un material mucho más eficiente, con un rendimiento del 25,7% y en módulos comerciales como máximo del 8%. (Reyes, 2018)

- **Di seleniuro de cobre e indio.**

El rendimiento en módulos comerciales es del 9%. (Reyes, 2018)

- **Triple unión.**

Llamado así por la unión de tres semiconductores GaAs, Ge y GaInP<sub>2</sub> con un rendimiento del 39%. (Reyes, 2018)

- **Paneles tándem.**

Este combina dos materiales semiconductores distintos, el rendimiento de estos paneles solares son del 35%, pudiendo alcanzar teóricamente el 50% con uniones de 3 materiales, teniendo en cuenta que estos semiconductores son capaces de sacar el máximo rendimiento en una parte del espectro electromagnético de la radiación luminosa. (Reyes, 2018)

### 1.5.1.2. Circuito de experimentación de un panel solar.

Para tener un control sobre la producción de voltaje y corriente se crearon circuitos sensores de los parámetros analizados anteriormente, en la plataforma de hardware libre Arduino IDE que facilita de manera eficaz la programación de un micro controlador mediante su entorno de desarrollo, la información captada por nuestro circuito sensor fué transmitida por el software PLX-DAQ hasta una hoja de cálculo de Excel en Windows.

La construcción del circuito fué diseñado en Proteus 8 CAD para determinar los componentes idóneos para captar la señal más exacta de voltaje, corriente, temperatura, humedad y nivel de iluminación solar (figura 7).

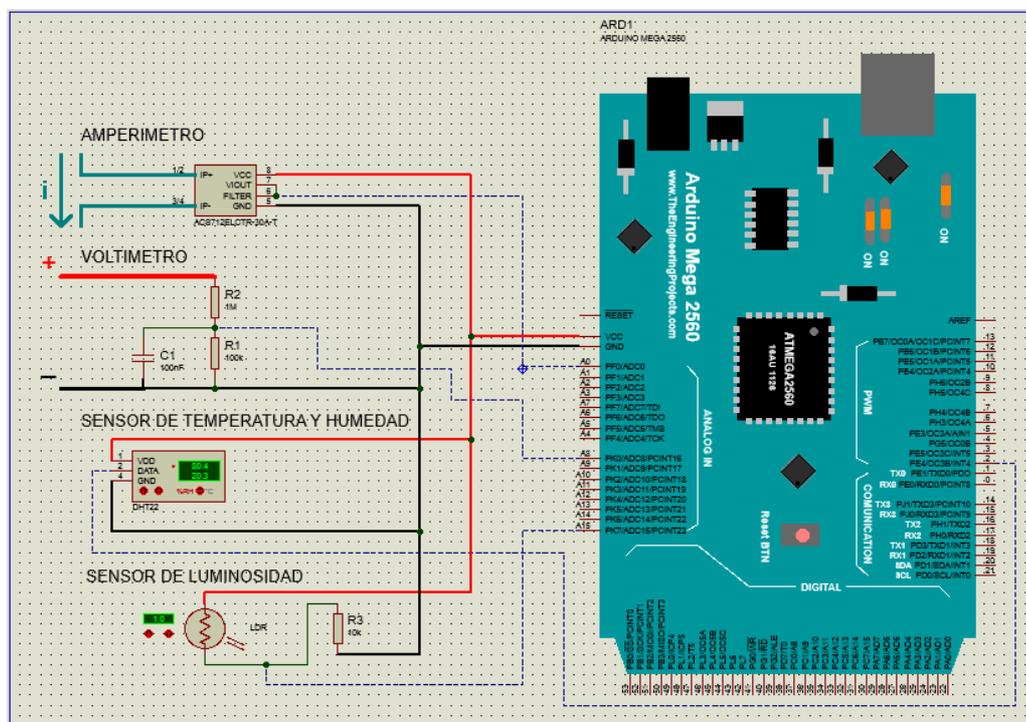


Figura 7: Simulación de Circuito Sensor

Los componentes escogidos son los siguientes:

- **Micro controlador**

Se utilizó el micro controlador Arduino Mega 2560, cuenta con 54 pines digitales que funcionan de manera entrada y salida a la vez, y tiene 16 entradas análogas, su comunicación se produce por el puerto serie, su voltaje operativo es de 5 voltios.



Figura 8: Micro Procesador Arduino Mega 2560

Fuente: (Arduino, 2019)

- **Voltímetro**

Para efectuar un medidor de tensión se ocupa una entrada análoga, esta puede medir valores entre 0 y 5 voltios, dicho circuito utiliza un circuito divisor de tensión que consta de dos resistencias (R1 y R2) conectadas en serie, crea un rango de voltajes que pueden ser medibles por la entrada análoga del Arduino.

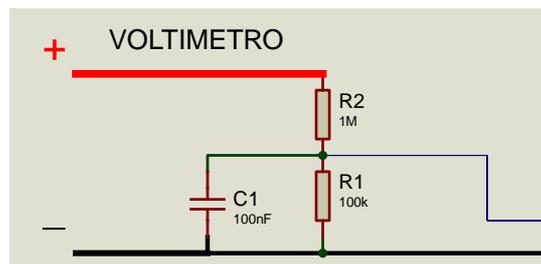


Figura 9: Circuito Divisor de Tensión

Para determinar el rango de tensiones que podemos medir se realiza un cálculo del valor máximo, se utiliza la resistencia R1 de (1MΩ) y una resistencia R2 de (100 KΩ), estas resistencias son elegidas para obtener una impedancia de entrada de 1,1 MΩ.

$$V_{salida} = \frac{R2}{R1 + R2} * V_{entrada}$$

$$V_{entrada} = V_{salida} * \frac{R2 + R1}{R2}$$

$$V_{entrada} = 5v * \frac{1M\Omega + 0,1M\Omega}{0,1M\Omega}$$

$$V_{entrada} = 5v * \frac{1,1M\Omega}{0,1M\Omega}$$

$$V_{entrada} = 5v * 11$$

$$V_{entrada} = 55v$$

Mediante el cálculo de un circuito divisor de tensión se determina que el valor máximo que puede medir es de 55 voltios, pero su rango es inferior debido a un factor de seguridad para protección del microprocesador.

- **Amperímetro**

Un sensor de corriente ACS 712, internamente trabaja con un sensor de efecto Hall que detecta el campo magnético que se produce por la inducción de corriente a través de una línea. Existen tres tipos de sensores que se puede usar dependiendo de la aplicación (tabla 3), estos se diferencian del rango de corriente a medir, ya sea de 5, 20 y 30 amperios contando con mayor sensibilidad en su medición.

*Tabla 3: Guía de Selección ACS712*

Número de Pieza	T op (°C)	Rango optimizado, Ip (UNA)	Sensibilidad, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	-40 a 85	≤ 5	185
ACS712ELCTR-20A-T	-40 a 85	≤ 20	100
ACS712ELCTR-30A-T	-40 a 85	≤ 30	66

*Fuente: (MicroSystems, 2003)*

Este sensor entrega un voltaje de 2,5 voltios para una corriente de 0 Amperios, a continuación de ese valor tiene un incremento proporcional de acuerdo a su sensibilidad, teniendo un comportamiento lineal, la pendiente sería la sensibilidad ( $s$ ), de esta manera tendríamos la siguiente ecuación lineal:

$$V = s * I + 2,5$$

Si se despeja esta ecuación se obtiene con facilidad la fórmula para encontrar la corriente:

$$I = \frac{V - 2,5}{s}$$

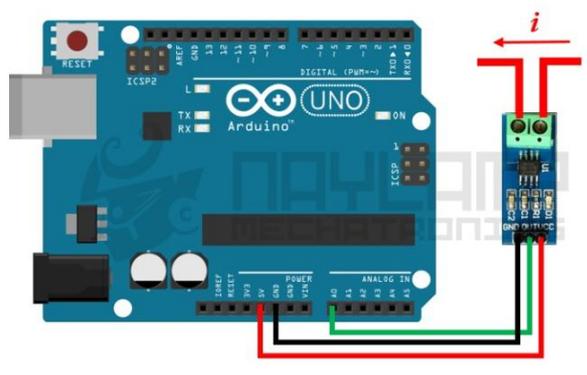


Figura 10: Conexión del Sensor ACS712

Fuente: (Mechatronics, 2016)

- **Sensor de Temperatura y Humedad**

Para la medición de las condiciones de temperatura y humedad del ambiente se utilizó un solo sensor digital del grupo DHT, cuenta con un pin de alimentación, un pin de la señal y la conexión GND, existen dos tipos, sin embargo se utiliza el sensor DHT22 con un rango de medición desde los  $-40^{\circ}\text{C}$  hasta los  $80^{\circ}\text{C}$  y tiene una precisión de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , mientras que el rango de humedad medible esta desde 0 a 100% RH (humedad relativa), con una precisión de 2% RH, y su tiempo de reacción entre lecturas de toma de datos mínimo es de 2 segundos.

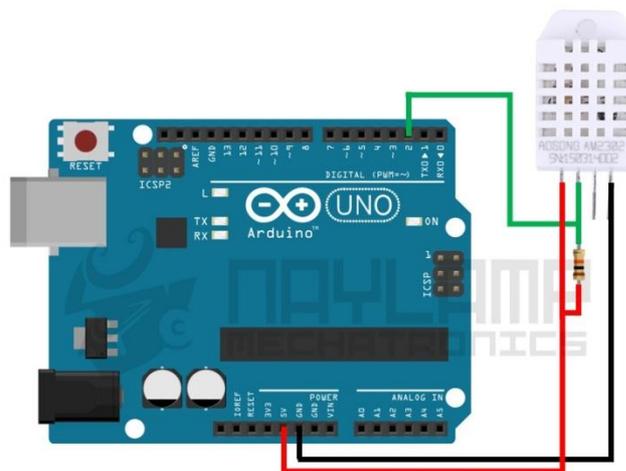


Figura 11: Conexión del Sensor de Temperatura y Humedad

Fuente: (Naylamp, 2016)

- **Sensor medidor de Luz**

Un medidor de niveles de luz implementa un foto resistor LDR y una resistencia, fué la solución más viable respecto al costo y a su baja complejidad, este dispositivo cuya

resistencia tiene un cambio en cuanto a la cantidad de luz incidente en un lugar, si los niveles aumentan su resistencia tiende a disminuir, mientras esta crece en lugares con baja luminosidad, se tiene una relación matemática entre la iluminancia y la resistencia que sigue una función potencial.

$$\frac{I}{I_0} = \left( \frac{R}{R_0} \right)^{-\gamma}$$

Siendo  $R_0$  la resistencia,  $I_0$  la intensidad, la constante  $\gamma$  es la pérdida de resistencia por década que típicamente está entre 0,5 a 0,8.

Su esquema eléctrico se lo puede expresar de la siguiente manera:

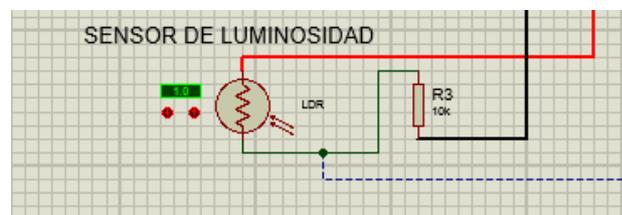


Figura 12: Esquema sensor medidor de nivel de luz

La captura de señal la realiza PLX-DAQ es un transmisor para la adquisición de datos, cuyo complemento permite capturar 26 canales de datos de un Arduino a través de uno de sus puertos serie (COM 1-15), de manera que la programación ejecutada en Arduino IDE permita denotar la siguiente información:

- TIME; es la hora exacta en la que nuestro software adquiera los datos.
- TOTAL TIME; es el rango de tiempo contabilizado en segundos para una próxima toma de datos, en este experimento se ejecutó la toma de datos en rangos de 300 segundos (5 minutos), periodo ideal para registrar una variación de valores de los parámetros analizados.
- VOLTAJE; es el primer valor producido por el panel solar, su valor depende mucho de los parámetros de temperatura, humedad y mayoritariamente del nivel de iluminación solar.
- CORRIENTE; este valor analizado en serie junto con un consumidor ayudo a estimar sus valores exactos.
- HUMEDAD; este parámetro de la cantidad de agua o cualquier líquido que crea condiciones de estado fué considerado ya que influye minuciosamente en la producción de carga eléctrica por nuestro panel.

- **TEMPERATURA;** este parámetro tiene un comportamiento inversamente proporcional con la producción de carga y voltaje debido a los materiales utilizados para la creación de las celdas solares, es decir, cuando existe una mayor presencia de temperatura, el rendimiento de los paneles solares se ve afectado, mientras en climas fríos, su producción es favorable.
- **ILUMUNACIÓN;** la emisión de las radiaciones luminosas es el parámetro más influyente para lograr los máximos valores de voltaje y corriente.

Esta información nos ayuda a identificar los valores de producción de voltaje y corriente en la ciudad de Cuenca en las mejores condiciones climáticas y los periodos de tiempo que mantiene mejor radiación directa.

*Tabla 4: Producción de Voltaje y Corriente por una Hora*

Time	Total T	Voltaje	Corriente	Humedad	Temperatura	Iluminación
7:00:06	0,06	18,05	0,05	87,9	10,8	857
7:05:05	300,25	19,28	0,045	90,6	11,5	826
7:10:05	600,22	19,44	0,042	88,4	11,6	793
7:15:03	900,14	18,04	0,049	89	10,5	848
7:20:06	1201,00	19,71	0,044	87,9	13,1	833
7:25:19	1533,92	19,66	0,043	88	13	833
7:30:05	1800,05	19,54	0,044	90	13,3	828
7:35:05	2100,00	19,38	0,047	88,6	13,3	912
7:40:06	2400,86	19,24	0,044	90,1	12,9	900
7:45:02	2699,80	17,81	0,049	90,3	11,2	938
7:50:02	2999,75	18,51	0,049	87,9	11,9	944
7:55:02	3299,70	18,36	0,051	88,8	12,2	956
8:00:02	3599,65	19,4	0,049	88	12,2	956

### 1.5.2. CONTROLADOR SOLAR

Dispositivo capaz de analizar el voltaje de un acumulador y enviar una carga producida por un generador eléctrico en caso que lo requiera, si el valor de tensión es máximo activa una salida conectada a un consumidor, para su implementación se debe tomar en cuenta las características de los elementos controlados y una programación idónea.

### **1.5.2.1. Dimensionamiento de un Controlador**

La potencia máxima que se puede extraer de un sistema PV no tiene dependencia solo con las condiciones climáticas, sino también tiene influencia del punto de operación del sistema de conversión de energía. (Gómez, Guacaneme, Rodríguez, Santamaría, & Trujillo, 2018)

Para dimensionar un controlador solar es necesario especificar el voltaje y amperaje de funcionamiento, este controlador deberá soportar a su vez la carga de la matriz de conexión de los paneles solares y la tensión del banco de baterías o acumuladores, para suministrar una carga correcta y constante hacia el consumidor.

La mejor manera de dimensionar este controlador es de captar el vataje (watts) de los paneles solares y dividirlo para el voltaje de las baterías (v), para conseguir una estimación bastante aproximada del valor de corriente necesaria para operar el controlador.

### **1.5.2.2. Características de un Controlador de Carga**

Un controlador de carga cuenta con características muy esenciales que brindan seguridad tanto a la batería, a los paneles solares y a los consumidores de manera que con un factor de seguridad adecuado al momento de dimensionar, el controlador tenga un funcionamiento totalmente estable, las principales características son:

- Proporciona las cargas múltiples generadas por los paneles en ondas de carga más estables de manera que las baterías se encuentren valiosas y saludables.
- Impide que los generadores extraigan la carga del acumulador cuando no existe presencia de luz.
- Apagan cualquier consumidor de carga que se encuentre conectada al controlador en el momento en que este detecte una tensión deficiente del acumulador, hasta que la recargue nuevamente.

Los controladores mantienen características secundarias ajenas al ciclo de carga y descarga pero que influyen significativamente en la seguridad del circuito:

- Controlar de forma segura la fuente de carga para la protección de sobrecargas en las baterías.
- Proporcionan protección contra la conexión inversa en el acumulador o batería.

- Provee lectores y medidores de voltajes y corrientes de entrada y salida.
- Posee un mando de control modificable para un ajuste correcto de carga y descarga de la batería.

### **1.5.2.3. Tipos de Controladores de Carga Solar**

Los controladores solares tienen dos tipos de configuraciones, existen para controlar grandes circuitos con altos rangos de voltaje y corriente utilizados en cubiertas de casas y edificios para el alumbramiento de espacios amplios, y controladores de menor complejidad para aprovechar la energía solar en vehículos o medios de transporte eficientes que utilizan motores eléctricos para su movilidad.

- **Controladores de carga MPPT**

El controlador MPPT (Máximo Power Point Tracker), seguidor de punto de máxima potencia es la innovación de control de los sistemas solares, estos buscan un balance entre voltaje y corriente de manera que la potencia siempre se encuentre al máximo o incluso con un rendimiento adicional.

- **Controlador de carga PWM**

Este controlador nombrado por sus siglas en inglés (Pulse Width Modulation) o de modulación por ancho de pulso son los más comunes para una instalación fotovoltaica, debido a su bajo costo y a su gama de modelos en el mercado, esta tecnología de control pasivo, utiliza interruptores y compuertas de estado sólido (unidades de almacenamiento no volátil, es decir, que mantienen almacenados sus datos incluso estando desconectados de una fuente), de esta manera genera una salida de corriente continua (CC) constante desde una entrada de corriente variable.

Con la modulación de ancho de pulso se logra una carga efectiva de la batería de voltaje constante, incluso cambiando los dispositivos de alimentación del controlador del sistema solar. Entre los beneficios que presenta este controlador están:

- Mejora la forma de carga de la batería.
- Tiene la capacidad de mantener un alto promedio de carga incluso con los consumidores activados.
- Ajusta de manera automática el deterioro de la batería, alargando su envejecimiento.
- Disminuye la gasificación y calentamiento de la batería.

### 1.5.2.4. Constitución de un Controlador Solar

Los controladores solares en su mayor número de modelos cuentan una pantalla LCD en la que indica los valores programables para el usuario ( figura 13), cuenta con seis entradas, dos para la entrada de la matriz de los paneles solares, dos para la batería y dos para la conexión al consumidor (figura 14).

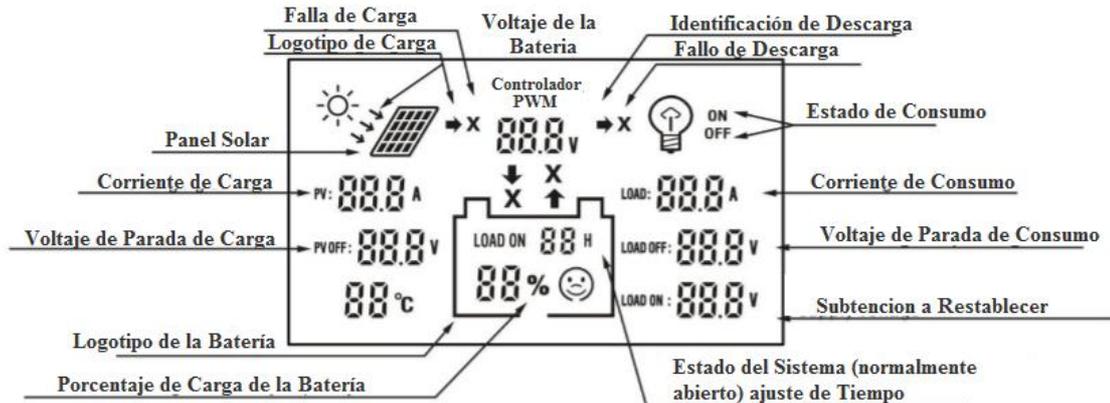


Figura 13: Pantalla LCD con valores programables.

Fuente: (Solar, 2018)

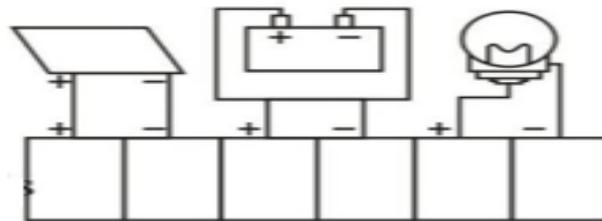


Figura 14: Conexión del Controlador Solar

Fuente: (Solar, 2018)

## **DISEÑO DEL CIRCUITO GENERADOR DE CARGA ELÉCTRICA.**

---

### **2.1. INTRODUCCIÓN**

Este capítulo especifica el diseño y la creación de un circuito generador de carga utilizando paneles solares mediante un controlador, para lo cual el dimensionamiento, la disposición y la programación que existe en los componentes aumenta la eficacia de sistema en base a la batería utilizada para el proyecto, también se toma en cuenta si afecta el funcionamiento normal del vehículo analizando las conexiones del convertidor de alto voltaje que recarga normalmente el acumulador de 12v.

### **2.2. COMPONENTES DE RECARGA DEL VEHICULO**

El VE Kia Soul cuenta con un sistema de carga a través del EPCU que controla la corriente de alta tensión que llega a los principales sistemas electrónicos, llegando de esta manera al acumulador en tensión de 12 v a través de un inversor (MCU) y un LDC que se encarga específicamente de esta función (figura 15).

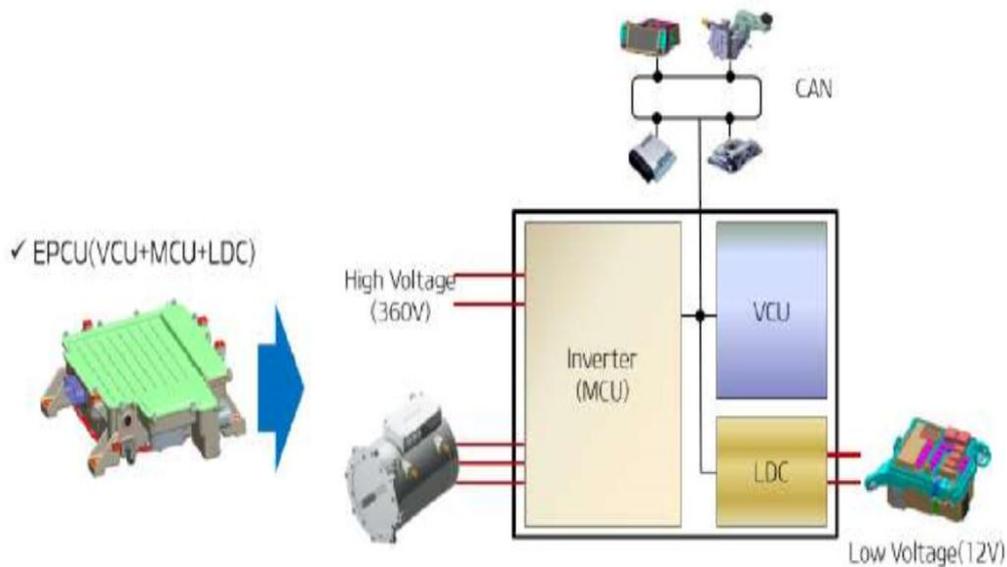


Figura 15: Componentes y conexión de la EPCU del Kia Soul EV

Fuente: (Maurad & Armijos, 2018)

### 2.2.1. SISTEMA LDC

Es el encargado de convertir la corriente DC – DC de baja potencia, es decir, convierte de electricidad de alta tensión de la batería principal a 12 voltios para cargar la auxiliar que dispone el vehículo utilizada para los sistemas periféricos como alumbrado, aire acondicionado, iluminación, etc.

En la información técnica de KIA, se establecen dos circuitos, uno positivo y uno negativo (figura 16 y 17 respectivamente), utilizados para graduar el nivel de carga y determinar si necesita o no un flujo de corriente de alimentación al momento de activar un mayor número de periféricos.

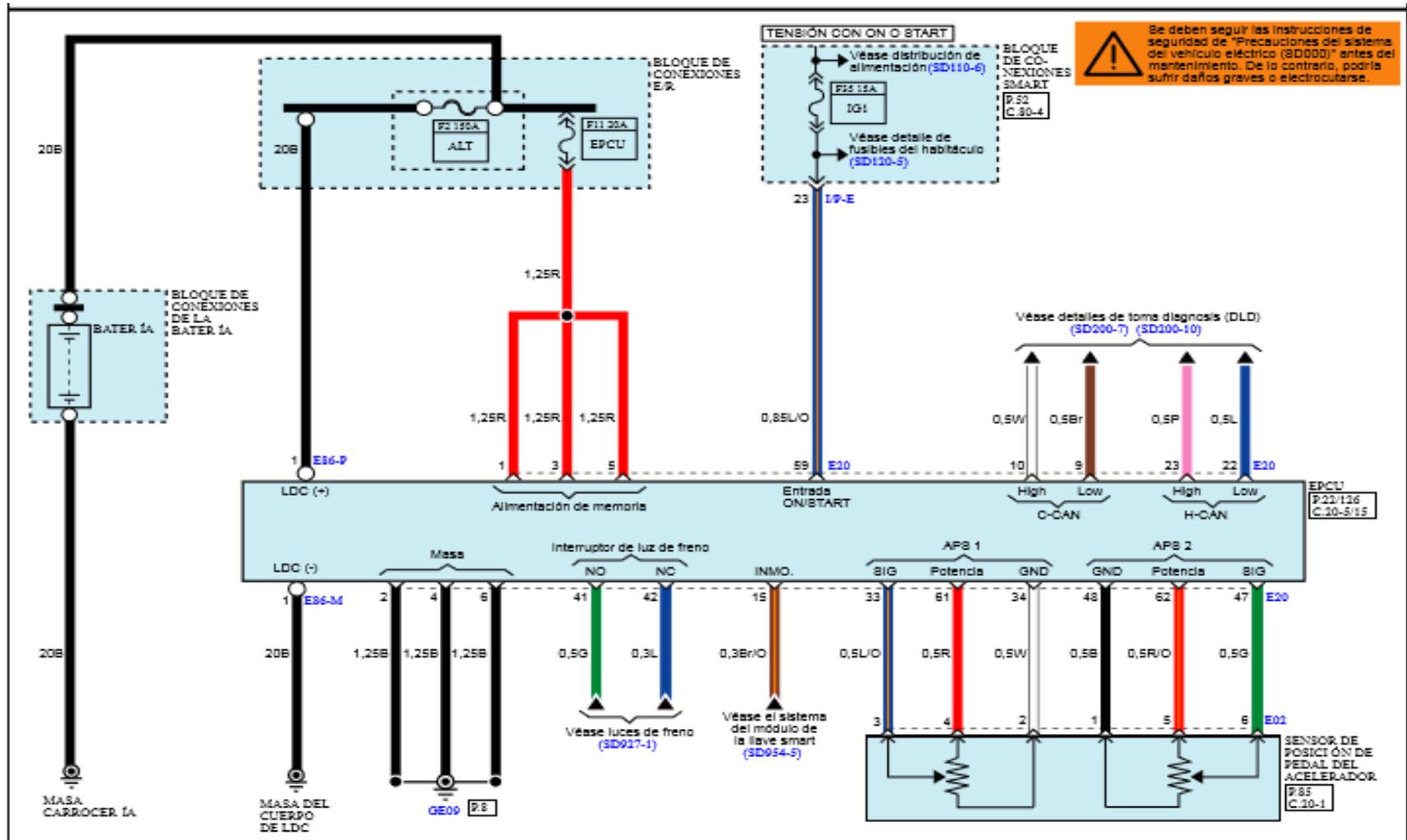


Figura 16: Esquema Eléctrico Positivo del Circuito LDC

Fuente: (KIA, 2019)

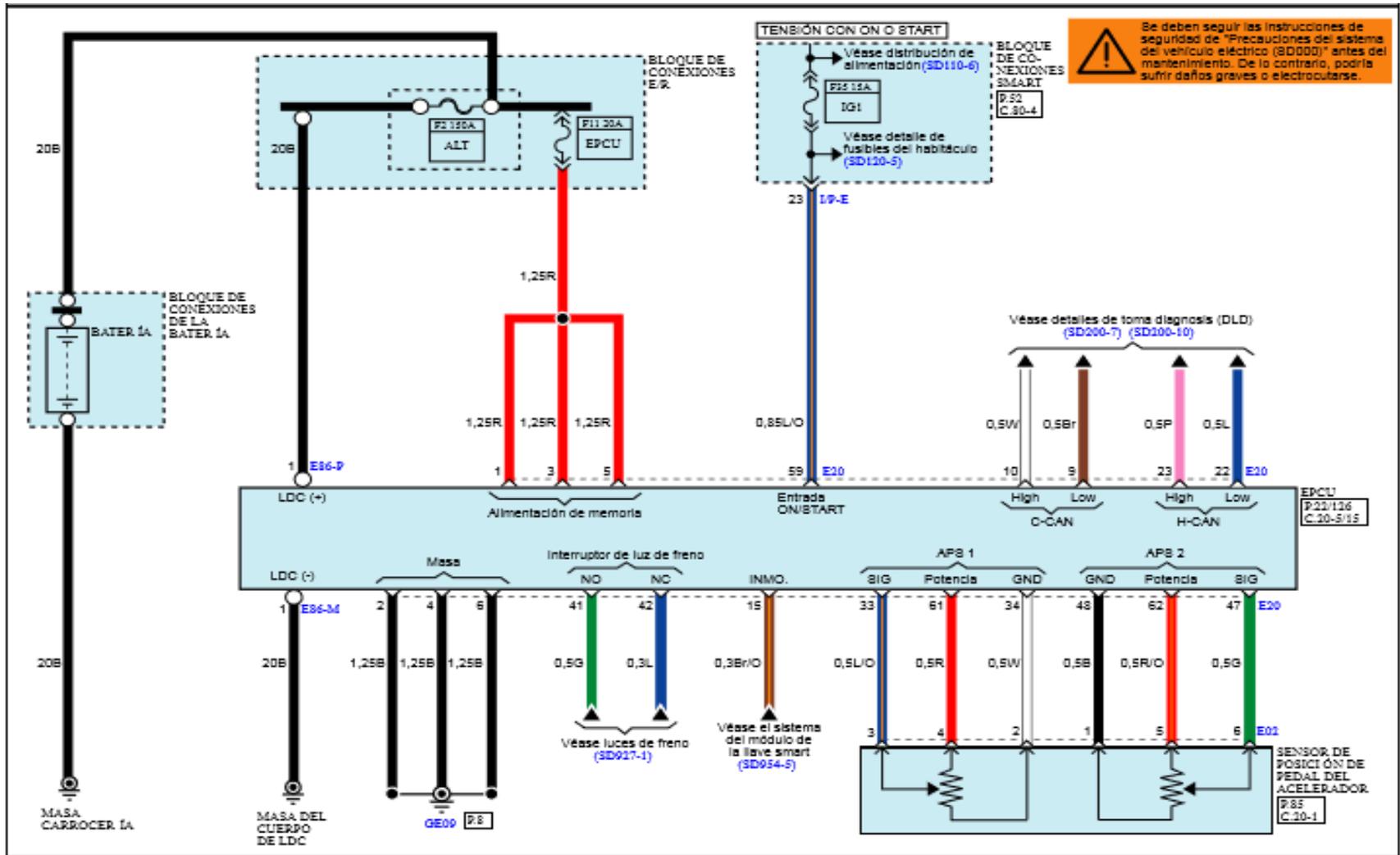


Figura 17: Esquema Eléctrico Negativo del Circuito LDC

Fuente: (KIA, 2019)

## 2.3. COMPONENTES DE UN CIRCUITO DE CARGA SOLAR.

Un circuito de carga solar cuenta con tres componentes principales, los paneles solares generan la tensión que el controlador estabiliza como señal de voltaje generada y recarga la batería a intensidad constante; y un componente secundario o consumidor que dependiendo del sistema puede ser conectado desde el controlador o desde el acumulador (figura 18), ya que si se encuentra con tensión mínima, el consumo energético es desactivado.



Figura 18: Esquema de Funcionamiento de un Circuito de Carga

### 2.3.1. BATERÍA DE 12V

La batería auxiliar del Kia Soul EV es un dispositivo encargado de almacenar y entregar la energía eléctrica a los circuitos de confort, control y seguridad del vehículo, el modelo CMF45L-BCI (figura 19) es tipo VRLA (base de fibra de vidrio absorbente), libre de mantenimiento.

#### 2.3.1.1. Características:

BATERIA	CMF45L-BCI
Tensión	12 v
Amperios Hora	45 AH
Peso	12 kg
Reserva de Capacidad (Min)	80
Poder de Arranque	410 CCA (SAE)
Corriente de Encendido	328 A (EN)
Alto	202 mm
Largo	221 mm
Ancho	162 mm



Figura 19: Características de la Batería de 12v.

### **2.3.1.2. Modo de Carga de la Batería**

Según: (Reyes, 2018), la batería auxiliar del VE se puede cargar de dos formas tales como:

- En el instante que se carga el acumulador de alto voltaje del VE.
- Cuando el VE se encuentra preparado para ser conducido.

### **2.3.1.3. Periféricos Consumidores de la Batería de 12v**

Según: (Armijos & Gomez, 2018), la batería auxiliar es la encargada de accionar:

- Calefacción
- Aire Acondicionado
- Elevalunas
- Cierre centralizado de las puertas
- Retrovisores con mando eléctrico
- Audio
- Sistema de Alumbrado
- Limpia parabrisas
- Control de Temperatura Automático
- Panel de Mandos

## 2.4. PANEL SOLAR

Los paneles solares están conformados de células, empalmadas eléctricamente y cubiertas de un material que les encapsula y montadas sobre un marco de sujeción como se aprecia en la figura 20.

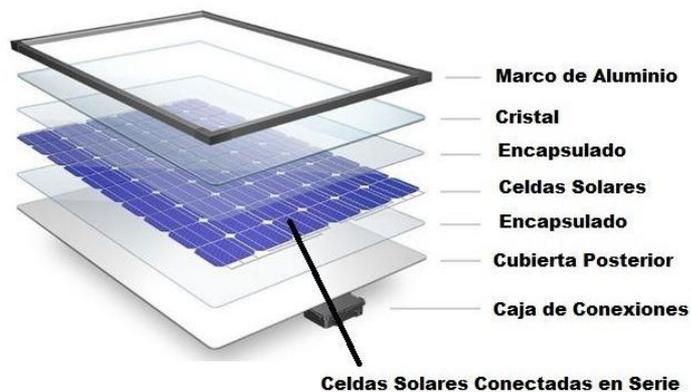


Figura 20. Componentes del Panel Solar

Fuente: (Conelsol, 2018)

Según: (Reyes, 2018), los componentes principales son:

- **Marco metálico de soporte:** En el cual se emplean materiales livianos como el aluminio o el acero inoxidable resistente para que soporte el conjunto de celdas solares y adherir más módulos.
- **Cristal:** Es de vidrio templado con propiedad mecánica y transparencia respectivamente, así facilitando el paso de la radiación solar además de cumplir con el objetivo de proteger las celdas.
- **Contactos eléctricos:** son cables de material conductor de cobre, sirven para juntar la energía eléctrica que se genera en el sistema fotovoltaico, ubicados en la parte posterior del módulo.
- **Encapsulado:** Son de material de silicona o de ciertos materiales que poseen una transmisión de radiación solar, además de no sufrir envejecimiento prematuro ante los rayos ultravioletas este con la misión de adherir las cubiertas ya que es el atenuador de impactos de vibraciones.

#### **2.4.1. PANEL SOLAR KINGSOLAR**

El panel solar que se ocupa para el proyecto pertenecen a la marca KINGSOLAR, es semi flexible lo que permite que sea multifuncional, emana una potencia de 100W, con conector MC4 como se especifica en la tabla 5, puede ser ampliamente utilizado en el campo de los carros de golf eléctricos, patrulleros, turismos, barcos, yates, generación de energía en el techo, tienda, caravana, auto caravana, camión, remolque o un sistema de energía solar fuera de la red. Especialmente adecuado para cualquier lugar donde pueda obtener el sol, realizar una carga de alta eficiencia, conveniente y seguro de usar, brinda protección del medio ambiente y ahorro de energía. (KingSolar, 2019)

Estos paneles constan de agujeros que están pre taladrados para un montaje y fijación rápidos, perfectos para instalaciones no permanentes. Se puede fijar con adhesivo, arandelas o velcro (con el que puede colocar o quitar fácilmente los paneles). Se puede instalar sin costosos refuerzos estructurales del techo. (KingSolar, 2019)

Sus materiales de construcción están definidos por los siguientes compuestos:

- ETFE: Se conoce a un tipo de polímero termoplástico de gran resistencia al calor, la corrosión y los rayos UV.
- EVA: El etilvinilacetato es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno y acetato de vinilo.
- TPT: Tedlar/Poliéster/Tedlar un elastómero que ayuda a la flexibilidad del panel solar.

Los valores técnicos que tiene son los idóneos para el proyecto de manera que en conjunto se logre la autonomía deseada.

Tabla 5: Características del Panel Solar King Solar

<b>Características</b>	
<b>Potencia Pico</b>	100 W
<b>Eficiencia</b>	23.5%
<b>Voltaje Promedio Máximo</b>	16 V
<b>Corriente Máxima</b>	6.25 A
<b>Voltaje de Carga</b>	23 V
<b>Intensidad de Carga</b>	5.52 A
<b>Dimensión</b>	46.1*21.2*0.1pulgadas (1.1709*0.53*0.00254 metros)
<b>Peso</b>	4.86 lb (2.209 kg)
<b>Especificación de Celda</b>	125*125 mm
<b>Coefficiente de Temperatura de Potencia Máxima</b>	-0.45%/ ° C
<b>Temperatura de Trabajo</b>	-20 °C ~ 65 °C
<b>Tolerancia</b>	±5%
<b>Prueba Estándar</b>	Am 1.5 25 °C 1000W/m <sup>2</sup>

Fuente: (KingSolar, 2019)

#### 2.4.2. ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LOS PANELES SOLARES

El objetivo de la experimentación de los paneles solares escogidos es obtener información de calidad y comprender el procedimiento de adquisición de energía fotovoltaica en la ciudad de Cuenca, esta información influirá en la toma de decisiones para el proceso de elaboración del circuito generador de carga y su posterior montaje en el vehículo.

El experimento se basa en la manipulación de una o más variable (voltaje y corriente), que controlan o dependen del resto de las variables (humedad, temperatura y luminosidad) y determinar el nivel de incidencia que tiene cada una en la producción. Los paneles solares al ser analizados teóricamente según las propiedades especificadas por su marca, fueron analizados experimentalmente en periodos de 12 horas al día durante 3 meses, en cuyo tiempo se determinó patrones de comportamiento dependientes de las condiciones adversas al clima en dos lugares diferentes de la ciudad (figura 21).



Figura 21: Experimento de Generación de Carga con Paneles Solares

### 2.4.3. RESULTADOS DE PRODUCCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE

La producción de voltaje y corriente se realizó en condiciones favorables buenas y malas para determinar los picos de producción en la ciudad de Cuenca según sus condiciones climáticas, se considera expresar en valores constantes en periodos de tiempo y en condiciones climáticas, adjuntando los picos altos y bajos como referencia (tabla 6), y determinando comportamientos influenciados (figura 22, 23 y 24).

Tabla 6: Resultados de Experimentación de producción de Tensión

Periodo de Tiempo	Voltaje Máximo	Voltaje Mínimo
	<b>Temperatura: 13° a 23°</b> <b>Humedad: 70% a 52%</b> <b>Illuminación:</b> <b>853 Luxes a 1006 Luxes</b> <b>Mes: Noviembre 2019</b>	<b>Temperatura: 9° a 12°</b> <b>Humedad: 90,7% a 81,6%</b> <b>Illuminación:</b> <b>685 Luxes a 801 Luxes</b> <b>Mes: Agosto 2019</b>
6:00 a 8:00	17,97 V	13,46 V
8:00 a 10:00	20,08 V	14,29 V
10:00 a 12:00	21,02 V	16,52 V
12:00 a 14:00	21,48 V	17,08 V
14:00 a 16:00	21,54 V	15,99 V
16:00 a 18:00	19,13 V	13,72 V

## Dispersión Tensión-Temperatura

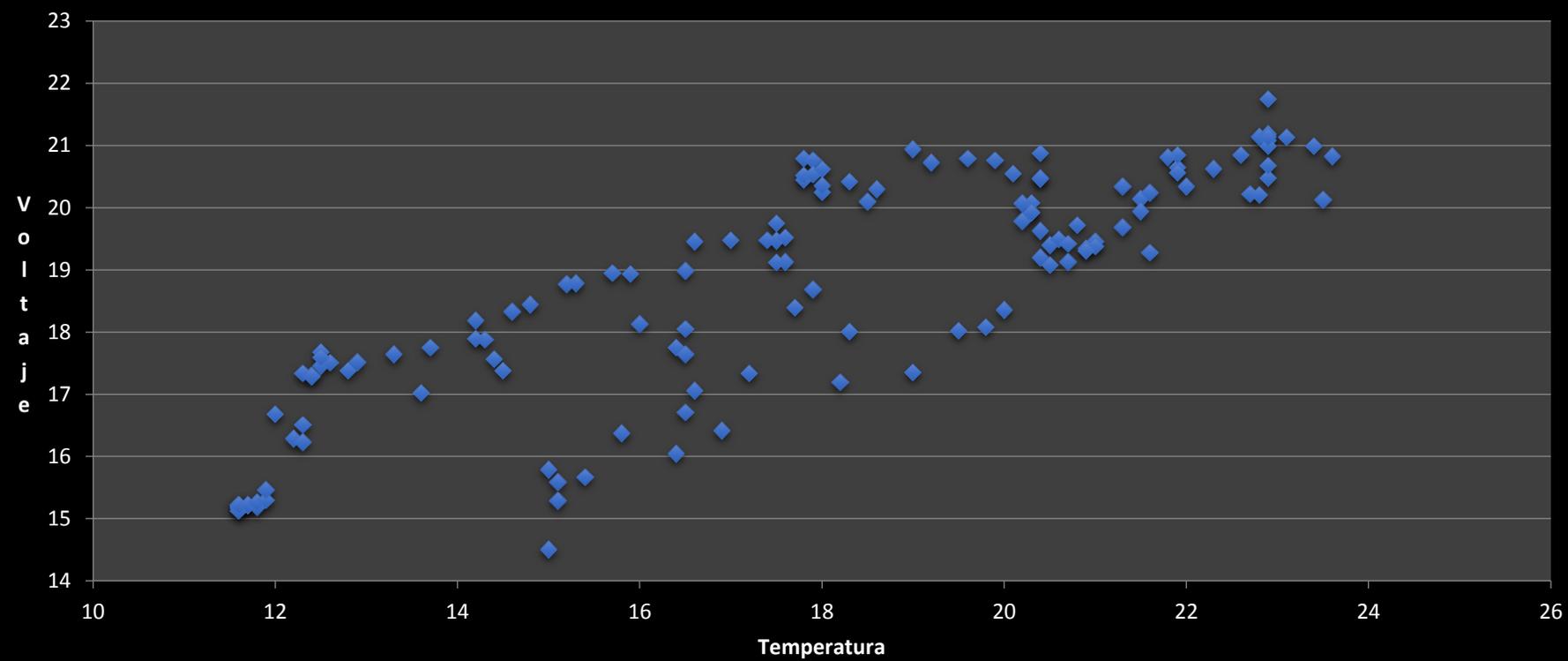


Figura 22: Variación de Tensión respecto a la temperatura del día

## Dispersión Tensión-Luminosidad

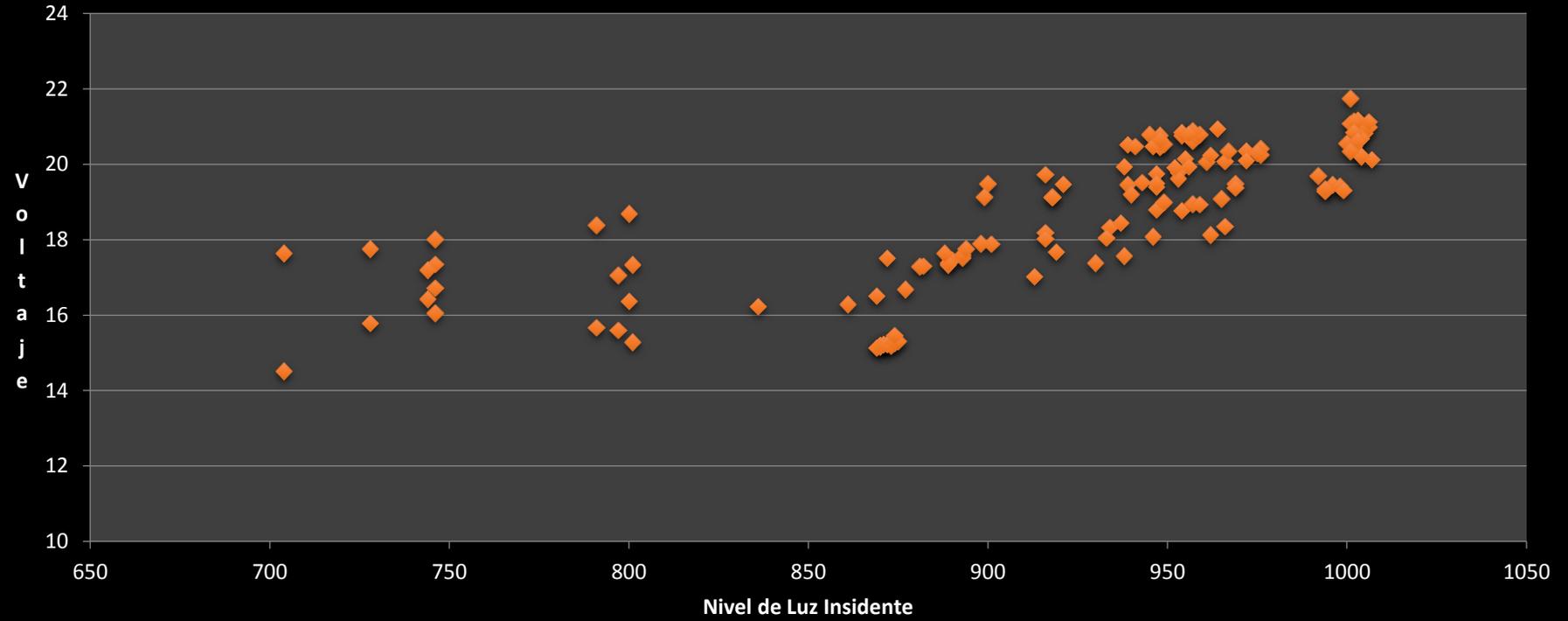


Figura 23: Variación de Tensión respecto al nivel de iluminación

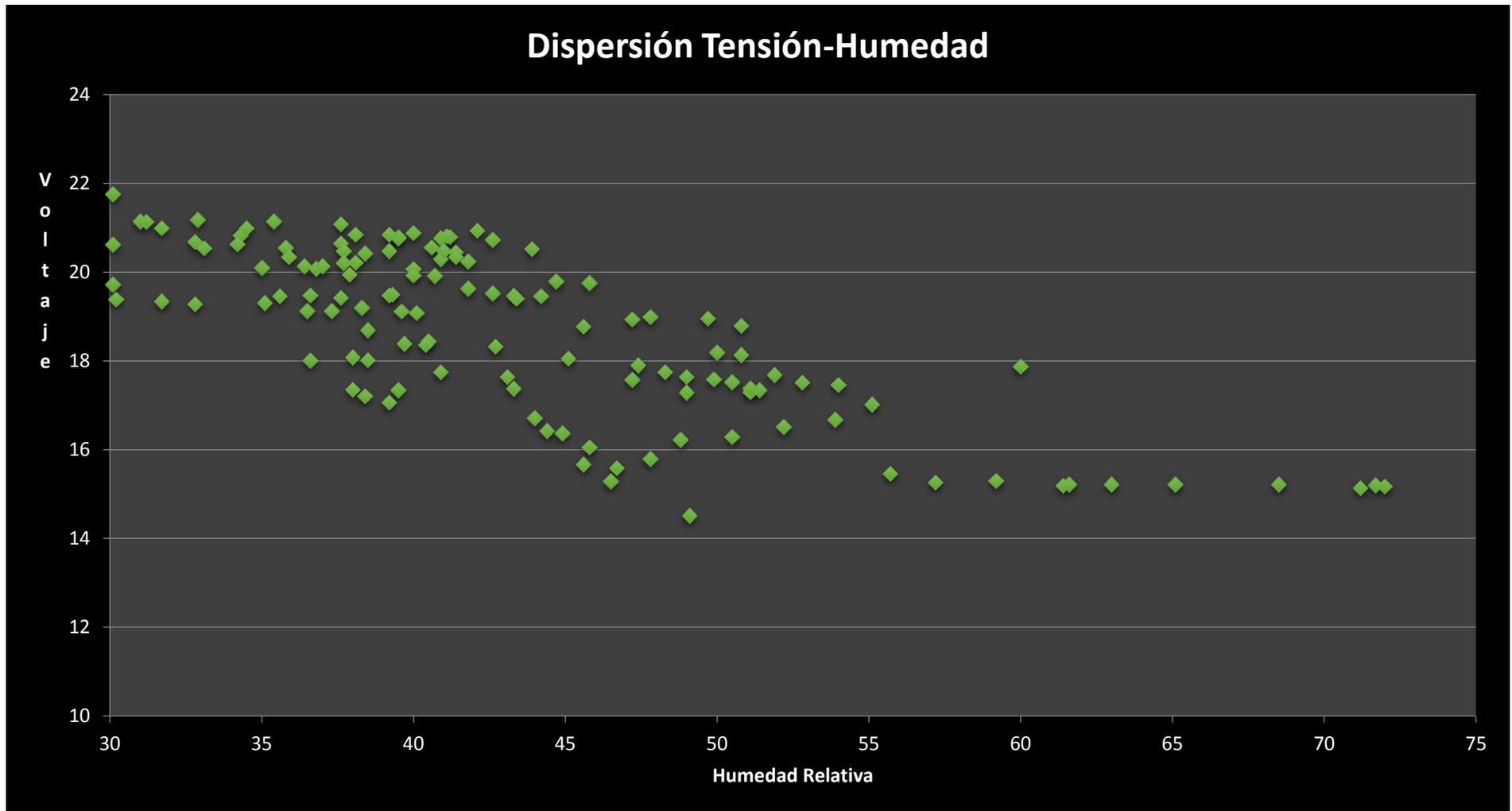


Figura 24: Producción de Tensión variable en porcentajes de humedad.

Los resultados determinan un patrón de comportamiento que especifica una correlación influenciada:

En la figura 23 se utilizó la regresión lineal tratando de ajustar todos los niveles de iluminación necesarios con respecto a la tensión como se aprecia en la figura 25 mostrando un coeficiente de correlación del 0,99581136 equivalente a 99%.

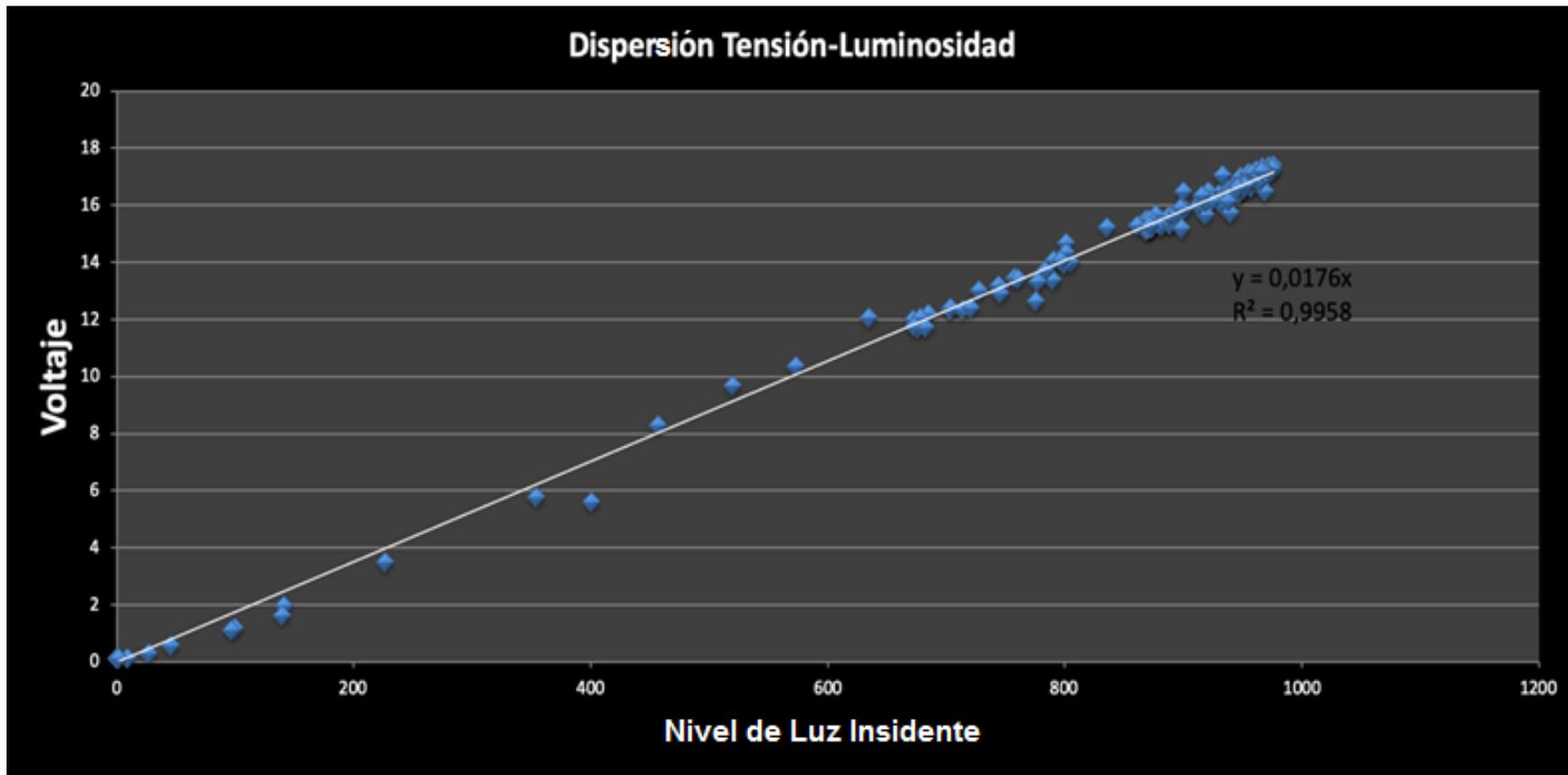


Figura 25: Correlación de la incidencia de luz solar respecto la producción de tensión

En las figuras 22 y 24 se realiza la regresión polinómica para realizar un mejor ajuste con respecto a la regresión lineal en las figuras 26 y 27, dándonos así los datos de correlación de temperatura del 0,60049504, y de humedad un 0,33716560, demostrando como conclusión que la prueba de iluminación influye significativamente más que la temperatura y la humedad en la producción de tensión.

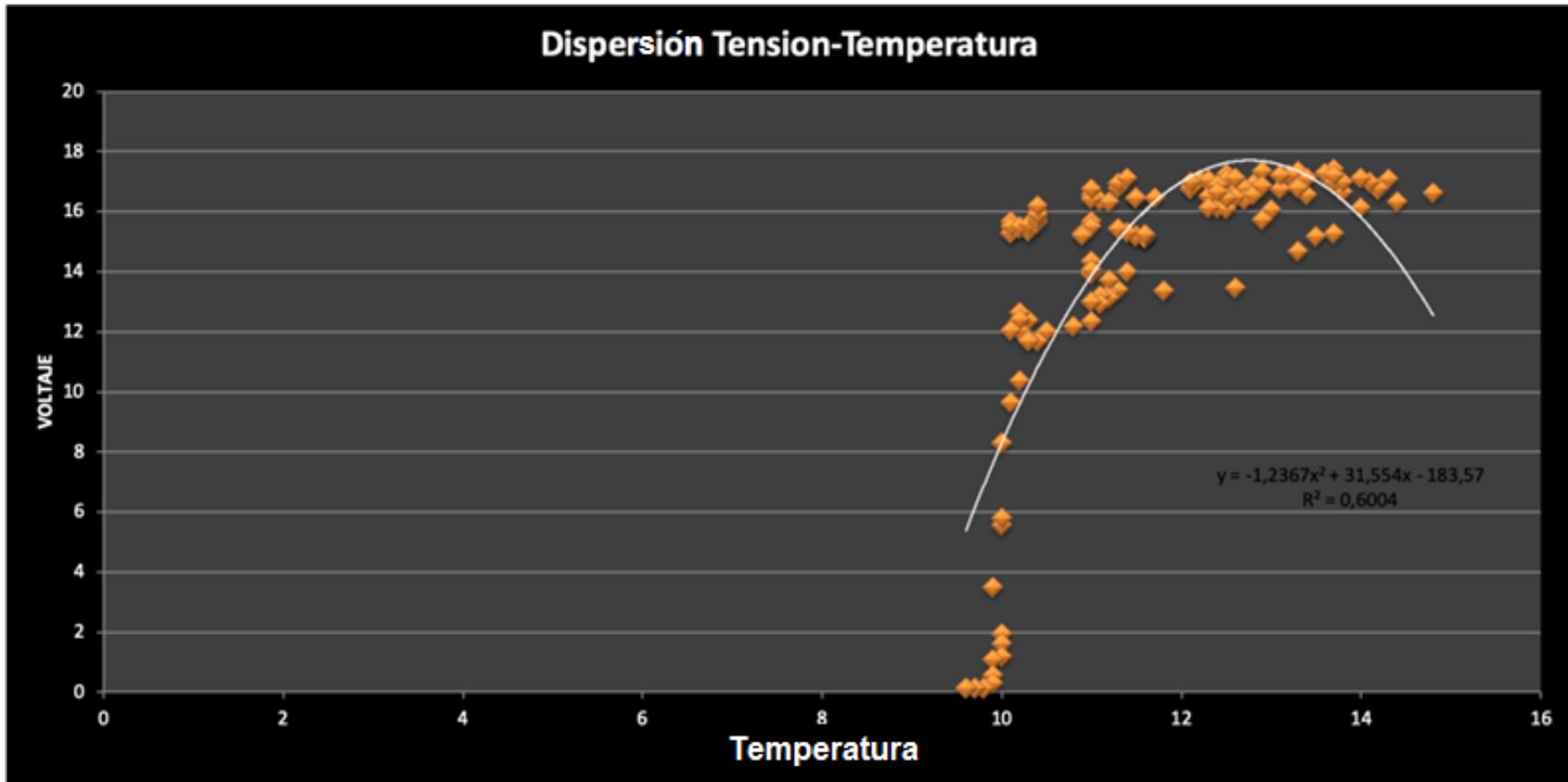


Figura 26: Correlación por regresión polinómica de temperatura respecto a la producción de tensión

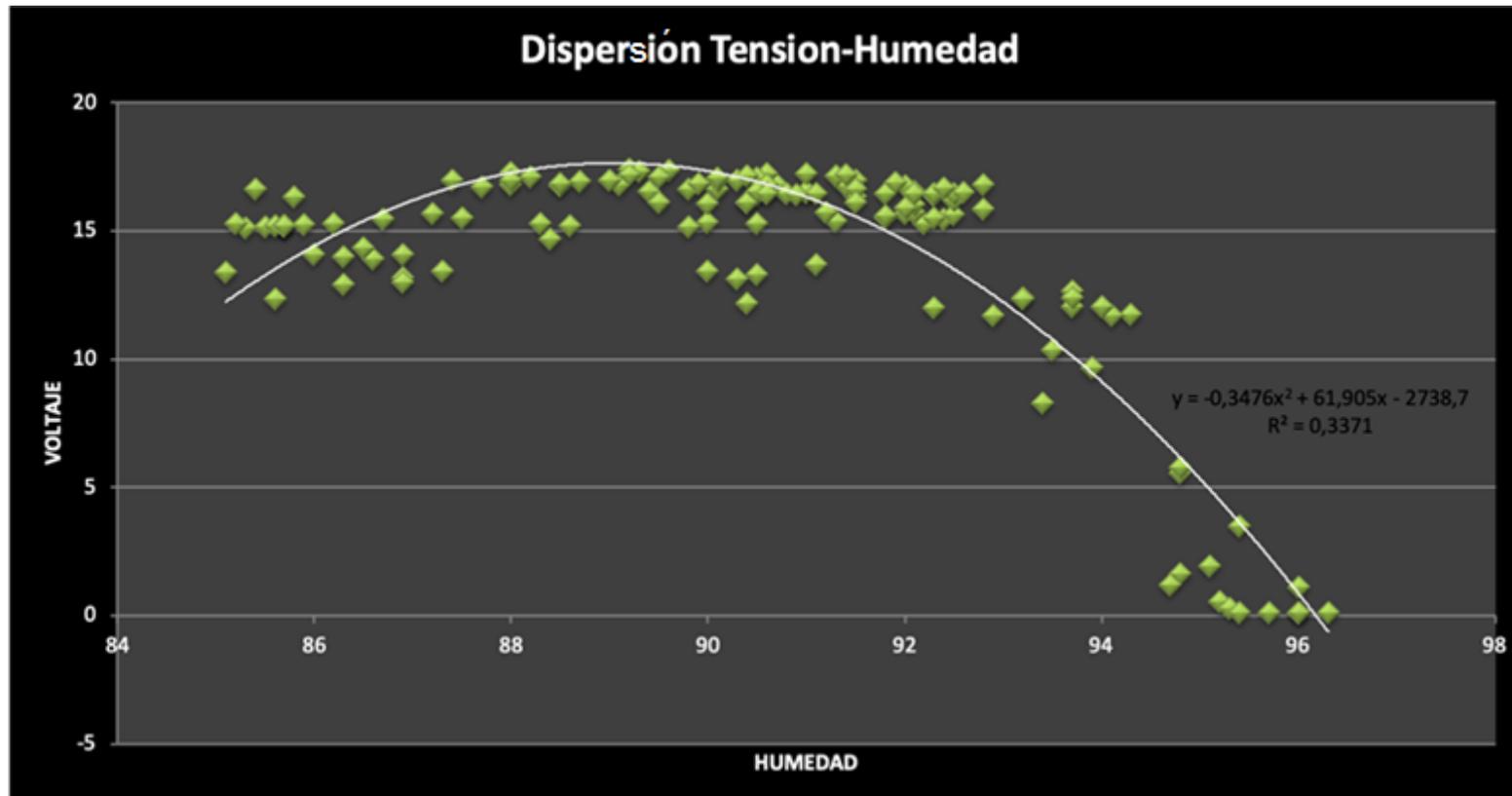


Figura 27: Correlación por regresión poli nómica de humedad respecto a la producción de tensión.

También se demostró que el potencial generado en un día desde las 6 horas de la mañana hasta las 18 horas es válido para el proyecto, sin embargo su mayor producción se establece entre las 10:00 y las 16:00 horas para la ciudad.

## 2.5. CONTROLADOR DE CARGA

Un controlador de carga solar es un dispositivo utilizado para la vigilancia constante del ciclo de carga y descarga de una batería, de manera que adapte la energía generada por los paneles solares para mantenerla al 100% la mayor parte del tiempo, y para que su descarga no decaiga a niveles extremos que afecten la vida útil, su funcionamiento común se basa en dos oficios principales:

- Suspender la electricidad de las baterías y no dejar pasar carga a través de los paneles solares en momentos de sombra o inexistencia de sol.
- Mejorar notablemente la carga y descarga en los ciclos del acumulador o batería por los paneles solares.

Determinando el amperaje mínimo que debe soportar se realiza una operación de dimensionamiento:

$$\text{Amperaje M\u00ednimo de Operaci\u00f3n} = \frac{\text{Potencia de los Paneles Solares(Watts)}}{\text{Voltaje del Acumulador (Voltios)}}$$

$$\text{Amperaje M\u00ednimo de Operaci\u00f3n(Amp)} = \frac{300 \text{ (Watts)}}{13 \text{ (Voltios)}}$$

$$\text{Amperaje M\u00ednimo de Operaci\u00f3n(Amp)} = 23,07 \text{ Amp}$$

### 2.5.1. ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR SOLAR UTILIZADO.

El controlador solar que se utiliza en el proyecto esta creado por la marca ZHCSOLAR (figura 29), en el modelo MP80 que cuenta con una corriente de operaci\u00f3n m\u00e1ximo de 80 Amp, d\u00e1ndonos un factor de seguridad de 3.4, es un controlador de carga mppt compatible con tecnolog\u00eda pwm, rastrea el punto de m\u00e1xima potencia, aproximadamente entre un 10% a 30% m\u00e1s alto que la eficiencia de carga ordinaria, cuenta con un tipo de control inteligente solar multiprop\u00f3sito y una LCD para monitorear constantemente los valores de carga y descarga.

### 2.5.2. CONSIDERACIONES DE INSTALACI\u00d3N:

- Evitar mantener expuesto a gases h\u00famedos, polvorientos, inflamables, explosivos y corrosivos.
- Utilizar el cable adecuado de instalaci\u00f3n.
- Asegurarse que la densidad de corriente sea menor que 4 Amp/mm<sup>2</sup>.
- Instalar de manera correcta sobre un plano vertical.

### 2.5.2.1. Características del Controlador de Carga:

Tabla 7: Características de Controlador ZHCSolar MP-80

<b>Modelo</b>	MP - 80
<b>Corriente de Potencia Máxima</b>	80 A
<b>Línea de Instalación</b>	25 mm <sup>2</sup>
<b>Peso</b>	850 g
<b>Dimensiones</b>	188 X 128 X 61 (mm)
<b>Perdida de carga del sistema</b>	≤ 13 mAmp
<b>Lazo Buck</b>	≤ 100 mV
<b>Voltaje de Flotación de Batería</b>	13.8 V en sistemas de 12 V
<b>Protección de Bajo Voltaje</b>	10.6 V en sistemas de 12 V
<b>Voltaje de recuperación de la batería</b>	12.6 V en sistemas de 12 V
<b>Modo de carga</b>	MPPT y PWM
<b>Temperatura de Operación</b>	-10°C – 60°C
<b>Temperatura de almacenamiento</b>	-30°C – 70°C
<b>Humedad Requerida</b>	≤ 90 % Sin condensación
<b>Tensión máxima de circuito abierto del panel solar</b>	Entre 18 a 24 voltios para circuitos de 12 voltios.

Fuente: (Solar, 2018)



Figura 28: Controlador de Carga Solar MP-80

Fuente: (Solar, 2018)

## 2.6. CIRCUITO GENERADOR DE CARGA ELÉCTRICA

Para generar carga eléctrica con los componentes ya descritos se realizó la conexión de la batería de 12v, al controlador de carga seguido de la conexión de los tres paneles solares, estos conectados en paralelo (figura 30).

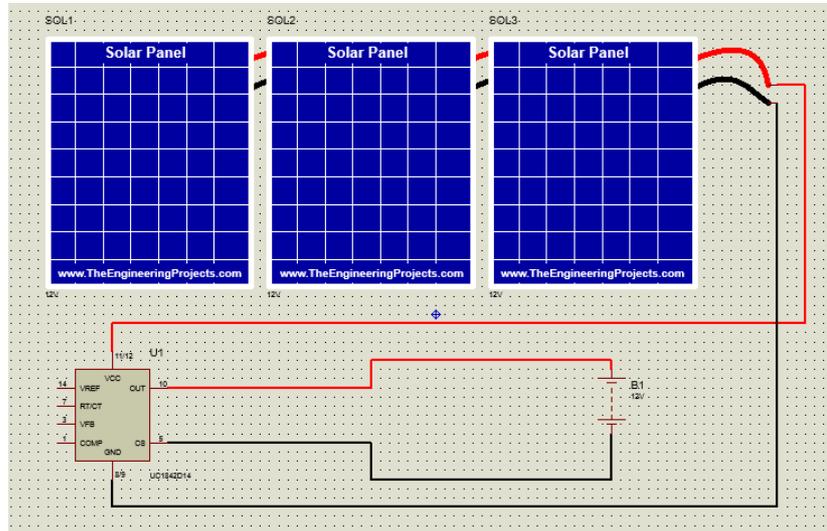


Figura 29: Circuito generador de carga

### 2.6.1. PRUEBA EXPERIMENTAL:

En el controlador de carga se programó que mantenga un rango de voltaje este con un máximo de 13.7v y un mínimo de 12.5v (figura 30) experimentando con una carga de 35W.



Figura 30: Programación del Controlador de Carga Solar.

El comportamiento de la batería mantiene un 94% de carga constante en condiciones promedio de incidencia solar, cuya corriente de entrada se mantuvo sobre los 10 Amp y permite una potencia de carga de 180 vatios mientras se mantiene activada la función de consumidor, lo que demuestra una estabilización en la generación de carga.

Cuando se desactiva el consumo energético, el tiempo ocupado para restablecer la carga máxima está entre los 5 a 20 segundos, con lo que garantiza la eficiencia del circuito.

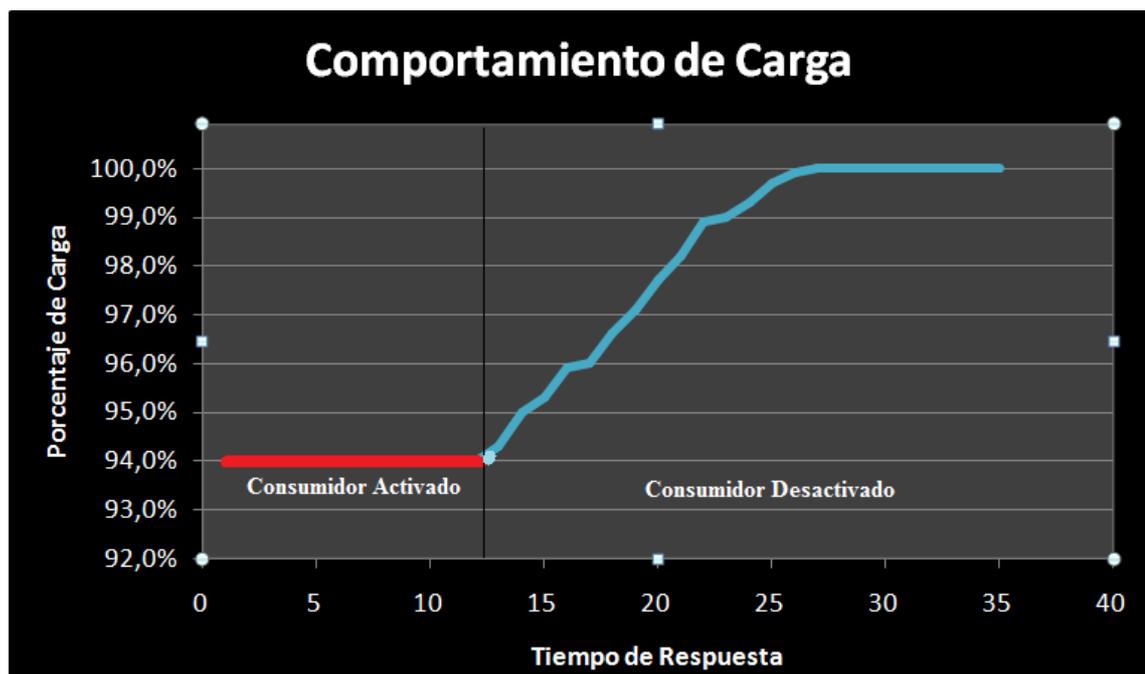


Figura 31: Comportamiento del Sistema Generador de Carga en experimentación de Producción de Tensión.

## ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA EL CIRCUITO GENERADOR DE CARGA ELECTRICA.

---

### 3.1.INTRODUCCIÓN

En este capítulo toma importancia la elaboración de una estructura útil para sujetar los paneles solares, ya que son los únicos elementos ubicados en el exterior del vehículo, se procede con la idealización de un diseño el cual mediante análisis aerodinámicos se determina las presiones que debe soportar en variación de su velocidad de circulación, las mismas que influyen en un análisis de esfuerzos con un material específico, que determina la deformación máxima y el factor de seguridad que posee al ser evaluado.

### 3.2. ANALIS ESTRUCTURAL

Para el montaje de la estructura se realiza un estudio de la superficie superior del vehículo, tomando en cuenta las condiciones de peso y tamaño que debe cumplir, esta se sujeta a unas barras portaequipaje que mantiene una distancia prudente entre sí, para mejorar su distribución de peso (figura 32).



Figura 32: Superficie del Vehículo para ubicación de los Paneles Solares

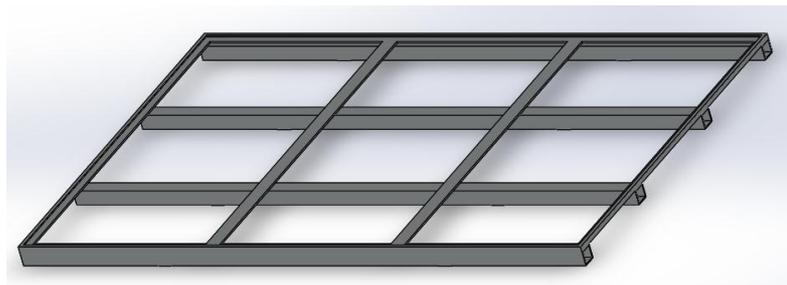
Para la elaboración se utiliza un software de diseño CAD-CAE para modelado mecánico en 2D y 3D, esta herramienta facilita el análisis de la estructura de una manera más eficiente.

Las condiciones iniciales especificadas son:

- Peso total de los paneles solares 14.58 lb.
- Longitud de 1588 mm y ancho de 1053 mm con una tolerancia de 5 mm debido al espesor en un tipo de perfil seleccionado.

### 3.2.1. DISEÑO

El diseño en la estructura tiene la prioridad de distribuir de manera correcta los esfuerzos producidos por el peso de los paneles solares, también se considera que mantenga una estética adecuada, se planteó tres modelos con el objeto de obtener ergonomía y sencillez (anexos).



*Figura 33: Ilustración de la Estructura diseñada y seleccionada en CAD*

Este diseño utiliza el perfil J para la elaboración del marco debido a la seguridad en la sujeción que da a los paneles solares, mantiene láminas de 40 mm para la sujeción central y se ha añadido cuatro travesaños para mejorar la distribución de cargas a los extremos del circuito (figura 34).

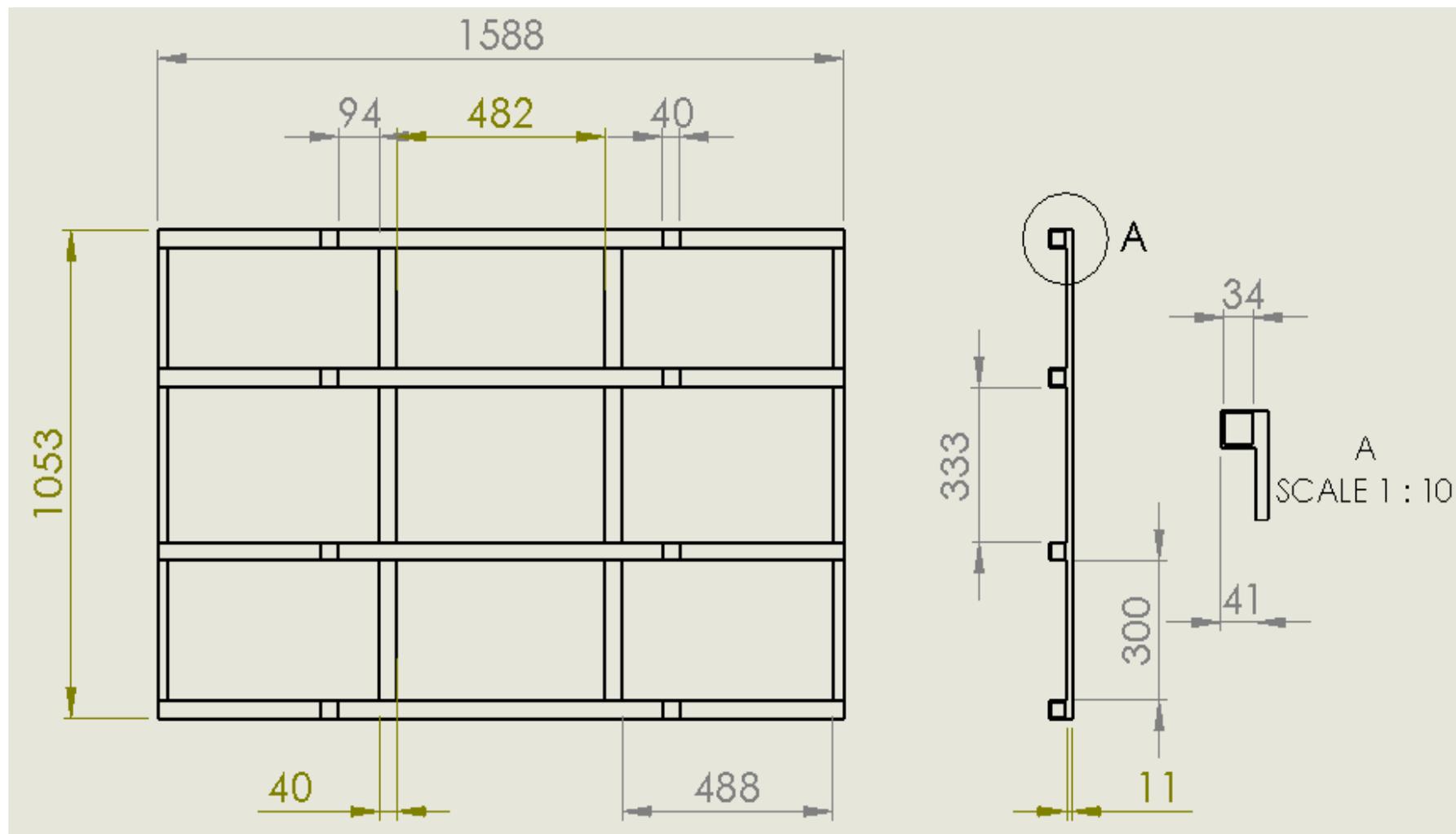


Figura 34: Planos y cotas de la estructura principal

### 3.3. ANALISIS AERODINAMICO

El análisis en la estructura se realiza de manera virtual utilizando un software de diseño mecánico, que permite realizar pruebas de flujo de aire y esfuerzos, los resultados obtenidos de la simulación se generan en base a la velocidad del vehículo, en relación a los límites existentes en el Ecuador, y el límite máximo que genera el VE de 145 Km/h (tabla 6) y con condiciones ambientales promedio de la Ciudad de Cuenca (tabla 7), dando resultados de variaciones de presión y velocidad (Evaluación de estados de resonancia) en cada parte de la estructura, que dan a ver la confortabilidad sonora y generan valor de presión que sirven para realizar un análisis de esfuerzos e ilustre las deformaciones significativas.

Tabla 8: Límites de Velocidad (Cuenca-Ecuador)

Tipo de Vía	Vehículos Livianos
Zona Escolar	30 km/h
Urbana	50 km/h
Perimetral	90 km/h
Rectas en Carretera	100 km/h

Fuente: (Comercio, 2020)

Tabla 9: Condiciones Ambientales Influenciables

Condiciones Meteorológicas Cuenca-Ecuador, Estación Mariscal Lamar	
Velocidad del viento	15 km/h
Presión Atmosférica	1011 hPa
Humedad Relativa	55%
Temperatura máxima	24°

Fuente: (Foreca, 2020)

Los rangos de velocidad sirven para determinar esfuerzos máximos, como parámetros de diseño en la construcción de la estructura, sin embargo no serán velocidades que se respetaran de forma continua en las pruebas ni se excederá los límites permitidos en las trayectorias.

### 3.3.1. SIMULACION AERODINAMICA CON VARIACION DE VELOCIDAD.

#### 3.3.1.1. Análisis a 30 km/h.

La simulación expresa una baja presión en el flujo de aire con velocidades incluso inferiores a las del vehículo como se aprecia en la tabla 10 que evalúa la figura 35, asumiendo que no existe mayor esfuerzo en la estructura.

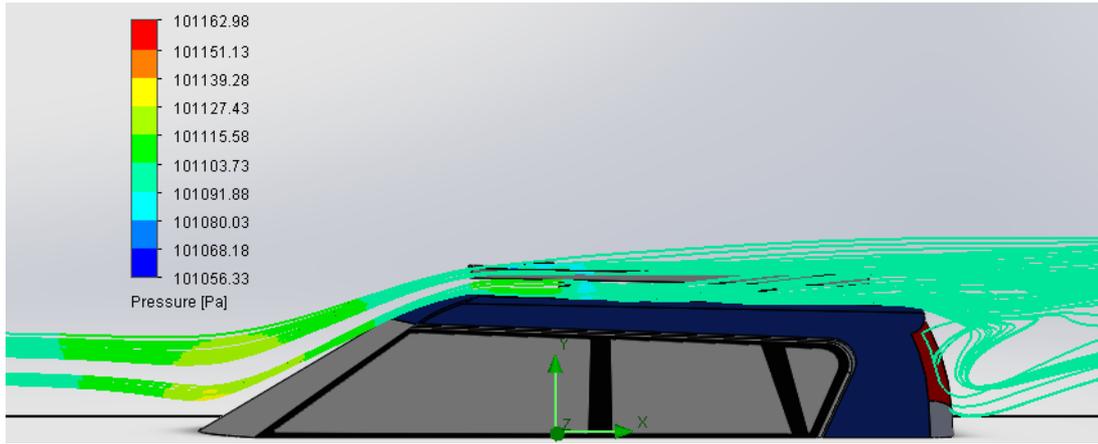


Figura 35: Análisis aerodinámico evaluado a 30 km/h.

Tabla 10: Valores de Presión y Velocidad Máximas evaluadas a 30 km/h.

Condiciones máximas de Presión y Velocidad a 30 km/h		
	Presión Máxima	Velocidad Máxima
Primer Panel	101115.00 Pa	29.20 km/h
Segundo Panel	101096.60 Pa	24.45 km/h
Tercer Panel	101097.33 Pa	19.67 km/h

#### 3.3.1.2. Análisis a 50 km/h.

El análisis presentado con velocidad de circulación en zona urbana, muestra un aumento de presión de flujo en el inicio superior de la estructura (figura 36), sin embargo su valor es despreciable considerando la presión y la velocidad que la afectan (tabla 11).

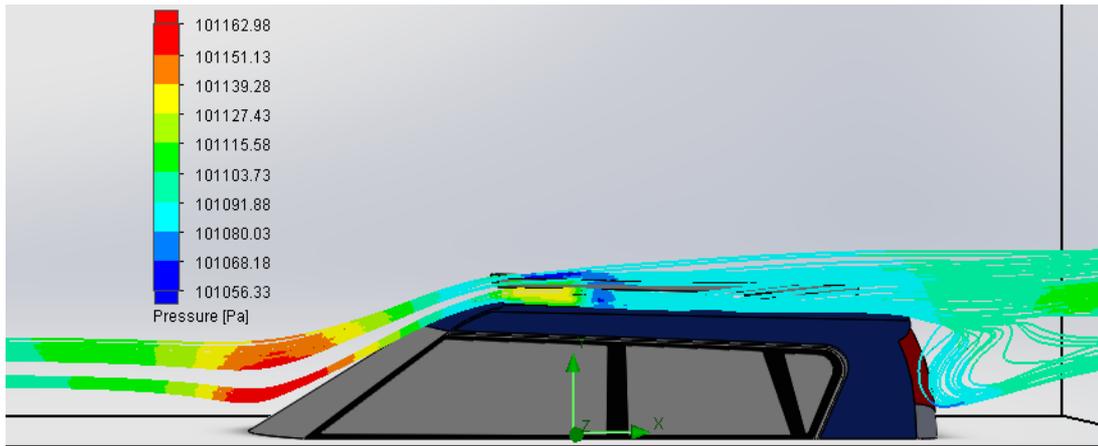


Figura 36: Análisis aerodinámico evaluado a 50 km/h.

Tabla 11: Valores de Presión y Velocidad Máximas evaluadas a 50 km/h.

Condiciones máximas de Presión y Velocidad a 50 km/h		
	Presión Máxima	Velocidad Máxima
Primer Panel	101141.44 Pa	48.88 km/h
Segundo Panel	101090.32 Pa	36.82 km/h
Tercer Panel	101092.06 Pa	32.49 km/h

### 3.3.1.3. Análisis a 90 km/h.

La presión aumenta 0.1% (figura 37), debido al aumento de velocidad, pero sigue siendo un valor despreciable ya que tiende a seguir una trayectoria por los costados del vehículo, logrando una estabilización en el flujo con velocidades muy inferiores a las de circulación (tabla 12).

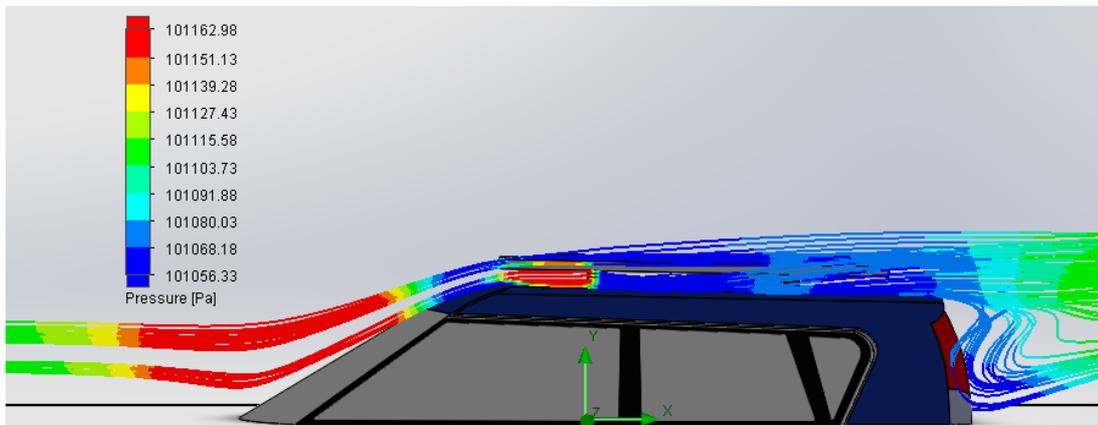


Figura 37: Análisis aerodinámico evaluado a 90 km/h.

Tabla 12: Valores de Presión y Velocidad Máximas evaluadas a 90 km/h.

Condiciones máximas de Presión y Velocidad a 90 km/h		
	Presión Máxima	Velocidad Máxima
Primer Panel	101242.63 Pa	75.92 km/h
Segundo Panel	101069.10 Pa	49.21 km/h
Tercer Panel	101073.30 Pa	36.02 km/h

### 3.3.1.4. Análisis a 145 km/h

El análisis a la velocidad máxima del vehículo, influye en el aumento de la presión en la parte inicial inferior de la estructura provocado por un encajonamiento del flujo, sin embargo, su trayectoria logra una disminución de presión y velocidad del flujo en la parte central y final (tabla 13).

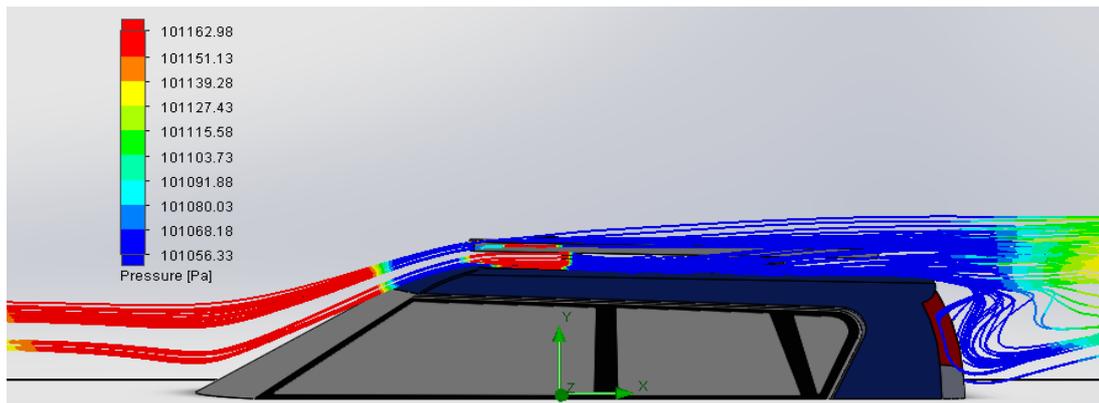


Figura 38: Análisis aerodinámico evaluado a 145 km/h.

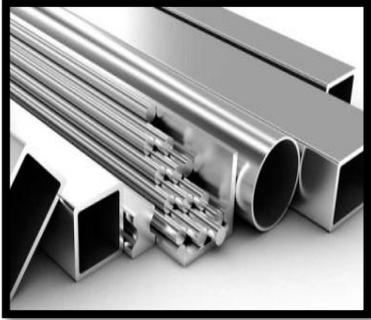
Tabla 13: Valores de Presión y Velocidad Máximas evaluadas a 145 km/h.

Condiciones máximas de Presión y Velocidad a 145 km/h		
	Presión Máxima	Velocidad Máxima
Primer Panel	101471.02 Pa	135.28 km/h
Segundo Panel	101024.56 Pa	116.28 km/h
Tercer Panel	101032.05 Pa	97.28 km/h

### 3.4. ANÁLISIS DE MATERIAL.

Para que la estructura resista los esfuerzos de flexión y pandeo producidos por el peso de los paneles solares y el movimiento del vehículo al momento de transitar, se escoge un material resistente, debido al peso que se debe considerar para no afectar el rendimiento del vehículo. En el mercado existen materiales metálicos para la fabricación de estructuras, con múltiples formas para su facilidad de construcción y ensamblaje, se ha escogido aluminio, hierro y acero como material de fácil adquisición, sin embargo las simulaciones con estos tipos de metales y sus características determinarán la mejor opción de calidad (tabla 14).

*Tabla 14: Materiales para fabricación de estructuras.*

Material	Características	
Acero AISI 430	Buena ductilidad. Resistencia a la oxidación a temperaturas elevadas. Buen comportamiento de doblamiento. Soldabilidad inferior. Buena aptitud de pulido. Magnético	 A black and white photograph showing several pieces of AISI 430 stainless steel. The pieces include rectangular bars, square tubes, and circular pipes, some of which are cut at an angle to show their hollow interiors.
Aluminio 1160	Bajo peso propio (1/3 que el acero). Buena resistencia mecánica. Bajo mantenimiento. Inalterabilidad ante agentes corrosivos. No magnético.	 A black and white photograph of various aluminum profiles, including rectangular bars and square tubes, arranged in a stack.
Hierro	Necesidad de protección superficial. Buena ductilidad y maleabilidad. Buena dureza y densidad. Magnético	 A black and white photograph showing a large quantity of iron and steel products, including various sizes of pipes, tubes, and bars, some bundled together.

El análisis de materiales se realiza en función de las propiedades que posee cada material (tabla 15), así se determina una comparación entre cada uno para establecer el más idóneo para el sistema.

Tabla 15: Propiedades de materiales metálicos para estructuras.

<b>Propiedades</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Hierro</b>	<b>Acero</b>
Módulo de Elasticidad (N/m <sup>2</sup> )	6.9 exp <sup>(10)</sup>	1.9 exp <sup>(11)</sup>	1.9 exp <sup>(11)</sup>
Módulo de Corte (N/m <sup>2</sup> )	2.7 exp <sup>(10)</sup>	8.6 exp <sup>(10)</sup>	7.8 exp <sup>(10)</sup>
Densidad de Masa (kg/m <sup>3</sup> )	2700	7300	7300
Resistencia a la Tracción (N/m <sup>2</sup> )	68935600	413613000	448082500
Límite de Elasticidad (N/m <sup>2</sup> )	275742000	275742000	241275200
Coefficiente de Expansión Térmica ( /k)	2.4 exp <sup>(-5)</sup>	1.2 exp <sup>(-5)</sup>	1.5 exp <sup>(-5)</sup>
Conductividad Térmica (W/m*k)	200	47	38
Calor Especifico (J/kg*k)	900	510	440

Fuente: (Thyssenkrupp, 2018)

Considerando los materiales antes indicados se procede a generar una tabla de ponderaciones que permitirá utilizar el material más idóneo.

Tabla 16: Relación de factores

<b>Factores</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Hierro</b>	<b>Acero</b>
Relación Masa/Peso	5	3	4
Resistencia a Esfuerzos	4	4	5
Resistencia a la Corrosión	5	2	4
Evacuación de Calor	5	2	2
Facilidad de Adquisición	5	5	3
Relación Material/Precio	4	5	3
Estética (Sin recubrimiento de pintura)	5	3	4
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>25</b>

El aluminio es el material idóneo en nuestro análisis, siendo un material resistente, además de contar con su buena evacuación de calor, útil para mantener a una temperatura estable en los paneles solares, y no interfiere en la producción de energía al ser un metal no ferro magnético.

### 3.5. SIMULACIÓN DE ESFUERZOS

El objeto de realizar una simulación de esfuerzos de manera perpendicular se centra en el estudio del comportamiento y deformación plástica de la estructura antes de que comience a perder su forma.

#### 3.5.1. ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN A 30 KM/H.

La deformación máxima registrada en la simulación se encuentra en el primer panel solar debido a la concentración de presión por su posición en la estructura (figura 39), sin embargo su valor es mínimo manteniendo un factor de seguridad alto (figura 40) como se aprecia en la tabla 17.

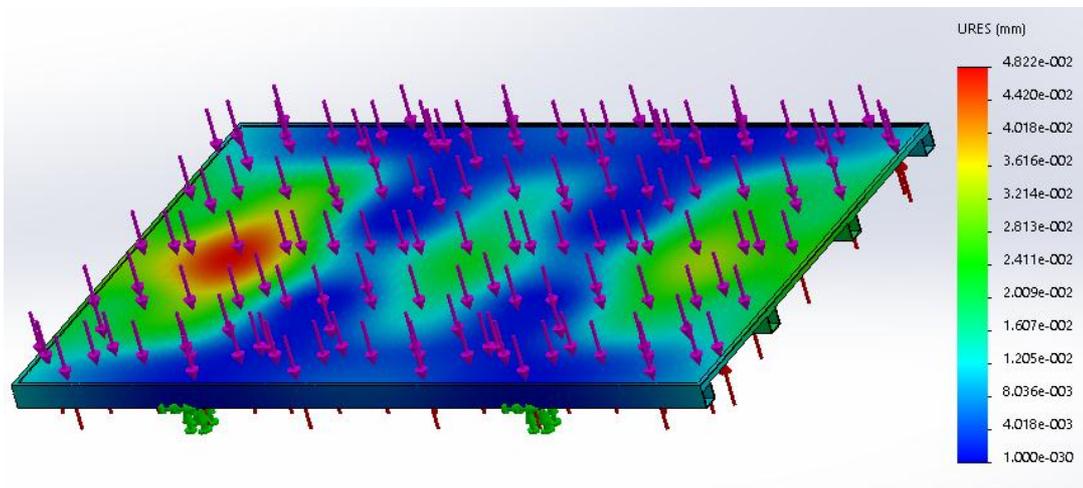


Figura 39: Análisis de Deformación con esfuerzos máximos a 30km/h

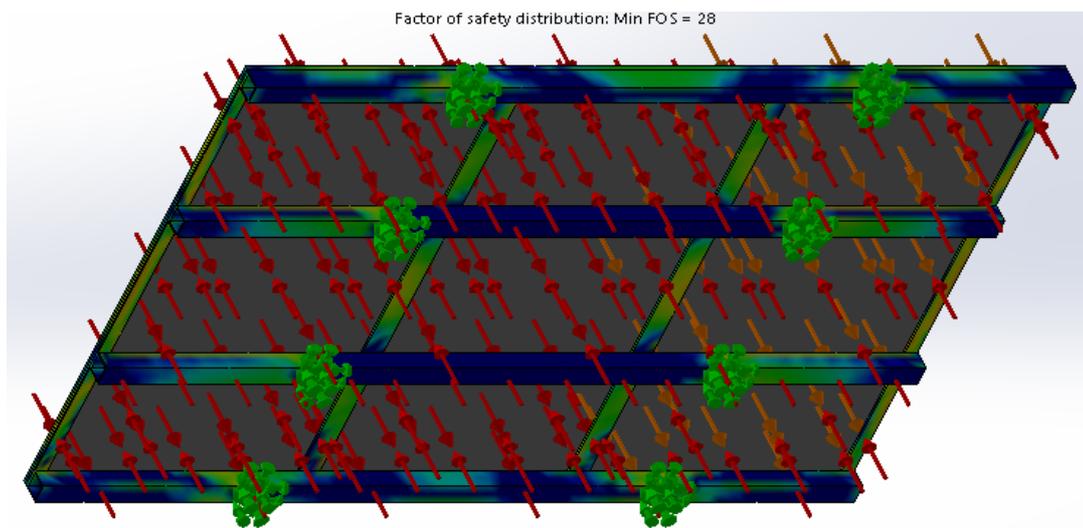


Figura 40: Factor de Seguridad Mínimo a 30 km/h

Tabla 17: Deformación y factor de seguridad de la estructura a 30km/h

<b>Análisis de Esfuerzos a 30 km/h</b>	
Deformación Máxima	Factor de Seguridad Mínimo
0.048216 mm	28

### 3.5.2. ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN A 50 KM/H.

Su deformación aumenta (figura 41) pero continúa siendo despreciable ya que su factor de seguridad (figura 42) continua siendo alto como se ve en la tabla 18.

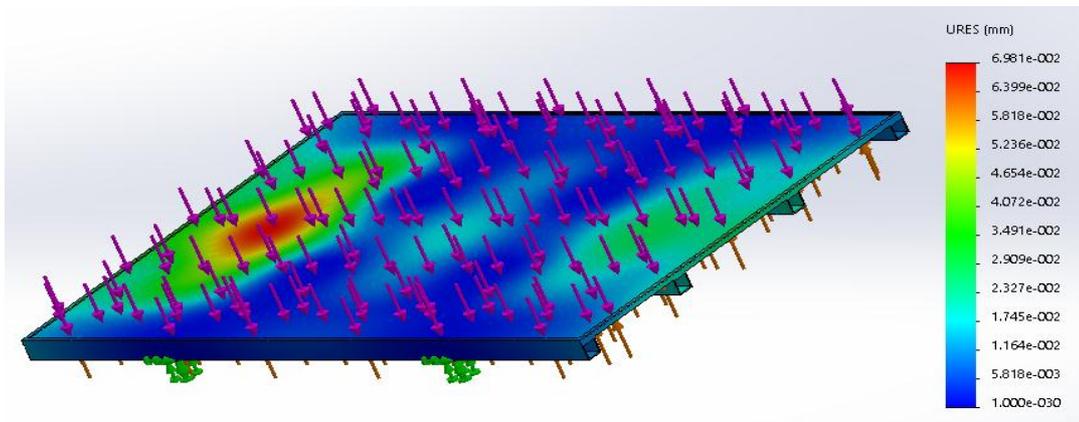


Figura 41: Análisis de Deformación con esfuerzos máximos a 50km/h

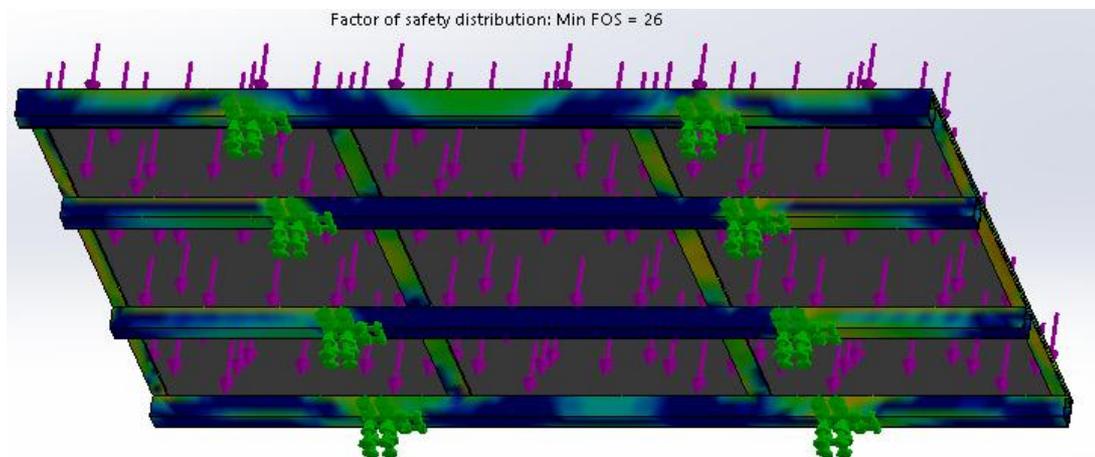


Figura 42: Factor de Seguridad Mínimo a 50 km/h

Tabla 18: Deformación y factor de seguridad de la estructura a 50km/h

<b>Análisis de Esfuerzos a 50 km/h</b>	
Deformación Máxima	Factor de Seguridad Mínimo
0.069813mm	26

### 3.5.3. ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN A 90 KM/H.

La figura 43 indica la deformación producto de la concentración de presión de acuerdo al análisis aerodinámico en la parte inicial de la estructura, sin embargo, no es considerada de acuerdo a su dimensión tan pequeña, lo que mantiene un buen factor de seguridad de la figura 44, como se especifica en la tabla 19.

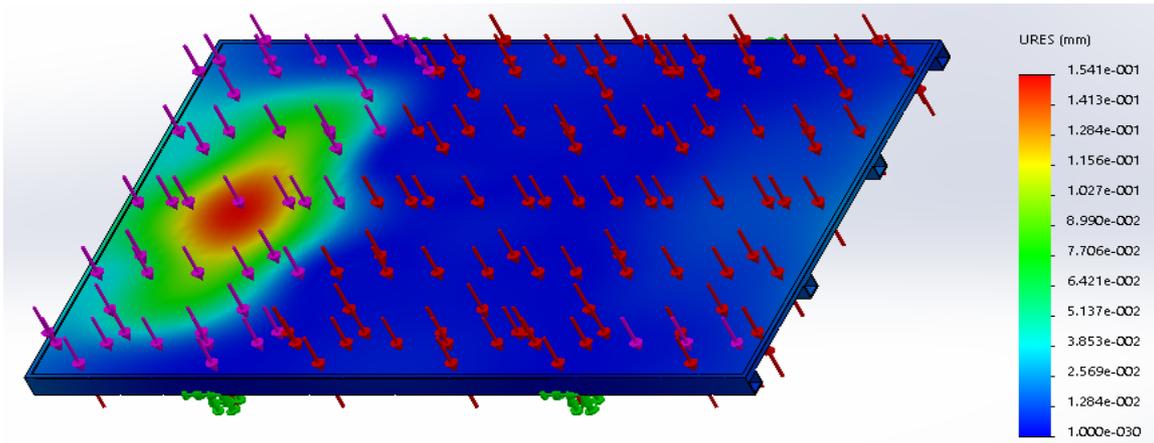


Figura 43: Análisis de Deformación con esfuerzos máximos a 90km/h

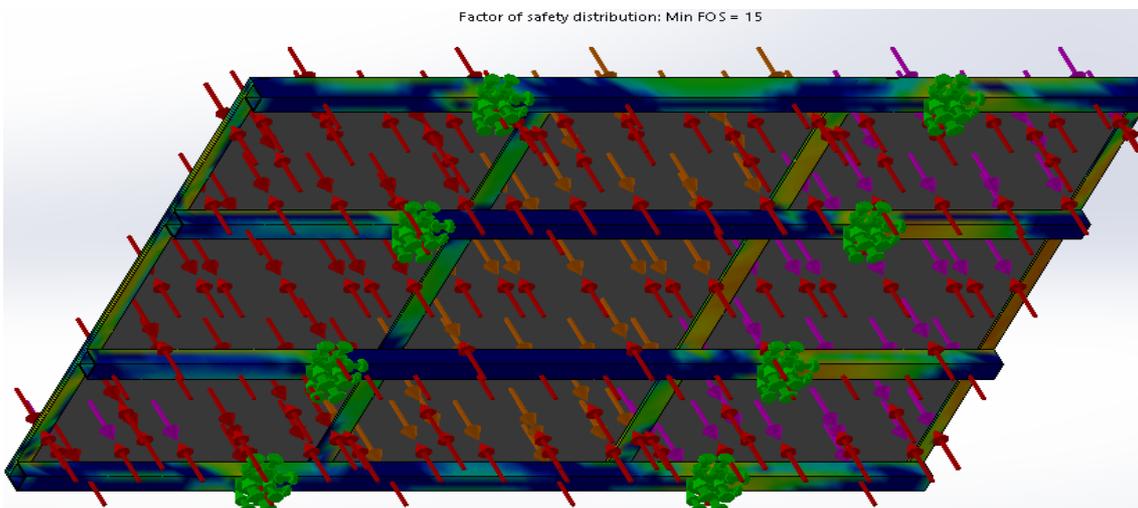


Figura 44: Factor de Seguridad Mínimo a 90 km/h

Tabla 19: Deformación y factor de seguridad de la estructura a 90km/h

Análisis de Esfuerzos a 90 km/h	
Deformación Máxima	Factor de Seguridad Mínimo
0.154115 mm	15

### 3.5.4. ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN A 145 KM/H.

A esta velocidad se obtiene la deformación máxima que se presenta en la estructura siendo incluso inferior a 1 mm (figura 45), con un factor de seguridad elevado (figura 46), demostrando que su diseño cumple con su función.

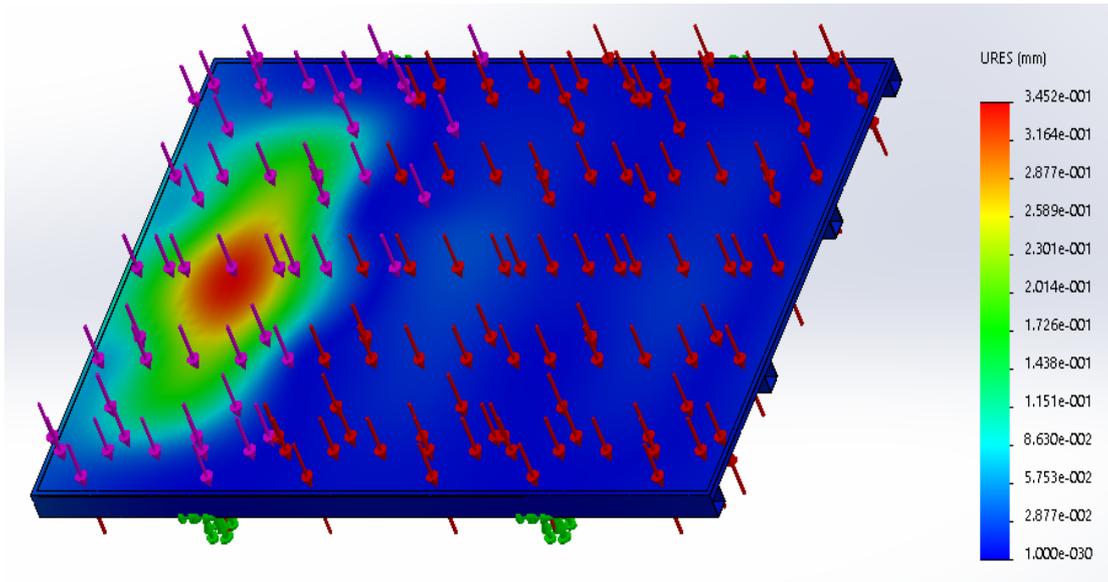


Figura 45: Análisis de Deformación con esfuerzos máximos a 145 km/h

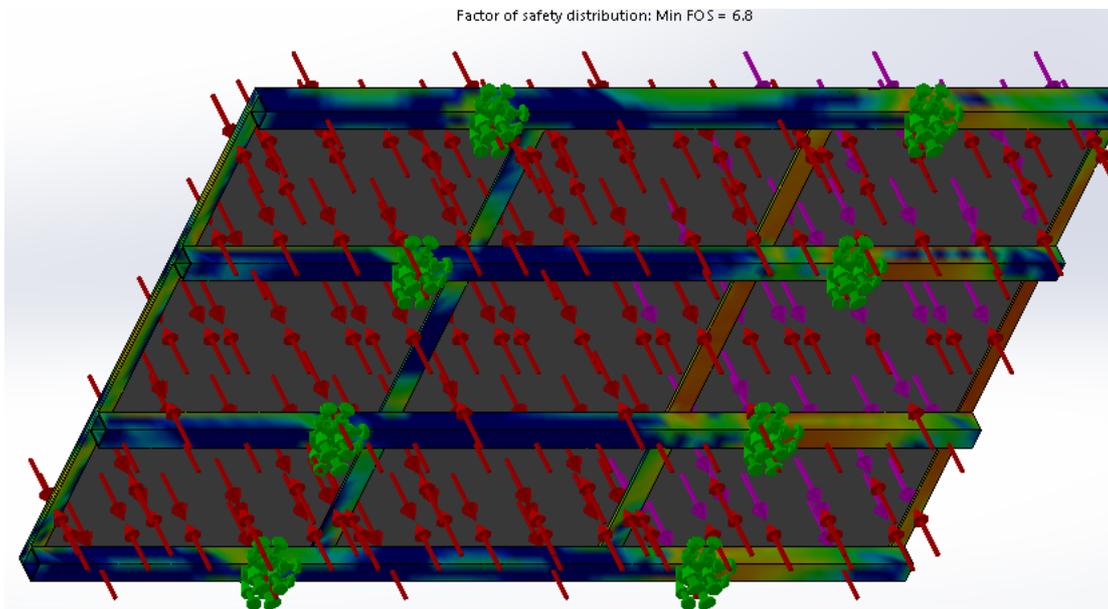


Figura 46: Factor de Seguridad Mínimo a 145 km/h

Tabla 20: Deformación y factor de seguridad de la estructura a 145km/h

<b>Análisis de Esfuerzos a 145 km/h</b>	
Deformación Máxima	Factor de Seguridad Mínimo
0.345207 mm	6.8

Como conclusión se demostró que el diseño elaborado en CAD y analizado con simulaciones aerodinámicas y de esfuerzos CAE en combinación con aluminio es la mejor opción para mantener el mínimo peso debido a que su deformación es casi nula, lo que demuestra una ventaja por condiciones de resistencia de la misma, manteniendo un excelente factor de seguridad que determina el correcto funcionamiento.

Se procede a su creación tomando en cuenta el material y las dimensiones especificadas anteriormente.

### 3.6. ELABORACION DE LA ESTRUCTURA

La estructura está construida artesanalmente cumpliendo con las dimensiones impuestas anteriormente, mantiene las uniones entre perfiles sujetas mediante remaches mientras está sujeta a las barras portaequipaje.



*Figura 47: Estructura construida con dimensiones exactas.*

Los paneles solares son sujetos con pernos en los agujeros incluidos en su diseño para su fácil desmontaje, manteniendo firmeza ya que sus bordes están encerrados en el perfil J que constituye el marco superior.



*Figura 48: Paneles Solares ensamblados a la estructura.*

## ANÁLISIS DE PRUEBAS Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS.

### 4.1.INTRODUCCION

Este capítulo se centra en el análisis fundamental de consumo de carga por parte de los periféricos al momento de su activación, generando una disminución en el porcentaje de carga del vehículo, el mismo que está planeado suplementarlo con el potencial del circuito generador de carga, realizando pruebas estáticas y dinámicas que cumplen con un protocolo de muestreo por configuraciones de manera que se genere una comparativa entre pruebas y determinar una validación de las mismas para determinar qué tan efectivo y eficiente es el proyecto.

### 4.2.FUNDAMENTACION TEORICA

#### 4.2.1. CONSUMO DE LOS SISTEMAS PERIFERICOS DEL VEHICULO.

##### 4.2.1.1. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Según: (Guazhambo, 2018), el VE consume energía eléctrica con el sistema de calefacción ya sea estacionado, prendido o activado el control automático de temperatura, el cual especifica que en un periodo de 251 segundos se desgasta un 0,5% del Estado de Carga (SOC), consumiendo de forma oscilatoria corriente entre 1.9 Amp hasta los 2.3 Amp incluso manteniendo picos de 3.1 Amp.

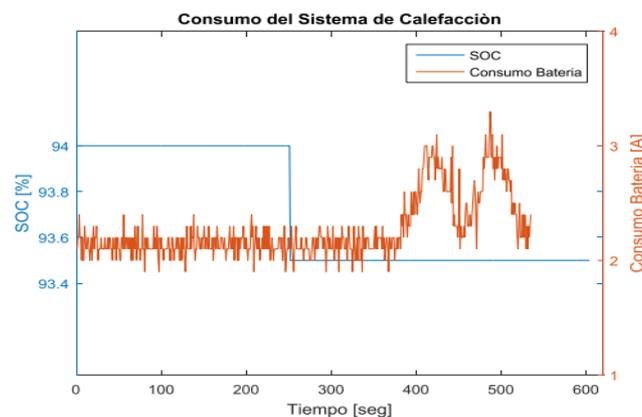


Figura 49: Consumo de SOC y consumo de Batería por el sistema de calefacción.

El consumo por parte del electro ventilador, componente del sistema de calefacción depende directamente de la temperatura del habitáculo deseada, sin embargo, al mantenerse en ajuste automático, tiene un comportamiento oscilatorio que varía el consumo de corriente.

T (°C)	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22
Consumo(A)	7,5	4	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2	2,5	3

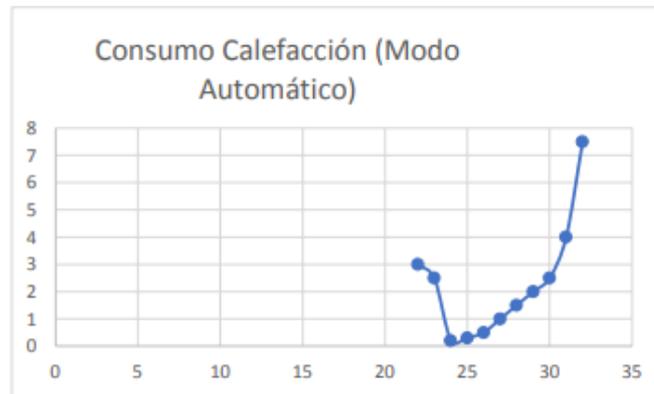


Figura 50: Consumo del Electro ventilador en ajuste automático.

Por la utilización de la calefacción en estado encendido o apagado sin mantener el control manual, se determina que en las pruebas de recorrido la diferencia de consumo es de 0.5% de SOC, con un máximo del consumo de 10%.

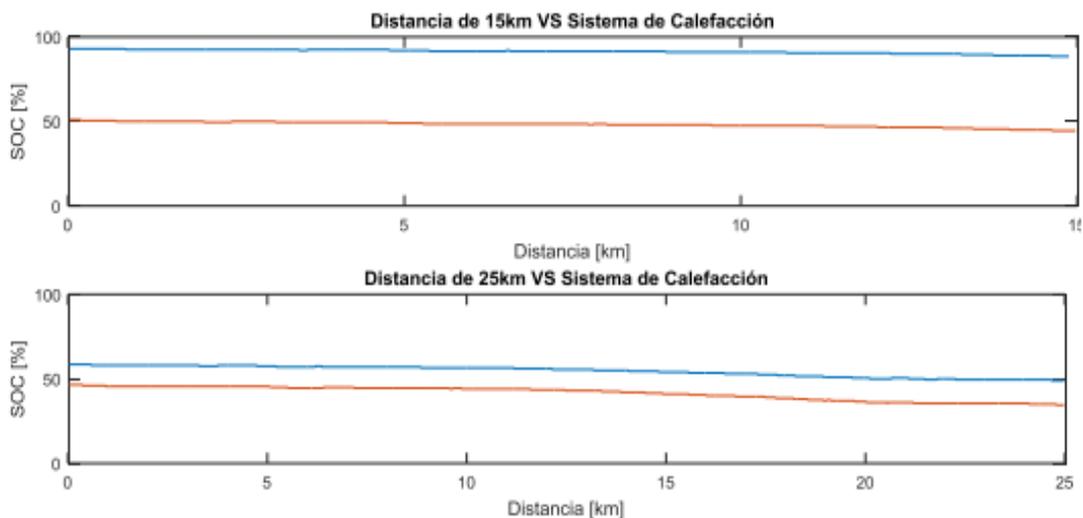


Figura 51: Prueba de Consumo de SOC por Sistema de Calefacción.

#### 4.2.2. SISTEMA DE ALUMBRADO

**LUCES GUIAS:** En el instante que el VE se encuentra estacionado, prendido y con las luces guías activadas, su consumo de corriente oscila entre 1.9 Amp y 2.5 Amp en un tiempo de 600 seg.

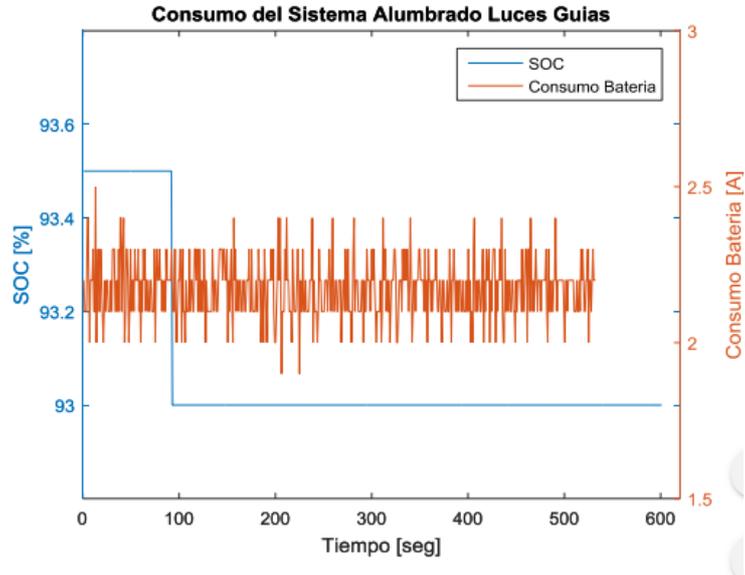


Figura 52: Consumo de SOC por Luces Guías

**LUCES ALTAS:** Es la disposición que más energía consume del sistema de luces, manteniendo un consumo que oscila entre 2.4 y 3.2 Amp.

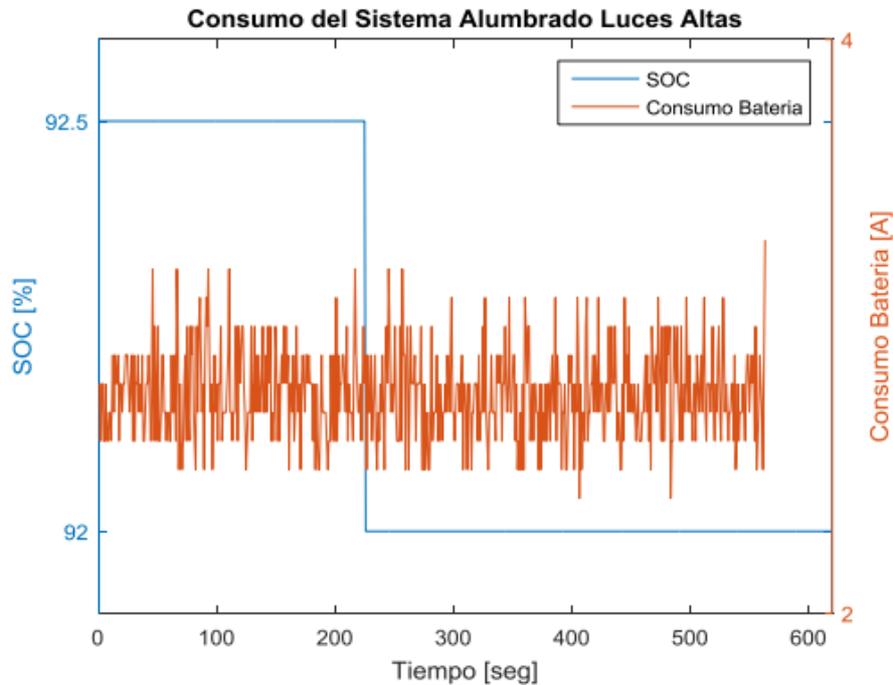


Figura 53: Consumo de SOC por luces Altas

En la muestra realizada con la utilización del sistema de alumbrado (Altas, Guías y Bajas), en el recorrido 15 km el consumo es de 4.5% de SOC y con una prueba de 25 km de recorrido el consumo fue de 12%, sin embargo realizando un prueba sin ocupar el sistema de alumbrado el consumo varía con 0.5% de carga del SOC.

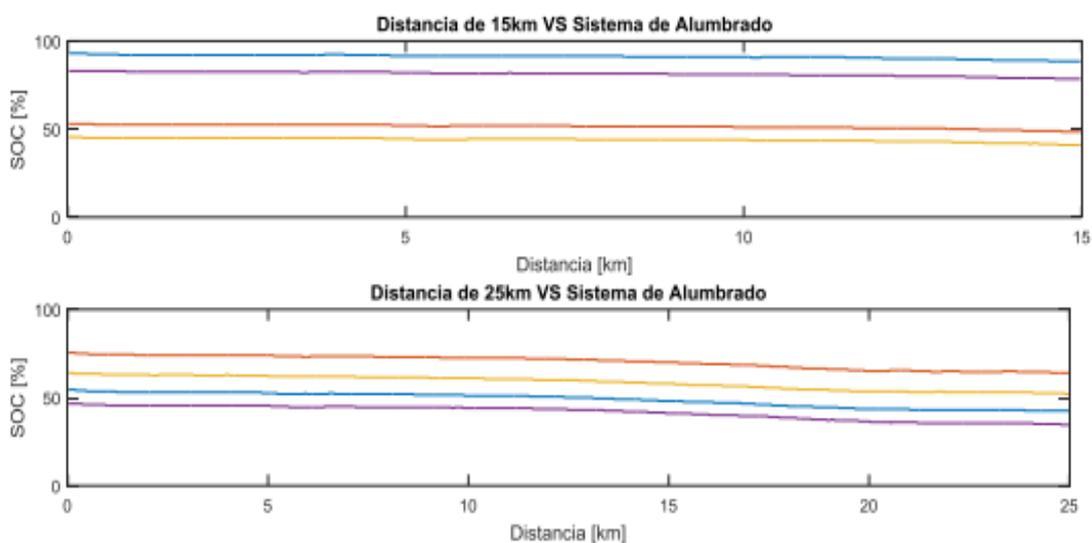


Figura 54: Prueba de Consumo de SOC por sistema de Alumbrado

### 4.2.3. SISTEMA DE AUDIO

Según: (Armijos & Gomez, 2018), el sistema de audio utilizado por el vehículo evaluado en una prueba de conexión en paralelo, presenta un consumo de 0.2 Amp. En su prueba de cálculo de autonomía teórica por la utilización del sistema de audio, considera una reducción correspondiente a un 10.5% de carga de SOC siendo no muy lejana de la reducción de autonomía real que mediante experimentación es de 9.7%.

# Prueba	Radio	% Carga al inicio de la prueba	% de Carga al final de la prueba	Consumo de autonomía teórica (%)	SOC (km)
1	0	84,5	74	10,5	17,325
99	1	88,5	67	21,5	35,478

Figura 55: Comparativa de Consumo por Sistema de Audio

### 4.3. REDUCCION APROXIMADA DE CONSUMO CON EL USO DE LOS SISTEMAS PERIFERICOS MÁS UTILIZADOS.

En base a los resultados obtenidos anteriormente se genera una tabla para evaluar dichos consumos en conjunto y determinar el comportamiento del porcentaje de SOC en el VE.

*Tabla 21 Relación de Consumo por km de recorrido*

SISTEMA	% DE CARGA/km	CORRIENTE CONSUMIDA	
		MIN	MAX
Sistema de Alumbrado (GUIAS)	0.47%	1.9	2.5
Sistema de Alumbrado (ALTAS)		2.4	3.2
Sistema de Calefacción	0.5%	1.9	3.1
Electro ventilador para calefacción		0.2	7.5
Sistema de Audio	0.003%	0.2	0.2
TOTAL	0.973%	6.6	16.5
		PROM =11.55 Amp	

Según los análisis en la reducción de la autonomía teórica por cada kilómetro de recorrido es de 0.973% al igual que el consumo de corriente varía entre 6.6 Amp hasta los 16.5 Amp, con un promedio de 11.55 Amp, esta información será comprobada mediante pruebas estáticas que demuestren un comportamiento semejante.

### 4.4. PRUEBAS DE GENERACION DE CARGA

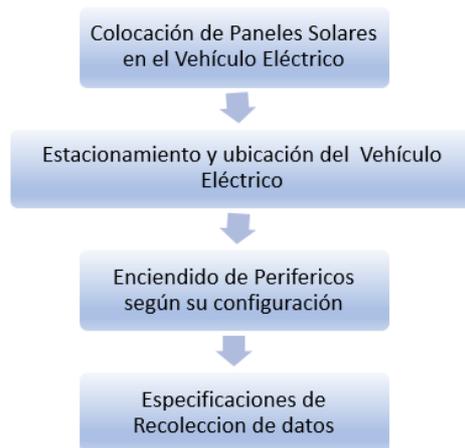
Las pruebas para recolección de datos mediante experimentación es un tipo de fuente al momento de realizar un análisis debido a la confiabilidad que expresa cada resultado, por lo que en este proyecto se realiza diferentes pruebas, cada una con factores diferentes que afectan la manera de producir carga por parte del sistema generador, están distribuidas en estáticas y dinámicas para determinar el comportamiento cumpliendo cada una con un protocolo de muestreo y una configuración de consumo.

#### 4.4.1. PRUEBAS ESTÁTICAS

Estas pruebas se realizan sin movimiento en un lugar despejado donde se monitoree constantemente la variación de alto voltaje de la batería principal, el bajo voltaje de la batería auxiliar, la corriente de la batería de alto voltaje y el porcentaje de carga del vehículo SOC realizadas mediante configuraciones de consumo en el momento en que se encuentra conectado el sistema generador de carga y realizar una comparativa de consumo de las mismas pruebas realizadas sin paneles solares.

##### 4.4.1.1. PROTOCOLO DE MUESTREO

Este es un proceso previamente establecido utilizado para seleccionar y preparar una muestra antes de someterla a análisis, este protocolo se ajusta a ciertos requerimientos necesarios en una experimentación descrita en pasos.



*Figura 56: Protocolo de Muestreo para pruebas estáticas*

#### ➤ COLOCACIÓN DE PANELES SOLARES EN EL VEHÍCULO ELÉCTRICO.

Se procede a instalar los paneles solares dentro de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana, respetando la configuración en paralelo que se propuso desde el diseño, con el controlador que se encuentra ubicado en la parte posterior del VE.



Figura 57: Colocación y sujeción de paneles solares al VE.



Figura 58: Configuración de Controlador en la parte posterior del VE.

### ➤ ESTACIONAMIENTO Y UBICACIÓN DEL VEHÍCULO.

El siguiente paso es llevar el VE a un lugar despejado cuya iluminación no se vea afectado en ningún momento de la prueba y que se encuentre dentro de las instalaciones, siendo elegido el estacionamiento exterior de la Carrera de Ingeniería Automotriz.



Figura 59: Colocación y estacionamiento del VE en el lugar de pruebas.

➤ **ENCENDIDO DE PERIFÉRICOS SEGÚN SU CONFIGURACIÓN.**

Para el análisis del comportamiento por parte del circuito generador de carga se establece configuraciones de consumo en base a la activación de los periféricos del vehículo, estas parten desde un uso mínimo (ningún periférico activado), hasta el máximo (sistema de audio, sistema de calefacción, sistema de iluminación media y alta), determinando si la carga generada supe el consumo producido por dichos periféricos.

**CONFIGURACIONES DE CONSUMO.**

Se configura la manera de consumir carga de la batería auxiliar por parte de los periféricos estableciendo una diferencia entre cada una, definiendo un comportamiento y una tendencia cada vez mayor, de manera que genere una comparativa con las mismas pruebas realizadas sin paneles solares.

*Tabla 22 Configuraciones de consumo para pruebas estáticas*

	<b>Paneles Solares</b>	<b>Radio y Calefacción</b>	<b>Sistema de Alumbrado</b>	
			<b>Medias</b>	<b>Altas</b>
<b>1ra Configuración de Consumo</b>	ON/OFF	OFF	OFF	OFF
<b>2da Configuración de Consumo</b>	ON/OFF	ON	OFF	OFF
<b>3ra Configuración de Consumo</b>	ON/OFF	ON	ON	OFF
<b>4ta Configuración de Consumo</b>	ON/OFF	ON	ON	ON

En las distintas configuraciones de muestreo no se toma en cuenta el uso de las luces bajas debido a que los paneles solares solo funcionan durante el día, tiempo en el que

este tipo de iluminación no es utilizado, con excepción de las luces altas que son utilizadas como iluminación alógena en climas brumosos.

➤ **ESPECIFICACIONES DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

Se conecta la instrumentación para adquisición de datos a través del software EMOLAB, tomando en cuenta la comparativa de voltajes y corrientes entre los diferentes tipos de trabajos en la batería auxiliar, la frecuencia de muestreo es de 1 Hertz, estas muestras se toman en días diferentes, al mismo tiempo también se adquiere los factores climáticos que inciden en la producción de carga mediante el software de Arduino.

#### 4.4.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS ESTATICAS

##### PRUEBAS REALIZADAS CON LA PRIMERA CONFIGURACIÓN DE CONSUMO

La primera configuración de consumo fué considerada para mantener un trayecto dentro de ciudad en un día normal, debido a que no se utiliza ningún periférico de confort la disminución de autonomía será la mínima y se reflejara en las pruebas realizadas aleatoriamente en días con factores climáticos distintos, de manera que se logra definir una tendencia al momento de utilizar el sistema generador de energía y compararlo con el comportamiento normal que registra el VE sin utilizar la energía fotovoltaica para recargar la batería de bajo voltaje.

##### Factores Climáticos

Al momento de realizar las pruebas estáticas de recarga, también se registra la humedad, temperatura y nivel de iluminación solar, influyentes en la producción de energía debido a las características de los paneles solares, se establece un promedio para determinar qué tan óptimos fueron sus valores y determinar si benefician positivamente.

*Tabla 23 Especificaciones de Prueba en la primera configuración.*

	<b>Inicio de Prueba</b>	<b>SOC al Inicio de Prueba</b>	<b>SOC al Final de Prueba</b>	<b>Humedad Promedio</b>	<b>Temperatura Promedio</b>	<b>Iluminación Promedio</b>
<b>Prueba 1</b>	10:09:57	66%	65%	43,96	24,52	1001,87
<b>Prueba 2</b>	09:31:13	58.5%	57.5%	72,86	15,28	977,69
<b>Prueba 3</b>	10:50:26	51.5%	51%	38,09	25,14	1000,67
<b>Prueba 4</b>	11:25:42	66.5%	65%	67,57	18,28	984,96

## Humedad

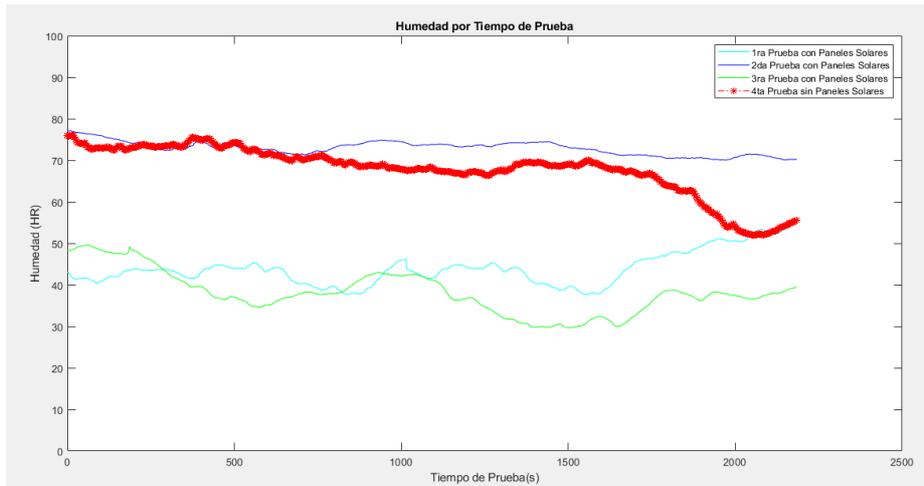


Figura 60: Comparación de humedad en la primera configuración.

## Temperatura

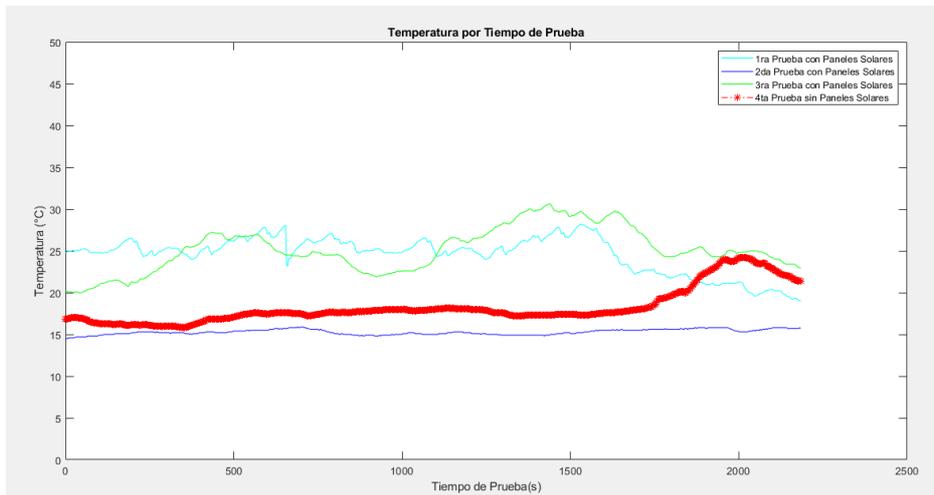


Figura 61: Comparación de Temperatura en la primera configuración.

## Iluminación

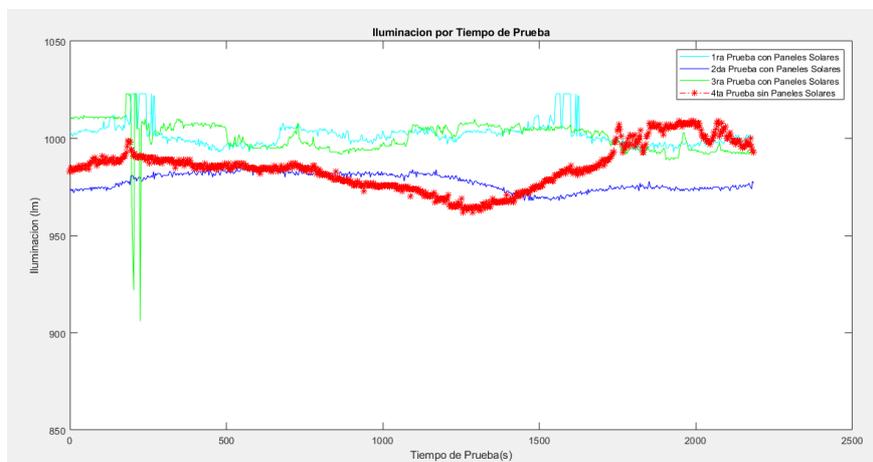


Figura 62: Comparación de Iluminación en la primera configuración.

## Consumo de SOC

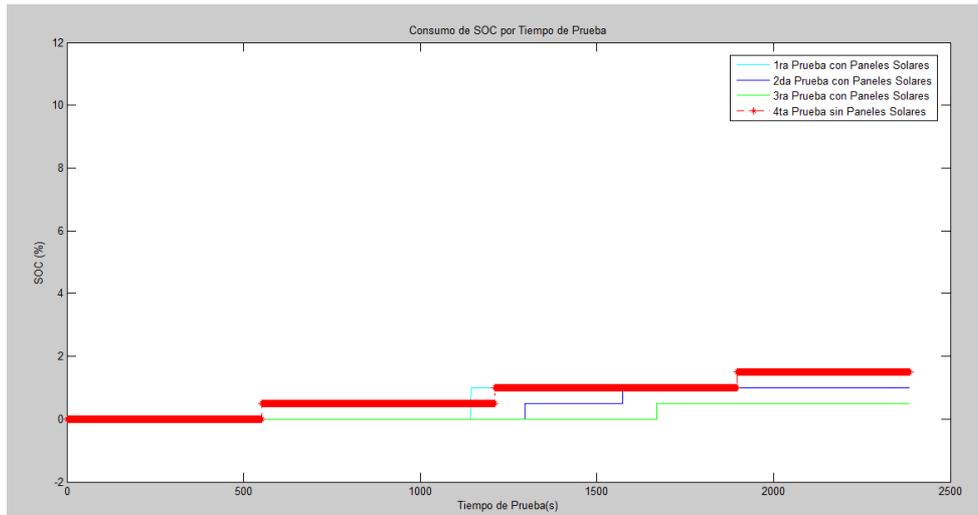


Figura 63: Comparativa de consumo de SOC respecto al tiempo en la primera configuración.

Según el porcentaje de carga SOC especificado en las diferentes pruebas de la primera configuración, la autonomía del vehículo no es beneficiada a gran medida al conectar el sistema de carga por energía fotovoltaica como se aprecia en la figura 63, esto se debe a que no existen periféricos con un alto consumo de energía que alteren este comportamiento. Esta gráfica enseña que la prueba 3 con un índice más alto de temperatura e iluminación solar especificado en la figura 61 y 62 tiene la tercera parte de consumo que la prueba 4 realizada sin paneles solares lo cual es beneficioso, sin embargo las prueba 2 y 3 consumen la misma cantidad, lo que indica que su tendencia es la misma.

## Consumo de Alto Voltaje

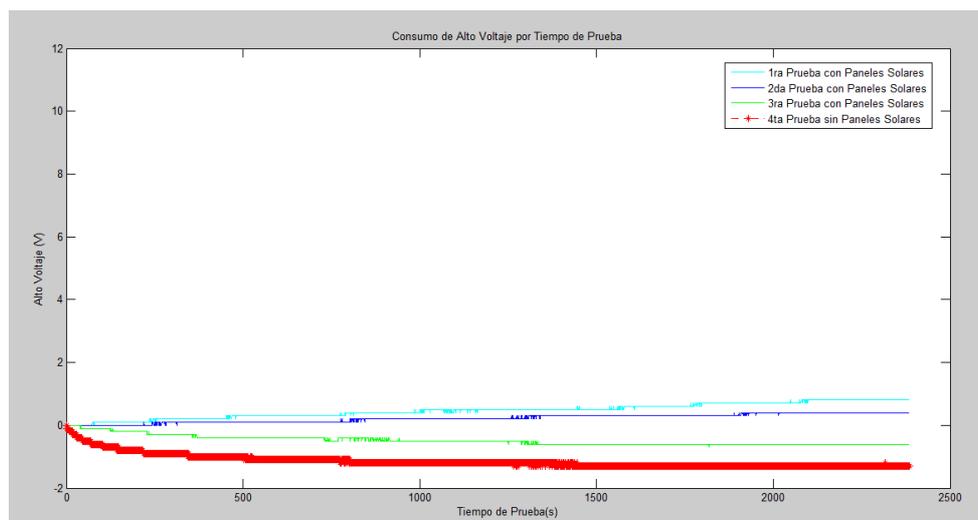


Figura 64: Comparativa de consumo de Alto Voltaje respecto al tiempo en la primera configuración.

En esta figura se puede notar el comportamiento de voltaje de la batería principal del VE mantiene variaciones minúsculas entre -1 y 1 voltio, se aprecia que la pruebas que consumen energía son la 1 y la 2, las cuales mantienen un voltaje constante en la batería auxiliar (figura 66), la primera debido a la utilización de la corriente en la prueba (figura 65), lo que tiende a reducir la potencia y diagnosticar un menor nivel de SOC, y la cuarta infiere a que la potencia que nos diagnostica la carga SOC no está afectada por el alto voltaje sino por la corriente que se consume como se aprecia en la figura 65.

### Corriente de la Batería

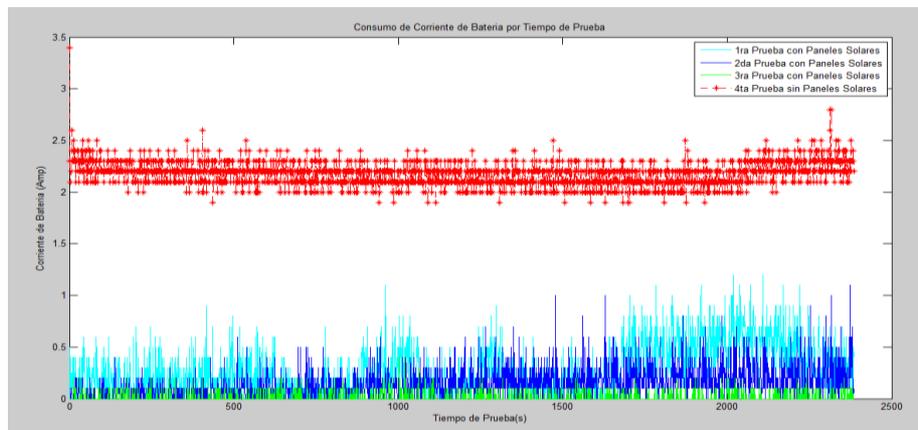


Figura 65: Comparativa de consumo de Corriente respecto al tiempo en la primera configuración.

Esta grafica nos indica la corriente que se está utilizando al momento de la prueba, la prueba 4 registra la mayor utilización, esto ocurre debido a la utilización extra por parte del circuito inversor DC-DC y a no tener conectado una fuente como los paneles solares.

### Consumo de Bajo Voltaje

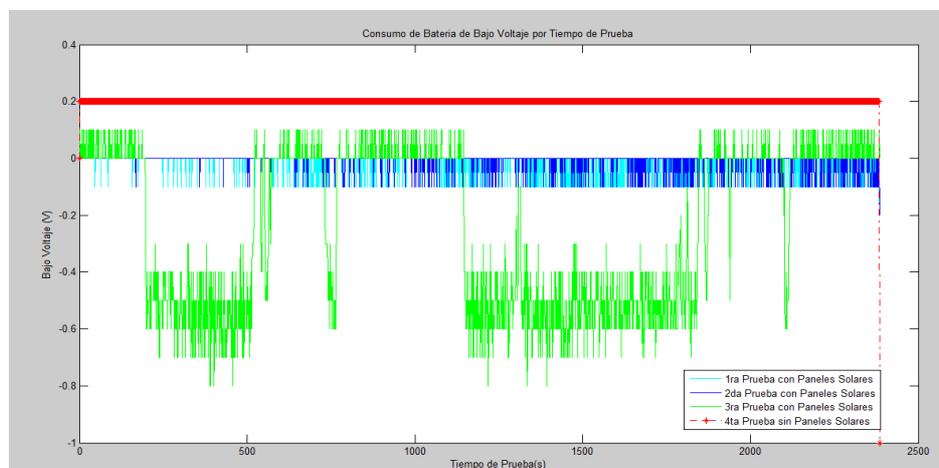


Figura 66: Comparativa de consumo de Bajo Voltaje respecto al tiempo en la primera configuración.

Esta figura indica las iteraciones de cada prueba, donde se determina el recargo de energía en la batería auxiliar por parte del sistema generador, en especial en la prueba 3 donde se ha determinado un aumento de autonomía.

## PRUEBAS REALIZADAS CON LA SEGUNDA CONFIGURACIÓN DE CONSUMO

Esta configuración demuestra el consumo que se necesita en condiciones de confort para el pasajero y ocupantes, al activar los circuitos que más corriente demandan para su funcionamiento, sin embargo en la actualidad son los más usados en cualquier condición de manejo, estas pruebas mantienen el sistema de audio activo con un volumen de nivel 10 y el sistema de calefacción configurado a 30°C.

### Factores Climáticos

Tabla 24 Especificaciones de Prueba en la segunda configuración.

	Inicio de Prueba	SOC al Inicio de Prueba	SOC al Final de Prueba	Humedad Promedio	Temperatura Promedio	Iluminación Promedio
<b>Prueba 1</b>	10:49:52	65%	59%	51,39	20,89	997,39
<b>Prueba 2</b>	09:20:05	94.5%	86%	68,03	15,34	990,12
<b>Prueba 3</b>	11:31:08	51%	45.5%	38,07	24,06	992,19
<b>Prueba 4</b>	10:12:20	57.5%	49%	61,40	18,39	960,19

### Humedad

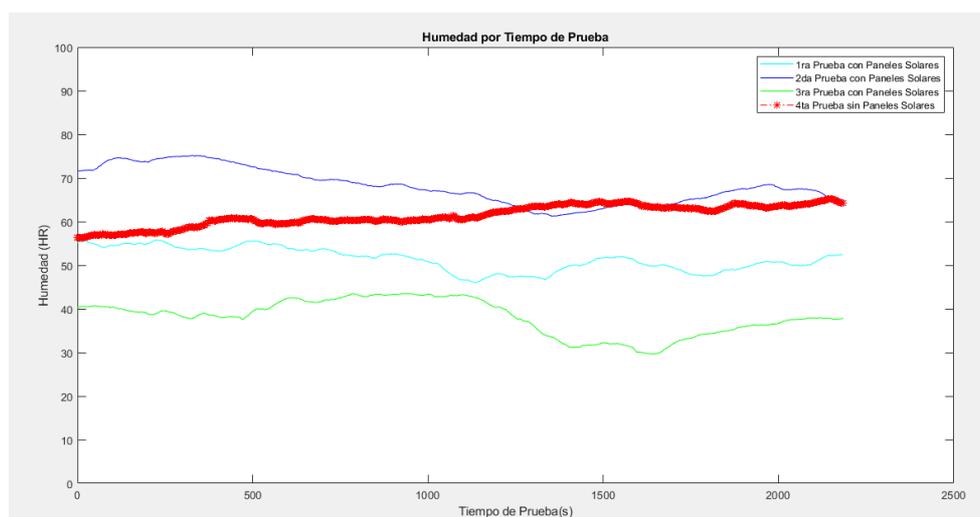


Figura 67: Comparación de humedad en la segunda configuración.

## Temperatura

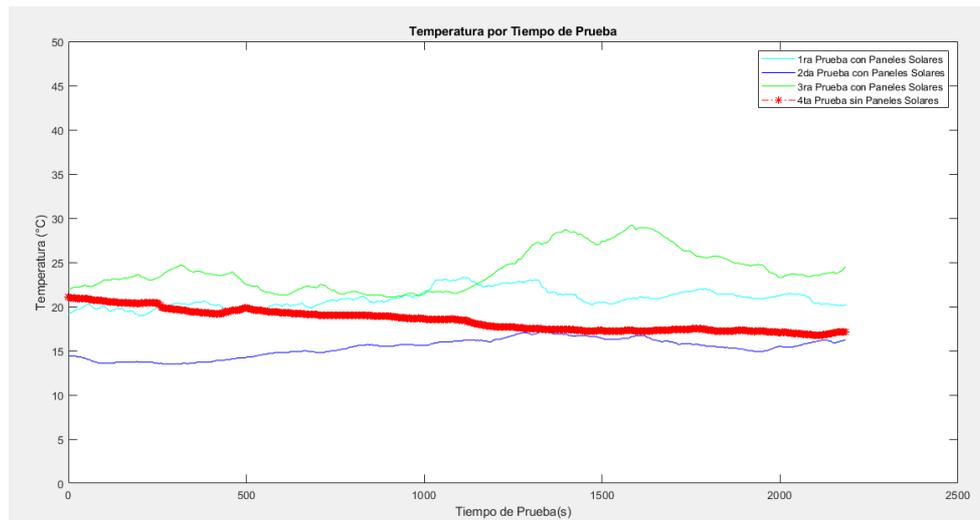


Figura 68: Comparación de Temperatura en la segunda configuración.

## Iluminación

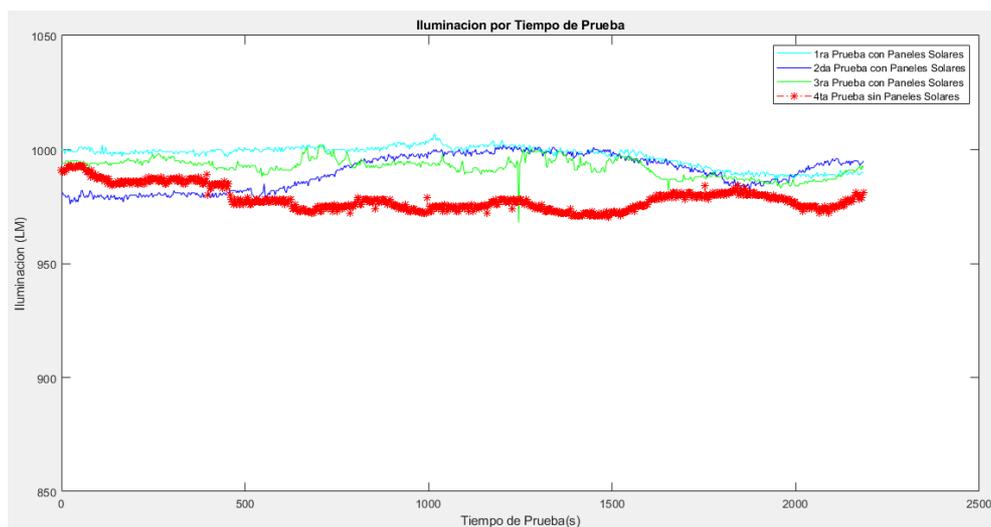


Figura 69: Comparación de Iluminación en la segunda configuración.

Las condiciones climáticas en estas pruebas determinan que la prueba 1 y 3 se realizó en días soleados con bajos niveles de humedad, lo que conlleva a mantener valores de recarga altos contrarios a la prueba 2 realizada en un día parcialmente nublado, tal como se especifica en las figuras 67,68 y 69.

## Consumo de SOC

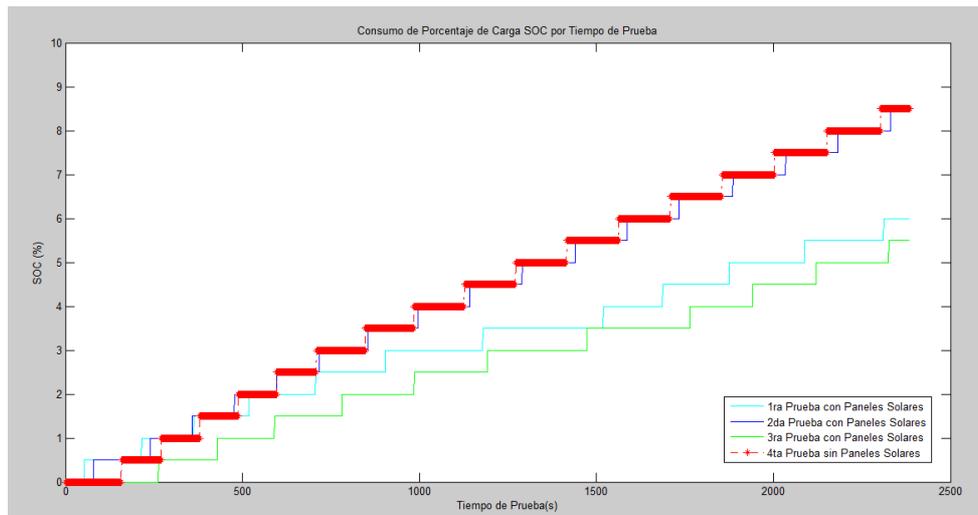


Figura 70: Comparativa de consumo de SOC respecto al tiempo en la segunda configuración.

Esta figura determina el porcentaje de carga que se consume durante las pruebas, aquí se expresa como la autonomía reduce de manera significativa su estado de carga al no tener conectado un sistema de regeneración de energía como se aprecia en la prueba 4, sin embargo la prueba 2 determina un comportamiento similar cuando sus factores climáticos (figura 67,68 y 69) son perjudiciales, las pruebas 1 y 3 al mantener dichos factores favorables experimentan un aumento de autonomía de 2,5 y 3 % respectivamente por el tiempo de la prueba.

## Consumo de Alto Voltaje

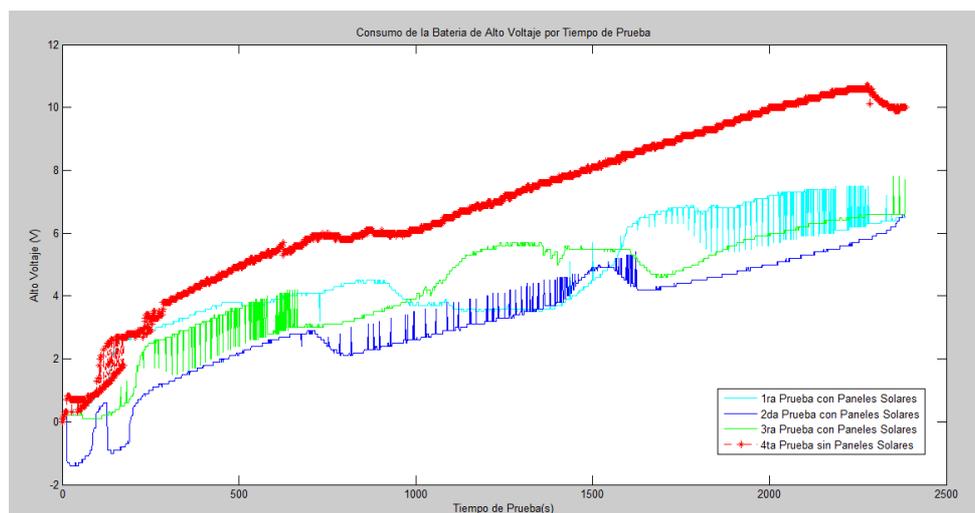


Figura 71: Comparativa de consumo de Alto Voltaje respecto al tiempo en la segunda configuración.

La grafica 71 establece que en la comparativa de consumo de alto voltaje, las pruebas con suplemento de energía por parte de los paneles solares desgastan entre 3 a 5 voltios menos la batería de alto voltaje que la prueba 4 que no utiliza este sistema.

## Corriente de Batería

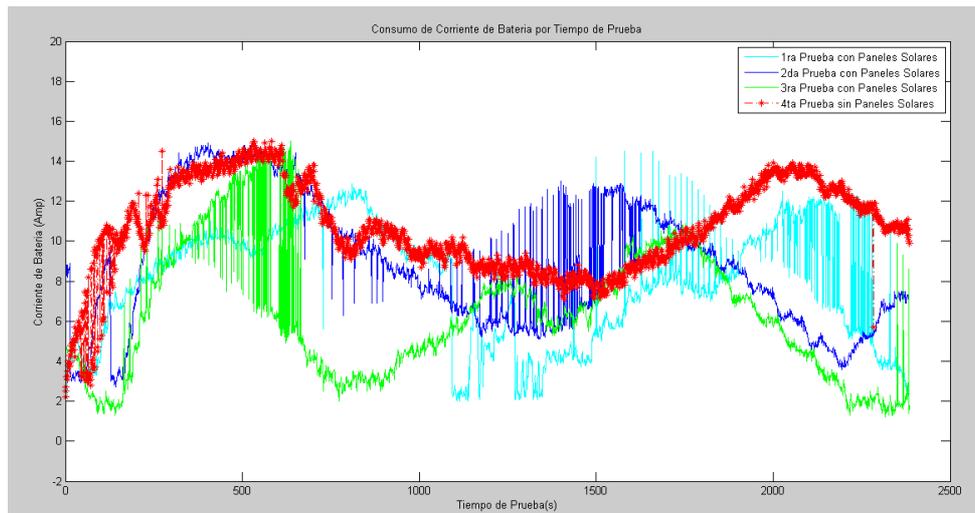


Figura 72: Comparativa de consumo de Corriente respecto al tiempo en la segunda configuración.

El comportamiento de la corriente en las pruebas realizadas es muy similar, la prueba 4 establece el mayor consumo de corriente producto de no contar con el sistema generador, sin embargo su variación es minúscula.

## Consumo de Bajo Voltaje

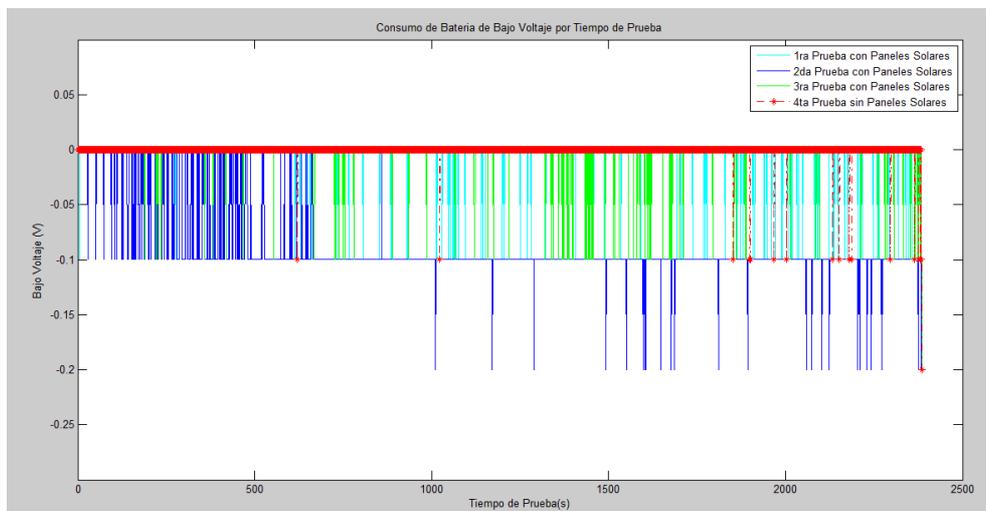


Figura 73: Comparativa de consumo de Bajo Voltaje respecto al tiempo en la segunda configuración.

Las alteraciones de bajo voltaje establecen un comportamiento similar, con variaciones de 0,2 voltios insignificantes para establecer posibles tendencias, debido a que en la figura 72 y 73 mantienen las mismas condiciones.

## PRUEBAS REALIZADAS CON LA TERCERA CONFIGURACIÓN DE CONSUMO

Esta configuración fué idealizada para un trayecto en el cual la señalización para la visualización del vehículo toma importancia, estas condiciones pueden asociarse con el mal clima que registran varios lugares cercanos a la ciudad, donde sus condiciones brumosas requieren la activación de las luces guías, causando una sensación de seguridad hacia el conductor en recorridos largos de carretera.

### Factores Climáticos

Tabla 25 Especificaciones de Prueba en la tercera configuración

	Inicio de Prueba	SOC al Inicio de Prueba	SOC al Final de Prueba	Humedad Promedio	Temperatura Promedio	Iluminación Promedio
<b>Prueba 1</b>	11:30:13	59%	54%	47,56	22,16	998,39
<b>Prueba 2</b>	10:01:29	85.5%	77.5%	63,69	16,74	988,67
<b>Prueba 3</b>	09:22:41	63.5%	57.5%	44,33	22,94	1013,17
<b>Prueba 4</b>	11:04:28	76%	67.5%	56,64	18,12	951,65

### Humedad

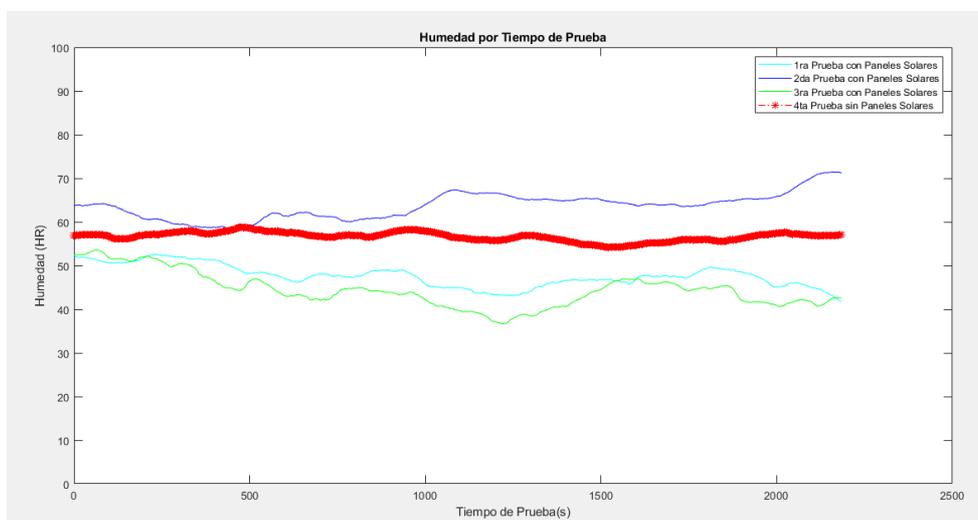


Figura 74: Comparación de humedad en la tercera configuración.

## Temperatura

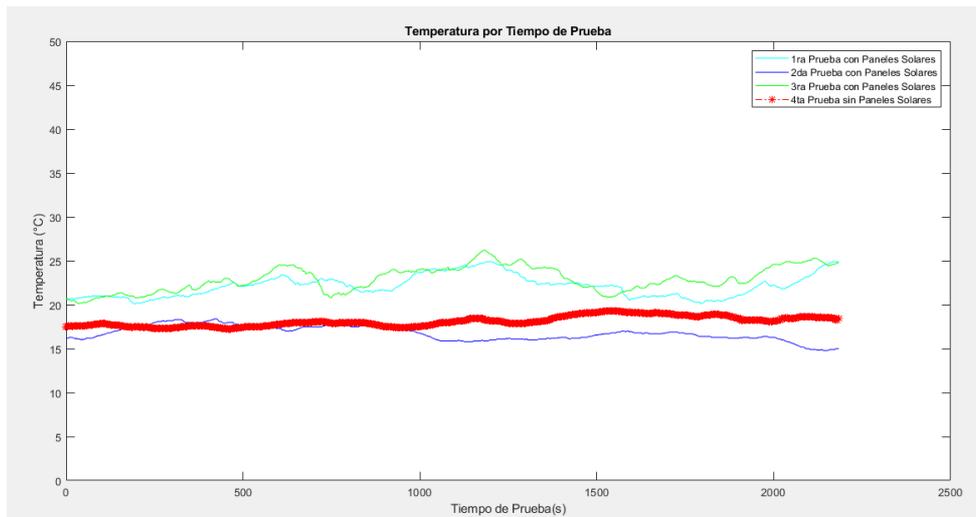


Figura 75: Comparación de Temperatura en la tercera configuración.

## Iluminación

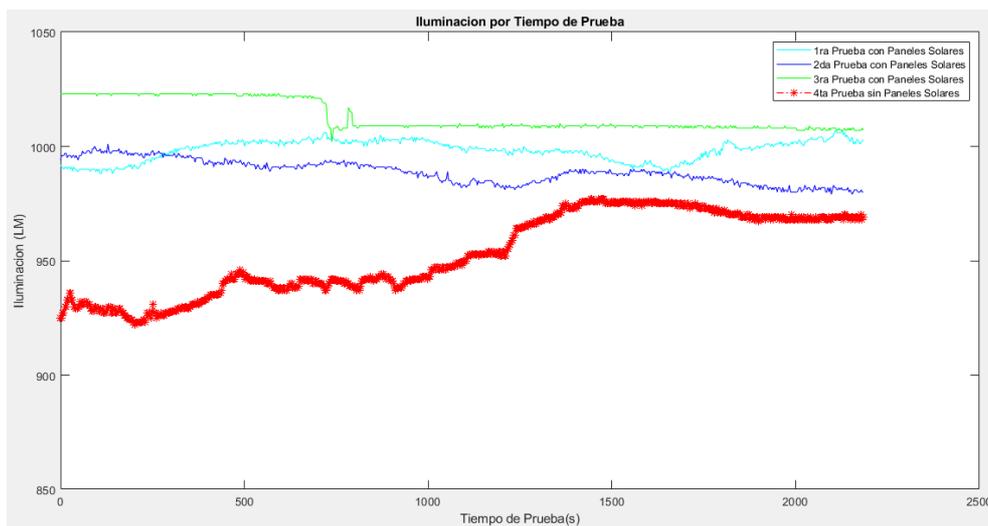


Figura 76: Comparación de Iluminación en la tercera configuración.

Esta configuración mantiene condiciones similares a pruebas anteriores, sin embargo los niveles de iluminación se mantienen altos y su variación no es significativa como lo expresa las condiciones de temperatura y humedad, producto de la radiación a la hora de la extracción de datos.

## Consumo de SOC

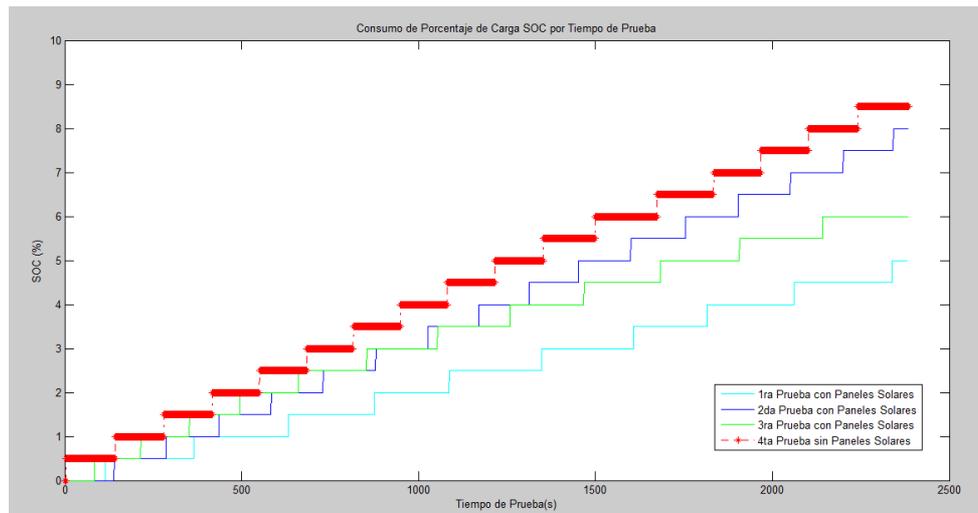


Figura 77: Comparativa de consumo de SOC respecto al tiempo en la tercera configuración.

Esta gráfica demuestra de mayor manera la ventaja de usar el sistema generador de carga, al mantener máximos de temperatura e iluminación altos, el beneficio es notable incluso en la prueba 2 realizada en condiciones parcialmente bajas, la autonomía se refleja en un 3,5% adicional, demostrando eficacia.

## Consumo de Alto Voltaje

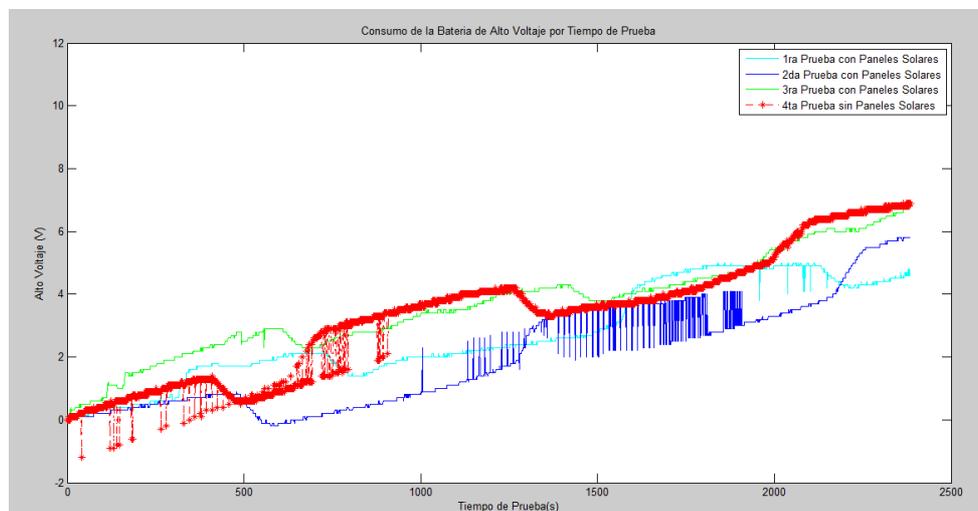


Figura 78: Comparativa de consumo de Alto Voltaje respecto al tiempo en la tercera configuración.

En la gráfica 78 se aprecia un comportamiento extraño de voltaje de la batería de alta tensión, ya que posee altibajos y una estabilización del consumo en un rango de 600 segundos, sin embargo la utilización es bastante similar entre pruebas incluso con la prueba 4 sin paneles solares, manteniendo los picos máximos.

## Corriente de la Batería

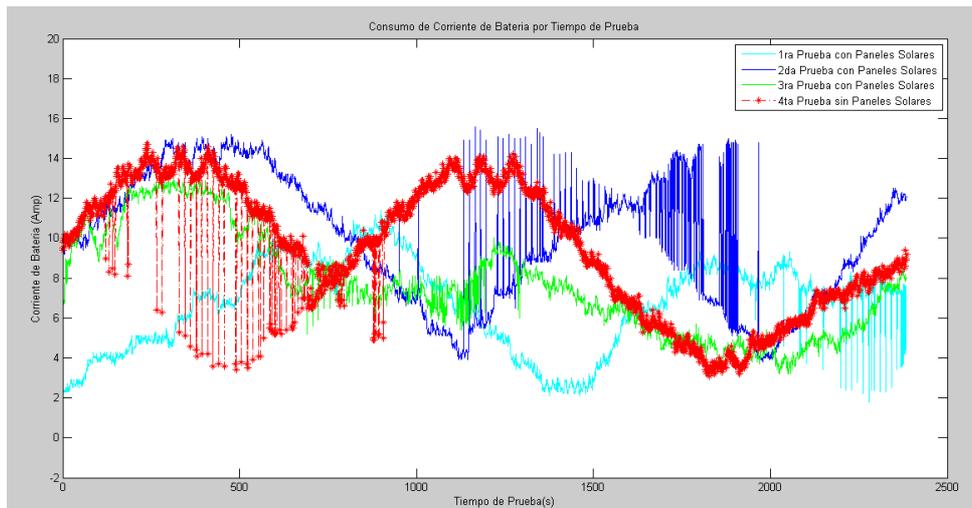


Figura 79: Comparativa de consumo de Corriente respecto al tiempo en la tercera configuración.

La corriente de batería especifica un comportamiento sinusoidal indicando que existe energía extra que está suministrando la batería auxiliar, al estar el bajo voltaje estable en las pruebas con paneles solares como se especifica en la figura 80, la potencia exige recargo de energía en la batería de alto voltaje por tiempos de acumulación de la misma, lo que beneficia en la autonomía como se vio en la figura 77.

## Consumo de Bajo Voltaje

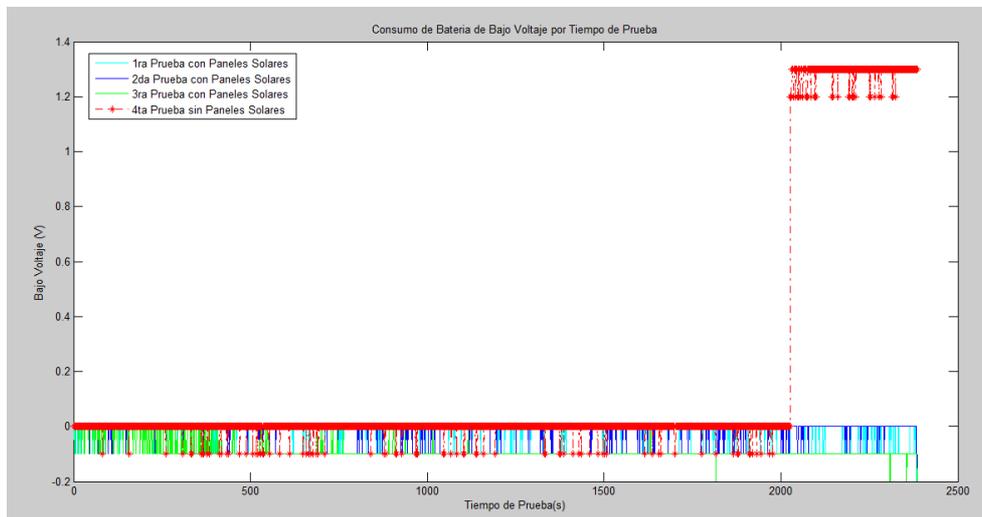


Figura 80: Comparativa de consumo de Bajo Voltaje respecto al tiempo en la tercera configuración.

Esta gráfica indica un comportamiento de bajo voltaje normal debido a que el 0,1 voltio que consume es abastecido inmediatamente por el sistema de carga instalado en las pruebas con paneles solares y por parte del inversor en la prueba 4, sin embargo en el último trayecto de esta prueba se puede notar un consumo excesivo, causado por

una mayor potencia que suple este desgaste como se ve en la figura 78 y 79, en donde su condición no alcanza para mantener estable el bajo voltaje.

## PRUEBAS REALIZADAS CON LA CUARTA CONFIGURACIÓN DE CONSUMO

### Factores Climáticos

Tabla 26 Especificaciones de Prueba en la cuarta configuración

	Inicio de Prueba	SOC al Inicio de Prueba	SOC al Final de Prueba	Humedad Promedio	Temperatura Promedio	Iluminación Promedio
<b>Prueba 1</b>	12:10:41	54%	48%	50,05	20,56	993,95
<b>Prueba 2</b>	11:49:04	66.5%	59%	70,40	15,45	977,62
<b>Prueba 3</b>	10:03:46	57%	52.5%	44,73	22,17	1004,61
<b>Prueba 4</b>	09:18:11	94.5%	85%	44,08	22,86	996,94

### Humedad

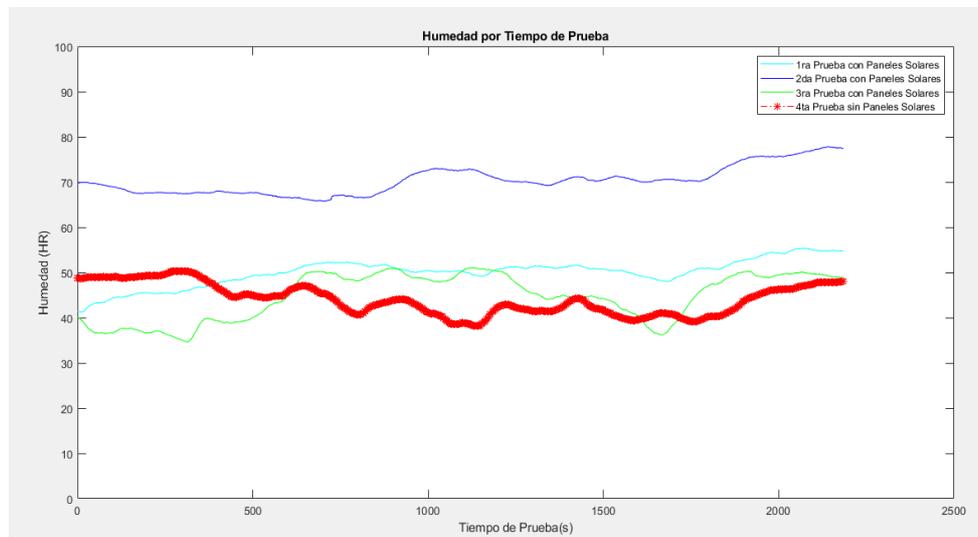


Figura 81: Comparación de humedad en la cuarta configuración.

## Temperatura

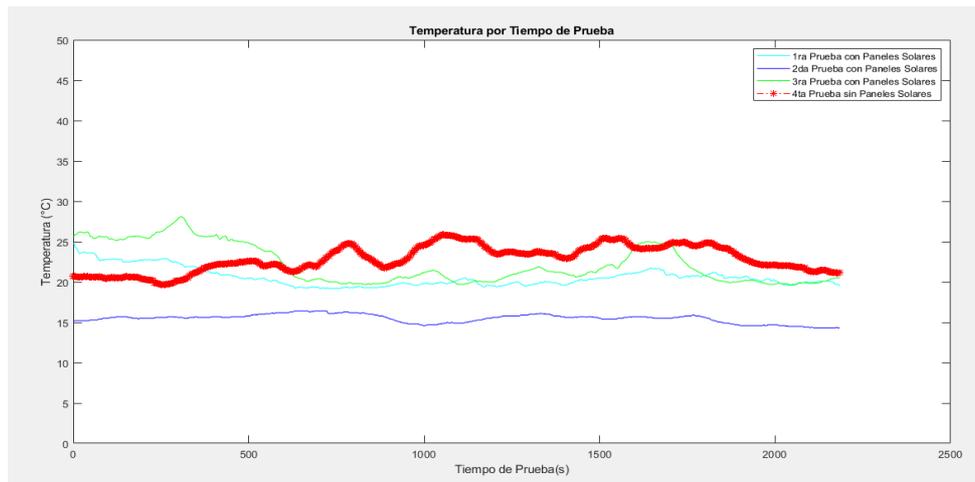


Figura 82: Comparación de Temperatura en la cuarta configuración.

## Iluminación

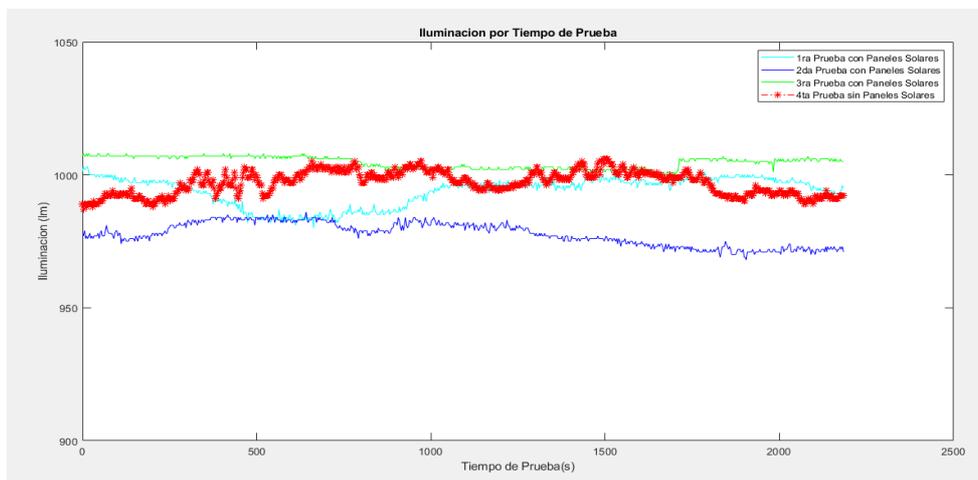


Figura 83: Comparación de Iluminación en la cuarta configuración.

## Consumo de SOC

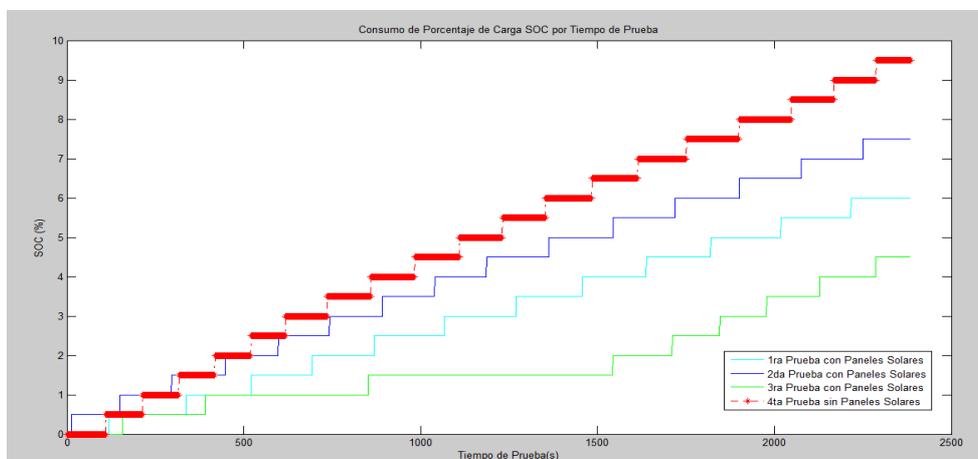


Figura 84: Comparativa de consumo de SOC respecto al tiempo en la cuarta configuración.

En esta configuración al mantener activados todos los periféricos que inciden mayormente en el consumo de SOC, se puede apreciar un porcentaje de carga en beneficio de la autonomía de hasta 5% cuando los factores climáticos son idóneos (figura 81, 82 y 83), como lo demuestra la prueba 3 que mantiene su pico de iluminación superior.

### Consumo de Alto Voltaje

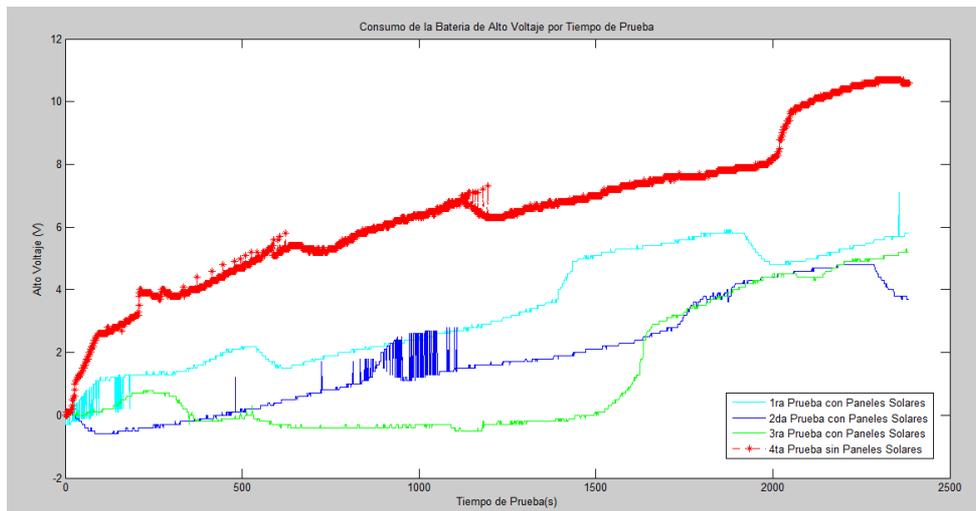


Figura 85: Comparativa de consumo de Alto Voltaje respecto al tiempo en la cuarta configuración.

El consumo de alto voltaje ya es apreciado, se demuestra que la batería principal ya no es quien supe el consumo de bajo voltaje en la totalidad, es decir, una parte es generada por el sistema de energía fotovoltaica incluso en condiciones climáticas adversas.

### Corriente de la Batería

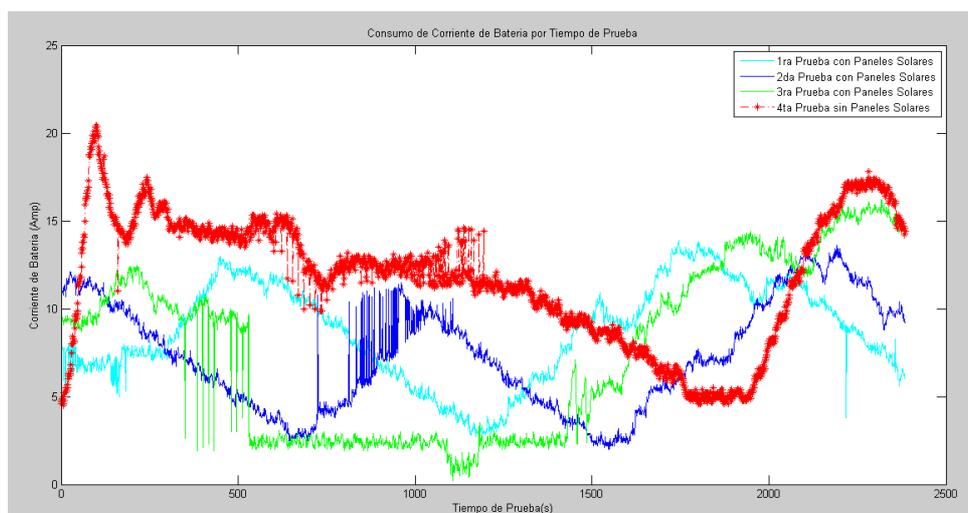


Figura 86: Comparativa de consumo de Corriente respecto al tiempo en la cuarta configuración.

Esta grafica también demuestra que la corriente es mayormente utilizada en la prueba 4 sin paneles solares, de manera que este flujo de carga es el que mantiene la batería de voltaje recargada.

### Consumo de Bajo Voltaje

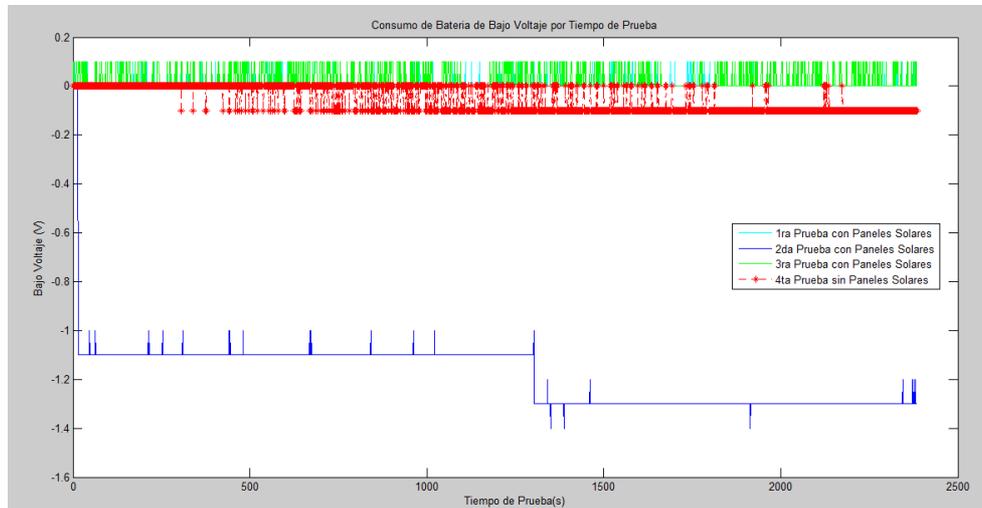


Figura 87: Comparativa de consumo de Bajo Voltaje respecto al tiempo en la cuarta configuración.

### 4.4.3. COMPARACIÓN DE TENDENCIAS ENTRE PRUEBAS

Para demostrar de mejor manera el comportamiento de los resultados se realiza una comparación entre el ajuste total de datos en pruebas con sistema de generación de carga, con la tendencia de la prueba sin dicho sistema, esto determina la función del consumo de porcentaje de carga (SOC) del VE respecto al tiempo cuando este se mantenga encendido y estacionado.

#### Tendencia Global de la Primera Configuración.

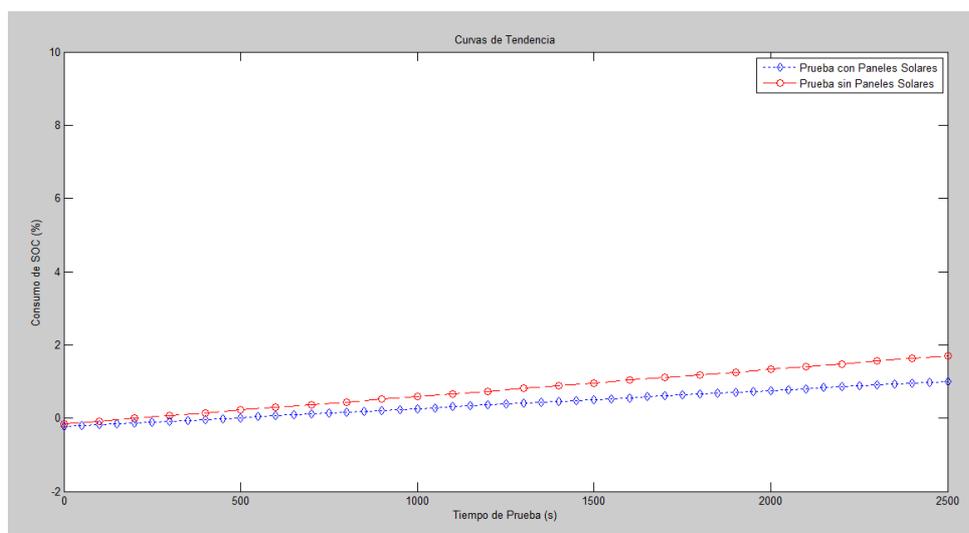


Figura 88: Tendencia Global de la Primera Configuración.

Tabla 27: Funciones de Tendencia en la Primera Configuración.

	<b>Función</b>
<b>Tendencia de Pruebas con Paneles Solares</b>	$f(x) = 0,000495x - 0,2338$
<b>Tendencia de Pruebas sin paneles Solares</b>	$f(x) = 0,000743x - 0,1526$

Las funciones de la tabla 27 que expresan el comportamiento de la figura 88 son muy significativas, demuestran que el tiempo en que se consume de 0 a 1% con el sistema de generación de carga es 7,87 minutos a comparación de los 3,42 minutos que transcurre sin la utilización de los paneles solares, a su vez para que la carga sea consumida al 95% (carga máxima) se necesita 2 días 5horas aproximadamente utilizando el sistema, mientras que sin contar con esto su duración es de 1 día y 12 horas, siempre y cuando exista algún tipo de radiación incidente en la fuente fotovoltaica, lo que demuestra una eficiencia del 48% más que las pruebas sin paneles solares.

#### **Tendencia Global de la Segunda Configuración.**

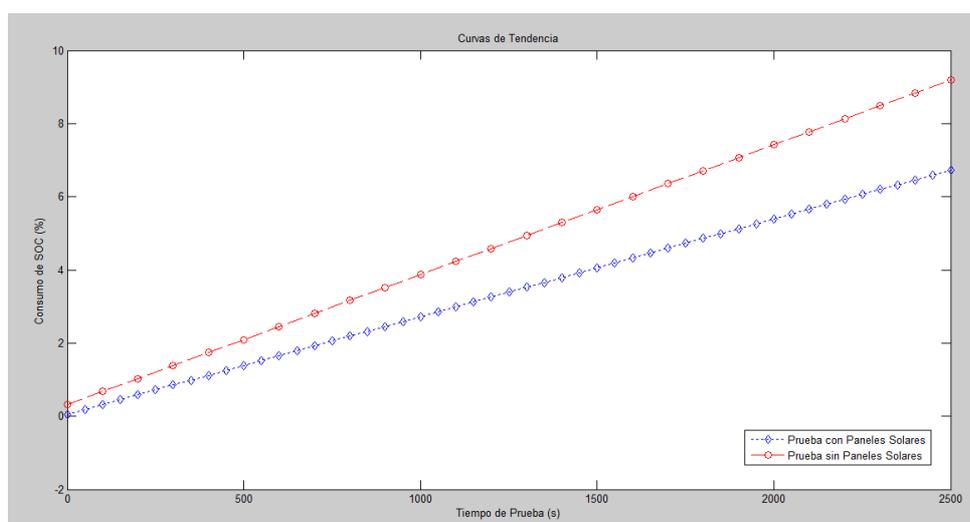


Figura 89: Tendencia Global de la Segunda Configuración.

Tabla 28: Funciones de Tendencia en la Segunda Configuración.

	<b>Función</b>
<b>Tendencia de Pruebas con Paneles Solares</b>	$f(x) = 0,002672x + 0,0516$
<b>Tendencia de Pruebas sin paneles Solares</b>	$f(x) = 0,003550x + 0,3224$

La figura 89 junto con la tabla 28 nos muestra el comportamiento que mantendría la carga del VE al encender los sistemas de confort cuando el vehículo se encuentre

estacionado, de manera que su tiempo total de duración será 7 horas y 24 minutos, pero al instalar el sistema de generación su periodo ascenderá a 9 horas y 52 minutos, demostrando una efectividad de 28,11% en esta configuración.

### Tendencia Global de la Tercera Configuración.

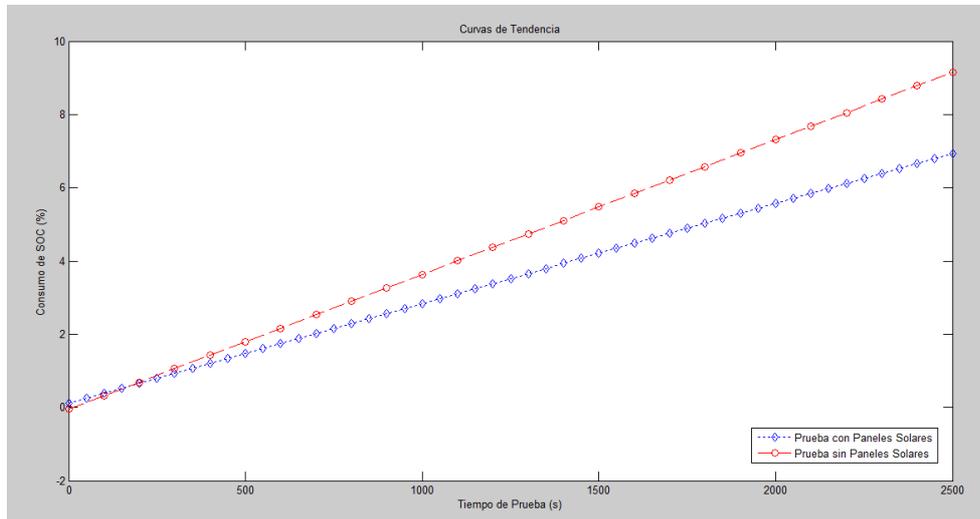


Figura 90: Tendencia Global de la Tercera Configuración.

Tabla 29: Funciones de Tendencia en la Tercera Configuración.

	<b>Función</b>
<b>Tendencia de Pruebas con Paneles Solares</b>	$f(x) = 0,002733x + 0,1062$
<b>Tendencia de Pruebas sin paneles Solares</b>	$f(x) = 0,003679x - 0,0445$

Al igual que las tendencias anteriores, al momento de activar la iluminación disminuye aún más la autonomía total del VE a 7 horas y 10 minutos, sin embargo el sistema generador de carga mantiene una duración más sofisticada aumentando a 9 horas y 39 minutos, demostrando una eficiencia de 23,16% en esta configuración.

## Tendencia Global de la Cuarta Configuración.

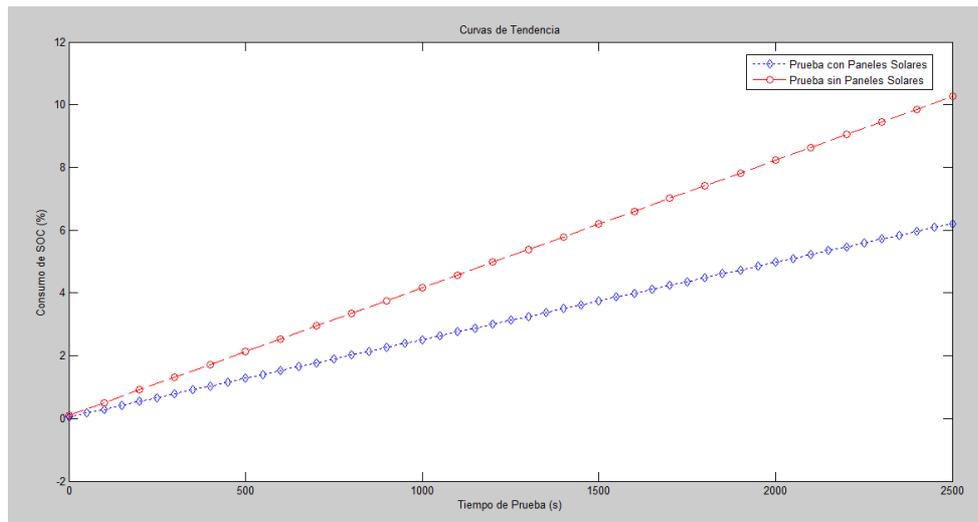


Figura 91: Tendencia Global de la Cuarta Configuración.

Tabla 30: Funciones de Tendencia en la Cuarta Configuración.

	<b>Función</b>
<b>Tendencia de Pruebas con Paneles Solares</b>	<b><math>f(x) = 0,002870x + 0,1580</math></b>
<b>Tendencia de Pruebas sin paneles Solares</b>	<b><math>f(x) = 0,004066x + 0,0979</math></b>

Dado que el sistema de luces altas también consume altos valores de corriente, la duración de la autonomía del VE disminuye a 6 horas y 29 minutos sin el sistema generador y de 9 horas y 10 minutos al utilizar los paneles solares, demostrando que la funcionalidad del sistema es efectiva en un 27,98%.

#### 4.4.4. PRUEBAS DINÁMICAS

Las pruebas dinámicas realizadas constan de recorridos cortos y largos en función de la marcación del odómetro, este cambio asigna un porcentaje de descarga de las baterías de alto y bajo voltaje, influyendo de esta manera en la autonomía del vehículo, al mantener movimiento en la pruebas los paneles solares tienen otro comportamiento producido por la ventilación a los mismos y la aerodinámica.

##### 4.4.4.1. PROTOCOLO DE MUESTREO

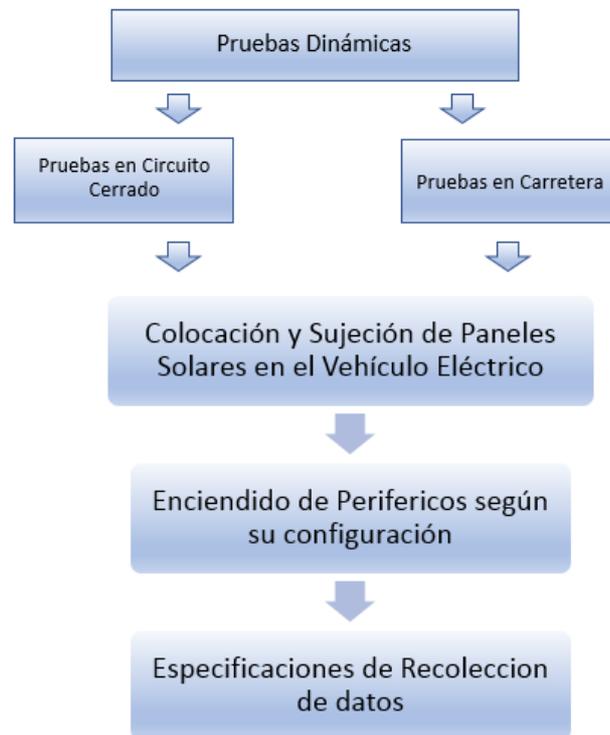


Figura 92: Protocolo de Muestreo para pruebas dinámicas.

#### 4.4.5. TIPOS DE PRUEBAS DINÁMICAS.

**Pruebas en Circuito Cerrado Cortas;** es un circuito en forma ovalada de aproximadamente 100 metros en un área 800 metros cuadrados, utilizado para recorrer cierto número de veces hasta completar una distancia de 12,3 km en un mismo modo de conducción y determinar de esta manera la disminución de carga del VE con las diferentes configuraciones de consumo, este espacio se encuentra dentro de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana.

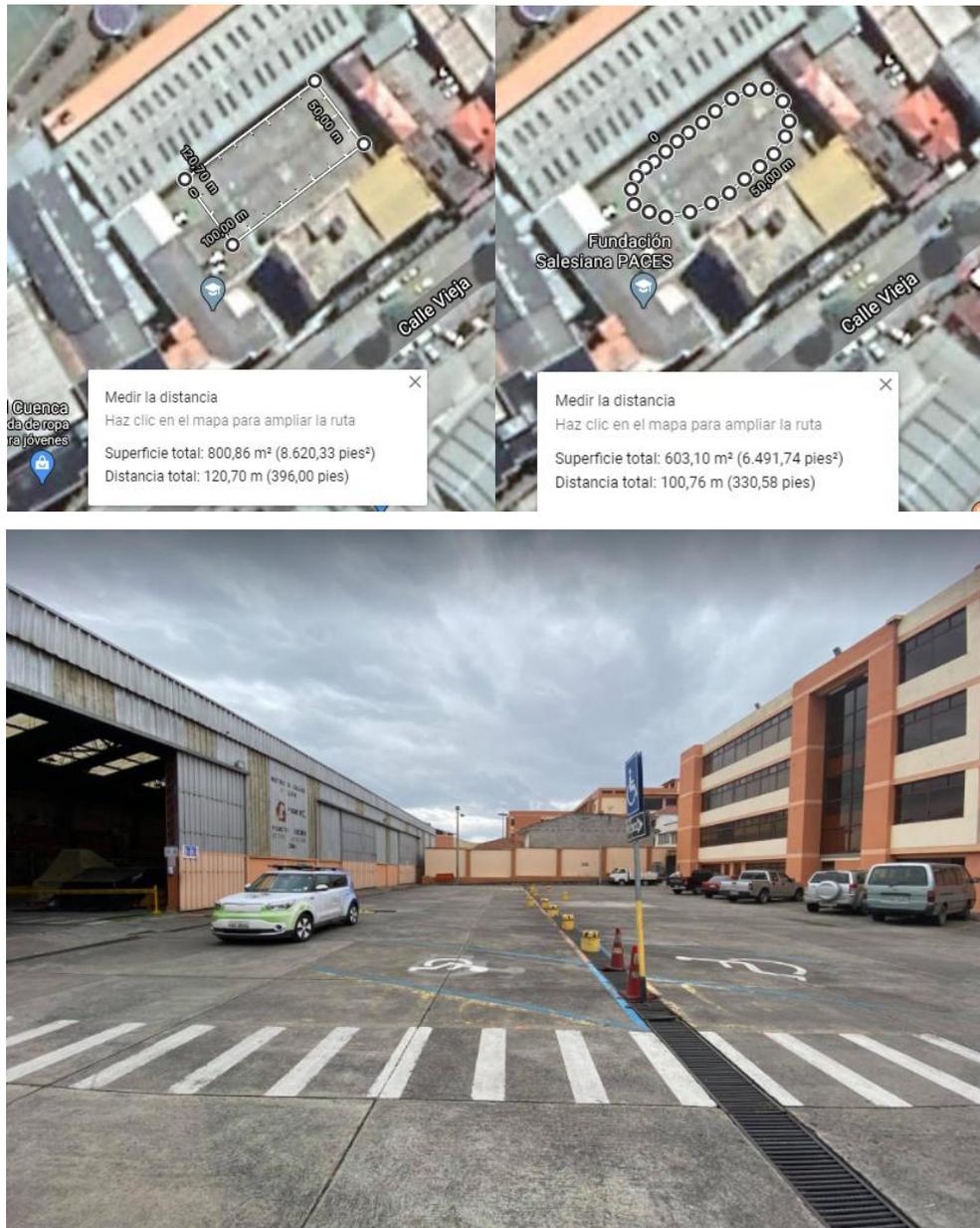
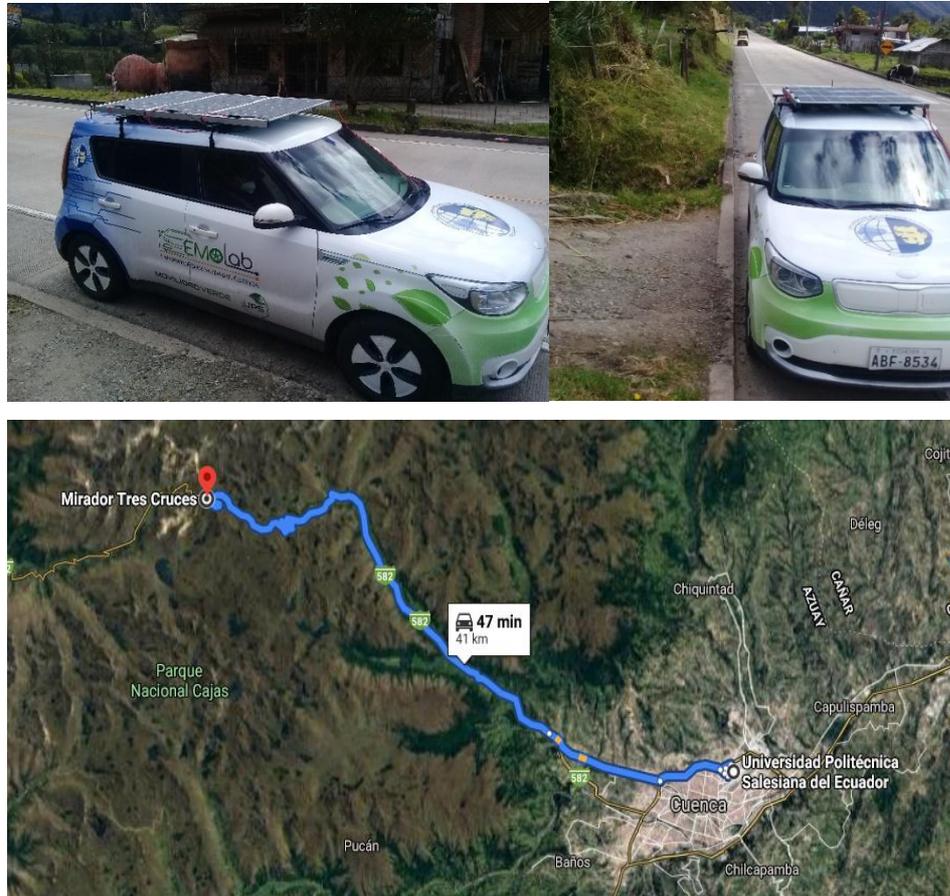


Figura 93: Superficie de Pruebas en Circuito o Cortas

**Pruebas en Carretera o Largos;** se trata de un recorrido en ruta Universidad Politécnica Salesiana – Cajas, que consta de un recorrido de 40 km en dos configuraciones de consumo al mantener activado y desactivado el circuito generador de carga, de manera que exprese una variación de autonomía en el recorrido.



*Figura 94: Recorrido de la Ruta Universidad Politécnica Salesiana - Tres Cruces Cajas*

➤ **COLOCACIÓN DE LOS PANELES EN EL VEHÍCULO ELÉCTRICO.**

Se procede a instalar los paneles solares dentro de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana, verificando los ajustes de las tiraderas al vehículo, ya que absorben las vibraciones producidas en carretera.

➤ **ENCENDIDO DE PERIFÉRICOS SEGÚN SU CONFIGURACIÓN.**

**Pruebas Cortas;** se utiliza configuraciones de consumo semejantes a las pruebas estáticas, sin embargo su análisis es totalmente diferente al mantener dependencia del número de kilómetros recorridos.

*Tabla 31: Configuración de Consumo para Pruebas Cortas*

	<b>Paneles Solares</b>	<b>Radio y Calefacción</b>	<b>Sistema de Alumbrado</b>	
			<b>Medias</b>	<b>Altas</b>
<b>1ra Configuración de Consumo</b>	ON/OFF	OFF	OFF	OFF
<b>2da Configuración de Consumo</b>	ON/OFF	ON	OFF	OFF
<b>3ra Configuración de Consumo</b>	ON/OFF	ON	ON	OFF
<b>4ta Configuración de Consumo</b>	ON/OFF	ON	ON	ON

**Pruebas Largas;** se utiliza una sola configuración que determina directamente la diferencia de carga utilizado en cada prueba.

*Tabla 32: Configuración de Consumo para Pruebas Largas.*

	<b>Paneles Solares</b>	<b>Radio y Calefacción</b>	<b>Sistema de Alumbrado</b>	
			<b>Medias</b>	<b>Altas</b>
<b>1ra Configuración de Consumo</b>	ON/OFF	ON	ON	ON

#### 4.4.6. RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS DINÁMICAS

##### ➤ PRUEBAS CORTAS:

#### PRUEBAS REALIZADAS CON LA PRIMERA CONFIGURACIÓN DE CONSUMO

Este tipo de prueba manifiesta el análisis del consumo de la autonomía del vehículo en pruebas que cumplen un mismo modo de conducción, esta configuración al no contar con la activación de ningún periférico, no difiere significativamente en sus resultados, como se pueden expresar en las siguientes imágenes.

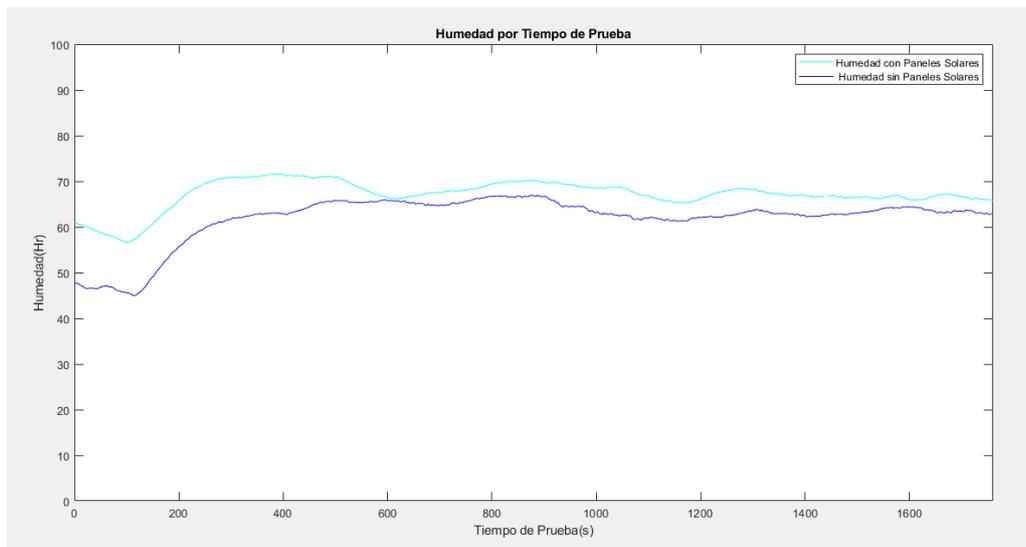


Figura 95: Humedad en Prueba dinámica de la Primera configuración de Consumo

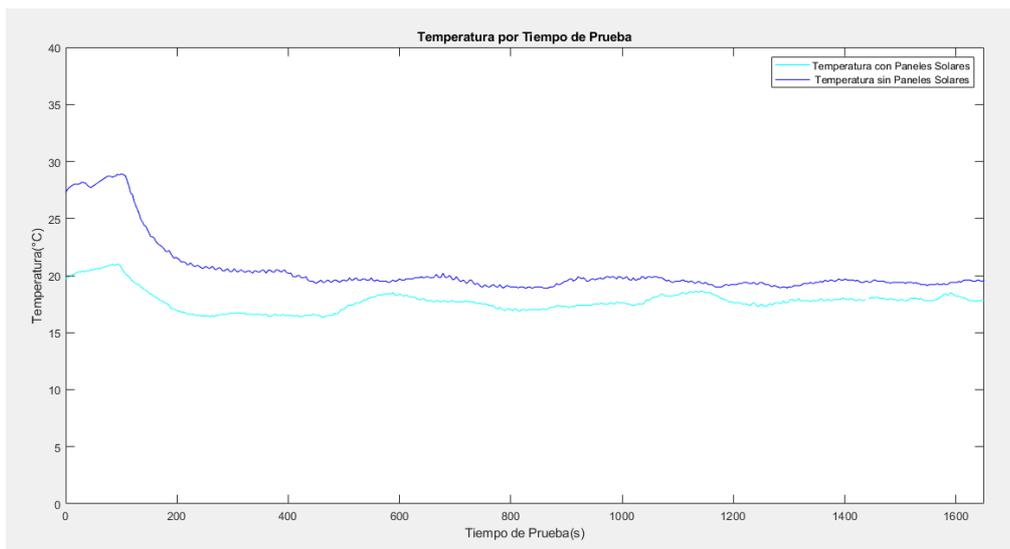


Figura 96: Temperatura en Prueba dinámica de la Primera configuración de Consumo

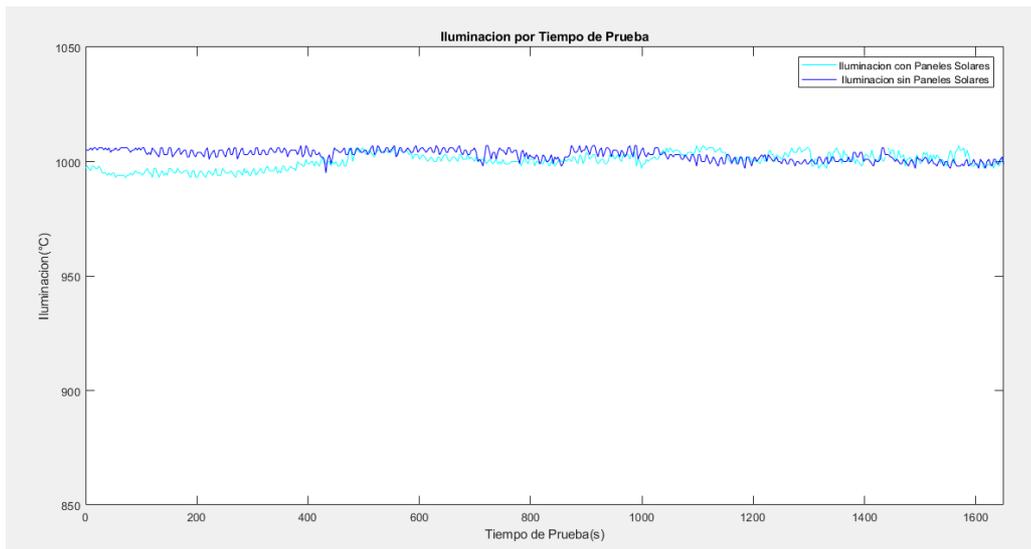


Figura 97: Iluminación en Prueba dinámica de la Primera configuración de Consumo

Las condiciones climáticas que presentan las pruebas para la generación de carga manifiestan valores menores de temperatura e iluminación al momento de utilizar dicho sistema, la figura 96 presenta cambios bruscos de temperatura y humedad al inicio de la prueba, esto se debe a que el movimiento del VE provoca mayor ventilación, alterando dichos datos al instante, este cambio es positivo de acuerdo al comportamiento de los paneles solares.

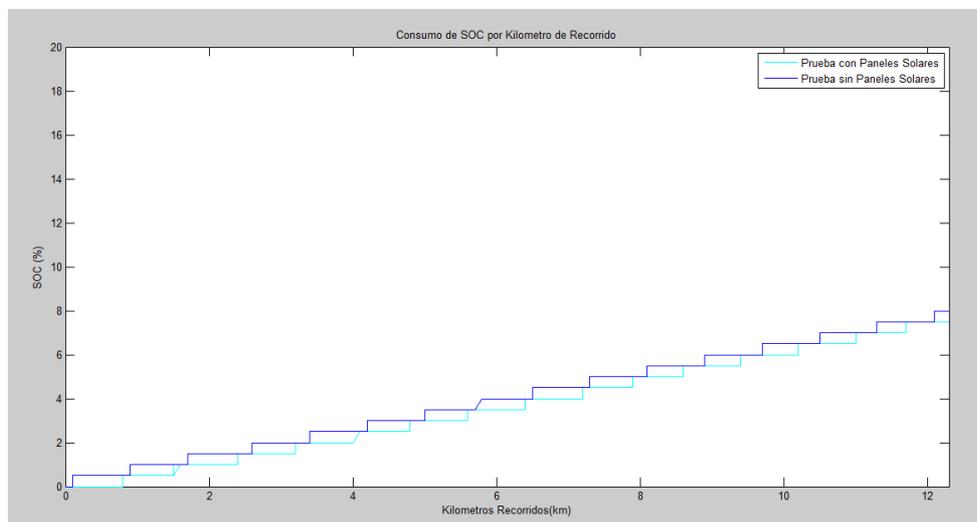


Figura 98: Consumo de SOC por Km Recorrido en la Primera Configuración.

La figura 98 determina que la variación de consumo entre las dos pruebas no es significativa producto de las condiciones climáticas adversas, sin embargo considerando que no se utilizaron periféricos, el 0,5% indica un comportamiento positivo.

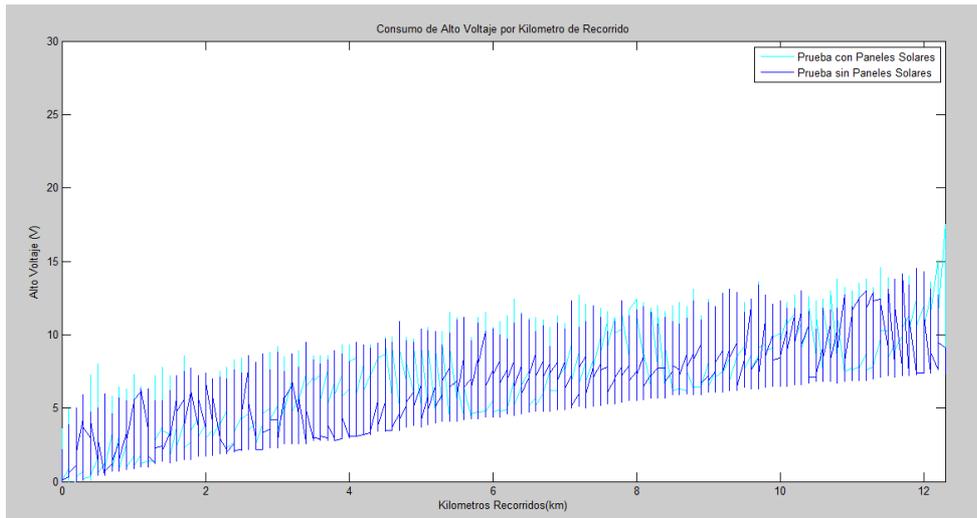


Figura 99: Consumo de Alto Voltaje por Km Recorrido en la Primera Configuración.

El comportamiento del alto voltaje es similar en las dos pruebas lo que indica que la tendencia es correcta, sus variaciones entre 7 y 18 voltios totales indican que no existe una regeneración significativa por parte del sistema fotovoltaico.

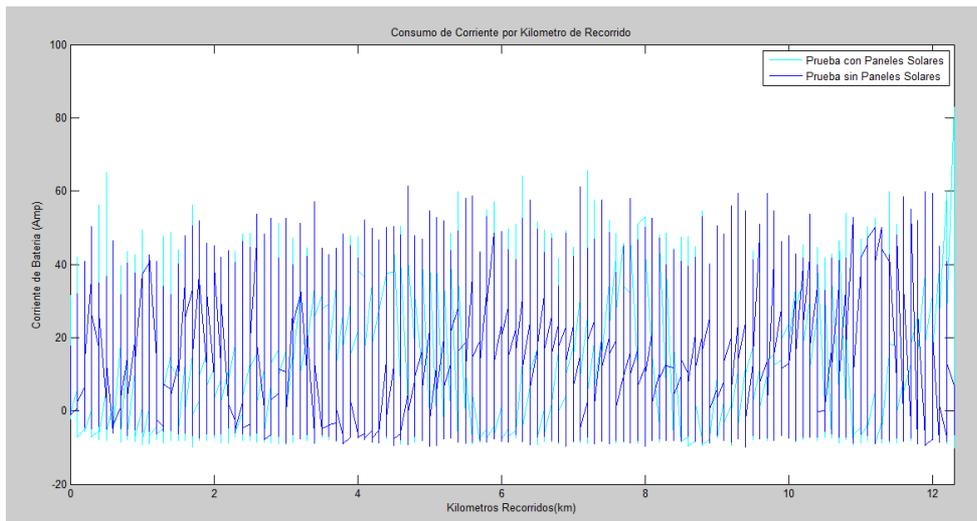


Figura 100: Consumo de Corriente por Km Recorrido en la Primera Configuración.

El consumo de corriente asume en gran medida la reducción del porcentaje de carga a lo largo de la prueba, los picos máximos y mínimos en las dos pruebas son muy similares de manera que no se aprecia una diferencia significativa.

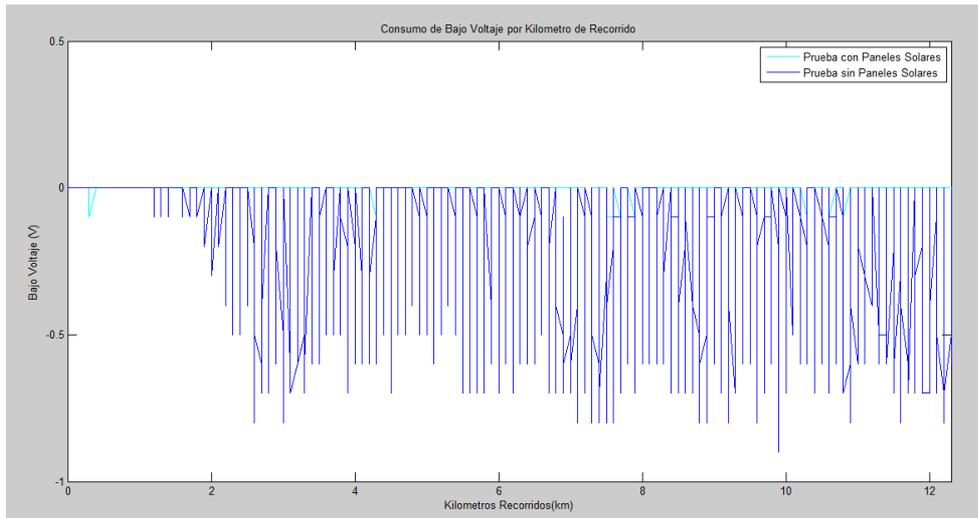


Figura 101: Consumo de Bajo Voltaje por Km Recorrido en la Primera Configuración.

Esta figura especifica porque la autonomía es menor en la primera prueba, debido a que el sistema generador mantiene alimentada la batería de bajo voltaje, no requiere suministro del inversor DC-DC que consume alto voltaje y reduce su autonomía como lo hace la prueba sin paneles solares.

## PRUEBAS REALIZADAS CON LA SEGUNDA CONFIGURACIÓN DE CONSUMO

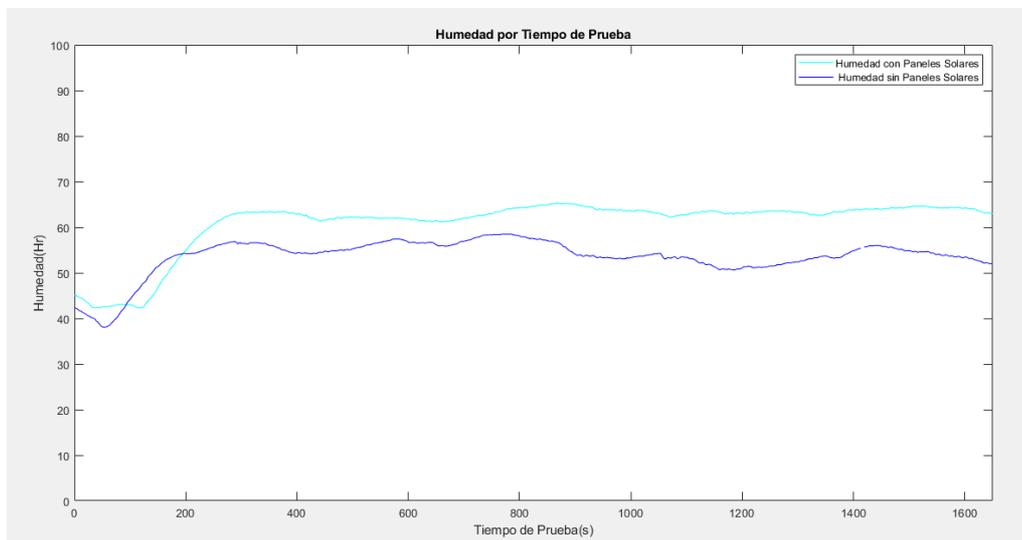


Figura 102: Humedad en Prueba dinámica de la segunda configuración de Consumo

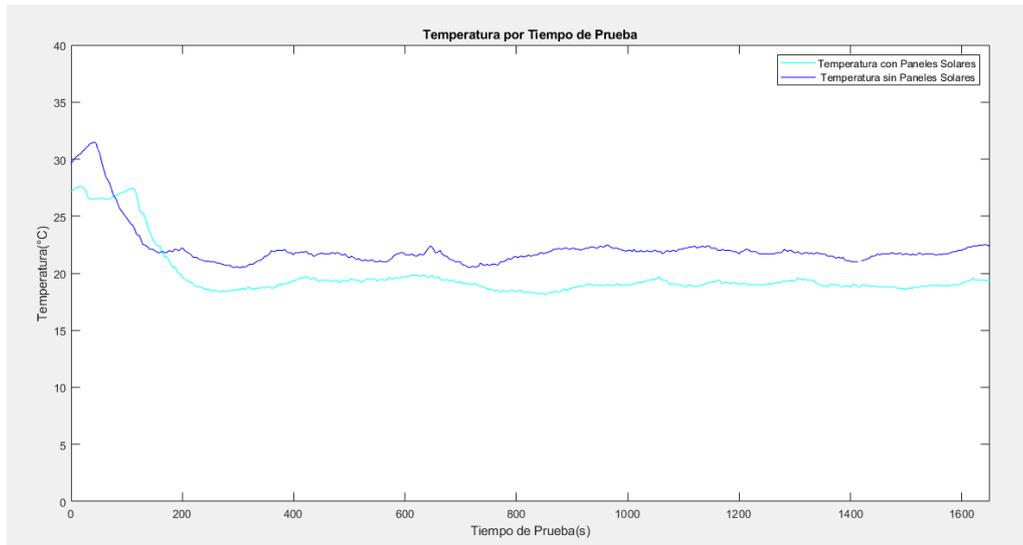


Figura 103: Temperatura en Prueba dinámica de la segunda configuración de Consumo

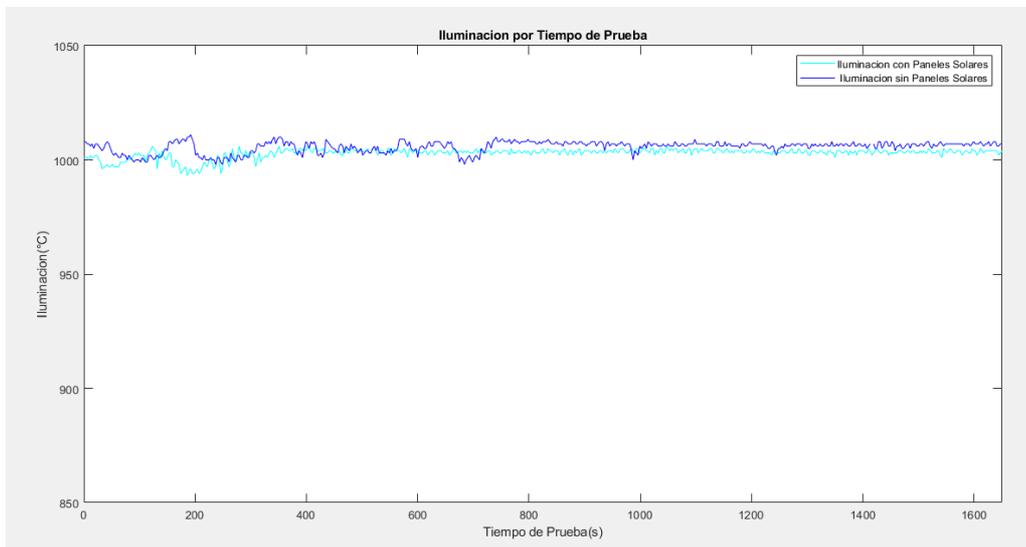


Figura 104: Iluminación en Prueba dinámica de la segunda configuración de Consumo

Al igual que en la primera configuración de consumo, las pruebas de humedad y temperatura mantienen cambios bruscos al comienzo, determinando una correlación significativa, los valores de iluminación reflejan valores semejantes en días parcialmente nublados lo que indica que la variación de carga será influyente.

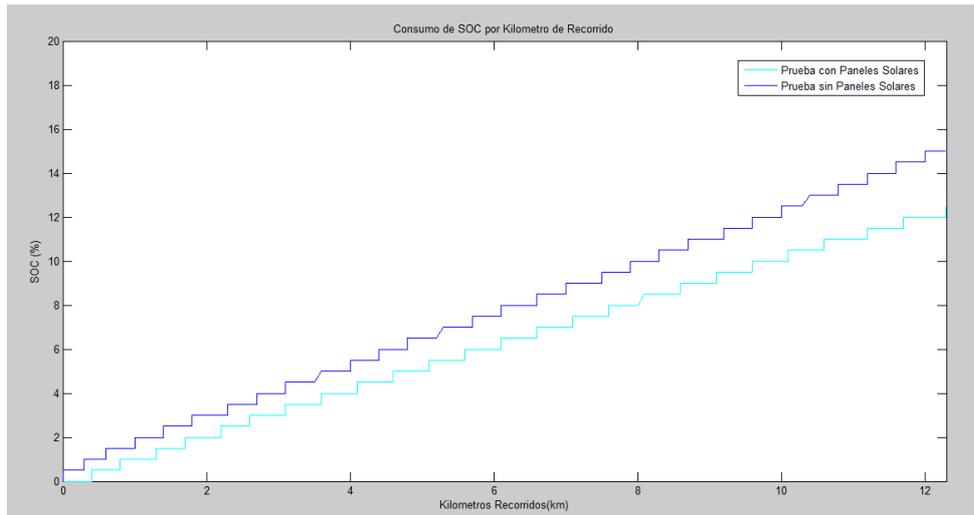


Figura 105: Consumo de SOC por Km Recorrido en la Segunda Configuración.

El consumo por parte de los periféricos de confort demuestra un 2,5% más en la prueba sin utilizar los paneles solares, lo que indica que su comportamiento es notable al momento de conducir en circuitos de tramos cortos.

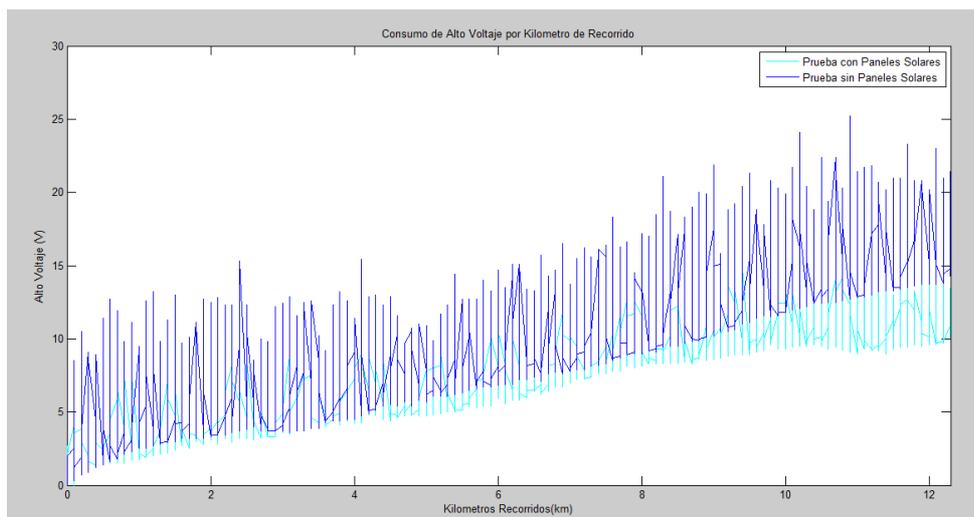


Figura 106: Consumo de Alto Voltaje por Km Recorrido en la Segunda Configuración.

El alto voltaje que diferencia del consumo de las pruebas y que varía en 5 voltios aproximadamente, es directamente asociado con la reducción de autonomía en la figura 105.

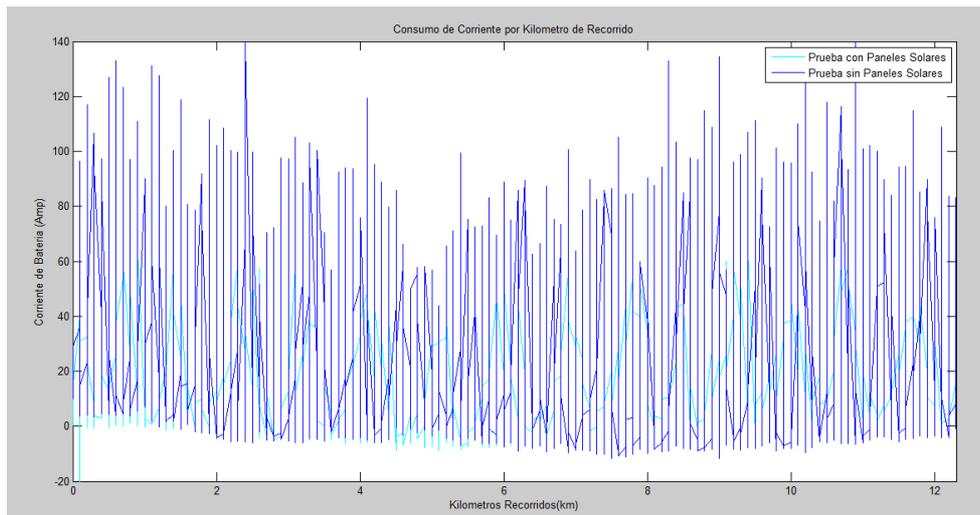


Figura 107: Consumo de Corriente por Km Recorrido en la Segunda Configuración.

La cantidad de corriente que se consume en las pruebas mantiene una diferencia significativa, generando picos máximos que se extienden hasta el doble en la prueba sin energía fotovoltaica, determinando que este factor influye en la reducción de la autonomía de carga.

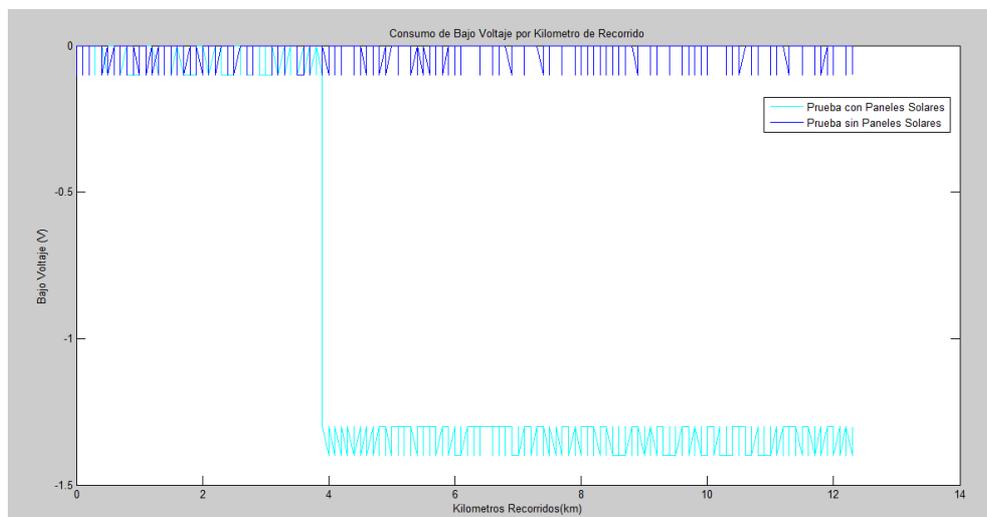


Figura 108: Consumo de Bajo Voltaje por Km Recorrido en la Segunda Configuración.

Esta gráfica representa que la batería de bajo voltaje mantiene recarga de energía por una fuente externa de hasta 1,3 v debido a que la prueba sin paneles solares mantiene su tensión producto del inversor DC-DC, que hace que en este periodo de tiempo la batería principal pierda potencia como se aprecia en la figura 106.

## PRUEBAS REALIZADAS CON LA TERCERA CONFIGURACIÓN DE CONSUMO

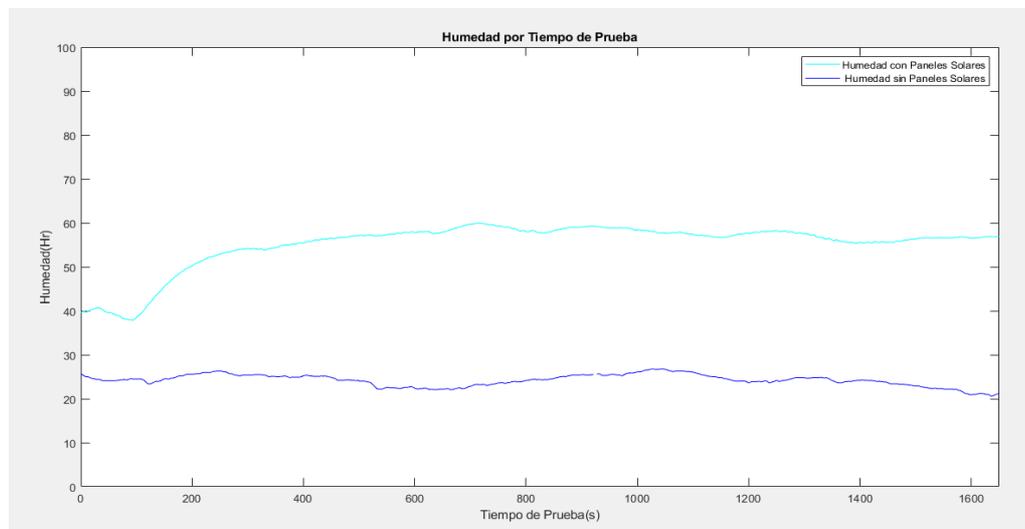


Figura 109: Humedad en Prueba dinámica de la tercera configuración de Consumo

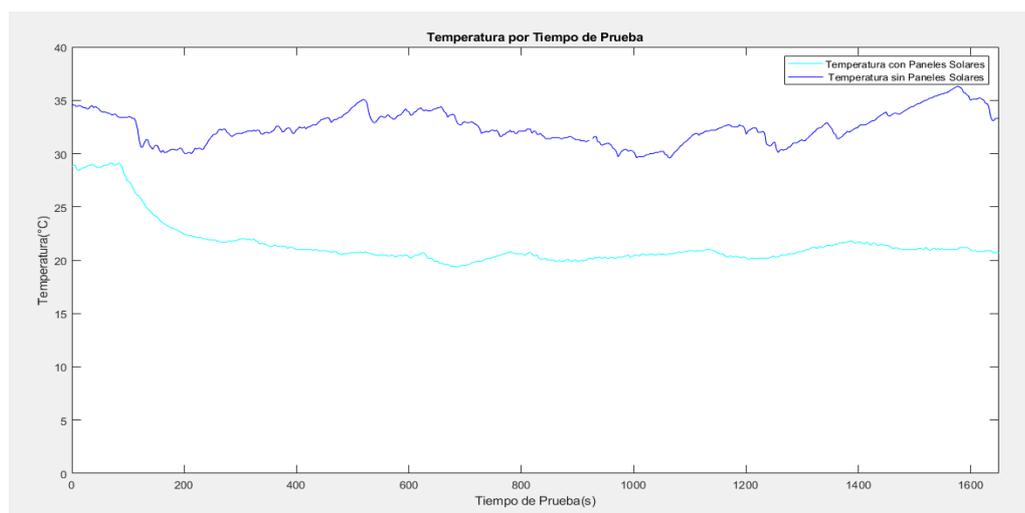


Figura 110: Temperatura en Prueba dinámica de la tercera configuración de Consumo

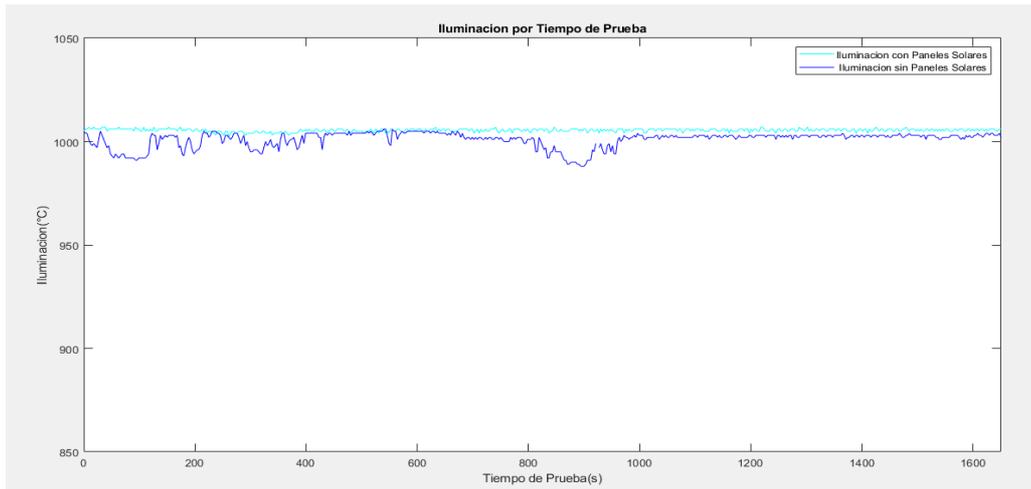


Figura 111: Iluminación en Prueba dinámica de la tercera configuración de Consumo

Los análisis climáticos indican que la temperatura es menor en la primera prueba, un comportamiento completamente inverso a la humedad, sin embargo, el nivel de iluminación es mayor, lo que demuestra que la velocidad del viento en las pruebas influye de la misma manera que las configuraciones previas.

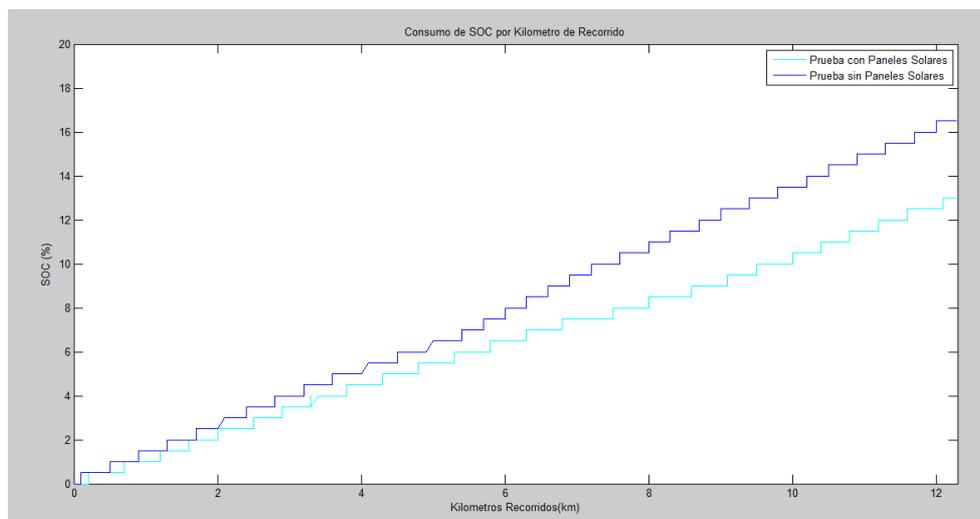


Figura 112: Consumo de SOC por Km Recorrido en la Tercera Configuración.

El aumento del porcentaje de carga es superior, sin embargo las pruebas con paneles solares no difieren significativamente, este resultado es producto de la conservación de velocidad y la poca carga eléctrica que consume el sistema de luces guías.

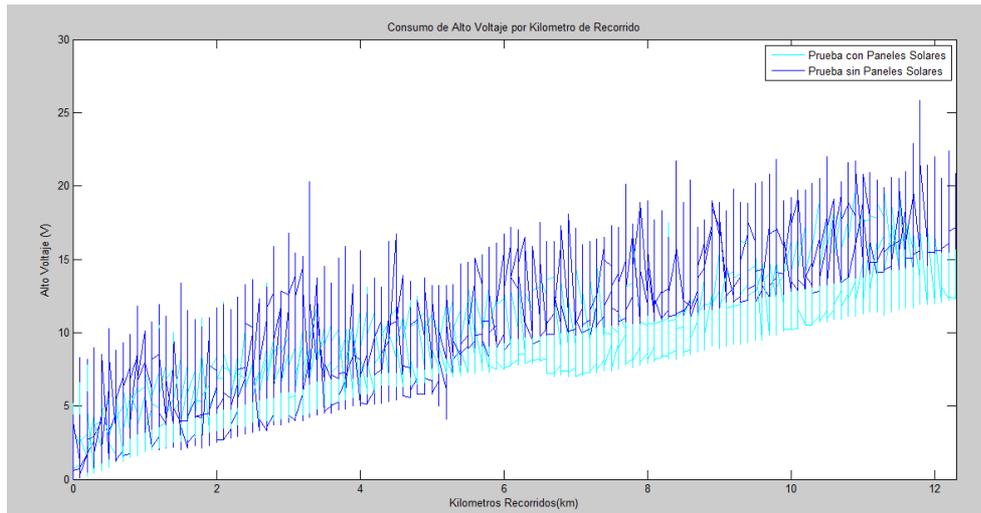


Figura 113: Consumo de Alto Voltaje por Km Recorrido en la Tercera Configuración.

Esta grafica demuestra que la diferencia de voltaje consumido por las diferentes pruebas representa directamente el porcentaje de carga expresado en la figura 112 junto con las variaciones de corriente reflejadas en la figura 114.

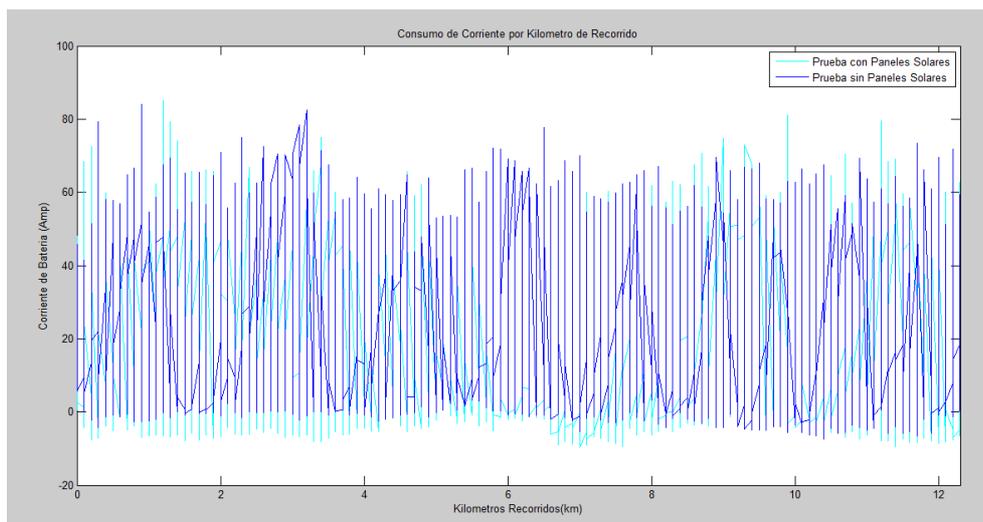


Figura 114: Consumo de Corriente por Km Recorrido en la Tercera Configuración.

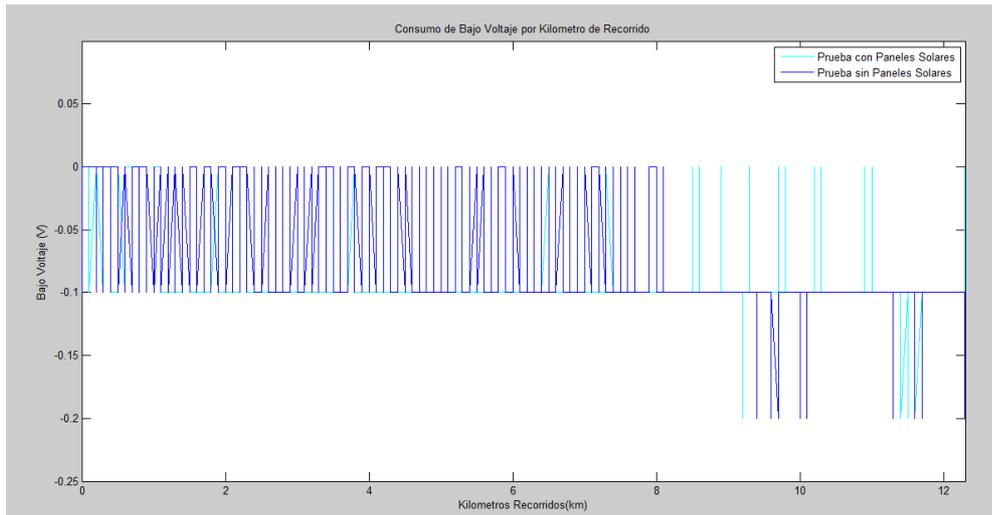


Figura 115: Consumo de Bajo Voltaje por Km Recorrido en la Tercera Configuración.

El consumo de bajo voltaje no demuestra variaciones significativas en las dos pruebas que difieren hasta 0,2 voltios de carga y descarga, lo que significa un constante abastecimiento por parte del sistema generador y/o inversor DC-DC.

## PRUEBAS REALIZADAS CON LA CUARTA CONFIGURACIÓN DE CONSUMO

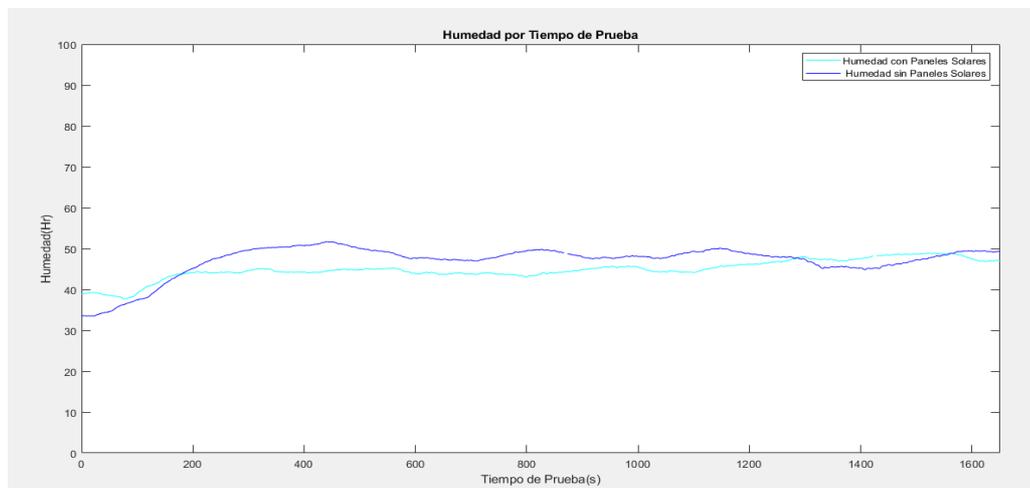


Figura 116: Humedad en Prueba dinámica de la cuarta configuración de Consumo

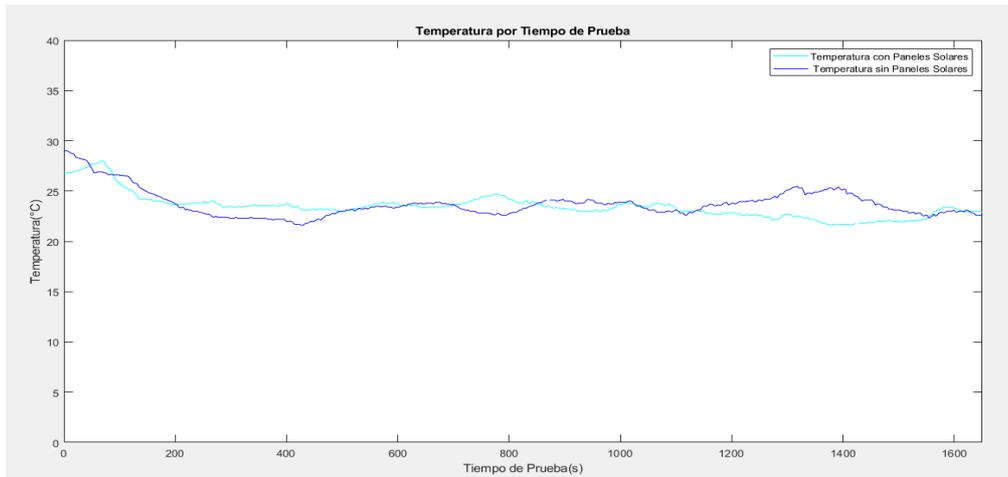


Figura 117: Temperatura en Prueba dinámica de la cuarta configuración de Consumo

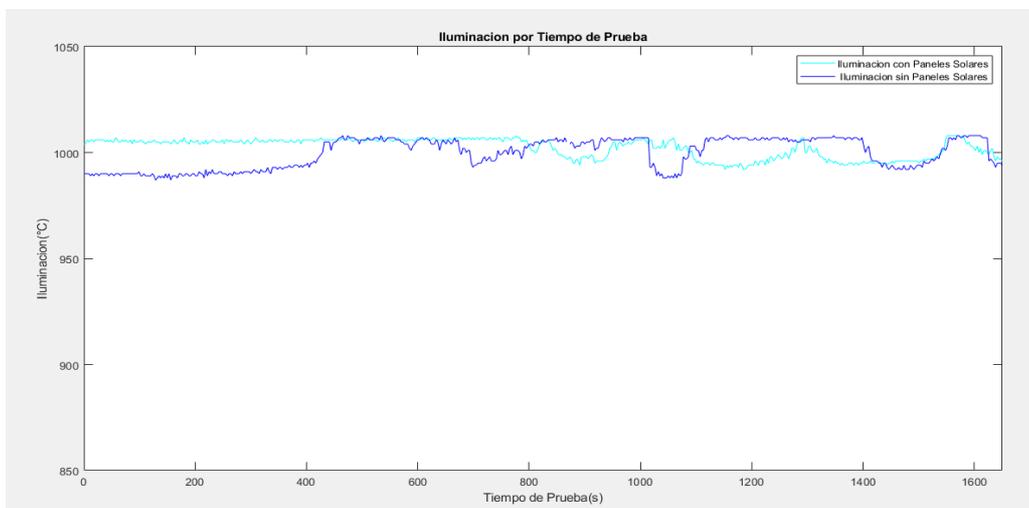


Figura 118: Iluminación en Prueba dinámica de la cuarta configuración de Consumo

Las gráficas que consideran los factores climáticos, expresan alto grado de igualdad, debido a que comparten mismos valores y por ende su promedio es semejante, de esta manera se aprecia de mejor manera si existe o no una recarga por parte del sistema fotovoltaico.

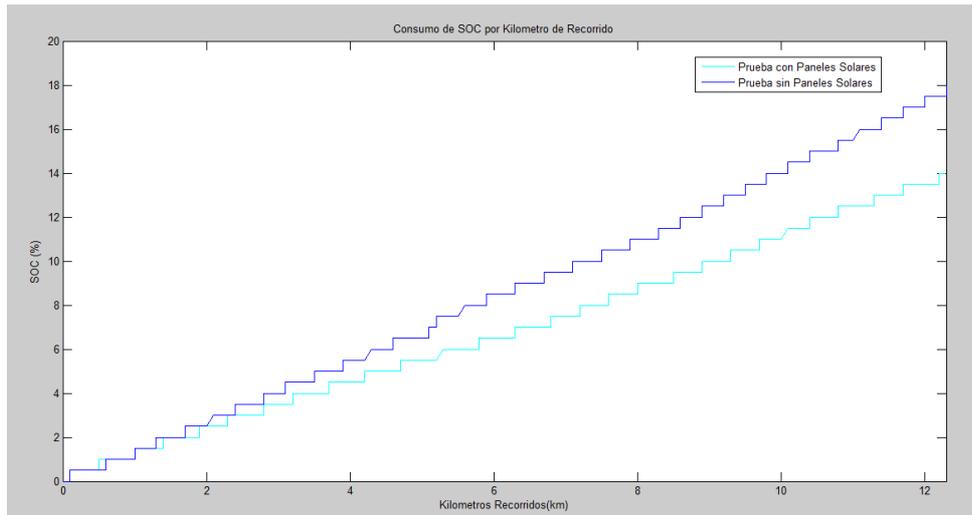


Figura 119: Consumo de SOC por Km Recorrido en la Cuarta Configuración.

La grafica de autonomía expresa que la diferencia de porcentaje al activar la última configuración de consumo es de 3,5% por cada 12,3 kilómetros de recorrido, es decir que existe una mejora y que podría corroborar los resultados de las pruebas estáticas.

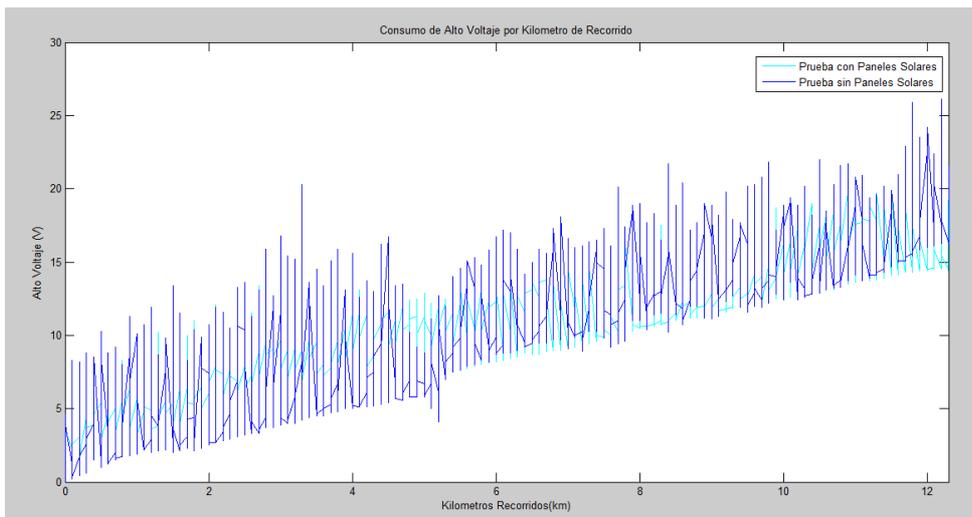


Figura 120: Consumo de Alto Voltaje por Km Recorrido en la Cuarta Configuración.

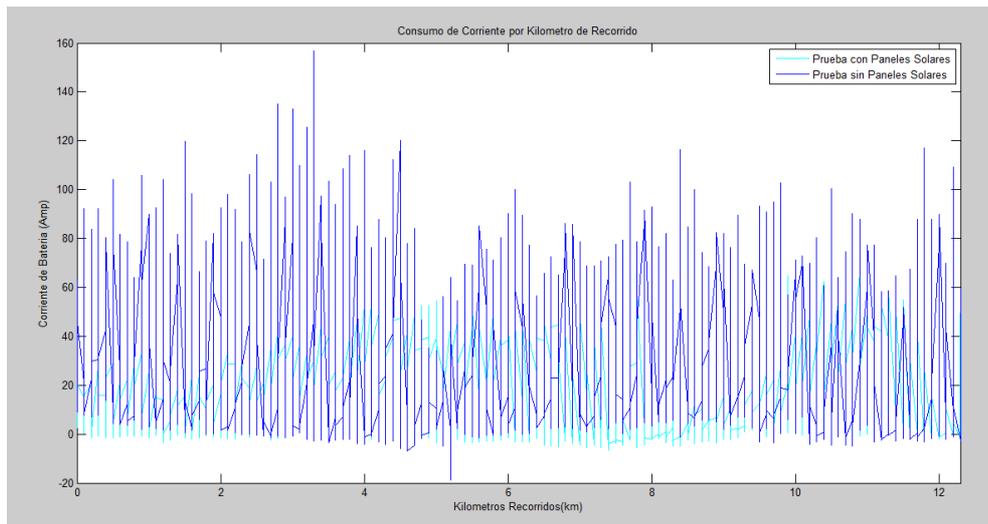


Figura 121: Consumo de Corriente por Km Recorrido en la Cuarta Configuración.

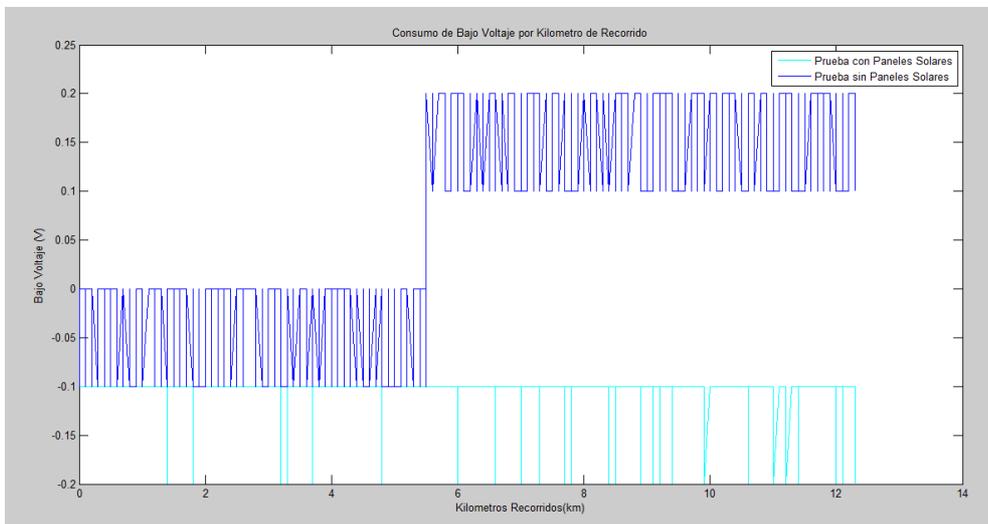


Figura 122: Consumo de Bajo Voltaje por Km Recorrido en la Cuarta Configuración.

La figura 122 demuestra que en la prueba sin paneles solares el convertidor DC-DC deja de recargar la batería de baja tensión, producto de que la alta tensión también está en descenso.

#### 4.4.7. COMPARACIÓN DE TENDENCIAS EN PRUEBAS CORTAS

Para determinar la función que toma cada configuración, se establece que su consumo de carga es dependiente de la cantidad de kilómetros recorridos en las pruebas.

#### Tendencia Global de la Primera Configuración.

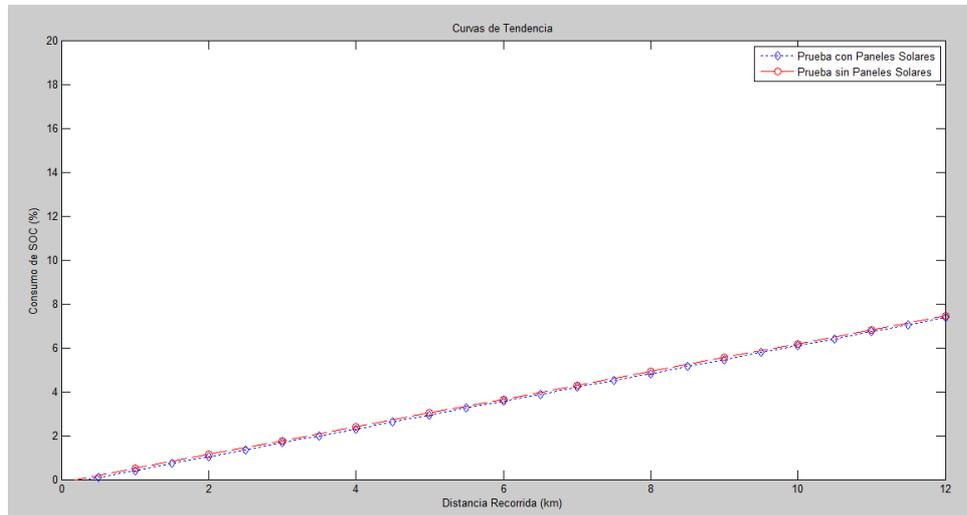


Figura 123: Tendencia Global Dinámica de la Primera Configuración

Tabla 33: Funciones de las Tendencias dinámicas de la Primera Configuración.

	<b>Función</b>
<b>Tendencia de Pruebas con Paneles Solares</b>	$f(x) = 0,6324x - 0,2293$
<b>Tendencia de Pruebas sin paneles Solares</b>	$f(x) = 0,6315x - 0,1287$

Las funciones que expresan las tendencias en la primera configuración determinan que al usar el sistema fotovoltaico se obtiene 2,5 km de recorrido extra que al no utilizarlos en un consumo del 95% de la autonomía del VE, siendo la longitud total recorrida de 150,58 km, demostrando una eficiencia de 2,6%.

## Tendencia Global de la Segunda Configuración.

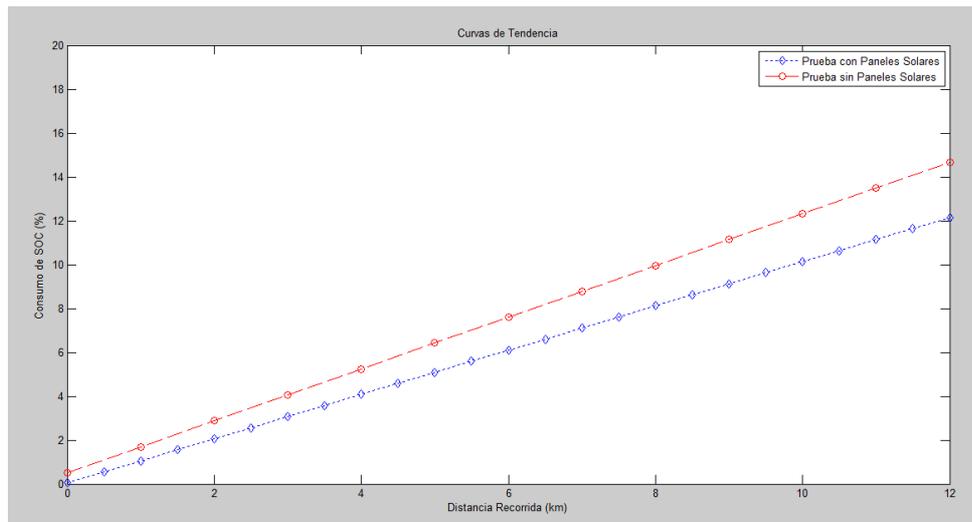


Figura 124: Tendencia Global Dinámica de la Segunda Configuración

Tabla 34: Funciones de las Tendencias dinámicas de la Segunda Configuración.

	<b>Función</b>
<b>Tendencia de Pruebas con Paneles Solares</b>	<b><math>f(x) = 1,009x + 0,04261</math></b>
<b>Tendencia de Pruebas sin paneles Solares</b>	<b><math>f(x) = 1,180x + 0,5169</math></b>

La segunda configuración expresa un beneficio en la utilización de los paneles solares, debido a que al consumir el 95% de la autonomía se pretende recorrer 94,11 km utilizando los periféricos de mayor uso, a comparación de los 80,07 km que alcanza sin la utilización de dicho sistema, determinando una eficiencia del 19,7% para esta configuración.

## Tendencia Global de la Tercera Configuración.

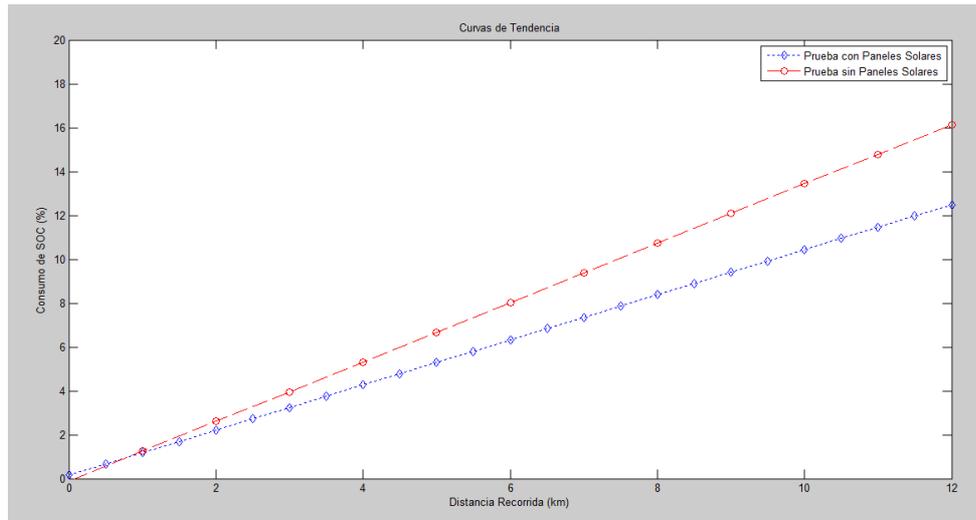


Figura 125: Tendencia Global Dinámica de la Tercera Configuración

Tabla 35: Funciones de las Tendencias dinámicas de la Tercera Configuración.

	<b>Función</b>
<b>Tendencia de Pruebas con Paneles Solares</b>	$f(x) = 1,028x + 0,1540$
<b>Tendencia de Pruebas sin paneles Solares</b>	$f(x) = 1,354x - 0,1030$

Esta tendencia al aumentar la utilización de las luces guías no varía significativamente de la configuración anterior, sin embargo la longitud pretendida con la utilización del sistema generador de carga es de 92,26 km en comparación con 70,23 km que alcanza al no utilizarlos, demostrando una eficiencia del 21,8%.

## Tendencia Global de la Cuarta Configuración.

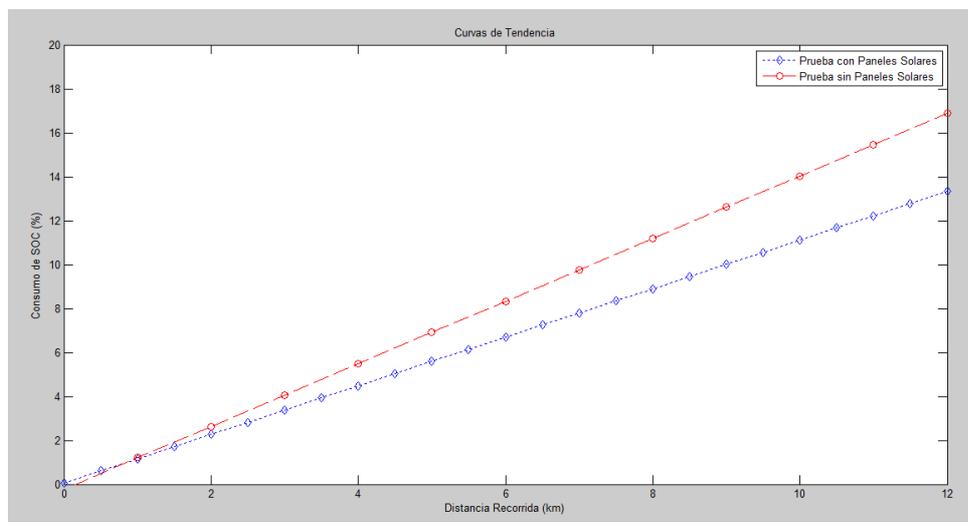


Figura 126: Tendencia Global Dinámica de la Cuarta Configuración

Tabla 36: Funciones de las Tendencias dinámicas de la Cuarta Configuración.

	<b>Función</b>
<b>Tendencia de Pruebas con Paneles Solares</b>	$f(x) = 1,105x + 0,06348$
<b>Tendencia de Pruebas sin paneles Solares</b>	$f(x) = 1,425x - 0,2168$

Al mantener encendido los periféricos de la cuarta configuración, estamos idealizando el alcance que tiene el VE en una ruta larga, ya que cuando se mantiene activado los paneles solares se pronostica alcanzar hasta los 85,91 km que marca diferencia al momento de no utilizarlos, siendo 66,81 km el recorrido máximo del vehículo en las condiciones tomadas en cuenta para realizar este tipo de pruebas, determinando una eficacia del 19,67% para esta configuración de prueba.

### ➤ PRUEBAS LARGAS

#### PRIMERA CONFIGURACIÓN DE CONSUMO

Esta prueba es realizada por secciones distribuidas en el ascenso de la ruta donde se determina si su consumo es menor al utilizar el sistema generador de carga y el descenso que se analiza para registrar si su regeneración es mayor.

#### PRUEBA EN ASCENSO

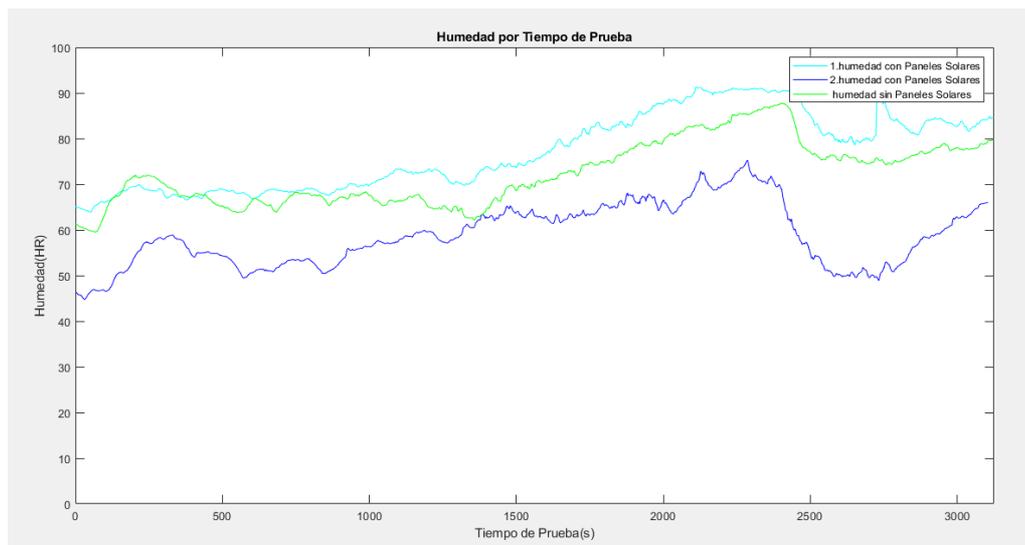


Figura 127: Humedad en Prueba de Ascenso

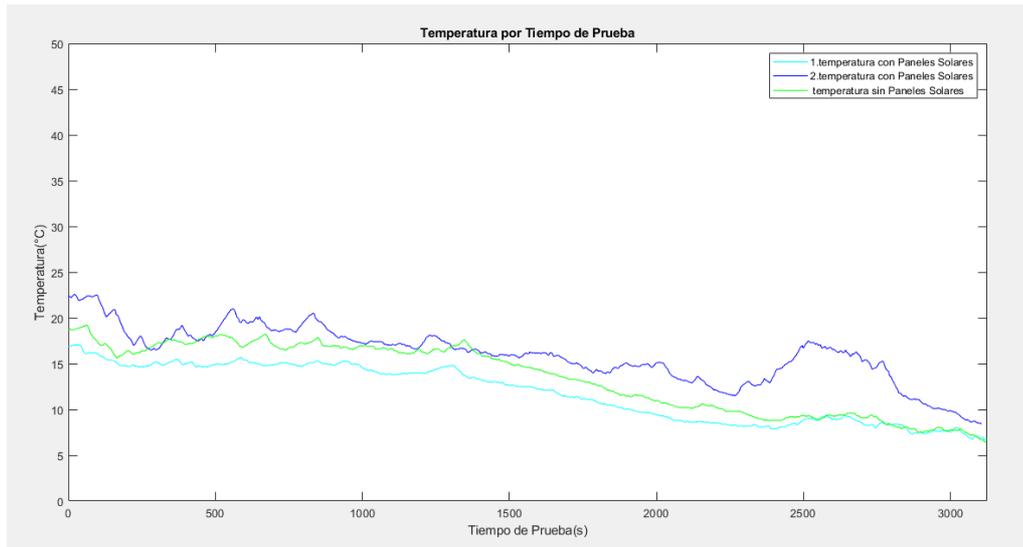


Figura 128: Temperatura en Prueba de Ascenso

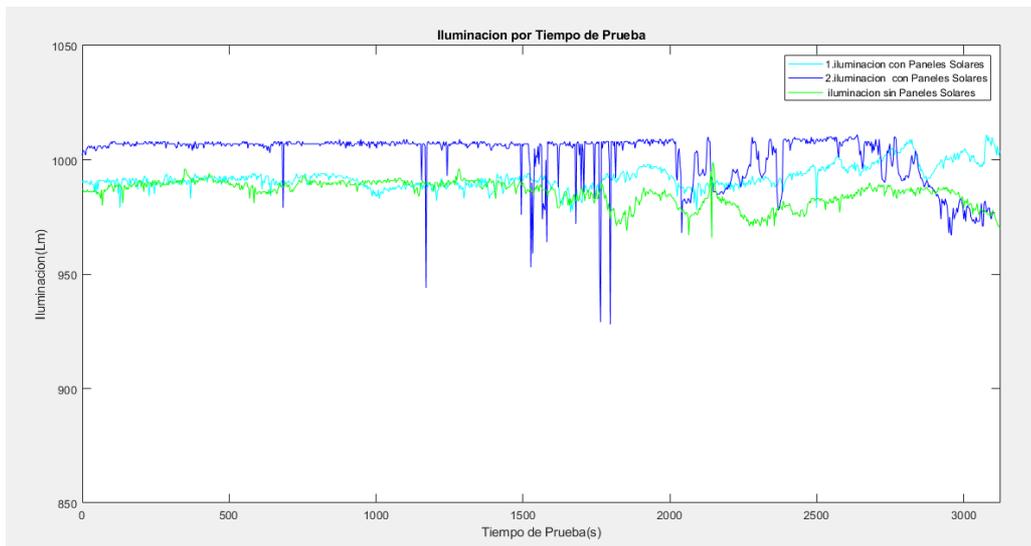


Figura 129: Iluminación en Prueba de Ascenso

Al analizar el comportamiento de las condiciones climáticas se observa que no varían en gran medida debido a que la hora de prueba siempre fue la misma, lo que determina un patrón de comportamiento climatológico.

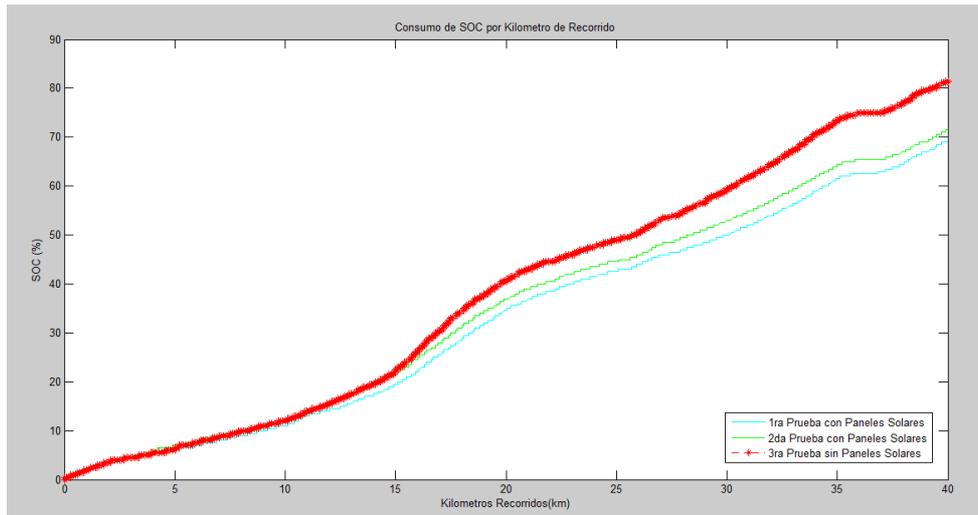


Figura 130: Consumo de SOC en Prueba de Ascenso

Esta figura determina el patrón de comportamiento que expresa la ruta definida para realizar la prueba, esto se debe gracias a que todas las pruebas mantienen una velocidad promedio de 41 km/h , se puede observar que los factores climáticos influyen en las pruebas 1 y 2 cuya diferencia de recarga por parte de los paneles solares no es significativa de manera que se genera una función para una tendencia global.

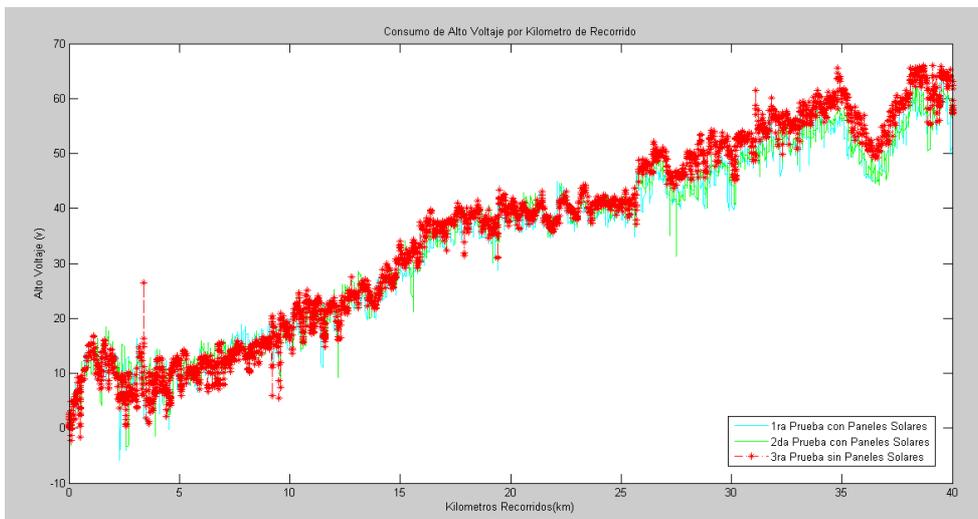


Figura 131: Consumo de Alto Voltaje en Prueba de Ascenso

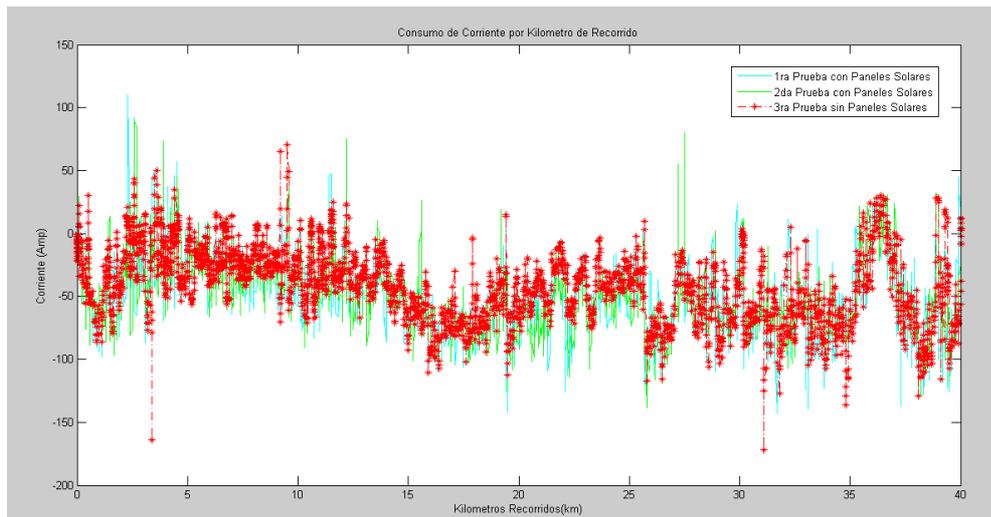


Figura 132: Consumo de Corriente en Prueba de Ascenso

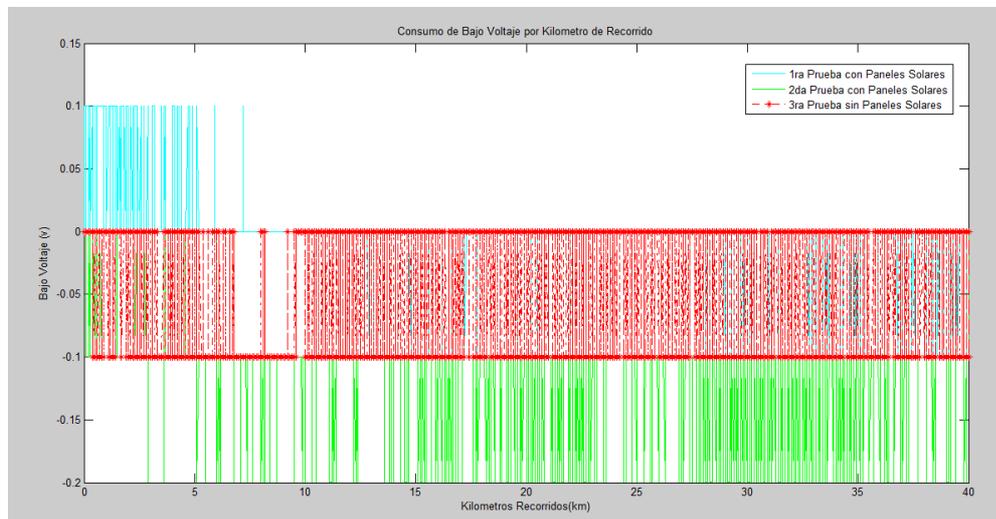


Figura 133: Consumo de Bajo Voltaje en Prueba de Ascenso

Para las figuras 131, 132 y 133 que determina el uso de alto voltaje, corriente y bajo voltaje se considera un comportamiento similar ya que la prueba 3 conserva los mayores valores de consumo que diferencian de las pruebas que poseen el sistema de generación de carga.

### PRUEBA EN DESCENSO

Esta prueba determina la regeneración de energía por parte del VE mediante sus sistemas de frenos regenerativos, sin embargo también se analiza si al mantener conectado los paneles solares, esta es mayor.

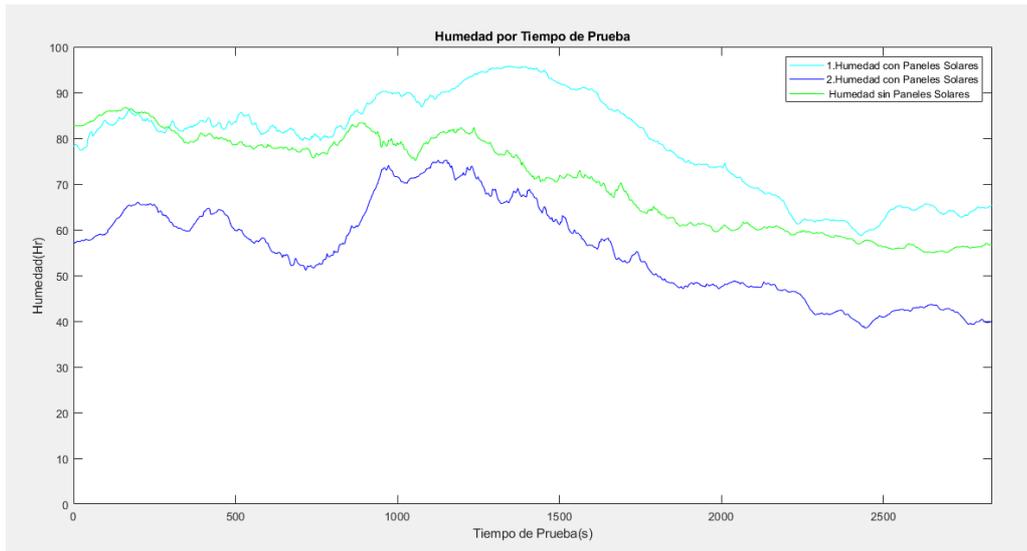


Figura 134: Humedad en Prueba de Descenso

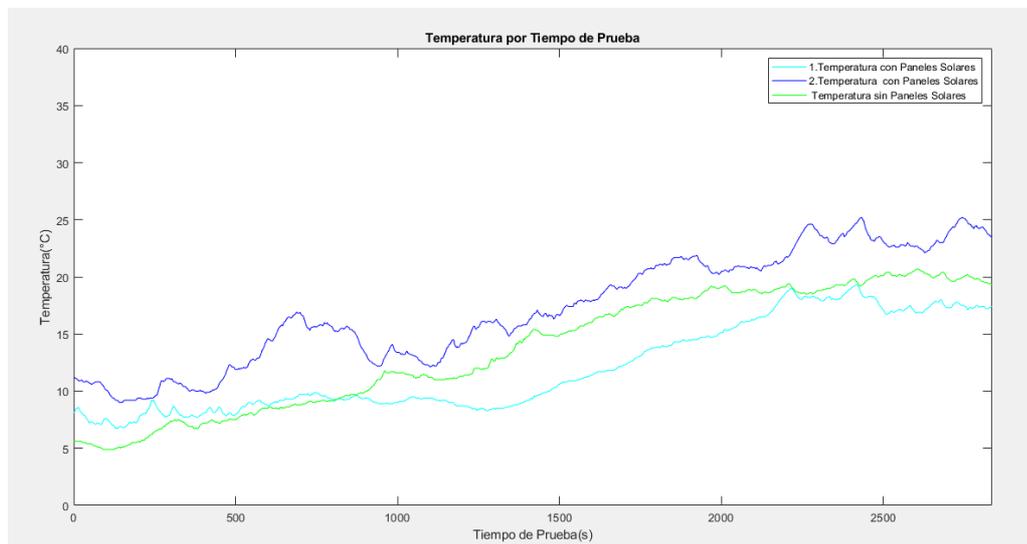


Figura 135: Temperatura en Prueba de Descenso

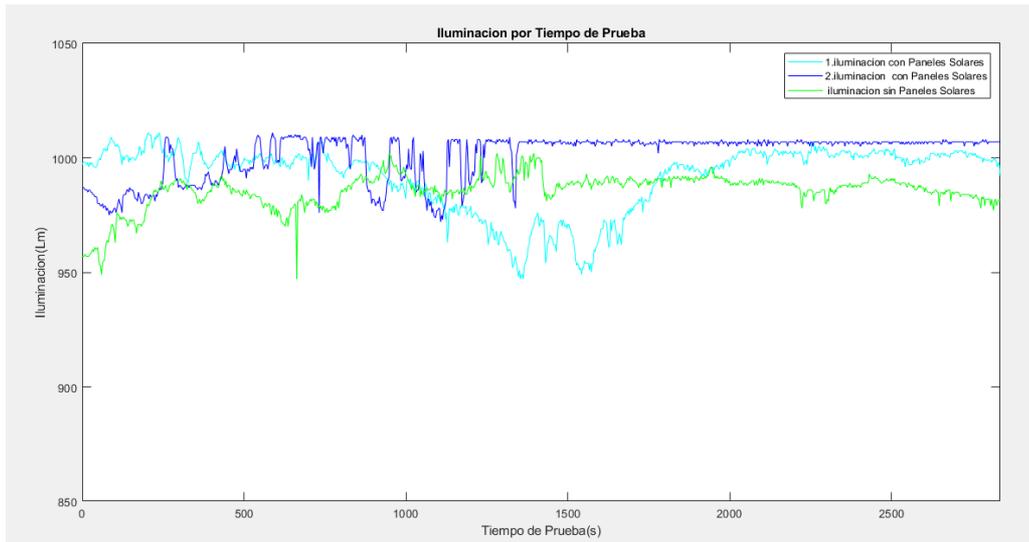


Figura 136: Iluminación en Prueba de Descenso

Al igual que en las pruebas de ascenso sus condiciones climáticas mantienen un patrón de comportamiento que expresa que no hubo alteraciones que genere cambios bruscos en la toma de datos.

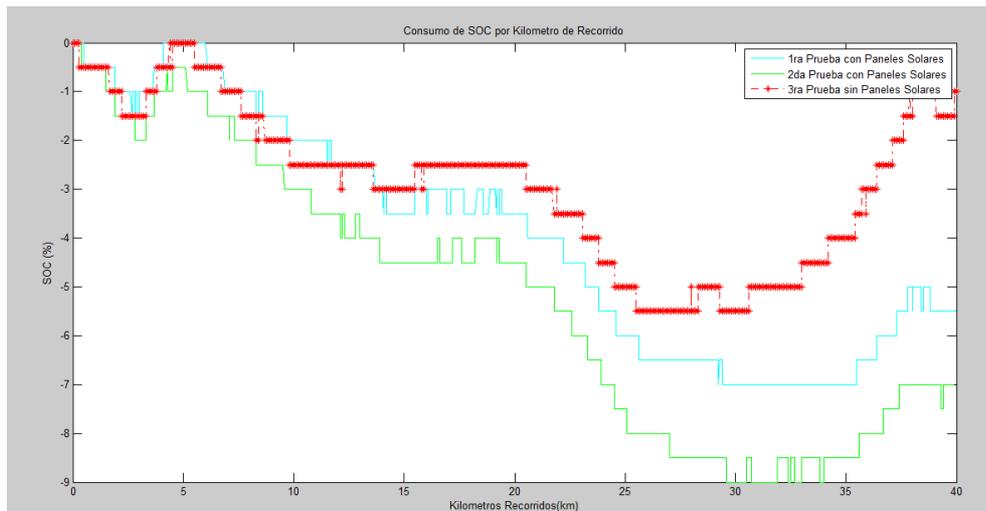


Figura 137: Consumo de SOC en Prueba de Descenso

El comportamiento del porcentaje de carga del VE muestra que la prueba sin paneles solares tiene menor regeneración de energía, lo que indica que el sistema de generación de carga fotovoltaica también ayuda en este proceso hasta en un 5% aproximadamente.

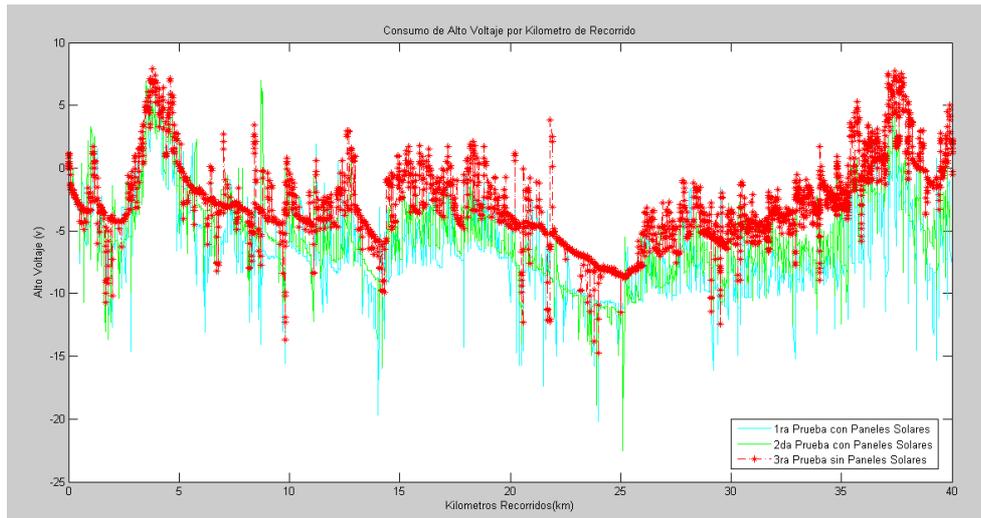


Figura 138: Consumo de Alto Voltaje en Prueba de Descenso

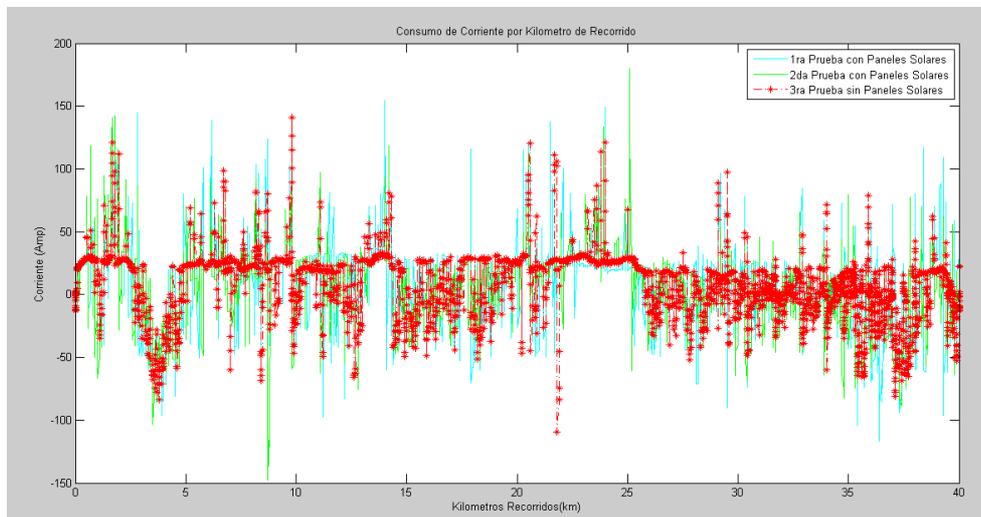


Figura 139: Consumo de Corriente en Prueba de Descenso

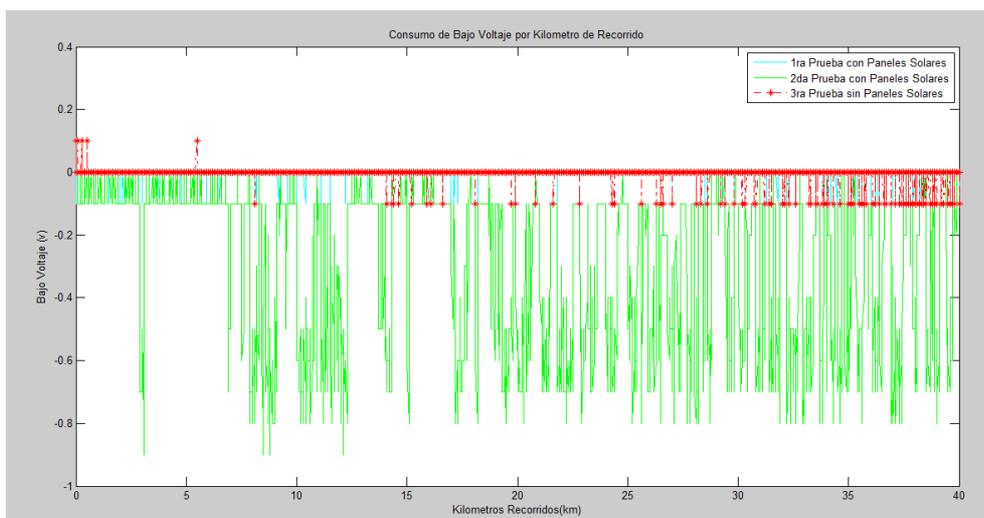


Figura 140: Consumo de Bajo Voltaje en Prueba de Descenso

#### 4.4.8. COMPARACION DE TENDENCIAS EN PRUEBAS LARGAS.

En este tipo de prueba se determina una comparación de tendencias cuyo recorrido es una ruta de 40 km en donde se asciende varios msnm, motivo por el cual las funciones determinan un mayor consumo que en las pruebas de circuito.

#### Tendencia Global de Prueba en Ascenso de la Primera Configuración.

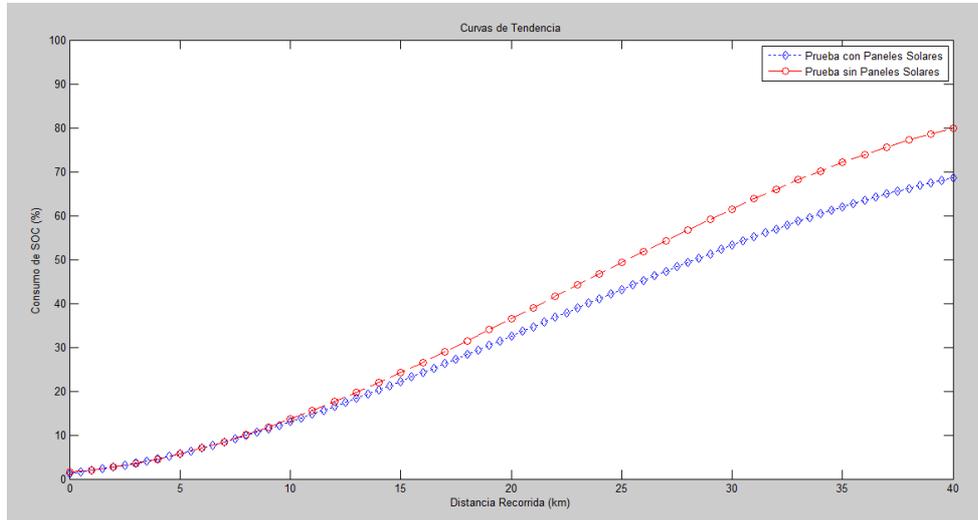


Figura 141: Tendencia Global en Prueba de Ascenso

	<b>Función</b>
<b>Tendencia de Pruebas con Paneles Solares</b>	$f(x) = -0,001096x^3 + 0,07164x^2 + 0,5689x + 1,298$
<b>Tendencia de Pruebas sin paneles Solares</b>	$f(x) = -0,001443x^3 + 0,09723x^2 + 0,3804x + 1,537$

Esta función demuestra el comportamiento del porcentaje de carga para esta ruta en relación de la distancia, y determinar con cualquier nivel de carga el alcance diagnosticado, cabe recalcar que solo se utiliza para el ascenso de la ruta, demostrando el circuito generador de carga una eficiencia de 12,82%.

## Tendencia Global de Prueba en Descenso de la Primera Configuración.

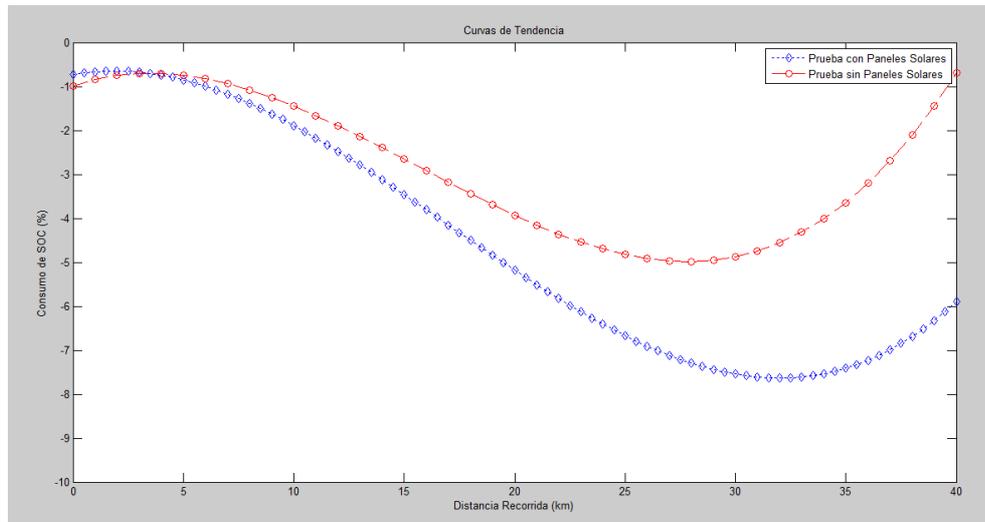


Figura 142: Tendencia Global en Prueba de Descenso

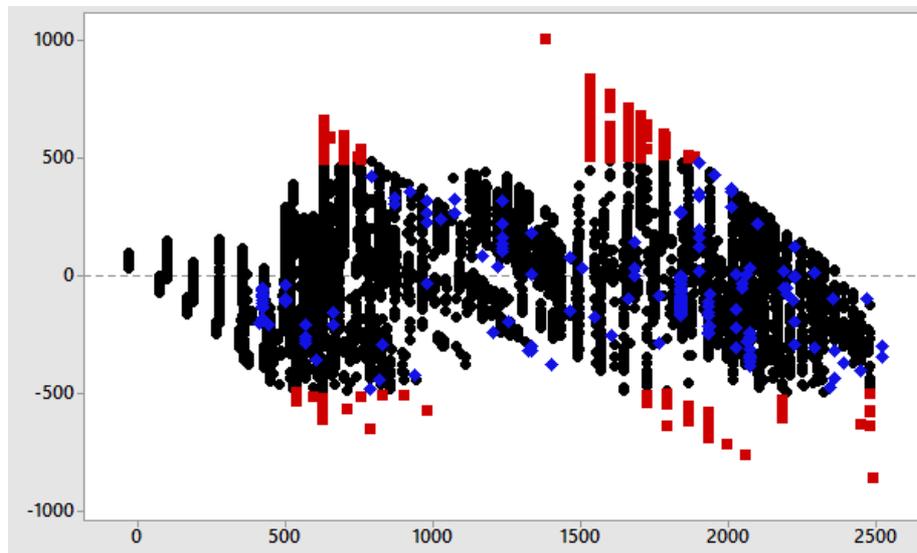
	<b>Función</b>
<b>Tendencia de Pruebas con Paneles Solares</b>	$f(x) = 0,000513x^3 - 0,02610x^2 + 0,09436x - 0,7349$
<b>Tendencia de Pruebas sin paneles Solares</b>	$f(x) = 0,000597x^3 - 0,02809x^2 + 0,1760x - 0,9922$

Debido a que en el descenso de la ruta intervienen los frenos regenerativos para recargar la batería de alto voltaje, el voltaje generado por los paneles solares también recarga estas celdas debido a que se mantiene estabilidad de carga en la batería auxiliar, teniendo una eficiencia de 86,27% determinando un beneficio altamente notable para el VE.

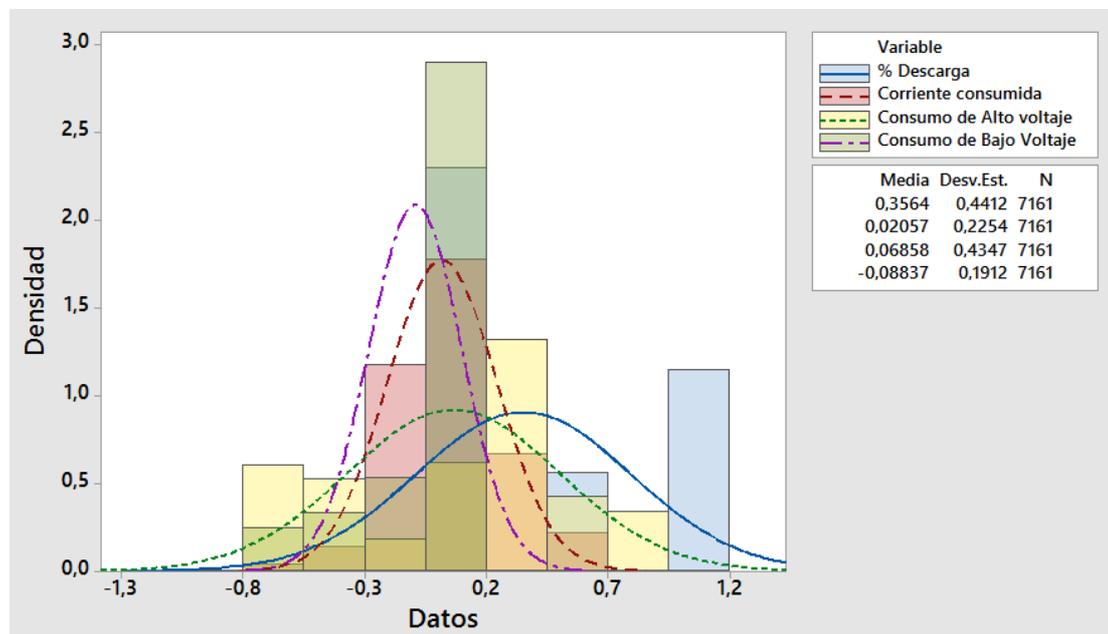
#### 4.4.9. VALIDACION DE RESULTADOS

##### VALIDACIÓN DE RESULTADOS EN PRUEBAS ESTÁTICAS

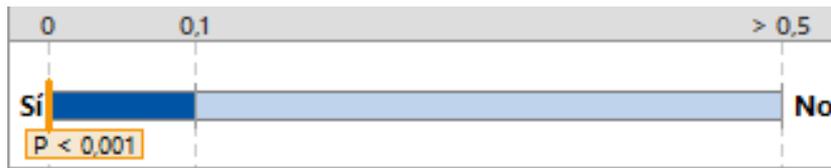
##### PRIMERA CONFIGURACIÓN



La regresión se la realiza con un total de 7161 datos extraídos de un conjunto de pruebas aglomeradas y organizadas en función del tiempo, en la cual se determina que existe un 1,5% de residuos grandes que no son ajustados y un 1,4% de valores poco comunes los cuales influyen en el ajuste y la aceptación del informe estadístico.



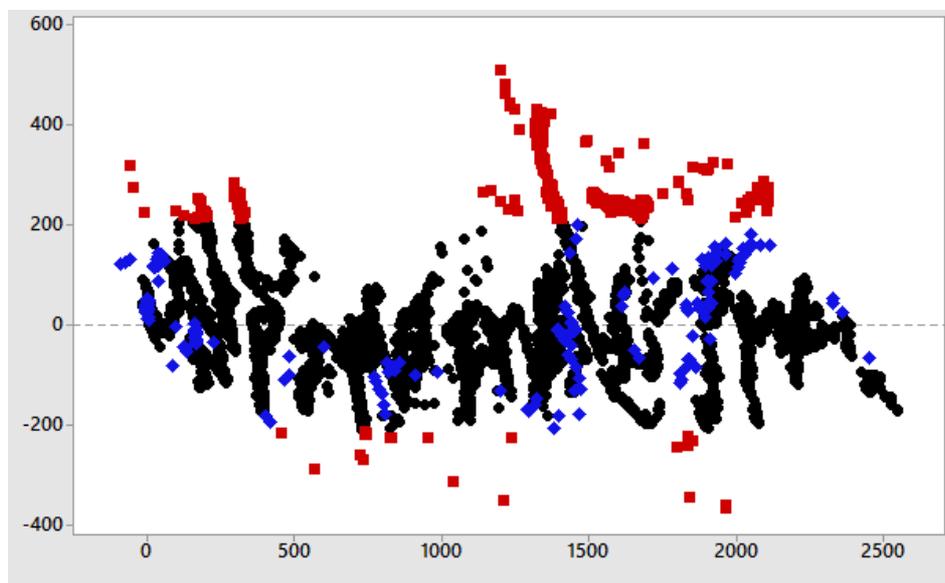
Adicional se determina que el grado de separación que existe en cada una de las variables tiene poca desviación con respecto a la media lo que indica que los datos están menos dispersos demostrando un comportamiento admisible.



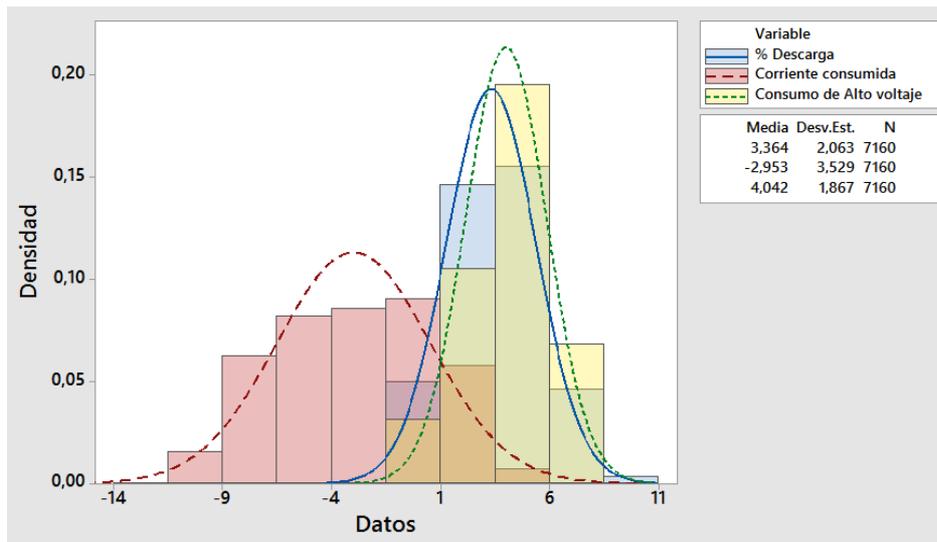
Las gráficas indican que la relación que existe entre las variables determina que la medida de la fuerza de la evidencia (p), proporciona un resultado estadísticamente positivo al ser inferior al nivel de significancia.

Debido a que el número de la muestra es sumamente extenso, el análisis de normalidad no es un problema y no toma importancia, a su vez el 97% de los datos demuestran su veracidad.

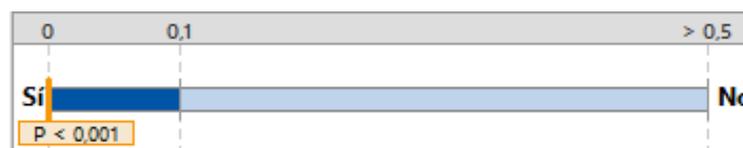
## SEGUNDA CONFIGURACION



Esta regresión se la realiza con el mismo número de datos de la anterior configuración debido a que fueron realizadas en el mismo tiempo de 40 minutos, en la cual se determina que existe un 3% de residuos grandes que no son ajustados y un 1,4% de valores poco comunes los cuales generan un procesos de conformidad, a su vez, el coeficiente de determinación o correlación múltiple mantiene un valor elevado lo que indica un mejor ajuste al modelo de sus datos.



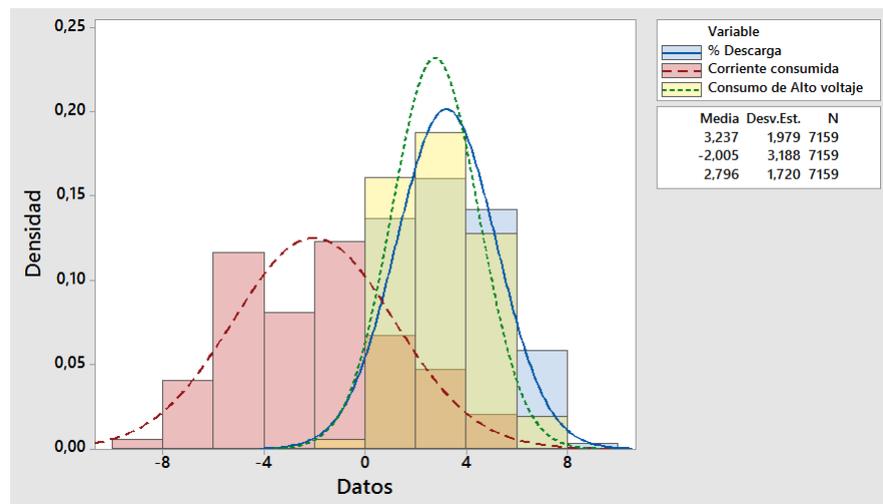
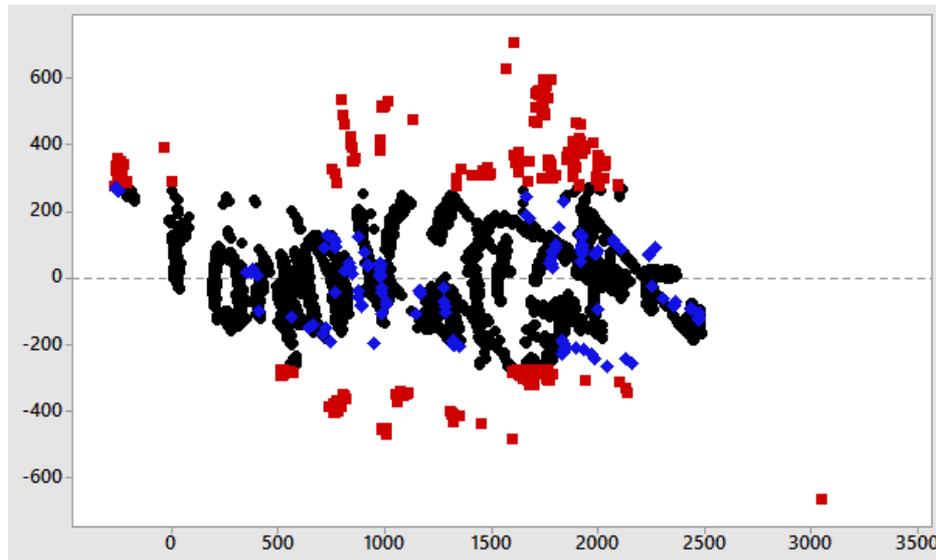
Debido a ello la desviación estándar que se genera eleva su resultado con respecto a la configuración anterior, esto está relacionado a que ya existen altos valores de carga y descarga, lo que genera mayor dispersión de datos, manteniendo valores de media bajos con desviaciones estándar pequeñas.



Esto se concluye en que al existir una gran variación de puntos, el valor de p no puede ser determinado con exactitud existe relación idónea entre las variables del aglomerado de datos de las diferentes pruebas, y por este motivo el valor p no puede ser determinado con exactitud.

### TERCERA CONFIGURACION

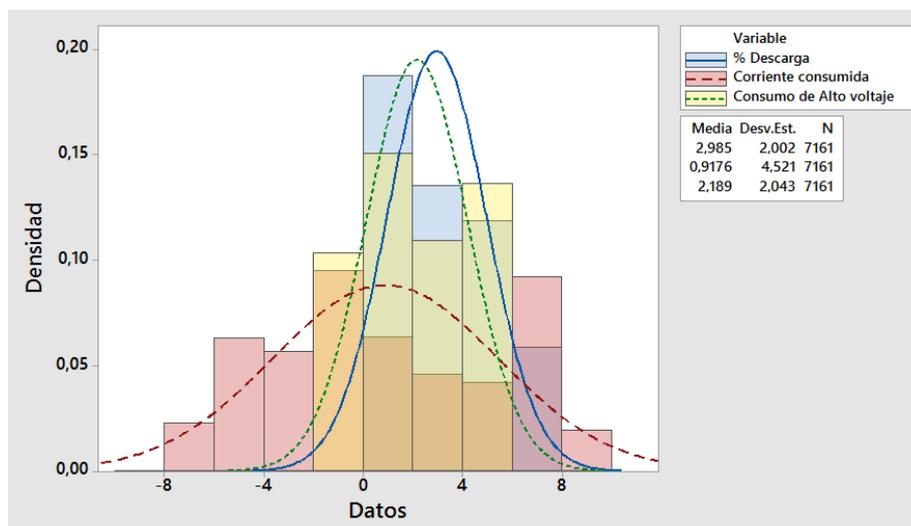
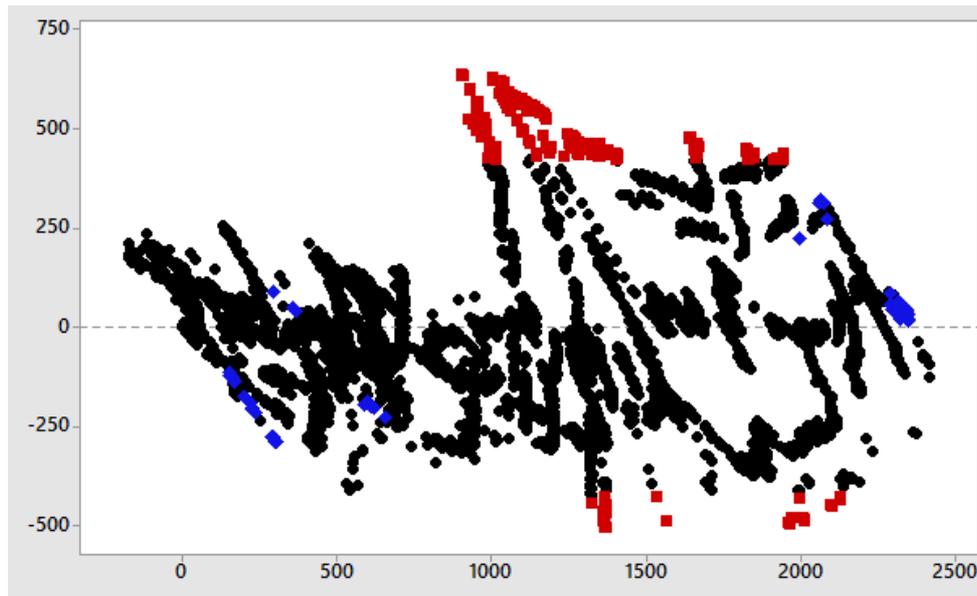
Se establece que los valores de regresión considerando todos los datos de las variables, mantienen comportamientos poco comunes, lo que evidencia aleatoriedad en incertidumbre en su comportamiento, sin embargo el valor de datos sin ajuste y poco comunes no supera el 4%, lo que indica que su validación corresponde al 96%.



La grafica de la normalidad también contribuye a la explicación de una desviación estándar mínima de parte de las variables, que mantienen un aglomeración de datos con un comportamiento general.

#### CUARTA CONFIGURACION

El nivel de incidencia de carga solar tiene distinción en la última configuración debido a que en la regresión realizada al total de los datos de las variables de las pruebas se puede observar un 4,5% de datos poco comunes o con residuos grandes, los cuales influyen en el pronóstico de un comportamiento, sin embargo aún se determina una aceptación ya que dichos datos no superan el 5% de variación aceptable para este tipo de estimación.



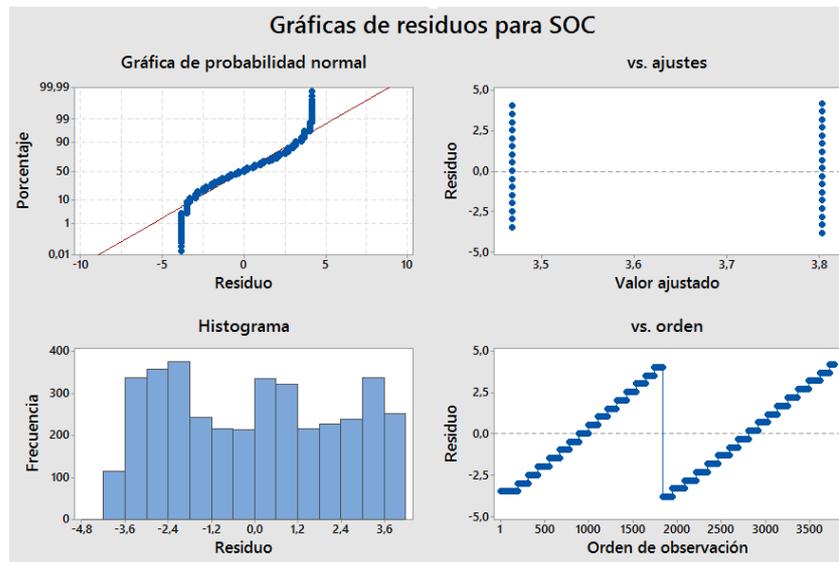
El análisis de normalidad establece que la desviación estándar es prudente para los valores de media de cada variable, motivo por el cual la validación es correcta.

## VALIDACIÓN DE RESULTADOS EN PRUEBAS DINAMICAS

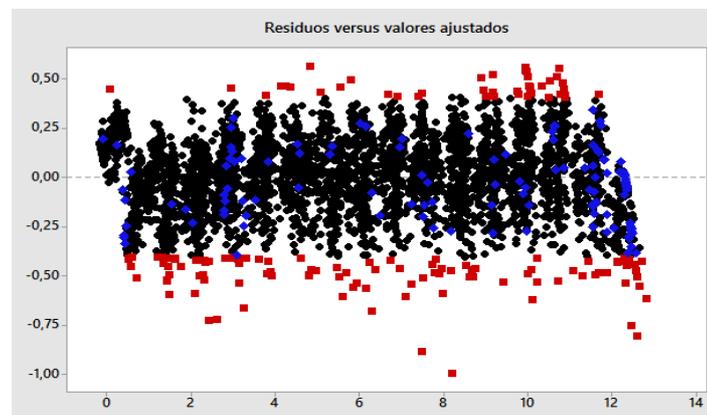
En el análisis de validación de datos de las pruebas dinámicas se genera una comparativa entre pruebas con y sin paneles solares, donde se especifica la media y la desviación estándar y el valor p para determinar si existe similitud entre pruebas ya que el número de elementos de cada muestra no es el mismo debido a su análisis en base a kilómetros de recorrido.

### PRIMERA CONFIGURACIÓN

En el análisis de varianza se determina que las pruebas son totalmente diferentes ya que el valor p es inferior al nivel de significancia, sin embargo la similitud de comportamiento es considerable al no mantener una diferencia notoria entre las medias que tienen valores de 3,46 y 3,80 respectivamente con una desviación estándar de 2,36 y 2,40, lo que indica una hipótesis ajustada correcta.

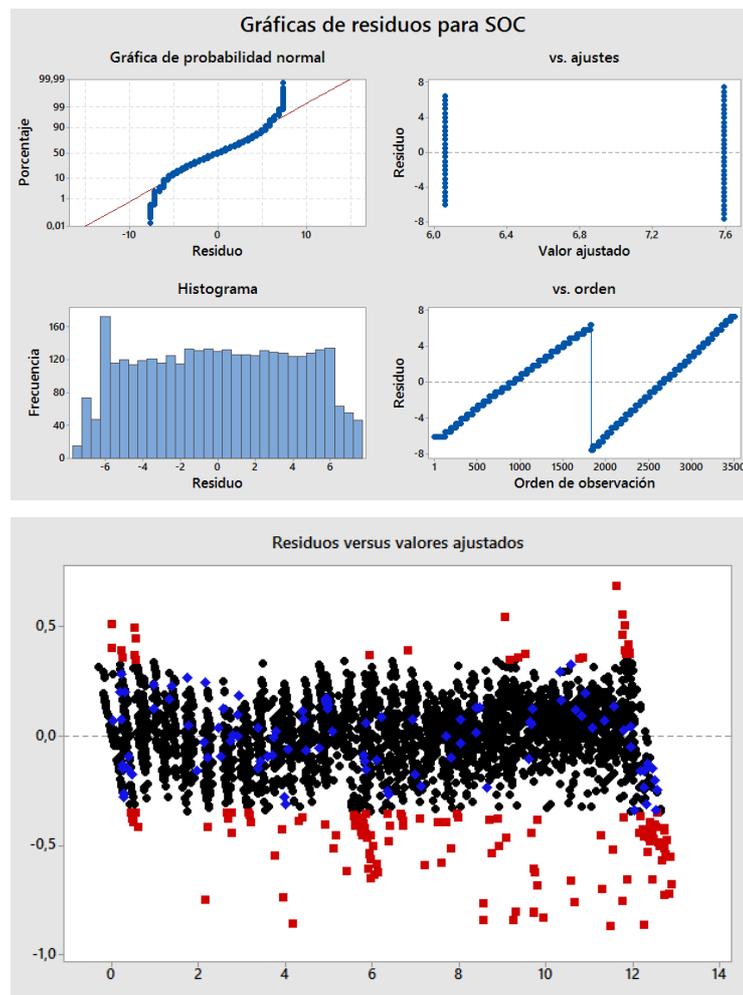


De la misma manera se realiza una regresión en que determina una existencia del 4% de residuos grandes y un 2% de valores poco comunes.



## SEGUNDA CONFIGURACIÓN

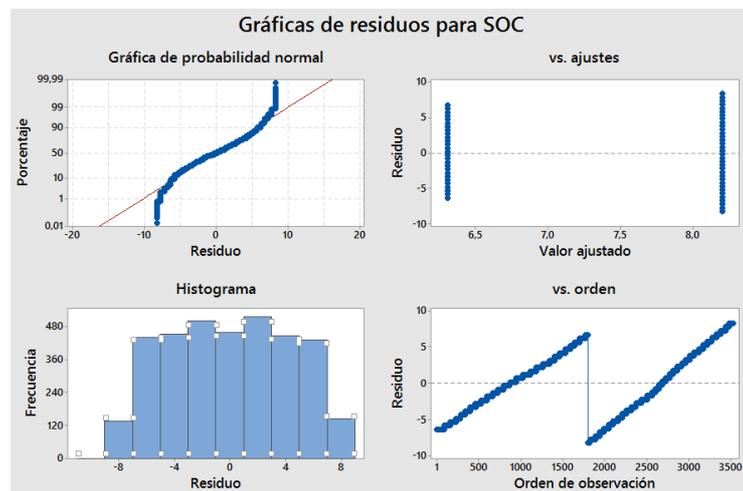
El análisis de varianza para la segunda configuración estima una diferencia superior con medias de 6,06 y 7,5 debido a que la carga generada por los paneles solares genera superioridad de datos, las desviaciones estándar estimadas son de 3,73 y 4,33 respectivamente, sin embargo su comportamiento mantiene similitudes como lo determina el orden de observación.



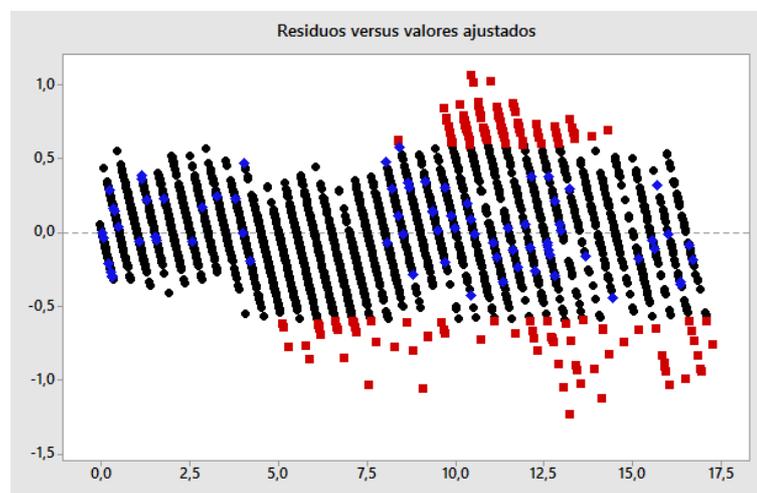
En el análisis de una regresión de datos considerando todas las variables de  $x$  se observa el 1,76% de residuos grandes y el 1,5% de valores poco comunes, lo que determina un grado significativo de aceptación.

### TERCERA CONFIGURACION

En esta configuración se establece la diferencia aún más entre los valores de media de 6,3 y 8,2 con desviaciones estándar de 3,77 y 4,87 respectivamente de las pruebas con y sin paneles solares, lo que indica que se efectúa una carga extra por parte de los paneles solares, demostrando una hipótesis alterna al mantener el valor de  $p$  inferior al nivel de significancia.

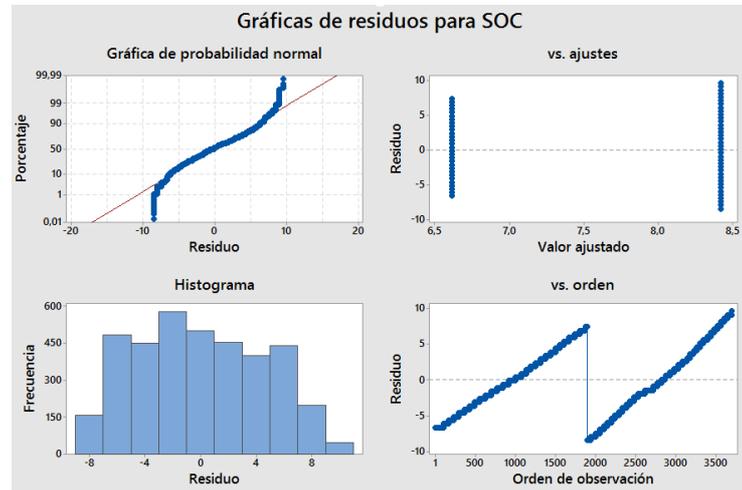


Se tiene de la misma manera un estimado de 2,6% de residuos grandes y el 2% de valores poco comunes, lo que demuestra que la prueba tiene un 95,4% de aceptación.

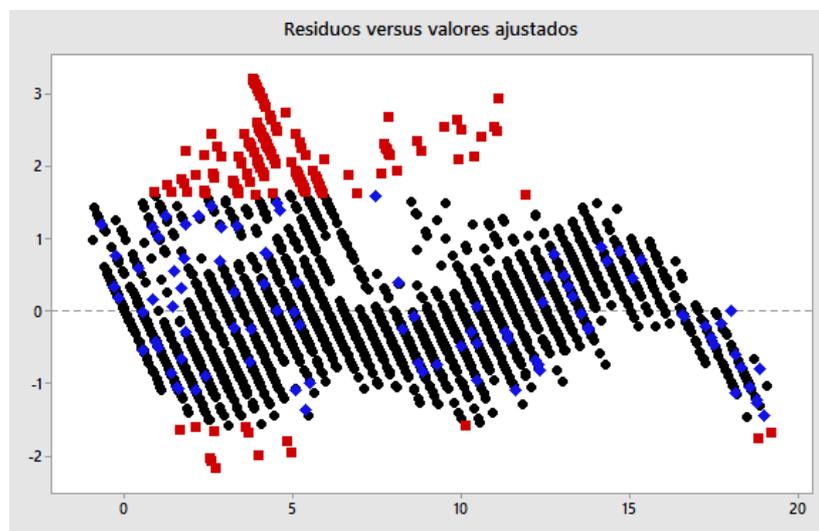


## CUARTA CONFIGURACIÓN

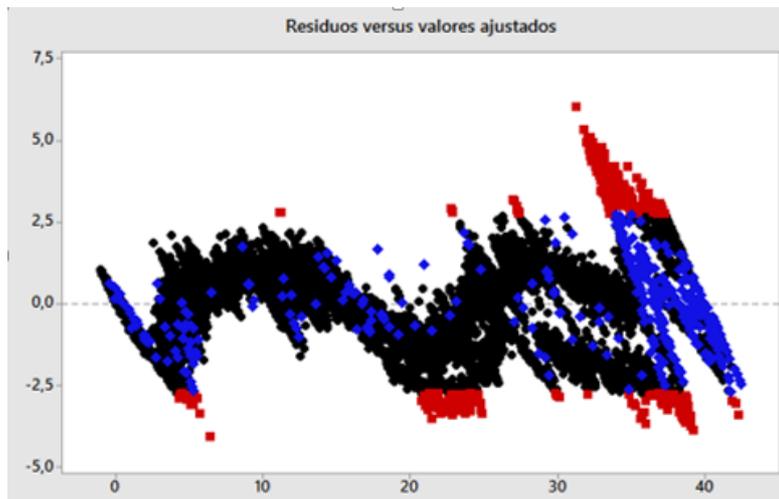
La determinación de la media es de 6,61 y 8,42 y su desviación estándar es de 4,13 y 5,020 en la prueba de varianza, lo que determina que aunque el número de datos es grande, se mantiene un conglomerado que demuestra estabilización en las pruebas, mostrando que su hipótesis alternativa es correcta.



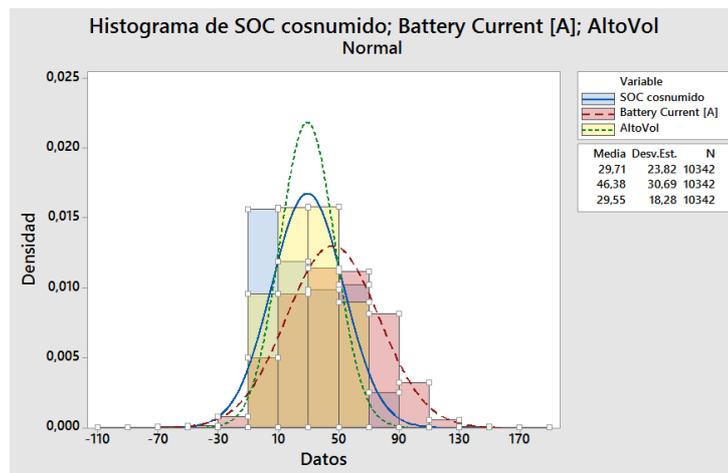
En la prueba de regresión donde intervienen todas las variables, se determina el 2% de residuos grandes y el 1.8% de valores poco comunes, lo que indica que la prueba es válida con el 96,2% de veracidad.



PRUEBAS DINAMICAS LARGAS O PRUEBAS DE RUTA  
ASCENDENTE (Universidad Politécnica Salesiana – Tres Cruces El Cajas)

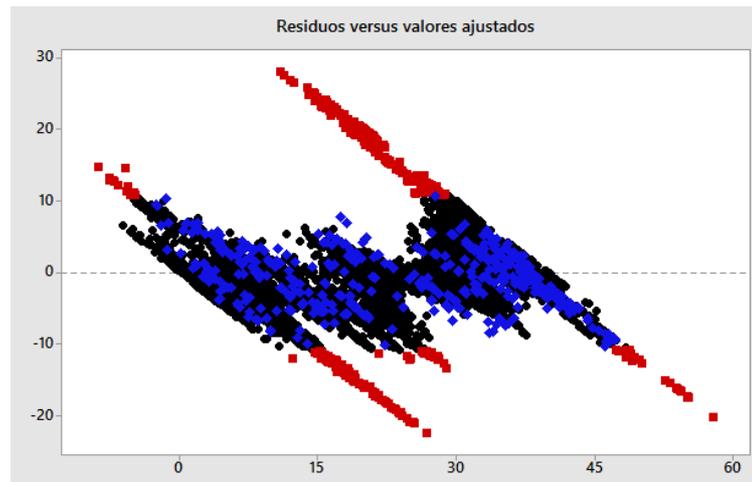


El ajuste de datos a la dispersión de las pruebas de todas las variables demuestra un 3,24% de datos no comunes que impone un comportamiento bastante similar en las tres pruebas, también se determina esta constancia en base a que los valores de media y desviación estándar en cada prueba no difieren significativamente.

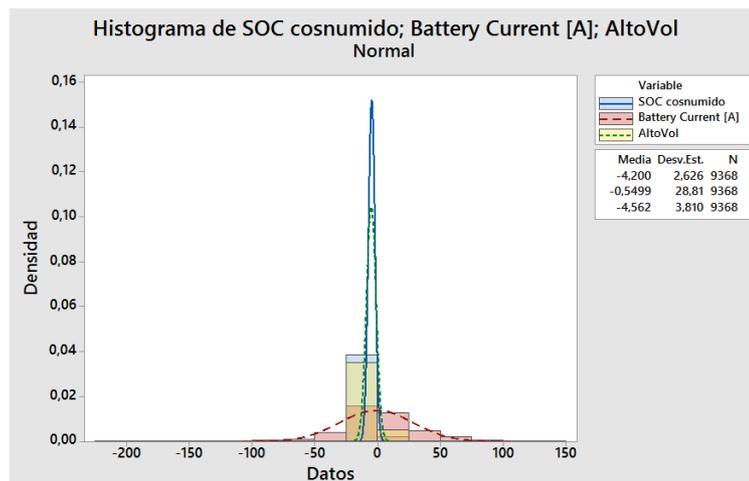


El histograma determina que los valores del grado de separación mantienen poca dispersión, siendo el alto voltaje junto con el porcentaje de SOC los más afectados motivos de ser la de estimación de autonomía del VE.

## DESCENDENTE (Tres Cruces El Cajas – Universidad Politécnica Salesiana)



Se puede determinar que existe un gran conjunto de residuos grandes que no son considerados para el ajuste de regresión, estos datos representan la descarga en el inicio de la prueba y la recarga al final de la prueba, de manera que la validación mantiene un 95,3% de efectividad.



De la misma manera que la gráfica de ascendencia, los valores de SOC y alto voltaje demuestran mayores cambios de desviación, este comportamiento representa la recarga más notoria que existe en esta prueba.

## CONCLUSIONES

A través del estado del arte se puede determinar que la utilización de paneles solares es cada vez más notoria en la regeneración de energía para vehículos eléctricos, siendo innovados con relevancia los materiales constituyentes y demostrando avances en la creación de nuevas celdas fotovoltaicas que pueden ser parte de la carrocería, logrando una fantástica eficiencia energética al aprovechar de mejor manera toda la radiación incidente, con el propósito de aumentar la autonomía de este medio de transporte, a su vez los paneles solares utilizados demuestran alto valores de producción con una eficacia de hasta el 70% en condiciones climáticas excelentes para la ciudad de Cuenca, ubicada a 2560 msnm.

Debido a que el controlador utilizado en la construcción del circuito generador de carga mantienen un alto grado de factor de seguridad, la generación de energía no tiene limitaciones para la carga de la batería auxiliar, también se demostró que el circuito inversor DC-DC que tiene el VE para la conversión de alto a bajo voltaje sirve para realizar el proceso inverso, es decir cuando la potencia de la batería de 12 voltios se mantiene al máximo por un largo periodo de tiempo, la batería de alto voltaje empieza a regenerar sus celdas y mantener o elevar su autonomía de uso.

Se determina que la estructura conlleva un alto grado de responsabilidad para la obtención de radiación solar incidente en el vehículo, esta fué diseñada para ofrecer estabilidad, rigidez y ergonomía en el funcionamiento de los paneles solares flexibles, sus condiciones soportan grandes esfuerzos producidos por la presión generada en pruebas aerodinámicas que consideran la velocidad punta del vehículo como referencia para evitar posibles colapsos de la misma al adoptar factores de seguridad superiores a 6 logrando que su deformación máxima sea 0,34 mm y también se analizó las propiedades mecánicas para evitar que la producción de carga se encuentre afectado por el peso, la temperatura o la frecuencia generada por el magnetismo del material.

Dado que la potencia del circuito generador de carga es aceptable para el abastecimiento del uso de los periféricos del VE, las pruebas generadas por configuraciones de manera estáticas y dinámicas son acertadas para estimar el

consumo de carga del VE en tramos de corto y largo alcance dentro y fuera de la ciudad, y de esta manera determinar si la autonomía aumentada es útil para efectuar un recorrido planificado.

También se concluye que la eficiencia energética del circuito es superior en pruebas estacionarias, o a su vez cuando el recorrido se lo realiza en descenso en donde su eficacia está al 86% de manera que el VE se recarga más rápido, sin embargo en una prueba de ruta como la realizada en el tramo Universidad Politécnica Salesiana – El Cajas Tres Cruces en donde los factores que afectan el consumo de la autonomía como el número de ocupantes, la pendiente en ruta y la utilización de periféricos, logra un aumento significativo de 11 km, lo que indica que este sistema es beneficioso para el tipo de geografía que se tiene en el país.

Se determina no existe afecciones de producción de carga por estilo de conducción ya que los promedios de velocidades no difieren del 0,05% válido para el análisis de las pruebas, y tampoco por variación de peso dentro del vehículo ya que el circuito generador de carga junto con su estructura mantienen los 30 kg que no incide significativamente en la producción de carga, a su vez las pruebas dinámicas sin intervención de paneles solares también mantuvo el mismo pesaje.

Se pronostica que las celdas de la batería de alto voltaje junto con la batería auxiliar no se encuentran en buen estado, razón por la cual algunas extracciones de datos tienen conductas bruscas que generan anomalías en pronóstico de una función de comportamiento.

## RECOMENDACIONES

Se podría generar una variación del lugar en donde ubicó el VE para las pruebas estáticas, de manera que se también exista una comparativa generación entre diferentes lugares del territorio provincial que es donde se pretende aumentar la autonomía.

En pruebas dinámicas se sugiere una extracción de mayor cantidad de datos, con periodos de prueba más extensos de manera que las tendencias generen funciones más ajustadas al comportamiento de las situaciones en las que el vehículo se encuentra y dentro de la urbe ya que consecuencia de la emergencia sanitaria no se logró este propósito.

En base a la generación de datos se podría realizar análisis por épocas del año o por meses, ya que los factores climáticos son muy cambiantes en nuestro país, así mismo se adjuntaría un estudio en las diferentes regiones de manera que se pueda establecer predicciones de autonomía para recorridos de larga distancia.

Se recomienda que la toma de datos se realice con medidores de corriente más exactos, instrumentación analógica de manera que las pruebas no evidencien interferencia de ruido, lo que determina una ventaja para generar comportamientos más entendibles.

Si como objetivo se planteara la posibilidad de recargar las celdas de la batería de alto voltaje, se diseñara un tipo de celda fotovoltaica que cubra en su totalidad la carrocería del vehículo sin afectar su estética, de manera que el aprovechamiento de la radiación solar total sea el máximo posible.

Por último, para concluir, se recomienda que la instalación se realice con los componentes idóneos de mejores propiedades como los existentes hoy en día en el mercado que generan hasta cuatro veces más la potencia implementada en el proyecto y que estos posean características de impermeabilidad ya que en los lugares de prueba existen climas brumosos que afectan la producción de carga.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, F. (2009). *Análisis aerodinámico del Vehículo para la competencia ECO-SHELL*. Valencia.
- Arduino. (2019). *Arduino*. Recuperado el Octubre de 2019, de <https://store.arduino.cc/usa/>
- Armijos, L., & Gomez, W. (2018). *Analisis del consumo energetico del vehiculo electrico Kia Soul por la utilizacion del sistema de calefaccion y audio en la ciudad de Cuenca*. Cuenca.
- Arnaiz, I. S. (2015). *ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN Y EL IMPACTO DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA ECONOMÍA EUROPEA*. MADRID.
- Avedaño, M. (2018). *La Nacion*. Obtenido de La Nacion: <https://www.nacion.com/economia/consumo/mitos-y-verdades-de-tener-un-automovil-electrico/5FEADN67J5G3TPP5DOFOMCGOXY/story/>
- Buj, M. S. (2017). *MODELADO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO E HÍBRIDO PARALELO POR MEDIO DE MATLAB / SIMULINK Y PLANIFICACIÓN DE ESTACIONES DE CARGA MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y ALGORITMOS GENÉTICOS*. Valencia.
- Calle, P., & Sarango, W. (2018). *Análisis de Factibilidad para la Implementación de Fotolineras en la ciudad de Cuenca*. Cuenca.
- Comercio, E. (10 de Febrero de 2020). *Limite de Velocidad en Cuenca*.
- Conelsol. (2018). *Energía Fotovoltaica*. Obtenido de <http://conelsol.es/productos/energia-fotovoltaica/>
- Delgado, G., & Orellana, M. (2015). *Estimacion de la radiacion solar gloval diaria en el canton Cuenca mediante la aplicacion del modelo -bristow y Campbell*. Cuenca.
- Egbue, L. (2012). *BARRIERS TO WIDESPREAD ADOPTION OF ELECTRIC VEHICLES AN ANALYSIS OF CONSUMER ATTITUDES AND PERCEPTIONS*.
- Electric2Car. (s.f). *Vehículo Enchufable*. Madrid.
- Foreca. (10 de Febrero de 2020). *Tiempo y Temperatura*. Obtenido de El Tiempo en Cuenca, Ecuador: <http://tiempoytemperatura.es/ecuador/cuenca.html#por-horas>
- Galicia, H. (2013). *VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD*.
- García Déniz, R., & Jiménez del Río, R. (2013). *ESTUDIO PARA LA IMPLANTACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN CANARIAS*.

- García, C. A. (2014). *PROGRAMACIÓN ÓPTIMA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ENCHUFABLES Y SU IMPACTO EN LAS REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES*.
- Gómez, L., Guacaneme, W., Rodríguez, A., Santamaría, F., & Trujillo, C. (2018). Diseño de un regulador de carga para aplicación en una micro red aislada con generación fotovoltaica. *Scientia Et Technica*, 143-150.
- Guazhambo, D. (2018). *Análisis de la Influencia de los Sistemas de Confort de un vehículo eléctrico en la autonomía*. Cuenca.
- Himary Das, T. C. (2017). *FUEL CELL HYBRID ELECTRIC VEHICLES*.
- Juarez, M. (2019). Qué son y cómo funcionan los ciclos de conducción WLTP y NEDC. *Motorpasion Mexico*, 3.
- KIA. (2019). *Kia Media*. Obtenido de Kia Media : <https://www.kiamedia.com/us/es/models/soul/2019/specifications>
- KingSolar. (2019). KingSolar TM SE100 SE120 SE50 SE150 Data.
- Lata, L., & Quintuña, H. (2018). *Análisis de la influencia que tiene el grado de pendiente de las vías en la autonomía del vehículo eléctrico mediante análisis experimental*. Cuenca.
- Manual del Usuario Kia Soul. (2017). *Kia*. Obtenido de Kia: <https://www.kia.com/cl/service/manual.html>
- Maurad, J., & Armijos, E. (2018). *Caracterización de los Sistemas del vehículo eléctrico Kia Soul EV*. Cuenca.
- Mechatronics, N. (2016). *Tutorial de Sensor de Corriente ACS712*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2019, de <https://naylampmechatronics.com>
- MicroSystems, A. (2003). *Sensor de corriente lineal basado en efecto Hall totalmente integrado con aislamiento de voltaje de 2.1 kVRMS y un conductor de corriente de baja resistencia*. Massachusetts.
- Naylamp, M. (Agosto de 2016). *Tutorial sensor de temperatura y humedad DHT11 y DHT22*. Recuperado el Septiembre de 2019, de <https://naylampmechatronics.com>
- Redondo, N. L. (4 de Septiembre de 2019). *Movilidad Eléctrica*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2019, de <https://movilidadelectrica.com/>
- Renobables, C. d. (2008). *Energías Renovables - Energía Solar*. Buenos Aires.
- Reyes, N. (2018). *Diseño de un sistema regenerativo de carga de baterías con paneles solares para un vehículo eléctrico Kia Soul*. Cuenca.

Romero Tous, M. (2009). *Energía solar termica de baja temperatura*. Malaga: Ceac S.A.  
- Ediciones.

Solar, Z. (2018). User Manual MP - 80 Controller.

Thyssenkrupp. (2018). *Ficha Técnica de Materiales*.

Valera, L. I. (25 de Noviembre de 2011). Los vehículos eléctricos. Madrid, España.

## ANEXOS

### ANEXO A

#### ALGORITMO DEL CIRCUITO SENSOR:

El circuito sensor para experimentación cuenta con un orden en sus diferentes dispositivos, de manera que cada 300 segundos su información se actualiza y la reescribe en la hoja de cálculo de Word, el algoritmo que se diseño es el siguiente:

```
//Programa Evaluador de Datos
//Voltímetro
int analogInput = A8;
float vout = 0.0;
float vin = 0.0;
float R1 = 100000; // resistance of R1 -see text!
float R2 = 10000; // resistance of R2 -see text!
int value, val = 0;
//Amperímetro
float Sensibilidad=0.66; //sensibilidad en Voltios/Amperio para sensor de 5A
//Humedad y Temperatura
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2 // Pin donde está conectado el sensor
#define DHTTYPE DHT22 // Sensor DHT22

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
// siempre comienza en la línea 0 y escribe lo escrito junto a LABEL
void setup () {
Serial.begin (9600); // cuanto mayor sea, mejor
```

```

Serial.println ("CLEARDATA"); // borra cualquier dato de los proyectos
anteriores
Serial.println ("LABEL, Time, Total T, Voltaje, Amperaje, Humedad,
Temperatura, Iluminación,"); // siempre escriba LABEL, por lo que Excel sabe
que los siguientes serán los nombres de las columnas (en lugar de Acolumn,
podría escribir Time, por ejemplo)
Serial.println ("RESETTIMER"); // restablece el temporizador a 0
}

```

```

void loop () {
Serial.print ("DATA,TIME,TIMER,"); // escribe el tiempo en la primera columna
A y el tiempo desde que comenzaron las mediciones en la columna B
float sampleBVal = 0;
// read the value at analog input
for (int x = 0; x < 500; x++){
val = analogRead(analogInput);
sampleBVal = sampleBVal + val;
}
float value = sampleBVal/500;
float vout = ((value * 5.0)+ 12) / 1024.0; // see text
// el +12 es un valor ajustado para compensar los valores restantes
float vin = vout / (R2/(R1+R2));
float voltajeSensor= analogRead(A8)*(5.0 / 1023.0); //lectura del sensor
float I=(voltajeSensor-2.5)/Sensibilidad; //Ecuación para obtener la corriente
float h= dht.readHumidity(); //Lee la humedad
float t= dht.readTemperature(); //Lee la temperatura
int iluminacion = analogRead(A15);
Serial.print(vin);
Serial.print(",");
Serial.println(I,3);
Serial.print(",");
Serial.print(h);
Serial.print(",");
}

```

```

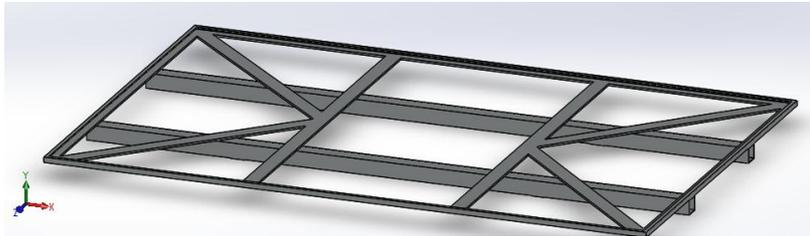
Serial.print(t);
Serial.print(",");
Serial.print(iluminacion);
Serial.print(",");
Serial.println(""); // asegúrese de agregar println al último comando para que sepa
                    // pasar a la siguiente fila en el segundo
                    // delay(300000); //agrega un retraso}

```

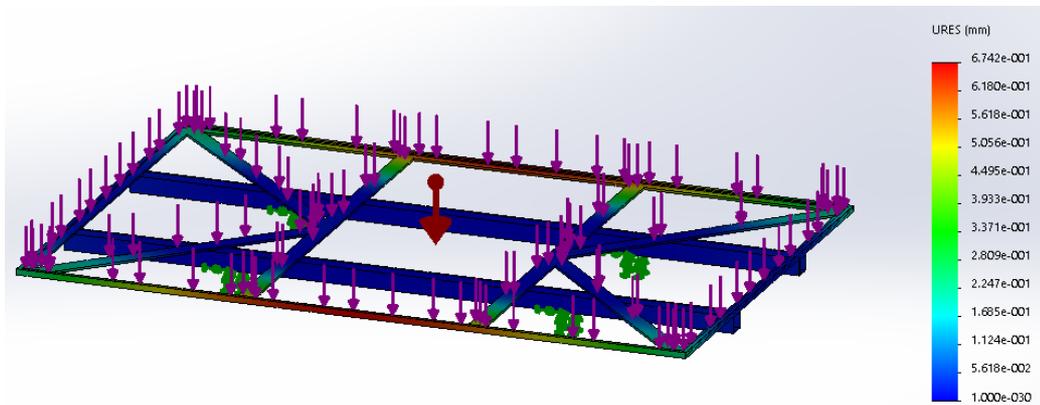
## ANEXO B

### DISEÑOS PREVIOS ANALIZADOS CON RESULTADOS INEFICIENTES.

#### DISEÑO 1

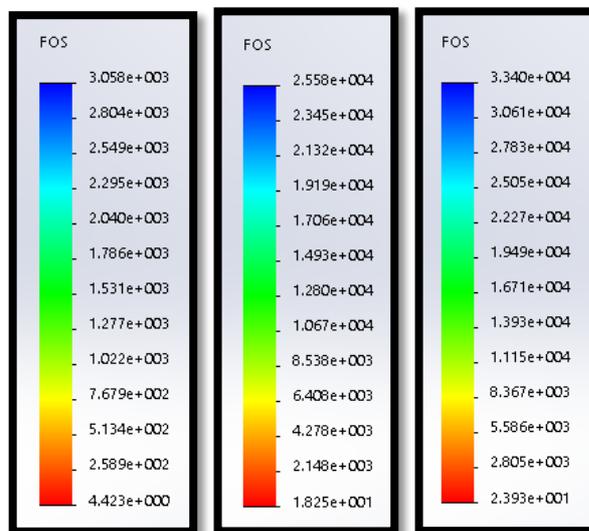
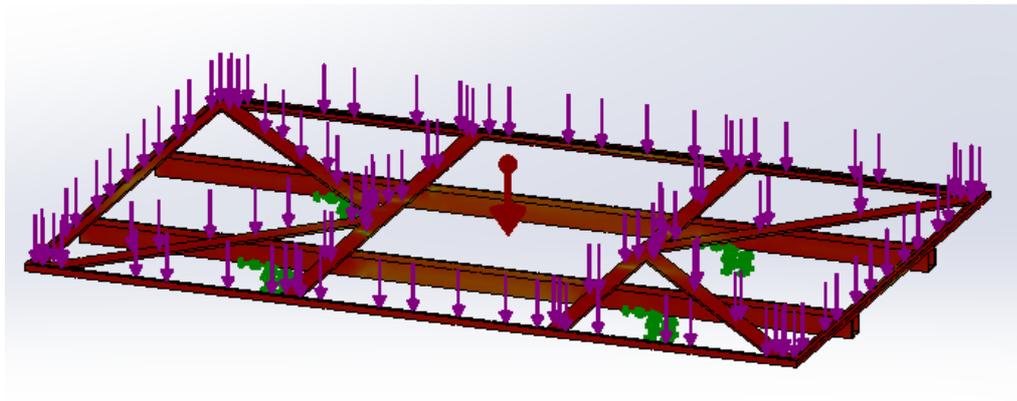


#### Comparación de Deformación:



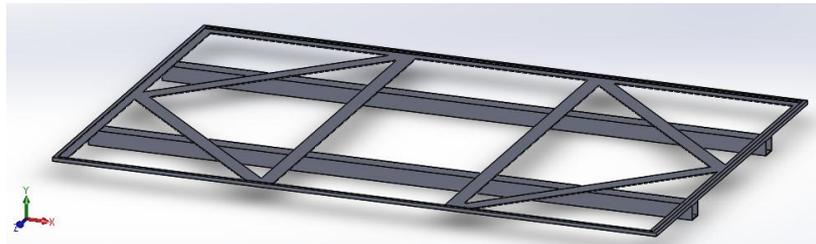
	Aluminio	Hierro	Acero
Máxima	3.557 mm	2.610 mm	2.480 mm
Mínima	1.189 mm	0.800 mm	0.760 mm

## Comparación de Factor de Seguridad:

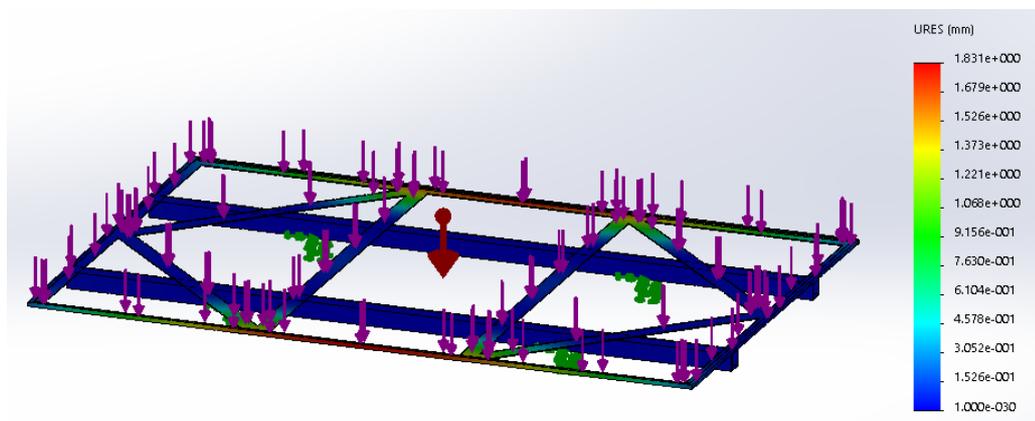


	Aluminio	Hierro	Acero
Mínimo	4.42 FOS	4.96 FOS	6,50 FOS

## DISEÑO 2

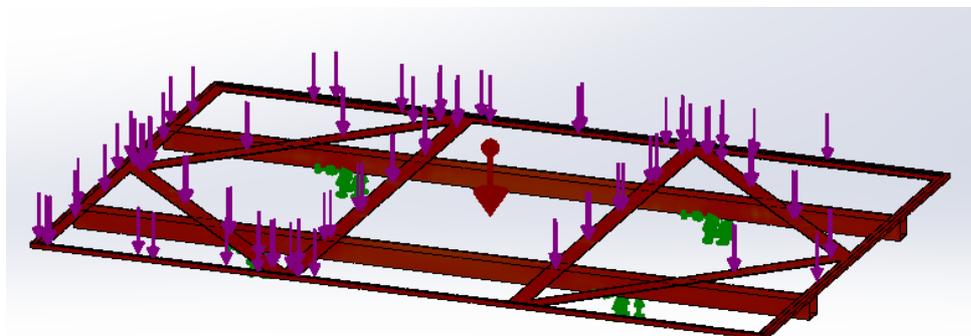


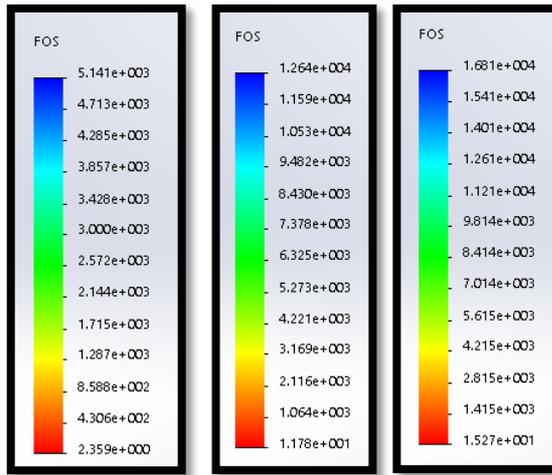
### Comparación de Deformación:



	Aluminio	Hierro	Acero
Máxima	3.420 mm	1.952 mm	1.831 mm
Mínima	1.048 mm	0,598 mm	0,561 mm

### Comparación de Factor de Seguridad:





	Aluminio	Hierro	Acero
Mínimo	2.35 FOS	3.20 FOS	4.15 FOS