



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Diseño de un dispositivo de captura y  
monitorización de posición y movimientos en  
periodo de sueño

Design of a device that capture and monitor the  
position and movements in sleep period

Autor

Víctor Mollat Navarro

Director

Ignacio López Forniés

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2017/2018



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. Víctor Mollat Navarro,

con nº de DNI 73015453K en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)  
Grado \_\_\_\_\_, (Título del Trabajo)

Diseño de un dispositivo de captura y monitorización de posición y  
movimientos en periodo de sueño

Design of a device that capture and monitor the position and movements in  
sleep period

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 19 de Septiembre de 2018

Fdo: Víctor Mollat Navarro

# RESUMEN

Este proyecto, titulado como "Diseño de un dispositivo de captura y monitorización de posición y movimientos en el periodo de sueño", se ha desarrollado de manera individual y en forma de trabajo de fin de grado para la carrera de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto.

El objetivo de este proyecto es el diseño de un dispositivo, en este caso un sobrecolchón capaz de medir y monitorizar la posición y el movimiento del usuario, orientado especialmente para personas con trastornos y problemas del sueño. Aunque también para un usuario básico que tiene curiosidad e interés su estado y cómo es su sueño

El proyecto se comenzó con una planificación que incluía diferentes apartados a realizar, que en este caso son el de investigación, diseño, desarrollo y prototipado.

En la fase de investigación se consultó una serie de referencias, sobre todo en internet, donde adquirí conocimientos y saqué conclusiones sobre: tipos de sensores, posiciones habituales de sueño, competencia, diferentes sobrecolchones, otras tecnologías útiles y uno de los mas interesantes, los ciclos del sueño y sus características.

A priori, iba a ser un producto de coste ajustado, lo que en parte ha condicionado el diseño del producto. En esta fase, se delimitaron la definición y la estructura del sobrecolchón, se estudió su forma y la disposición de los sensores o dispositivos para captar el sueño, a la par se estudió y concretó los materiales mas indicados para el producto, de donde surgió la idea de realizar dos gamas, la sanitaria y la comercial.

Tras esto, se propusieron unos conceptos de producto, basados en diferentes tecnologías, siendo y disposiciones, siendo elegido mediante una tabla de valoración el concepto de pulsadores, al principio siendo una matriz con una gran cantidad de pulsadores, que avanza para simplificarse como una matriz de tinta conductora inyectada, que se adapta mejor a las condiciones del colchón.

A la hora del desarrollo del producto, se comenzó con la descripción electrónica de éste, de forma que describí una matriz de cinco por cinco, la que utilicé para el prototipo, siendo la real en el producto de trece columnas por veinticinco filas, y debido gran número de cables necesarios tuve que hablar con el profesor Antonio Pardina, el cual me recomendó el uso de multiplexores para la reducción de cables de salida hacia el controlador.

En esta misma fase se hizo una pequeña simulación y descripción del funcionamiento de la toma de datos mediante los contactos, de cara a una futura programación profesional, a la vez que se definieron las funciones y la forma y estética del producto.

Justo después se empezó con el modelado descriptivo del producto para realizar la posible visualización de la estética del producto, a lo que se le añadieron unos planos simples y descriptivos de cada parte del producto, a excepción de la caja en la que se incluirá el controlador, que será un estándar e ira delimitada tras la definición futura del controlador y la electrónica.

Se añadió una breve valoración económica estimada del producto en sus dos gamas, para tener conocimiento de la comparación con otros productos del sueño y su posicionamiento.

En la última fase se procedió a la realización del prototipo, y su prueba, en la cual el primer fallo encontrado fue el retorno de corriente de una matriz a otra, lo que llevaba siempre a falsos positivos, e investigando referentes en teclados llegué a la conclusión de la necesidad de añadir un diodo rectificador en cada una de las intersecciones entre matrices, lo que me llevo a modificar parte del proyecto. Con esto ya solucionado se realizaron mas pruebas con el prototipo y se llegó a unas conclusiones que también afectaron al diseño final, siendo el último paso la modificación respecto a estas conclusiones.



# ÍNDICE

Resumen	3
Índice	4
Introducción	5
Metodología	6
Planificación	7

## FASE 1: Investigación

Sensores de temperatura	8
Sensores de fuerza	9
Otros sensores o tecnologías	10
Zonas calientes de la cama	11
Ciclos del sueño	12 y 13
Estandarización en camas	13
Nuevos métodos de captación del sueño	14
Estudio del colchón	15 y 16
Otras posibles tecnologías útiles	17
Resumen de la investigación	18

## FASE 2: Diseño

Definición y estructura del colchón	19 y 20
Estudio formal colchones	21 y 22
Estudio de materiales potenciales	23 y 24
Estudio de disposición de componentes	25 y 26
Concepto pulsadores	27
Concepto sensores de temperatura	28
Concepto sensores de presión	29
Selección del concepto a desarrollar	30
EDP's	30

## FASE 3: Desarrollo

Descripción electrónica del producto	31 - 35
Descripción matriz de tinta conductiva	31
Matriz horizontal	32
Matriz vertical	33
Conjunto matriz de tinta conductiva	34
Errores de detección de los contactos	35
Simulación electrónica	36
Definición funcional	37 y 38
Definición formal	39 - 41
Procesos de fabricación	42 y 43
Valoración económica	44 y 45
Gama salud	44
Gama comercial	45

## FASE 4: Prototipado

Materiales	46
Procesos	47
Montaje eléctrico	48
Uso del prototipo	49 - 51

## CONCLUSIONES

Conclusiones prototipado	52
Conclusiones del proyecto	53

Bibliografía	54 y 55
--------------	---------



# INTRODUCCIÓN

## Título

Diseño conceptual de un dispositivo de captación del sueño integrado en un sobrecolchón.

## Objeto

El objeto de este proyecto es diseñar, definir y dimensionar un dispositivo económico para la monitorización de movimiento durante el sueño por medio de un sobrecolchón.

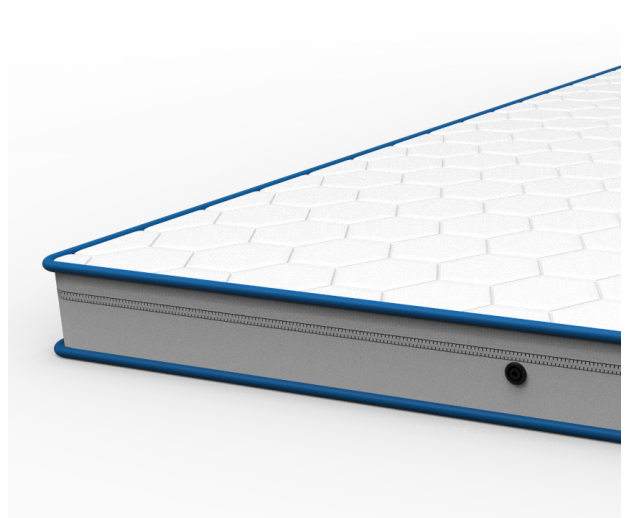
## Alcance

El proyecto abarcará el completo diseño y definición del producto y su montaje, teniendo especial atención en la disposición y funcionamiento de los métodos de captación de posición y movimiento

Se contempla el estudio de los procesos de fabricación de las piezas del producto, el estudio y adecuación de los componentes y sensores del producto, y los posibles proveedores de las piezas comerciales y no comerciales para llegar a producir un prototipo con el que verificar el diseño.

Se deberá realizar un prototipo funcional del producto que simule el funcionamiento real lo más cerca-namente que los medios y recursos electrónicos permitan.

Se deberá realizar una estimación de la cantidad de dispositivos a fabricar. Así como una valoración económica de viabilidad.



El alcance de éste proyecto es a corto plazo, hasta septiembre de 2018, pero no se descartan futuras revisiones, modificaciones o colaboraciones para la continuación del proyecto.

## Definición del proyecto

En éste caso mediante la medición de presión y temperatura sin descartar otros métodos de forma potencial en toda la superficie necesaria. Quedando bajo estudio la disposición de los sensores que capten dichos valores, la forma y el desarrollo final del producto.

Será necesario, además, la realización de un prototipo funcional que permita la captura de datos y el testeo del mismo.



# METODOLOGÍA

La metodología aplicada a este proyecto consta de cuatro fases, las cuales se describen a continuación.



Fase de investigación sobre posibles tecnologías a aplicar, tipos de sensores, posiciones habituales de sueño, competencia, diferentes sobrecolchones, otras tecnologías útiles para el proyecto y uno de los mas interesantes, los ciclos del sueño y sus características, con la finalización de unas conclusiones.



Comencé con la definición y estructura del sobrecolchón, seguido del estudio formal y materiales para delimitar el diseño, tanto funcional como formal. Además de posibles disposiciones de componentes para la medición, de las que dependían los diferentes conceptos propuestos. Aquí se elige uno para el desarrollo y se especifican unas especificaciones de diseño a cumplir.



Delimito la definición del producto en los ámbitos de funcionamiento, componentes y estética, por ello se empezó con la descripción electrónica, funcional y formal, seguida de los procesos de fabricación asociados y valoraciones económicas.



La última fase, y una de las mas críticas en la que, además del montaje del prototipo, se prueba para sacar conclusiones sobre su funcionamiento y los posibles errores o mejoras que se pueden encontrar al utilizarlo



# PLANIFICACIÓN

En la siguiente imagen se detalla la planificación inicial adoptada para la realización del proyecto, comenzando el 5 de marzo y con previsión de finalización el 22 de junio.

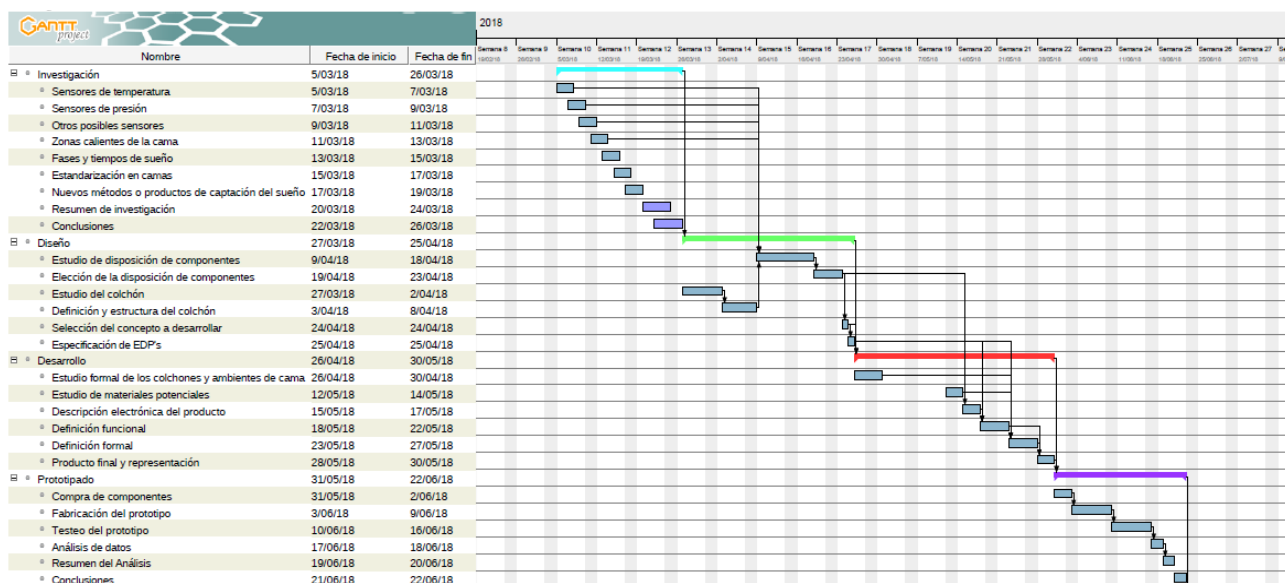


Gráfico 1: Diagrama de planificación inicial realizado con Gantt project.

Debido a unas prácticas de larga duración, y al tiempo que éstas me iban a llevar, decidí prolongar el proyecto desde su inicio de éstas hasta el depósito de septiembre, tiempo que entendí suficiente para finalizar lo que me quedaba de proyecto.

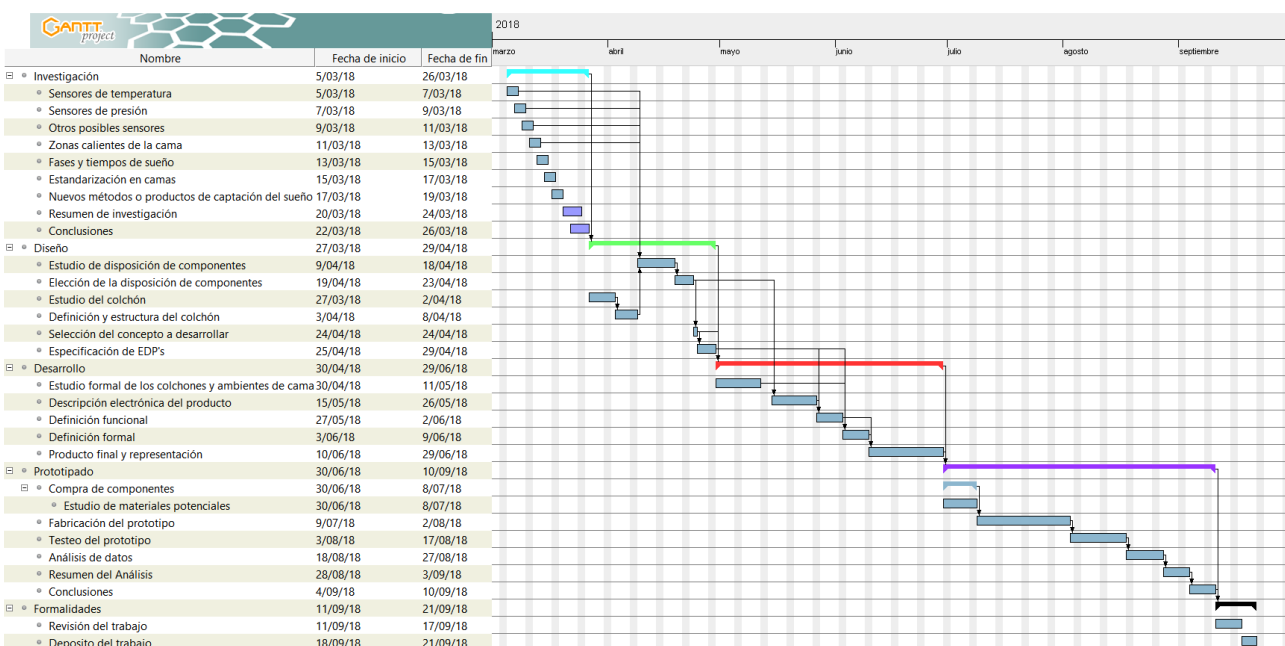


Gráfico 2: Diagrama de planificación final realizado con Gantt project.

# SENSORES DE TEMPERATURA

## Investigación

### Sensor LM35

Calibrado en grados Celsius y sin necesidad de calibración ni conversión externa, mediante salida analógica.

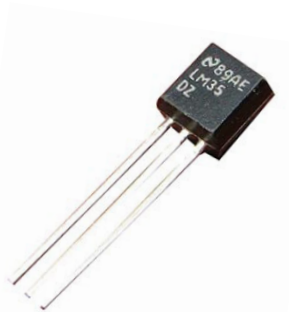


Imagen 1: Sensor LM35

### Sensor TMP36

Similar al LM35 mide temperaturas negativas mas facilmente y con voltaje diferente.

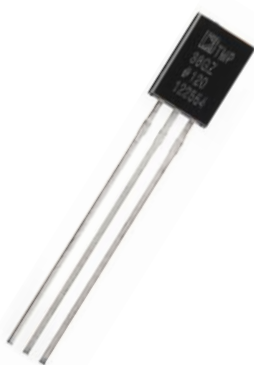


Imagen 2: Sensor TMP36

### Sensor TC74

Características similares a los anteriores pero con mediciones digitales, lo que lo hace menos sensible al ruido.

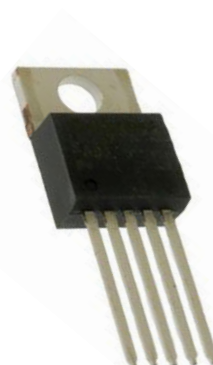


Imagen 3: Sensor TC74

### Sensor DHT22

Digital, y con lo que lo diferencia de los demás, la capacidad de medir humedad, y una gran fiabilidad.



Imagen 4: Sensor DHT22

Voltaje operativo:  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$   
 Temperaturas:  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$   
 Precisión:  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$   
 Conversión: 10 mV /  $^{\circ}\text{C}$   
 Tiempo respuesta (100%): 4 min.  
 Offset: 0 V  
 Precio: 0,4 a 0,6 €/u

Voltaje operativo: 2,7 V a 5,5 V  
 Temperaturas:  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$   
 Precisión:  $\pm 2^{\circ}\text{C}$   
 Conversión: 10 mV /  $^{\circ}\text{C}$   
 Tiempo respuesta (100%): 8 min.  
 Offset: 0.5 V  
 Precio: 1,2 a 1,7 €/u

Voltaje operativo: 2,7 V a 5,5 V  
 Temperaturas:  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $125^{\circ}\text{C}$   
 Precisión:  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  de  $25^{\circ}\text{C}$  a  $85^{\circ}\text{C}$  y  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $125^{\circ}\text{C}$   
 Resolución: 8-bit  
 Muestras/se-gundo: 8  
 Precio: 4 a 5 €/u

Voltaje operativo: 3,3 V a 6 V  
 Temperaturas:  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$   
 Precisión:  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$   
 Resolución: 16 bit  
 Muestras/se-gundo: 0,5  
 Precio: 2 a 5 €

Se han estudiado mas sensores de temperatura, como SHT15 o Type-k y sus funcionalidades y características, aunque debido a su calidad/precio se han descartado, ya que se implementarían bastantes sensores en el dispositivo, me he decidido por utilizar el LM35, pero no se descarta la posible utilización conjunto al DHT22.



# SENSORES DE FUERZA

## Investigación

### Sensor FSR402

Flexible y muy bien calibrado, con un diámetro de cabeza de 13 mm.



Imagen 5: Sensor FSR402

### Sensor FSR403

Flexible y con rangos fiables, con un diámetro de cabeza de 12,7 mm.



Imagen 6: Sensor FSR403

### Sensor FSR602

Flexible y con rangos similar al anterior pero de menor tamaño.



Imagen 7: Sensor FSR602

### Conclusión sensores de fuerza

Los sensores de fuerza son uno de los posibles métodos de captación del movimiento, debido a su simplicidad, pero debido a su precio no se puede hacer una red de sensores con ellos, ya que subía mucho el precio del producto, además de que ya hay empresas que se dedican a ver las presiones del usuario en la cama para fabricar colchones a medida.

No se descarta la utilización de ninguno de ellos a la hora de monitorizar, y en el caso de utilizarlos, se vería cual utilizar en base a los rangos de peso que pueden medir.

Peso: 10g a 1kg  
Precisión: 5%  
Longitud: 47,2 mm  
Temperatura operativa: -20 a 70°C  
Precio: 4,16 a 6,64 €

Datos 1: Sensor FSR402

Peso: 100g a 10kg  
Precisión: ----  
Longitud: 60,3 mm  
Temperatura operativa: -30 a 80°C  
Precio: 4,1 a 5,39 €

Datos 2: Sensor FSR403

Peso: 10g a 500g  
Diámetro sensible: 10 mm  
Longitud: 50,2 mm  
Temperatura operativa: -30 a 85°C  
Precio: 3,37 a 5,39 €

Datos 3: Sensor FSR602

Estos sensores no basan su precio en el peso que soportan o en el tamaño, sino en la marca fabricante y la precisión, además para su utilización sería muy útil saber como disponerlos para aprovechar los baremos de medición.

# OTROS TIPOS DE SENSORES

## Investigación

### Sensores de presión

Similares a los de fuerza pero con medidas en bares o pascales que se deberían convertir para su utilización, resultan algo caros para su utilización como red.



Imagen 8: Sensor de presión

Presión de operación: 300 hPa to 1250 hPa

Tipo de presión: Absoluta

Precisión: 50 Pa

Tipo de salida: Digital

Precio: 1,12 a 1,9 €

Para su precio es una opción realmente viable a la hora de una gran fabricación

### Interruptores

No son sensores en sí, son elementos que permiten pasar o no corriente por un filamento, no se descarta su utilización ya que son muy económicos y podrían servir para detectar la presencia del individuo mediante una red muy extensa

Ejemplos:

Precio: 0,12€/u [Datos 4: Pulsador 1](#)

Precio: 0,017€/u [Datos 5: Pulsador 2](#)

Precio: 0,0077€/u [Datos 6: Pulsador 3](#)

### Cámaras termográfica

No son solo sensores, sino que son cámaras que son capaces de captar la temperatura como imagen y de transmitirla a una pantalla o método de almacenamiento.

Temperaturas: -10 a 150°C

Precio: de 160 a 1200€

En caso de utilización no se realizaría mediante un producto comercial como éste, sino que se dispondrían los elementos técnicos y medios en un producto propio.



Datos 7: Cámara termográfica

### Conclusión sobre otros sensores

Si tuviese los conocimientos para poder utilizar una cámara termográfica no comercial, la tecnología en sí, sería una solución muy útil a la hora de la monitorización del sueño.

Los sensores de presión son muy precisos y relativamente asequibles, con lo que no se descarta su utilización, no es mala solución si se consiguiera mejor precio

Los interruptores pueden ser una solución muy económica y realmente útil y fiable si se pudieran conectar como una red y saber cual de ellos está pulsado en cada momento, ya que nos daría una red muy extensa y con una gran precisión y cantidad de datos.



# ZONAS CALIENTES DE LA CAMA

## Investigación

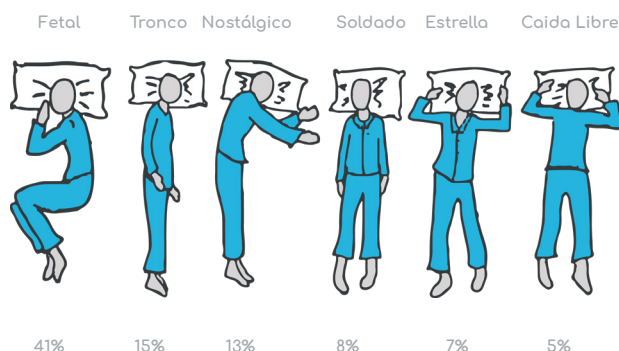
### Definición

Siempre que me refiera a una zona caliente de una cama, me voy a referir a una zona que sea potencialmente utilizada por el usuario, es decir, que en este caso el usuario duerma o descanse justo encima de ella.

Para poder delimitar cuales son las zonas calientes de la cama debo conocer son las posiciones mas comunes a la hora de dormir.

Un estudio con mas de 1000 usuarios reveló las posturas mas comunes de sueño y algunas implicaciones mas.

Datos 8: Web el Mundo



La postura fetal fue adoptada por mas del doble de mujeres que de hombres. El porcentaje restante del estudio se trataba de usuarios que no recordaban la postura de sueño o y un cinco por ciento que varía su postura, todos los datos son del estudio del profesor Idzikowski.

Datos 9: Estudio Idzikowski

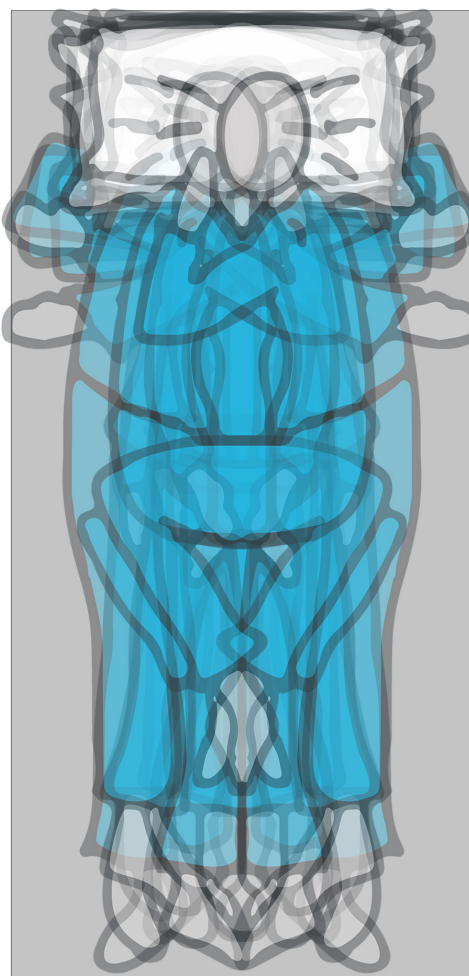
### Explicación

Para conocer las zonas calientes de la cama he superpuesto todas las posiciones mas habituales, escalándolas y añadiéndolas a lo que simula ser un colchón de 90x190 cm.

En la imagen, cuanto mas oscuro es el tono de azul, quiere decir que es una zona mas usada en el sueño, y que debería estar mejor delimitada por sensores que las grises, por ejemplo.

Aunque la almohada inutilice los sensores para la cabeza, muchos usuarios duermen con una o ambas manos debajo de la almohada, así que no se debe obviar este hecho a la hora de la distribución de los sensores.

### Zonas calientes de la cama



# CICLOS DEL SUEÑO

## Investigación

### Definición

“El sueño es un estado fisiológico necesario para la vida, que se caracteriza por la interrupción temporal del movimiento, la capacidad sensorial y el estado de alerta. Durante el sueño se producen cambios en las funciones del organismo y se desarrolla una actividad mental imprescindible para mantener el equilibrio físico y psíquico de las personas.” [Datos 10: Webconsultas](#)

Se diferencian dos etapas diferentes en el periodo de sueño, sueño lento, o fase no REM, y sueño rápido REM, la primera se subdivide, además en otras cuatro fases, y tiene una duración total de noventa a cien minutos, y la fase REM con entre veinte y treinta minutos, unos ciento veinte minutos en total.

Una sesión de sueño completo debería contener entre tres y cuatro ciclos del sueño completos para que sea una sesión reparadora tanto física como psicológicamente.

A continuación se detallan todas las fases y su descripción:

#### Fase 1

“Es la fase de sueño ligero, en la que las personas todavía son capaces de percibir la mayoría de los estímulos (auditivos y táctiles). El sueño en fase I es poco o nada reparador. El tono muscular disminuye en comparación con el estado de vigilia, y aparecen movimientos oculares lentos.”

#### Fase 2

“En esta fase el sistema nervioso bloquea las vías de acceso de la información sensorial, lo que origina una desconexión del entorno y facilita, por tanto, la actividad de dormir. El sueño de fase II es parcialmente reparador, por lo que no es suficiente para que el descanso sea considerado completo. Esta fase ocupa alrededor del 50% del tiempo de sueño en el adulto. El tono muscular es menor que en fase I, y desaparecen los movimientos oculares.”

#### Fase 3

“Es un sueño más profundo (denominado DELTA), donde el bloqueo sensorial se intensifica. Si el individuo despierta durante esta fase, se siente confuso y desorientado. En esta fase no se sueña, se produce una disminución del 10 al 30 por ciento en la tensión arterial y en el ritmo respiratorio, y se incrementa la producción de la hormona del crecimiento. El tono muscular es aún más reducido que en fase II, y tampoco hay movimientos oculares.”

#### Fase 4

“Es la fase de mayor profundidad del sueño, en la que la actividad cerebral es más lenta (predominio de actividad delta). Al igual que la fase III, es esencial para la recuperación física y, especialmente, psíquica, del organismo (déficit de fase III y IV causan somnolencia diurna). En esta fase, el tono muscular está muy reducido. Es importante señalar que en esta fase es en la que se manifiestan alteraciones como el sonambulismo o los terrores nocturnos.”





# CICLOS DEL SUEÑO

## Investigación

### Fase REM

“Se denomina también sueño paradójico, debido al contraste que supone la atonía muscular (relajación total) típica del sueño profundo, y la activación del sistema nervioso central (signo de vigilia y estado de alerta). En esta fase se presentan los sueños, la actividad eléctrica cerebral de esta fase es rápida. El tono muscular nulo (atonía muscular o parálisis). Las alteraciones más típicas de esta fase son las pesadillas, el sueño REM sin atonía y la parálisis del sueño.”

### Conclusiones

Es muy importante para el proyecto la cantidad de ciclos del sueño y sus fases y características, ya que, a la hora de realizar las mediciones por si solas no dinar nada, sino que se necesita reconocer en que momento del sueño esta el usuario en cada momento y como esta respondiendo físicamente para poder monitorizarlo y almacenarlo.

Cuanto mas exacto sea el conocimiento sobre las fases mas se acercara el prototipo a la vida real ya que podrá ser calibrado de forma mas correcta y se podrán recopilar datos mas realistas.

## ESTANDARIZACIÓN EN CAMAS

Tamaño	1 Plaza	1 y 1/2 Plazas	Twin	2 Plazas	2 y 1/2 Plazas	Full	Queen Size	Queen Full	King Size	Super King Size
Medidas	80x190 cm	90x190 cm	100x190 cm	130x190 cm	140x190 cm	150x190 cm	160x190 cm	160x200 cm	180x200 cm	200x200 cm

Según un estudio realizado por la empresa PIKOLIN, lider en descanso, se debería respetar el espacio vital de descanso, es decir, no reducir a de 70 a 80 cm, y seguir con los 90 cm a los que estamos acostumbrados antes del cambio de cama. [Datos 11: Pikolin](#)

Por ello PIKOLIN recomienda las camas de 180 cm de anchura para respetar el espacio vital del sueño.

### Conclusión

Con todo lo anterior el tamaño elegido para la distribución de los sensores será de 90 x 190, de esa forma se abarcaran todos los tamaños de cama individual y se podrá utilizar también para camas dobles, en caso de ser necesario.



# MÉTODOS DE CAPTACIÓN DEL SUEÑO

## Investigación

### Beddit Sleep Monitor 3

Seguimiento automático de tu sueño, sensor fino, flexible y suave que determina la duración, la calidad, las pulsaciones, respiración, la temperatura, el movimiento, la temperatura y la humedad ambiental, entre otros.

[Datos 12: Beddit](#)

Altura: 0,15 cm  
Anchura: 8 cm  
Peso: 139 g

Precio: 149,95 €



[Imagen 9: Beddit](#)

Sensor de fuerza piezoeléctrico  
Sensor táctil capacitivo  
Sensor de humedad  
Sensor de temperatura

### Sleepace Rest On

“Monitoriza el sueño proporcionando datos como ritmo cardíaco, duración del sueño, el número de veces que una persona se despierta o sale de la cama, etc. [Datos 14: Sleepace](#)”

Dispositivo 10,5 x 8,9 x 1 cm  
Banda sensorial 88 x 6,6 x 0,02 cm  
Peso 150 gramos

Batería 1500mAh Lithium-ion Polymer Battery  
30 días de uso de batería  
Bluetooth V4.0



[Imagen 11: Beddit](#)

### Beautyrest® Sleeptracker®

“Supervisa el sueño ligero a profundo, sueño reparador REM, respiración y frecuencia cardíaca, con informes individualizados y consejos de entrenamiento. [Datos 13: Beautyrest](#)”

Inalámbrico

Capacidad de monitorizar dos personas

Mide la frecuencia cardíaca  
mide la respiración

Wi-Fi

Precio: 80 €



[Imagen 10: Beautyrest](#)

### Neuroon Open

“Detecta información biométrica que registra del usuario (electroencefalograma, pulsioximetría, temperatura, pulso, saturación de oxígeno, movimientos y fases del sueño). Realiza una estimulación al amanecer.”

[Datos 15: Neuroon](#)

Medición:

Pulso y saturación

Movimiento

Ondas cerebrales

Temperatura



[Imagen 12: Neuroon](#)

# ESTUDIO DEL COLCHÓN

## Investigación

### Colchoncillos comerciales

Hay gran cantidad de toppers en el mercado, desde los mas baratos, que rondan los treinta euros y están compuestos de una espuma de densidad baja y funda sin cremallera, a los de mayor calidad que van de los cien a los doscientos euros que se componen de espuma viscoelástica de varios grosores y con fundas transpirables.

Como tal, dichos colchoncillos no nos sirven para el proyecto, ya que son productos comerciales muy costosos y ya formados, pero sirven para saber hacia donde se orienta el mercado y la composición de la competencia.

### IKEA Talgje

Topper de gama básica:

Cutí/ Cutí: 64% poliéster, 36% algodón  
Material confort: Guata de poliéster  
Forro: Material de fibras de polipropileno.  
Cremallera: Plástico amídico  
Núcleo: 3 cm de poliuretano 25 kg/m<sup>3</sup>  
Precio: 49'99€ [Datos 16: Talgje](#)



### IKEA Tussöy

Topper de gama media:

Cutí/ Cutí/ Cutí: 64% poliéster, 36% algodón  
Material confort: Guata de fibra hueca de poliéster  
Forro: Material de fibras de polipropileno.  
Cremallera: Plástico amídico  
Núcleo: 7 cm de espuma viscoelástica de poliuretano 50 kg/m<sup>3</sup>  
Precio: 99€ [Datos 17: Tussöy](#)



# ESTUDIO DEL COLCHÓN

## Investigación

### IKEA Tistedal



Topper de gama alta:

Cutí: 100% algodón

Cutí: 100% algodón, 52% algodón, 30% lyocell, 18% lino

Núcleo: 7 cm de fibras de polilactida (PLA), 85% látex natural/ 15% látex sintético

Cutí: 52% algodón, 30% lyocell, 18% lino

Precio: 199€ [Datos 18: Tistedal](#)

### Justificación

En este caso he elegido la empresa IKEA como competencia y distribuidor de colchoncillos para el descanso, ya que es una empresa referente en la industria del sector y la que además tengo bastante conocimiento.

La gran diferencia de precio entre los toppers radica en los materiales que los componen, el Talgje, el más barato tiene el relleno de espuma de poliuretano y el forro con mayoría de poliéster, lo que hace que sea un topper básico. El segundo, Tisoy es muy similar al anterior pero se compone de relleno de espuma viscoelástica.

La gran diferencia del último, lo que hace que sea tan costoso, es que el relleno es de látex y es natural casi al completo, utilizando solamente un 15 por ciento de látex sintético.

Por lo visto, la gama básica lleva espuma de poliuretano, la media espuma viscoelástica, y la alta látex.

### Conclusión

En principio el producto ha de ser "low-cost", lo que determina que sea del precio más económico de su categoría, pero al tratarse de un producto hecho para el descanso, y en particular para usuarios con problemas, quizá haya de escogerse, como mínimo un relleno de espuma viscoelástica, y quizá la combinación de visco y látex.

También ha de tener un forro de algodón para que sea transpirable y no interrumpa o incomode al usuario, dejando que pueda transpirar y se tenga un mejor descanso.



# OTRAS POSIBLES TECNOLOGÍAS ÚTILES

## Investigación

### Sensores textiles

Según esta referencia la compañía LG ya ha creado los primeros sensores textiles capaces de medir la presión a lo largo de todo el tejido



Imagen 13: LG

Este tipo de sensores serían muy útiles para el proyecto ya que permiten tomar los datos de forma mucho menos intrusiva, incluso siendo posible su utilización en el propio cliente, ya sea como una sábana o nórdico, o incluso como un pijama inteligente, por contrapartida estos sensores aun están en estudio y aun funcionando en plenas condiciones, serían sensores muy caros resultando un producto muy costoso.

### Hilos conductores

Otra opción podría ser la utilización de hilos conductores que dibujen los circuitos impresos para monitorizar, a lo largo de todo el sobrecolchón las diferentes posiciones del usuario. El inconveniente son los conocimientos propios de la materia, ya que apenas hay información de dicho tema y la poca información la tienen sin publicar empresas como TIBTECH o BEKAERT, pasando lo mismo con las telas conductoras.

### Tintas conductoras

Otra opción muy interesante es la de utilización de tintas conductoras para la creación de circuitos impresos y sensoriales, ya hay información sobre el tema, aunque no es muy extensa, y se están llevando a cabo varias investigaciones.

Dichas tintas, en mi proyecto podrían servir incluso para evitar un entramado de cables, y, directamente unir la posible red de sensores mediante estas tintas.

Datos 19: Barepoint

<http://blog.teslabem.com/tinta-conductiva/>

A la hora de utilizar este tipo de tintas de forma industrial, la empresa líder es Methode <http://es.methode.com/>

Esta empresa tiene un gran catálogo de tintas, pero las que mas nos interesarían en este caso serían las de impresión directa o por chorro de tinta.

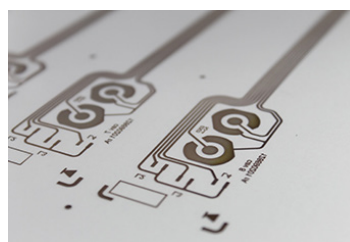


Imagen 14: Inkjet



Imagen 15: Inkjet2



# RESUMEN DE INVESTIGACIÓN

## Investigación

### Posible utilización de sensores

La mejor opción es utilizar una red de sensores o contactos, la cual debe cubrir, como mínimo, todas las zonas calientes de la cama.

El sensor mas viable es el LM35 como opción principal, sin descartar la utilización de algún sensor de fuerza o presión para poder afinar y concreta los resultados a la hora de la motorización.

Con la utilización de interruptores para monitorizar el sueño no se descarta ni se selecciona ninguno, ya que hay que determinar la fuerza necesaria de activación para evitar falsos positivos.

### Zonas calientes de la cama

Se debe respetar siempre en la matriz las zonas calientes de la cama, incluyendo la de la almohada, ya que es parte importante en la medición.

La cama además sera en nuestro proyecto de tamaño 90 x 190 centímetros, para poder abarcar de forma mas correcta a los mayores usuarios posibles.

### Fases de sueño

Los tiempos o fases de sueño son una de las cosas mas importantes del proyecto como producto final, ya que son en lo que se basará todo el software para la posterior calibración de los sensores y su medición, o en el caso de utilizar contactos, la fuerza peso necesario en el interruptor para su activación.

### Tecnologías actuales

A priori el único dispositivo de captación del sueño para camas en el mercado, que sea viable y fiable, es el beddit sleep monitor 3 y el Sleepace Rest On, aunque de ambos se encuentran reseñas muy ambiguas, y muchas veces negativas.

### Conclusiones

Las tintas conductoras o los sensores textiles son una posible forma muy innovadora de dar solución al problema de la medición del sueño, pero con los medios y conocimientos disponibles solo es útil la tinta conductora, ya que es la única con venta comercial.

En principio la solución mas sencilla y eficaz es una matriz de sensores a la que de forma las zonas calientes de la cama, aunque el posible diseño de un interruptor que se accione según un rango de presiones del cuerpo en el colchoncillo podría ser mejor opción tanto económica como eficazmente.





# DEFINICIÓN Y ESTRUCTURA DEL COLCHÓN

## Diseño

### Tamaño del Sobrecolchón

Como ya adelante el tamaño del topper sera de 90 x 190 centímetros. Además el grosor sera como máximo 8 centímetros en la zona del relleno, éste estará dividido en dos para poder incluir los sensores justo entre ambas partes.

### Materiales

A la hora del relleno se van a dar tres tipos de materiales, ya enunciados en el apartado anterior, me he basado en una página comercial para comparar productos y propiedades: <https://www.espumaencasa.es/>

#### Espuma de Poliuretano

Colchón económico de espuma media tiene muy poca deformación al uso, transpirable y con una adaptación al cuerpo, gama básica de rellenos para colchón.

- Tamaño: 90 x 190 x 3 cm
- Densidad D25 kg/m<sup>3</sup>.
- Dureza intermedia.
- Precio: 10,40 € IVA inc.

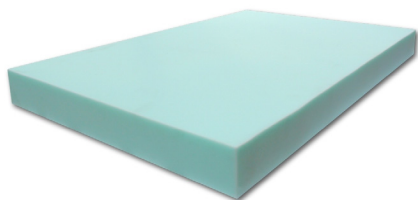


Imagen 16: Poliuretano

#### Látex en espuma

Colchón natural de gran calidad de espuma de látex, normalmente con 85% látex natural y 15 % sintético que es muy similar a la espuma viscoelástica pero mas transpirable.

- Tamaño: 90 x 190 cm
- Densidad :Sin determinar
- Dureza alta.
- Precio: Sin determinar



Imagen 18: Látex

#### Espuma Viscoelástica

Colchón de gran calidad de espuma viscoelástica, siendo una espuma de poliuretano con efecto memoria se adapta al usuario reduciendo los puntos de presión.

- Tamaño: 90 x 190 x 3 cm
- Densidad D55 kg/m<sup>3</sup>.
- Dureza alta.
- Precio: 33,80 € IVA inc.



Imagen 17: Viscoelástica

### Conclusión

A la hora de comercializar las espumas tenemos dos variantes:

·Gama Básica:  
Relleno de 6 cm de espuma de poliuretano de densidad 25 kg/m<sup>3</sup>.

·Gama Alta:  
Relleno de 3 a 5 cm en espuma viscoelástica de 55 kg/m<sup>3</sup>

Látex natural, que aumenta la transpirabilidad y proporcionara un mejor descanso en épocas cálidas.



# DEFINICIÓN Y ESTRUCTURA DEL COLCHÓN

## Diseño

### Materiales

Para el forro se van a dar tres tipos de materiales, ya enunciados en el apartado anterior, me he basado en una página comercial para comparar productos y propiedades:

#### Poliester

"Son fibras resistentes, se suelen mezclar con lana para conseguir tejidos muy duraderos y de fácil cuidado, pues no necesitan planchado."

Es la fibra sintética mas utilizada y que puede tener una gran cabida en el forro del sobre-colchón.

Datos 20: Poliester

#### Algodón

El uso del algodón es casi obligatorio para componer el forro del sobrecolchón, ya que es un material muy transpirable y natural, lo que ayudará al usuario a mantener su temperatura corporal.

Datos 21: Algodón

#### Lyocell

"El tejido es extremadamente resistente a los ácaros y las bacterias. Además, el moho y los malos olores en general no persisten debido a la carencia de la humedad en sus fibras."

Éste material es muy útil y biodegradable y es una gran opción a utilizar en conjunto con el el algodón.

Datos 22: Lyocell

#### Lino

"Con el lino se consiguen ropas muy frescas porque absorbe muy bien el calor, es higroscópico y evapora el agua rápidamente, lo que hace sentir como una prenda fresca, es mas fuerte que el algodón pero no es elástico, lo que hace que se rompa en lugares donde esta doblado y se arruga con facilidad, este material no permite que crezcan bacterias por lo que sirve para hacer el interior de los calzados"

A priori la utilización del lino no se contempla, ya que además de ser muy costoso, es mas delicado y exige mas cuidados que las otras fibras ya descritas.

Datos 23: Lino





# ESTUDIO FORMAL DE SOBRECOLCHONES

## Diseño

Se ha realizado un estudio formal de los sobrecolchones que actualmente constan en el mercado, describiendo las pautas de forma y estética.

### Toppers gama alta

Los toppers de gama alta tienden a tener dibujos geométricos o con líneas en relieve en las dos partes en contacto con el usuario.

Suelen añadir algún tipo de ribete o elemento decorativo en los cantos, para diferenciarlos o remarcar alguna característica.

Suelen tener una cremallera que rodea todo el colchón y permite separar el forro del relleno, con lo que se consigue la posibilidad de lavar el forro, sin tener que acudir a un especialista, introduciendolo directamente en la lavadora.

Algunos de ellos optan por algún color diferenciador, aunque siempre el blanco es el dominante.

Otra posible característica que puede ser interesante son las bandas para sujetar el sobrecolchón al colchón, de modo que se queda siempre en la posición adecuada aunque el usuario se mueva mas de lo habitual.

Apenas he encontrado modelos que diferencien entre cara "fría", o de verano y "caliente" para invierno, pero me parece una característica que puede añadir mucho valor al producto



Imagen 19: Estética1



Imagen 20: Estética2



Imagen 23: Estética5



Imagen 24: Estética6

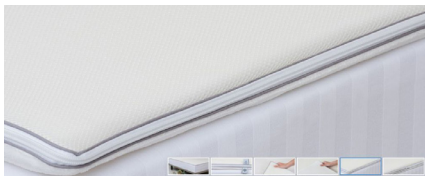


Imagen 22: Estética3



Imagen 25: Estética7



Imagen 21: Estética3



Imagen 26: Estética8



# ESTUDIO FORMAL DE SOBRECOLCHONES

## Diseño

### Toppers gama básica

Tienden a tener pequeños punteados o líneas suaves, dejando incluso a veces rellenos a cara vista o con forros lisos.

No suelen añadir ningún tipo de decoración extra, aunque algunos tienen algunas marcas de agua con la marca o modelo.

Suelen llevar una cremallera para poder lavar el forro a parte del relleno, en espuma de poliuretano o viscoelástica de baja densidad.

Suelen ser totalmente blancos con rellenos de diferentes colores según su densidad.

También suelen añadir las tiras como sujeción al colchón.

Hay una excepción de todo lo anterior descrito, que es el sobrecolchón Pavillion Class I, ya que posee ribetes, color y acolchados muy delimitados.



Imagen 27: Estética9



Imagen 28: Estética10



Imagen 29: Estética11



Imagen 30: Estética12



Imagen 31: Estética13



Imagen 32: Estética14



Imagen 33: Estética15



# ESTUDIO DE MATERIALES POTENCIALES

## Diseño

### Materiales para la electrónica

Son cruciales para el correcto funcionamiento del producto, además no pueden molestar al usuario, siendo éste uno de los problemas que seguro destacaría con la utilización de sensores voluminosos.

Los materiales de conexión en este caso serían los cables eléctricos básicos, las tiras de material conductor, o la tinta conductiva imprimible.

El mas interesante en este caso es la tinta conductiva, tiene una resistencia muy baja, es flexible y económica en grandes cantidades, otra posible opción son las cintas conductoras muy similares a los cables tradicionales pero con menor grosor y autoadhesivas.

Con los elementos de medida de la posición y temperatura tenemos el gran problema del volumen, y de que el usuario los note, por ello la opción mas recomendable sigue siendo la de la tinta conductiva, ya que se pueden crear contactos que simulen un pulsador. Aunque no se descarta hasta su prototipado la utilización de éste material.

Además se necesitará un controlador que lo capte todo y lo transmita, además de una forma de alimentarse y transmitir los datos obtenidos. Para ello se utilizara una placa impresa con un pequeño transformador y la utilización de un módulo bluetooth para transmitir datos.

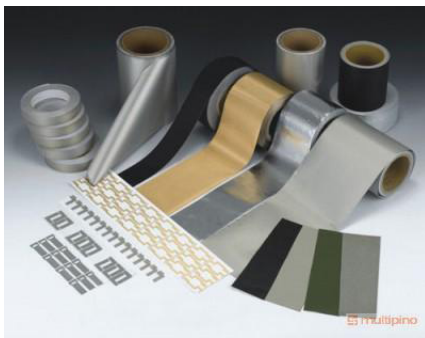


Imagen 34: Cinta Conductora

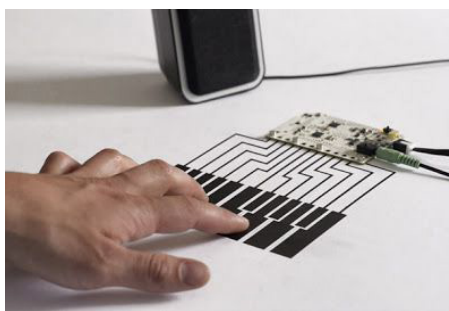


Imagen 35: Tinta Conductiva



Imagen 36: Controlador

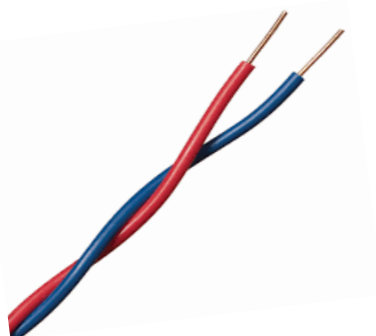


Imagen 37: Cable

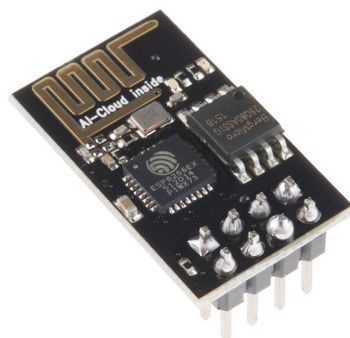


Imagen 38: Bluetooth

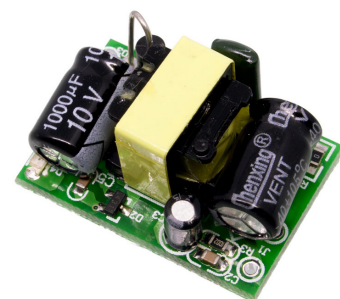


Imagen 39: Transformador

# ESTUDIO DE MATERIALES POTENCIALES

## Diseño

### Materiales para el relleno

Los materiales de relleno suelen ser el poliéster (PET), de plumas o plumón, de espuma de poliuretano, de espuma viscoelástica y látex natural o sintético. En principio, para este proyecto, los dos primeros materiales quedan descartados, ya que además de no tener la consistencia necesaria para un sobrecolchón de refuerzo, son materiales más utilizados para nórdicos o cubrecolchones.

Los tres materiales restantes tienen alguna característica común, como son la durabilidad, la recuperación de las deformaciones y el tipo de fabricación.

Sabiendo sus características, que se pueden ver en el apartado de “definición y estructura del colchón”, podemos realizar un acercamiento a la realidad en cuanto a lo que va a ser la composición del relleno del proyecto.

El producto va a ir orientado tanto al ámbito profesional (médico), como potencialmente al particular, por lo que se van a realizar dos variantes del producto en cuanto a relleno se refiere, una a la que denominaré como gama salud, y otra la gama comercial.

La gama salud estará compuesta por relleno de espuma viscoelástica y látex, y el relleno de gama comercial estará compuesto enteramente por espuma de poliestireno. Con esta medida se conseguirá un gran ahorro en material para la gama comercial.

### Materiales para el forro

Los materiales para el forro están explicados ampliamente en la sección “definición y estructura del colchón” por ello en este apartado voy a explicar como se pueden combinar y utilizar.

Como en el relleno, hay dos calidades, la de gama comercial, que cuenta con un 60% de algodón y 40% de poliéster, y la gama salud que cuenta con un 80% de algodón y 20% de lyocell.

Para que el forro sea transpirable y sea lo más confortable para el usuario, las partes exteriores de éste serán fabricadas en lyocell y algodón, dos materiales naturales que juegan un gran papel juntos a la hora del descanso.

El pequeño relleno de confort del forro estará compuesto por fibra hueca de gata de poliéster de PLA, que proporciona buen acomodo y transpiración en esta forma.

Tanto la cremallera como el carrete estará fabricado en nylon reforzado, referente en este tipo de componentes.



# ESTUDIO DE DISPOSICIÓN DE COMPONENTES

## Diseño

### Matriz Básica

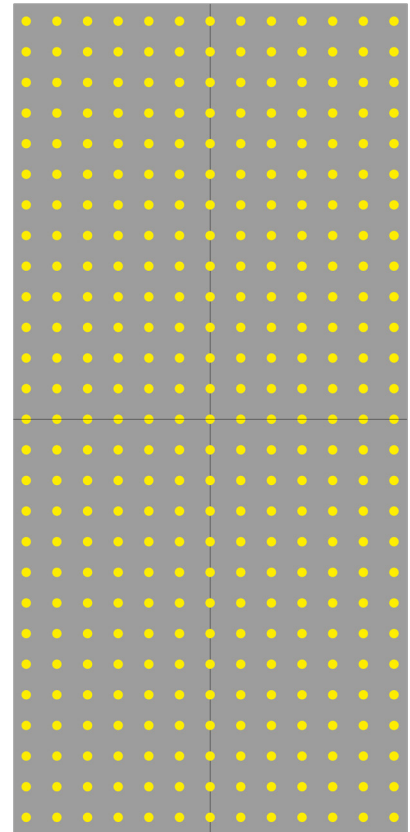
#### Descripción

Es una matriz simple, tanto en diseño como para la implementación electrónica.

Por una parte, cubre todas las zonas del colchón de tamaño 90 x 190 centímetros de forma uniforme.

Con una separación de siete centímetros entre cada componente electrónico conseguimos una matriz de trece columnas y veintisiete filas, una matriz muy densa que constara de 351 elementos electrónicos, ya sean sensores, pulsadores, etc.

Es una composición válida para la implementación junto a componentes muy económicos, o aumentando el espacio entre ellos si estos lo permiten tanto física como económicamente.



### Matriz Interior

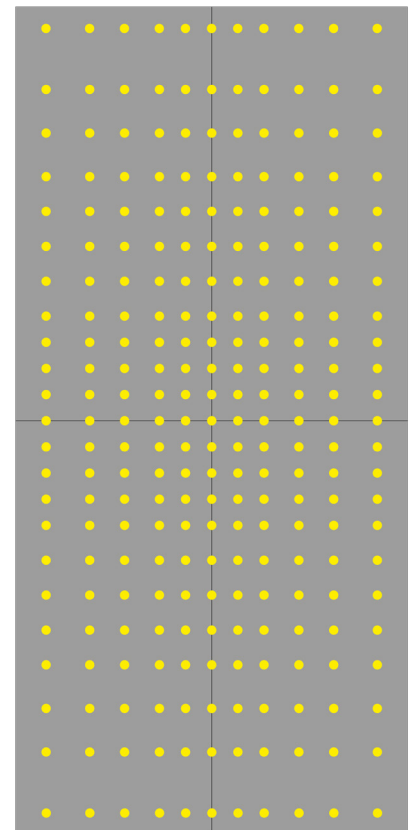
#### Descripción

Sigue siendo una matriz algo simple, pero con la diferencia de que prioriza la parte interna en vez de ser uniforme.

Sigue cubriendo todas las partes del colchón, pero dando menos importancia a las zonas de las extremidades.

Tiene una separación mínima de 6 centímetros y una máxima de 14 centímetros, contando con once columnas y veintitrés filas, con un total de 253 elementos electrónicos, ya sean sensores, pulsadores, etc.

Es una composición mas orientada para elementos mas precisos y que, quizá dibujen una silueta, como puede ser una nube de temperaturas o presiones.





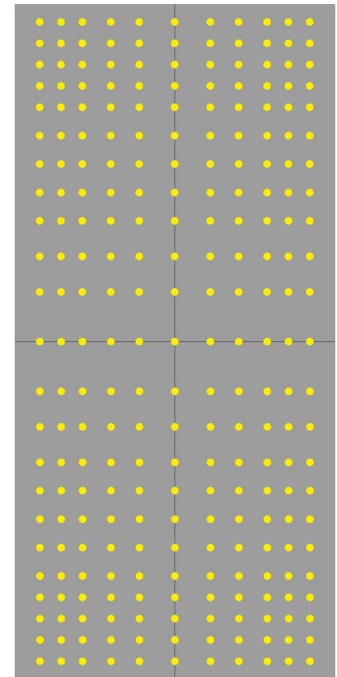
# ESTUDIO DE DISPOSICIÓN DE COMPONENTES

## Diseño

### Matriz Externa

#### Descripción

Una matriz prácticamente idéntica a la anterior en cuanto a números, pero que en vez de priorizar la zona interior a la hora de la monitorización, prioriza la zona exterior, haciéndola mas densa y precisa.



#### Elección de disposición

Otros tipos de matrices se han descartado sobre todo por motivos de espacio o complejidad de ensamblaje, aunque también por su utilidad a la hora de la medición.

Se descartaron otras formas no lineales o aleatorias, ya que si implementación electrónica sería muy compleja.

La elección final de una de las matrices no va a depender por si misma, sino por el concepto al que vaya ligado.

Si es un concepto que utilice pulsadores y no quiera centrarse en la monitorización de las extremidades se implementará la matriz básica o la interior, depende del gasto en componentes que se requiera.

Si por otro lado se requiere una monitorización sobre todo de las extremidades independientemente de la tecnología a utilizar, se utilizará la matriz externa, y siguiendo esta lógica derivará en los conceptos a exponer, y posiblemente a evaluar y desarrollar.



# CONCEPTO PULSADORES

## Diseño

Sobrecolchón que mide la posición y el movimiento del usuario mediante una matriz de pulsadores.

Consta de una matriz de aproximadamente trescientos sensores que pretenden captar toda a superficie del colchoncillo y a su vez la del propio usuario, que activa los pulsadores con todo su cuerpo. Dichos pulsadores se conectan a un circuito impreso que detecta los abiertos y los cerrados y dibuja una figura básica en una pantalla o dispositivo externo.

Todos los pulsadores se conectarán mediante un circuito de multiplexado para ahorrar entradas y salidas eléctricas

Dichos pulsadores tienen que tener una larga vida útil y ser muy sensibles a la presión, pero evitando falsos positivos.

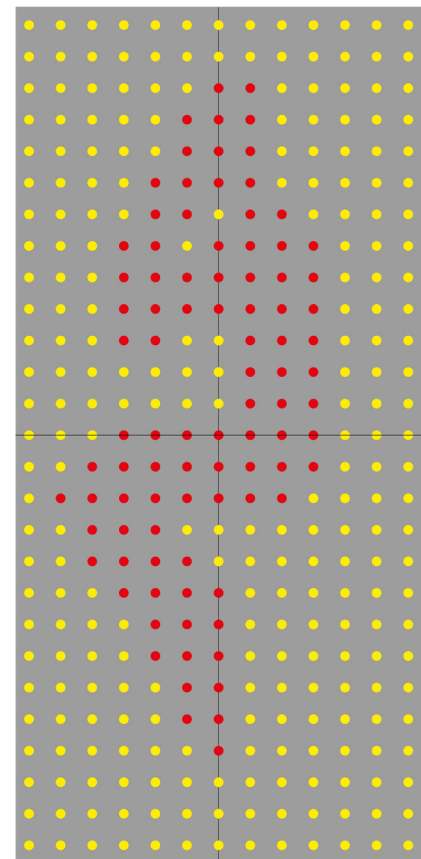
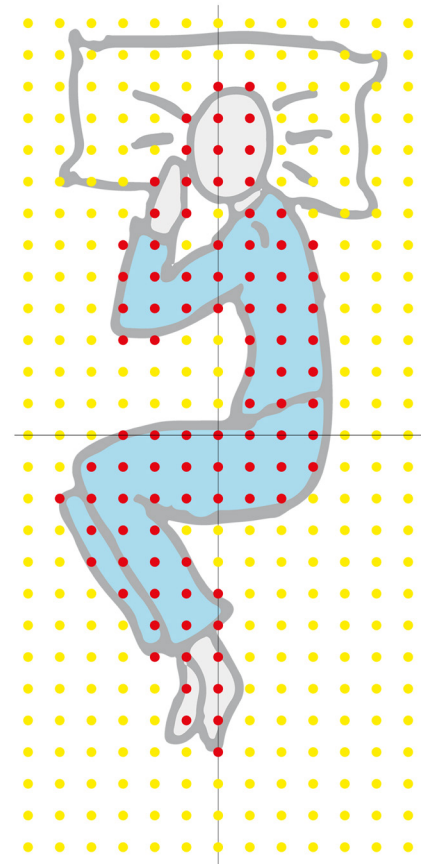
Los pulsadores estarán dispuestos siguiendo la matriz básica, sin descartar las otras dos disposiciones.

Mediante Software se pueden unir dichos puntos y crear una figura mas cerrada.

El dispositivo tiene que estar conectado a la corriente siempre que se quiera utilizar.

Puede estar compuesto en diferentes variaciones tanto de relleno como de forro.

A continuación se ven diferentes representaciones de la imagen que puede proporcionar este tipo de medición.



# CONCEPTO SENSORES TEMPERATURA

## Diseño

Sobrecolchón que mide la posición y el movimiento del usuario mediante una matriz de sensores de temperatura.

Consta de una matriz de aproximadamente doscientos sensores que pretenden captar toda a superficie del colchoncillo y a su vez la del propio usuario, que activa los pulsadores con todo su cuerpo.

Dichos sensores se conectarán a una única línea de entrada, una de salida y una de tierra, todos ellos en serie, y identificándolos mediante su referencia antes de captar la temperatura, la cual se tomará mediante un barrido desde el que nosotros indiquemos como primer sensor hasta el último.

Dichos sensores de temperatura han de ser precisos y con la menor inercia térmica posible, en este caso sería casi por seguro el LM35.

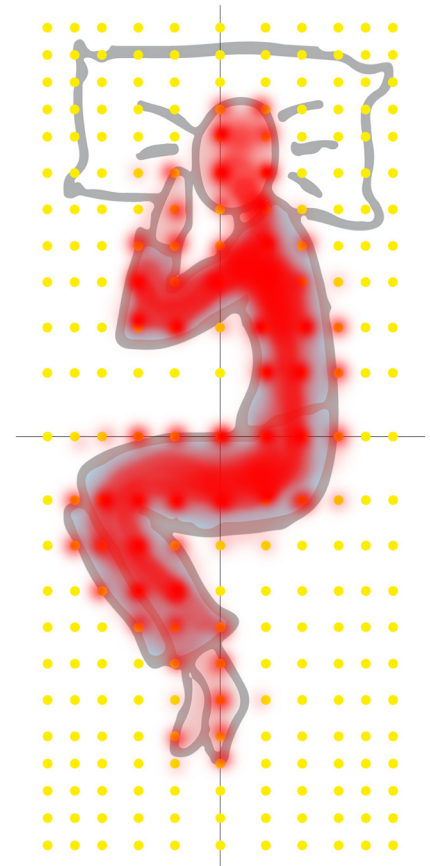
Los sensores estarán dispuestos mediante una matriz exterior para priorizar y detectar mas fielmente los movimientos de las extremidades.

Mediante Software se pueden rectificar las nubes térmicas y unificarlas o definirías.

El dispositivo tiene que estar conectado a la corriente siempre que se quiera utilizar.

Puede estar compuesto en diferentes variaciones tanto de relleno como de forro.

A continuación se ven diferentes representaciones simples de la imagen que puede proporcionar este tipo de medición.





# CONCEPTO SENSORES PRESIÓN

## Diseño

Sobrecolchón que mide la posición y el movimiento del usuario mediante una matriz de sensores de presión.

Consta de una matriz de aproximadamente doscientos sensores que pretenden captar toda la superficie del colchoncillo y a su vez la del propio usuario, que activa los pulsadores con todo su cuerpo.

La forma de conexión en el caso de utilización de sensores de presión es similar a la del concepto de temperatura, pero este concepto tiene una variante, ya que se puede realizar también mediante sensores impresos con tinta conductora, de forma que la disposición será la misma, pero será una gran lámina de impresión,

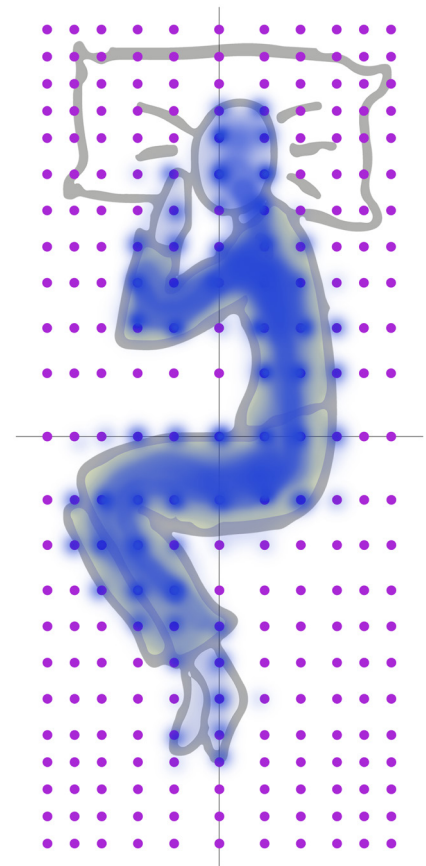
Los sensores estarán dispuestos mediante una matriz exterior para priorizar y detectar mas fielmente los movimientos de las extremidades.

Mediante Software se pueden rectificar las nubes de presión unificarlas o definirías.

El dispositivo tiene que estar conectado a la corriente siempre que se quiera utilizar.

Puede estar compuesto en diferentes variaciones tanto de relleno como de forro.

A continuación se ven diferentes representaciones simples de la imagen que puede proporcionar este tipo de medición.



# SELECCIÓN DEL CONCEPTO A DESARROLLAR

## Diseño

He utilizado una tabla ponderada ya que es una herramienta muy útil y sencilla a la hora de valorar los conceptos, con un 30% de peso como mayor valor se encuentra la fiabilidad, ya que es lo mas importante del producto y como menor el precio, con un 5% ya que es el menor de los inconvenientes que podemos tener. Además todas estas ponderaciones han sido valoradas del uno al 5, siendo este el mas beneficioso y 1 e menos indicado.

	Fiabilidad (30 %)	Viabilidad Técnica (20%)	Potencial (15%)	Confort (15%)	Precisión (10%)	Precio (5%)	TOTAL
Pulsadores	5	5	3	5	4	5	4.35
Sensores Temperatura	5	4	4	4	4	3	4.05
Sensores Presión	4	2	5	2	5	1	3.5

En este caso, el concepto con mayor puntuación es el de los Pulsadores, que ha obtenido un 4,35 de un total de 5, y sacando 0,3 puntos de ventaja sobre el siguiente concepto.

## EDP's

Como forma de control he realizado unas especificaciones de diseño básicas a cumplir en el diseño del proyecto, dictadas a continuación.

Medición realista de la posición y movimiento

Precisión de medida alta

Componentes de larga vida útil

Electrónica no accesible y fácil de conectar

Superficie confortable

Acabados exteriores de calidad alta

Funda lavable a máquina

Relleno con recuperación de estado

Antibacteriano



# DESCRIPCIÓN ELECTRÓNICA DEL PRODUCTO

## Desarrollo

### Matriz de tinta conductiva

La parte mas importante, y la mas interesante de diseñar es la matriz de pulsadores, que en este caso estará realizada por tinta conductiva, aquí podemos ver la explicación de los iconos del diagrama:



#### VE 5 VE Entrada de voltaje

Este elemento e icono se refiere a la entrada de voltaje para la matriz horizontal, a la cual se le suministrarán 5 Voltios.



#### Toma de tierra

Realmente no es una toma de tierra, sino que es la salida del voltaje y en la que se medirá si se recibe corriente o no.



#### E1

#### En Entrada de arduino

Hace referencia a las entradas de arduino que permiten dejar pasar la corriente o no según la línea de la matriz que se necesite.



#### S1

#### Sn Salida de arduino

Hace referencia a las salidas de arduino que permiten dejar pasar la corriente o no según la línea de la matriz que se necesite.



#### P11

#### Pnn Salida de arduino

Simula los pulsadores realizados mediante tinta conductiva, por ejemplo, el P11 es el pulsador perteneciente a la Entrada 1 y Salida 1, el P21 Entrada 2 y Salida 1, y así sucesivamente formando la matriz.



# DESCRIPCIÓN ELECTRÓNICA DEL PRODUCTO

## Desarrollo

### Matriz de tinta conductiva horizontal

Esta es una de las dos partes de la matriz, en la que van a ir las líneas horizontales con carga eléctrica.

Esta representado en una matriz de cinco por cinco contactos, para simplificar el entendimiento, pero se puede realizar con matrices de cualquier tamaño.

Representación eléctrica

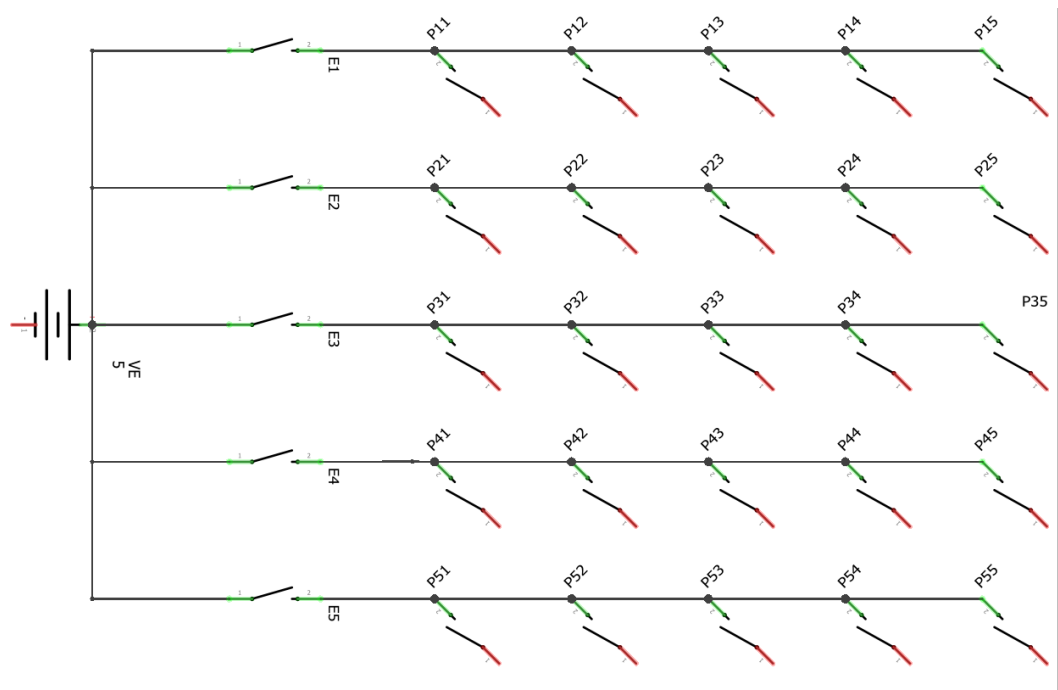


Ilustración 1.4: Matriz Electrónica Horizontal

Representación realista

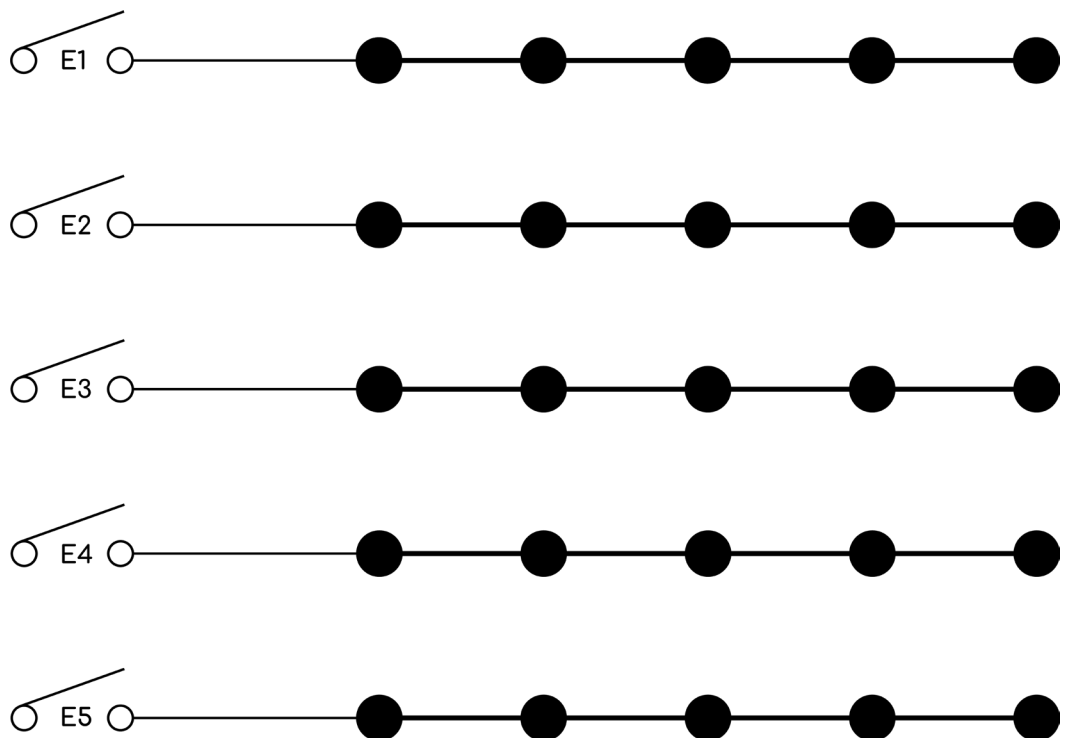


Ilustración 15: Representación Matriz Horizontal



# DESCRIPCIÓN ELECTRÓNICA DEL PRODUCTO

## Desarrollo

### Matriz de tinta conductiva vertical

Esta es otra de las dos partes de la matriz, en la que van a ir las líneas verticales con carga eléctrica.

Esta matriz tiene la capacidad de hacer contacto con la anterior, estando una superpuesta con la otra con una separación suficiente para no hacer falsos contactos.

#### Representación eléctrica

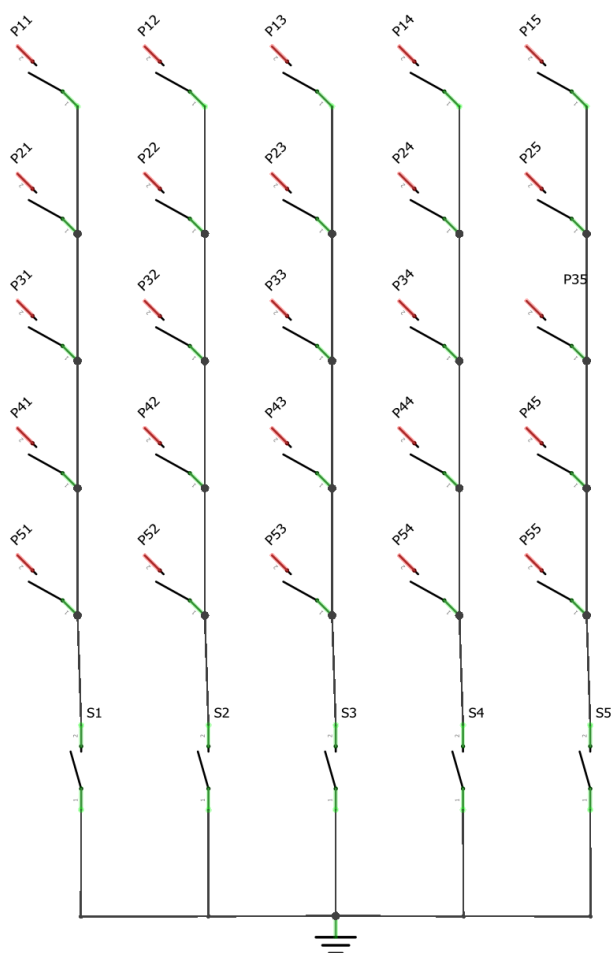


Ilustración 1.6: Matriz Electrónica Vertical

#### Representación realista

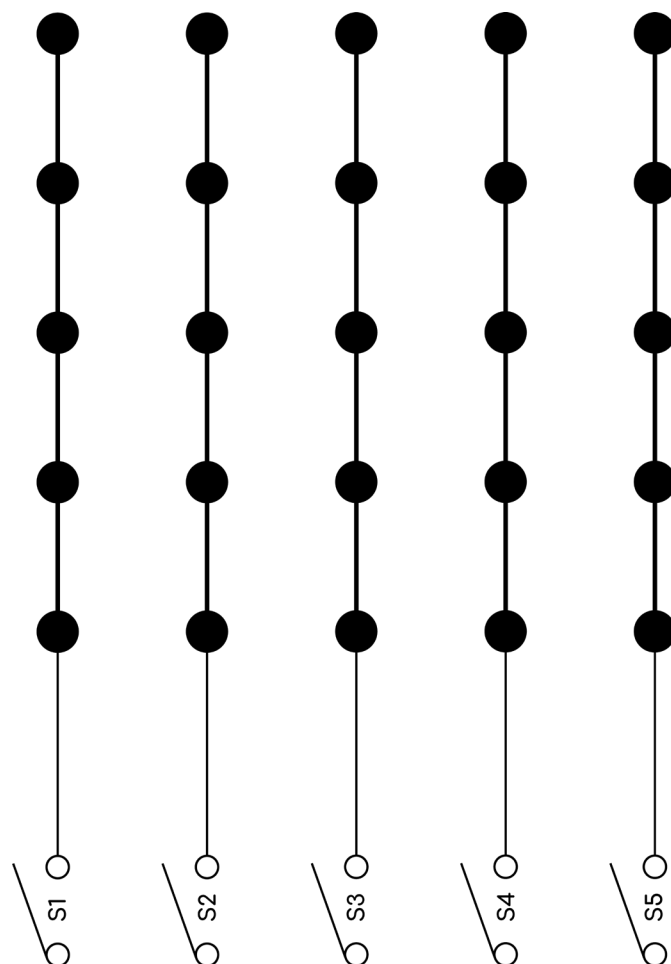


Ilustración 17: Representación Matriz Vertical



# DESCRIPCIÓN ELECTRÓNICA DEL PRODUCTO

## Desarrollo

### Matriz de tinta conductiva

Aquí vemos la matriz al completo, formada por las líneas conductoras verticales y horizontales, de forma que al superponerse una encima de otra se alinean para formar la matriz de contactos, la matriz horizontal se dispone debajo de la vertical, dejando el espacio óptimo para que al presionarse con alguna parte del cuerpo, se realice un contacto entre los puntos de la matriz horizontal y vertical, consiguiéndose crear así una matriz de pulsadores sin necesidad de elementos electrónicos adicionales.

El funcionamiento de dicho sistema funciona mediante la realización de un barrido de toda la red, empezando por la Entrada 1 con Salida 1, después Entrada 1 con Salida 2 y así sucesivamente, realizando de este modo el barrido de izquierda a derecha en cada fila, y después cambiando de fila de arriba a abajo, y repitiendo el ciclo nuevamente.

### Representación eléctrica

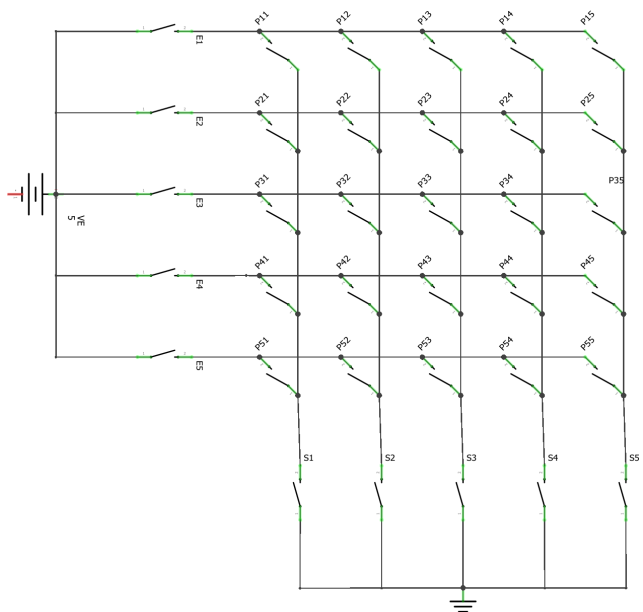


Ilustración 18: Matriz Electrónica

### Representación realista

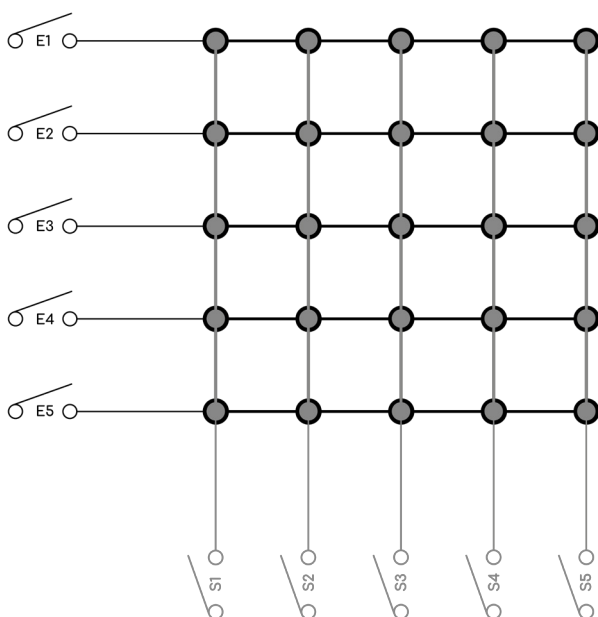


Ilustración 19 Representación Matriz

# DESCRIPCIÓN ELECTRÓNICA DEL PRODUCTO

## Desarrollo

### Errores de detección de los contactos

Con el diseño electrónico de la matriz anterior, si había mas de tres contactos pulsados, cosa que pasará prácticamente siempre en nuestro producto, éstos siempre se detectaban como cerrados, cosa que es errónea, ocurría ya que la corriente podía circular en ambos sentidos y desviarse a la salida por otro canal. A esto se le llama "Ghosting en las matrices de los teclados de ordenador.

La forma de solucionar este problema fue encontrada al analizar la solución en estos dispositivos informáticos, realizandolo mediante la colocación de diodos en cada pulsador.

De esta forma el diodo evita que la corriente vuelva hacia atrás en otro contacto cerrado y se desvíe hacia otra línea de la matriz, de este modo la corriente siempre se direcciona hacia el pulsador correcto y aunque no este cerrado no da error.

Esta solución se encuentra en los teclados con tecnología "anti-ghosting":

Datos 24: Anti-Ghosting

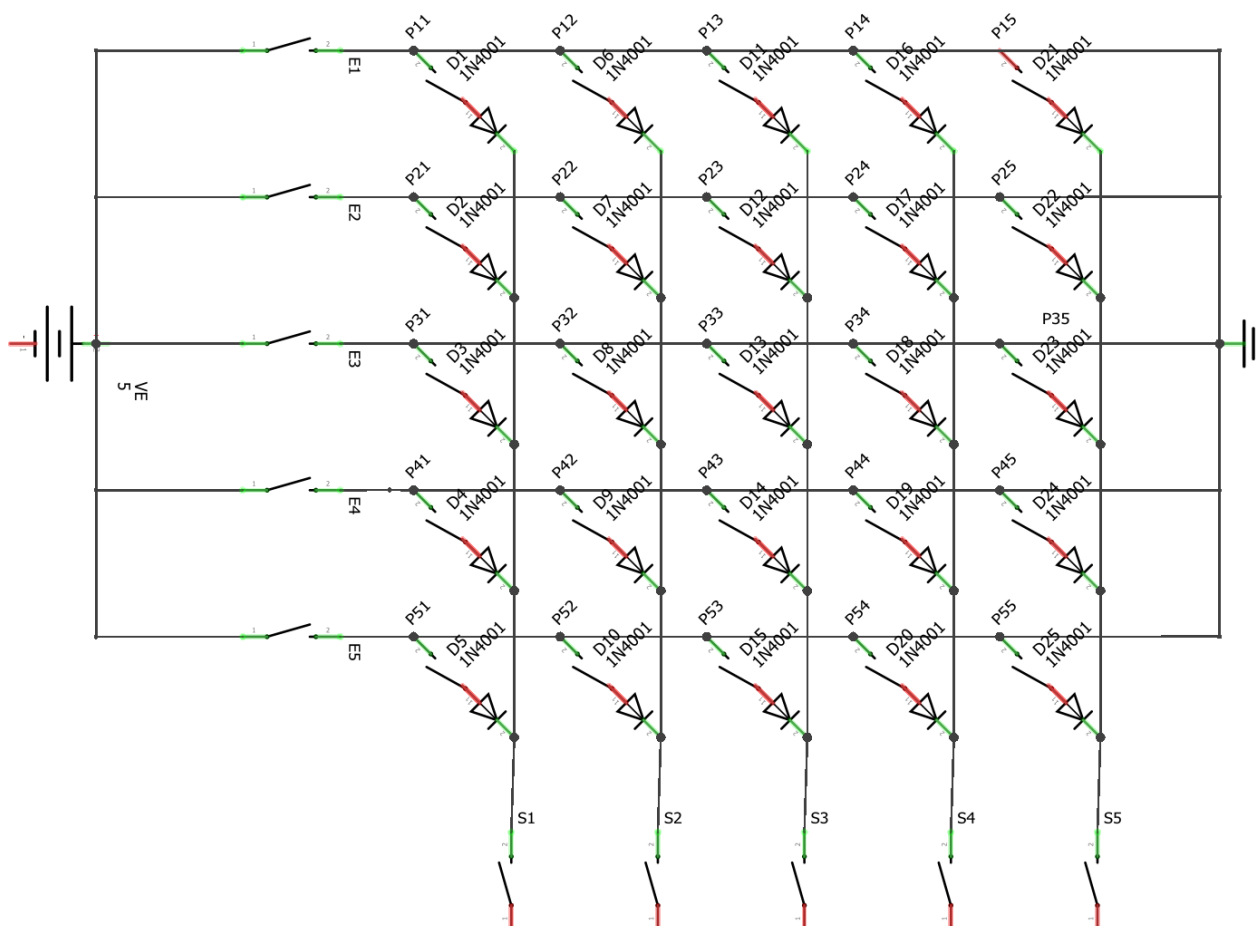


Ilustración 20: Representación Electrónica de la Matriz Completa

# SIMULACIÓN ELECTRÓNICA

## Desarrollo

### Vídeo demostrativo

Las entradas siempre suministran energía, por lo que siempre salen en verde, sin embargo las salidas no, ya que hay veces que les llega corriente y otras no.

Los círculos representan los contactos, que se tornan en rojo si no están pulsados y en verde si sí.

Los cables delimitan el paso de corriente y se iluminan en amarillo cuando ésto pasa.

Se puede ver como va realizando el barrido por toda la matriz detectando donde hay contacto y donde no y al final muestra una imagen de la muestra.

Hay que decir también que el dispositivo real realiza estos barridos sin parar durante todo el tiempo necesario, que en este caso coincidirá con el tiempo de descasno del usuario.





# DEFINICIÓN FUNCIONAL

## Desarrollo

### Partes del Producto

- Matriz horizontal de tinta impresa sobre pet flexible protegido
- Matriz vertical de tinta impresa con diodos insertados y protección
- Cables interiores
- Cable exterior
- Carcasa exterior de control
- Controlador con módulo bluetooth
- Módulo de control de multiplexado
- Cable con transformador de de corriente.
- Relleno de verano de espuma viscoelástica o poliuretano
- Relleno de invierno de látex o espuma de poliuretano
- Forro superior de 80% algodón y 20 % lyocell
- Forro inferior de 80% algodón y 20 % lyocell
- Forro lateral d 80 % de algodón y 20% lyocell.
- Relleno de forros superior e inferior de fibra hueca d poliester.
- Cremallera y carrete de nylon.

### Secuencia de uso y funcionamiento

- El usuario conecta el producto a la corriente eléctrica.
- Pulsa el botón de encendido en la caja de control
- El usuario empareja el dispositivo de visualización con el sobrecolchón mediante el mismo botón de encendido con dos toques seguidos. (No es necesario emparejar siempre el dispositivo)
- Se sincronizan los datos en caso de tenerlos acumulados
- El usuario se acuesta en la cama
- El dispositivo detecta el primer contacto
- Comienza el barrido de pulsadores y la monitorización
- El usuario se levanta de la cama
- El dispositivo no detecta ningún contacto y se pausa, contando el tiempo de pausa  
(Si el usuario volviera a la cama continuaría la monitorización)
- En dicha pausa envía los datos tomados
- El usuario apaga el dispositivo presionando 4 segundos el botón de encendido.



# DEFINICIÓN FUNCIONAL

## Desarrollo

### Definición de la monitorización

La definición del software que controla la monitorización no entra dentro del alcance de éste proyecto, pero si que son necesarias unas directrices a la hora de monitorizar el sueño.

Las fases del sueño se delimitaran por la cantidad de movimientos que el software detecte, que coincidirá con los movimientos del usuario.

Un ciclo del sueño dura aproximadamente noventa minutos, y se dan de cuatro a seis por noche de descanso.

Al comenzar el sueño se entra en la Etapa 1, en la que existen pequeños movimientos y dura aproximadamente un 10% del ciclo del sueño

En la Fase 2 hay menos movimiento muscular y ocupa un 20 % del ciclo de sueño.

La Fase 3 es una fase muy rápida e intermedia, que dura aproximadamente 3 minutos, por lo que podría despreciarse, o incluirse dentro de la fase 4

En la Fase 4 o DELTA, hay aun menos movimiento muscular y ocupa aproximadamente el 50% del tiempo de sueño.

La siguiente fase, la REM dura aproximadamente un 20% del total del ciclo y hay inmovilización total del cuerpo, a excepción de los ojos.

Esta fase, sería la que concluye el ciclo de sueño y da paso al siguiente, con lo que es la fase clave para iniciar y terminar el software a diseñar.

Además basándonos en los movimientos del usuario con el tiempo que lleva en la cama se podrá delimitar la fase en la que se encuentra y los posibles problemas o datos que nos de la monitorización.

La monitorización va captando todas los movimientos a lo largo de toda la noche cotizándolos con la fase en la que se encuentra, para luego poder observarlos y tomar datos de ellos en un dispositivo externo.



# DEFINICIÓN FORMAL

## Desarrollo

### Definición del relleno

La definición formal del relleno parte por ser también funcional, ya que, en él se colocarán y pegarán las tiras con tinta conductora inyectada y los diodos en los canales de la matriz, que finalmente consta con veinticinco horizontales y trece verticales.

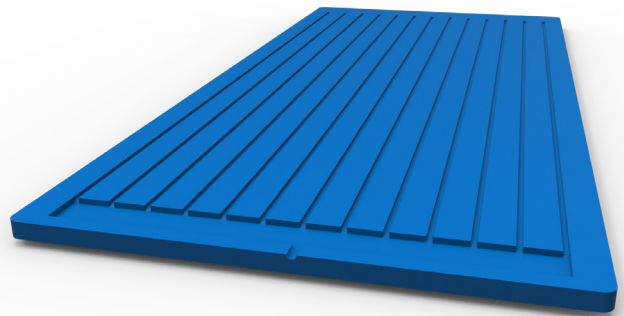
Cada parte de relleno, tanto superior como inferior, constan de los canales de la matriz y un espacio para todos los cables que saldrán hacia afuera, además de los multiplexores que disminuyen el número de cables.

Los canales de la matriz tienen una profundidad de 5 mm y una anchura de 10 mm.

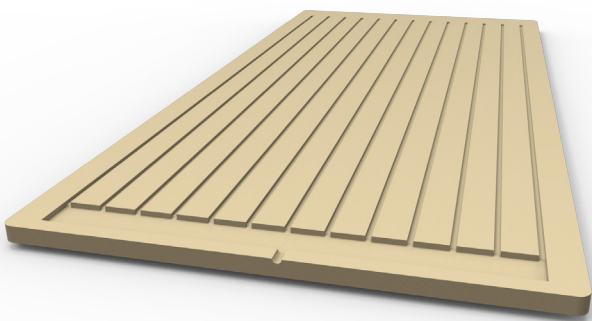
El espacio para la electrónica tiene unas medidas de 70 x 790 x 10 mm.

Además tiene una salida de cables con un conector estándar.

Los rellenos son de color blanco para viscoelástica, tostado para el látex y azul para la espuma de poliuretano.



Relleno inferior de espuma de poliuretano



Relleno inferior de Látex



Relleno superior Viscoelástico



# DEFINICIÓN FORMAL

## Desarrollo

### Definición del forro

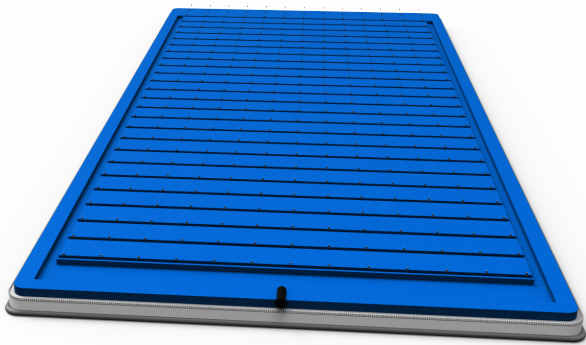
Como vamos a partir de dos gamas, la salud y la comercial hay que diferenciarlas, y eso se realizará mediante el ribete del forro, siendo de color azul para la gama salud y gris para la gama comercial, esa es la única diferencia formal de los diferentes forros.

Ambos serán de color blanco con bordeados de hexágonos en las superficies de uso, tanto la superior como la inferior, además, el de gama salud llevará dos etiquetas identificativas de que cara es para verano o invierno.

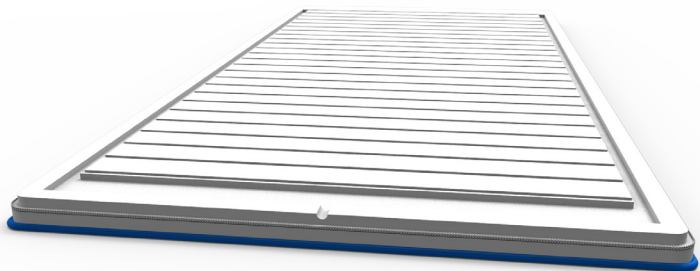
El forro tiene un orificio para la salida de cables del interior.

Cuenta con una cremallera en blanco a lo largo de todo el perímetro del forro y dos etiquetas identificativas, una con la inscripción "INVIERNO" con un icono de un copo de nieve y la otra con la inscripción "VERANO" con el icono de un sol.

Además se añade en el cable de corriente una caja, que alberga los componente electrónicos necesarios para el correcto funcionamiento junto con el botón de encendido y control del producto.



Ribete en gris para gama comercial

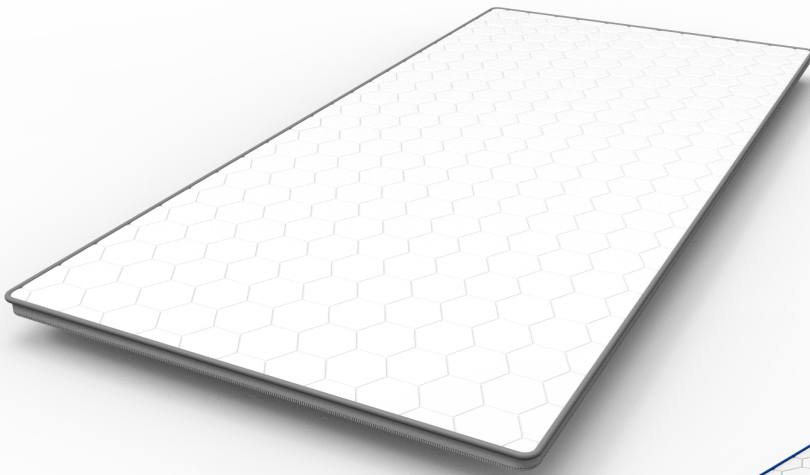


Ribete en azul para gama salud

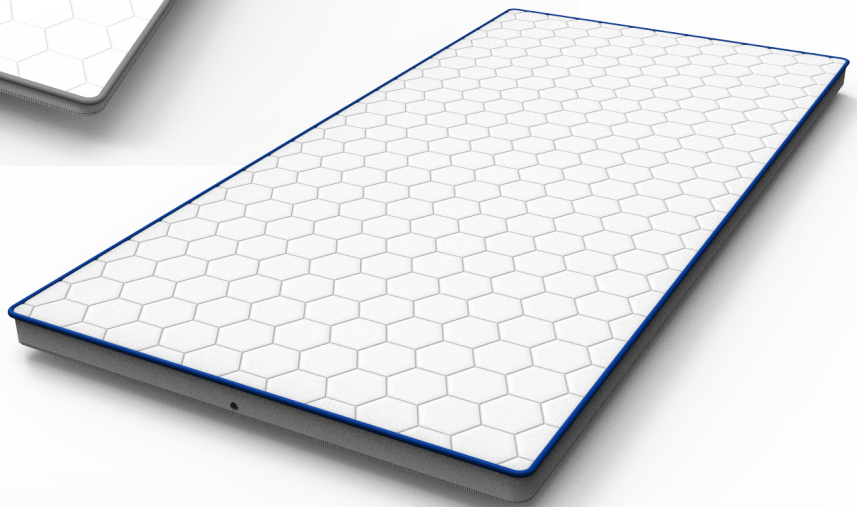


# DEFINICIÓN FORMAL

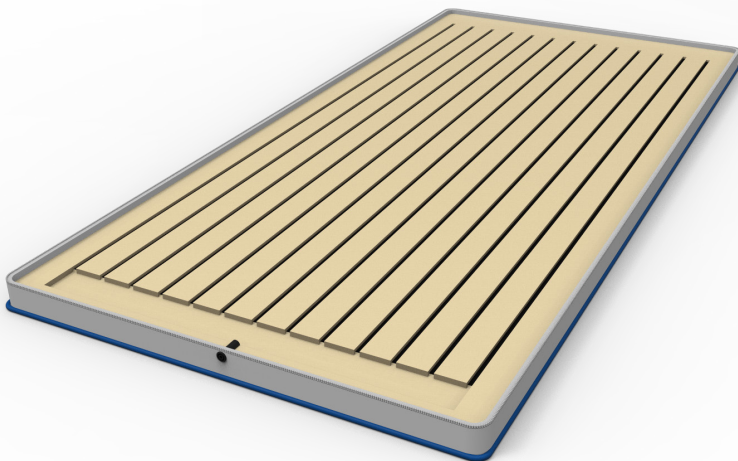
Desarrollo



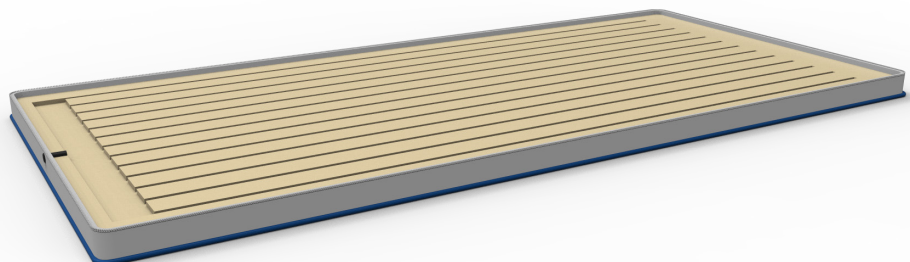
Forro superior



Forro inferior



Parte inferior



# PROCESOS DE FABRICACIÓN

## Desarrollo

### Procesos del relleno

Todos los procesos de fabricación asociados a los diferentes rellenos, ya sean de poliuretano, espuma viscoelástica o de látex siguen un mismo procedimiento.

Para los rellenos es necesaria la mecanización de dos moldes, uno por cada tipo de relleno a inyectar.

Con los moldes ya resueltos se procede a la inyección en molde de los diferentes materiales. La gran diferencia con la inyección de plásticos usual es que para estos materiales no se necesita aplicar una presión para que llene toda la cavidad del molde, ya que los propios agentes espumantes se encargan de ello, después se mecanizan las partes duras resultadas del espumado y se almacenará hasta la siguiente fase.

La siguiente fase es la mas extraña de todas, y de la que menos información he podido obtener. En esta fase se inyecta la tinta conductiva directamente sobre las diferentes guías de ambos rellenos, dejando así lista la matriz en cuanto a conexiones se refiere.

Justo tras el secado se le añade otra capa de tinta aislante que solo deja al descubierto los espacios para la colocación de los diodos.

La última fase podría ser también considerada como montaje, ya que en ella se depositan los diodos en cada uno de las intersecciones de la matriz superior con la inferior, estos diodos se adhieren al relleno inferior con una pequeña perforación y un adhesivo.

### Procesos del forro

En el caso del forro, no se va a entrar en cuanto a procesos de fabricación, la manera proceder sería la externalización a un profesional, al que se le facilitarían las medidas y especificaciones del producto, así como renders de visualización del producto a fabricar. Es decir, todo lo necesaria para delimitar su diseño y aspectos formales y funcionales.



# PROCESOS DE FABRICACIÓN

## Desarrollo

### Procesos electrónicos

Para la realización de las pruebas y el prototipo cuento con la plataforma arduino, no siendo así en el producto definitivo, ya que un departamento de electrónica se encargará de realizar el diseño de la PCB y el proceso.

Dentro de estos procesos quedan también delimitados los de fabricación de la carcasa de electrónica, que será mediante inyección y tendrá las medidas necesarias para su correcta ventilación y funcionamiento.

### Procesos de montaje

El primer paso para el montaje es realizar el subensamblaje eléctrico, es decir, el controlador con el modulo bluetooth, el botón de encendido y los módulos multiplexores.

Más tarde, sobre el relleno vertical, se deposita el subensamblaje eléctrico, pegando los módulos y el controlador a ésta parte con adhesivo especial para espumas.

A continuación se realizan las conexiones de las filas y columnas de la matriz con sus respectivos pines de los multiplexores, al igual que como con los diodos, con una perforación y adhesivo.

Tras esto se posicionan los rellenos y se realiza una prueba para verificar el funcionamiento del producto.

Si todo está correcto, se adhieren ambas partes del relleno con pegamento para espumas, y se deja secar según el fabricante.

Por último se introduce todo el ensamblaje en el forro y se termina de conectar el botón de encendido, embalando todo junto al cable de corriente y el manual de instrucciones para su empaquetado, paletizado y transporte.





# VALORACIÓN ECONÓMICA

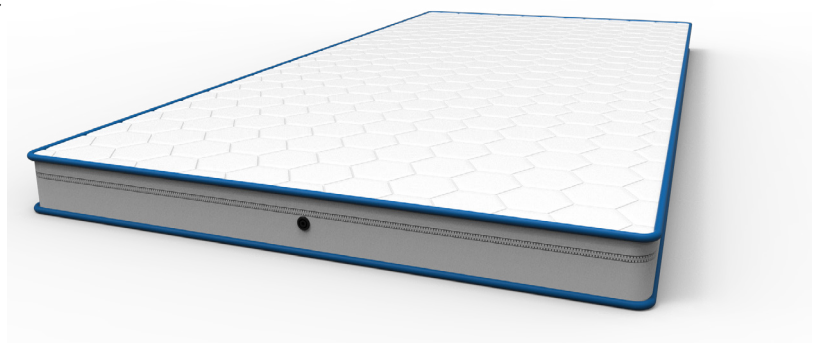
## Desarrollo

Como vamos a partir de dos gamas, la gama salud y la comercial hay que diferenciarlas.

### Valoración de gama salud

- Impresión de tinta conductiva: sin especificar/11€ impresión aprox
- Cables interiores  $0,15\text{€}/\text{m} \times 80\text{m} = 12 \text{ €}$
- Placa controladora: 6,50 €
- Controlador con módulo bluetooth: 1,2 €
- Módulo de control de multiplexado x 2:  $0,8\text{€} \times 2 = 1,6 \text{ €}$
- Cable con transformador de de corriente: 3,6€
- Diodos x 325:  $0,025 \times 325 = 8,125 \text{ €}$
- Relleno de espuma viscoelástica: 18,7€
- Relleno de látex: 24,3 €
- Forro con cremallera de 80% algodón y 20 % lyocell: 16€
- Total componentes de compra: 103,025 €
- Coste mano de obra y producción: 18€
- Coste embalaje: 2€
- Coste total por unidad = 123,025
- Porcentaje de Beneficio: 25% = 30.76 €
- Costes en logística, administración y comercial: 30% = 36.9 €
- Costes totales del producto: 190,7€
- PVP con impuestos: 230,7€

Datos 25



# VALORACIÓN ECONÓMICA

## Desarrollo

### Valoración de gama comercial

- Impresión de tinta conductiva: sin especificar/11€ impresión aprox
- Cables interiores  $0,15\text{€}/\text{m} \times 80\text{m} = 12 \text{ €}$
- Placa controladora: 6,50 €
- Controlador con módulo bluetooth: 1,2 €
- Módulo de control de multiplexado x 2:  $0,8\text{€} \times 2 = 1,6 \text{ €}$
- Cable con transformador de corriente: 3,6€
- Diodos x 325:  $0,025 \times 325 = 8,125 \text{ €}$
- Relleno de espuma de poliuretano x 2 : 17.2 €
- Forro con cremallera de 60% algodón y 40% poliester: 9.5 €
- Total componentes de compra: .70.75 €
- Coste mano de obra y producción: 18€
- Coste embalaje: 2€
- Coste total por unidad = 90.73 €
- Porcentaje de Beneficio: 25% = 22.7 €
- Costes en logistica, administración y comercial: 30% = 27.22 €
- Costes totales del producto: 140.65 €
- PVP con impuestos: 170.2 €

Datos 26

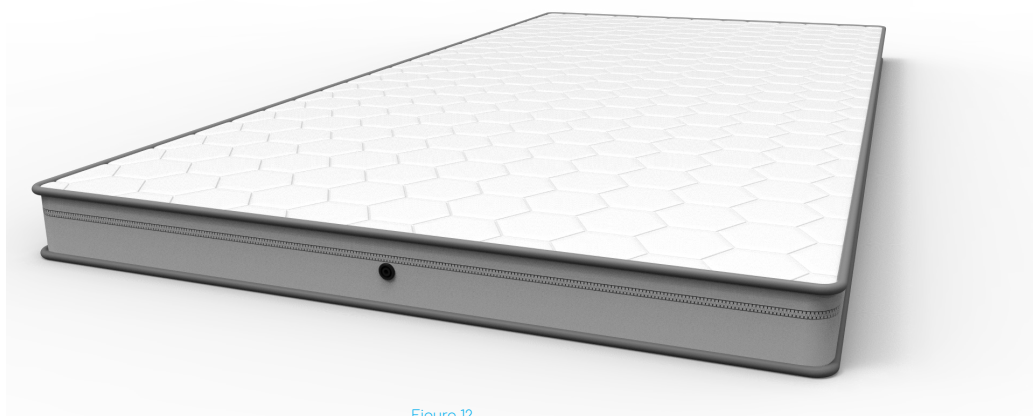


Figura 12



# MATERIALES

## Prototipado

Para hacer una prueba de concepto que evidencie el funcionamiento del producto he utilizado materiales que no se utilizan en el producto real.

El prototipo contaba con dos planchas de 300 x 300 mm, una de espuma de poliuretano y otra de viscoelástica como materiales base.

A la hora de sustituir la inyección de tinta opté por unas tiras de cinta conductora, que luego corté a la medida exacta para que cubriesen los canales de los rellenos.

Para evitar el retorno de electricidad de la matriz superior a la inferior y viceversa utilicé una serie de diodos rectificadores habituales en electrónica de consumo, que son mucho mayores a los que se dispondrán en el producto y que ya irán ensamblados a las tiras inyectadas.

Además necesité un controlador Arduino y una serie de cables para conectarlo todo.

Como ápice, he de comentar que para realizar los canales de la matriz, fue necesaria la realización de un cortador de espuma con hilo caliente para poder realizarlos lo mas rectos y similares a los reales.

### Espuma de Poliuretano

Foto 1



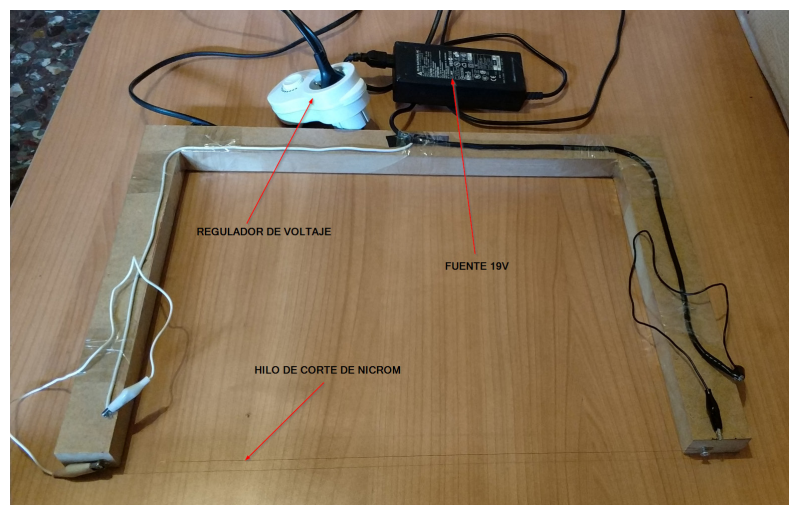
### Espuma Viscoelástica

Foto 2



### Cortador de Espuma

Foto 3



# PROCESOS

## Prototipado

Marqué los canales con distintas profundidades para comprobar cual es la que mejor funcionaba con las mediciones.

Marqué la posición de los canales y los diferentes diodos de contacto de la matriz

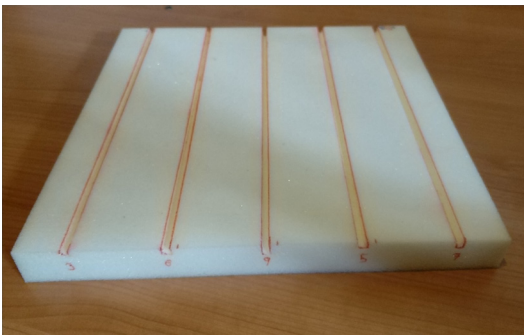
Utilicé el cortador de espuma para realizar los canales en las espumas, y corté la cinta conductora al tamaño de los canales del relleno.

Posicioné las tiras conductoras en los canales y las pegué con adhesivo de contacto rápido.

Tras esto posicioné los diodos rectificadores en las posiciones restringidas y los pegué con el mismo adhesivo desde la parte no conductora.

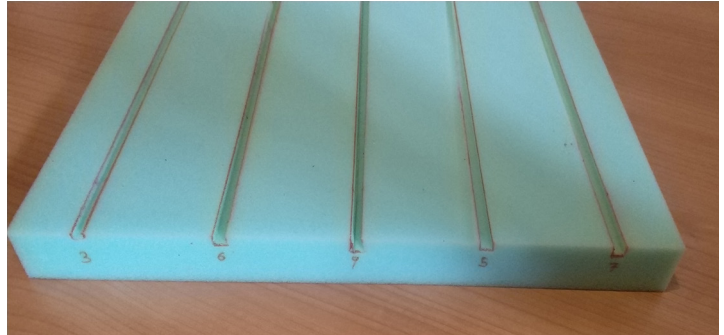
Profundidad Visco

Foto 4



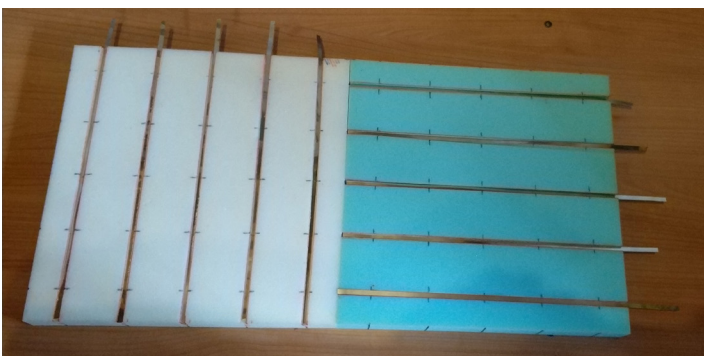
Profundidad Poliuretano

Foto 5



Posicionado de cinta conductora

Foto 6



Pegado Visco

Foto 7

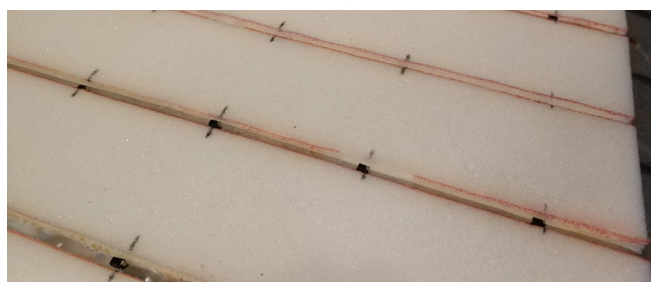


Pegado Poliuretano



Pegado de diodos en Voscoelástica

Foto 9





# MONTAJE ELÉCTRICO

## Prototipado

Primero nombré los veinticinco contactos de la A a la Y para poder verificar la posición. Siendo A el contacto de fila uno con columna 1, la B fila 1 con columna 2, y así sucesivamente hasta ya Y, siendo fila 5 con columna 5.

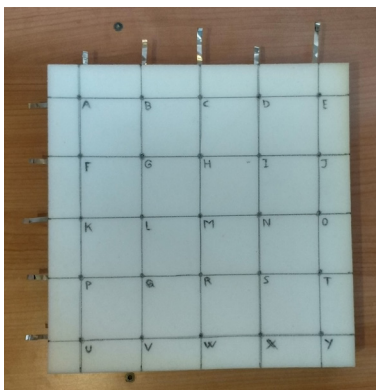


Foto 10

Tras esto posicioné primero todos los cables de las filas al modulo arduino en los contactos 9, 10, 11, 12 y 13.

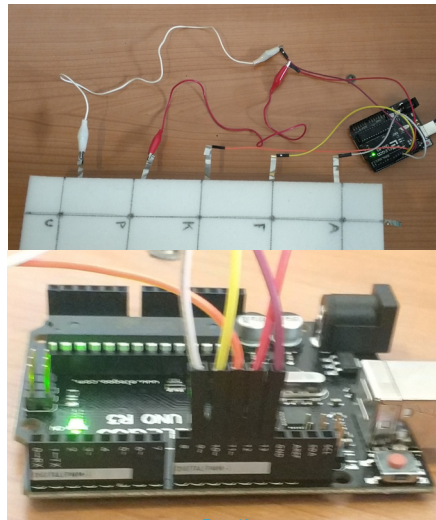


Foto 11

Foto 12

Después ensamblé los de las columnas, posicionando los contactos 3,4,5,6 y 7, quedando ya todo el conjunto eléctrico montado.

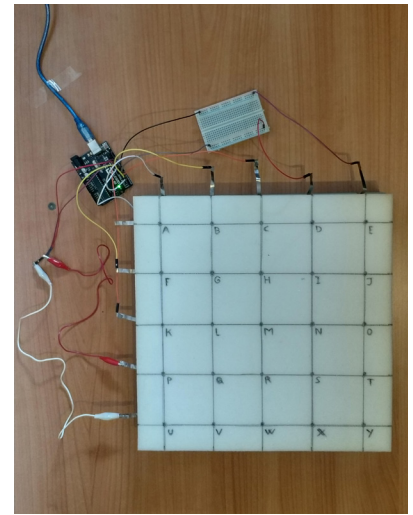


Foto 13

Tras hacer unas pruebas con todo montado los datos no eran fiables y salina muchos positivos sin contacto alguno, verifiqué el código e investigando encontré que es necesaria una toma de tierra.

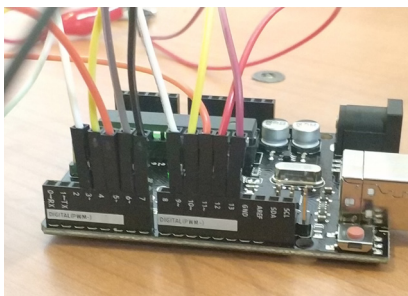


Foto 14

Finalmente añadí al conjunto la toma de tierra para todas las columnas, añadiéndoles diodos para asegurar la dirección de la corriente solo hacia la toma de tierra si no se quería leer ese contacto. Quedando el montaje como en las siguientes imágenes.

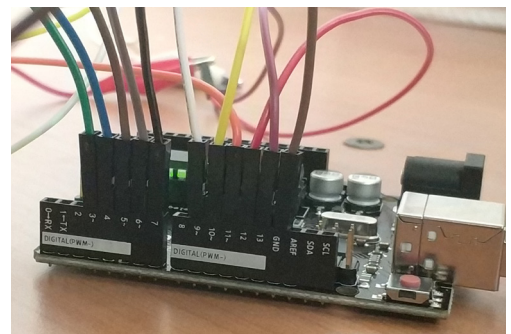


Foto 16  
Foto 17

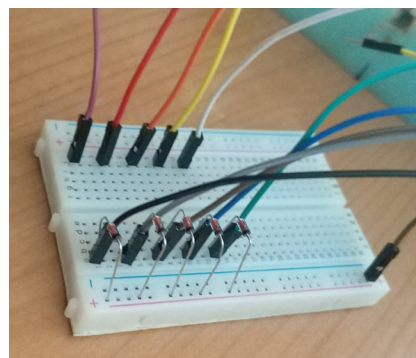
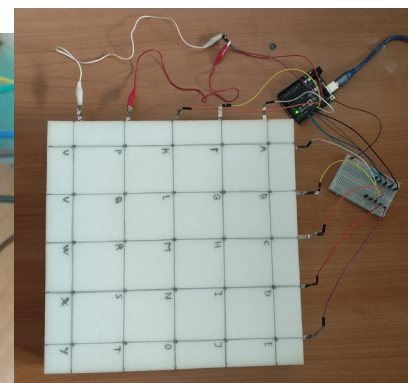


Foto 15



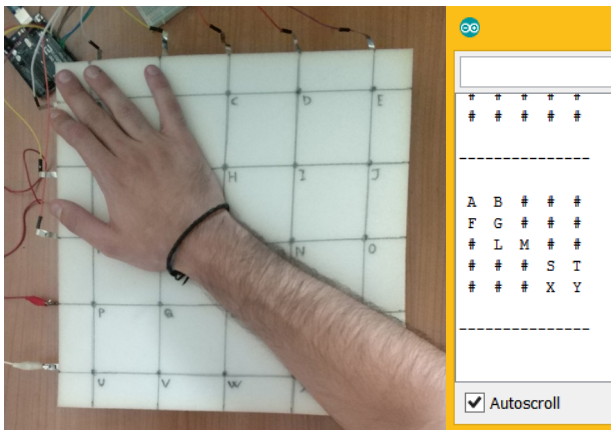


Foto 18 y Figura 13

En esta foto se ve la presión que ejercía el brazo sobre la espuma viscoelástica, además ejercí bastante presión con la parte de la mano, sino, posiblemente la A no se hubiera detectado ya que estaba en un canal de 7+3 mm con una presión muy baja.

La prueba salio bien, aunque la H y la R deberían haberse detectado también pero al estar en un canal de 9+6 y 9+5 mm de profundidad se necesita mas presión para que se detecte el contacto.



Foto 19

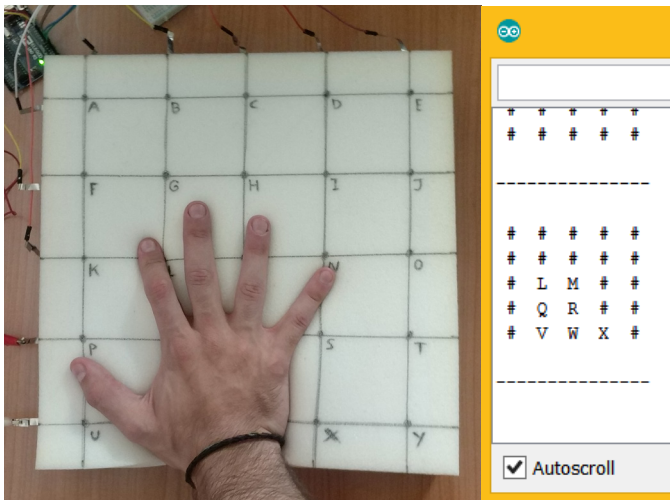


Foto 20 y Figura 14

En esta prueba lo único remarcarle es la detección de la T, que se encuentra en un canal de 5+3 mm.

Ya que ambos canales son poco profundos, se detectó, pero tampoco es un gran fallo, ya que esta muy cerca no al brazo.

La prueba también salio bien, aunque detecto la X que estaba en un canal de 5+6 mm, en principio estaba bien posicionado, así que la detección de esta posición habría que delimitarla en cuanto a las profundidades totales.

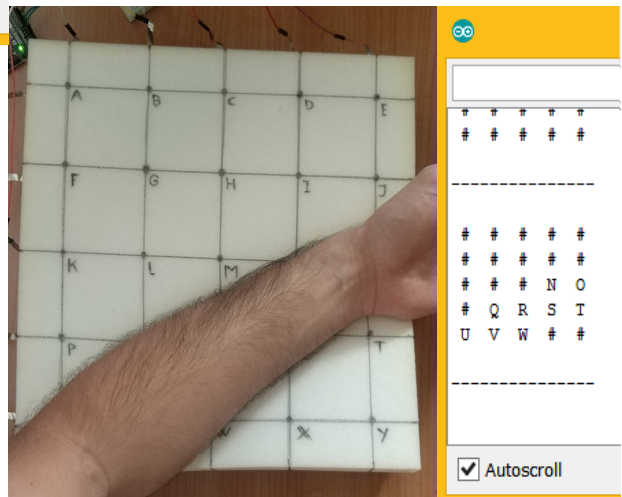


Foto 21 y Figura 15



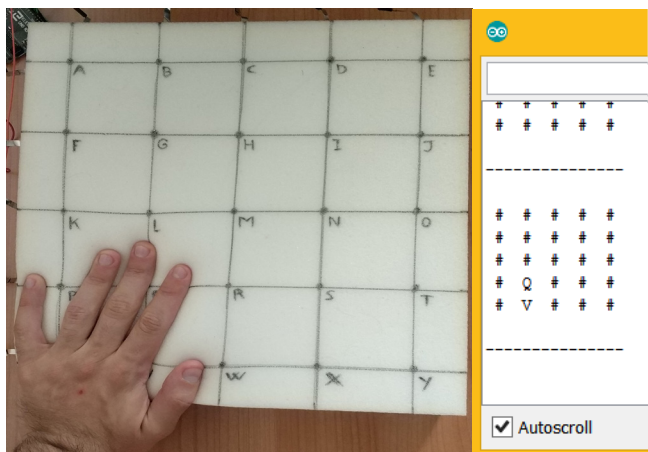


Foto 22 y Figura 16

La única anomalía de esta prueba fue la W, ya que debería haberse detectado. El problema es que estaba en un canal de 9+7 mm, de forma que es uno de los mas profundos y la presión no fue suficiente

Esta es de las peores pruebas que salió, pese a ejercer bastante presión no se detectaron ni la P ni la U, que estaban en canales de 7+7 y 7+5 mm, ambos con bastante profundidad.

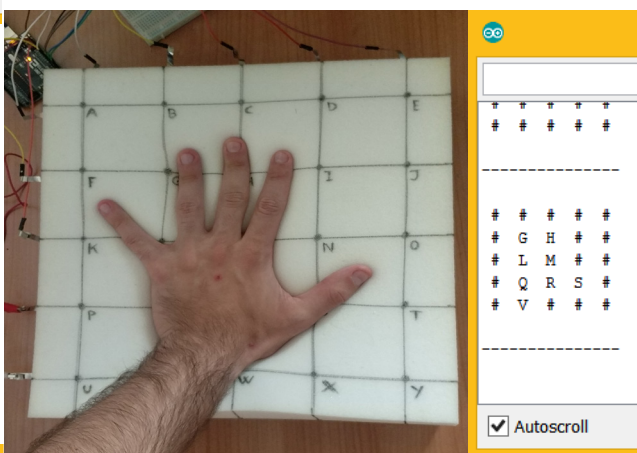


Foto 23 y Figura 17

Esta prueba es una de las mejores de todas las realizadas, ya que es lo mas parecido a la realidad, el único posible reproche seria la detección de la I o la Q, pero no se ejercía presión exacta en esas zonas.

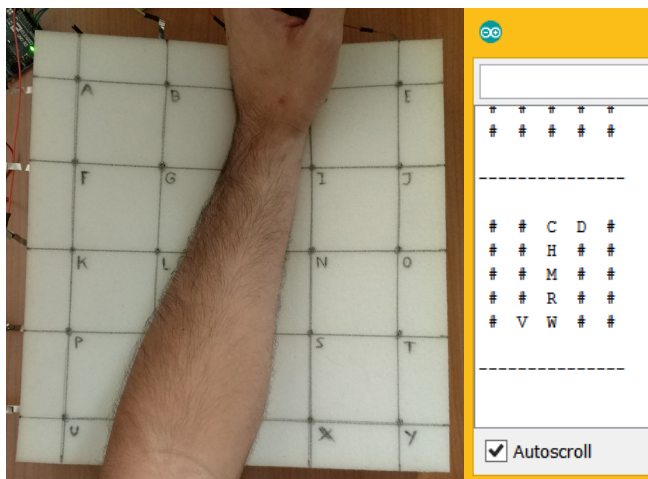


Foto 24 y Figura 18

La prueba era muy sencilla y ademas se aplicaba mucha presión, así que salió como era de esperar.

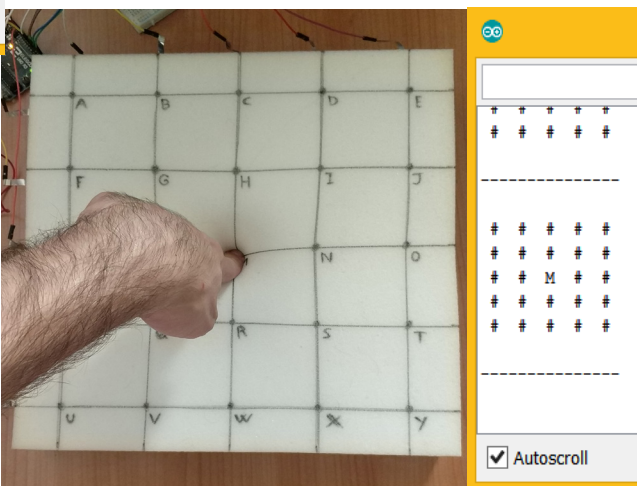


Foto 25 y Figura 19



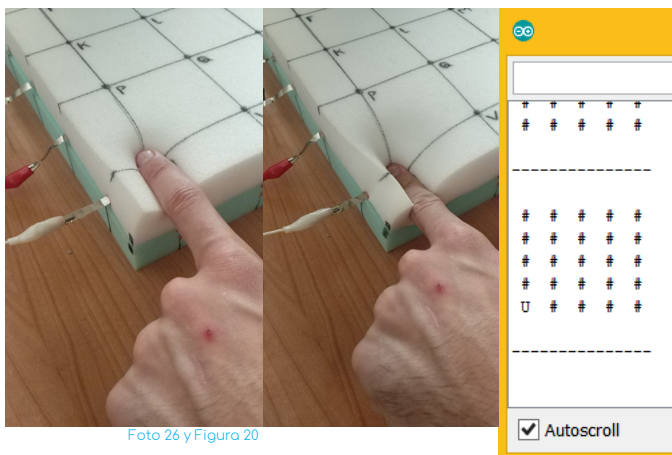


Foto 26 y Figura 20

Una prueba que salio casi del todo bien, lo óptimo sería que detectara también la X del pulgar, pero como casi no se ejercía presión el canal de la X de 6+7 mm no se detectó.

Otra prueba básica en la que con poca presión no se detectaba la pulsación, pero si con mayor presión.

Era un canal de 7+7 mm, uno de los de mayor profundidad.

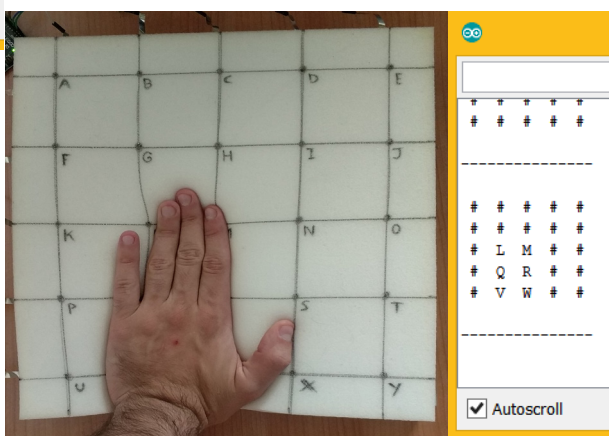


Foto 27 y Figura 21

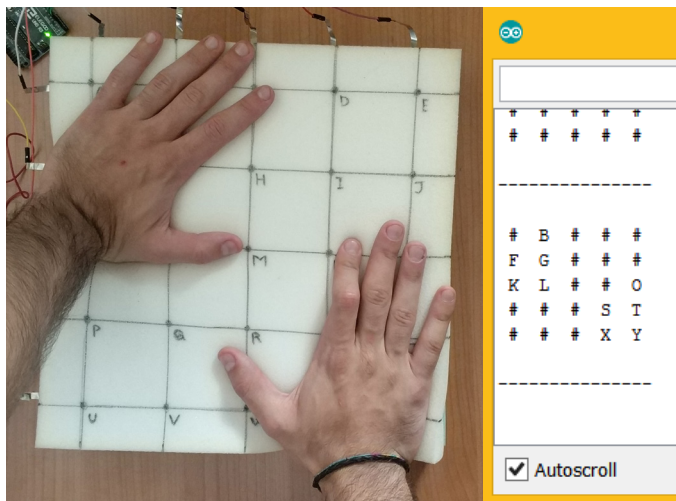


Foto 28 y Figura 22

Una prueba con dos zonas diferenciadas que salio bastante bien, lo único reprochable serían la W y la M y N, en canales de 9+7 y 9+9 y 6+9 mm, las unos de los mas profundos de todos con presiones solo de dedos, con lo que era algo esperable también.

Otra prueba similar a la anterior, en la que pasó es que con la deformación de la mano derecha se movió el canal y no hizo contacto con la matriz inferior, sin determinarse así el contacto de la T y la Y.

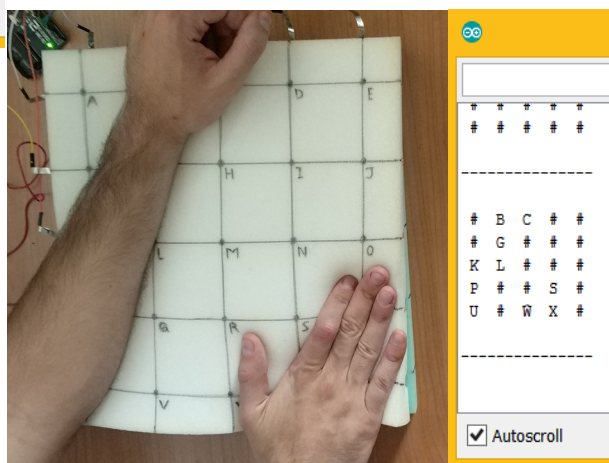


Foto 29 y Figura 23

# CONCLUSIONES PROTOTIPADO

## Materiales

La espuma viscoelástica, es muy buena para éste proyecto, ya que es un material que se recupera de todas las deformaciones de manera excepcional, y que es el material base perfecto como base para las tiras inyectadas con tinta conductiva.

El látex expandido reacciona de forma muy similar a la espuma viscoelástica, así que es perfecta también, el que es algo diferente es el poliuretano expandido, ya que es un material mas duro, también se recupera muy bien pero los canales deben ser modificados.

En cuanto a las tiras con tinta conductiva, es necesario que estén inyectadas en un material plástico, siendo habitualmente el PET, para que, igual que los rellenos, recuperen la forma después de la deformación. Con el prototipo se demostró que las tiras conductivas de material metálico, acaban deformándose demasiado y acaban por no recuperar, con lo que, el prototipo acabó dejando de funcionar por esas deformaciones.

## Dimensiones

Con las diferentes pruebas, algunas de ellas detalladas en el apartado anterior, se observó que los canales con 7 y 9 mm de profundidad, no detectaban mas que las presiones muy grades o puntuales, y los de 6 mm en combinación con otros similares o mayores también solían fallar.

Por lo contrario, cuando se juntaban dos canales de 3 con 5 o 6 mm se podían detectar falsas pulsaciones.

Los canales que nunca fallaron fueron en los que se combinaban profundidades de 5 y 6 mm, con lo que se seleccionan los canales de 5 mm para el producto final.

## Funcionamiento

El funcionamiento en las pruebas fue correcto, hasta que finalmente empezó a fallar por las deformaciones de las tiras metálicas, y con los cambios anteriormente detallados, se conseguirá un producto mucho mas fiable. También, aunque fuera del alcance de mi proyecto, queda la optimización del código utilizado, lo que le aportará aun mas fiabilidad en las mediciones.



# CONCLUSIONES

## Proyecto

Este es un proyecto que tiene muchas capacidades de continuación, tanto en desarrollo de tecnología como en el de procesos. Lo que si queda delimitado por completo es, el tipo de captación de la posición y el movimiento del usuario mediante la matriz de contactos y la ubicación y posición de éstos, que van delimitados según los canales de los rellenos.

La tecnología de impresión con tinta conductora y la inserción de diodos es muy factible y existen elementos comerciales muy similares o incluso con tecnología mas compleja.

## Continuación

Lo que de verdad le puede dar la continuidad al proyecto es un software que se base en las directrices delimitadas en el apartado de "DEFINICIÓN FUNCIONAL", para poder hacer una medición constante del usuario, de forma lo mas precisa posible, dando la opción a realizar una cantidad determinada de mediciones por minuto, que generaran unos vídeos de monitorización de mas o menos duración.

Además de una representación visual, en forma de imágenes o vídeo del periodo de sueño y la transmisión de esta a un dispositivo.

A la par del software debe haber una definición eléctrica y electrónica acorde, de forma que todo el circuito sea fiable para la utilización de producto de forma habitual y continuada, pudiendo así, ser utilizado como mínimo cada noche durante el periodo de garantía, siendo este un requisito indispensable, igual que los delimitados en el apartado "EDP's".

## Aplicaciones

Las aplicaciones de la gama comercial y la gama salud son las mismas, pero la gama salud tendrá acceso a mayor cantidad de datos que la comercial, de forma que la comercial tenga acceso a las representaciones, al tiempo de sueño de cada fase, al total y a las comparaciones con el ideal.

La gama comercial tiene un sentido sobre todo de auto diagnóstico, por otro lado la gama salud, esta destinada a la investigación de trastornos del sueño, de sus pacientes y de los movimientos y posiciones de éstos durante todo su periodo de descanso, a la que en un futuro incluso se podrían incluir otras funciones interesantes, como la medición de temperatura, zonas de presión o la conexión a camas articuladas para el tratamiento de la posición de los pacientes instantánea, lo que puede derivar en grandes beneficios para estas tipos de enfermedades y la forma de paliarlas o curarlas..



# BIBLIOGRAFÍA

Todas las fechas de las referencias bibliográficas fueron retomadas el día 16 de Septiembre de 2018, debido al desconocimiento de la necesidad de aportar la fecha de cada una de ellas.

Imagen 1: Sensor LM35 <https://programarfacil.com/wp-content/uploads/2016/06/LM35.jpg>  
Imagen 2: Sensor TMP36 <https://programarfacil.com/wp-content/uploads/2016/06/tmp36.jpg>  
Imagen 3: Sensor TC74 <https://programarfacil.com/wp-content/uploads/2016/06/tc74.jpg>  
Imagen 4: Sensor DHT22 <https://programarfacil.com/wp-content/uploads/2016/06/dht22.jpg>  
Imagen 5: Sensor FSR402 <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/wp-content/uploads/2015/02/1.jpg>  
Imagen 6: Sensor FSR403 <https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1NWaHSFXXXa6XXXq6xXFXxc.jpg?size=92766&height=1000&width=1000&hash=172f7998e08c531b8edce3110f275d8>  
Imagen 7: Sensor FSR602 <https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1ci0jbvD8KJjSplq6yLEFXac.jpg?size=42307&height=800&width=800&hash=5447db43f6bff5c4becabf7ef758462>  
Datos 1: Sensor FSR402 <https://www.mouser.es/ProductDetail/Alpha-Taiwan/MF01-N-221-A04?qs=sGAEpiMZZMvDU9HV27FC0Xti1swCvKyfoNZ79p1c4f1G/gn1M4v5/Q%3D%3D>  
Datos 2: Sensor FSR403 [https://es.aliexpress.com/store/product/Free-Shipping-FSR402-Force-Sensitive-Resistor-0-5-inch-FSR-For-arduino-com-patible-Force-Sensing-Resistor/1504763\\_32710680809.html?spm=a219c.search0204.3.7.7f495fb10b4fTo&ws\\_ab\\_test=searchweb0\\_0\\_searchweb201602\\_4\\_10152\\_10151\\_10065\\_10344\\_10068\\_10342\\_10547\\_10343\\_10340\\_10548\\_10341\\_10084\\_10083\\_10618\\_10307\\_10301\\_10303\\_5711211-10313\\_10059\\_10184\\_10534\\_100031\\_10103\\_10627\\_10626\\_10624\\_10623\\_10622\\_10621\\_5722412\\_10620\\_5711313\\_searchweb201603\\_25\\_ppcSwitch\\_5\\_ppcChannel&algo\\_expid=bf7b1514-ca7c-4c33-8896-ee59240a322b-1&algo\\_pvid=bf7b1514-ca7c-4c33-8896-ee59240a322b&priceBeautyAB=0&isOrigTitle=true](https://es.aliexpress.com/store/product/Free-Shipping-FSR402-Force-Sensitive-Resistor-0-5-inch-FSR-For-arduino-com-patible-Force-Sensing-Resistor/1504763_32710680809.html?spm=a219c.search0204.3.7.7f495fb10b4fTo&ws_ab_test=searchweb0_0_searchweb201602_4_10152_10151_10065_10344_10068_10342_10547_10343_10340_10548_10341_10084_10083_10618_10307_10301_10303_5711211-10313_10059_10184_10534_100031_10103_10627_10626_10624_10623_10622_10621_5722412_10620_5711313_searchweb201603_25_ppcSwitch_5_ppcChannel&algo_expid=bf7b1514-ca7c-4c33-8896-ee59240a322b-1&algo_pvid=bf7b1514-ca7c-4c33-8896-ee59240a322b&priceBeautyAB=0&isOrigTitle=true)  
Datos 3: Sensor FSR602 [https://es.aliexpress.com/store/product/RFP-602-10-500g-Thin-Film-Pressure-Sensor-Force-Sensing-Distribution-Micro-Sensitive-D10mmx124mm-For-Arduino/1829717\\_32803995581.html?spm=a219c.search0204.3.35.38e45fb15XLDQY&ws\\_ab\\_test=searchweb0\\_0\\_searchweb201602\\_4\\_10152\\_10151\\_10065\\_10344\\_10068\\_10342\\_10547\\_10343\\_10340\\_10548\\_10341\\_10084\\_10083\\_10618\\_10307\\_10301\\_10303\\_5711212-10313\\_10059\\_10184\\_10534\\_100031\\_10103\\_10627\\_10626\\_10624\\_10623\\_10622\\_10621\\_5722412\\_10620\\_5711313-normal#&searchweb201603\\_25\\_ppcSwitch\\_5\\_ppcChannel&algo\\_expid=eb19936c-9d09-4588-8d4f-e5b7ba2fce24-5&algo\\_pvid=eb19936c-9d09-4588-8d4f-e5b7ba2fce24&priceBeautyAB=0&isOrigTitle=true](https://es.aliexpress.com/store/product/RFP-602-10-500g-Thin-Film-Pressure-Sensor-Force-Sensing-Distribution-Micro-Sensitive-D10mmx124mm-For-Arduino/1829717_32803995581.html?spm=a219c.search0204.3.35.38e45fb15XLDQY&ws_ab_test=searchweb0_0_searchweb201602_4_10152_10151_10065_10344_10068_10342_10547_10343_10340_10548_10341_10084_10083_10618_10307_10301_10303_5711212-10313_10059_10184_10534_100031_10103_10627_10626_10624_10623_10622_10621_5722412_10620_5711313-normal#&searchweb201603_25_ppcSwitch_5_ppcChannel&algo_expid=eb19936c-9d09-4588-8d4f-e5b7ba2fce24-5&algo_pvid=eb19936c-9d09-4588-8d4f-e5b7ba2fce24&priceBeautyAB=0&isOrigTitle=true)  
Imagen 8: Sensor de presión <https://www.mouser.es/ProductDetail/Bosch-Sensortec/BMP388?qs=sGAEpiMZZMvWgbUE6GM30avE8y1%252bdf%2fw7%2f8ntD05PDkBTd7fl7olvQ%3d%3d>  
Datos 4: Pulsador 1 [https://es.aliexpress.com/store/product/Free-shipping-10PCS-3pin-N-O-N-C-5A250VAC-Limit-Switch-WK11-3Z-Mini-Micro-Switch/1556191\\_32273125391.html?spm=a219c.search0204.3.39.610c5ab8ChuW96&s=p&ws\\_ab\\_test=searchweb0\\_0\\_searchweb201602\\_4\\_10152\\_10151\\_10065\\_10344\\_10068\\_10342\\_10547\\_10343\\_10340\\_10548\\_10341\\_10696\\_10084\\_10083\\_10618\\_10307\\_10301\\_10303\\_5711212\\_10313\\_10059\\_10184\\_10534\\_10682\\_10681\\_10683\\_100031\\_10103\\_10624\\_10680\\_10623\\_443\\_10622\\_10621\\_10620\\_searchweb201603\\_37\\_ppcSwitch\\_5\\_ppcChannel&transAbTest=ae803\\_4&priceBeautyAB=0&isOrigTitle=true](https://es.aliexpress.com/store/product/Free-shipping-10PCS-3pin-N-O-N-C-5A250VAC-Limit-Switch-WK11-3Z-Mini-Micro-Switch/1556191_32273125391.html?spm=a219c.search0204.3.39.610c5ab8ChuW96&s=p&ws_ab_test=searchweb0_0_searchweb201602_4_10152_10151_10065_10344_10068_10342_10547_10343_10340_10548_10341_10696_10084_10083_10618_10307_10301_10303_5711212_10313_10059_10184_10534_10682_10681_10683_100031_10103_10624_10680_10623_443_10622_10621_10620_searchweb201603_37_ppcSwitch_5_ppcChannel&transAbTest=ae803_4&priceBeautyAB=0&isOrigTitle=true)  
Datos 5: Pulsador 2 [https://es.aliexpress.com/store/product/Wholesale-1000Pcs-lot-3mm-6mm-2-5mm-SMD-Red-Micro-Push-Button-Tactile-Tact-Momentary-Electronic/1487854\\_32232645383.html?spm=a219c.search0104.3.237.23603ac2B5djs&ws\\_ab\\_test=searchweb0\\_0\\_searchweb201602\\_4\\_10152\\_10151\\_10065\\_10344\\_10068\\_10342\\_5722912\\_10547\\_10343\\_10340\\_5722612\\_10548\\_10341\\_10696\\_5722812\\_10084\\_10083\\_10618\\_5722712\\_10307\\_10301\\_10303\\_10059\\_10184\\_10534\\_100031\\_10103\\_441\\_10624\\_10623\\_10622\\_10621\\_10620\\_5722512\\_searchweb201603\\_25\\_ppcSwitch\\_5&algo\\_expid=62637660-4dfa-4bff-8ed9-bec1f4f2368b-36&algo\\_pvid=62637660-4dfa-4bff-8ed9-bec1f4f2368b&transAbTest=ae803\\_4&priceBeautyAB=0&isOrigTitle=true](https://es.aliexpress.com/store/product/Wholesale-1000Pcs-lot-3mm-6mm-2-5mm-SMD-Red-Micro-Push-Button-Tactile-Tact-Momentary-Electronic/1487854_32232645383.html?spm=a219c.search0104.3.237.23603ac2B5djs&ws_ab_test=searchweb0_0_searchweb201602_4_10152_10151_10065_10344_10068_10342_5722912_10547_10343_10340_5722612_10548_10341_10696_5722812_10084_10083_10618_5722712_10307_10301_10303_10059_10184_10534_100031_10103_441_10624_10623_10622_10621_10620_5722512_searchweb201603_25_ppcSwitch_5&algo_expid=62637660-4dfa-4bff-8ed9-bec1f4f2368b-36&algo_pvid=62637660-4dfa-4bff-8ed9-bec1f4f2368b&transAbTest=ae803_4&priceBeautyAB=0&isOrigTitle=true)  
Datos 6: Pulsador 3 [https://es.aliexpress.com/item/100pcs-6-6-5mm-Light-touch-switch-DIP4-ON-OFF-Touch-button-Touch-micro-switch-6/32818700292.html?spm=a219c.12010108.1000013.3.c85841f6CUvUL5&traffic\\_analysisId=recommend\\_2088\\_2\\_90158\\_iswistore&scm=1007.13339.90158.0&pvid=efbe9af3-bd89-4185-947d-79792338450f&tp=1&isOrigTitle=true](https://es.aliexpress.com/item/100pcs-6-6-5mm-Light-touch-switch-DIP4-ON-OFF-Touch-button-Touch-micro-switch-6/32818700292.html?spm=a219c.12010108.1000013.3.c85841f6CUvUL5&traffic_analysisId=recommend_2088_2_90158_iswistore&scm=1007.13339.90158.0&pvid=efbe9af3-bd89-4185-947d-79792338450f&tp=1&isOrigTitle=true)  
Datos 7: Cámara termográfica [https://www.amazon.es/FLIR-TG130-c%C3%A1mara-inspecci%C3%B3n-industrial/dp/B01ALS084E/ref=sr\\_1\\_3?ie=UTF8&qid=1522749883&sr=8-3&keywords=camara+termica&dplD=41Jn5rmtndL&preST=\\_SY300\\_QL70\\_&dplD=src](https://www.amazon.es/FLIR-TG130-c%C3%A1mara-inspecci%C3%B3n-industrial/dp/B01ALS084E/ref=sr_1_3?ie=UTF8&qid=1522749883&sr=8-3&keywords=camara+termica&dplD=41Jn5rmtndL&preST=_SY300_QL70_&dplD=src)  
Datos 8: Web el Mundo <http://www.elmundo.es/elmundo/2003/09/16/ciencia/1063722754.html>  
Datos 9: Estudio Idzikowski <http://www.guiasalud.es/egpc/insomnio/completa/documentos/anexos/anexo2.pdf>  
Datos 10: Webconsultas <http://www.webconsultas.com/narcolepsia/las-fases-del-sueno-2983>  
Datos 11: Pikolin <http://www.pikolin.com/es/blog/medidas-de-un-colchon-cual-prefieres/>  
Datos 12: Beddit <https://www.apple.com/es/shop/product/MR9P2ZM/A/monitor-de-sue%C3%B1o-beddit-3>  
Datos 13: Beayrest <https://www.beautyrest.com/SleepTracker>  
Imagen 9: Beddit <https://bhphoto.to/2HaBMNS>  
Imagen 10: Beautyrest [https://www.beautyrest.com/beautyrest/images/pages/SleepTracker/StarWarsAngle\\_1.png](https://www.beautyrest.com/beautyrest/images/pages/SleepTracker/StarWarsAngle_1.png)  
Datos 14: Sleepace <http://www.sleepace.com/reston.html?category=reston>  
Datos 15: Neuroon <https://neuroonopen.com/>  
Imagen 11: Beddit <http://www.sleepace.com/reston.html>  
Imagen 12: Neuroon <https://bit.ly/2HbvoWK>  
Datos 16: Talje <https://www.ikea.com/es/es/catalog/products/30298240/>  
Datos 17: Tussöy <https://www.ikea.com/es/es/catalog/products/70298139/#/90298138>  
Datos 18: Tistedal <https://www.ikea.com/es/es/catalog/products/80303970/#/80303970>  
Imagen 13: LG <https://blogthinkbig.com/los-sensores-flexibles-textiles-dan-mas-posibilidades-a-la-ropa-del-futuro>  
Datos 19: Barepaint <https://www.xataka.com/otros/bare-paint-pintura-conductora-de-electricidad>  
Imagen 14: Inkjet <http://es.methode.com/sensors-and-switches/conductive-and-resistive-inks.html>  
Imagen 15: Inkjet2 <http://es.methode.com/sensors-and-switches/conductive-and-resistive-inks.html>  
Imagen 16: Poliuretano <http://paletsonline.com/Colchon-de-espuma-para-Palet-1200-x-800-mm>  
Imagen 17: Viscoelástica <https://www.hiperespuma.es/images/stories/virtuemart/product/viscoelastica26.jpg>  
Imagen 18: Látex [https://www.latexco.com/content/uploads/2016/11/Latexco\\_topper\\_lat\\_24.jpg](https://www.latexco.com/content/uploads/2016/11/Latexco_topper_lat_24.jpg)  
Datos 20: Poliéster [https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_sint%C3%A9tica](https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_sint%C3%A9tica)  
Datos 21: Algodón <http://www.naturalfibres2009.org/es/fibras/algodon.html>  
Datos 22: Lyocell <https://www.campz.es/lyocell.html>  
Datos 23: Lino <https://www.campz.es/lyocell.html>  
Imagen 19: Estética1 <https://www.ikea.com/es/es/catalog/products/80303970/>  
Imagen 20: Estética2 <https://www.ikea.com/es/es/catalog/products/00373288/>  
Imagen 21: Estética3 <https://www.mueblesdecaja.net/sobrecolchones-toppers/3249-sobrecolchon-topper-viscoelastico-de-velfont.html>  
Imagen 22: Estética4 <https://www.mueblesdecaja.net/16840-thickbox/topper-top-visco-moshi.jpg>  
Imagen 23: Estética5 [https://www.amazon.es/Mylovelybed-Sobrecolch%C3%B3n-desenfundable-viscoel%C3%A1stica-densidad-Calidad/dp/B076T4RN5Y/ref=sr\\_1\\_55?ie=UTF8&qid=1526939057&sr=8-55&keywords=sobrecolchon](https://www.amazon.es/Mylovelybed-Sobrecolch%C3%B3n-desenfundable-viscoel%C3%A1stica-densidad-Calidad/dp/B076T4RN5Y/ref=sr_1_55?ie=UTF8&qid=1526939057&sr=8-55&keywords=sobrecolchon)  
Imagen 24: Estética6 <https://www.ikea.com/es/es/catalog/products/20298207/>  
Imagen 25: Estética7 [https://www.amazon.es/Classic-Blanc-sobrecolch%C3%B3n-antial%C3%A9rgico-antibacterias/dp/B06Y63LGPB/ref=sr\\_1\\_30?ie=UTF8&qid=1526939005&s](https://www.amazon.es/Classic-Blanc-sobrecolch%C3%B3n-antial%C3%A9rgico-antibacterias/dp/B06Y63LGPB/ref=sr_1_30?ie=UTF8&qid=1526939005&s)

r=8-30&keywords=sobrecolchon

Imagen 26: Estética8 <https://www.colchonexpres.com/colchones/sobrecolchon-topper-viscoelastico/topper-viscoelastica-50-cm-viscozhen.html>

Imagen 27: Estética9 [https://www.amazon.es/Imperial-Confort-Topper-viscoel%C3%A1stico-Blanco/dp/B06XYJRN4C/ref=sr\\_1\\_81\\_sspa?ie=UTF8&qid=1527021529&s-](https://www.amazon.es/Imperial-Confort-Topper-viscoel%C3%A1stico-Blanco/dp/B06XYJRN4C/ref=sr_1_81_sspa?ie=UTF8&qid=1527021529&s-r=8-81-spons&keywords=topper&th=1)

r=8-81-spons&keywords=topper&th=1

Imagen 28: Estética10 [https://www.amazon.es/Classic-Blanc-sobrecolch%C3%B3n-viscoel%C3%A1stico-desenfundable/dp/B06XWDN3Y2/ref=sr\\_1\\_1?ie=UTF8&qid=1526938945&s-](https://www.amazon.es/Classic-Blanc-sobrecolch%C3%B3n-viscoel%C3%A1stico-desenfundable/dp/B06XWDN3Y2/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1526938945&s-r=8-1&keywords=sobrecolchon&dpID=31enPCw60XL&preST=_SX300_QL70_&dpSrc=srch)

r=8-1&keywords=sobrecolchon&dpID=31enPCw60XL&preST=\_SX300\_QL70\_&dpSrc=srch

Imagen 29: Estética11 <https://www.ikea.com/es/es/catalog/products/30298240/>

Imagen 30: Estética12 <https://www.ikea.com/es/es/catalog/products/70298139/>

Imagen 31: Estética13 [https://www.amazon.es/Badenia-03887661159-Bettcomfort-Colch%C3%B3n-viscoel%C3%A1stico/dp/B008131TZI/ref=pd\\_sbs\\_201\\_6?\\_encoding=UTF8&psc=1&refRI-](https://www.amazon.es/Badenia-03887661159-Bettcomfort-Colch%C3%B3n-viscoel%C3%A1stico/dp/B008131TZI/ref=pd_sbs_201_6?_encoding=UTF8&psc=1&refRID=XG9ZGAHJM4ZRQGFMOEND)

D=XG9ZGAHJM4ZRQGFMOEND

Imagen 32: Estética14 [https://www.amazon.es/Topper-Viscoesl%C3%A1stico-malla-transpirable-viscoel%C3%A1stico/dp/B076DGP1ZH/ref=sr\\_1\\_73?ie=UTF8&qid=1526939120&s-](https://www.amazon.es/Topper-Viscoesl%C3%A1stico-malla-transpirable-viscoel%C3%A1stico/dp/B076DGP1ZH/ref=sr_1_73?ie=UTF8&qid=1526939120&s-r=8-73&keywords=sobrecolchon)

r=8-73&keywords=sobrecolchon

Imagen 33: Estética15 [https://www.amazon.es/Classic-Blanc-sobrecolch%C3%B3n-antial%C3%A9rgico-antibacterias/dp/B06Y63LGPB/ref=sr\\_1\\_30?ie=UTF8&qid=1526939005&s-](https://www.amazon.es/Classic-Blanc-sobrecolch%C3%B3n-antial%C3%A9rgico-antibacterias/dp/B06Y63LGPB/ref=sr_1_30?ie=UTF8&qid=1526939005&s-r=8-30&keywords=sobrecolchon)

r=8-30&keywords=sobrecolchon

Imagen 34: Cinta Conductor <http://www.multipino.es/offer616954.html>

Imagen 35: Tinta Conductiva <http://laguaridageek.blogspot.com/2013/11/hardware-que-permite-es-uso-de-tinta.html>

Imagen 36: Controlador <https://powergie.com.mx/producto/arduino-micro-2/>

Imagen 37: Cable <https://www.taringa.net/posts/hazlo-tu-mismo/18564496/Como-pelar-cable-con-alicata.html>

Imagen 38: Bluetooth <http://www.geekbotelectronics.com/producto/modulo-wifi-esp8266/>

Imagen 39: Transformador [https://electropro.pe/index.php?route=product/product&product\\_id=459](https://electropro.pe/index.php?route=product/product&product_id=459)

Datos 24: Anti-Ghosting [https://www.dribin.org/dave/keyboard/one\\_html/](https://www.dribin.org/dave/keyboard/one_html/)

Datos 25 y 26: Comercial y Saludm:

A todos estos datos se les ha aplicado un descuento aproximado de un 30% como compras al por mayor y exención de impuestos.

Circuito matriz [https://www.7pcb.com/Cotizacion-de-fabricacion-de-PCB.php?c5=100000&c1980=190&e1980=1&dimension=cm&c9=0.031&c11=2&c13=1&c15=Black&c17=1&c19=1&-](https://www.7pcb.com/Cotizacion-de-fabricacion-de-PCB.php?c5=100000&c1980=190&e1980=1&dimension=cm&c9=0.031&c11=2&c13=1&c15=Black&c17=1&c19=1&-country=ES&turnaround=1&send=Calculate&x=0&y=0)

country=ES&turnaround=1&send=Calculate&x=0&y=0

Cables <https://masvoltaje.com/18-cables-electricos>

Controlador <https://www.amazon.es/arduino-Accesorios-Electr%C3%B3nica/s?ie=UTF8&page=1&rh=n%3A928455031%2Ck%3Aarduino>

Bluetooth [https://www.amazon.es/XINTE-Inal%C3%A1mbrica-Bluetooth-esclavo-Arduino/dp/B00H07UJL6/ref=sr\\_1\\_5?ie=UTF8&qid=1537284951&sr=8-5&keywords=Modulo+Bluetooth](https://www.amazon.es/XINTE-Inal%C3%A1mbrica-Bluetooth-esclavo-Arduino/dp/B00H07UJL6/ref=sr_1_5?ie=UTF8&qid=1537284951&sr=8-5&keywords=Modulo+Bluetooth)

Multiplexor [https://www.amazon.es/Aihasd-CD74HC4067-desglose-multiplexor-Digitales/dp/B07439T2ZD/ref=sr\\_1\\_2?s=electronics&ie=UTF8&qid=1537284976&sr=1-2&keywords=multiplexor](https://www.amazon.es/Aihasd-CD74HC4067-desglose-multiplexor-Digitales/dp/B07439T2ZD/ref=sr_1_2?s=electronics&ie=UTF8&qid=1537284976&sr=1-2&keywords=multiplexor)

Cable y transformador [https://www.amazon.es/Domybest-Adaptador-fuente-alimentaci%C3%B3n-1-35mm/dp/B07B8NPJ24/ref=sr\\_1\\_15?s=electronics&ie=UTF8&qid=1537285037&s-](https://www.amazon.es/Domybest-Adaptador-fuente-alimentaci%C3%B3n-1-35mm/dp/B07B8NPJ24/ref=sr_1_15?s=electronics&ie=UTF8&qid=1537285037&s-r=1-15&keywords=transformador+5v+3A)

r=1-15&keywords=transformador+5v+3A

Diodos [https://es.aliexpress.com/store/product/100pcs-1206-1N4148W-T4-1N4148-IN4148-SOD-123-Switching-Dio-](https://es.aliexpress.com/store/product/100pcs-1206-1N4148W-T4-1N4148-IN4148-SOD-123-Switching-Dio-de-SOD123/1229187_32819347982.html?spm=a219c.search0104.3.59.314e1271DiSmzV&ws_ab_test=searchweb0_0,searchw)

de-SOD123/1229187\_32819347982.html?spm=a219c.search0104.3.59.314e1271DiSmzV&ws\_ab\_test=searchweb0\_0,searchw

eb201602\_3\_10065\_10068\_10547\_10059\_10884\_10548\_10887\_10696\_100031\_309\_10084\_10083\_10103\_451\_452\_10618\_10307\_10820\_10301\_10821\_10303\_525,searchwe-

b201603\_45,ppcSwitch\_5&algo\_expId=326df124-2fb5-44d6-a4e8-838be8eba72f-8&algo\_pvid=326df124-2fb5-44d6-a4e8-838be8eba72f&priceBeautifyAB=0

Espuma de poliuretano <https://www.espumaencasa.es/medidor/recta/D25/>

Espuma viscoelástica <https://www.espumaencasa.es/planchas-visco>

Todas las imágenes no referenciadas son de autoría propia:

Los renders realizados han sido modelados con la versión estudiantil de inventor y renderizados con la versión para estudiantes proporcionada por SAMSUNG de Keyshot.

Las ilustraciones se han realizado mediante el programa Adobe Illustrator CC

Otros gráficos e imágenes se han realizado mediante el programa Fritz y Arduino.

