



## Statement Of Work

# SISTEMA DE DETECCIÓN DE GOLPES DE CALOR

Samuel López Castro

Rubén Moreno García

Mario Márquez Sánchez

Manuel Escobar Neupavert

Cayetano de la Cierva Benavent

Marta Manzano Mendoza

Pablo Baena Vega

Pedro Vaca Rodríguez

## ÍNDICE

<b>1. Propósito</b>	<b>2</b>
1.1 Descripción del problema	2
1.1.1 Causas y factores desencadenantes	4
1.1.2 Síntomas de un golpe de calor	5
1.1.3 Efectos en la salud	5
1.2 Estado del arte	5
1.3 Solución propuesta	7
<b>2. Alcance</b>	<b>8</b>
2.1 Objetivos	8
2.2 Requisitos	9
2.3 Descripción de subsistemas	10
2.3.1 Pulsera sensor	11
2.3.2 Centralita	11
2.3.3 Aplicación móvil	11
2.3.4 Aplicación de escritorio	11
2.4 Work Breakdown Structure (WBS)	13
<b>3. Periodo de planificación</b>	<b>13</b>
3.1 Periodo de trabajo	13
3.2 Calendario de entregables	14
3.3 Diagrama de Gantt	15
3.4 Análisis de riesgo	15
3.4.1 Riesgos considerados	15
<b>4. Criterios de aceptación</b>	<b>16</b>
4.1 Matriz de verificación	17
4.2 Plan de pruebas	18
<b>5. Material y presupuesto</b>	<b>19</b>
5.1 Material necesario	19
5.2 Presupuesto	20
<b>6. Referencias</b>	<b>20</b>

## 1. Propósito

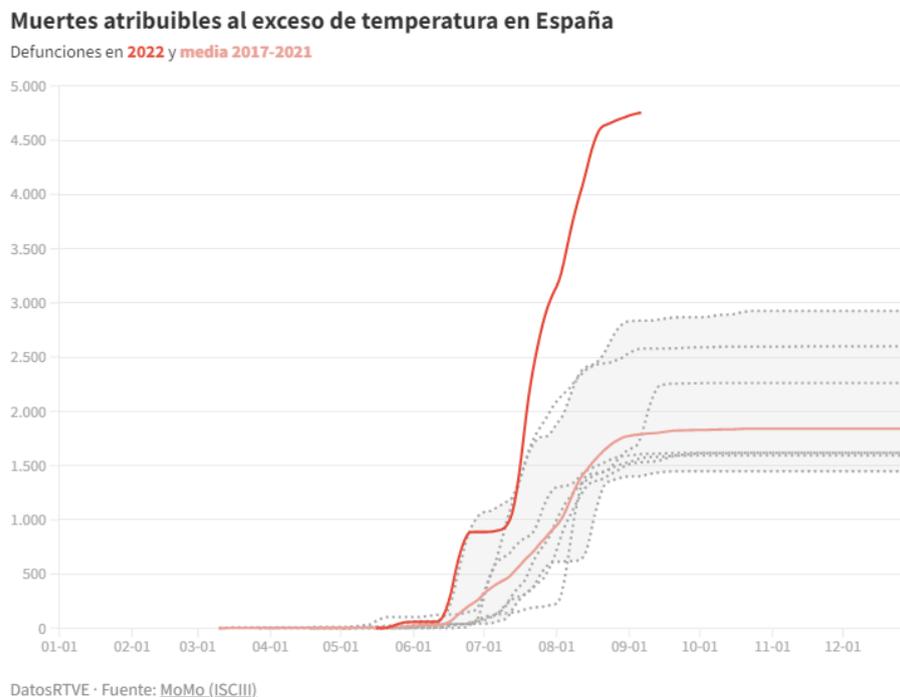
El dispositivo desarrollado en el presente proyecto se usará para la prevención y detección de golpes de calor. Para ello se usarán mediciones realizadas por diversos sensores, así como información proporcionada por el usuario.

### 1.1 Descripción del problema

Hoy en día, sin mirar muy lejos, en España, estamos acostumbrados a veranos muy calurosos, lo cual se refleja en un asunto que cada vez es más preocupante, el incremento de los golpes de calor. La principal causa es el aumento de las temperaturas por el cambio climático, experimentando en los últimos años una subida en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, que ponen en peligro la salud y seguridad de la población.

El fenómeno descrito ha generado una preocupación cada vez mayor entre los sanitarios, científicos y la población en líneas generales, impulsando la búsqueda de soluciones y medidas de adaptación para mitigar dichos impactos.

El problema no va a verse reducido a corto plazo, por tanto, surge la necesidad de buscar soluciones que hagan más segura la vida en los meses de verano, puesto que es un fenómeno que, según RTVE España <sup>1</sup>, en el año 2022, ya se cobró la vida de unas 4700 personas, siendo el triple de la media de los anteriores cinco años.



**Figura 1.** Defunciones por Golpes de Calor en España en el 2022

En ese mismo año, como se puede observar, según la CNN <sup>2</sup>, tuvo lugar una ola de calor y unas temperaturas sin precedentes, que afectaron no sólo al sur de España y zonas del Ecuador, sino que trajeron consecuencias a lo largo de Europa Occidental, Asia y EEUU.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) <sup>3</sup>, entre el año 2000 y 2016 el número de personas expuestas a olas de calor aumentó en unos 125 millones.



**Figura 2.** Coches quemados en la escena de un incendio por la ola de calor en la costa belga en De Haan

Como se puede apreciar, las altas temperaturas suponen un riesgo para la salud. Las personas expuestas al calor pueden sufrir una variedad de síntomas con consecuencias tan graves como la muerte del afectado. Es por ello que se ha producido un cambio en la legislación publicado en el BOE el año pasado. Según el Real Decreto-ley 4/2023, de 11 de mayo <sup>4</sup>, se recomienda a las empresas, haciendo hincapié en el sector agrario, que se tomen medidas urgentes para la prevención de riesgos laborales en episodios de elevadas temperaturas.

Siendo conscientes de que el riesgo de golpes de calor es cada vez mayor por todo lo mencionado, se destacan como puntos clave de las investigaciones los desarrollados a continuación.

### 1.1.1 Causas y factores desencadenantes <sup>5</sup>

Teniendo en cuenta diversas causas, la principal es la exposición a un ambiente caluroso. Es lo que se denomina “insolación sin realizar esfuerzo”. Para ello, se debe estar en un clima con altas temperaturas, además de por un período de tiempo prolongado.

Otro de los factores para sufrirlo es la realización de una actividad extenuante, “insolación por esfuerzo”, puesto que la temperatura corporal va aumentando a medida que se hace esta actividad física, que bien puede ser por ocio o por condiciones del puesto de trabajo, en esta última se centrará este proyecto.

Usar demasiada ropa, beber alcohol (afecta a la capacidad para regular la temperatura) o estar deshidratado por no beber suficiente agua son otras causas adicionales que podrían ocasionar un mayor riesgo de padecer este trastorno.

Por otro lado, se destacan factores de riesgo según la condición de cada persona, puesto que esto también conlleva a que sea más sencillo sufrir una hipertermia. Dichos pueden ser:

- **Edad:** siendo más débiles ante el calor extremo los niños y los adultos mayores de 65 años, dada que su capacidad para afrontarlo depende del sistema nervioso central y, en ambos casos, no se encuentra al 100% de su funcionamiento.
- **Ciertos medicamentos:** hay algunas recetas que afectan a la capacidad que tiene un organismo de mantenerse hidratado. Por ello, en verano hay que tener especial precaución con los medicamentos que estrechan los vasos sanguíneos, regulan la presión arterial, los diuréticos o los antidepresivos.
- **Algunas enfermedades:** enfermedades crónicas, cardíacas o pulmonares, así como la obesidad, pueden aumentar el riesgo de sufrir un golpe de calor.



Figura 3. Persona adulta con golpe de calor

### 1.1.2 Síntomas de un golpe de calor

Según el Servicio Andaluz de Salud <sup>6</sup>, los síntomas padecidos durante un golpe de calor pueden ser:

- Temperatura corporal muy elevada (superior a los 39°C)
- Piel roja, caliente y seca
- Pulso rápido y más fuerte de lo normal
- Dolor palpitante de cabeza
- Mareo
- Náuseas
- Confusión
- Pérdida del conocimiento

### 1.1.3 Efectos en la salud

Tras muchos años en los que se han ido registrando casos de golpes de calor, se han detectado efectos en la salud tras sufrir uno de ellos. Pueden llegar a ser graves, siendo el cerebro, el corazón y los riñones los principales órganos afectados.

Al aumentar la temperatura corporal, se pueden llegar a dañar las células cerebrales y ocasionar problemas que no se reviertan. Además de ello, en esta situación se lleva a una tensión significativa en el corazón, llegando a ritmos cardíacos anormales. La exposición prolongada al calor puede afectar en cierta medida a la función renal y en casos más graves provocaría una insuficiencia en ésta.

Además, unos niveles bajos de oxígeno pueden exacerbar los síntomas de los golpes de calor y llevar a complicaciones más severas. Cuando el cuerpo se sobrecalienta, el corazón y los pulmones trabajan más para enfriar el cuerpo y mantener la temperatura interna dentro de un rango seguro, para lo cual el oxígeno es fundamental. En el caso de que no se pueda obtener el suficiente oxígeno para mantener esta función, los síntomas del golpe de calor se agravarán.

## 1.2 Estado del arte

Existen numerosas investigaciones en curso para desarrollar estrategias efectivas de prevención contra el problema descrito. Éstas abarcan una variedad de áreas muy amplia, entre la que destaca el desarrollo de tejidos inteligentes que regulan la temperatura corporal, previniendo el sobrecalentamiento en condiciones de calor extremo.

Dicho tejido fue desarrollado por un grupo de investigadores de la Universidad de Stanford <sup>7</sup> que se enfoca en la fabricación de prendas de vestir con propiedades termorreguladoras. Aunque su punto va más enfocado al ahorro energético, así como en aires acondicionados, este proyecto reduciría mucho la probabilidad de que sufras un golpe de calor. Además, incorporan sensores integrados que monitorean la temperatura corporal y la humedad, proporcionando

retroalimentación en tiempo real sobre el estado de salud del usuario del producto. Aún no se han obtenido unos resultados aceptables en este campo pero se sigue desarrollando.

Otra investigación destacada es el proyecto “HEAT-SHIELD <sup>8</sup>” (Integración de Soluciones de Adaptación al Calor en Entornos Urbanos para Proteger la Salud de los Ciudadanos), financiado por la Unión Europea <sup>9</sup> como parte del programa Horizon 2020. Este quiere adaptar el calor a nivel urbano evaluando la eficacia de diferentes soluciones de infraestructuras verdes para reducir la temperatura y mejorar la calidad del aire, factores que afectan de forma directa a la probabilidad de sufrir un golpe de calor. Aparte de esto, desarrollaron herramientas de alerta temprana y sistemas de monitoreo para proteger la salud de los ciudadanos durante eventos de calor extremo.



Figura 4. WHAP de HEAT-SHIELD



Figura 5. Infraestructuras verdes en zonas urbanas

En este sentido, para continuar con los estudios, se podría mencionar el realizado por investigadores del Instituto Nacional de Salud Pública de México <sup>10</sup>. Examinaron los efectos de temperaturas extremas en la mortalidad por golpe de calor en diferentes zonas del país. El resultado salió en la revista “Environmental Research” en 2019, analizando los datos desde el 2000 hasta el 2016.



Figura 6. Pulsera ASPY

Por último, mencionar a ASPY <sup>11</sup>, puesto que han implementado un método de prevención contra los golpes de calor en una pulsera. La pulsera para controlar de ASPY es un dispositivo personal de detección continuada. Su objetivo es proteger mejor a las personas en cualquier situación de riesgo. Su funcionamiento se basa en llevar la pulsera en la muñeca mientras evaluará continuamente el calor acumulado en el interior del cuerpo y si te encuentras en un caso de riesgo por golpe de calor, la alarma se activará. Es un método innovador que ha salido al mercado hace relativamente poco.

En cuanto al precio de este producto, está en torno a los 48€, algo estándar pero para lo que se proporciona es un poco excesivo, pues lo único es que te avisa según tu temperatura corporal en todo momento.

En conclusión, hay muchas investigaciones que se centran en atacar este problema creciente, representando un gran esfuerzo continuo y vital. Se va a buscar una mejora respecto a este último proyecto mencionado, buscando la recogida de más datos que ayude a prevenir mejor este suceso y la facilidad de uso, gracias a las aplicaciones que se van a desarrollar.

### **1.3 Solución propuesta**

La solución que se propone como proyecto a desarrollar es un sistema de prevención de golpes de calor cuyo componente principal es una pulsera con sensores para medir las condiciones del usuario en cada momento. Además, cuenta con un dispositivo externo, la centralita, que recoge los datos de los trabajadores, y con dos aplicaciones. La primera es una aplicación móvil para el usuario donde recibirá algunos consejos y las alertas oportunas según la situación. La segunda es una aplicación de escritorio para la persona al mando de esos trabajadores.

El objetivo es la detección de posibles golpes de calor mediante sensores, principalmente en trabajadores en situaciones extremas, por ejemplo, en trabajos desarrollados al aire libre durante los meses de calor. A diferencia de la pulsera ASPY, en este diseño se profundiza más en mejorar ciertos aspectos para mayor facilidad en el uso del dispositivo y en añadir más prestaciones para un funcionamiento más preciso y eficaz.

El dispositivo se verá guiado por la pulsera, que contará con sensor de pulso y oxígeno en sangre para asegurarse si el ritmo cardíaco y el nivel de saturación de oxígeno de un trabajador está dentro de los estándares normales, un sensor de temperatura y un botón de emergencia, que avise al encargado en caso de que ocurra una incidencia de este tipo, contando a su vez con una luz conectada para que el propio poseedor del aparato vea que se ha avisado correctamente.

Seguidamente, esta pulsera contará con una comunicación a una centralita que se usará como servidor de anclaje y base de datos. Dicho dispositivo cuenta no sólo con un solarímetro y un sensor de humedad, sino también con un sensor para medir la calidad del aire. Tras la obtención de todos estos datos recogidos, se estudiarán las condiciones ambientales y las propias de cada persona cada 30 segundos aproximadamente, transmitiendo todos los datos a la aplicación de escritorio contemplada por el responsable y, simultáneamente, a la aplicación móvil que cada uno de los empleados tendría.

En la aplicación móvil, se mostrarán algunos consejos, advertencias y alertas en caso de que esté en riesgo su salud.

En cuanto a la aplicación de escritorio, valdría para un estudio general de todos los empleados y vigilaría los resultados del personal en plantilla. Además, en ella, se introducirán las

patologías, así como datos personales de cada trabajador, como peso y edad, para contemplar más información y poder analizar la situación con mayor exactitud.

En la Figura 7, se observa a la perfección el esquema de la solución propuesta y las interacciones entre las distintas partes del dispositivo.

## 2. Alcance

### 2.1 Objetivos

Los objetivos comentados a continuación son fundamentales para el logro del proyecto destacando el fin principal: poder evitar daños graves a una parte de la población que está expuesta al sol durante largas jornadas laborales.

1. **Desarrollo tecnológico avanzado:** desarrollar los dispositivos descritos en el apartado anterior con sensores fiables, que lleven a establecer una serie de circunstancias y factores para poder determinar de forma más específica si el cliente está en riesgo de sufrir una insolación o golpe de calor.
2. **Monitorización continua:** búsqueda de la implementación de un sistema de monitorización de los parámetros fisiológicos y ambientales relevantes para la salud en este caso para poder ser estudiados en todo momento y guardados para análisis futuros.
3. **Alertas y notificaciones tempranas:** imponer un sistema de alerta que notifique a los trabajadores y a su supervisor cuando se detecten signos de peligro o cuando se pulse el botón de emergencia, al igual que cuando sea para un uso individual, que avise a emergencias o a algún contacto cercano, así como proporcionar consejos sobre qué hacer en el momento.
4. **Personalización y adaptabilidad:** el sistema debe ser capaz de adaptarse a las necesidades de cada empleado, teniendo en cuenta factores como la edad, peso o patologías, así como las condiciones específicas del trabajo.
5. **Facilidad de uso y accesibilidad:** asegurar que las aplicaciones asociadas, así como su propia interfaz de usuario sean fáciles de usar e intuitivas, con instrucciones claras y soporte técnico en caso de que sea necesario.
6. **Cumplimiento normativo:** asegurar que el proyecto cumple con las regulaciones y normativas relevantes en cuanto a salud laboral y protección del trabajador, incluyendo privacidad de datos y estándares de seguridad.

## 2.2 Requisitos

El proyecto debe cumplir una serie de requisitos para satisfacer las demandas de los clientes y poder competir en el mercado con dispositivos similares. En este proyecto se han considerado:

F.1. La pulsera debe obtener la temperatura corporal del usuario que la lleve, así como su frecuencia cardíaca y su nivel de oxígeno en sangre.

P.1.1. La pulsera debe transmitir los datos mencionados en tiempo real.

F.2. El usuario podrá mandar un mensaje de SOS a través de la pulsera.

P.2.1. La pulsera contará con un botón para mandar dicho mensaje.

P.2.2. La pulsera contará con una luz LED que indicará que se ha pulsado correctamente el botón de emergencia.

F.3. La pulsera se alimentará con una pila de tipo botón.

P.3.1. La pila será lo suficientemente duradera para que la pulsera pueda funcionar sin necesidad de recambio o recarga durante una jornada laboral.

F.4. Los dispositivos se conectarán y transmitirán datos entre ellos.

P.4.1. Para una mayor flexibilidad, los dispositivos podrán usar Wifi o Bluetooth para transmitir datos.

F.5. La centralita debe medir la radiación solar incidente en esta, así como la humedad y la calidad del aire.

P.5.1. La centralita debe proporcionar respaldo de datos hasta 24 horas después de su recogida y mandar dichos datos a la aplicación de escritorio para su estudio y revisión.

F.6. Las aplicaciones desarrolladas podrán mostrar de forma sencilla e intuitiva los datos recolectados por los dispositivos y los mensajes de avisos y alertas.

P.6.1. Las aplicaciones tendrán un diseño *responsive*, pudiendo adaptarse a pantallas con distintos tamaños y resoluciones, de forma que todos los usuarios con cualquier dispositivo puedan hacer uso cómodo de las mismas.

D.1. La pulsera debe estar hecha con materiales y componentes resistentes para que tenga un tiempo de vida apropiado.

D.2. La pulsera debe estar fabricada en un material transpirable adecuado para su función general.

D.3. La pulsera debe tener unas dimensiones adecuadas para poder llevarse en la muñeca buscando su comodidad ante todo.

D.4. Los dispositivos serán sencillos de manejar, pudiendo ser configurados de forma intuitiva de forma que el usuario no tenga muchos problemas a la hora de usarlos.

D.5. La carcasa debe proteger a la estación de agentes externos como el polvo, la humedad, la lluvia, esfuerzos mecánicos... pues se colocará, generalmente, a la intemperie.

O.1. Las aplicaciones podrán gestionar los datos recibidos de los dispositivos y realizar acciones como mostrarlos, filtrarlos o incluso realizar promedios que permitan vislumbrar las condiciones generales del grupo de personas que portan la pulsera.

## **2.3 Descripción de subsistemas**

Estos subsistemas son los pilares fundamentales que permiten el funcionamiento integrado de este proyecto de detección de golpes de calor, desde la recopilación de datos hasta la generación de alertas y consejos personalizados para los usuarios. En esta sección, se explorará en profundidad cada uno de los subsistemas, describiendo con detalle sus componentes, funcionalidades y comunicaciones entre sí.

### **2.3.1 Pulsera sensor**

Este dispositivo tendrá como objetivo monitorizar aquellas constantes vitales del usuario útiles en la prevención o detección de golpes de calor, principalmente su temperatura corporal, ritmo cardíaco y nivel de oxígeno en sangre. Además incluirá un pulsador de emergencia que el usuario podrá usar en caso de accidente o emergencia médica para pedir auxilio. Se trata de un dispositivo *wearable* equipado con múltiples sensores que desempeña diversas funciones.

La pulsera será diseñada para establecer comunicación con una centralita. Esta comunicación permite transmitir datos relevantes sobre la salud del usuario y recibir asistencia oportuna en caso de necesidad.

El diseño de esta pulsera será cómodo para el uso de la misma durante una jornada de trabajo completa y de materiales adecuados con dicho fin de buscar el confort del usuario.

### **2.3.2 Centralita**

Este componente se encargará de recibir y procesar datos recopilados por la pulsera de cada trabajador, así como de medir variables ambientales que pueden servir para realizar mejores estimaciones.

Además podrá almacenar estos datos con el objetivo de proporcionar un histórico o promedio, a partir del cual se puedan realizar estudios de todos los datos y resultados obtenidos y valorar, si se quisiera, las condiciones de trabajo de los empleados.

### 2.3.3 Aplicación móvil

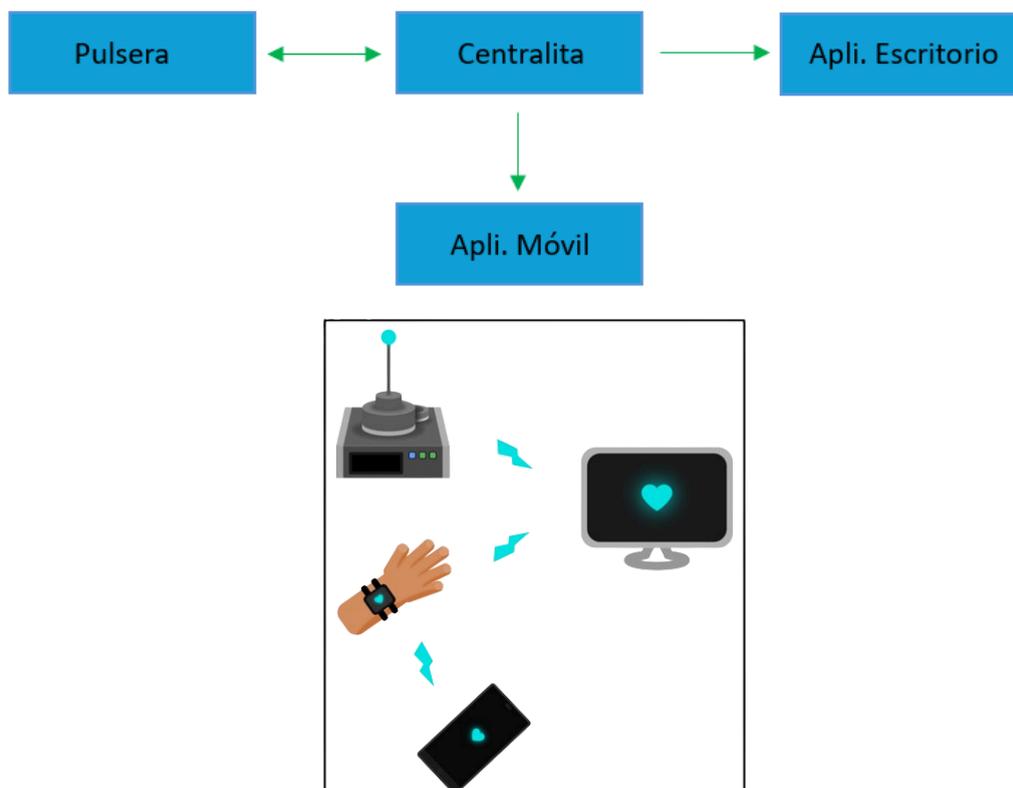
La aplicación móvil será el elemento más importante para el usuario que lleva la pulsera sensor. A través de ésta se reciben las alarmas de peligro y recomendaciones. También podrán consultar sus constantes vitales, así como información del entorno en el que están trabajando.

Las alarmas que van a recibir los usuarios se apoyan en las recomendaciones del Ministerio de España en cuanto al calor en el trabajo [12](#). Los avisos irán desde pausas para descanso y para hidratación, consejos de vestimenta (ropa ligera y de colores claros, gafas de sol, gorras...) antes de la jornada laboral según la meteorología esperada de cada día y uso de crema solar, hasta alertas en caso de posible golpe de calor y aviso al personal responsable o, incluso, a los servicios de emergencia en casos extremos.

### 2.3.4 Aplicación de escritorio

Permitirá la creación y gestión de perfiles y grupos de trabajadores, pudiendo monitorizar sus constantes de forma centralizada y recibiendo alertas en caso de que la seguridad de los trabajadores esté comprometida.

Desde ella se podrán añadir datos como los horarios de trabajo por trabajador o por grupo, patologías y características individuales.



**Figura 7.** Esquemas de comunicación entre subsistemas

## 2.4 Work Breakdown Structure (WBS)

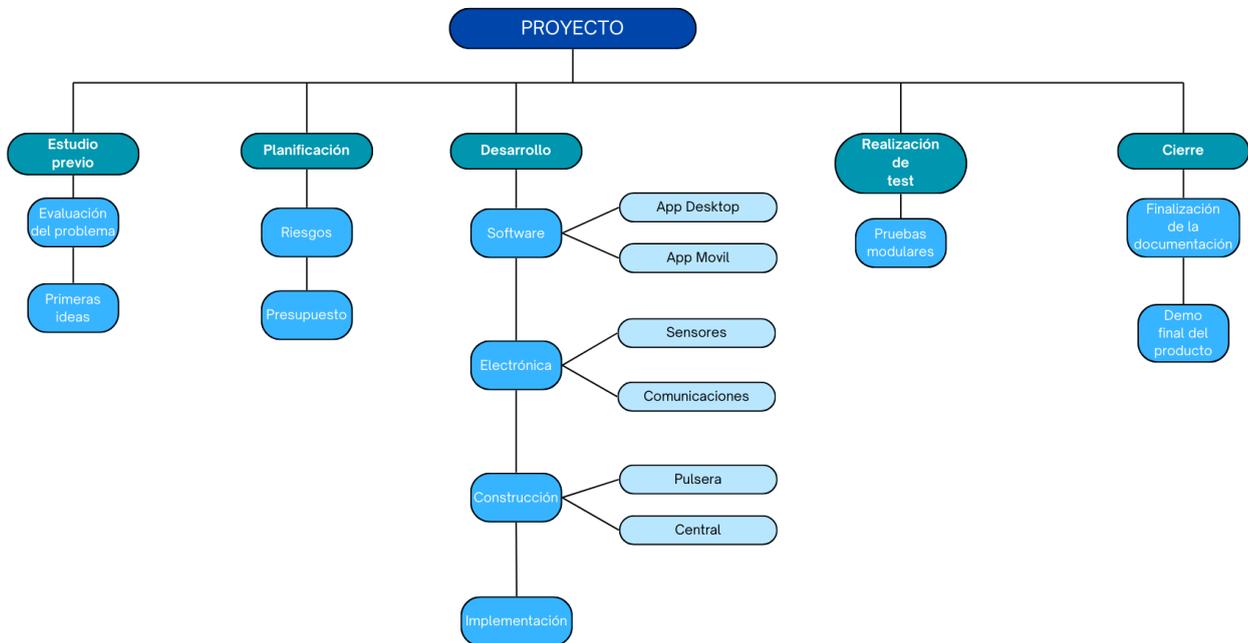


Figura 8. Work Breakdown Structure

## 3. Periodo de planificación

### 3.1 Periodo de trabajo

En este apartado, se delinearé el periodo de trabajo para el proyecto que inicia el 13 de marzo de 2024 y concluye el 21 de mayo de 2024, coincidiendo con el fin del semestre académico.

#### 1. Inicio del Proyecto:

- Fecha de inicio: 13 de marzo de 2024.
- Descripción: El proyecto comienza oficialmente en esta fecha, marcando el inicio de la fase activa de desarrollo para todos los equipos participantes. Además, este punto también señala el momento en el que finalizamos las discusiones sobre el alcance y los detalles del proyecto a realizar. A partir de aquí, el equipo está listo para avanzar con el desarrollo según lo acordado.

#### 2. Duración del Proyecto:

- Duración en semanas: 10 semanas.
- Descripción: El proyecto se extiende a lo largo de un período de 10 semanas, desde su inicio el 13 de marzo de 2024 hasta el último día de clases el 21 de mayo de 2024.

**3. Finalización del proyecto:**

- Último día de clases: 21 de mayo de 2024.
- Descripción: La fase de desarrollo del proyecto concluye el día 21 de mayo de 2024, coincidiendo con el cierre del semestre académico.

**4. Entrega de la documentación final:**

- Fecha límite para la entrega: 12 de junio de 2024
- Descripción: Aunque la fase de desarrollo del proyecto finaliza el 21 de mayo de 2024, el equipo tiene un período adicional hasta la fecha de convocatoria oficial para preparar y entregar la documentación final.

**3.2 Calendario de entregables**

- Versión preliminar del SOW para revisión: 3 de Abril
- Versión corregida del SOW: 19 abril
- Informe de progreso 1: 26 de abril
- Informe de progreso 2: 3 de mayo
- Informe de progreso 3: 10 de mayo
- Demostración del proyecto (implementación física, transparencias de la presentación y vídeo(s) de demostración): 21 de mayo
- Documentación final (versión final del SOW, memoria descriptiva de resultados): 12 de junio

### 3.3 Diagrama de Gantt

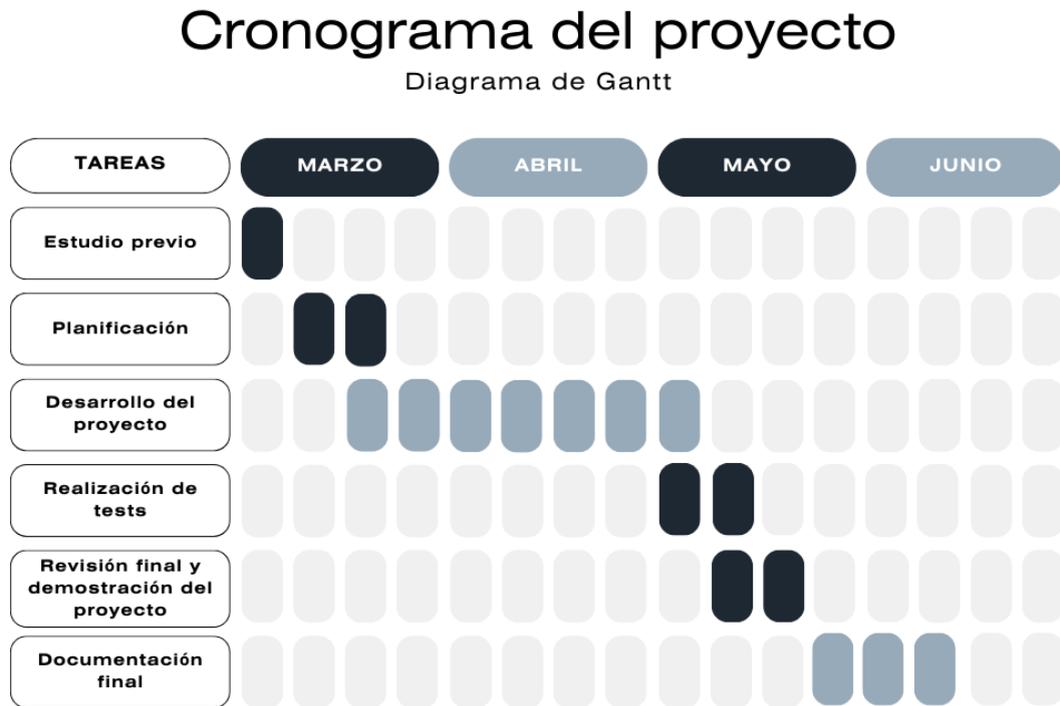


Figura 9. Diagrama de Gantt

### 3.4 Análisis de riesgos

Para garantizar el éxito del proyecto, se realizará un análisis de los riesgos potenciales y se establecerán planes de contingencia. Cada riesgo identificado ha sido evaluado por su severidad y probabilidad de ocurrencia, dividiéndose cada uno en 5 niveles: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, utilizándose así un enfoque cualitativo.

#### 3.4.1 Riesgos considerados

##### 1. Técnicos:

**Probabilidad:** Media

**Severidad:** Alta

**Descripción:** Problemas técnicos con los sensores, tales como la falta de compatibilidad con otros componentes o defectos de fabricación.

**Plan de contingencia:** Se procurará mantener una reserva de fondos para repuestos. Además, se priorizará la compra de componentes a proveedores de confianza y se diseñará un plan de pruebas exhaustivo.

## 2. Dificultades en la implementación:

**Probabilidad:** Media

**Severidad:** Progresiva con el tiempo

**Descripción:** La falta de recursos y experiencia podría resultar en retrasos en la producción o dificultades en la integración con sistemas existentes.

**Plan de contingencia:** Se considerará obtener asesoramiento de profesionales del sector de los wearables y se promoverá una comunicación efectiva entre todos los integrantes del proyecto.

## 3. Riesgos de salud laboral:

**Probabilidad:** Media

**Severidad:** Media

**Descripción:** La precisión limitada de los sensores podría afectar a la detección de golpes de calor, poniendo en riesgo la salud de los trabajadores e incumpliendo el objetivo principal del dispositivo.

**Plan de contingencia:** Se dispondrá de un plan de pruebas exhaustivo.

## 4. Cambios en la legislación:

**Probabilidad:** Baja

**Severidad:** Alta

**Descripción:** Cambios en las legislaciones de protección de datos que restrinjan o impidan el monitoreo de parámetros fisiológicos de los trabajadores.

**Plan de contingencia:** Revisión y adaptación del diseño de la pulsera para que cumpla con los estándares legales.

## 4. Criterios de aceptación

El proyecto que está siendo desarrollado está sujeto a estándares de calidad y seguridad muy rigurosos con el fin de garantizar la efectividad del mismo, ciñéndose a las necesidades actuales de la industria pero, sobre todo, a la seguridad de los trabajadores en todo tipo de ambientes de trabajo. El proyecto se aceptará cuando cumpla con los requisitos especificados.

### 4.1 Matriz de verificación

Requisito	Nombre requisito	Verificación				Nombre prueba	Estado
		I	A	D	T		
F.1	Obtención de temperatura corporal, frecuencia cardíaca y nivel de oxígeno en sangre a través de la pulsera					Prueba de los sensores de la pulsera	Pendiente
P.1.1	Transmisión de datos en tiempo real					Prueba de interconectividad entre los dispositivos	Pendiente
F.2	Emisión de mensaje de SOS a través de la pulsera					Prueba del pulsador de emergencia	Pendiente
P.2.1	Funcionamiento del botón para mandar mensaje SOS					Prueba del pulsador de emergencia	Pendiente
P.2.2	Funcionamiento de la luz LED al mandar el mensaje de SOS					Prueba del pulsador de emergencia	Pendiente
F.3	La pulsera será alimentada por una pila de tipo botón					Prueba de duración de las baterías	Pendiente
P.3.1	La pila de la pulsera durará como mínimo una jornada laboral					Prueba de duración de las baterías	Pendiente
F.4	Los dispositivos se conectarán y transmitirán datos entre ellos					Prueba de conectividad entre los dispositivos	Pendiente

P.4.1	Los dispositivos utilizarán Wifi o Bluetooth					Prueba de interconectividad entre los dispositivos	Pendiente
F.5	Obtención de la radiación solar, humedad y calidad del aire a través de la centralita					Prueba de los sensores de la centralita	Pendiente
P.5.1	La centralita debe proporcionar respaldo de datos hasta 24 horas después de su recogida y mandarlos a la aplicación de escritorio					Prueba de interconectividad entre los dispositivos	Pendiente
F.6	Las aplicaciones desarrolladas podrán mostrar los datos recolectados					Prueba del funcionamiento de las alertas	Pendiente
P.6.1	Las aplicaciones tendrán un diseño <i>responsive</i>					Prueba del diseño <i>responsive</i> de las apps	Pendiente
D.1	La pulsera estará hecha de materiales y componentes resistentes					Prueba del diseño de la pulsera sensor	Pendiente
D.2	La pulsera estará fabricada en un material transpirable					Prueba del diseño de la pulsera sensor	Pendiente
D.3	La pulsera debe tener unas dimensiones adecuadas					Prueba del diseño de la pulsera sensor	Pendiente
D.4	Los dispositivos serán sencillos de manejar para el usuario					Prueba de la facilidad de uso de las aplicaciones	Pendiente
D.5	La carcasa debe proteger la estación de agentes externos					Prueba de aptitud de la carcasa de la estación de monitorización ambiental	Pendiente

O.1	Las aplicaciones muestran y realizan cálculos con los datos de forma satisfactoria					Prueba del uso de los datos por parte de las aplicaciones	Pendiente
-----	--	--	--	--	--	---	-----------

Tabla 1. Matriz de verificación

## 4.2 Plan de pruebas

**Prueba de pulsera sensor, pulso:** se tomará el pulso del sujeto de pruebas en ambos brazos, usando en uno de ellos un pulsímetro y en el otro la pulsera sensor. Si el sensor de la pulsera funciona correctamente y la información se envía a las aplicaciones de forma satisfactoria, la lectura del pulsímetro y los valores mostrados en las aplicaciones deberían coincidir.

**Prueba de pulsera sensor, temperatura:** al igual que en el anterior test, se tomarán dos medidas, una con un termómetro y otra con la pulsera sensor. Si todo funciona según lo previsto, la medición del termómetro y el valor mostrado en las apps debería coincidir.

**Prueba de la facilidad de uso de las aplicaciones:** para comprobar que las interfaces son fáciles de entender y que las aplicaciones pueden ser usadas con facilidad, se contará con la colaboración de voluntarios que las probarán. De los tests se obtendrá información valiosa acerca de las apps.

**Prueba del diseño *responsive* de las apps:** se realizarán varios tests encaminados a probar si las aplicaciones pueden adaptarse a distintos tamaños y resoluciones de pantalla de forma satisfactoria.

**Prueba de duración de las baterías:** uno de los requisitos del proyecto es que la duración de las baterías debe ser de, al menos, una jornada laboral. Para probar si se ha cumplido ese requisito se hará uso del dispositivo durante 10 horas. De forma que se podrá verificar, con cierto margen, que el dispositivo se mantendrá encendido durante la duración de la jornada.

**Prueba del diseño de la pulsera sensor:** con esta se buscará probar que la pulsera es cómoda y no molesta al portador. Además, se debe probar que la pulsera se puede poner y quitar fácilmente, se adapta correctamente a la mano del usuario y no se cae o desajusta cuando este realiza movimientos bruscos con su brazo. Para ello se realizarán varias actividades con la pulsera equipada: escribir, agitar el brazo, usar el ordenador, etc.

**Prueba de la facilidad de configuración inicial:** los dispositivos requieren ser configurados antes de ser usados. Dicha configuración ha de ser sencilla de entender y realizar para el usuario. Para probar si se cumple el requisito se pedirá a colaboradores voluntarios que realicen la configuración de los dispositivos, tomando nota de las posibles dificultades que encuentren y buscando simplificar el proceso.

**Prueba del funcionamiento de las alertas:** para esta prueba se manipularán los valores de variables medidas para los cuales se emitirían alertas, de tal forma que se pueda comprobar si funcionan sin necesidad de que dichas variables alcancen los valores originales.

**Prueba del pulsador de emergencia:** se comprobará que se emiten las alertas correspondientes en caso de que el usuario haga uso del pulsador de emergencia.

**Prueba de aptitud de la carcasa de la estación de monitorización ambiental:** se realizarán diversas pruebas a fin de comprobar que la carcasa de la estación protege al interior frente al polvo, vapor de agua, agua líquida y verificar que es lo suficientemente resistente contra esfuerzos mecánicos.

**Prueba de interconectividad entre los dispositivos:** se llevarán a cabo varios tests para asegurar que los datos recogidos son enviados correctamente a la centralita. Posteriormente, esos datos deberán ser mostrados en las aplicaciones.

## 5. Material y presupuesto

### 5.1 Material necesario

Para el desarrollo del proyecto se consideran los siguientes componentes y recursos:

- **Solarímetro:** para la medición de radiación solar incidente, uno de los sensores de la centralita.
- **Sensor de calidad del aire:** usado en la centralita para decidir si los usuarios en el área de trabajo deberían tomar algún tipo de precaución frente al polvo o humo en el ambiente.
- **Sensor de pulso cardiaco:** para la monitorización del mismo. Se usará en la pulsera sensor.
- **Sensor de temperatura y humedad:** parte de la pulsera sensor que medirá la temperatura y humedad del usuario.
- **Impresora 3D:** para la impresión de diversos componentes, por ejemplo, la carcasa de la centralita.
- **ESP32:** microcontrolador que realizará cálculos y enviará/recibirá datos usando wifi o bluetooth. Irá colocado en la centralita.
- **Ordenadores:** para el desarrollo de aplicaciones y código de los dispositivos.
- **Correas:** para la fijación de la pulsera sensor a la muñeca del usuario.
- **Baterías:** para energizar los dispositivos.
- **Pulsador:** acoplado a la pulsera sensor y usado en caso de accidente o emergencia médica.
- **Arduino GEMMA:** microprocesador de tamaño reducido para la pulsera.
- **Tarjeta de memoria:** para el almacenamiento de datos para su posterior envío a la aplicación de escritorio y estudio.

- **Módulo micro SD:** para la lectura de la tarjeta de memoria.
- **Sensor de temperatura corporal:** para la medición de la temperatura corporal del usuario.

## 5.2 Presupuesto

Se deja una parte del presupuesto guardada para posibles imprevistos en el futuro.

Componente	Precio	Cantidad	En propiedad
DHT11	2.79€	1	-
ESP32 (Micro)	-	1	Sí
Módulo micro SD	10.39€	1	-
Tarjeta micro sd 64GB	3.00€	1	-
Arduino GEMMA	9.95€	1	-
MAX30205	7.41€	1	-
MAX30102	6.99€	1	-
Módulo de Calidad del Aire	6.49€	1	-

**Tabla 2.** Presupuesto

## 6. Referencias

- 1) J. Gutiérrez (2020, 7 de septiembre). Cambio climático: Las muertes atribuidas al calor en España triplican la media de los últimos cinco años [Online]. Disponible en: [Muertes atribuidas al calor en España](#) - Fecha de entrada: 13 de marzo de 2024.
- 2) CNN Español (2022, 20 de julio). Muerte, incendios y temperaturas récord [Online]. Disponible en: [Muerte, incendios y temperaturas récord](#) - Fecha de entrada: 13 de marzo de 2024.
- 3) OMS (2018, 1 de junio). Heat and Health [Online]. Disponible en <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health> Fecha de entrada: 13 de marzo de 2024.
- 4) Jefatura del Estado (2023, 12 de mayo). Real Decreto-ley 4/2023 [Online]. Disponible en: [BOE-A-2023-11187](#) - Fecha de entrada: 31 de marzo de 2024.
- 5) J. Manzanos (2018). Golpe de calor: causas, síntomas y cómo actuar [Online]. Disponible en: [Golpe de calor](#) - Fecha de entrada: 15 de marzo de 2024
- 6) Junta de Andalucía (2022). Plan andaluz para la prevención de los efectos de las temperaturas excesivas sobre la salud [Online]. Disponible en: [Prevención de los efectos de las temperaturas excesivas](#) - Fecha de entrada: 15 de marzo.
- 7) T. Abate (2016, 1 de septiembre). Stanford engineers develop a plastic clothing material that cools the skin [Online]. Disponible en: [Plastic clothing material that cools the skin](#) - Fecha de entrada: 20 de marzo de 2024.
- 8) Heat Shield [Online]. Disponible en: [Heat Shield](#) - Fecha de entrada: 20 de marzo de 2024.
- 9) CORDIS, Comisión Europea (2022, 28 de diciembre). Novedades acerca de HEAT-SHIELD: esclarecer los efectos de la exposición al calor en la productividad de los trabajadores industriales [Online]. Disponible en: [Novedades acerca de HEAT-SHIELD](#) - Fecha de entrada: 20 de marzo de 2024.
- 10) A. García-Guerra, P. Méndez-Hernández, M. M. Téllez-Rojo, M. Medina-Ramón, J. Schwartz, and I. Romieu, "Regional differences in the association between ambient temperatures and daily mortality in Mexico: A time-series analysis," *Environmental Research*, vol. 173, pp. 348-355, 2019. - Fecha de entrada: 20 de marzo de 2024.
- 11) ASPY. Pulsera Control Golpe de Calor AInO2 ASPY [Online]. Disponible en: [Pulsera Control Golpe de Calor](#) - Fecha de entrada: 20 de marzo de 2024.

- 12) Ministerio de Sanidad (2023). Calor y Trabajo [Online]. Disponible en: [Calor y Trabajo](#) -  
Fecha de entrada: 25 de Marzo de 2024.