



# “SOLERGY”

Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.

## INFORME DE RESULTADOS

Número de proyecto: 22200004

Expediente: IMAMCA/2022/2

Duración: Del 01/01/2022 al 31/12/2022

Coordinado en AIDIMME por: NUÉVALOS APARISI, JOSÉ EMILIO

Línea de I+D: DESARROLLO Y OPTIMIZACIÓN DE PRODUCTO



“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.

# ÍNDICE

---

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1</b>   | <b><i>Introducción, objetivos del proyecto.</i></b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>2</b>   | <b><i>Resultados obtenidos</i></b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>3</b>   | <b><i>Actividades realizadas, desarrollo del proyecto</i></b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Evaluación del comportamiento de vuelco de los parasoles y soluciones tecnológicas de prevención existentes</b> ..... | <b>5</b>  |
| 3.1.1      | Evaluación de la estabilidad de los parasoles con diferentes bases .....   | 5         |
| 3.1.2      | Análisis de las soluciones tecnológicas de prevención de vuelco existentes .....   | 10        |
| <b>3.2</b> | <b>Diseño del prototipo electrónico</b> .....  | <b>12</b> |
| 3.2.1      | Diseño sistema detección de vuelco .....   | 12        |
| 3.2.2      | Diseño del sistema de alimentación .....   | 17        |
| <b>3.3</b> | <b>Desarrollo del prototipo electrónico</b> .....  | <b>22</b> |
| <b>3.4</b> | <b>Incorporación del dispositivo en el elemento de estudio</b> .....   | <b>25</b> |
| <b>4</b>   | <b><i>Evaluación del dispositivo y conclusiones</i></b> .....  | <b>30</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Evaluación final del dispositivo</b> .....  | <b>30</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Conclusiones</b> .....  | <b>32</b> |

“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.

## 1 Introducción, objetivos del proyecto.

La estabilidad es uno de los parámetros de seguridad más estudiados en los parasoles y elementos de mobiliario, debido al riesgo que supone para los usuarios el vuelco de estos.

El que un elemento de mobiliario posea una baja estabilidad, puede ser debido a un mal diseño de la estructura y/o sus materiales. No obstante, existen elementos que, debido a la funcionalidad para la que están diseñados, se necesita que sean especialmente estables y capaces de soportar las condiciones a las que van a estar sometidos en su utilización. En este caso, los parasoles deben ser capaces de soportar rachas de viento y agentes externos que puedan provocar su vuelco.

En estos elementos las estabilidades se vuelven más difíciles de conseguir incluso mejorando el diseño y sus materiales, y los riesgos de caída son mayores debido a la altura y disposición de la estructura de estos.

El método principal para lograr esta estabilidad que permita un uso seguro de los parasoles, es la utilización de bases pesadas que actúan como contrapeso. A pesar de la utilización de este mecanismo, hoy en día siguen ocurriendo caídas de parasoles en espacios públicos que provocan graves riesgos en los usuarios, especialmente en lugares públicos al aire libre como terrazas en el sector de la restauración.

La investigación realizada en este proyecto se ha centrado en el análisis del vuelco de los parasoles y en el desarrollo e implementación de un sistema de seguridad antivuelco basado en tecnología giroscópica que sea capaz de alertar a los usuarios con el fin prevenir accidentes y daños a las personas que se encuentran cerca del parasol. Combinado con una fuente de alimentación autónoma mediante energía solar que abastece mediante baterías recargables al sistema de seguridad incorporado y a una base de conexiones para accesorios, tales como móviles, tablets, luces led, etc.

La tecnología basada en el efecto giroscópico se empezó a utilizar a principios del siglo pasado en los buques y grandes barcos, para dotarlos de estabilidad en alta mar. No obstante, en la actualidad, se están empezando a utilizar de manera exitosa los giroscopios y los acelerómetros para conseguir estabilidades extraordinarias en motos de una rueda, coches a dos ruedas que no vuelcan al parar, patinetes, móviles, aviones, etc.

El objetivo general del proyecto SOLERGY ha sido la investigación para proporcionar un sistema de alimentación sostenible y ecológico, con el aprovechamiento de la energía solar para la alimentación de baterías recargables, que sirven como fuente de alimentación a un sistema de seguridad frente a las inclemencias meteorológicas ocasionales que pueden provocar el vuelco de los parasoles al suelo.

El sistema se ha desarrollado para ser totalmente integrable en la sombrilla sin afectar a su diseño, ni que dependa de enchufes o cables adicionales conectados a redes eléctricas. De forma, que se pueda fabricar un producto fácilmente incorporable a la gran mayoría de parasoles existentes en el mercado.

“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.

## 2 Resultados obtenidos

Gracias a las labores de investigación y desarrollo que se han ejecutado durante el presente proyecto, se han logrado alcanzar los objetivos establecidos y se han obtenido los siguientes resultados.

- Evaluación del comportamiento del vuelco de los parasoles según la base soporte utilizada y análisis del riesgo de inclinación de estos elementos.
- Adaptación e implementación de la tecnología giroscópica para la medición de la inclinación de parasoles.
- Diseño y desarrollo de un prototipo electrónico de detección de vuelco, capaz de alertar al usuario mediante diferentes avisos según el riesgo de caída.
- Conseguir un dispositivo autónomo, sin necesidad de estar conectado a una toma de corriente, capaz de autoabastecerse mediante energía fotovoltaica, gracias a la incorporación de placas solares y baterías para la acumulación de energía.
- Evaluación y diseño de la ubicación y alojamiento para el dispositivo de detección de vuelco, de manera que su incorporación no interfiera en la fabricación ni diseño del parasol.

“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.

### 3 Actividades realizadas, desarrollo del proyecto

Las principales actividades realizadas durante el desarrollo del proyecto se han estructurado en 4 partes: Evaluación del comportamiento de vuelco de los parasoles y soluciones tecnológicas de prevención existentes; Diseño del sistema electrónico de detección de vuelco; Desarrollo del prototipo electrónico; Incorporación del dispositivo en el elemento de estudio.

En la evaluación del comportamiento de vuelco de los parasoles y soluciones tecnológicas de prevención existentes se han realizado unas pruebas de vuelco para determinar cómo influyen diferentes tipos de bases en la estabilidad del parasol y un estudio de mercado de aplicaciones actuales que resuelvan el problema.

Durante el diseño del sistema electrónico de detección de vuelco se ha analizado el funcionamiento de la tecnología giroscópica y su aplicación en parasoles, así como diseñado el circuito electrónico y seleccionado los componentes necesarios para la fabricación del prototipo.

En la fase de desarrollo del prototipo electrónico se han realizado las conexiones y programación necesarias para obtener un dispositivo que cumpla con los objetivos del proyecto.

Por último, se ha realizado la incorporación del dispositivo en el elemento buscando la implementación del prototipo sin afectar en la fabricación ni diseño del parasol.

#### 3.1 Evaluación del comportamiento de vuelco de los parasoles y soluciones tecnológicas de prevención existentes

##### 3.1.1 Evaluación de la estabilidad de los parasoles con diferentes bases

En primer lugar, se realizó una evaluación del comportamiento del parasol con relación al vuelco y a la inclinación del mismo, así como un análisis de como la utilización de distintas bases influye en los factores de estabilidad que presenta el parasol.

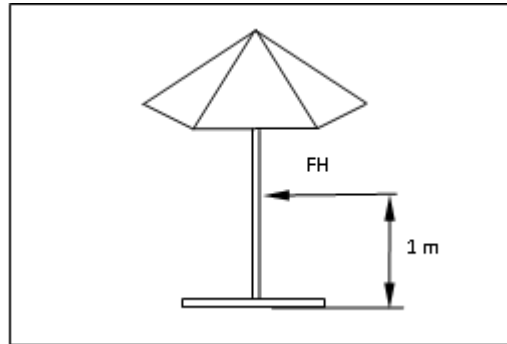
Dada la experiencia de AIDIMME en el sector del mobiliario, ha sido constatado que la base es uno de los principales elementos del parasol con gran influencia en la estabilidad del mismo. Los fabricantes ofrecen diferentes tipos de bases de parasol en cuanto a diseños y peso, que son las características principales en relación con la estabilidad.

Por ello, en este proyecto se ha realizado una primera evaluación con los formatos de bases más comunes que se encuentran en el mercado, para analizar el comportamiento de inclinación y vuelco de un mismo parasol según el tipo de base utilizada.

Para poder evaluar la estabilidad y seguridad de los parasoles con precisión y fiabilidad, independientemente de su diseño, materiales utilizados y procesos de fabricación, se debe utilizar un método homogéneo que permita verificar el estado de seguridad del elemento. Por ello, para la

**“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.**

evaluación del comportamiento del parasol frente al vuelco se ha empleado el método que utiliza AIDIMME para determinar la estabilidad de estos elementos. Dicho método consiste en establecer una fuerza horizontal en la dirección más desfavorable a una altura de un metro desde el suelo.



**Ilustración 1: Método evaluación estabilidad parasoles**

Existen unos valores de fuerza aplicada para determinar la estabilidad segura del parasol, sin embargo, esta evaluación se ha centrado en la fuerza máxima que puede ser aplicada al parasol hasta conseguir su vuelco, con el fin de determinar las diferencias entre las bases utilizadas en el estudio. Para realizar la evaluación del comportamiento del parasol bajo la aplicación de fuerzas horizontales se han registrado parámetros como el peso de la base utilizada, sus dimensiones, la fuerza aplicada para lograr el vuelco, el ángulo inicial de inclinación y el ángulo en el que se produce el vuelco.

“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.

Como se ha comentado anteriormente, las pruebas de estabilidad se han realizado sobre tres bases distintas para poder medir las desviaciones según la base utilizada.

- Base metálica cuadrada



Ilustración 2: Base parasol estudio 1

**Valores obtenidos**

|  |                            |
|--|----------------------------|
| <b>Peso</b>                                      | 16.25 kg                   |
| <b>Dimensiones</b>                               | 625x625 mm (altura 355 mm) |
| <b>Fuerza horizontal de vuelco (valor medio)</b> | 69.6 N                     |
| <b>Ángulo inicial de inclinación</b>             | 4.3 °                      |
| <b>Ángulo en el que se produce el vuelco</b>     | 22.2 °                     |



Ilustración 3: Pruebas base parasol estudio 1



“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.

- Base hormigón redonda



Ilustración 4: Base parasol estudio 2

**Valores obtenidos**

|  |                          |
|--|--------------------------|
| <b>Peso</b>                                      | 31.05 kg                 |
| <b>Dimensiones</b>                               | Ø 480 mm (altura 360 mm) |
| <b>Fuerza horizontal de vuelco (valor medio)</b> | 67.9 N                   |
| <b>Ángulo inicial de inclinación</b>             | 2.2 °                    |
| <b>Ángulo en el que se produce el vuelco</b>     | 24.5 °                   |

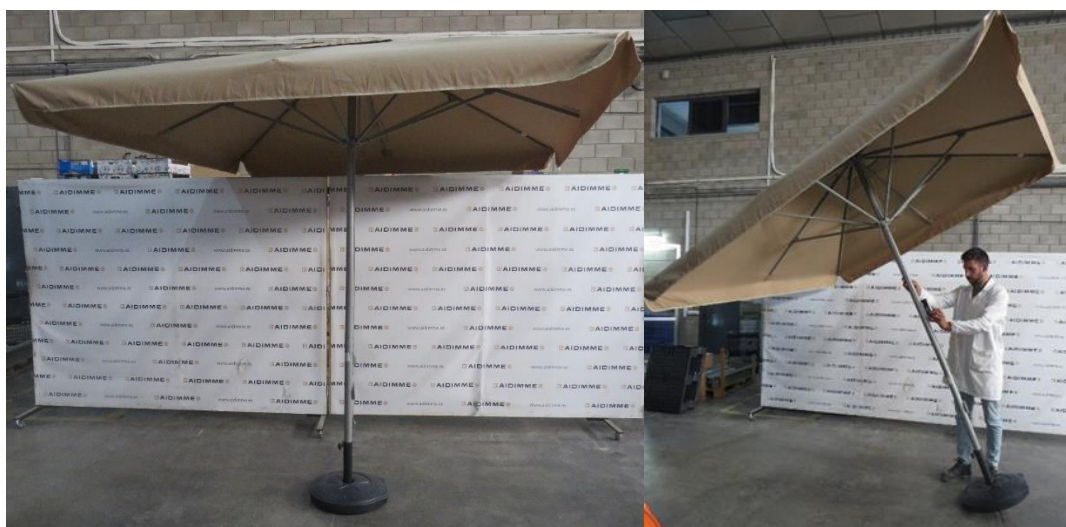


Ilustración 5: Pruebas base parasol estudio 2



“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.

- Base hormigón cuadrada



Ilustración 6: Base parasol estudio 3

**Valores obtenidos**

|  |                            |
|--|----------------------------|
| <b>Peso</b>                                      | 42.25 kg                   |
| <b>Dimensiones</b>                               | 500x500 mm (altura 360 mm) |
| <b>Fuerza horizontal de vuelco (valor medio)</b> | 104.8 N                    |
| <b>Ángulo inicial de inclinación</b>             | 4.6 °                      |
| <b>Ángulo en el que se produce el vuelco</b>     | 28.4 °                     |



Ilustración 7: pruebas base parasol estudio 3

**“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.**

Para todas las pruebas del estudio se ha utilizado un único parasol, la estructura está formada por un mástil de aluminio de 2700 mm de altura y 48,5 mm de diámetro, dividido en dos tramos, y por ocho varillas también de aluminio con medidas de 20x13 mm. La superficie superior que cubre la estructura es formada por una lona cuadrada de tela color tierra de 2500 x 2500 mm.



**Ilustración 8: Parasol objeto de estudio**

En los resultados obtenidos se observó que utilizando diferentes bases con distintas dimensiones y pesos se obtienen comportamientos distintos, la base más pesada favorece la estabilidad del parasol siendo necesario aplicar mayor fuerza para lograr el vuelco.

Sin embargo, el factor principal que interesa al objeto de este proyecto es el ángulo de inclinación en el que se produce el vuelco y para todos los casos es muy similar. Por tanto, se puede afirmar que con un pequeño ajuste el sistema a desarrollar va a ser compatible con la mayoría de las estructuras de parasoles en el mercado.

En vista a los resultados, se escogió la base metálica cuadrada como objeto de las pruebas a partir de este punto por tener un ángulo de vuelco inferior al resto y, por tanto, ser la más inestable. Quedando de manifiesto que al aplicar el sistema de seguridad desarrollado a las otras bases cumplirá con los requerimientos de seguridad.

### **3.1.2 Análisis de las soluciones tecnológicas de prevención de vuelco existentes**

Actualmente, el mercado no ofrece productos o dispositivos inteligentes destinados a controlar el vuelco de parasoles o la seguridad que implica su uso.

Algunos fabricantes utilizan algunos métodos para incrementar la estabilidad de estos elementos y de esta forma disminuir los riesgos que puede provocar su caída a los usuarios de los mismos. Como se ha observado en el análisis anterior, el menor peso de la base, además de su geometría, favorece e

**“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.**

incrementa en gran medida la facilidad de vuelco que tiene un parasol, es por ello, que se utilizan bases pesadas para solventar este tipo de problemas.



**Ilustración 9: Ejemplo de mejora de estabilidad**

Sin embargo, aun siendo pesada no se consigue una efectividad del 100% cuando la acción del viento está presente, ya que debido al tamaño de la superficie y forma de la lona que cubre la estructura del parasol el efecto del viento se multiplica. Otra desventaja de este método es la dificultad de su desplazamiento, ya que en sitios públicos como en terrazas de hostelería, el cambio de ubicación de los parasoles es muy frecuente.

No obstante, sí existe tecnología que trata esta problemática de estabilidades y está basada en el efecto giroscópico, pero su utilización no ha sido aplicada todavía en la mayoría de los elementos de mobiliario. Esta tecnología es muy interesante y se empezó a utilizar a principios del siglo pasado en los buques y grandes barcos, para dotarlos de estabilidad en alta mar. No obstante, en la actualidad, se están empezando a utilizar de manera exitosa los giroscopios y los acelerómetros para conseguir estabilidades extraordinarias en motos de una rueda, coches a dos ruedas que no vuelcan al parar, patinetes, móviles, aviones, etc.

Recientemente, AIDIMME ha realizado un proyecto basado en esta tecnología para la estabilización de escaleras y tras su análisis se ha considerado una de las mejores alternativas para el objeto de este proyecto.

“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.



Ilustración 10: Prototipo proyecto Gyroscope

Por tanto, el proyecto SOLERGY va a utilizar esta tecnología para aplicarla a la problemática de los parasoles y desarrollar un dispositivo capaz de monitorizar la inclinación de los mismos y alertar a los usuarios de un posible riesgo de caída, además de ofrecer puntos de carga para varios usos, todo ello alimentado mediante una placa solar con el fin de conseguir un dispositivo autónomo y sostenible.

## 3.2 Diseño del prototipo electrónico

### 3.2.1 Diseño sistema detección de vuelco

Para el diseño del sistema electrónico de detección de vuelco y la selección de los componentes electrónicos ha sido necesario realizar una serie de pruebas y ajustes con el prototipo desarrollado en el instituto destinado a escaleras, con el fin de establecer las necesidades y los cambios necesarios para adaptarse a los requerimientos del presente proyecto.

“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.



Ilustración 11: Comprobaciones y ajustes previos

El dispositivo que empleado es una unidad de medición inercial o IMU (Inertial Measurement Units) de 6 grados de libertad (DoF), lo que significa que dispone de un acelerómetro de 3 ejes (x, y, z) y un giroscopio de 3 ejes (x, y, z). Por tanto, puede medir aceleración lineal y angular en los tres ejes espaciales x, y, z.

En la Ilustración 12 se muestra un ejemplo de los ejes sobre los que una unidad IMU como la empleada en el proyecto es capaz de medir aceleraciones lineal y angular.

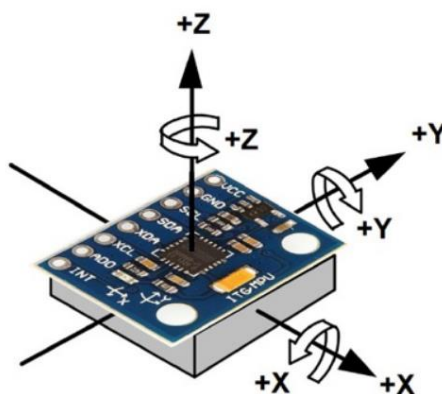


Ilustración 12: Ejes de medición de la aceleración

Con el fin de adaptar el prototipo a este otro elemento, comprobar un funcionamiento acorde a los requisitos del proyecto y modificar la lectura de ángulos y los parámetros de avisos, se ha analizado su funcionamiento y reprogramado el dispositivo ajustándolo a los ángulos requeridos, así como la activación de los distintos leds y la alarma acústica.

“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.

**Método de cálculo del ángulo de inclinación**

La forma de poder medir la inclinación del sensor respecto de un plano, se basa en la descomposición del peso del dispositivo sobre los ejes del plano de apoyo del mismo. En la Ilustración 13 podemos ver un ejemplo sobre dos dimensiones. El acelerómetro (rectángulo de color azul) apoya sobre un plano inclinado, que forma un ángulo teta ( $\theta$ ) sobre el suelo (plano horizontal). La fuerza de la gravedad ( $g$ ) empuja hacia abajo (en vertical, y perpendicular al plano horizontal) al acelerómetro, y éste mide la descomposición de esta aceleración en el eje x y eje z del dispositivo. Por trigonometría, sabemos que el ángulo  $\theta$  se calcula como la arco tangente del cociente de la descomposición de la aceleración en x y en z, tal y como se visualiza en la imagen inferior.

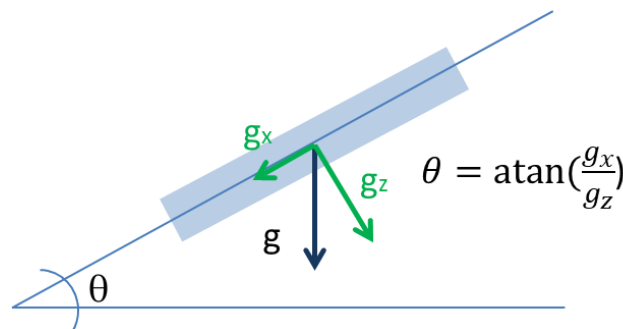


Ilustración 13: Cálculo del ángulo de inclinación del acelerómetro

Si queremos aplicar estas ecuaciones a las tres dimensiones del espacio (x, y, z), las ecuaciones para calcular los diferentes ángulos de inclinación son las descritas en la Ilustración 14.

$$\theta_x = \text{atan} \frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}}$$

$$\theta_y = \text{atan} \frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}}$$

$$\theta_z = \text{atan} \frac{\sqrt{A_x^2 + A_y^2}}{A_z}$$

Ilustración 14: Ecuaciones para el cálculo del ángulo del dispositivo

A través de estas ecuaciones se han obtenido cada uno de los ángulos de inclinación respecto a un eje dimensional y de esta forma, se ha monitorizado la posición estable del parasol.

Una vez reprogramado y verificado el dispositivo equipado con este sistema, se realizó el diseño del circuito electrónico y la selección de los componentes que forman el nuevo prototipo para la medición.



“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.

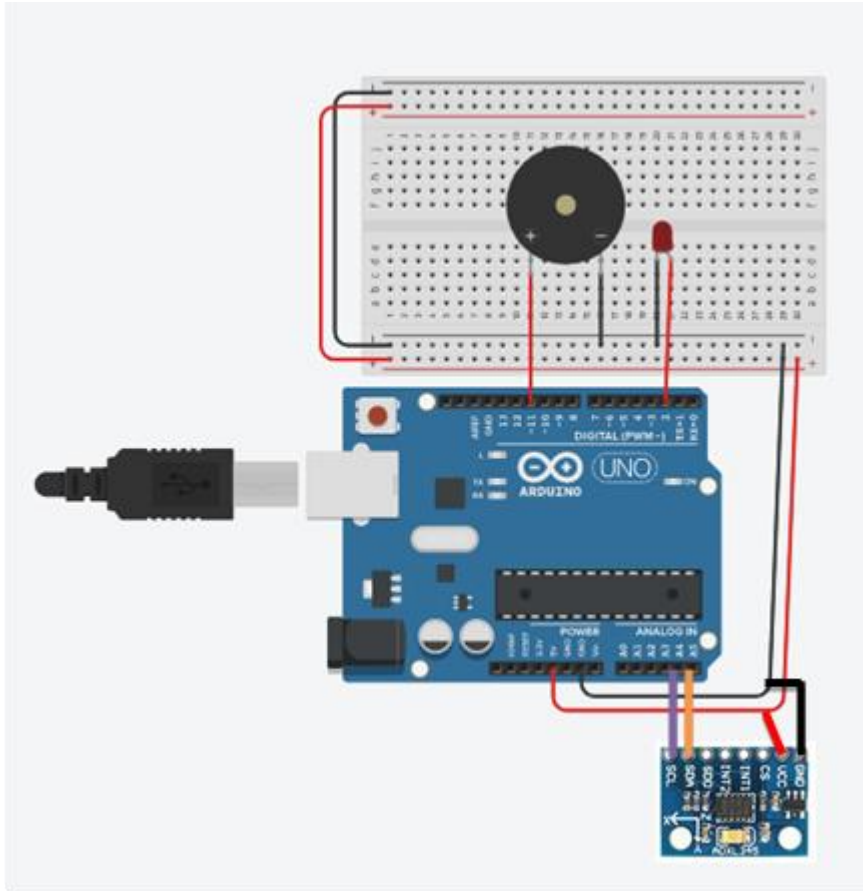


Ilustración 15: Diagrama de conexiones sistema seguridad de vuelco

El sistema de seguridad de detección de vuelco desarrollado consiste en un microcontrolador encargado de la monitorización de la inclinación del parasol a través de un sensor de medición inercial y realiza 2 tipos de avisos a través de una alarma acústica y otra lumínica. Las fases de aviso son:

- Rango de inclinación segura: Sin avisos. Funcionamiento correcto.
- Rango de inclinación de precaución: Activación de alarma lumínica.
- Rango de inclinación próxima al vuelco: Activación alarma lumínica y sonora.

Para esta gestión se ha utilizado un *Arduino UNO Wifi Rev 2*, basada en un procesador ATmega4809 de 8 bits. Es una placa reprogramable, ligera y de tamaño reducido ideal para la realización de prototipos gracias a su gran capacidad de procesamiento. Está equipada con conjuntos de pines de E/S digitales y analógicas que pueden conectarse a varias placas de expansión y a otros circuitos.



“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.



Ilustración 16: Microcontrolador Arduino UNO Wifi Rev 2

También cuenta con un chip Wifi/bluetooth integrado que puede utilizarse para realizar una conexión inalámbrica a un módulo central o una interconexión entre varios parasoles, de forma que también transmita la alerta de caída al responsable del espacio público, por ejemplo, al propietario del establecimiento.

El sensor de medición inercial utilizado ha sido el modelo ADXL 345, de interfaz digital con diferentes librerías desarrolladas para placas controladoras Arduino o en programación Phytón, lo cual redundará en mayor agilidad para su puesta en marcha en el proyecto. Se ha seleccionado un circuito integrado para su integración con una placa controladora.

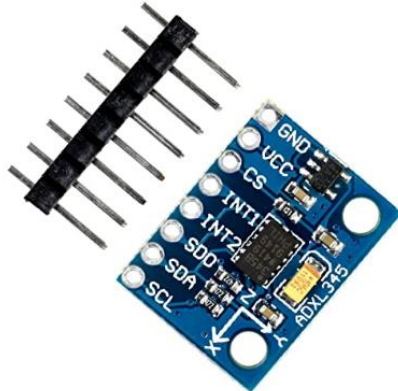


Ilustración 17: Módulo acelerómetro / giroscopio

Para la generación de los avisos al usuario de los posibles riesgos se ha escogido una alarma que cuenta con un circuito integrado que equipa una luz estroboscópica y una sirena de 110 dB.

“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.



Ilustración 18: Alarma luz estroboscópica

Además de este sistema de seguridad el dispositivo, se va a incorporar al dispositivo electrónico unas conexiones de carga USB para ofrecer al usuario la posibilidad de cargar dispositivos electrónicos tales como móviles, tablets, luces led, etc. Este elemento cuenta con 2 tomas USB de 18W que permiten carga rápida 3.0, además es resistente al agua y al calor con clasificación IP66.



Ilustración 19: Conexiones carga USB

### 3.2.2 Diseño del sistema de alimentación

Uno de los objetivos del proyecto es desarrollar un dispositivo autónomo que sea capaz de recargarse sin necesidad de estar conectado a la red eléctrica. La energía solar fotovoltaica es un tipo de energía limpia, renovable e inagotable que se produce al convertir la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico. Por ello, y al ser los parasoles unos elementos que están siempre situados al aire libre bajo la luz solar, se ha decidido utilizar la energía solar como la manera óptima de generar la alimentación necesaria para el sistema.

**“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.**

Como se ha previsto incorporar 2 tomas auxiliares de carga, además del sistema de seguridad desarrollado, ha sido necesario dimensionar el sistema de alimentación para poder suministrar la corriente necesaria para abastecer ambos circuitos.

Debido a la oferta existente en el mercado ha resultado más factible disponer de un sistema de alimentación de 12V, por ello se han escogido 3 baterías recargables de diferentes tipos para determinar cuál de ellas mejor se adecua y proporciona una mayor fiabilidad al dispositivo. Los diferentes tipos de batería seleccionados para la fase de pruebas se basan en batería ligeras de fácil manejo, recargables, que no supongan un excesivo sobrecoste al producto final y con suficiente capacidad energética para abastecer los dispositivos que se van a integrar en el sistema.

- Batería de Li-Ion

Son baterías para almacenamiento de energía eléctrica que emplea como electrolito, una sal de litio que procura los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo.

Las ventajas que presenta respecto otras baterías son su elevada densidad de energía, su tasa de autodescarga es muy baja, carecen de efecto memoria y son menos pesadas y de menor volumen que otras baterías para la misma carga almacenada.

El modelo seleccionado para las pruebas sobre el prototipo ha sido una batería Nastima de 12V y 5200 mAh de 300 gramos de peso, además cuenta con protección contra sobrecargas y cortacircuitos.



Ilustración 20: Batería Li-Ion

- Batería de NiMH

Una de níquel-metalhidruro es un tipo de batería recargable que utiliza un ánodo de oxihidróxido de níquel y su cátodo es de una aleación de hidruro metálico. Cada pila de Ni-MH puede proporcionar un voltaje de 1,2 voltios y una capacidad entre 0,8 y 2,9 amperio-hora.

Presentan algunas desventajas respecto a las de Litio, al tener una densidad de energía más baja, más efecto memoria y mayor tasa de autodescarga. Sin embargo, existen algunas características que

**“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.**

pueden hacerlas adecuadas para el proyecto, en especial su coste al ser bastante inferior se puede lograr fabricar un dispositivo que aporte valor añadido al producto sin encarecer en exceso el precio final de cara al usuario. Su peso y volumen son otras de las propiedades que las hacen atractivas, ya que son muy ligeras y ocupan poco espacio.

Para este tipo de batería se han utilizado un total de 8 baterías Duracell recargables de 1.5V y 2500mAh conectadas en serie, lo que ha permitido obtener una batería de 12V y 2500mAh.

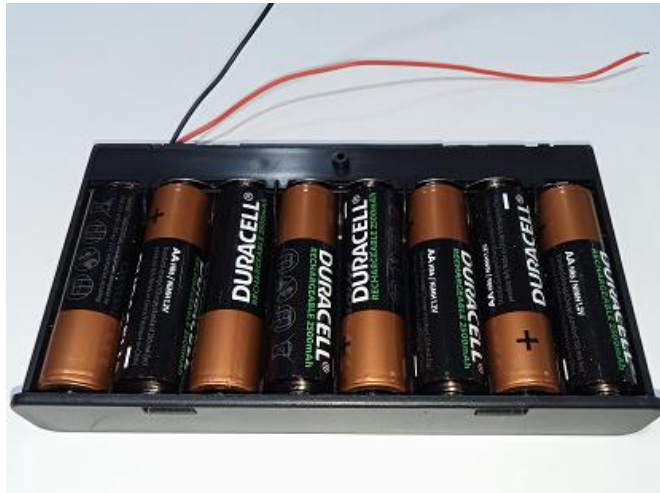


Ilustración 21: Baterías NiMh conectadas en serie

- Batería LiPo

Las baterías de polímero de litio son pilas recargables que se caracterizan por ser ligeras y poder almacenar gran cantidad de energía. Normalmente están compuestas por varias celdas, donde cada una tiene un voltaje nominal de 3,7V.

La principal ventaja de estas baterías es que pueden ser hasta 4 veces más ligeras respecto a otras baterías y al tener mayor densidad de energía tienen mucha más capacidad de almacenamiento que una batería de NiMH. Sin embargo, presenta algunas desventajas como ser bastante delicadas, por lo que hay que poner especial atención en los procesos de carga, bajo un uso incorrecto se deterioran mucho más fácil o incluso pueden llegar a explotar, además su precio es más elevado que otras baterías.

Para la realización de las pruebas se ha seleccionado como batería LiPo una batería HRB de 11.1 V con capacidad de 5000 mAh, y una corriente de descarga continua máxima de 50C. Dimensiones: 155mm x 48mm x 23mm y un peso de 376 gramos.

“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.



Ilustración 22: Batería LiPo HRB

Una vez diseñado el circuito electrónico que va a formar todo el conjunto del dispositivo desarrollado se ha seleccionado un panel solar monocristalino con suficiente potencia para suministrar la alimentación requerida por el sistema electrónico, de 25W de potencia y 12V de voltaje de salida. Al ser un elemento ubicado en el exterior ha sido necesario seleccionar un panel solar con certificado de resistencia al polvo y al agua IP65.



Ilustración 23: Panel solar 25W

El panel solar adquirido cuenta con las siguientes especificaciones:

- Tensión máxima/pico (Vmp): 18V
- Tensión en circuito abierto (Voc): 22.41 V
- Corriente de cortocircuito: 1.54A
- Corriente máxima: 1.4A
- Tolerancia de salida: ±3%.
- Tamaño 420x320x17mm
- Peso: 1.93 kg



**“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.**

Es necesario instalar entre el panel solar y la batería un regulador de carga, ya que este regula el flujo de energía, controlando tanto la intensidad como el voltaje que llega a las baterías, con el objetivo que la recarga sea en condiciones óptimas y no las dañe.

El regulador de carga que equipa el panel adquirido entrega una corriente de salida de 10 amperios, al estar diseñado para una batería de mayores dimensiones y potencia que la que va a incorporarse en el dispositivo desarrollado, esto supone una carga superior al adecuado para las baterías seleccionadas. Por ello, ha sido necesario sustituir dicho regulador por otro destinado especialmente a este tipo de baterías.

Por la tipología de baterías con las que se va a trabajar es necesario que la corriente de carga no sea superior a 1A, por ello, se ha utilizado un módulo regulador de carga específico para paneles solares que ofrece una corriente de salida máxima de 1A y 12V de tensión. De esta forma, se realizará una correcta carga controlada de las baterías, asegurando un correcto funcionamiento de las mismas, con el fin de evitar acortar su vida útil estimada, así como evitar sobrecargas que puedan producir problemas en el circuito electrónico.

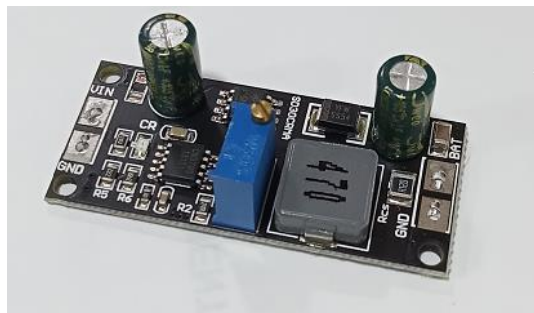


Ilustración 24: Controlador de carga panel solar

Por último, destacar que al contar con un microcontrolador Arduino que ofrece un máximo de 5V a través de sus pines de salida, ha sido necesario incorporar un módulo de dos relés de activación para el control y el encendido de las dos alarmas utilizadas en el dispositivo de aviso.



Ilustración 25: Módulo relés

“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.

### 3.3 Desarrollo del prototipo electrónico

Esta fase del proyecto ha consistido en el desarrollo del prototipo electrónico para conseguir un dispositivo de seguridad que cumpla con todos los objetivos y requisitos planteados al inicio del proyecto.

Los primeros pasos en el desarrollo del prototipo giraron alrededor de la obtención del ángulo de inclinación del dispositivo, para ello, se realizaron las conexiones eléctricas entre el microcontrolador Arduino y el acelerómetro/giroscopio, y se realizaron las configuraciones previas de instalación y comunicación del software de programación.

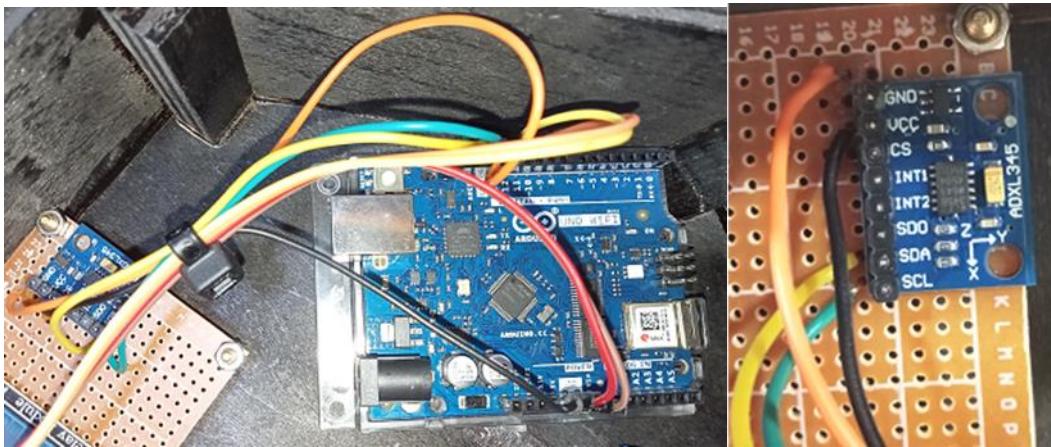


Ilustración 26: Conexión microcontrolador con módulo acelerómetro / giroscopio

A través del entorno de desarrollo integrado de Arduino se realizaron las configuraciones previas, se comprobó el funcionamiento básico del módulo, se adaptaron los valores obtenidos a ángulos centígrados mediante el método de cálculo de ángulos (explicado en puntos anteriores) y se calibró la medición del ángulo de inclinación del sensor.

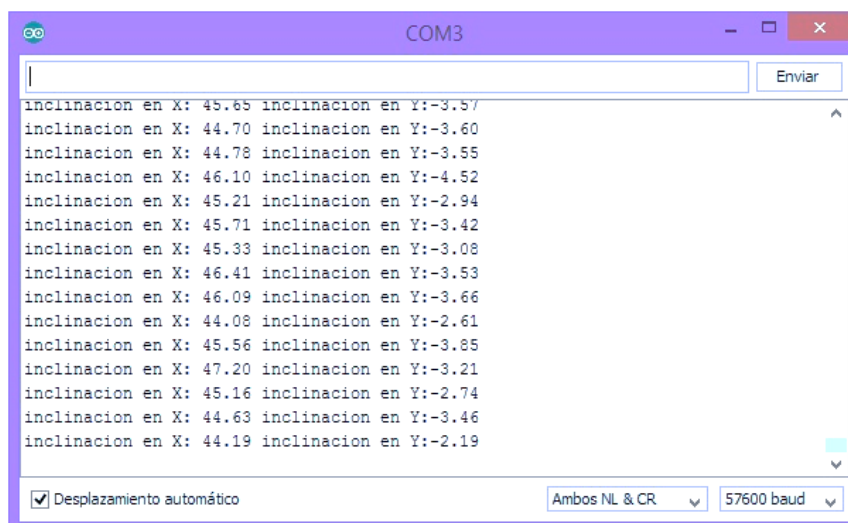


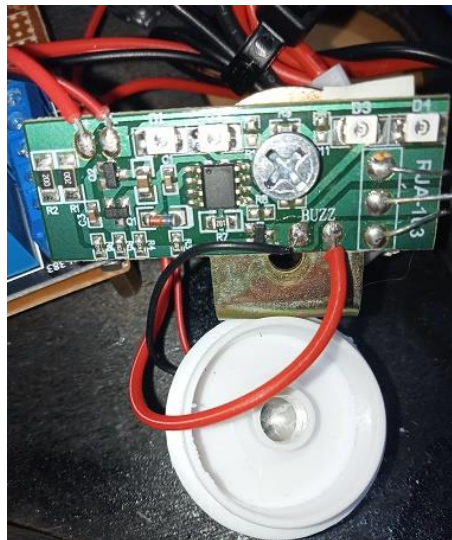
Ilustración 27: Lectura de ángulos de inclinación



**“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.**

A partir de la lectura correcta de los ángulos de inclinación se incorporaron las dos alarmas que se querían implementar en el circuito.

Para ello, se tuvo que desarmar la alarma adquirida y separar los circuitos del avisador acústico y del avisador lumínico, de forma que cada alarma tuviera un circuito independiente para poder activar cada uno de forma individual.



**Ilustración 28:** Circuito electrónico alarma acústica y lumínica

Como se había previsto, se establecieron tres estados del sistema según la medición del ángulo de inclinación:

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| • Estado normal. Uso seguro:             | Sin avisos.                          |
| • Estado alerta. Movimiento del parasol: | Activación de alarma lumínica.       |
| • Estado alarma. Posible caída:          | Activación alarma lumínica y sonora. |

En base a estos estados del sistema se programó el microcontrolador y se realizaron las conexiones necesarias para que según el ángulo detectado entrara en un estado de alerta u otro. A partir de este punto, se establecieron unos rangos de ángulos de inclinación para activar la secuencia de alarmas correspondientes.

Los rangos de activación para los distintos estados se establecieron según el análisis inicial de estabilidad del parasol que resultaron:

- |                  |                           |                  |
|------------------|---------------------------|------------------|
| • Estado normal. | Sin avisos.               | Rango: 90° - 85° |
| • Estado alerta. | Alarma lumínica.          | Rango: 84° - 78° |
| • Estado alarma. | Alarma lumínica y sonora. | Rango: 78° - 0°  |

Debido a que el sistema de alarma funciona a 12V y el microcontrolador únicamente es capaz de entregar 5V a su salida, fue necesario incorporar unos relés de activación para el encendido de las alarmas mediante la señal de salida del microcontrolador. La alimentación se obtiene directamente de las baterías mientras que la activación del relé la ejecuta el Arduino.

“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.

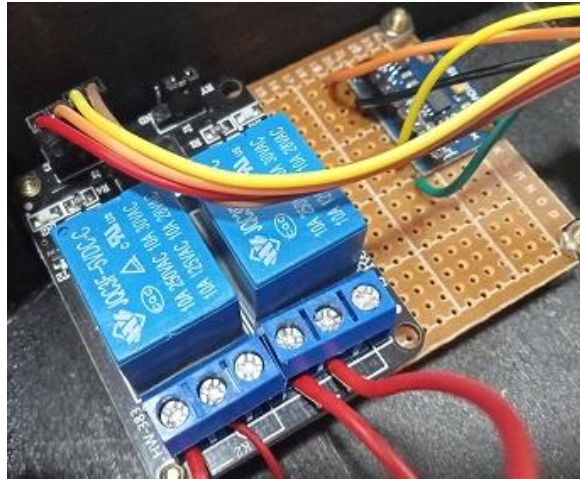


Ilustración 29: Implementación módulo relés

Por otro lado, se realizó la conexión del panel solar a las baterías mediante el regulador de carga de 1A, con el fin de realizar las pruebas de carga y observar el comportamiento de cada tipo de batería.

Para ello, se conectaron y se dejaron al exterior bajo la luz solar un total de 8 horas cada una, comprobando la carga que iba adquiriendo a través del panel solar. Las 3 baterías se comportaron de manera muy similar, pero se obtuvo un mejor rendimiento y durabilidad en la batería de litio, por ello, se decidió utilizar dicha batería en el desarrollo del dispositivo final.



Ilustración 30: Pruebas de carga panel solar

**“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.**

El conector de carga por USB auxiliar se conectó directamente a las conexiones de salida de la batería, sin embargo, fue necesario un módulo convertidor de 12V a 5V para la alimentación del microcontrolador.

### 3.4 Incorporación del dispositivo en el elemento de estudio

Una vez desarrollado el sistema electrónico se diseñó y fabricó un alojamiento con forma hexagonal para todos los elementos electrónicos del sistema, de manera que se obtiene un punto de fácil acceso para la conexión hacia las tomas de carga y una buena visibilidad de la alarma lumínica.

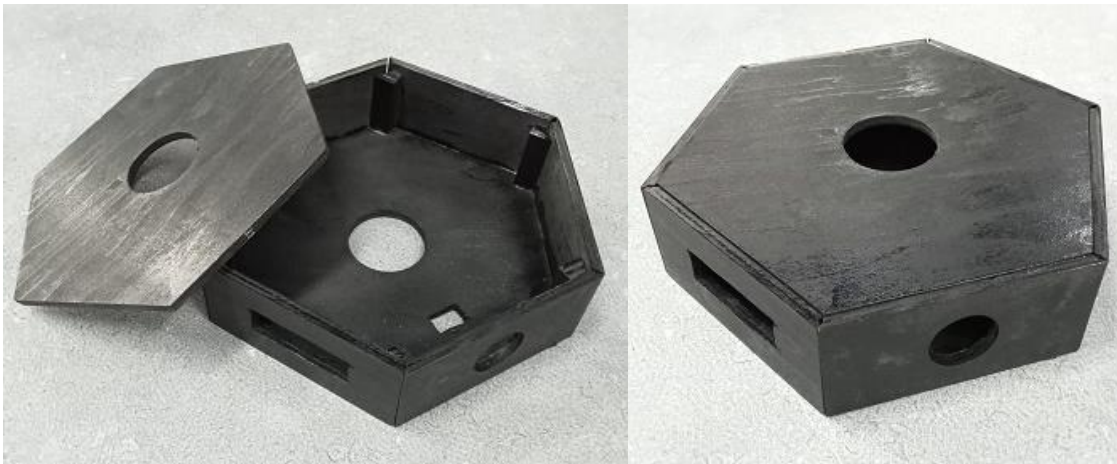


Ilustración 31: Soporte para alojar el dispositivo electrónico

Tras la fabricación del alojamiento se han instalado todos los componentes en su interior, quedando todos protegidos y ocultos frente al usuario.

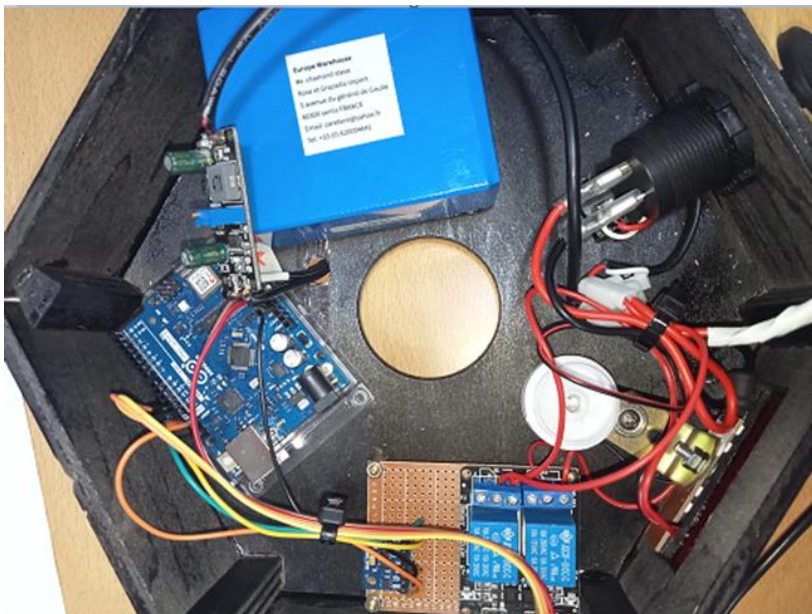


Ilustración 32: Instalación de los elementos en el soporte



**“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.**

En el circuito eléctrico se ha incluido un interruptor situado en la parte inferior para poder encender y apagar el dispositivo cuando sea necesario.



**Ilustración 33: Interruptor apagado / encendido**

Por otro lado, se determinó la altura en la que debía ser colocado el prototipo buscando la comodidad del usuario, sin obstaculizar ningún elemento durante el recorrido de plegado del parasol, y se realizó un marcado para la ubicación del dispositivo y el alojamiento de la tornillería.



**Ilustración 34: Marcado de altura para posicionar el soporte**

Para la incorporación del dispositivo en el parasol se utilizaron unas escuadras con guías de regulación para permitir la sujeción del dispositivo de forma segura y nivelada respecto al mástil.

“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.



Ilustración 35: Escuadras con regulación para nivelar el dispositivo

Antes de ajustar la posición final del prototipo, se situó el parasol en un suelo nivelado y se reguló la inclinación del dispositivo respecto al parasol mediante un inclinómetro, con el fin de evitar desviaciones en las medidas de vuelco.



Ilustración 36: Ajuste nivelado del dispositivo

“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.



Ilustración 37: Instalación de dispositivo en el parasol

Una vez instalado el dispositivo en la parte baja del mástil del parasol, así como durante todo el proceso se realizaron pruebas de funcionamiento del dispositivo de seguridad, de los elementos adicionales y del sistema de carga.



Ilustración 38: Comprobaciones de carga y funcionamiento del sistema

**“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.**

Para la sujeción del panel solar en la parte superior del parasol se fabricó un soporte con madera de contrachapado y se mecanizó sobre la tapa superior del elemento, de forma que formase un conjunto lo suficientemente resistente.



Ilustración 39: Soporte panel solar superior



Ilustración 40: Incorporación panel solar



Ilustración 41: Vista superior panel solar



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**ivACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.

## 4 Evaluación del dispositivo y conclusiones

### 4.1 Evaluación final del dispositivo

Una vez incorporados y calibrados todos los elementos que forman tanto el dispositivo de seguridad como su alimentación, se procedió a realizar una serie de pruebas finales para validar y evaluar los resultados del uso del sistema en el parasol.

Gracias al estudio previo y a la realización del prototipo con la premisa de interferir lo mínimo posible en las fases de fabricación y rediseño del parasol, se ha integrado el dispositivo en el elemento en formato “kit”, es decir, se han implementado todos los componentes del sistema en un alojamiento hexagonal ubicado en el mástil, a una altura donde el usuario puede hacer uso de su tapa superior y acceder fácilmente a la toma de carga y al visor de la alarma.

Por ello, en primer lugar se procedió a revisar que los elementos incorporados no obstaculizarán el recorrido y funcionamiento habitual del procedimiento de plegado y desplegado del parasol. A partir de esta confirmación, se continuó con las pruebas de funcionamiento.

Por un lado, se realizaron las pruebas de vuelco y simulación del elemento en el exterior para analizar el comportamiento del dispositivo de detección de vuelco. Se comprobó que, a medida que se inclinaba el parasol hacia cualquiera de sus lados, el sistema activaba el aviso correspondiente al estado de alerta dependiendo del ángulo de inclinación que presentaba el mástil y, por tanto, del riesgo de caída analizado en los estudios del comportamiento del vuelco del parasol. De forma que activara solo la alarma lumínica en el estado de aviso leve y la alarma acústica y lumínica, de forma conjunta, ante un riesgo de caída inminente o de inclinación excesiva.



Ilustración 42: Comprobaciones funcionamiento aviso vuelco 1



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**ivACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

**“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.**

Efectivamente el parasol activa la alarma lumínica al tener una ligera inclinación, pero sin presentar todavía un riesgo de vuelco, sin embargo, cuando la inclinación se acentúa, se activa la alarma acústica junto la lumínica con la intención de alertar al usuario y prevenir riesgos y lesiones.

De tal forma, que el usuario es capaz de percatarse del vuelco del parasol antes de que este ocurra, previniendo daños personales que pudieran ocurrir debido a la caída del mismo.



**Ilustración 43: Comprobaciones funcionamiento aviso vuelco 2**

Tras las comprobaciones del sistema de seguridad, se comprobó empíricamente que el sistema de alimentación a través del panel solar era capaz de suministrar la corriente necesaria para abastecer tanto al sistema de seguridad como a las tomas de carga auxiliar.

Esta comprobación se realizó mediante la conexión de aparatos electrónicos conectados a la toma de carga durante varias horas, mientras el parasol permanecía bajo la luz solar y, por tanto, el panel seguía alimentando el sistema. Se comprobó la tensión de la batería antes y después de las pruebas, donde se pudo concluir que el sistema de almacenamiento de energía es capaz de almacenar suficiente energía durante el día para suministrar carga a varios elementos conectados sin perder la funcionalidad del dispositivo de seguridad. Esto se debe a que el sistema de detección y aviso de vuelco

**“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.**

funciona con una tensión inferior al sistema de carga en las tomas auxiliares, por tanto, el sistema asegura una monitorización constante de la inclinación del parasol.



Ilustración 44: Comprobaciones de carga tomas auxiliares

## 4.2 Conclusiones

Tras todas las labores de investigación y desarrollo realizadas durante el presente proyecto se han logrado alcanzar los objetivos establecidos y desarrollar un prototipo acorde a las necesidades detectadas.

Se ha conseguido implementar una solución tecnológica de prevención, a la problemática de la estabilidad que presentan los parasoles debido a las condiciones de uso a las que están expuestos, así como la prevención del riesgo que puede ocasionar su caída.

Gracias a la tecnología giroscópica se ha desarrollado un sistema de medición de la inclinación de parasoles capaz de alertar al usuario en función del nivel de riesgo de vuelco y anticiparse a una posible caída. Por otro lado, se ha incorporado un sistema de alimentación solar para proporcionar un dispositivo de alimentación sostenible y autónomo, con el aprovechamiento de la energía solar para la alimentación de baterías recargables, de forma, que el dispositivo no dependa de cables adicionales o puntos de conexión a redes eléctricas cercanos.

Mediante este dispositivo se consigue aportar un valor añadido al producto en el ámbito de la seguridad, ofreciéndole un sistema de alerta al usuario que proteja su integridad y evite daños. Uno

**“SOLERGY” - Sistema de seguridad antivuelco para parasoles basado en tecnología giroscópica combinado con acumulación energética mediante placas solares.**

de los pilares de desarrollo ha sido buscar los componentes que se adaptaran a los requerimientos del proyecto sin encarecer significativamente el producto final.

Además, se ha generado un prototipo en un alojamiento independiente al parasol para ser totalmente integrable en la sombrilla sin afectar a su diseño ni modificar la estructura del mismo, de forma que sea fácilmente adaptable a la mayoría de los parasoles existentes en el mercado y a productos ya diseñados, o incluso fabricados.

Por último, destacar que se ha considerado como futura incorporación de una nueva funcionalidad, la conexión entre varios parasoles a través de wifi. Por ello, el dispositivo está dotado con un microcontrolador que incorpora un módulo de conexión wifi, con el fin de interconectar estos sistemas sobre varios parasoles cercanos, como puede ser en el caso de una terraza de hostelería. De forma que cualquier inclinación de alguno de los elementos notifique un aviso a un módulo central y la persona responsable de la seguridad verifique el estado y las condiciones del parasol en cuestión para evitar un daño antes de que ocurra.



Ilustración 45: Prototipo de detección de vuelco desarrollado