

Sistema auxiliar de carga parcial por energía solar para motocicletas eléctricas

Cristhian Adolfo Diaz Caldas

Jeily Ximena García Duarte

Trabajo de Grado para Optar el Título de Diseñador Industrial

Director

Francisco Espinel Correal

Diseñador Industrial

M. Sc. En Semiótica

Universidad Industrial de Santander  
Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas  
Escuela de Diseño Industrial  
Bucaramanga

2022

**Tabla de contenido**

Introducción.	14
1. Planteamiento del problema.	19
2. Justificación	22
3. Objetivos	23
3.1 Objetivo General	23
3.2 Objetivos Específicos	24
4. Marco Teórico.	24
4.1 Energía solar como generadora de energía eléctrica	24
4.2.1 Tecnologías para captar y transformar energía solar	28
4.2.2. Radiación solar	31
4.2.3 Radiación solar en Colombia y Bucaramanga	32
4.4 Movilidad sostenible	35
4.6. Marco normativo	40
4.6.1. Ámbito Internacional.	40
4.6.2. Ámbito Nacional.	41
5. Metodología	45
5.1. Fase 1 empatizar y definir	45
5.2. Fase 2 Idear y prototipar	46
5.3. Fase 3 Testear	48
6. FASE 1: Empatizar y definir	49
6.1. Análisis de lo existente.	49

6.2 Identificar usuarios	52
6.3 Identificar ambiente de uso	54
6.4 Tareas del usuario.	56
6.5 Identificación de equipos y artefactos.	58
6.6 Búsqueda y clasificación de las características y propiedades físicas de las instalaciones fotovoltaicas	62
6.7 Ergonomía del sistema	65
6.8 Entender necesidades	68
6.9 Requerimientos para el sistema de carga eléctrica.	71
7. FASE 2: Idear y Prototipar	73
7.1 Tablero conceptual y de inspiración	73
7.2 Crear ideas y conceptos	76
7.3 Matriz morfológica	83
7.4 Alternativas matriz morfológica	84
7.5 Evaluación de conceptos	88
7.5.1 Selección de conceptos	92
7.6 Experimentación de conceptos	94
7.7 Definición de materiales	99
7.8 Diseño a detalle del sistema	102
8. FASE 3: Testear	108
8.1 Verificación de cargas de seguridad	108
8.2 Verificación de protección a las condiciones climáticas	111
8.3 Estudio de acceso solar	114

8.4 Verificación de componentes	115
8.5 Validaciones	117
8.6 Observaciones	124
8.7 Propuesta final	126
Conclusiones	130
Bibliografía	132

**Lista de Figuras.**

Figura 1. ....	25
<i>Estructura básica de una celda fotovoltaica</i> .....	25
Figura 2. ....	26
Ángulo de incidencia .....	26
Figura 3. ....	28
<i>Posicionamiento en sistemas fotovoltaicos</i> .....	28
Figura 4. ....	29
<i>Sistema de carga</i> .....	29
Figura 5. ....	30
<i>Elementos del sistema</i> .....	30
Figura 6. ....	31
<i>Radiación directa y radiación difusa</i> .....	31
Figura 7. ....	33
<i>Mapa visual de la radiación solar en Colombia.</i> .....	33
Figura 8. ....	56
<i>Parqueaderos públicos para vehículos eléctricos en Medellín, Antioquia.</i> .....	56
Figura 9. ....	57
<i>Secuencia de uso</i> .....	57
Figura 10. ....	57
<i>Secuencia de uso tarea 2</i> .....	57

Figura 11. ....	58
<i>Secuencia de uso tarea 3</i> .....	58
Figura 12. ....	59
<i>Operaciones usuario</i> .....	59
Figura 13. ....	60
<i>Mapa de interacciones</i> .....	60
Figura 14. ....	61
<i>Mapa de interacciones</i> .....	61
Figura 15. ....	65
<i>Medidas en posición de pie de la población masculina de 18 a 65 años.</i> ....	65
Figura 16. ....	67
<i>Percentiles antropométricos de la población masculina</i> .....	67
Figura 18. ....	75
<i>Tablero conceptual</i> .....	75
Figura 19. ....	76
<i>Tablero de inspiración</i> .....	76
Figura 20. ....	77
<i>Diagrama de funciones</i> .....	77
Figura 21. ....	78
<i>Diagrama Subfunción A</i> .....	78
Figura 22. ....	81
<i>Diagrama Subfunción B</i> .....	81
Figura 23. ....	84

<i>Matriz de asociación de alternativas</i> .....	84
Figura 24. ....	89
<i>Vista en perspectiva opción 2</i> .....	89
Figura 24 .....	90
ALTERNATIVA 1 .....	90
Figura 25. ....	91
ALTERNATIVA 2 .....	91
Figura 26. ....	91
ALTERNATIVA 3 .....	91
Figura 27. ....	94
<i>Plano modelo</i> .....	94
Figura 28. ....	97
<i>Primer prototipo</i> .....	97
Figura 29. ....	99
<i>Correcciones estructurales</i> .....	99
Figura 30. ....	101
<i>Impacto ambiental de los componentes</i> .....	101
Figura 31. ....	101
<i>Áreas de mayor impacto ambiental.</i> .....	101
Figura 32. ....	102
<i>Áreas de mayor impacto ambiental</i> .....	102
Figura 33. ....	103
<i>Modelo a escala 1:1</i> .....	103

Figura 34. ....	107
<i>Prototipo de validación y verificación</i> .....	107
Figura 35. ....	109
Análisis estático de tensión.....	109
Figura 36. ....	110
Análisis estático factor de seguridad.....	110
Figura 37. ....	111
Análisis estático de desplazamiento.....	111
Figura. 37 .....	112
Prisma rectangular mojada.....	112
Figura. 38 .....	113
Área mojada .....	113
Figura. 39 .....	116
Circuito Panel Solar .....	116
Figura 40. ....	117
Puesta en marcha del sistema.....	117
Figura. 41 .....	119
Configuraciones toma corriente .....	119
Figura. 42 .....	120
Tareas 1 y 2.....	120
Figura 43. ....	121
Resultado comodidad percibida por los usuarios.....	121
Figura 44. ....	122

Resultado eficiencia del sistema de carga.....	122
Figura 45. ....	123
Calificación escala de sus resultados comodidad percibida por los usuarios .....	123
Figura 46. ....	127
Diseño propuesta final .....	127
Figura 47. ....	128
Vista explosionada .....	128
Figura 48. ....	129
Vista en uso propuesta final .....	129

**Lista de Tablas.**

Tabla 1. ....	36
<i>Características técnicas de motos eléctricas.</i> .....	36
Tabla 2. ....	40
<i>Normas técnicas internacionales</i> .....	40
Tabla 3. ....	42
<i>Definiciones conceptuales de movilidad eléctrica en la jurisprudencia colombiana.</i> .....	42
Tabla 4. ....	45
<i>Actividad, método y propósito</i> .....	45
Tabla 5. ....	47
<i>Actividad, método y propósito, objetivo 2</i> .....	47
Tabla 6. ....	48
<i>Actividad, método y propósito objetivo 3</i> .....	48
Tabla 7. ....	50
<i>Descripción de patentes.</i> .....	50
Tabla 8. ....	63
<i>Matriz de comparación de criterios.</i> .....	63
Tabla 9. ....	69
Lista de necesidades de los usuarios y su importancia relativa .....	69
Tabla 10. ....	70
<i>Calificación de atributos.</i> .....	70

Tabla 11. ....	72
<i>Requerimientos de uso</i> .....	72
Tabla 12. ....	72
<i>Requerimientos de función</i> .....	72
Tabla 13. ....	73
<i>Requerimientos Técnicos</i> .....	73
Tabla 14. ....	85
<i>Análisis de alternativa 1</i> .....	85
Tabla 15. ....	86
<i>Análisis alternativa 2</i> .....	86
Tabla 16. ....	87
<i>Análisis alternativa 3</i> .....	87
Tabla 19. ....	95
<i>Tabla construcción del modelo</i> .....	95
Tabla 22. ....	100
<i>Lista de materiales</i> .....	100
Tabla 23. ....	104
<i>Construcción del modelo de verificación</i> .....	104
Tabla 24. ....	114
<i>Estudio de acceso solar</i> .....	114
Tabla 25. ....	119
<i>Configuraciones tomacorriente</i> .....	119
Tabla 26. ....	123

<i>Enunciados SUS</i> .....	123
Tabla 27. ....	124
<i>Observaciones y recomendaciones para el diseño</i> .....	124
Tabla 28. ....	128
<i>Lista de materiales</i> .....	128

### **Lista de Anexos**

**Ver anexos adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca UIS**

ANEXO 1 Componentes de una Instalación Fotovoltaica

ANEXO 2 Selección paneles solares proceso Analítico Jerárquico

ANEXO 3 Comparación de características de los paneles

ANEXO 4 Respuestas encuesta necesidades del usuario

ANEXO 5 Alternativas matriz morfológica

ANEXO 6 Encuesta selección de alternativas

ANEXO 7 Selección de propuestas proceso Analítico Jerárquico

ANEXO 8 SolidWorks Sustainability

ANEXO 9 Simulación del estudio de fuerzas

ANEXO 10 Cálculos para profundidad cimentación de poste

ANEXO 11 Consentimiento

ANEXO 12 Percepción de comodidad y satisfacción

## Resumen

**Título:** Sistema auxiliar de carga parcial por energía solar para motocicletas eléctricas\*

**Autores:** Cristhian Adolfo Diaz Caldas, Jeily Ximena García Duarte\*\*

**Palabras claves:** Vehículos Eléctricos, Energía solar, Sistemas Auxiliares de Carga, “Pensamiento de diseño”.

### Descripción:

El presente proyecto de grado se encuentra enmarcado en la problemática de la ausencia de una oferta de bienes y servicios que favorezca la transición de combustibles fósiles a energías alternativas, así como la masificación de medios de transporte no contaminantes. Es así como la carencia de una infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos, frente a la existencia de usuarios, da apertura al diseño de un sistema auxiliar que transforme energía solar en energía eléctrica mediante tecnología fotovoltaica en zonas abiertas de parqueo. Por lo tanto, se formuló y ejecutó una propuesta desde el diseño para la consolidación de la electrificación de los medios de transporte en Colombia. Por medio de la metodología “Pensamiento de diseño”, se centró la propuesta en las necesidades de los propietarios de motocicletas eléctricas. La metodología se divide en tres fases, la primera consiste en empatizar y definir, la segunda es idear y prototipar, por último, la tercera fase es de validación y verificación lo que da paso a la solución de diseño.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director : Francisco Espinel Correal M. Sc. En Semiótica.

La solución final al sistema auxiliar de carga parcial por energía solar consiste en tres paneles monocristalinos semi flexibles de 180 watts, un Inversor de 1000 Watts y una batería de respaldo de 150Ah. Este sistema se implementa sobre una base estructural en tubería de acero cimentada al suelo, que integra la interfaz de conexión y una cubierta flexible. La implementación del sistema demostró la viabilidad para usar la energía solar como medio de carga para motocicletas y ciclomotores eléctricos. Los resultados de la validación demuestran facilidad de uso y una percepción de comodidad aceptable. El desempeño del sistema se comprueba mediante resultados de simulación y experimentales.

**Abstract**

**Title:** Auxiliary system for partial charging by solar energy for electric motorcycles \*

**Author:** Cristhian Adolfo Diaz Caldas, Jeily Ximena García Duarte\*\*

**Key Words:** Electric Vehicles, Solar Energy, Auxiliary Charging Systems, “Design Thinking”.

**Description:**

This degree project is framed in the problem of the absence of an offer of goods and services that favors the transition from fossil fuels to alternative energies, as well as the massification of non-polluting means of transport. This is how the lack of an infrastructure for recharging electric vehicles, compared to the existence of users, opens the way to the design of an auxiliary system that transforms solar energy into electrical energy through photovoltaic technology in open parking areas. Therefore, a proposal was formulated and executed from the design for the consolidation of the electrification of means of transport in Colombia. Through the "Design Thinking" methodology, the proposal focused on the needs of electric motorcycle owners. The methodology is divided into three phases, the first consists of empathizing and defining, the second is devising and prototyping, and finally, the third phase is validation and verification, which leads to the design solution. The final solution to the auxiliary system of partial load by solar

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director : Francisco Espinel Correal M. Sc. En Semiótica.

energy consists of three semi-flexible monocrystalline panels of 180 watts, a 1000 Watts Inverter and a 150Ah backup battery. This system is implemented on a structural base in steel tubing cemented to the ground, which integrates the connection interface and a flexible cover. The implementation of the system demonstrated the feasibility of using solar energy as a means of charging for electric motorcycles and mopeds. The validation results demonstrate ease of use and an acceptable perception of comfort. The performance of the system is verified through simulation and experimental results.

### **Introducción.**

Los medios de transporte alternativos impulsados por energías renovables son claves en la transición a modelos no contaminantes; dicha transición requiere de inversiones en infraestructura, bienes y servicios que sean atractivos para compradores e inversionistas, bajo esta premisa y

teniendo en cuentas las condiciones de movilidad en Colombia se dio inicio al diseño de un Sistema de Carga Auxiliar para Motocicletas Eléctricas alimentadas por Energía Solar en zonas de parqueo abiertas.

En un primer momento para el desarrollo del proyecto se llevó a cabo una recopilación teórico conceptual acerca de los términos: energía solar como generadora de energía eléctrica, tecnologías para captar y transformar radiación solar en energía eléctrica, radiación solar y movilidad sostenible; asimismo la trayectoria normativa en la legislación en materia de medios de transporte eléctricos y sus condiciones en el mercado, en cuanto a condiciones de uso y usuarios de motocicletas eléctricas. Dentro de este marco dice Juan Carlos Mejía, director de nuevas opciones de movilidad de Auteco: “Es necesario que las organizaciones públicas y privadas se vinculen a través del diseño de iniciativas conjuntas que permitan fortalecer toda la infraestructura de movilidad eléctrica, faciliten el acceso y promuevan el uso de estos vehículos” (Portafolio, 2018). Se determinó entonces que dada la carencia en infraestructuras para la carga parcial de vehículos eléctricos es oportuno el desarrollo del diseño de un sistema auxiliar de carga dirigido a motos eléctricas.

En este primer momento se implementó una metodología centrada en el usuario con el objetivo ofrecer una innovación en la carga de vehículos eléctricos. La metodología de “pensamiento de diseño” se divide en 3 fases, la primera consiste en empatizar y definir, la cual facilita la recopilación de información desde y para las necesidades de los usuarios, la segunda es donde se encuentra el proceso de ideación y prototipado, por último, la tercera fase es de evaluaciones para concluir con la solución de diseño.

El segundo momento corresponde a la aplicación de los métodos y actividades contemplados en el marco metodológico, obteniendo las percepciones de los usuarios respecto a las especificidades del diseño y los criterios preponderantes, ello facilitó la selección de conceptos para la materialización del sistema auxiliar de carga. Una vez recopilada esta parte de la información, se continuó con el proceso de ejecución del prototipo para el testeo y la elaboración del modelo con los requerimientos expresados por los usuarios.

Como desafíos al realizar el proyecto en Colombia en el contexto de recursos para la implementación de energías renovables, las tecnologías disponibles dentro del territorio no son vanguardistas por lo cual se hace necesario la importación, cuyo precio fluctúa en función de la variación del peso Colombiano COP, en frente de las divisas extranjeras.

### **1. Planteamiento del problema.**

En la búsqueda de una transición a nuevas tecnologías sostenibles del transporte, la estrategia nacional de movilidad eléctrica (ENME) del año 2019 puso como objetivo para el año 2030 la incorporación al parque automotor circulante, de seiscientos mil (600.000) vehículos eléctricos. Así mismo el reporte presentado por el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT,

2020), señala que hay en vigencia 10.612 vehículos eléctricos (VE) en el parque automotor del país. De éstos 5.643 son ciclomotores, 1.726 automóviles, 1.377 motocicletas y 1.866 corresponden a otra clase de vehículos. Esto representa menos del 1% del total de vehículos en Colombia.

La penetración de VE en la flota mundial es relativamente baja, aproximadamente cinco millones de vehículos eléctricos entre más de ochenta millones de vehículos. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se debe principalmente a los altos precios y al despliegue de la infraestructura de carga. De acuerdo con el portal web puntos de recarga en Colombia (<https://www.electromaps.com>), en el año 2020 ya había disponibles 69 electrolineras y 174 conectores en todo el país, de los cuales la mitad están distribuidos en las ciudades de Bogotá y Medellín. Se requiere, entonces, extender la red eléctrica de carga para la masificación de la movilidad eléctrica.

En este punto se debe mencionar que las limitaciones para el crecimiento en la red de carga son debidas a la falta de incentivos gubernamentales para asumir los costos de construcción e infraestructura de la red, mientras se consolida una demanda suficientemente rentable para la entrada de empresas privadas, así lo afirma el director de nueva movilidad de Terpel (Levy, 2021). En consecuencia, sin un crecimiento en la cantidad de estaciones de carga y puntos de conexión, no es posible consolidar la demanda de automotores eléctricos debido a la desconfianza que genera en los usuarios comprar un vehículo sin las condiciones adecuadas para su funcionamiento; es así como se plantea el objetivo de desarrollar un sistema auxiliar de recarga parcial dirigido a motocicletas eléctricas.

En ese sentido es importante resaltar que la energía necesaria para recargar un vehículo eléctrico, en cierta parte del proceso, es generada a partir de métodos contaminantes, como bien lo

señalan investigadores en este campo: “Aunque un vehículo eléctrico no produce emisiones contaminantes durante su funcionamiento, la generación de la energía eléctrica que consume da lugar a emisiones contaminantes” (Chabot, 2010). Respecto a la situación nacional en emisiones producidas para generar energía, “entre los años 2008 y 2013 las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), resultado de la producción por unidad de energía eléctrica, (kWh) se encuentra en 130 gramos de CO<sub>2</sub> por cada kW, debido al uso de plantas eléctricas de combustión fósil” (Camargo & Arboleda, 2013); por lo tanto, aún al adquirir un VE se estaría generando una carga negativa en el medio ambiente.

Si bien es viable apostarle a la energía eléctrica para el transporte, ésta necesita ser complementada por fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) como por ejemplo la energía solar, la energía eólica o la energía hidroeléctrica. Al respecto el director general de la Agencia Internacional de Energías Renovables (Amin, 2014) afirma:

“El carácter altamente modular de estas tecnologías, en especial, de la solar fotovoltaica y de las instalaciones eólicas costeras, también implica que, por primera vez en la historia del sector de la electricidad, las personas y las comunidades están desempeñando una función activa en su propio abastecimiento de electricidad. Como tal, las tecnologías de las energías renovables están encabezando un cambio hacia un sistema energético más democrático y distribuido.”

Los sistemas fotovoltaicos son cada vez más accesibles; “los precios de los módulos solares fotovoltaicos, en 2015, estaban entre un 75% y un 80% más bajos de lo que eran a finales de 2009” (Amin, 2014). Su eficiencia puede escalar según la demanda de energía que se requiera, por lo cual un vehículo eléctrico de pequeña escala como una moto eléctrica puede recibir suficiente carga con sistemas fotovoltaicos en puntos aislados como las zonas de parqueo al aire libre. En consecuencia, emerge la siguiente pregunta desde el diseño: *¿De qué forma puede aprovecharse*

*el tiempo de parqueo para proveer energía a un VE a partir del aprovechamiento de la energía solar?*

## **2. Justificación**

Como consecuencia de las iniciativas internacionales y nacionales por promover el uso de vehículos eléctricos, así como las energías renovables, los fabricantes y comercializadores de este producto han de cubrir las instancias del mercado para hacer rentable y atractivo la adquisición voluntaria de ellos. El común denominador de las desventajas de poseer un VE recae en la limitación de la carga de batería a sus espacios residenciales, al disminuir la cantidad de distancia de recorrido con un vehículo de esta naturaleza frente a uno de combustión mecánica.

El presente trabajo de diseño es relevante en el contexto de las nuevas tecnologías con uso de energía renovable ya que no solo responde a la falta de sistemas de carga auxiliar de VE, sino que lo hace mediante el empleo de paneles fotovoltaicos y centrado en las necesidades de los usuarios como principal fuente de información para la implantación del proceso de diseño. Por consiguiente, aporta, de manera integral, al escenario de disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y con ello, colabora con lograr la meta mundial de mantener el incremento de la temperatura en un rango por debajo de 1,5 °C.

### **2.1 Pregunta de diseño.**

¿De qué forma puede facilitarse el acceso a la recarga de las baterías de los vehículos eléctricos (motocicletas) en los sitios de parqueo público abiertos, mediante el uso de la energía alternativa solar?

## **3. Objetivos**

### **3.1 Objetivo General**

Desarrollar el sistema auxiliar de recarga parcial para la batería de motocicletas eléctricas, mediante el empleo de energía solar fotovoltaica, en zonas de parqueo abiertas, como medio para fomentar la movilidad eléctrica.

### **3.2 Objetivos Específicos**

1. Determinar las características y requerimientos del sistema de carga, proyectado a usuarios de motocicletas eléctricas, para diseñar el concepto de sistema auxiliar de carga parcial por energía solar.
2. Implementar un prototipo funcional del sistema auxiliar de carga para vehículos eléctricos con paneles solares fotovoltaicos apto para zonas de parqueo abierto.
3. Validar la propuesta de solución en términos de comodidad de uso, protección a la intemperie y facilidad de uso.

## **4. Marco Teórico.**

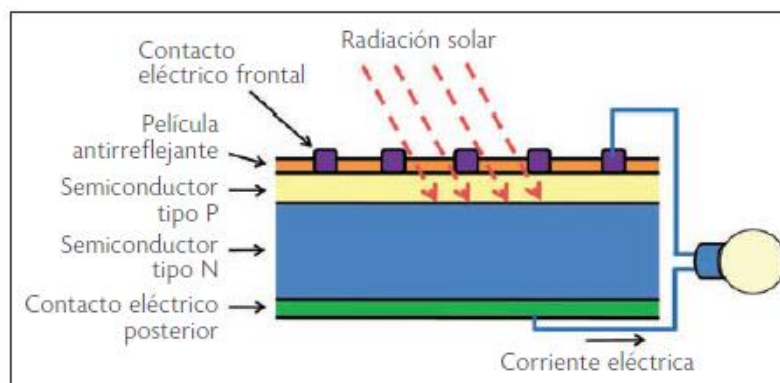
### **4.1 Energía solar como generadora de energía eléctrica**

La energía solar es el recurso más abundante de energía renovable, la potencia solar que recibe el planeta Tierra (fuera de la atmósfera) es cerca de  $15 \times 10^{17}$  kWh por año. “Al atravesar la atmósfera, cerca de 53% de esta radiación es reflejada y absorbida por el nitrógeno, oxígeno, ozono, dióxido de carbono, vapor de agua, polvo y las nubes. Por lo tanto, al pasar esta radiación por una distancia de 150 millones de km, se reduce esta cantidad y el planeta al final recibe una energía promedio de  $3 \times 10^{17}$  kWh al año” (Nandwani, 2005). Asimismo, la energía proveniente del sol llega en forma de luz y calor, de modo que para poder hacer uso de la energía se requiere primero de un sistema de captación.

Ahora bien, el proceso de transformación de la energía solar a energía eléctrica se conoce como efecto fotovoltaico, consiste en que la luz puede generar una corriente eléctrica al iluminar ciertos materiales semiconductores, fue descubierto en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel. Cuando se incide luz sobre un semiconductor, la energía suministrada ayuda a darle mayor movilidad a algunos de los electrones presentes en el material por lo que su capacidad para conducir la electricidad aumenta. El efecto fotovoltaico se produce precisamente al iluminar la superficie de unión entre los dos diferentes materiales, como se puede ver en la Figura 1.

### Figura 1.

#### *Estructura básica de una celda fotovoltaica*



Nota: Bulnes, Best, & Brown. (2010)

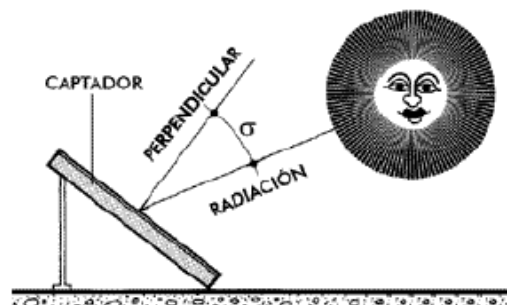
Dado que la potencia que genera una celda solar es pequeña, lo que se hace es conectar varias entre sí para aumentar la tensión o la corriente. Generalmente se fabrican para producir volts de 12 o 24 volts de corriente directa. A un conjunto de varias celdas conectadas entre sí se le llama panel o módulo fotovoltaico.

La eficiencia de un panel solar se expresa habitualmente como un porcentaje y es el porcentaje de potencia convertida en energía eléctrica de la luz solar absorbida por el panel, se expresa como el cociente entre la potencia máxima del panel ( $P_{Max}$ , en Watt) y la luz irradiada ( $E$ , en  $W/m^2$ ) junto con el área superficial de la celda ( $A_c$ , en  $m^2$ ).

Para la correcta implementación de un sistema fotovoltaico es de extremo cuidado tener en cuenta ciertos parámetros, (Nawandani, 2005) explica que el primer parámetro a determinar en un captador solar es la inclinación requerida para obtener la captación de un máximo de radiación solar directa. El ángulo de incidencia ( $\sigma$ ) es aquel formado por la radiación del sol y la perpendicular al captador, ver Figura 2.

### Figura 2.

Ángulo de incidencia



Nota: EUROINNOVA Business School. (2016)

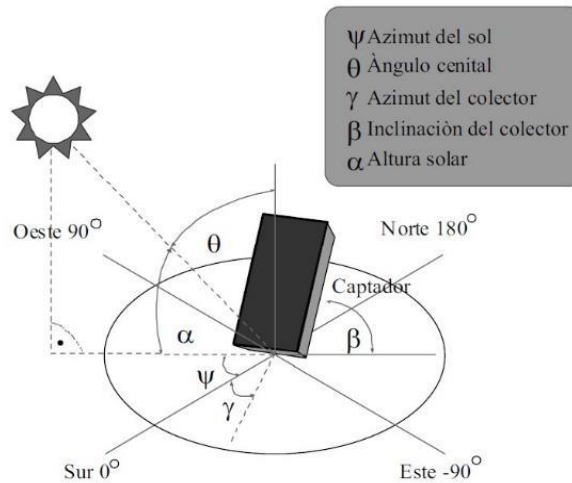
La fórmula del ángulo de incidencia se simplifica en la expresión:

$$\sigma = \Phi - S - \delta \quad (1)$$

donde:  $\sigma$ = ángulo de incidencia.,  $\Phi$ =ángulo de latitud,  $S$ =ángulo de inclinación del captador y  $\delta$ =ángulo de declinación solar.

El mayor provecho energético se obtiene cuando el ángulo de incidencia es nulo, es decir, cuando los rayos solares están totalmente perpendiculares a la superficie, ver Figura 3. Sin embargo, la radiación solar que recibe la Tierra del Sol varía en parte por los movimientos que realiza el planeta. En este sentido, hay que tener en cuenta que el movimiento relativo del sol respecto a la tierra puede descomponerse en dos movimientos: el movimiento diario, que es este-oeste, y el movimiento anual, que va variando entre el solsticio de invierno y el de verano. (EUROINNOVA Business School, 2016) define las siguientes reglas generales para el posicionamiento de los captadores:

- Utilización a lo largo de todo el año: ángulo de inclinación igual a la latitud geográfica.
- Empleo preferentemente durante el invierno: ángulo de inclinación igual a la latitud geográfica + 10°.
- Uso preferente durante el periodo de verano: ángulo de inclinación igual a la latitud geográfica - 10°.

**Figura 3.***Posicionamiento en sistemas fotovoltaicos*

Nota: EUROINNOVA Business School. (2016)

#### 4.2.1 Tecnologías para captar y transformar energía solar

Un sistema fotovoltaico es la agrupación de ciertos componentes eléctricos, ver Anexo 1, que trabajan en conjunto con el fin de aprovechar la energía solar, transformarla en energía eléctrica, almacenarla y brindarla para que pueda ser utilizable en cualquier artefacto eléctrico convencional, del hogar, de una empresa o del sector industrial. Asimismo, un sistema de energía auxiliar actúa como fuente de energía complementaria y va a brindar un apoyo para satisfacer las necesidades básicas energéticas de un artefacto o infraestructura específicos.

Según la conexión de la implementación con el Sistema Interconectado Nacional, SIN, estos se clasifican en sistemas aislados o autónomos, sistemas conectados o Grid-Tie y sistemas híbridos. La selección del sistema depende de la necesidad del consumidor, puede variar en capacidad, dimensiones o especificaciones.

Un sistema fotovoltaico aislado es el que no tiene conexión a la red eléctrica y cuya energía proviene de la luz solar, este tipo de instalación normalmente requiere el almacenamiento de la energía fotovoltaica generada en baterías para poder hacer uso de ella las 24 horas del día, son especialmente útiles en regiones donde la conexión a la red eléctrica no es posible o no es viable debido al alto costo de construcción de la línea (p. ej. zonas rurales remotas).

- Este sistema aislado requiere de cuatro elementos fundamentales para su funcionamiento, siendo estos, los paneles como fuente generadora, un regulador que controla la tensión con la que se cargan las baterías y un inversor que se alimenta de las baterías y es el que convierte la tensión DC/AC este último elemento es el que alimenta la carga. Un regulador de carga solar se coloca entre el campo fotovoltaico y el campo de baterías y este se encarga de controlar el flujo de energía que circula entre ambos equipos.

Los sistemas conectados o Grid-Tie, ver Figura 4, operan de la mano de la red eléctrica, consisten en un arreglo de paneles y un inversor Grid-Tie el cual es capaz de “inyectar” a la red de distribución el excedente de energía generado por la instalación fotovoltaica que no es consumido por las cargas, esta particularidad exhibe una gran ventaja, debido a que no es necesario almacenar la energía pues es distribuida a la red eléctrica.

#### **Figura 4.**

*Sistema de carga*



Nota: elaboración propia.

El sistema conectado a la red requiere de dos elementos para su funcionamiento, las celdas solares como fuente de energía y un inversor Grid Tie por cada fase que convierte la tensión DC/AC y se sincroniza con la red a la que es conectado ajustando automáticamente los valores de tensión, frecuencia y fase.

El sistema de carga parcial por energía solar es catalogado según la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) como un auto generador a pequeña escala debido a que produce energía para satisfacer principalmente sus propias necesidades, esencialmente un consumidor o usuario de red por lo cual el potencial de generación es menor a 0,1 MW (Mega watt), ver Figura 5.

### Figura 5.

#### *Elementos del sistema*



Nota: elaboración propia.

#### 4.2.2. Radiación solar

La radiación solar es la energía que viene del sol hacia la tierra y puede llegar de dos formas como se puede observar en la Figura 6, la primera es la radiación directa que es la que llega desde el sol sin que sufra desvíos en su camino; la segunda es la radiación difusa que es la que sufre de cambios en su dirección debido a la reflexión y la difusión de la atmósfera, mientras más alta sea la radiación solar es más aprovechable la energía solar para ser transformada en energía eléctrica. La magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de radiación es la irradiancia y su unidad de medida es  $W/m^2$ .

**Figura 6.**

*Radiación directa y radiación difusa*



Nota: elaboración propia.

### 4.2.3 Radiación solar en Colombia y Bucaramanga

En las zonas tropicales por su cercanía a la Línea del Ecuador, no se presentan grandes variaciones en la cantidad de radiación solar que incide sobre ellos durante todo el año, por esta razón no se presentan grandes diferencias de temperatura en diferentes épocas del año. Sin embargo, sí es evidente la variación en la posición del sol en el firmamento y un cambio de la incidencia de radiación solar sobre la superficie de la tierra, consecuente con esta variación de posición en las sombras proyectadas.

En teoría, según la Unidad de Planeación Minero-Energética Colombiana, en las regiones norte y oeste del territorio colombiano, el sol produce un promedio de 5 a 6 horas de máxima radiación por día al año (UPME, 2005). Comparando estas cifras con los registros de ciudades como Portland y Chicago, su intensidad promedio anual es de 3,5 horas y 3,9 horas, respectivamente. Se puede apreciar que Colombia es un buen lugar para instalar sistemas fotovoltaicos (Dunlop, 2009).

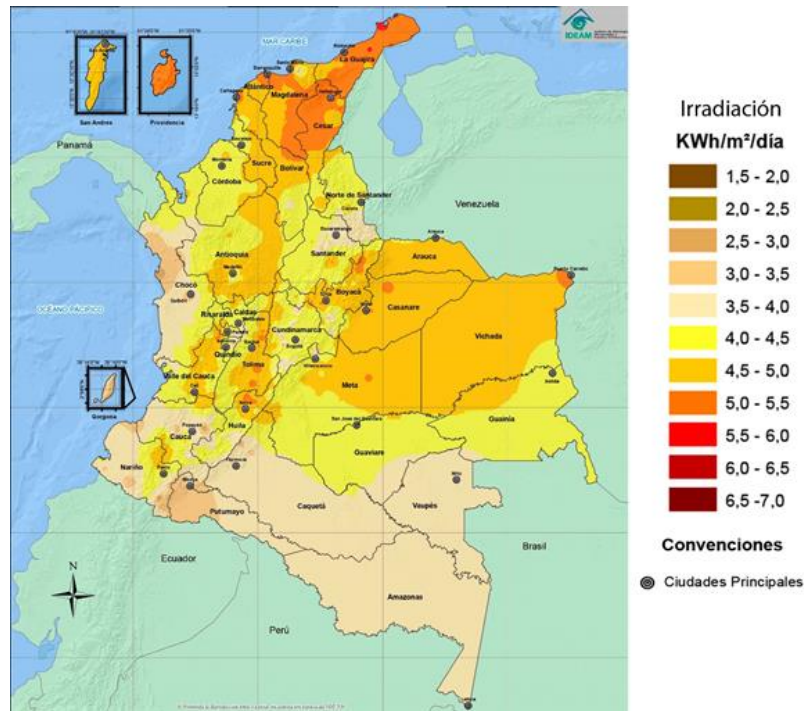
De acuerdo con los estudios realizados por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) Colombia es beneficiada por su disponibilidad de recurso solar gracias a su ubicación geográfica, con un promedio diario multianual entre 4 y 4,5 kw/m<sup>2</sup> (IDEAM, 2002).

Las zonas de mayor intensidad de irradiación solar en Colombia, ver Figura 7, (alrededor de 5,0 kWh/m<sup>2</sup>) son la región Caribe, nororiente de Antioquia, sectores de Meta y Casanare junto con pequeñas zonas de los departamentos de Cauca, Huila, Valle, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Santanderes, Antioquia y las islas de San Andrés y Providencia. Los valores más altos (entre 5,5

y 6,0 kWh/m<sup>2</sup> por día) se registran en el departamento de La Guajira, norte y sur del Magdalena, norte de Cesar y reducidos sectores de Atlántico, Bolívar, Sucre y Arauca.

**Figura 7.**

*Mapa visual de la radiación solar en Colombia.*



Nota: Unidad de Planeación Minero-Energética Colombia.


Con el fin de definir el ambiente para el diseño del sistema de carga fotovoltaico, se presentan las condiciones climáticas y el promedio de radiación solar en Bucaramanga, con posición latitud 7,14 y longitud -73,121, en el hemisferio norte.

La irradiación solar global promedio anual es de 5,15 kW/m<sup>2</sup>; este dato es tomado de la base del centro de datos atmosféricos de la NASA; con base en la información del IDEAM y con los datos que se observan de la Figura 8 se puede concluir que los niveles de radiación en

Bucaramanga favorecen el uso de energía fotovoltaica como una fuente de energía limpia. Además, este recurso presenta un comportamiento cuasi estable durante el año, lo que mejora el perfil y la eficiencia global de este tipo de sistemas de generación.

**Figura 8.**

*Datos meteorológicos radiación solar*


**NASA Meteorología de superficie y energía solar**  
 Se eligió Latitud 7.14 / Longitud -73.121 .

	Unidad	Ubicación de datos climáticos
Latitud	NORTE	7.14
Longitud	MI	-73.121
Elevación	metro	831
Temperatura de diseño de calentamiento	DO	17.96
Temperatura de diseño de enfriamiento	DO	29.61
Amplitud de temperatura de la tierra	DO	8.53
Días de escarcha en el sitio	día	0

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Radiación solar diaria - horizontal	Temperatura de la tierra
	DO	%	$\text{kWh} / \text{m}^2 / \text{d}$	DO
enero	23.3	65.6%	5.34	24.3
febrero	24.7	59.8%	5.34	26.4
marzo	24.5	66.0%	5.28	26.2
abril	23.7	76.6%	4.96	24.9
Mayo	23.2	80.1%	5.01	23.9
junio	23.1	76.3%	5.16	23.6
julio	23.4	70.0%	5.57	24.0
agosto	23.6	69.1%	5.55	24.4
septiembre	23.0	75.8%	5.27	23.8
octubre	22.4	81.9%	4.80	23.2
noviembre	22.3	81.5%	4.72	23.0
diciembre	22.4	76.2%	4.86	22.8
<b>Anual</b>	23.3	73.2%	5.15	24.2
Medido en (m)				0.0

Nota: tomada del sitio web seo web.arc.nasa.gov.

Durante la investigación se evidencia que el rendimiento de las condiciones solares en Colombia es óptimo para mantener el funcionamiento autónomo del sistema auxiliar de recarga parcial para motocicletas eléctricas, adaptando la tecnología existente en paneles fotovoltaicos a las zonas de parqueo abiertas, como medio para fomentar la movilidad eléctrica.

#### 4.4 Movilidad sostenible

Desde principios de la década pasada, el transporte sostenible se ha convertido en un referente en el mercado. Aunque la estandarización de los vehículos eléctricos aún no se ha hecho realidad, existe una transición cada vez más factible de los vehículos de combustión a los vehículos eléctricos impulsada por estrategias gubernamentales para acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica generando incentivos e implementando políticas a los fabricantes del sector automotor.

Dentro de las regiones más fuertes según la Agencia Internacional de la Energía (siglas en inglés IEA) en la transición a la movilidad eléctrica se encuentran China liderando y en segundo lugar Europa seguido de Estados Unidos los que lideran en adquisición de coches eléctricos y en la fabricación de baterías.

La creciente necesidad de alternativas más ecológicas en la movilidad eléctrica crea una competencia entre diversos fabricantes dentro del mundo de la automoción creando un panorama bastante optimista en el futuro de las tecnologías para la movilidad eléctrica, se espera que para el año 2040 el 57 % de las ventas globales sean de vehículos eléctricos, representando el 30 % de la flota total a nivel mundial (Electric Vehicle Outlook, 2019), introduciendo soluciones de transporte más eficientes y accesibles.

Entre los vehículos urbanos más accesibles en cuanto a precio se encuentran las motocicletas o scooter eléctricas, estos vehículos no cuentan con motores de combustión interna o sistemas de generación eléctrica a bordo como medio para suministrar energía, por lo tanto, obtienen corriente conectándose a un sistema de baterías recargables.


Las características más relevantes en una moto eléctrica son: la autonomía, la potencia del motor, el tipo de corriente para la carga, la tensión sobre amperios-hora de la batería, la capacidad de la batería y el tiempo de carga. La autonomía de una moto eléctrica está dada por la cantidad

de kilómetros que puede recorrer con una carga completa a una velocidad fija; la potencia del motor se mide en Watts nominal, para una moto de dos pasajeros se requiere un mínimo de 2000 W.

En la mayoría de las motos de acuerdo con las especificaciones técnicas, se puede recargar en una toma convencional de 110V, asimismo las motos de alta capacidad pueden recargarse a 220V, para algunos casos es necesario el uso de convertidores eléctricos o cables adaptadores. La capacidad de las baterías se mide en kilowatts hora, según la capacidad y la potencia de la batería se determina el tiempo de carga. Para la presente investigación se estudiaron los cinco modelos de motos eléctricas más vendidas durante los años 2019-2020 según la asociación nacional de movilidad sostenible, como se puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Características técnicas de motos eléctricas.*

<b>STARKER SKUTY SPORT</b>		
	AUTONOMÍA	45 km a 35 km/h
	POTENCIA MOTOR (watts nominales)	800 W
	TIPO DE TOMACORRIENTE	120 V
	BATERÍA	48 v/20Ah
	CAPACIDAD DE LA BATERÍA (kWh)	0,96 kWh
	TIEMPO DE CARGA	8-12h
<b>STARKER AVANTI 2.0</b>		
	AUTONOMÍA	80 km a 45 km/h
	POTENCIA MOTOR (watts nominales)	2000 W
	TIPO DE TOMACORRIENTE	120 V
	BATERÍA	72v/32Ah

	CAPACIDAD DE LA BATERÍA (kWh)	2,3 kWh
	TIEMPO DE CARGA	8-12 h
<b>STARKER SKUTY LED</b>		
	AUTONOMÍA	45 km a 35 km/h
	POTENCIA MOTOR (watts nominales)	800 W
	TIPO DE TOMACORRIENTE	120 V
	BATERÍA	48v/20Ah
	CAPACIDAD DE LA BATERÍA (kWh)	0,96 kWh
	TIEMPO DE CARGA	8-12h
<b>STARKER E3</b>		
	AUTONOMÍA	65 km a 45 km/h
	POTENCIA MOTOR (watts nominales)	1500 W
	TIPO DE TOMACORRIENTE	120 V
	BATERÍA	60v/24Ah
	CAPACIDAD DE LA BATERÍA (kWh)	1,4 kWh
	TIEMPO DE CARGA	6-8h
<b>STARKER TC MAX</b>		
	AUTONOMÍA	120 km a 50 km/h
	POTENCIA MOTOR (watts nominales)	3900 W
	TIPO DE TOMACORRIENTE	120 V
	BATERÍA	72v/45Ah
	CAPACIDAD DE LA BATERÍA (kWh)	3,2 KWH
	TIEMPO DE CARGA	6-8h

Nota: tomado de Auteco.

Considerando que los vehículos eléctricos en la actualidad tienen una autonomía limitada al rendimiento de la batería, se hace necesario la implementación de electrolineras y puntos de conexión eléctrica que satisfagan la necesidad de carga para cumplir con las exigencias de desplazamiento del usuario.

La localización de los puntos de recarga debe ser determinada mediante parámetros como: la cantidad de consumo eléctrico (Wh), accesibilidad (capacidad de usuarios) y disponibilidad (número de puntos de carga por sector). Dada la necesidad que tiene un vehículo eléctrico para realizar una recarga, existen diferentes tipos de puntos de recarga con el fin de abastecer de energía eléctrica a los vehículos.

Puntos de conexión: según la ley 1964 de 2019, son infraestructuras que brindan una carga lenta con una potencia de salida de entre 7 kilovatios y 49 kilovatios que se estima tome entre 8 y 12 horas para recargar al 100% la capacidad de la batería en el caso de motocicletas eléctricas. Estos tipos de recarga se encuentran destinados para ajustes normales de carga con voltajes de 120V con 10 A o de 220V con 16 A, ver Figura 9.

Electrolinera: son estaciones de carga rápida o semi-rápida y que cuentan con una potencia de salida superior a 50 kW, ver Figura 10.

**Figura 9.**

*Punto de conexión Unicentro Medellín*



Nota: tomada del sitio web Facebook Unicentro Medellín.

**Figura 10.**

*Electrolinera ESSA Bucaramanga*



Nota: elaboración propia

## 4.6. Marco normativo

### 4.6.1. Ámbito Internacional.

La utilización de las normas nacionales e internacionales en los diversos elementos de un sistema fotovoltaico es un aspecto fundamental para garantizar su seguridad eléctrica, compatibilidad electromagnética y en gran medida su calidad. Así, el presente apartado da cuenta en la *tabla 2* de la revisión del estado de la técnica de las normas relacionadas de sistemas y elementos, dentro del marco de la IEC (International Electrotechnical Commission), a través de sus diferentes Comités Técnicos, principalmente del TC 82 Solar sistemas de energía fotovoltaica.

**Tabla 2.**

*Normas técnicas internacionales*

<i>Norma técnica internacional</i>	<i>Resumen</i>
<b>IEC 60364-7-712:2017</b>	Se aplica a la instalación eléctrica de sistemas fotovoltaicos destinados a suministrar la totalidad o parte de una instalación.
<b>IEC 62446-1</b>	Define la información y documentación que se debe entregar a un cliente después de la instalación de un sistema fotovoltaico conectado a la red. También describe las pruebas de puesta en servicio, los criterios de inspección y la documentación que se espera para verificar la instalación segura y el funcionamiento correcto del sistema.

---

<b>IEC 62446-2</b>	Describe los requisitos y recomendaciones básicos de mantenimiento preventivo, correctivo y relacionado con el rendimiento para los sistemas fotovoltaicos conectados a la red.
--------------------	---

---

<b>IEC 61724-1</b>	Describe la terminología, los equipos y los métodos para la supervisión y el análisis del rendimiento de los sistemas fotovoltaicos (PV).
--------------------	---

---

<b>IEC 61724-2</b>	Define un procedimiento para medir y analizar la producción de energía de un sistema fotovoltaico específico con el objetivo de evaluar la calidad del rendimiento del sistema fotovoltaico.
--------------------	--

---

Nota: elaboración propia

#### **4.6.2. Ámbito Nacional.**

##### **Estrategia nacional de movilidad eléctrica.**

Hace parte de las herramientas institucionales que dispone el país en materia de reducción de gases adversos para el medio ambiente; contempla la implementación y regulación de nuevas formas de movilidad, dado que el sector del transporte es catalogado como prioritario de intervención. Los aspectos más relevantes de esta estrategia son: “disminución de los aranceles a vehículos de cero y bajas emisiones, incentivos tributarios que impulsen estas formas alternativas y el plan de acción indicativo de eficiencia energética” (Min ambiente, 2019)

Para concluir el documento expresa las debilidades y retos que asume el país en materia movilidad, las carencias tecnológicas representan una oportunidad para la academia de incorporar

conocimientos adquiridos en los procesos de formación técnica y profesional, aportar al avance tecnológico de la nación y contribuir al medio ambiente.

### **Ley 1964 de 2019.**

Firmada el 11 de julio del año 2019, por el Congreso de la República, esta ley no sólo define las consideraciones generales para el uso de los vehículos eléctricos, a su vez describe conceptualmente elementos circundantes a la movilidad eléctrica, en la *tabla 3* se encuentran las definiciones de los conceptos relativos al desarrollo de sistemas de carga propuesto por este proyecto.

### **Tabla 3.**

*Definiciones conceptuales de movilidad eléctrica en la jurisprudencia colombiana.*

<b>CONCEPTO</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>Estación de carga rápida.</b>	Sistema que provee energía para la carga rápida de las baterías de vehículos eléctricos y que cuenta con una potencia de salida superior a 50 kW.
<b>Estación de carga lenta.</b>	Equipo que provee energía para la carga lenta de baterías de vehículos eléctricos y que tiene una potencia de salida entre 7 kW y 49kW.
<b>Zona de parquímetro.</b>	Zonas debidamente demarcadas. Y señalizadas, destinadas para el estacionamiento de vehículos en las vías públicas, previo pago de una tasa de uso a la administración distrital o municipal.
<b>Disposiciones urbanísticas</b>	Las autoridades de planeación de los distritos y municipios de categoría especial, 1, 2 y 3 junto con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, reglamentarán los lineamientos técnicos necesarios para, garantizar que los edificios de uso residencial y comercial, cuya licencia de construcción se radique en legal y debida forma, cuenten con una acometida de electricidad para carga o el repostaje de vehículos eléctricos: Los accesos a la carga deberán contar con las medidas de seguridad necesarias orientadas a que sea el respectivo propietario quien acceda para efectos de asumir el costo del consumo.

Nota: elaboración propia.

**Decreto 191 de 2021**

En este sentido, los decretos complementarios reglamentan partes no específicas de las leyes. El decreto 191 del 23 de febrero de 2020 identifica parqueaderos preferenciales para vehículos eléctricos, esto a través de logotipos (*Figura 11*) y colores que faciliten la visualización y uso de estos. El color definido para el fondo del logotipo de parqueaderos preferenciales para vehículos eléctricos en Colombia es el verde, que en la carta de color RAL corresponde al número 6018, en la carta de PANTONE al 363 y su equivalente en CMYK es C70 MO Y90 KO.

**Figura 11.**

*Logotipo de identificación de zonas de parqueo*



Nota: Logotipo ministerio de transporte. 2019

**Ley 1715 de 2014**

Mediante esta ley se plantea la posibilidad de instalar paneles solares en residencias y exportar excedentes de energía a la red con lo cual se puede obtener un crédito de consumo en otro momento por parte del proveedor de energía eléctrica al usuario. Esta ley se complementa con la resolución 121 del 2017 y mediante la resolución 030 de 2018 de la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas).

**Resolución No. 121 DE 2017 y 030 de 2018, CREG**

La Resolución 121 de 2017 por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el sistema interconectado nacional, establece dos nuevos agentes generadores de energía a pequeña escala:

Auto generador: produce energía para satisfacer principalmente sus propias necesidades, esencialmente un consumidor o usuario de red. Un auto generador a pequeña escala debe tener un potencial de generación menor o igual a 0,1 MW.

Generador distribuido: productor de energía eléctrica, conectado a un sistema de distribución local, esencialmente un vendedor de energía o generador, capacidad definida por la CREG, potencial de generación mayor que 0,1 MW.

Según el decreto, para pequeños generadores, es necesario la implementación de un medidor bidireccional, uno para registrar la importación de energía de la red y otro para la energía exportada después de cubrir el consumo propio, el costo del consumo de red se factura de manera normal según el costo unitario por prestación del servicio. Se concluye esta sección con la identificación de la ausencia de una red de bienes y servicios logísticamente preparados para dar respuesta a una electrificación masiva del transporte.

Los avances en materia de legislar las energías renovables también se enmarcan en un cambio en la agenda internacional y la movilización de recurso en contra del cambio climático, pese a que no hay un conocimiento ciudadano general sobre las ventajas de esta alternativa y aún se está legislando sobre ella; la propuesta contribuye de manera significativa en la consolidación de las motos eléctricas como medios rentables de transporte.

## 5. Metodología

El proyecto se desarrolló implementando una metodología centrada en el usuario donde se establece una descripción de las actividades, las tareas, las técnicas y herramientas por fases para llevar a cabo cada objetivo específico, siguiendo la metodología “Design Thinking”. El pensamiento de diseño tiene como objetivo ofrecer una innovación en la forma de la creación de productos y servicios, está compuesto por etapas: empatizar, definir, idear, prototipar y testear (Luciano Augusto Toledo, 2017). A continuación, una síntesis de cada una de las etapas ejecutadas en el presente proyecto.

### 5.1. Fase 1 empatizar y definir

Con el fin de determinar las características y requerimientos de un sistema de carga diseñado para usuarios de motocicletas eléctricas, y diseñar el concepto de un sistema de asistencia de carga parcial solar, se proponen las actividades planteadas en la *Tabla 4* junto a la metodología para realizarlas y su propósito.

**Tabla 4.**

*Actividad, método y propósito*

ACTIVIDAD	MÉTODO	PROPÓSITO
Análisis de lo existente	Revisión de patentes	Observar la tecnología implementada en sistemas de carga para vehículos usando energía solar
Identificar usuarios	Usuario Arquetipo	Obtener información de la personalidad, entorno, necesidades y deseos.

Identificar ambiente de uso	Observación de campo Recopilación investigación documental	Identificar factores medio ambientales para tener en cuenta para el diseño
Identificar tareas	Observación de campo	Realizar un análisis de las actividades realizadas para definir la secuencia de uso.
Identificar equipos y artefactos	Mapa de interacciones  Matriz de jerarquización de paneles solares	Identificar los puntos de conexión entre los usuarios a lo largo del uso del producto o servicio para mejorar la experiencia -final.  Búsqueda y clasificación de las características y propiedades físicas de las instalaciones fotovoltaicas
Ergonomía del sistema	Ergonomía geométrica	Definir parámetros ergonómicos
Conocer los deseos del usuario	Encuesta Lista de deseos	Identificar manifestaciones de las necesidades, deseos y frustraciones

Nota: elaboración propia.

## 5.2. Fase 2 Idear y prototipar

### Objetivo 2

Implementar un prototipo funcional del sistema auxiliar de carga para vehículos eléctricos con paneles solares fotovoltaicos apto para zonas de parqueo abierto, se proponen las actividades planteadas en la *Tabla 5* junto a la metodología para realizarlas y su propósito.

**Tabla 5.***Actividad, método y propósito, objetivo 2*

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>PROPÓSITO</b>
Concepto de diseño	Moodboard	Arreglo de imágenes, materiales, fragmentos de texto, etc. destinado a evocar o proyectar un estilo o concepto particular
Crear ideas y conceptos	Diseño de enfoque sistemático, matriz morfológica	Subdividir funciones del sistema para elaborar alternativas que puedan ser combinadas
Evaluación y selección de conceptos	Encuesta cerrada Análisis Jerárquico	Seleccionar alternativas jerarquizando criterios de evaluación y desempeño de conceptos
Experimentación de conceptos	Prototipo FAST	Maqueta rápida de la propuesta de diseño para evaluar detalles
Definir materiales	BOM, Análisis de impacto GEI	Esquema de componentes
Ejecutar simulaciones	SolidWorks (simulaciones de tensiones y animación)	Simulación de fuerzas estáticas
Prototipado	Prototipo a escala real	Prototipo escala 1:1 para evaluación y verificación
Diseño detalle del sistema	Modelado de piezas, planos producto	Diseño a detalle del producto final

Nota: elaboración propia.

### 5.3. Fase 3 Testear

#### Objetivo 3

Validar la propuesta de solución en términos de comodidad de uso, protección a la intemperie y facilidad de uso, se proponen las actividades planteadas en la *Tabla 6* junto a la metodología para realizarlas y su propósito.

**Tabla 6.**

*Actividad, método y propósito objetivo 3*

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>PROPÓSITO</b>
Definir objetivos de la prueba	Tabla de objetivos	Planificación de las pruebas, Definir los alcances de las pruebas.
Diseño de las pruebas	Diagrama de actividades	Establecer criterios y procedimientos de evaluación.
Prueba piloto	Análisis en contexto	Prevenir y corregir posibles errores del plan de testeo.
Realizar pruebas	Validaciones y verificaciones.	Recopilar resultados

Análisis de resultados y compilación del proceso	Realizar observaciones de diseño, Tabla de recomendaciones.	Plan de acción para el mejoramiento del sistema
--	---	---

Nota: elaboración propia

## 6. FASE 1: Empatizar y definir

La primera fase del proyecto se encuentra destinada a dar cumplimiento al primer objetivo específico planteado: *establecer características y requerimientos del sistema de carga proyectado, para la recarga de motocicletas eléctricas, según la lista de deseos del usuario.*

Por lo tanto, se llevaron a cabo las actividades por descubrimiento y entendimiento de las principales necesidades del consumidor. A continuación, se presenta la realización de cada una de las actividades y métodos expuestos.

### 6.1. Análisis de lo existente.

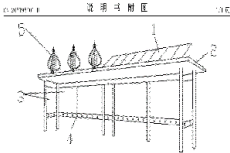
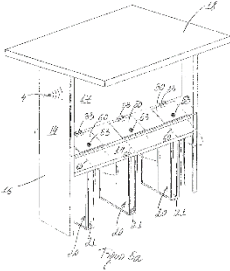
Para la construcción del acervo teórico conceptual que permite cumplir de mejor manera los objetivos específicos y por consiguiente el objetivo general fue necesario identificar las tendencias de la evolución tecnológica en sistemas de carga solar para vehículos eléctricos. Los criterios de selección recaen en la viabilidad de replicarlo, así como su funcionalidad en zonas abiertas donde tiene lugar el sistema auxiliar de carga y los componentes implicados.

Como resultado de la búsqueda en el motor Google patents bajo las palabras claves: “*Solar charging station*”, “*EV (electric vehicle)*” y “*Photovoltaic cell*”, con la ecuación: ((*Solar charging station*) AND (*electric vehicle*)) se obtuvieron 135.293 resultados, como primer filtro se tomó una ventana de observación de ocho años a partir del 2012, como segundo filtro se tomaron los resultados de la sección B 60 (transportes) y la sección H02 (generación; conversión o distribución

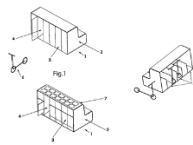
de energía eléctrica) según la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) obteniendo 5.073 resultados, para especificar la búsqueda se agregó a la ecuación el operador booleano “AND” y la palabra “*Photovoltaic cell*” con lo cual la búsqueda se limitó a 109 resultados a los cuales se les aplicaron los criterios de selección para priorizar las cinco patentes que se exponen en la tabla 7 donde se describen las invenciones seleccionadas .

**Tabla 7.**

*Descripción de patentes.*

Nombre Patente	Dibujo	Descripción	Ventajas	Desventajas
1. Solar Electric Car Charging Station		<p>La estación se encuentra conformada de la siguiente forma: comprende un panel solar, una estación de techo de carga, un panel publicitario y una interfaz de carga. La interfaz de carga está dispuesta debajo del tablero publicitario.</p>	<p>La estación de carga se puede instalar en el borde de la carretera, puede cargar vehículos y motocicletas eléctricos.</p> <p>La interfaz carga cuatro puntos para motocicletas eléctricas.</p>	<p>Aumento del costo de producción con respecto a una estación fotovoltaica convencional</p>
2. Charging Station for Electric Bicycle		<p>Estación para una bicicleta con un cuadro en el que se incluye un dispositivo de sujeción para sujetar una bicicleta eléctrica y compartimentos conectables con una puerta para cada toma de corriente.</p>	<p>Ventajosamente, la tapa puede tener un bloqueo para proteger el interior del dispositivo, en particular en el área de puerto contra acceso no autorizado.</p>	<p>Una de las desventajas es que no se encuentra lo suficientemente protegido contra el clima. Además, el dispositivo de carga no proporciona medidas para asegurar la bicicleta contra el robo.</p>

3. Urban Bench for Parking and Charging Vehicles



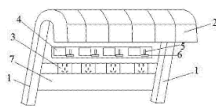
Tiene como propósito proporcionar medios para alojar y / o cargar vehículos eléctricos, resolviendo así su integración en espacios públicos o establecimientos, proporcionando un banco que también se puede usar para sentarse.

El banco está destinado al sector del transporte eléctrico, así como al sector del mobiliario urbano.

Protege al vehículo del mal tiempo, así como vandalismo o robo.

El espacio disponible para la instalación de paneles fotovoltaicos es insuficiente por lo cual requiere apoyo de la red eléctrica convencional.

4. Solar charging station suitable for electric motor car

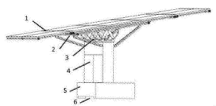


El modelo de utilidad revela una estación de carga solar para automóviles eléctricos, incluye: el bastidor de soporte, que se instala en el módulo de energía de la celda solar en la parte superior del bastidor de soporte y la sección transversal con estructura de arco.

Incluye una pluralidad de enchufes que cargan la batería de las conexiones eléctricas, instalan el dispositivo de visualización e insertan los dispositivos de monedas en la parte principal del bastidor de soporte.

La curvatura de arco reduce el rango de captación solar de los paneles.

5. A kind of movable solar energy charging device



Este modelo de utilidad proporciona: un mecanismo de unión del panel, mecanismo de rotación del panel de la celda, mecanismo de soporte intermedio y soporte de soporte inferior.

Este dispositivo, mediante un sistema de control de baja tensión, puede controlar el proceso de carga y descarga de la batería de almacenamiento de energía. Puede ajustar el ángulo en el lado soleado y tiene un diseño especial de transporte móvil para carretilla elevadora en la parte inferior que facilita el movimiento del dispositivo.

El dispositivo requiere de un mantenimiento constante para mantener la precisión de los componentes. Se requiere de una grúa de carga para mover el sistema completo.

Nota: 1. Sun Changchun. (2015). 2. Anmelder Gleich. (2012). 3. Santiago Hernández. (2018) 4. Jiang

Fuyang. (2015). 5. Yan Zhao Xiaoyu. (2016).

El análisis de la tecnología existente concluye en primer lugar que las estructuras de carga vehicular son desarrolladas como parte del mobiliario urbano. Eso significa que además de suministrar energía eléctrica a los vehículos las estaciones de carga pueden integrar servicios adicionales dirigidos a la comunidad en general como por ejemplo bancas o casilleros.

En segundo lugar, el análisis determinó que en la mayoría de las estaciones de carga las cubiertas son insuficientes para proteger los vehículos de las condiciones climáticas, como el sol intenso y las lluvias.

Por último, el sistema de cobro utilizado para el servicio de energía eléctrica en las estaciones de carga tiene diferentes alternativas, como, por ejemplo: datáfono para tarjeta de crédito y débito, pago con dinero (monedas) para facilitar el acceso al tomacorriente, cobro por aplicativo del teléfono móvil y uso de una tarjeta de recarga específicamente para el sistema. Entre estas alternativas el pago con monedas resulta ser el método más sencillo de aplicar debido a que no requiere de uso de conectividad ni servicios bancarios, y puede integrarse en el sistema para uso público o privado.

## **6.2 Identificar usuarios**

A partir de la observación de los integrantes al club de motos eléctricas de Colombia, se seleccionaron 46 perfiles de la ciudad de Bucaramanga, hombres y mujeres, para la definición del usuario arquetipo. Se recopilaron los aspectos relevantes relacionados con los patrones de comportamiento, motivaciones, objetivos y frustraciones para representar en una persona ficticia el usuario de interés en el sector de estaciones de carga eléctrica.

El análisis de los perfiles dio como resultado una edad promedio entre los 30-40 años, con un nivel de educación profesional, motivados por el cuidado del medio ambiente y el uso de nuevas tecnologías, son personas con trabajos de tiempo completo preocupados por aspectos económicos, legales y medio ambientales.

El usuario ficticio definido para la presente investigación representado gráficamente en la *Figura 12* es una persona de 32 años que trabaja en jornada de ocho horas diarias, es casado con hijos y usa la moto eléctrica como medio de transporte para dirigirse de su casa al trabajo a diario, realiza un recorrido de 15 kilómetros en promedio por día y parquea su moto en un estacionamiento privado mientras trabaja, este usuario solo puede recargar su moto en el parqueadero del conjunto residencial donde vive usando una extensión eléctrica. Constantemente requiere de transportar a su esposa o a sus hijos y gusta de realizar largos recorridos los fines de semana, pero se ve limitado por la autonomía de su moto. A partir de esta etapa el desarrollo de la propuesta de investigación estará basado en el usuario arquetipo anteriormente definido.

**Figura 12.***Perfil del usuario*

	<b>NOMBRE:</b> Jorge Lopez
	<b>EDAD:</b> 32
	<b>NIVEL EDUCATIVO</b> Profesional
	<b>OCUPACIÓN:</b> Gerente de producto: Asesor de producto Ingreso mensual : 3'000.000.
<b>BIOGRAFÍA:</b> Lugar de nacimiento: Bucaramanga, Ingeniero Industrial egresado de la Santo Tomás. -Unión libre -1hijo	<b>OBJETIVOS:</b> -Estudiar una especialización - Ascender en su trabajo -Mejorar su nivel de inglés -Dar una buena educación a su hijo
<b>MOTIVACIONES</b> -Viajar a otros países -Obtener mejores ingresos -Tener casa propia -Viajar los fines de semana en su moto	<b>FRASE:</b> Trabajar para poder establecer una estabilidad económica y viajar en mi moto para conocer Colombia.
<b>FRUSTRACIONES:</b> -Descontento con el gobierno, por el desvío de recursos -Preocupado con la situación actual del país y el mundo -Quería viajar a Estados Unidos y no puede por el coronavirus -No le alcanza el dinero	

*Nota: elaboración propia.*

### 6.3 Identificar ambiente de uso

El gobierno nacional mediante los Ministerios de Transporte, Minas y de Ambiente sancionó el Decreto 191 del 23 de febrero de 2021 que reglamenta la identificación de parqueaderos preferenciales para los vehículos eléctricos. Según el Decreto los lugares habilitados podrán disponer de infraestructura de carga, acorde a la capacidad proyectada de suministro de energía eléctrica.

Así mismo es importante resaltar que según la Ley 1964 de 2019 en el artículo 7 se establece que: *“las entidades públicas y los establecimientos comerciales que ofrecen al público sitios de parqueo deberán destinar un porcentaje mínimo del dos por ciento (2%) del total de plazas de parqueo habilitadas, para el uso preferencial de vehículos eléctricos”*.

Con base en esta reglamentación en algunas ciudades de Colombia se ha proyectado la ampliación de las zonas de parqueo preferencial para vehículos eléctricos y estaciones de carga; en la ciudad de Medellín las celdas de las Zonas de Estacionamiento Regulado (ZER) disponen de 43 celdas para carros eléctricos y 21 para motocicletas eléctricas. Para el caso de Bucaramanga existen dos plazas de parqueo y recarga para vehículos eléctricos, una ubicada en el Centro Comercial Cacique y en la estación de servicio ubicada en la carrera 21 con calle 45.

Los propietarios de vehículos eléctricos pueden identificar los sitios de ubicación de electrolinerías y puntos de conexión eléctrica que se encuentran identificados mediante un recuadro verde con un pictograma de la letra P encerrado en un círculo blanco con una forma de enchufe, ese espacio es para su uso exclusivo, como se puede ver en la Figura 13.

**Figura 13.**

*Parqueaderos públicos para vehículos eléctricos en Medellín, Antioquia.*



Nota: Tomado de sitio web el colombiano

Lo anteriormente expuesto concluye que el sistema de carga auxiliar para motos eléctricas debe ser adaptable a las plazas de parqueo preferenciales en espacios abiertos, y permitir la visibilidad de la debida señalización, así mismo el sistema de carga está proyectado a establecimientos con disponibilidad de área, para que cuenten con puntos de conexión vehicular y hagan cumplimiento del porcentaje de plazas preferenciales estipuladas por el gobierno.

**6.4 Tareas del usuario.**

Para identificar las tareas del usuario al momento de cargar una moto eléctrica, se tomó como base el videotutorial educativo para conectar una moto eléctrica a un tomacorriente doméstico de 120 V, realizado por la tienda de motocicletas eléctricas, *Electrika Colombia* (Ubicada en la ciudad de Bogotá). La secuencia de pasos definida para la conexión de la moto a la red eléctrica es la siguiente: en la primera tarea (Figura 14) el usuario dispone del cargador del vehículo, el cual se encuentra guardado en el espacio debajo del asiento de la moto.

**Figura 14.**

*Secuencia de uso*



Nota: tomado del Canal de YouTube Electrika Colombia.

En la segunda tarea (Figura 15) se realiza una conexión del cable cargador a la moto eléctrica por medio de un enchufe macho-hembra.

**Figura 15.**

*Secuencia de uso tarea 2.*



Nota: tomado del Canal de YouTube Electrika Colombia.

Para la tercera tarea (Figura 16) el cargador se conecta al enchufe doméstico de 110V tipo B. En promedio el tiempo de carga puede durar de 6 a 8 horas, una vez realizada la carga completa

se desconecta el cargador del tomacorriente, si se mantiene el cargador conectado por más tiempo del necesario puede ocasionar daños en la batería del vehículo, en caso de generar una sobrecarga.

### **Figura 16.**

#### *Secuencia de uso tarea 3*



Nota: tomado del Canal de YouTube Electrika Colombia.

### **6.5 Identificación de equipos y artefactos.**

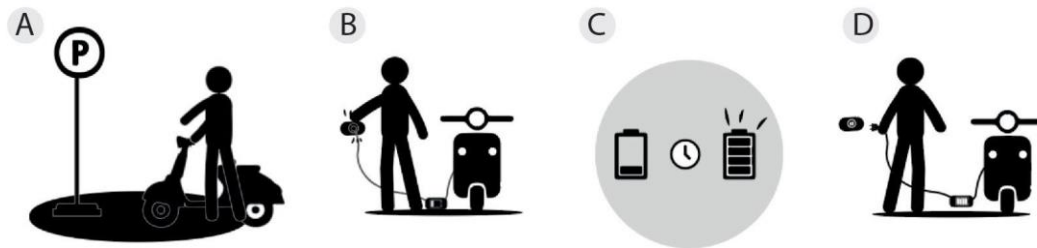
El mapa de interacciones es una herramienta visual usada en el proceso del pensamiento de diseño donde se relaciona a los usuarios principales y secundarios con sus respectivas tareas, las operaciones, funciones y elementos que tienen relación con la solución potencial, esto tiene como fin de identificar los puntos de conexión entre los usuarios y el uso del producto habilitando una comprensión profunda de donde se construye la experiencia del cliente.

En este sentido, una descripción de las partes que interactúan en el mapa está conformado por las entradas y salidas requeridas para el funcionamiento del sistema, para el caso de estudio es necesario el ingreso de la energía fotovoltaica que será transformada por el sistema, como resultado se obtendrá la energía eléctrica necesaria para recargar la motocicleta.

El objetivo del sistema es recargar parcialmente las motos eléctricas cuando se encuentren parqueadas. El usuario que va a estar en constante contacto con el sistema es el motociclista, ya que va a ser quien tiene la necesidad de recargar su vehículo. Operaciones del usuario primario: Conectar la moto en el sistema, esperar a la carga deseada, pago por el consumo de la corriente y finalmente desconectar la moto del sistema, ver Figura 17.

**Figura 17.**

*Operaciones usuario*



*Nota: elaboración propia.*

Los usuarios secundarios son los encargados de la instalación, mantenimiento y la limpieza que van a estar presentes en una o varias ocasiones necesarias para el correcto funcionamiento con el sistema. Las operaciones del usuario secundario son: realizar el mantenimiento preventivo de la red eléctrica, realizar la limpieza de los paneles, ver Figura 18.

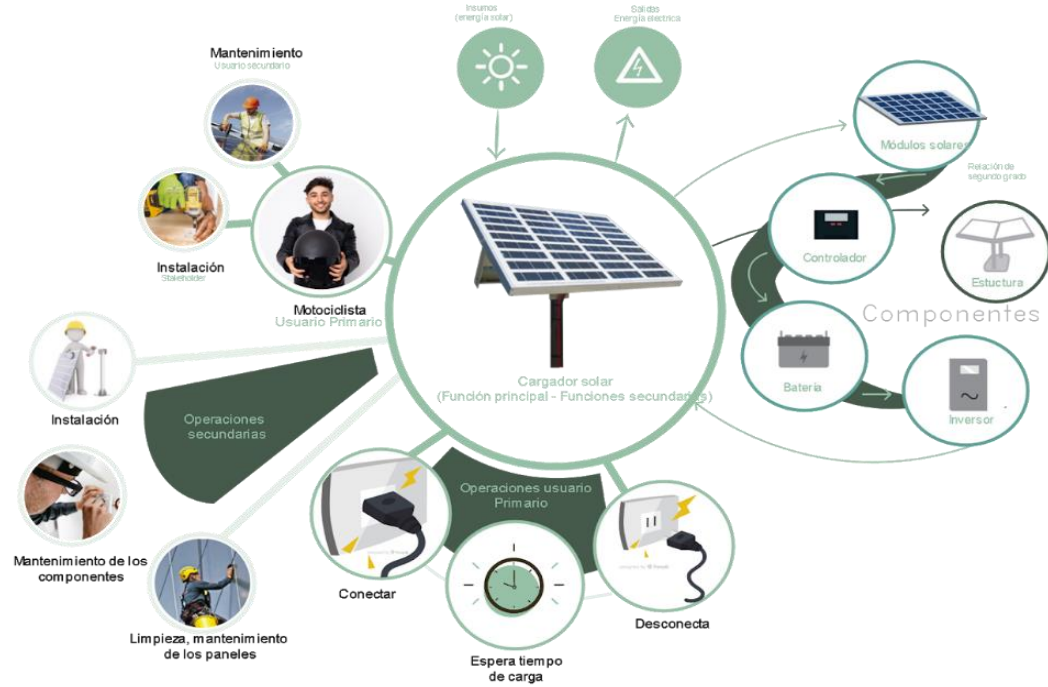
**Figura 18.***Mapa de interacciones*

En los elementos que están directamente relacionados con la función principal del sistema se encuentran los comandos y señalizaciones, los cuales requieren de una comprensión directa con el usuario para el correcto uso del sistema. De igual importancia las partes que son necesarios para el funcionamiento como la estructura también se encuentran directamente relacionadas con la función principal del sistema y cubren funciones de protección a la intemperie.

La relación en segundo grado son elementos que no son necesarios para su funcionamiento sin embargo son elementos que a partir de la identificación de necesidades del usuario pueden generar un grado de satisfacción mayor con el producto, como lo es la sombra o un contador de energía eléctrica, ver Figura 19.

**Figura 19.**

*Mapa de interacciones*



Nota: elaboración propia.

## **6.6 Búsqueda y clasificación de las características y propiedades físicas de las instalaciones fotovoltaicas**

Método: Matriz análisis jerárquico

Para el diseño de la instalación de un sistema fotovoltaico es necesario definir cuáles son los paneles adecuados para el consumo de energía de la moto eléctrica. En la selección de los paneles se definieron cuatro criterios para tener en cuenta: potencia, eficiencia, peso y precio de los paneles. Por medio de la metodología del análisis jerárquico, desarrollada por Thomas L. Saaty (The Analytic Hierarchy Process, 1980), se proporcionó las evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada criterio, el resultado de este método es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada panel, de manera que se pueda encontrar el equilibrio entre diseño, producción, consumo y costos.

Los criterios que se tomaron para la comparación fueron cuatro: la potencia de salida en condiciones nominales, la eficiencia del módulo solar, el peso y finalmente el precio. Conocer la potencia que produce un panel sirve para garantizar que el panel podrá proporcionar suficiente energía para impulsar el sistema, por otro lado, la eficiencia hace una gran diferencia en el área de instalación que se requiere debido a que los espacios de parqueo son limitados los paneles de mayor eficiencia requiere menos área.

El peso del panel es un criterio que va a influir en el diseño de modo que a mayor peso la estructura va a ser más pesada y a menor peso la estructura será más liviana lo que permite un diseño más versátil. Para finalizar el precio de los paneles es un factor que, aunque no es el más importante, se toma en cuenta con la finalidad de lograr un equilibrio entre los anteriores criterios y el costo del panel.

La importancia de cada uno de los criterios se establece con una matriz de comparación pareada con una escala de valores de 1 a 9 para calificar las preferencias relativas de dos elementos donde se califica cada criterio para establecer la importancia de cada uno. La comparación de cada criterio y su importancia relativa se encuentra en la matriz de comparación en la Tabla 8.

El criterio más importante, la potencia porque es el requerimiento que requiere la moto eléctrica para ser recargada, le sigue la eficiencia puesto que hace una gran diferencia en la cantidad de área de instalación requerida, en tercer lugar, el peso del panel que es un factor que puede determinar una estructura más liviana y menos invasiva en las zonas de parqueo y por último el precio que es un criterio de importancia para la realización de un diseño factible. El proceso del análisis jerárquico se puede observar en el anexo 2.

**Tabla 8.**

*Matriz de comparación de criterios*

	Potencia	Eficiencia	Peso	Precio	MATRIZ NORMALIZADA				PONDERACIÓN
Potencia	1	3	3	5	0,54	0,66	0,42	0,31	0,48
Eficiencia	1/3	1	3	5	0,18	0,22	0,42	0,31	0,28
Peso	1/3	1/3	1	5	0,18	0,07	0,14	0,31	0,18
Precio	1/5	1/5	1/5	1	0,11	0,04	0,03	0,06	0,06
TOTAL	1,87	4,53	7,20	16,00					

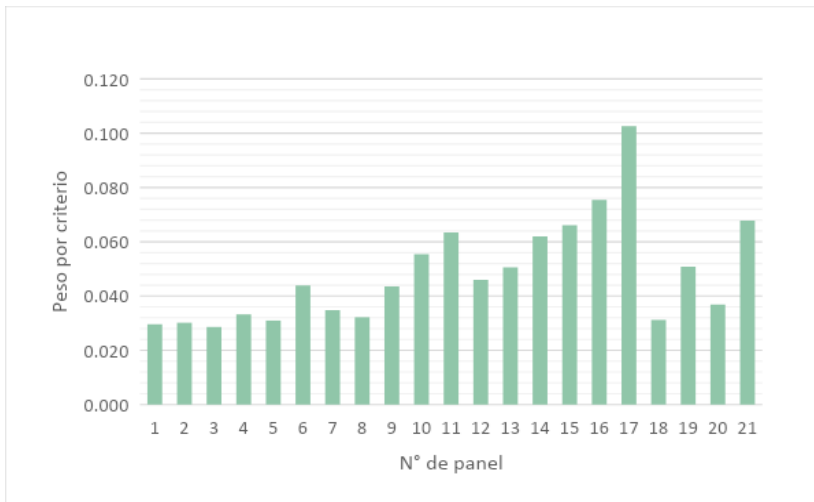
Nota: elaboración propia

Basados en los criterios expuestos en la Tabla 8 y la comparación de las características de los paneles, ver anexo 3, en la figura 20 se observan los paneles que tienen mayor prioridad en base a los criterios de evaluación. Los tres paneles seleccionados para la generación de alternativas

son los paneles (16) Talesun Mono, (17) Mono ZNSHINE, ETFE y (21) semi flexible solar, las características de cada panel seleccionado son señaladas en la Tabla 9.

**Figura 20.**

*Priorización de paneles*



Nota: elaboración propia.

**Tabla 9.**

*Paneles seleccionados para la generación de alternativas.*

Panel #	Marca	Potencia (W)	Eficiencia %	Peso (kg)	Dimensiones (mm)	Precio
16	Talesun Mono	405	19,7	26,8	2031 x 1011 x 30	\$ 565.000
17	Mono ZNSHINE	430	19,67	24	2082 x 1002 x 35	\$ 619.000

21	ETFE semi flexible solar	180	21,2	7,15	1510 x 670 x 5	\$ 1.400.000
----	--------------------------	-----	------	------	----------------	--------------

Nota: elaboración propia

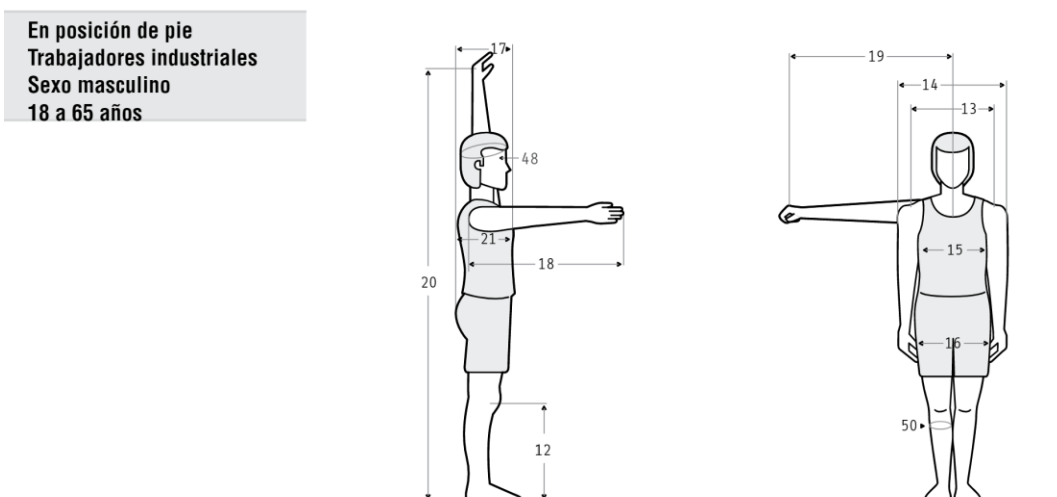
### 6.7 Ergonomía del sistema

Las variables antropométricas tomadas en cuenta en el diseño del sistema de carga para motos eléctricas están vinculadas a los análisis realizados en la sección *tareas del usuario e identificación de equipos y artefactos*.

Se determinó que las variables antropométricas más importantes para el desarrollo del sistema están relacionadas con la tarea de conexión del cargador de la motocicleta y el mantenimiento del sistema fotovoltaico. A partir de estas afirmaciones se sugirió el estudio de Dimensiones Antropométricas de Población Latinoamericana (Avila Chaurand, Rosalío. 2007). Dentro de este marco se tomaron como referencia las medidas en posición de pie de trabajadores de sexo masculino entre los 18 a 65 años, como se puede observar en las figuras 21, 22, 23 y 24.

**Figura 21.**

*Medidas en posición de pie de la población masculina de 18 a 65 años.*



Nota: tomado de Dimensiones antropométricas de población latinoamericana (p.99) por Rosalio Ávila, Lilia Prado, Elvia Gonzales, 2007, Universidad de Guadalajara.

**Figura 22.**

*Percentiles en posición de pie de la población masculina de 18 a 65 años.*

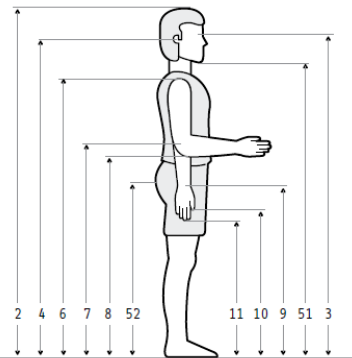
Dimensiones		18 - 65 años (n=396)				
		$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
12	Altura rodilla	478	28.76	434	476	526
13	Diámetro máx. bideltóideo	478	41.17	422	472	544
14	Anchura máx. cuerpo	523	41.34	455	520	596
15	Diámetro transversal tórax	342	34.12	293	338	398
16	Diámetro bitrocantérico	342	22.69	310	341	387
17	Profundidad máx. cuerpo	275	37.45	219	272	323
18	Alcance brazo frontal	748	37.32	590	648	810
19	Alcance brazo lateral	709	81.50	581	738	818
20	Alcance máx. vertical	2042	113.57	1900	2043	2200
21	Profundidad tórax	238	28.32	196	235	287
48	Perímetro cabeza	569	18.13	540	568	596
50	Perímetro pantorrilla	365	33.78	315	362	420

Nota: tomado de Dimensiones antropométricas de población latinoamericana (p.69) por Rosalio Ávila, Lilia Prado, Elvia Gonzales, 2007, Universidad de Guadalajara.

**Figura 23.**

*Medidas antropométricas de la población masculina*

En posición de pie  
Trabajadores industriales  
Sexo masculino  
18 a 65 años



Nota: tomado de Dimensiones antropométricas de población latinoamericana (p.72) por Rosalio Ávila, Lilia Prado, Elvia Gonzales, 2007, Universidad de Guadalajara.

**Figura 24.***Percentiles antropométricos de la población masculina*

Dimensiones		18 - 65 años (n=396)				
		$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
1	Peso (Kg)	73	12.33	55.31	72.10	97.30
2	Estatura	1675	62.80	1576	1668	1780
3	Altura de ojos	1550	61.80	1447	1546	1651
4	Altura oído	1538	63.70	1439	1534	1635
6	Altura hombro	1380	58.49	1281	1377	1477
7	Altura codo	1068	55.02	988	1065	1145
8	Altura codo flexionado	969	40.81	906	969	1046
9	Altura muñeca	825	39.49	757	822	919
10	Altura nudillo	740	43.56	680	740	800
11	Altura dedo medio	639	35.31	584	638	697
33	Diámetro a-p cabeza	198	8.98	182	194	205
51	Altura mentón	1442	61.20	1337	1440	1544
52	Altura trocánter may.	873	44.61	810	872	940

Nota: tomado de Dimensiones antropométricas de población latinoamericana (p.72) por Rosalio Ávila, Lilia Prado, Elvia Gonzales, 2007, Universidad de Guadalajara.

Estas dimensiones antropométricas deberán tomarse en cuenta junto con los siguientes principios de diseño.

Principios para considerar en el diseño del sistema auxiliar de carga para motocicletas:

- Estatura, percentil noventa y cinco (1780 mm): Considerar a los más altos para mantener una posición erguida mientras se hace uso del sistema.
- Altura de hombros, percentil cinco (1281 mm): Evitar alcances arriba de la altura de los hombros.
- Estatura del codo flexionado, percentil noventa y cinco (1046 mm): Colocar el punto de conexión del cargador a la altura del codo para mantener la posición de la espalda erguida.
- Altura de ojos, percentil noventa y cinco (1651 mm): Considerar a los más altos para la visualización de instructivos o ayudas visuales.

- Alcance máximo vertical, percentil noventa y cinco (2200 mm): Garantizar que una persona por sí misma no haga contacto con los paneles solares para mantener la seguridad del sistema fotovoltaico.

A partir de esto se determinó que la altura del sistema debe ser mayor a 2200 mm para que los usuarios puedan moverse con libertad en posición de pie y evitar contactos con el sistema de paneles fotovoltaicos, así mismo la altura para el punto de conexión no debe ser menor de 1046 mm para que el usuario mantenga la posición de la espalda erguida al momento de conectar el cargador de la moto.

### **6.8 Entender necesidades**

Para entender las necesidades de los usuarios se empleó la metodología de diseño y desarrollo de productos de Ulrich y Eppinger, la cual consiste en interpretar los enunciados del usuario en términos de necesidades interpretadas para posteriormente dar paso a la elaboración de la lista de requerimientos. En esta etapa se realizó una encuesta descriptiva a una muestra por conveniencia, tomada del grupo de telegram *Moto-e Colombia* que cuenta con 292 miembros a quienes se invitó a participar, de los cuales se obtuvo una respuesta de diecisiete usuarios del grupo, por medio de un formato virtual, se obtuvieron ciento dos respuestas, así pues, se pueden observar en el Anexo 4. El objetivo de la encuesta es determinar las necesidades del usuario basado en las actividades diarias del mismo y definir los problemas o molestias al momento de cargar la moto.

Al analizar los resultados de los enunciados se interpretan las necesidades de los usuarios y se organizaron las respuestas por categorías, así pues, se estableció un orden jerárquico según la frecuencia en las que se encontraron necesidades semejantes y posteriormente se elaboró un listado que se observa en la Tabla 10.

**Tabla 10.**

Lista de necesidades de los usuarios y su importancia relativa

<b>Necesidad interpretada</b>		
Protección de la lluvia y sol al vehículo	+ + + + + + + + +	9
Seguro antirrobo de los cargadores y de la moto.	+ + + + + + + + +	9
El SACS cuenta con tomacorrientes al alcance en la zona de parqueo	+ + + + + + +	7
El tiempo de carga del SACS no debe ser más lento que la carga en casa	+ + + +	4
El SACS cuenta con una forma de geolocalización	+ + +	3
El SACS tiene integrado un contador para el consumo de energía	+ + +	3
El SACS cuenta con diferentes entradas de enchufe	+ + +	3
El SACS tiene un espacio para esperar la carga.	+ +	2
El SACS implementa un sistema de cobro variado	+ +	2
El SACS tiene un sistema para medir el consumo	+	1
El SACS puede cargar solo baterías	+	1
Estructura de soporte adaptable a parqueaderos convencionales	+	1
El SACS tiene un regulador de carga	+	1
El SACS cuenta con indicadores de uso	+	1
El SACS programa el tiempo de carga	+	1
El SACS garantiza un el amperaje mínimo de carga	+	1
El SACS tiene un puesto de venta de baterías	+	1
Espacio suficiente para la acomodación de la moto	+	1
Designación de espacio para guardar elementos personales.	+	1

*Nota: Elaboración propia.*

Se utilizó el modelo Kano para identificar la relación entre la funcionalidad del producto y la satisfacción que el requerimiento les brinda a los usuarios. Un requerimiento es atractivo si los

clientes lo valoran cuando está presente, aunque no noten su ausencia. Es obligatorio si su ausencia provoca insatisfacción, aunque su presencia se dé por hecha y no se valore especialmente. Es unidimensional, finalmente, si aumenta la satisfacción del cliente de modo aproximadamente lineal con el aumento de su funcionalidad. Con el fin de clasificar las características generales del producto a diseñar, se realizó una encuesta a 15 motociclistas que participaron de forma voluntaria, se seleccionaron cinco atributos que se consideraron principales rasgos para el proyecto generadas a partir de los requerimientos, las cuales se evaluaron por el método KANO para ser clasificados según como hayan sido los resultados de la encuesta realizada. Los atributos a tener en cuenta son la protección para la moto, extensión de recarga, medidor de energía consumida, ubicación a través de Sistema de Posicionamiento Global, y el sistema de cobro. Las respuestas fueron interpretadas y condensadas en la *Tabla 11* en base a las 6 categorías: unidimensional/obligatorio (U), atractivo (A), básico (B), indiferente (I), inversa (R) y cuestionable (Q).

**Tabla 11.**

*Calificación de atributos.*

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO	SUMATORIA DE CRITERIOS							Categoría KANO
	A	O	M	R	Q	I	Total, respuestas	
Incorporan una cubierta de protección para la moto	6	0	0	0	1	8	15	Indiferente
Agregar una extensión para la recarga	9	0	0	0	1	5	15	Atractivo
Integrar un medidor para visualizar la cantidad de energía consumida	5	0	0	0	0	10	15	Indiferente
Agregar ubicación del punto de recarga a través de Sistema de Posicionamiento Global	10	0	0	0	0	5	15	Atractivo

<b>Incorporar un sistema de cobro digital</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>Indifere nte</b>
---	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-------------------------

*Nota: Elaboración propia.*

La calificación del método Kano señala que los atributos propuestos; agregar una extensión para la recarga y agregar ubicación del punto de carga a través de un sistema de posicionamiento, son atractivos para el usuario.

Asimismo, los resultados también concluyen que; incorporar una cubierta de protección para la moto, integrar un medidor para visualizar la cantidad de energía consumida e incorporar un sistema de cobro digital, son indiferentes para el usuario, se entiende entonces que pueden ser considerados necesarios, pero no son de obligatorio cumplimiento para satisfacer las necesidades del usuario.

### **6.9 Requerimientos para el sistema de carga eléctrica.**

Los requerimientos trazados para el sistema de carga auxiliar solar (SACS) están basados en el entendimiento de las necesidades del usuario verificadas en la fase 1. Este diseño clasifica sus requerimientos en: requerimientos de uso, requerimientos de función y requerimientos técnicos. Los requerimientos de uso se refieren a la relación directa entre el producto y el usuario, clasificados en practicidad y ergonomía. La segunda categoría de requerimientos de función refiere a los principios físico químico-técnicos de funcionamiento del producto. Clasificados en resistencia y confiabilidad. Los requerimientos técnicos se refieren a los relacionados con los estándares de seguridad necesarios para la puesta en marcha del sistema.

**Tabla 12.***Requerimientos de uso*

<b>Clasificación</b>	<b>Necesidad</b>	<b>Requerimiento</b>
<b>Practicidad</b>	Fácil conexión de la moto al sistema de recarga	Indicadores y símbolos reconocibles
	Sistema localizable de forma digital	Acceso público a coordenadas de ubicación por sistema de geolocalización
<b>Ergonomía</b>	La posición del tomacorriente es cómoda	Postura cómoda del usuario
		Altura de los controles

Nota: elaboración propia.

**Tabla 13.***Requerimientos de función*

<b>Clasificación</b>	<b>Necesidad</b>	<b>Requerimiento</b>
<b>Resistencia</b>	Protección del vehículo de las condiciones climáticas.	Protección a la luz solar
		Protección a la lluvia
<b>Confiabilidad</b>	Indicar paso de energía	Señal de funcionamiento del sistema
	Protección del cargador	Ubicación segura del cargador

**Tabla 14.***Requerimientos Técnicos*

<b>Clasificación</b>	<b>Necesidad</b>	<b>Requerimiento</b>
<b>Técnico</b>	Resiste a la fuerza del viento	Anclaje y sujeción adecuado para soportar la carga máxima posible del viento
	Capacidad de carga igual al de una conexión doméstica	Carga con corriente alterna de tensión 120 V
	Evitar daños en el vehículo eléctrico por tormenta eléctrica	Conexión a tierra del sistema

Nota: elaboración propia.

## **7. FASE 2: Idear y Prototipar**

La segunda fase evidencia el cumplimiento del segundo objetivo específico “*implementar un prototipo funcional del sistema auxiliar de carga para vehículos eléctricos con paneles solares fotovoltaicos apto para zonas de parqueo abierto*”.

### **7.1 Tablero conceptual y de inspiración**

Para el cumplir el requerimiento de practicidad, confiabilidad y ergonomía se buscó un concepto minimalista donde se reducen los elementos a lo esencial, renunciando a todo aquello que no aporte al cumplimiento de los requerimientos y a la usabilidad del producto para facilitar la comprensión y composición de la estructura. A su vez se pretende que el diseño luzca novedoso evocando la sensación de modernidad.

Los materiales a utilizar responden a sus funcionalidades, en primer lugar se planteó el uso de paneles solares pues es la base del proyecto, la tecnología solar es usualmente de color *azul*

*clásico* y de textura lisa. Posteriormente se propuso el acero como material estructural por sus propiedades de resistencia, durabilidad, sostenibilidad y la facilidad para su mantenimiento.

Igualmente los colores son parte fundamental de lo que se desea expresar por lo tanto como fuente de consulta se tiene al libro de Eva Heller “*Psicología del color: Cómo actúan los colores sobre los sentimientos y la razón*” donde se presenta el color plateado relacionado a los metales como el cromo, el níquel, el titanio, asociado con lo original, lo elegante, con la velocidad, lo funcional y la modernidad y comúnmente utilizado en marcas de tecnología y automoción como Mercedes-Benz, Audi, Jaguar, Apple entre otros.

Por otro lado, el color blanco desde hace tiempo ha sido usado en los edificios por sus propiedades para reflejar la luz es el color más frío posible, que puede ser usado para proteger el sistema del calor producido por la radiación solar, una de las asociaciones según Eva Heller, es la representación del vacío de aquello carente de materia, es ligero y siempre va a ser un color moderno.

Por lo tanto, en el tablero conceptual se hace una representación visual de la idea conceptual del producto en la Figura 25, que reúne los elementos anteriormente mencionados con la finalidad de crear una representación que los lineamientos estéticos afines con los requerimientos del diseño.

**Figura 25.***Tablero conceptual*

Nota: elaboración propia.

El tablero de inspiración, ver *Figura 26*, es una herramienta creativa con la cual es posible crear una visualización rápida del enfoque de diseño. Para dar comienzo al proceso de ideación se tomó como inspiración imágenes de estructuras arquitectónicas que fueran estables, estilizadas y que combinarán las curvas con las rectas de forma equilibrada, así mismo también se tomó como referente elementos de la naturaleza como el diente de león por su apariencia ligera y delicada dentro de una estructura compleja generando una sensación armónica a la vista.

**Figura 26.***Tablero de inspiración*

Nota: tomado del sitio web Pinterest.

## 7.2 Crear ideas y conceptos

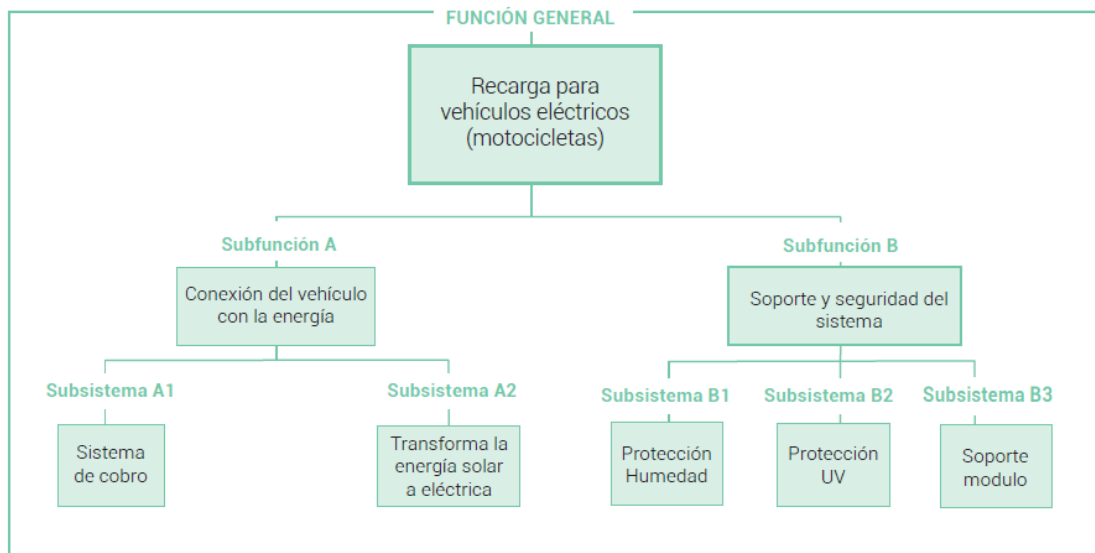
Para la fase de generación de alternativas se tomó como principio la metodología de diseño de enfoque sistemático planteada por Pall Beitz (2013), para obtener soluciones concisas que integren el conjunto de funciones del sistema, se empieza por determinar la función general del sistema a diseñar, dividiendo en subfunciones y estas en subsistemas. Así con el sistema de subfunciones apropiadamente definidas se puede empezar a generar alternativas y buscar soluciones, desarrollando conceptos de diseño mejor fundamentados.

La función principal del sistema es poder recargar el sistema de baterías de una moto eléctrica para que llegue corriente al vehículo, en consecuencia, para poder suministrar la corriente se tienen dos subfunciones que son complementarias con la función principal. En primer lugar, se tiene la conexión del vehículo con la energía eléctrica (subfunción A), que asimismo se subdividió en dos partes, el subsistema A1 que es el sistema de cobro y subsistema A2 que es el sistema fotovoltaico de transformación de la energía solar a energía eléctrica.

En segundo lugar, está el soporte de la estructura y la seguridad del sistema (subfunción B) el cual está dividido en tres partes, el subsistema B1 protección a la humedad, el subsistema B2 protección al sol y el subsistema B3 soporte del módulo. A continuación, en la *Figura 27* se muestra el esquema de la división por funciones y subsistemas.

**Figura 27.**

*Diagrama de funciones*



Nota: elaboración propia

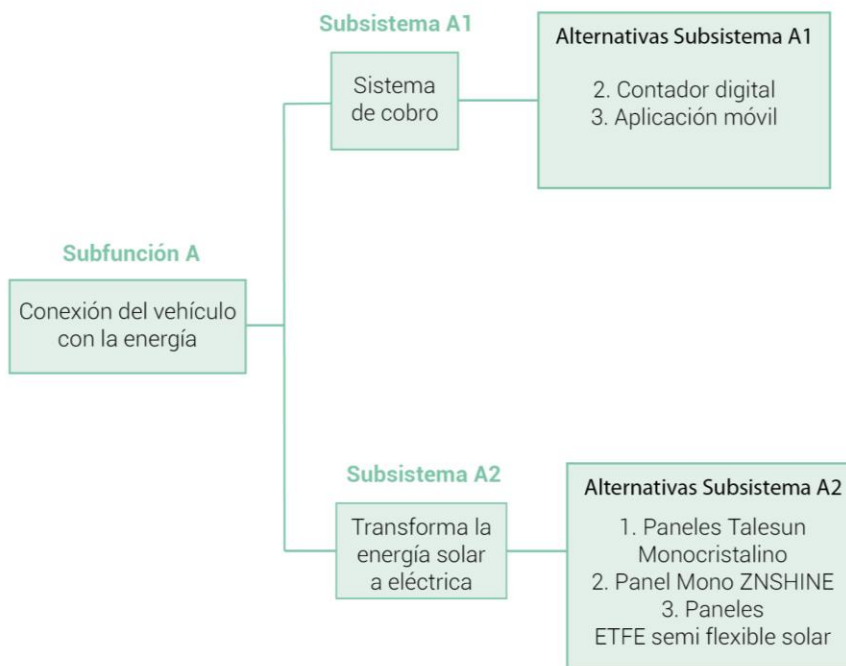
### Subfunción A: Conexión del vehículo con la energía

En esta sección se tiene la conexión eléctrica que se encuentra conformada por el sistema fotovoltaico encargado de captar la energía solar para transformarla en energía eléctrica y el control de suministro de energía que debe proporcionar una conexión segura para el usuario y el vehículo, ver *Figura 28*.

Por otra parte, se plantearon opciones confiables de información para gestionar el cobro por la energía suministrada, en el caso que sea requerido un sistema de tarifa dirigido al usuario.

### Figura 28.

*Diagrama Subfunción A*



Nota: elaboración propia.

**Subsistema A1: Sistema de cobro.** En Colombia las personas o empresas pueden producir y vender su propia energía generada con fuentes renovables como la solar.

Para estandarizar los cobros por el uso del sistema de recarga se plantearon dos alternativas de solución acordes con el mercado actual. La primera alternativa es un sistema por contador digital que indica la energía consumida y el costo generado. La segunda alternativa consta de un aplicativo para teléfono móvil que indique al usuario en tiempo real cuánta energía ha consumido y el total a pagar.

### **Subsistema A2: Transformar la energía solar a eléctrica**

Para captar luz solar y transformarla en corriente alterna es necesario usar paneles solares. El análisis de la potencia de los paneles existentes en el mercado actual realizado en la *búsqueda y clasificación de las características y propiedades físicas de las instalaciones fotovoltaicas* permite formular tres alternativas de conjuntos de paneles que es posible integrar al sistema para obtener el rendimiento requerido. Como se puede observar en la Figura 29 las alternativas son: 1. Paneles Talesun monocristalinos, 2. Panel ZNSHINE, 3. Paneles ETFE semi flexible solar.

### **Figura 29.**

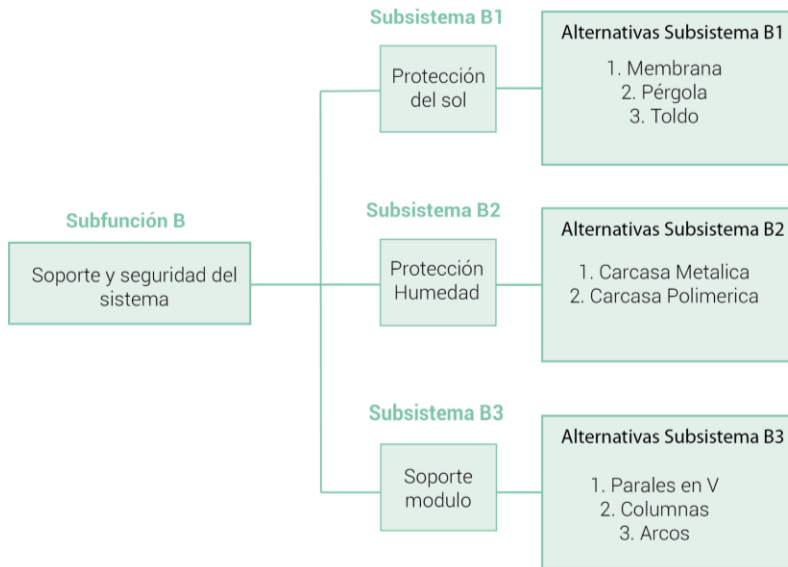
Alternativas de paneles solares

Marca	Potencia (watts)	Eficiencia %	Peso (kg)	Dimensiones (mm)	Precio
Talesun Mono	405	19,7	26,8	2031 x 1011 x 30	\$ 565.000
Mono ZNSHINE	430	19,67	24	2082 x 1002 x 35	\$ 619.000
ETFE semi flexible solar	180	21,2	7,15	1510 x 670 x 5	\$ 1.400.000

Nota: elaboración propia

### **Subfunción B: Soporte y seguridad del sistema**

La sección se divide en tres subsistemas: Protección del sol (B1), Protección a la humedad (B2) y Soporte (B3). Para cada subsistema se generaron alternativas a partir de una búsqueda de lo existente planteando diferentes formas estructurales que respondan a los requerimientos del sistema. La división de las alternativas se puede observar en la Figura 30.

**Figura 30.***Diagrama Subfunción B*

Nota: elaboración propia.

### **Subsistema B1: Protección del sol**

Para evitar el contacto directo con el sol y brindar refugio al vehículo es necesaria una cubierta capaz de interceptar los rayos solares. La cubierta debe ser fácil de limpiar, sin retener humedad, permitir el desagüe de aguas lluvia, ser resistente a los impactos, ser fácil de instalar y tener una durabilidad mínima de cinco años.

Con base en los requerimientos se propusieron tres alternativas que bloquean la luz solar directa, generando sombra sobre el vehículo. La primera alternativa es una membrana flexible hecha de tela con recubrimiento de vinilo, la segunda alternativa es una pérgola fija de policarbonato y la tercera opción es el toldo en tela de poliéster.

**Subsistema B2: Protección a la humedad**

Los componentes del sistema eléctrico requieren protección a la humedad para evitar posibles cortocircuitos y deterioro por corrosión de materiales. Un problema habitual causado por la humedad es la formación de gotas de agua sobre componentes electrónicos, ya que corroe las pistas de cobre. Además de dañar directamente los componentes, los ambientes húmedos atraen a reptiles e insectos que pueden provocar cortocircuitos.

Por ello se plantearon dos alternativas que permiten un cierre hermético para proteger la red eléctrica de la humedad. La primera alternativa es una caja industrial de carcasa metálica y la segunda alternativa es una caja de carcasa polimérica hecha en acrílico.

**Subsistema B3: Soporte módulo**

El sistema requiere de un apoyo estructural capaz de sostener el peso de los paneles solares, la cubierta y la carga del viento. Así mismo la altura del sistema debe ser mayor a 2200 mm para que los usuarios puedan moverse con libertad en posición de pie y evitar contactos con el sistema de paneles fotovoltaicos.

Por lo tanto, a partir de una búsqueda de lo existente se generaron tres alternativas para que el sistema de carga disponga de una estructura autoportante capaz de soportar el peso de sus componentes. La primera alternativa es un sistema de parales en V apoyadas en concreto, la segunda opción es por medio de columnas verticales apoyadas con pernos y la tercera opción es un sistema de arcos apoyados en concreto.

### **7.3 Matriz morfológica**

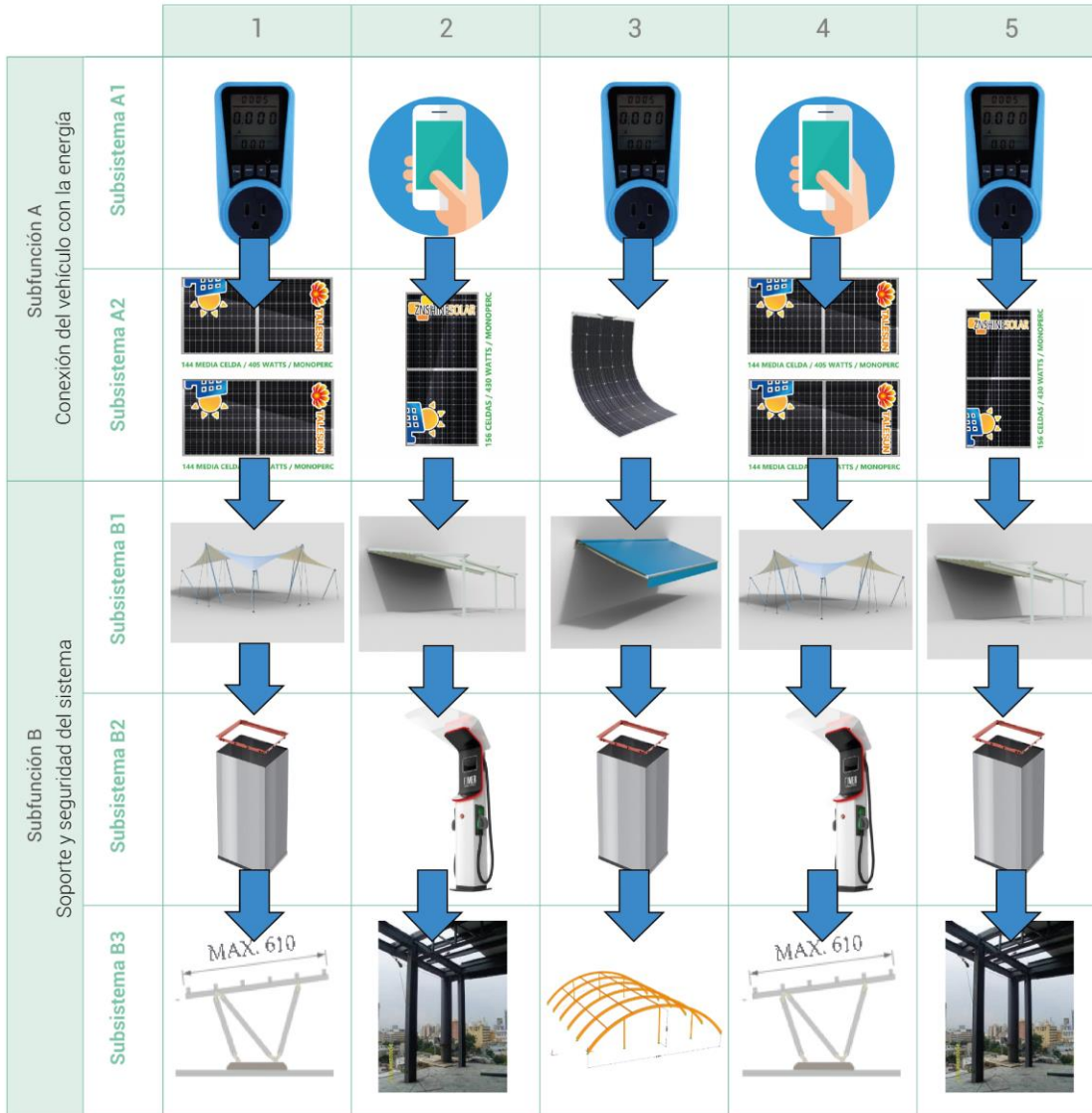
De acuerdo con los subsistemas planteados en el diseño sistemático se elaboró una matriz que permite combinar las diferentes alternativas mediante un sistema de entrecruzados para crear las propuestas de diseño del sistema de carga para motos eléctricas. “La solución se propone a través de una lista de atributos que son graficadas en la matriz en donde cada categoría contendrá una variable de trabajo y así se logra obtener resultados compuestos” (Ritchey, 2003).

Al asociar los fragmentos de la matriz se pueden obtener visiones claras de una posible solución de diseño, sin embargo, cada combinación obtenida debe desarrollarse con mayor profundidad antes de realizar el diseño de detalle y las verificaciones con expertos.

En las filas de la matriz morfológica se observa cada subsistema categorizado como A1, A2, B1, B2 y B3 y en las columnas se encuentra el número de soluciones encontradas para cada subsistema, numeradas de 1 a 5, como se puede ver en la Figura 31. Cada columna de la matriz representa un conjunto de soluciones cuya asociación dio lugar a las alternativas de diseño para el sistema auxiliar de carga.

**Figura 31.**

*Matriz de asociación de alternativas*



Nota: elaboración propia

### 7.4 Alternativas matriz morfológica

Como resultado de la matriz morfológica se obtuvieron cinco alternativas de diseño, que se pueden observar en el Anexo 5. De las cinco propuestas se combinaron dos, por su semejanza

estético-formal, la combinación de las propuestas dio como resultado la alternativa #1, que se puede visualizar en la Tabla 15.

Las alternativas #2 y #3 fueron seleccionadas por su facilidad de implementación al ocupar poco espacio para los apoyos y tener una cantidad de piezas reducida. Cada propuesta de diseño integra los subsistemas expuestos en el esquema de funciones del sistema de carga fotovoltaica. A continuación, en las tablas 15, 16 y 17, se presenta las propuestas de forma detallada según función, composición, ventajas y desventajas de cada alternativa.

**Tabla 15.**

*Análisis de alternativa 1*

<b>Alternativa 1</b>	
	
<b>Función</b>	<b>Composición</b>
La alternativa 1 usa panel solar convencional de alta eficiencia, diseño optimizado para facilitar el parqueo de las motos, junto con un sistema de cobro por aplicativo móvil, carcasa metálica sostenida con parales en V. Los paneles solares funcionan como membrana protectora para proteger del sol y la lluvia.	Tres tubos rectangulares puestos en diagonal sostienen la estructura y sirven de apoyo para las vigas horizontales que sostienen los paneles solares. El espacio entre columnas esconde el cableado y el sistema eléctrico. Los tomacorrientes están dispuestos entre las columnas más gruesas a una altura prudente para que el usuario se mantenga erguido.
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La estructura es fácil de transportar debido al diseño compacto.</li> <li>- El diseño de la estructura no requiere de procesos complejos de fabricación y es fácilmente replicable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puntas y esquinas peligrosas para el usuario</li> <li>- La estructura requiere de un anclaje de pernos para mantenerse estable razón por la cual se debe perforar el suelo en el lugar de la instalación</li> </ul>

--	--

Nota: elaboración propia.

**Tabla 16.**

*Análisis alternativa 2*

**Alternativa 2**



<p><b>Función</b></p> <p>La alternativa 3 tiene un contador digital, con panel semi flexible, todo con carcasa metálica, con un soporte de módulo en arco          Tiene cuatro puntos de anclaje al suelo para asegurar una estabilidad de la estructura.          Cuenta con una carcasa estable para la protección de los elementos del sistema eléctrico en su parte exterior con una pantalla digital que permite observar el estado del sistema para el usuario principal como el tiempo de carga de la moto, al igual que ayuda a informar al usuario secundario como el técnico de mantenimiento.</p>	<p><b>Composición</b></p> <p>El panel curvo se adapta a la estructura en arco que tiene un ángulo para un mayor aprovechamiento de la luz solar a lo largo del año.          La altura del enchufe es de 120 cm desde el suelo, evitando posturas inadecuadas          La pantalla del del sistema está a la altura de 150 cm del suelo permitiendo una visualización para todos los usuarios.</p>
<p><b>Ventajas</b></p>	<p><b>Desventajas</b></p>

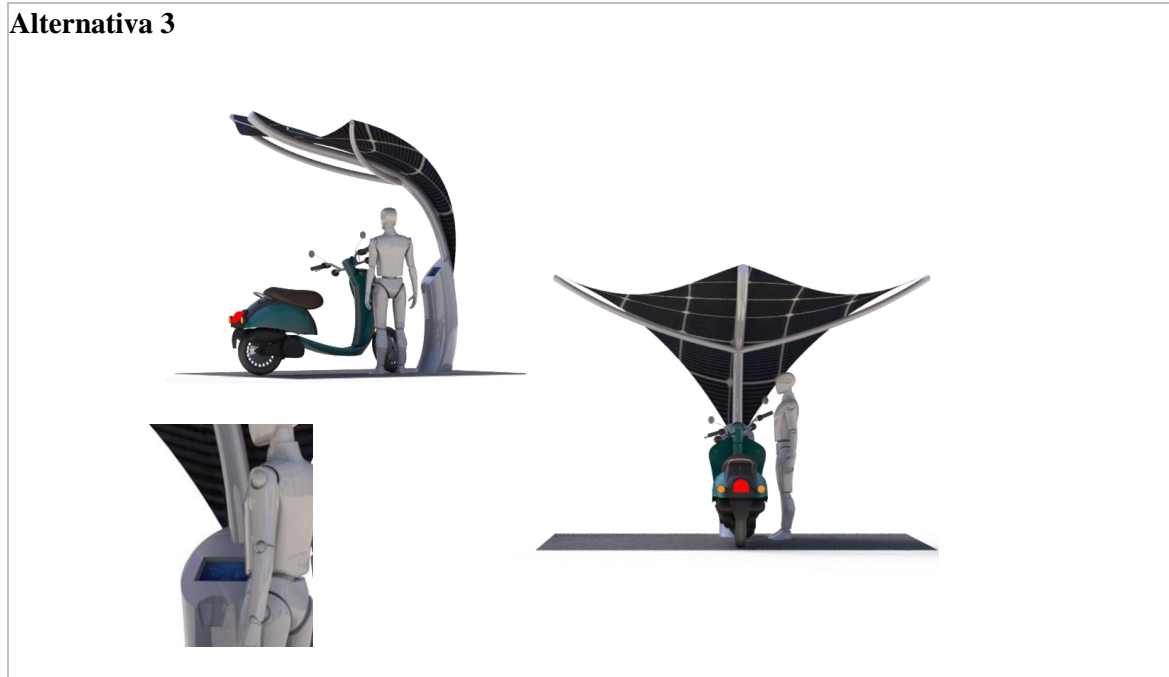
<p>-El peso de la estructura es liviana gracias a los paneles ligeros                  -Al tener cuatro anclajes al suelo es una estructura estable.                  -Permite un aprovechamiento del sol en diferentes horas del día.</p>	<p>-El arco en la estructura hace que se pierda espacio aprovechable para el parqueo de motos                  -Difícil acceso para otras plazas de parqueo.                  -Muy poco espacio para que el usuario se desplace de forma cómoda.</p>
--	--

Nota: elaboración propia

**Tabla 17.**

*Análisis alternativa 3*

**Alternativa 3**



<p><b>Función</b>                  Sistema de cobro con contador digital fijo a la estructura                  Transforma la energía solar con tres paneles semiflexibles al ser paneles livianos                  La protección de los rayos UV es en toldo                  La protección de la humedad es una carcasa metálica                  El soporte del módulo es una columna central con anclaje de pernos al suelo para una mejor estabilidad</p>	<p><b>Composición</b>                  Los paneles están anclados a la lona que protege a la moto de la intemperie, la posición de estos depende de la tensión de la lona que se fija a la estructura.                  La pantalla está a una altura de 120 cm del suelo con un ángulo abierto que permite una clara observación de la información proporcionada.</p>
<p><b>Ventajas</b></p>	<p><b>Desventajas</b></p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>-Canaliza la dirección del agua de lluvia</li> <li>-Estructura liviana</li> <li>-Menos material a la construcción</li> <li>-Fácil acceso para el ingreso de la moto</li> <li>-Optimización del espacio con los paneles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Puede ser inestable si no es instalado correctamente</li> <li>-Puede tener filtraciones de agua</li> </ul>
--	--

Nota: elaboración propia

### 7.5 Evaluación de conceptos

La etapa metodológica que corresponde a la evaluación de alternativas de diseño se realizó mediante una encuesta de respuesta cerrada a un grupo focal de veinticinco usuarios de motocicletas eléctricas, en la cual se plantea una escala de Likert donde los individuos especifican su nivel de aceptación en términos de: se encuentra usted de acuerdo o desacuerdo a una serie de afirmaciones. Por lo tanto, el rango captura la intensidad de sus sentimientos por un elemento determinado; además, se usaron preguntas de selección múltiple que permiten realizar un escrutinio entre las diferentes opciones propuestas. Referirse al anexo 6.

Se concluye que la jerarquización de los criterios de acuerdo con el número de encuestados quienes según sus intereses organizaron los criterios propuestos de la siguiente manera en orden de importancia:

1. Facilidad de uso
2. Protección a la intemperie
3. Que sea cómodo de usar
4. Atractivo visual

A partir de este punto se evaluaron los criterios para cada alternativa y se obtuvieron los siguientes resultados:

La opción 2 obtuvo una selección del 44% en atractivo visual, por lo tanto, se considera como la alternativa con mayor atractivo para la población encuestada, proporcionándole a los diseñadores algunas de las características que tienen mayor aceptación en el diseño de un sistema auxiliar de carga en zonas de parqueo abiertas.

**Figura 32.**

*Vista en perspectiva opción 2*



Nota: elaboración propia.

La alternativa #1 es percibida por los usuarios como parcialmente satisfactoria en cuanto a la protección que brinda frente a la lluvia y sol, en consecuencia, el sistema auxiliar de carga debe ser diseñado con un techo amplio que albergue en su totalidad a la motocicleta y al usuario.

La alternativa #2 es más controversial entre la población encuestada, en este caso, se percibe la forma del techo como debilidad con relación a la lluvia y el sol, ratificando el requerimiento de una superficie amplia que a primera vista le de esa sensación de seguridad al

usuario; esto dado que está pensada para zonas abiertas en convivencia con el ambiente natural y urbano.

En cuanto a la alternativa 3 hay un grado de aceptación generalizada, a excepción de dos usuarios cuya consideración es que el diseño “protege del sol o de la lluvia, pero no de los dos” que puede resolverse fácilmente con la extensión del área de la carpa en sentido lateral.

**Figura 33.**

#### ALTERNATIVA 1



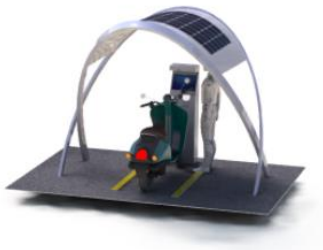
**Figura 34.**

ALTERNATIVA 2



**Figura 35.**

ALTERNATIVA 3



Nota: elaboración propia.

Se concluye que la mayor percepción negativa la obtuvo la alternativa 1, la menor percepción negativa la obtuvo la alternativa 3 y la mayor percepción positiva la obtuvo la alternativa 3.

Para el criterio “qué tan fácil percibe el ingreso de las motos a la unidad” se concluye que la mayor percepción negativa la obtuvo la alternativa 3 y la menor percepción negativa la obtuvo la alternativa 2. Además, se concluye que la mayor percepción positiva la obtuvo la alternativa 2.


### 7.5.1 Selección de conceptos

En esta investigación se utilizó el proceso analítico jerárquico para interrelacionar las alternativas de diseño con respecto a los siguientes criterios: facilidad de uso, protección a la intemperie, número de componentes y atractivo visual. El Proceso Analítico Jerárquico es una herramienta que permite determinar la intensidad de la interrelación entre elementos en una jerarquía, de utilidad para la toma de decisiones.

A partir de la valoración obtenida en la evaluación de conceptos se determinaron las métricas comparativas para realizar la selección del concepto por ponderación de resultados. El resultado final está basado en la evaluación de las alternativas comparadas según los criterios establecidos en la Tabla 18, el proceso del modelo jerárquico se puede observar en el Anexo 7.

**Tabla 18.**

*Tabla valoración de alternativas*

	<b>CRITERIO 1</b>	<b>CRITERIO 2</b>	<b>CRITERIO 3</b>	<b>CRITERIO 4</b>
	Facilidad de uso	Protección a la intemperie	N. de componentes	Atractivo visual
<b>ALTERNATIVA 1</b> 	19	7	8	28

<b>ALTERNATIVA 2</b> 	23	8	5	44
<b>ALTERNATIVA 3</b> 	16	12	7	28

Nota: elaboración propia.

**Tabla 19.**

*Tabla resultados análisis jerárquico*

	<b>CRITERIO 1</b>	<b>CRITERIO 2</b>	<b>CRITERIO 3</b>	<b>CRITERIO 4</b>	<b>PRIORIZACIÓN</b>
<b>ALTERNATIV A 1</b>	0,21	0,07	0,12	0,10	0,16
<b>ALTERNATIV A 2</b>	0,63	0,12	0,49	0,70	0,48
<b>ALTERNATIV A 3</b>	0,08	0,41	0,20	0,10	0,18
<b>PONDERACIÓ N</b>	0,56	0,26	0,12	0,06	

Nota: elaboración propia.

En la Tabla 19 se observa el resultado del análisis jerárquico según el cual la alternativa #2 tiene una mayor priorización con respecto a las demás alternativas al obtener los valores más altos de percepción de cumplimiento en los criterios de facilidad de uso, número de componentes y

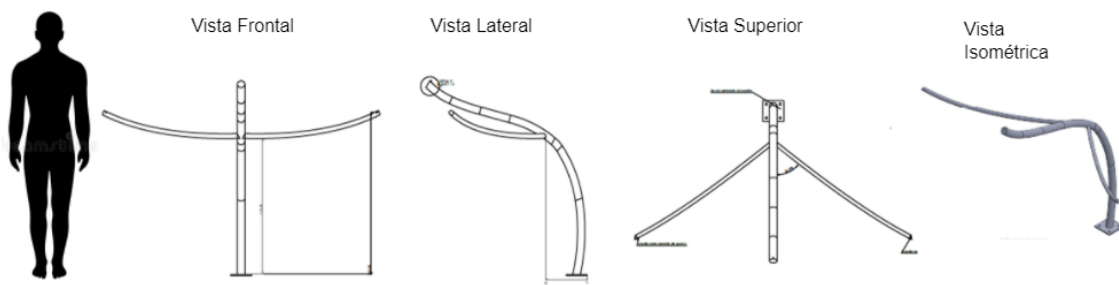
atractivo visual. Por lo tanto, se considera que la alternativa #2 es la de mayor viabilidad para continuar con el proceso de validación y verificación.

### 7.6 Experimentación de conceptos

Una vez definida la propuesta de diseño se inició el proceso de prototipado rápido. El prototipado rápido es utilizado para evaluar conceptos esenciales y testear dimensionalmente el producto que se está desarrollando de forma tangible. El prototipo construido a escala 1:2, ver *Figura 36*, se usó para verificar texturas, formas de acople y dimensiones. Asimismo, el modelo se realizó en base a los planos obtenidos en el proceso de modelado tridimensional usando el software SolidWorks.

**Figura 36.**

*Plano modelo*



Nota: elaboración propia.

El modelo a escala se realizó en un taller de metalmecánica con los siguientes materiales:



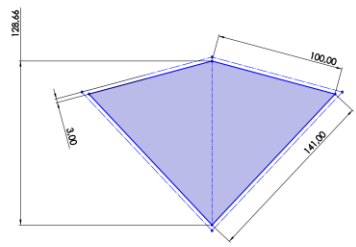
- 480 cm de tubería de 1 1/2" cerramiento negro calibre 14=1.9mm de espesor
- 1200 cm de tubería de 3" cerramiento negro calibre 14=1.9mm de espesor

El proceso de fabricación se muestra paso a paso en la Tabla 20.

**Tabla 20.**

*Tabla construcción del modelo*

<b>Proceso</b>	<b>Herramientas y materiales</b>	<b>Imagen</b>
La tubería utilizada se sometió a un proceso de doblado acorde con las especificaciones obtenidas en los planos estructurales.	Maquina dobladora de tubo	
Correcciones, refuerzo estructural, rediseño de la base inferior.	Software SolidWorks	
Construcción de la nueva base inferior	Maquina dobladora de tubo Soldadura MIG	

<p>Ensamble del poste principal a la base inferior mediante soldadura</p>	<p>Soldadura MIG</p>	
<p>Ensamble de los brazos laterales al poste principal</p>	<p>Soldadura MIG</p>	
<p>Elaboración de la carpa superior, Planos de corte, corte y costura con máquina de coser.</p>	<p>Máquina de coser recta Singer Promise 1412  Tela Borlan blanca</p>	

Finalmente, en las Figura 37 se puede ver el prototipo rápido terminado a escala 1:2 el cual permite observar los aspectos estéticos del material real, las dimensiones respecto a los paneles, el espacio que requiere para la instalación, la forma y los ensambles.

**Figura 37.***Primer prototipo*

Nota: elaboración propia

En conclusión, el primer prototipo resaltó las falencias de construcción en el diseño y las fortalezas del diseño estructural, a partir de este punto se plantearon mejoras y evolución de la propuesta, ver Tabla 21.

**Tabla 21.***Malla receptora de información*

<b>Aspectos positivos</b>	<b>Críticas constructivas</b>
El proceso de fabricación tomo una semana sin requerir de procesos adicionales	El volumen de la estructura al momento del transporte es ineficiente debido a la amplitud de los brazos y el alto de la estructura
La estructura se mantiene estable frente a fuerzas externas ejercidas desde diferentes ángulos, resiste un peso aproximado de 14 kilos	La estructura del techo genera hundimientos debido a la constante deformación del material.
Los materiales resisten las condiciones climáticas de la humedad	Debido a que las dimensiones del área ocupada por los brazos son mayores al área ocupada por una moto, implica un gasto de material innecesario
El área de la carpa permite la instalación y soporte de los paneles.	La carpa no tiene un espacio suficiente para proteger los sistemas eléctricos adecuadamente.
Preguntas y dudas	Ideas nuevas

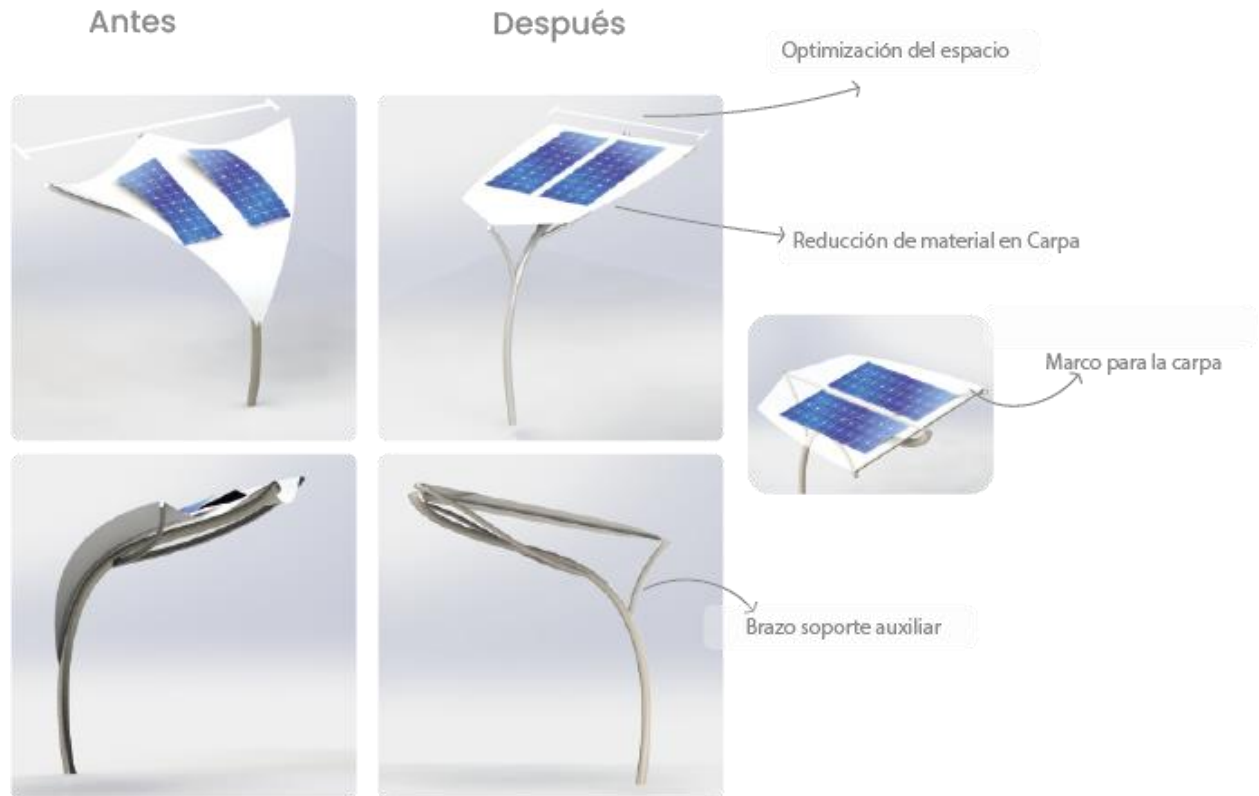
¿Cómo puedo estabilizar la lona del techo?	Tensiones en la carpa, soporte adicional.
¿Cómo es el sistema de acople adecuado para el SACS?	Rediseñar la base para hacerla desmontable
¿Cómo se puede optimizar la carpa para la protección del sistema eléctrico de los paneles solares?	Agregar puntos soporte que amplían el área de la carpa
¿Cómo reducir materiales?	Reducir el tamaño de los soportes laterales

Nota: elaboración propia.

En base a la información obtenida en la malla receptora se realizó las siguientes modificaciones a la alternativa de diseño:

- Soporte adicional para la carpa en la parte posterior de la estructura.
- Marco estructural para evitar deformación del material del techo.
- Optimización del área de la carpa que sostiene los paneles solares.
- Rediseño del poste central para optimizar el ángulo requerido por los paneles solares.
- Reducción de material en el área de la base, proponiendo una geometría semicircular.
- Base y brazos desmontables para reducir volumen y facilitar el transporte y ensamblaje de la estructura.

Los cambios realizados, se presentan en la Figura 38.

**Figura 38.***Correcciones estructurales*

Nota: elaboración propia

### 7.7 Definición de materiales

Para el desarrollo del modelo funcional se consideraron las materias primas más accesibles de acuerdo con los requerimientos del sistema y las cantidades necesarias para el proceso de fabricación. A continuación, ver Tabla 22, se presenta el listado de materiales necesarios para la elaboración del modelo funcional.

**Tabla 22.***Lista de materiales*

ITEM	NOMBRE	MATERIAL/REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO COP
1	Carpa	PVC	5 m	\$ 57.000
3	Panel Monocristalino	RT6G 120M	1	\$ 190.000
4	Base estructural	Acero 1020	8 m	\$ 1.100.000
5	Inversor 500 Watts	MPPT	1	\$ 200.000
6	Cable Solar	Negro	4 m	\$ 8.000
7	Cable Solar	Rojo	4 m	\$ 8.000
8	Regulador 20 A	KW1220	1	\$ 100.000
9	Batería 75 Ah	Plomo	1	\$ 430.000
10	Caja de protección	Acrílico 4mm	1	\$ 80.000

Nota: elaboración propia

El objetivo de sostenibilidad del proyecto enmarca el ciclo de vida del producto desde la extracción de las materias primas hasta la disposición final del producto. Por tal razón cada elemento fue seleccionado para una durabilidad teórica de diez años, con un porcentaje de reciclaje del 33% de los materiales al final de la vida útil del producto. La estructura diseñada fue sometida a un análisis de sostenibilidad mediante SolidWorks Sustainability (ver anexo 8), el cual realiza una evaluación del ciclo de vida (LCA) de las piezas y comprueba en tiempo real su impacto medioambiental.

Según el análisis se concluye que las áreas de mejora para disminuir el impacto ambiental son: carpa, base de apoyo semicircular y la caja de protección (ver figura 40). Debido a que las piezas mencionadas requieren de materiales altamente contaminantes, en el caso de la carpa el PCV y en la caja el material acrílico, como se puede observar en la Figura 39.

**Figura 39.**

*Impacto ambiental de los componentes*

**Component Environmental Impact**

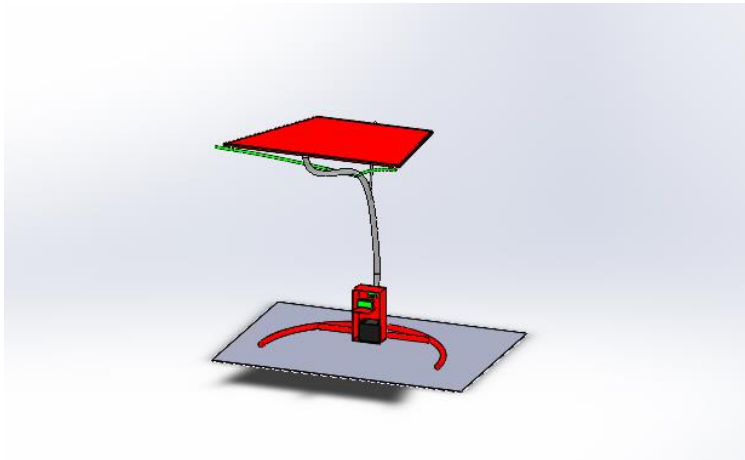
Top Ten Components Contributing Most to the Four Areas of Environmental Impact

Component	Carbon	Water	Air	Energy
Carpa	1.4E+4	7.5	190	1.4E+5
Base semicirculo	1.2E+4	6.4	160	1.2E+5
caja	6200	3.4	87	6.2E+4
Base curva	410	0.180	2.5	4900
Inversor (1)	30	6.4E-3	0.200	370
Brazos	27	0.012	0.159	320
Regulador	14	5.2E-3	0.139	200

Nota: elaboración propia

**Figura 40.**

*Áreas de mayor impacto ambiental.*



Nota: elaboración propia

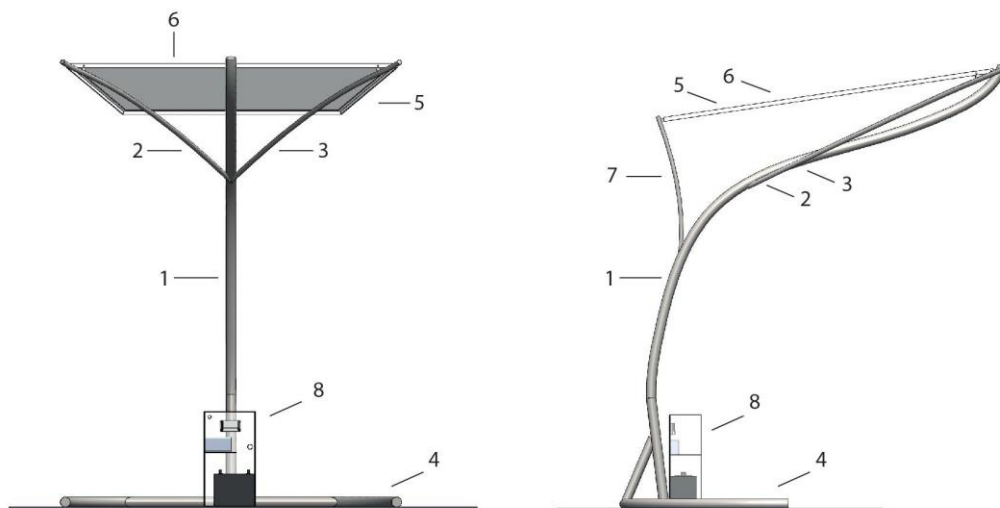
### 7.8 Diseño a detalle del sistema

En la solución de diseño del sistema auxiliar de carga para motos eléctricas se realizaron las modificaciones planteadas en el proceso de prototipado rápido. Se agregó un marco estructural para evitar deformación del material del techo, el poste central fue rediseñado para optimizar el ángulo de  $7^\circ$  requerido por los paneles solares, los brazos se hicieron desmontables para facilitar el transporte de la estructura y se adicione un soporte para la carpa en la parte posterior del poste central.

La estructura de soporte, ver Figura 41, está compuesta por siete piezas: 1. Poste central, 2. Soporte lateral izquierdo, 3. Soporte lateral derecho, 4. Base de apoyo 5. Marco trapezoidal para carpa, 6. Carpa, 7. Soporte posterior, 8. Caja eléctrica.

**Figura 41.**

*Áreas de mayor impacto ambiental*

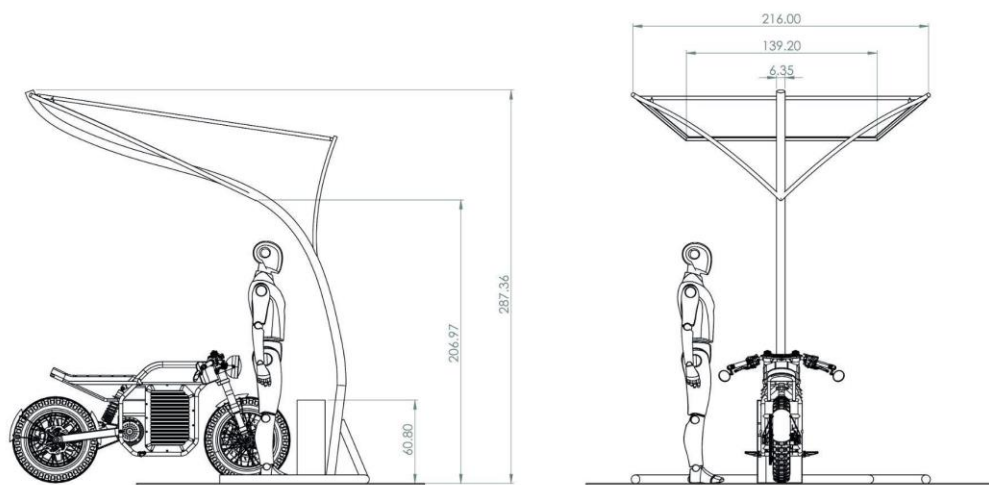


Nota: elaboración propia

El modelo para verificaciones y validaciones fue construido a escala 1:1, con base en los planos obtenidos en el proceso de modelado tridimensional usando el software SolidWorks, como se puede observar en la Figura 42.

**Figura 42.**

*Modelo a escala 1:1*


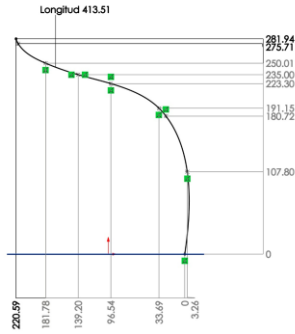
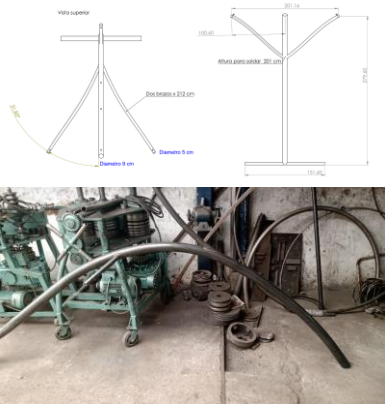



Nota: elaboración propia



La descripción del proceso de construcción y ensamblaje del sistema auxiliar de carga para motos eléctricas se observa en la *Tabla 23*. En esta sección se describen los materiales y las herramientas utilizadas para la fabricación del modelo funcional y la secuencia de imágenes en cada proceso.

**Tabla 23.**

*Construcción del modelo de verificación*

Proceso	Herramientas y materiales	Imagen
<p>Se selecciono una tubería redonda de 2 1/2" cerramiento negro calibre 14 espesor 2 mm para la construcción de la base semicircular que sostiene la estructura. El semicírculo tiene una longitud de 333,4 cm, en el centro de la estructura se encuentra soldado el tubo que sirve de soporte al poste central y tiene una longitud de 151,6 cm.</p>	<p>Maquina dobladora de tubo Pulidora Soldadura Mig</p>	
<p>El componente central de la estructura es un tubo curvado con una longitud de 431,51 cm, la altura máxima es de 281,94 cm y ocupa un espacio horizontal de 220,59 cm hecho con la misma tubería de 2 1/2" de la base.</p>	<p>Maquina dobladora de tubo Pulidora</p>	
<p>A una altura de 201 cm fueron soldadas las bases para ensamblar los soportes laterales de la estructura y el soporte posterior para el techo usando tubería 1" redonda de cerramiento negro calibre 14 espesor 2mm.</p>	<p>Soldadura Mig</p>	

<p>Para la elaboración de los soportes laterales del poste principal se usó tubería redonda 1 1/4" de cerramiento negro calibre 14 espesor 2 mm</p>	<p>Maquina dobladora de tubo</p>	
<p>Se usó pintura base verde olivo para proteger la estructura de corrosión. Posteriormente se usó pintura electrostática plateada para dar el acabado final.</p>	<p>Pistola de pintura Compresor Horno de pintura</p>	
<p>El marco trapezoidal para la carpa tiene 2,16 m de alto, el extremo más ancho tiene 2,12 m y el extremo más angosto tiene 1.40 m.</p>	<p>Ángulo de 1" x 3/16"</p>	
<p>Al soporte de la carpa se pegan con adhesivo bóxer listones de madera y a estos se grapo a presión la lona quedando tensionada en los bordes.</p>	<p>Lona caribe blanco, código 30817 de CALIPSO, 9 metros de lona para uso en parasol</p>	
<p>La estructura al ser desarmable puede ser transportada en un camión convencional, la estructura consta de cinco piezas más la tornillería.</p>	<p>Furgoneta 4x4</p>	

<p>La instalación se realizó en un parqueadero convencional de automóviles, teniendo el poste central en posición vertical se procedió a instalar los dos soportes laterales unidos al tubo central a una altura de 201 cm, cada brazo tiene una longitud de 212 cm y tienen un ángulo de 31, 85° con respecto al tubo central. El ensamblaje total de la estructura tomó un tiempo estimado de 2 horas 36 minutos.</p>		
<p>Para resguardar la batería, controlador y el inversor, se construyó una caja en acrílico de 60*30*20cm.</p>	<p>Corte laser</p>	

Nota: elaboración propia.

El proceso que se realiza para la implementación del modelo funcional inicia con la creación del concepto de diseño junto con el diagrama de funciones que se divide en dos subfunciones; la conexión del vehículo con la energía, el soporte y seguridad del sistema. La propuesta de diseño se seleccionó con una puntuación de importancia relativa con los tres aspectos más importantes por los usuarios: facilidad de uso, protección a la intemperie y atractivo visual. Este proceso finaliza con la experimentación de conceptos con prototipos rápidos que evidencian las posibles mejoras para la construcción del sistema de carga.

El modelo funcional, ver Figura 43, permite la ejecución de las verificaciones y la validación de la propuesta en términos de comodidad de uso, protección a la intemperie y facilidad de uso.

**Figura 43.**

*Prototipo de validación y verificación*



Nota: elaboración propia.

## 8. FASE 3: Testear

La tercera fase evidencia el cumplimiento del tercer objetivo específico “*Validar la propuesta de solución en términos de comodidad de uso, protección a la intemperie y facilidad de uso*”.

La realización de las pruebas técnicas de verificación corresponde a las simulaciones hechas mediante el software CAD *SolidWorks* para la detección de fallas y deformaciones en el funcionamiento del sistema a través de análisis de fuerzas y el estudio de acceso solar con el objetivo de determinar la sombra que genera la estructura. Para la prueba de salpicaduras se implementó un protocolo en el que se controlaron las condiciones de presión y altura de aspersion de agua para simular lluvia con lo cual se realizó un análisis del área protegida por la estructura, asimismo se describen las actividades y tiempos para hacerlo reproducible en el caso de futuras investigaciones.

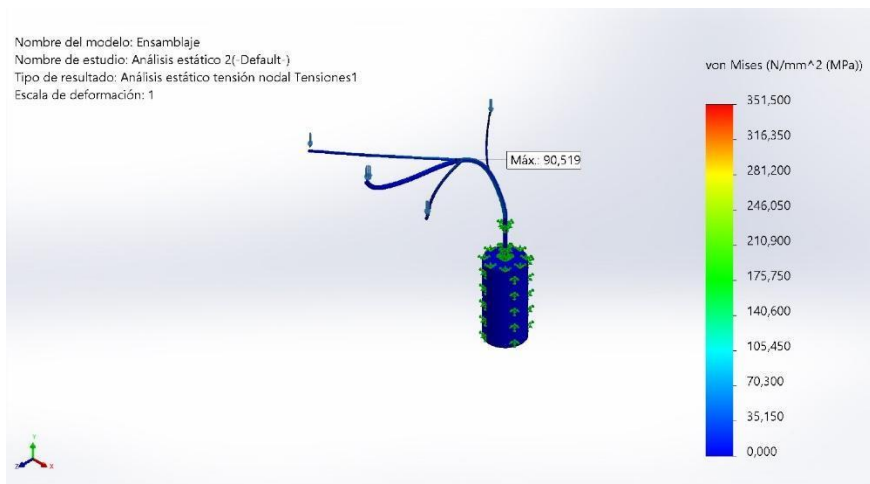
### 8.1 Verificación de cargas de seguridad

En la simulación del estudio de fuerzas para el sistema de carga fotovoltaica, se usó el complemento de simulación del software CAD *SolidWorks*, referirse al Anexo 9, en el cual se realizó el ensamble del poste central y la base de concreto, el poste central de acero estructural AISI 1020 con diámetro de 2 1/2" pulgadas y una altura máxima de 3 metros se encuentra empotrado a la base de diámetro de 60 cm de concreto con una profundidad de 120 cm, los cálculos realizados en la cimentación de la estructura, ver Anexo 10, están basados en la norma técnica LA009 *CODENSA* para cimentación de postes, se seleccionó como geometría fija la base en concreto junto a la cara que se encuentra en contacto con la base y se aplicó una fuerza de 36,75 N en cada uno de los cuatro puntos de sujeción de la carga correspondiente a los 15 kg del peso de la carpa y los paneles.

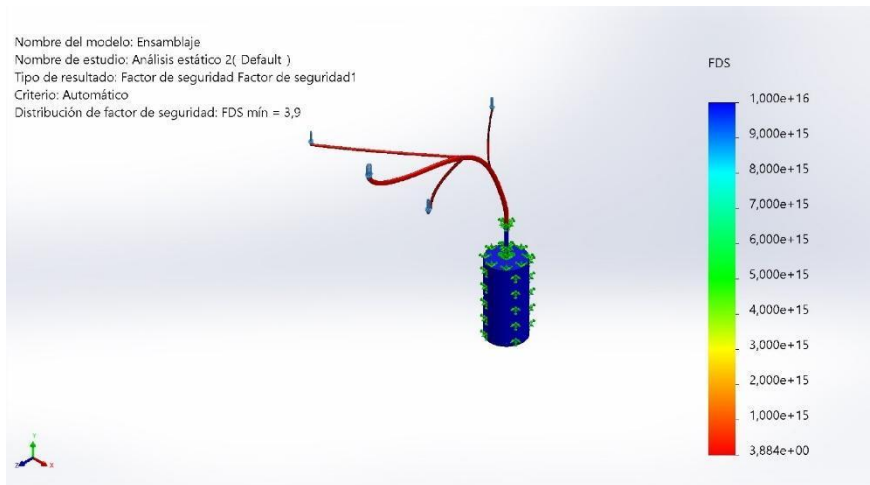
El análisis de tensiones muestra que la tensión máxima de la estructura se genera en la curva de la base del poste central (Figura 44) y esta tensión es de 12,8 Mpa, en consecuencia, para que exista una fractura de la estructura en ese punto se requiere superar el límite elástico del acero que es de 351,5 Mpa, así como se observa en la Figura 44. El factor de seguridad es de 3,9 el cual indica que la estructura puede soportar aproximadamente 4 veces el peso de los paneles y la carpa hasta llegar al límite de fractura.

### Figura 44.

#### Análisis estático de tensión

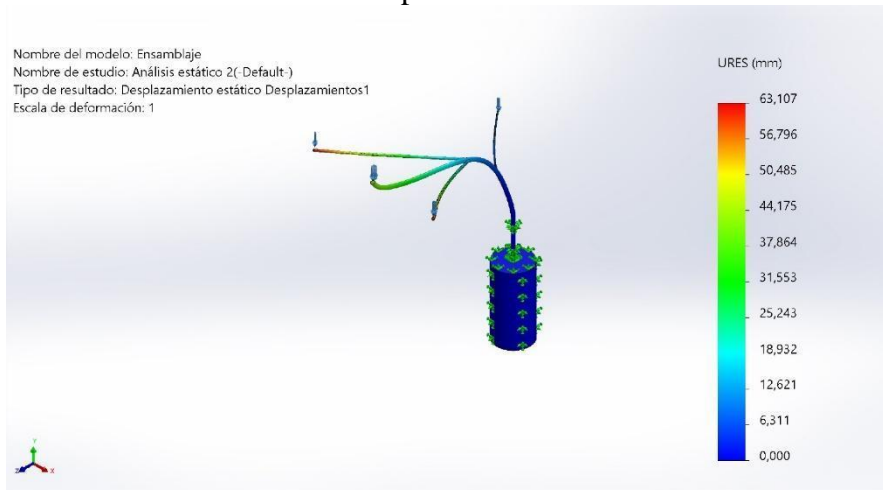


Nota: elaboración propia.

**Figura 45.****Análisis estático factor de seguridad**

Nota: elaboración propia.

El análisis de desplazamiento muestra un desplazamiento máximo en las caras de los brazos y es de 63 mm en dirección al *eje* y hacia abajo, debido a la fuerza aplicada en cada brazo por separado.

**Figura 46.****Análisis estático de desplazamiento**

Nota: elaboración propia.

**8.2 Verificación de protección a las condiciones climáticas**

La verificación del requerimiento correspondiente a la protección del vehículo en caso de lluvia consistió en una prueba diseñada para determinar las zonas donde se acumula el agua, simulando la lluvia con un sistema de riego de agua por aspersión sobre el SACS. El objetivo de la prueba es determinar si la estructura del SACS protege el punto de conexión entre la moto eléctrica y el sistema de carga.

La prueba de verificación se realizó usando un prisma rectangular de largo 1100 mm, ancho 634 mm y profundidad 1920 mm, como se puede ver en la Figura 47, el área total del prisma es de 8,05 m<sup>2</sup> está hecho con cartón plegado para simular el volumen ocupado por una moto eléctrica marca avanti 3.0.

Para la prueba se implementó un protocolo en el que se controlaron las condiciones para simular lluvia, usando una manguera a una altura de 2,85 metros con una presión de 70 PSI se

realizó la aspersión de agua durante 3 minutos. Una vez realizada la prueba el área mojada total fue de 1,08 m<sup>2</sup> lo cual representa el 13,4% de la superficie total del prisma. Por lo tanto, se puede deducir que la carpa protege el 86,6% del área ocupada por la moto.

Como se puede observar en la Figura 48 la zona donde se acumula el agua corresponde a la parte posterior del prisma, lo cual pertenece a la zona donde se ubica el asiento de la motocicleta. La parte frontal del prisma donde estaría ubicado el manubrio de la moto se encuentra protegida por la cubierta de la estructura. El punto de conexión para el cargador de la motocicleta está ubicado bajo el asiento de la motocicleta por lo cual quedaría expuesto al contacto con el agua.

**Figura. 47**

Prisma rectangular mojada



**Figura. 48**

Área mojada



Nota: elaboración propia.

El resultado de la prueba permitió observar el comportamiento de la lluvia sobre el sistema, se determinó que el ángulo de inclinación de la carpa ( $7^\circ$ ) es suficiente para conducir el agua ya que todo el goteo es dirigido hacia la base posterior de la carpa, evitando empozamientos de agua sobre la superficie de la carpa.

Se concluye que es necesario alargar la superficie de la carpa para brindar mayor cobertura y también que es posible añadir un sistema de canal para evitar que el agua que cae al suelo se acumule en la base central de la estructura, por último, la posición de los paneles solares es más conveniente en la parte delantera para evitar acumulación de agua y mugre.

**8.3 Estudio de acceso solar**

El rango de protección al sol que ofrece la estación de carga a la moto se verificó calculando la posición de las sombras en diferentes horas del día, mediante el software SolidWorks se realizó el estudio de acceso solar, usando las coordenadas de la ciudad de Bucaramanga (latitud 7,14 y longitud -73,12) se evaluaron las horas críticas 9:00 am, 11:00 am, 1:00 pm, 3:00 pm y 5:00 pm.

Como resultado se renderizó cada configuración del estudio, como se puede ver en la Tabla 24.

Se concluye entonces que las horas más eficientes de protección solar se encuentran en el rango entre las 11:00 am y la 1:00 pm.

**Tabla 24.**

*Estudio de acceso solar*

Coordenada solar	Imagen	Coordenada solar	Imagen
Latitud: 7.14° Longitud: -73.12° Hora: 9:00:00 a. m. Fecha: 22/02/2022 Salida del sol: 06:11 a. m. Puesta del sol: 06:01 p. m. Duración del día: 11:50(hh:mm) Acceso solar anual: 4383 h Azimut del sol: -19.85° Altitud del sol: 40.63°		Latitud: 7.14° Longitud: -73.12° Hora: 11:00:00 a. m. Fecha: 22/02/2022 Salida del sol: 06:11 a. m. Puesta del sol: 06:01 p. m. Duración del día: 11:50(hh:mm) Acceso solar anual: 4383 h Azimut del sol: -46.10° Altitud del sol: 66.25°	
Latitud: 7.14° Longitud: -73.12° Hora: 1:00:00 p. m. Fecha: 22/02/2022 Salida del sol: 06:11 a. m. Puesta del sol: 06:01 p. m. Duración del día: 11:50(hh:mm) Acceso solar anual: 4383 h Azimut del sol: -128.31° Altitud del sol: 68.20°		Latitud: 7.14° Longitud: -73.12° Hora: 3:00:00 p. m. Fecha: 22/02/2022 Salida del sol: 06:11 a. m. Puesta del sol: 06:01 p. m. Duración del día: 11:50(hh:mm) Acceso solar anual: 4383 h Azimut del sol: -158.98° Altitud del sol: 43.41°	



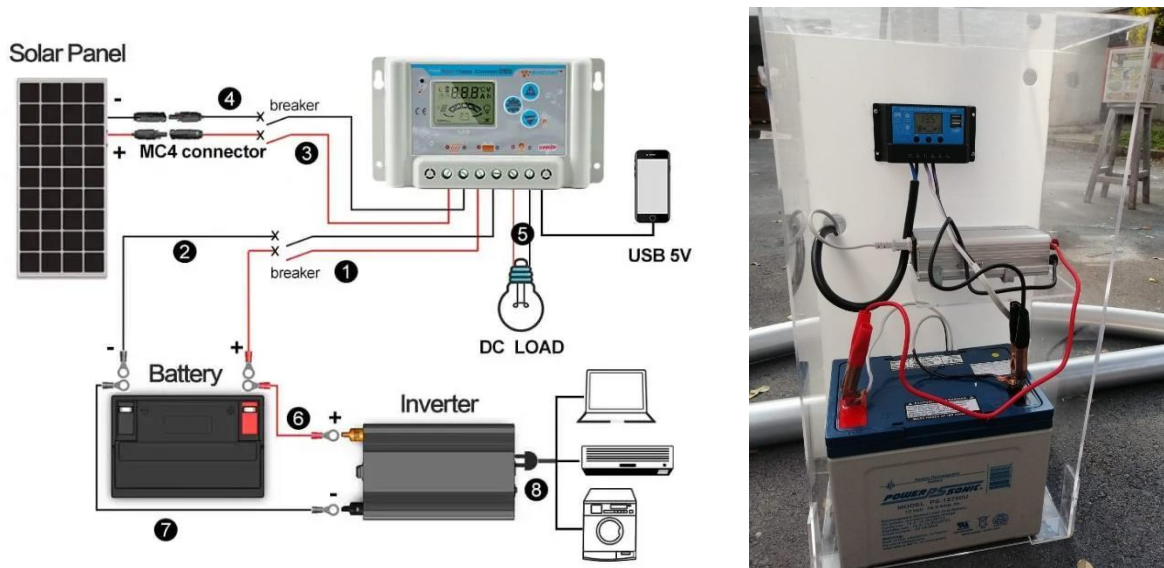
Nota: elaboración propia.

#### 8.4 Verificación de componentes

Para la presente verificación se comprobó la puesta en marcha del prototipo funcional, asimismo del circuito eléctrico que contiene el sistema para conectar el panel monocristalino RT6G 120M, regulador (20 A), batería de plomo (75 Ah), inversor (500v a 110v) y tomacorriente tipo B, como se puede observar en la Figura 49.

**Figura. 49**

Circuito Panel Solar



Nota: elaboración propia.

El sistema eléctrico se puso en marcha siendo las 3:45 pm del viernes 25 de febrero de 2022, usando como prueba una bicicleta eléctrica con una batería de 36v 10 Ah la cual fue recargada con éxito conectándose al sistema durante 2 horas 45 minutos. En el momento de la recarga el panel solar registró una potencia de promedio de 13,5 W. Se propone que la conexión eléctrica se ubique en un espacio subterráneo.

**Figura 50.**

Puesta en marcha del sistema



Nota: elaboración propia.

### **8.5 Validaciones**

El objetivo principal de esta etapa es evaluar el comportamiento de los usuarios por medio de tareas de interacción con el prototipo funcional validando así la usabilidad del producto con el fin de identificar aspectos que representarán obstáculos durante la experiencia de uso del sistema, con la finalidad de realizar una retroalimentación e identificar los elementos que podrían mejorar la experiencia con el sistema.

La metodología utilizada para realizar la validación es la prueba de usabilidad clásica (Nielsen, 1994). Con el fin de analizar la interacción de los usuarios con el sistema de carga, se aplicó un estudio experimental, de tipo prospectivo comparando los resultados de la evaluación en

términos de comodidad, eficiencia, facilidad de uso, y satisfacción de la experiencia. Como primera medida se realiza la etapa cualitativa que arroja datos subjetivos, en donde se realiza un análisis visual por parte de los responsables de la prueba. El número de participantes para la prueba es de 7 debido a que, en el campo de la usabilidad, Nielsen (2000) propone utilizar solo 5 personas para las pruebas de usabilidad, siendo el principal argumento que este número de usuarios revela el 85% de los problemas de usabilidad en estudio, pero para propósitos del proyecto se necesitaron 6 y adicional un usuario para realizar una prueba piloto.

Para los requerimientos de practicidad y ergonomía se evalúa por medio de la usabilidad medida en eficiencia, comodidad y satisfacción del componente que está en interacción con el usuario en este caso es la conexión al tomacorriente. Se presentan tres configuraciones del tomacorriente a los usuarios con el fin de observar cómo perciben la comodidad de uso del sistema con las configuraciones propuestas en la Tabla 25. La configuración A, está conformada por una extensión de 150 cm soportada a una altura de 150 cm, la B se encuentra fija a una altura de 105 cm y tiene dimensiones de 12 x 7 cm con el fin de que sea visible y reconocible para los usuarios, la C está ubicada en un punto fijo a 105 cm del suelo de 5 x 3 cm.

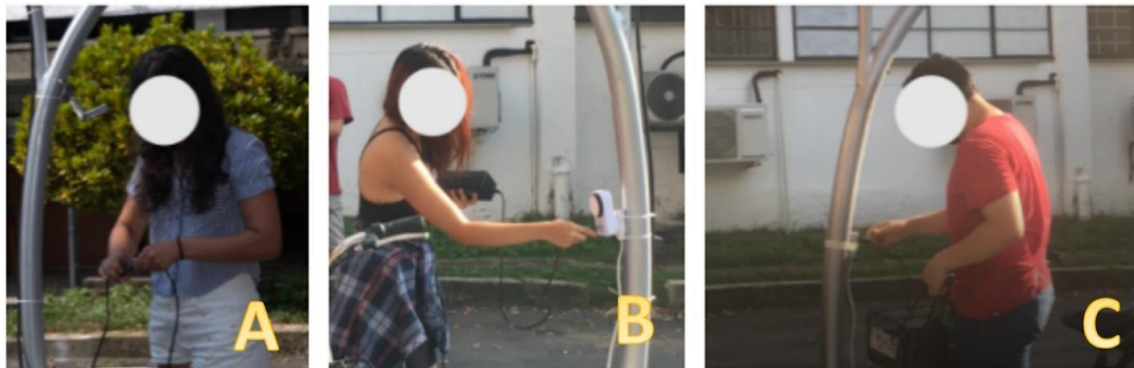
**Tabla 25.***Configuraciones tomacorriente*

<b>Configuración</b>	<b>Altura</b>	<b>Toma corriente</b>
<b>A</b>	150 cm	Con extensión
<b>B</b>	105 cm	Con señalización
<b>C</b>	105 cm	Base

Nota: elaboración propia.

**Figura. 51**

Configuraciones toma corriente



Nota: Elaboración propia. De izquierda a derecha configuraciones A, B y C.

Para el estudio se recrea una situación de recarga de la motocicleta eléctrica, donde se especifica a cada usuario dos tareas a realizar junto con un consentimiento firmado, ver Anexo 11, la primera tarea es el parqueo de la moto bajo la estructura esto con la finalidad de observar la manera intuitiva en la que el usuario estaciona la moto. La segunda tarea se enfoca en la conexión

de la moto al sistema lo que permite validar las configuraciones del sistema de conexión y observar la interacción del usuario con el SACS, al finalizar las tareas cada usuario calificó en una escala de Likert la percepción de comodidad y satisfacción, ver Anexo 12.

### Figura. 52

Tareas 1 y 2



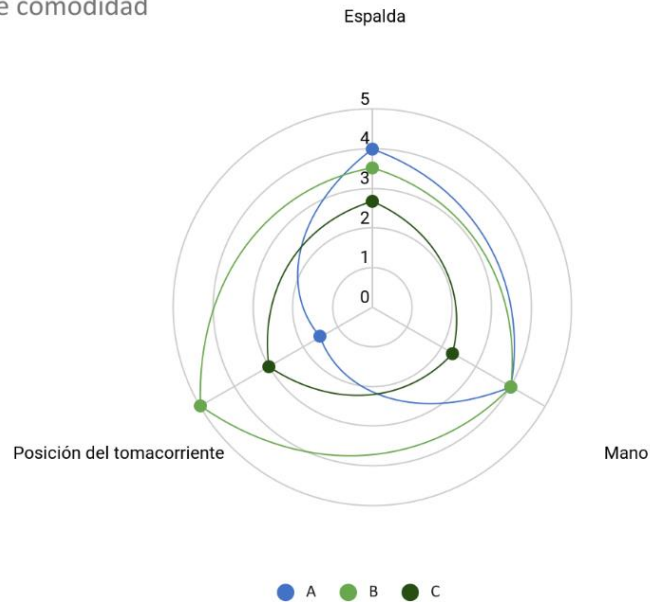
Nota: elaboración propia.

Como resultado con lo que respecta a la comodidad percibida por los usuarios con las diferentes configuraciones, la configuración B tuvo en escala de Likert una puntuación promedio de 4 lo que equivale a “cómodo” en cuanto a comodidad percibida en espalda, mano y en la posición del tomacorriente.

**Figura 53.**

Resultado comodidad percibida por los usuarios

Percepción de comodidad



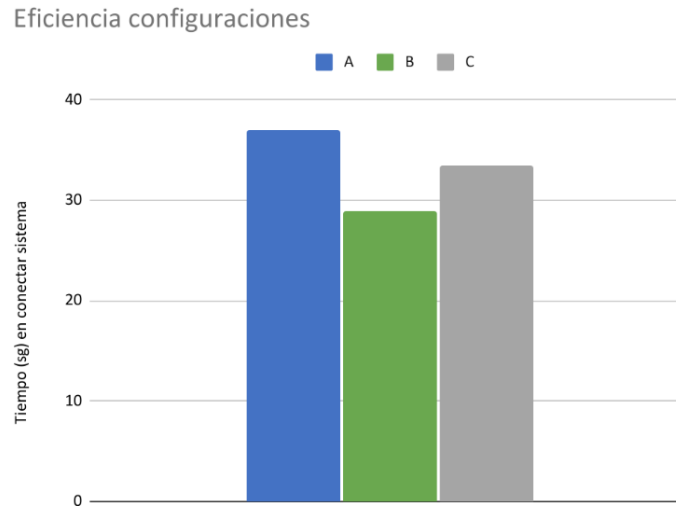
Nota: elaboración propia.

El tiempo que demoran en la segunda tarea nos va a definir la eficiencia de la configuración A, B y C, la configuración más eficiente es en la que los usuarios tardan menos tiempo realizando la tarea.

El resultado de las pruebas indica que el tiempo que demoran los usuarios en conectar la moto es inferior a 60 segundos, y la configuración que es más eficiente en tiempo para los usuarios es la configuración B con un tiempo promedio de 29 segundos (Figura 54).

**Figura 54.**

Resultado eficiencia del sistema de carga



Nota: elaboración propia.

La configuración que presenta una mejor usabilidad en cuanto a comodidad para los usuarios es la se encuentra fija a una altura de 105 cm y tiene dimensiones de 12 x 7 cm, en los aspectos generales es más eficiente y cómoda que las configuraciones A y C, sin embargo, en comodidad de espalda estuvo 0,5 puntos abajo que la alternativa A.

Como complemento de la validación, es importante conocer si el sistema es fácil de usar en términos de satisfacción percibida. Para la evaluación de las métricas de satisfacción se calculan los puntajes promedio del Sistema de Escalas de Usabilidad que van de 0 a 100 donde a cada puntuación se le asignan los valores “Aceptable” por encima de 70, “No aceptable” por debajo de 50, y “Marginal” entre 50 y 70 estos valores se obtienen al realizar la prueba. Los enunciados para la escala de usabilidad se encuentran predefinidos como se muestra en la Tabla 26.

**Tabla 26.**

*Enunciados SUS*

**Enunciados predefinidos del Sistema de Escalas de Usabilidad**

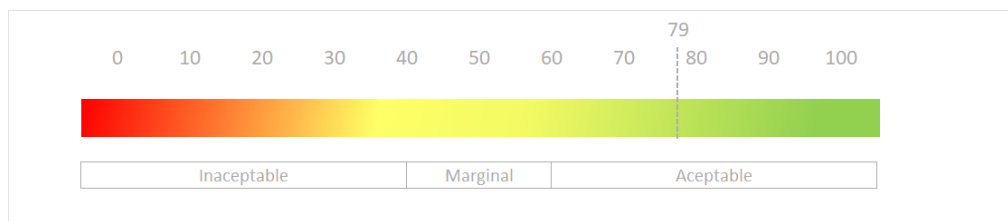
1	Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia
2	Encontré el sistema innecesariamente complejo
3	Pensé que el sistema era fácil de usar
4	Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema
5	Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas
6	Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema
7	Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente
8	Encontré el sistema muy complicado de usar
9	Me sentí muy seguro usando el sistema
10	Necesitaba aprender muchas cosas antes de empezar con este sistema

Nota: elaboración propia.

El promedio de satisfacción al completar las tareas por parte de los usuarios según el sistema de escalas de usabilidad (**Figura 55**) es de 79 esto quiere decir que los usuarios que participaron se encuentran en un rango aceptable de satisfacción.

**Figura 55.**

Calificación escala de sus resultados comodidad percibida por los usuarios



Nota: elaboración propia.

Las estructuras de carga vehicular son pensadas como parte del mobiliario urbano, para el concepto de diseño de la estación de carga se recogieron las opiniones de los usuarios y se


interpretaron en requerimientos de uso, las características de mayor relevancia según los usuarios están relacionadas con la interfaz de carga y la localización de los puntos de conexión. Los requerimientos de función del sistema están enfocados en la protección del vehículo frente a las condiciones climáticas y la protección de los elementos de conexión.

### 8.6 Observaciones

Con los resultados obtenidos de las pruebas de validación se identificaron situaciones de error por medio de un análisis visual de los usuarios realizando las tareas, como se observa en la Tabla 27. Las situaciones identificadas son la base para realizar mejoras en la propuesta final de diseño para el sistema de carga.

#### Tabla 27.

##### *Observaciones y recomendaciones para el diseño*

<b>Observación</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Recomendación para el diseño</b>
	<p>Se observa que con la extensión (configuración A) se tiene una mejor maniobra al acomodar el adaptador de corriente alterna (la parte más pesada del cargador de la moto), sin embargo, al sacar y acomodar el cable de la extensión el tiempo en la tarea aumenta y al estar el cable suelto se percibe como inseguro.</p>	<p>Mantener el conector en una posición fija y visible para facilitar la tarea de conexión</p>



Los participantes buscaron donde reposar el adaptador de corriente alterna, apoyando el adaptador sobre la moto o lo más cercano

Sería de ayuda agregar una superficie de reposo para el adaptador de corriente alterna.



Al momento de realizar la conexión uno de los usuarios al ver el regulador intentó buscar donde conectar el cargador directamente al regulador.

Se propone que el tomacorriente se encuentre protegido en la estructura.

Ubicar el sistema eléctrico fuera del alcance de los usuarios.

---

Nota: elaboración propia.

Con base en las verificaciones y observaciones se propusieron las siguientes mejoras dando como resultado una propuesta final con las representaciones correspondientes.

- Aumentar el área de cubrimiento de la carpa para aumentar la protección del sistema de conexión y la moto.
- Posicionamiento de los paneles más cercano a la punta de la carpa para evitar acumulación de agua y mugre.
- Soporte adicional en la parte posterior de la carpa para aumentar los puntos de apoyo de la carpa.
- Implementación de acoples para el aislamiento del agua del sistema eléctrico

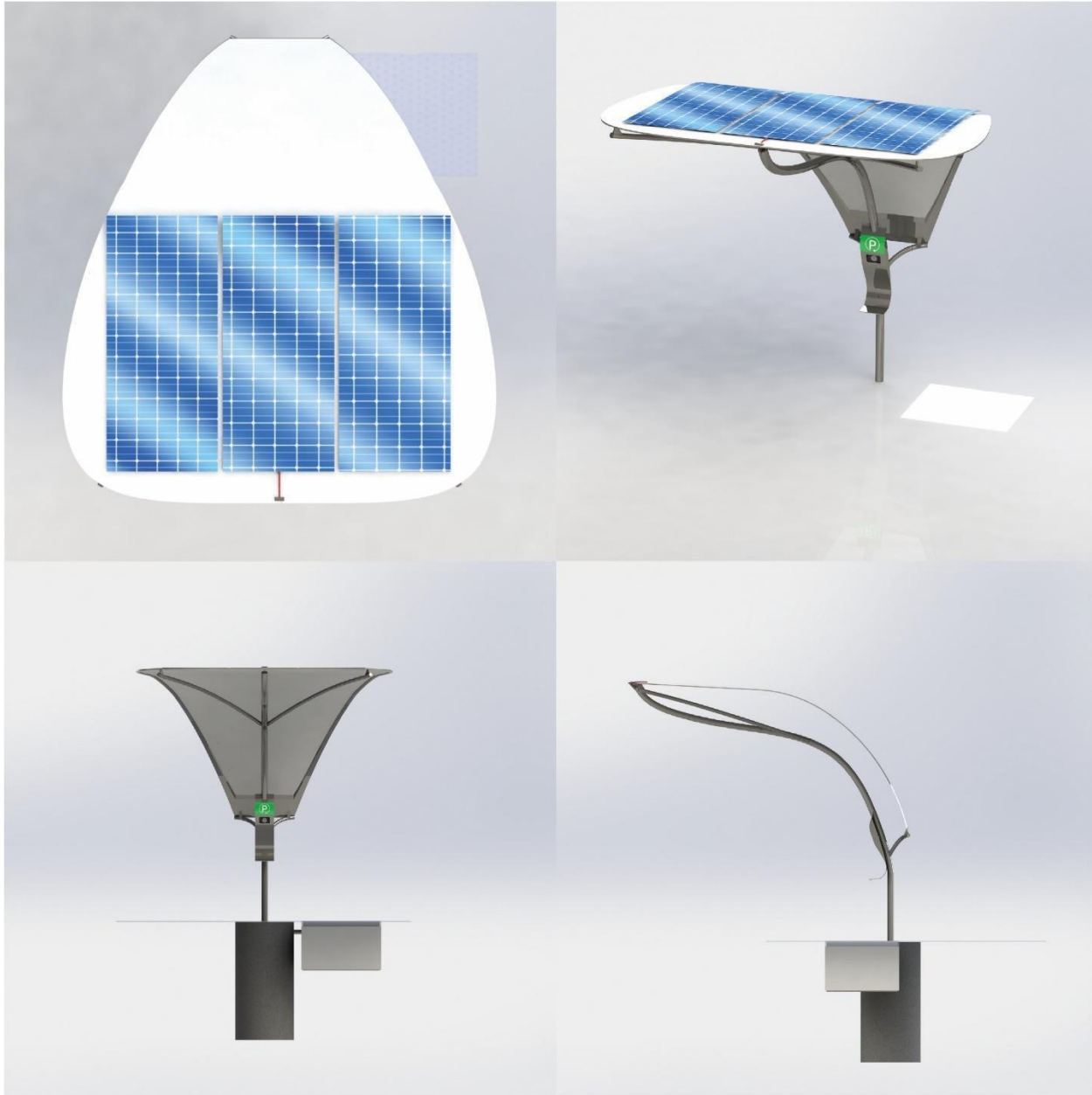
- Direccionar el agua al suelo con el marco de la carpa por medio de la curvatura que llega a 60 cm del suelo.
- Protección del tomacorriente del agua para reducir riesgo de cortocircuito con la lluvia.
- Implementar un espacio para el adaptador de corriente alterna del cable de carga de la moto
- Ocultar los cables del sistema eléctrico dentro de la estructura para evitar modificaciones no autorizadas y mejorar la estética del sistema.
- Ocultar el sistema subterráneo con caja de protección a la intemperie
- Indicador gráfico más grande para visibilizar más rápido el punto de carga y la conexión.
- Tomacorriente fijo bajo el indicador

### **8.7 Propuesta final**

La propuesta final integra de manera óptima las mejoras obtenidas en el proceso de diseño, verificación y validación, destaca especialmente por su forma orgánica, interfaz de carga y la disposición del sistema fotovoltaico, ver *Figura 56, 57 y 58*. La carpa se alargó y se curvó con la finalidad de conducir mejor el agua lluvia y obtener mayor coherencia formal con la estructura. Los tres paneles monocristalinos semi flexibles de 180 watts están dispuestos sobre la carpa con una inclinación de 7°, el banco de baterías de 150 Ah y el inversor de 1000 W se instalaron de manera subterránea para ampliar el espacio de parqueo y la base estructural en tubería de acero está cimentada al suelo. La lista de componentes que conforman la propuesta se puede ver en la *Tabla 28*.

**Figura 56.**

Diseño propuesta final



Nota: elaboración propia.

**Figura 57.**

Vista explosionada



Nota: elaboración propia.

**Tabla 28.***Lista de materiales*

ITEM	NOMBRE	MATERIAL/REFERENCIA	CANTIDAD
1	Carpa	PVC	12 m
3	Panel semi flex 180 W	Monocristalino	3
4	Base estructural	Acero 1020	8 m
5	Marco carpa	Perfil L Acero 1020	1
6	Inversor 1000 W	MPPT	1
7	Cable Solar	Negro	4 m
8	Cable Solar	Rojo	4 m
9	Conector Macho+Hembra	MC4	2
10	Batería de 150 Ah	Gel	2
11	Conector para Batería	AWG 1/0	2
12	Breaker 16 A DC 72 Voltios		2

13	Caja de protección	Acrílico 4 mm	1
----	--------------------	---------------	---

Nota: elaboración propia

**Figura 58.**

Vista en uso propuesta final



Nota: elaboración propia.

### Conclusiones

Como parte del proceso metodológico de la ejecución de la propuesta una vez finalizados los momentos que dieron consecución a la materialización del objetivo general trazado se concluye que:

Respecto a las características y requerimientos que integran el sistema auxiliar de carga, los usuarios identifican como atractivo agregar una extensión para la recarga y encontrar la ubicación del punto de carga a través de un sistema de geolocalización. Asimismo, también se identificó que el criterio de mayor importancia para los usuarios es la facilidad de uso seguido de la protección a la intemperie y la comodidad de uso.

En cuanto a la implementación del sistema se evidenció la dificultad para acceder a tecnología fotovoltaica, debido a sus altos costos y la dificultad de encontrar proveedores locales; a su vez es de resaltar el aspecto del mantenimiento regular que debe tener el panel solar para garantizar su durabilidad y eficiencia.

La construcción del sistema auxiliar de carga parcial por energía solar fotovoltaica para motocicletas eléctricas verifica que la estructura soporta el peso de esta y del sistema eléctrico con un factor de seguridad de 3,9, además el sistema eléctrico funciona y proporciona carga al vehículo eléctrico. Los resultados de la validación demuestran ser fácil de usar con un promedio de tiempo para ser usado inferior a un minuto y tiene una percepción de comodidad aceptable.

La propuesta final presenta ajustes con la finalidad de mejorar la protección de la intemperie y la experiencia del usuario. Con los avances continuos en las tecnologías solares se espera que el diseño del sistema de carga sea cada vez más eficiente en términos de tiempo de carga.

Por último, el desarrollo del proyecto demuestra la versatilidad de las energías alternativas como medio para fomentar la movilidad eléctrica, dado que la propuesta diseñada no requiere de conexión a la red eléctrica, es viable su implementación en todo el territorio nacional especialmente en ciudades donde aún no se han implementado políticas de transición en modelos de transporte.

### Bibliografía

- Camargo, L., & Arboleda, M. (2013). *Producción de energía limpia en Colombia, la base para un crecimiento sostenible*. Bogotá.
- Chabot, P. (2010). *Vehículos eléctricos y redes para su recarga*. Madrid: ra-ma.
- Cusson, P. (22 de octubre de 2012). *Google Patentes*. Obtenido de <https://patentimages.storage.googleapis.com/51/8d/41/1c353dc26b3431/US8650812.pdf>
- Gonzales, C., Ponce, C., & Valenzuela, R. (2013). *Selección de un sistema solar fotovoltaico para un vehículo eléctrico*. Juarez.
- Hartelius, J. (21 de junio de 2011). *Google Patentes*. Obtenido de <https://patentimages.storage.googleapis.com/13/5d/95/2c03046278aad9/US8407950.pdf>
- Hernández, S. (15 de marzo de 2019). *Google Patentes*. Obtenido de <https://patentimages.storage.googleapis.com/9a/da/df/8fd8f0c079a0f2/ES1226569U.pdf>
- IEA, I. E. (2019). *Global EV Outlook*. París: <https://translate.google.com/translate?hl=es-419&sl=en&u=https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019&prev=search&pto=aue>.
- Minambiente. (22 de septiembre de 2019). *Estrategia nacional de movilidad eléctrica*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Estrategia-Nacional-de-Movilidad-Elctrica-enme-minambiente.pdf>
- Patentanwälte Bals & Vogel. (14 de mayo de 2014). *Google Patentes*. Obtenido de <https://patentimages.storage.googleapis.com/13/c6/77/a48ce466bf816b/DE102012110913A1.pdf>

Puerta, J. (15 de agosto de 2018). *Motos eléctricas, un segmento que le falta energía para acelerar*.

Obtenido de <https://previmoto.com.co>

Heller, E., & Mielke, C. J. (2015). *Psicología del color: Cómo actúan los colores sobre los sentimientos y la razón* (1.a ed.). Editorial GG.

Shahan, Z. (2018, 8 septiembre). *How Serious Is Volkswagen About Electric Revolution?* CleanTechnica.<https://cleantechnica.com/2018/09/07/how-serious-is-volkswagen-about-electric-revolution/>

Sustainable Mobility for All. 2021. Sustainable Electric Mobility: Building Blocks and Policy Recommendations. Washington DC, License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0