

Proyecto final

Sistema modular para la correcta postura

Laura Juliana Aldana
School of Electrical and
Electronic Engineering
Universidad de los Andes, Bogotá
lj.aldan@uniandes.edu.co

Jhoan Esteban León Echeverry
School of Electrical and
Electronic Engineering
Universidad de los Andes, Bogotá
je.leone@uniandes.edu.co

Juan Sebastian Murcia Ramirez
School of Electrical and
Electronic Engineering
Universidad de los Andes, Bogotá
js.murcia@uniandes.edu.co

I. RESUMEN

En la actualidad existen diferentes tipos de labores que llevan a las personas a estar largos periodos de tiempo sentados, llevando a aumentar las probabilidades de obtener alteraciones en su salud, como riesgos cardiovasculares, venosa crónica, alteraciones en el metabolismo, alteración en la postura, efectos musculo esqueléticos [1], etc. Los problemas musculo esqueléticos se presentan principalmente por una postura inadecuada, ya que según la posición que se encuentre el sujeto puede estar esforzando unos músculos específicos, por largos períodos de tiempo dejando como resultado una fatiga muscular. Debido a esto se concluyó que existía una necesidad, que debía ser abarcada por la ingeniería electrónica, en donde desarrollara un sistema que estuviera en la capacidad de detectar la posición de una persona al momento de estar sentada, y sobre esto realizar unas acciones preventivas, si la persona no se encuentra en la posición correcta.

II. INTRODUCCIÓN

Como ingenieros estamos en el deber de asegurar y mejorar la calidad humana. En este proyecto nos centraremos en mejorar y diagnosticar una de las posibles causas del dolor lumbar como lo es la mala postura. A lo largo de este archivo se explicará cuál fue el desarrollo de un dispositivo que permite corroborar la postura de una persona. Este dispositivo debe tener la capacidad de detectar si una persona se encuentra en una mala postura considerando 3 posibles escenarios. Una de las malas posturas es cuando la persona se encuentra sentada pero su espalda está curva y sin apoyarse en el espaldar. La segunda es cuando solo apoya la parte superior de la espalda y la tercera es cuando solo apoya la parte inferior. Se considera una buena posición cuando la persona apoya totalmente su espalda sobre la silla en una posición ergonómica. El sistema muestra los resultados en una app móvil.

III. METODOLOGÍAS Y DESARROLLO

Para la elaboración del sistema modular se optó por dividir la estructura en tres partes físicas y una aplicación, las cuales son:

■ Caja De control Principal:

Este apartado se encarga de resguardar los elementos electrónicos que cumplen funciones como el control

de todo el sistema, comunicación por medio del módulo Bluetooth, brindar energía a los componentes y calibración de los sensores infrarrojos por medio de amplificadores operacionales. Debido a lo anterior, se necesitaba un carcasa capaz de proteger los elementos electrónicos y que fuera ligera para no presentar excesos de peso en el producto final, dejando como buena opción un polímero sintético.

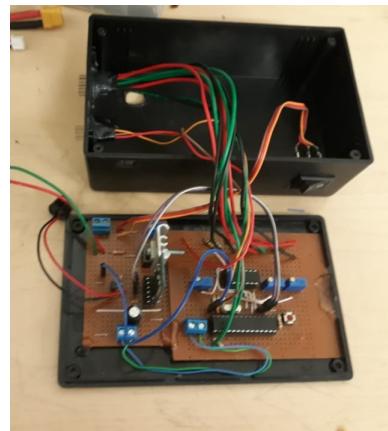


Figura 1. Componentes electrónicos internos en la caja.

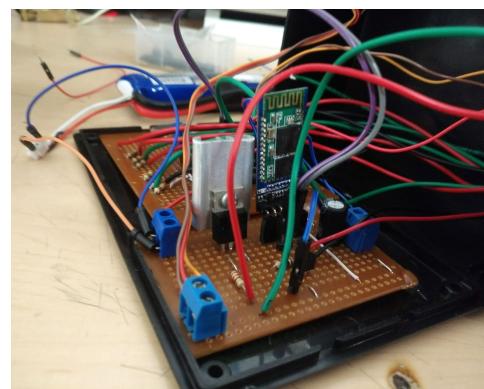


Figura 2. Componentes electrónicos internos en la caja.

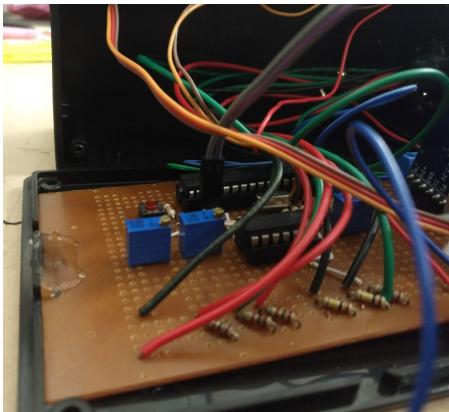


Figura 3. Componentes electrónicos internos en la caja.

■ Sensores ubicados en el espaldar:

Este componente del sistema, se encuentra conformado por dos clases de sensores, de contacto e infrarrojos, los cuales son los encargados de monitorizar la posición de la persona que se encuentra sentada, en la Figura 4, se pueden apreciar la distribución de los sensores del espaldar.

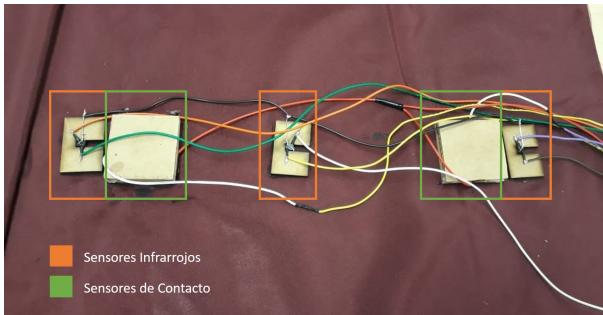


Figura 4. Distribución de los sensores en la almohada del espaldar.

Los sensores infrarrojos usados en el espaldar son los qrd1114, los cuales son usados como indicadores de la cercanía de la persona a un punto de la silla. Tienen unas dimensiones reducidas para que no incomoden al sujeto cuando se encuentre recostado. El qrd1114 funciona con un LED que emite luz infrarroja y con un foto-transistor de silicio NPN [2], una vez que la luz infrarroja es reflejada por un objeto y es detectada por el foto-transistor, el sensor entregara un voltaje correspondiente a la distancia que se encuentre con el objeto.

■ Sensores ubicados en el asiento:

En la parte del asiento, se dispusieron dos sensores de contacto, que cumplen el rol de detectar cuando la persona se sienta, la distribución de los mismos se encuentra en la Figura 5. Estos sensores están compuestos de tres materiales fundamentalmente, Cobre, MDF y espuma (Figura 6). Se seleccionó el cobre ya que presenta una conductividad eléctrica de $59,6 \times 10^6 S \cdot m - 1$ [3].

EL MDF es un material que presenta un coeficiente de resistividad mecánica del orden de 17.64 MPa [4], lo suficiente para el requerimiento que se le está otorgando. Finalmente, la espuma, tiene un coeficiente elevado de elasticidad lo cual implica que el sensor volverá a su estado inicial cuando se deje de ejercer una presión sobre el mismo.



Figura 5. Distribución sensores de contacto



Figura 6. Parte interna de sensores de contacto

■ Aplicación:

Se desarrolló la aplicación para que el usuario tuviera una vía de comunicación con el sistema, en donde la persona pueda visualizar la posición en la que se encuentra, el manual, como también pueda vincular su celular al módulo Bluetooth que se encuentra en la caja de control principal.

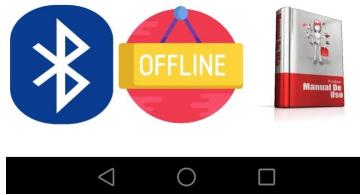


Figura 7. Interfaz de la aplicación



Figura 8. La aplicación al momento de recibir una posición

III-1. Caracterización de los sensores: A continuación, se presentan los datos obtenidos al momento de caracterizar los dos tipos de sensores que se tienen presentes en el proyecto. Cabe destacar que los sensores infrarrojos fueron sincronizados antes de iniciar la caracterización, es decir que con un amplificador operacional en configuración comparador, permitiera dar flujo a la señal trasmisida por el sensor cuando el objeto de prueba se encontrara en una distancia específica.

Caracterización de sensor de distancia	
Voltaje(V)	Distancia(cm)
0,12	0
0,18	0,5cm
2,8	1cm
4,3	2cm
4,7	4cm
4,8	6cm
4,83	8cm
4,86	10cm

Tabla 1. Datos de la caracterización de los sensores infrarrojos

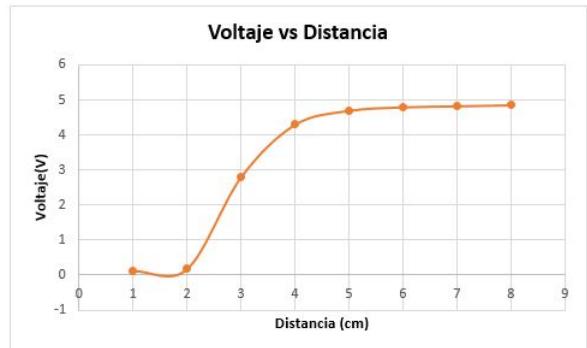


Figura 9. Gráfica del Voltaje vs Distancia del sensor infrarrojo

Caracterización del sensor de presión			
Fuerza(Pa)	Peso(kg)	Contacto	Resistencia(Ohm)
0,196	0,02	no	-
0,49	0,05	no	-
1,96	0,2	no	-
4,9	0,5	no	-
5,096	0,52	no	-
5,39	0,55	no	-
6,86	0,7	sí	0,8
7,056	0,72	sí	0,7
7,35	0,75	sí	0,6

Tabla 2. Datos de la caracterización de los sensores de contacto.

III-2. Implementación del sistema de detección: Al momento de tener ubicados los tres componentes del sistema modular en la silla, se inicia el censado de la posición del sujeto una vez que los sensores de contacto detecten que hay una persona sentada, consecuentemente la información será proyectada en la aplicación. Si el individuo se encuentra en una posición incorrecta un buzzer emitirá un pitido hasta que la persona se ubique en la posición correcta(Figura 8), cabe destacar que al momento de que el sistema detecte una posición nueva, el celular realizará una vibración de un segundo.

IV. COSTOS DEL SISTEMA

A continuación se puede observar un calculo aproximado de los costos del sistema:

Materiales	Precio
Buzzer 5v	\$ 1.500
QRD 1114	\$ 8.000
Baquela	\$ 2.000
Cojines	\$ 10.400
Termo 2mm	\$ 500
Cables	\$ 1.500
Cja CP5	\$ 6.000
Caucho negro	\$ 3.900
Base 28P	\$ 600
Sw 2p/3p	\$ 700
Trimer 20k	\$ 800
Mano de obra	\$ 90.000
Componentes Electronicos	\$ 40.000
Otros gastos	\$ 6.000
Suma	\$ 171.900

Figura 10. Tabla de costos

NOTA: El costo de la hora de trabajo se calculó en base al salario mínimo en Colombia.

V. RESULTADOS

Con el desarrollo de este sistema diagnóstico se obtuvieron varios resultados. El primero es que el sistema creado cumple con los requerimientos y las restricciones establecidas en el enunciado de este proyecto. Esto implica que el producto fabricado efectivamente determina las posturas del usuario sobre la silla y se comunica con una app móvil para generar las señales de alerta.

Para desempeñar las funciones requeridas se planteó un diseño del sistema basado en sensores de distancia infrarrojos. Estos sensores ubicados en el espaldar de la silla se encargan de medir a qué distancia está la espalda en diferentes puntos. Con ello se logra tener un estimado de en qué postura se encuentra la persona con base en estas distancias medidas. Pero, a nivel práctico y con la realización de diferentes pruebas conceptuales se determinó que estos sensores no eran suficientes. Por ello, se decidió emplear sensores de presión en el asiento y en el espaldar.

Estos sensores de presión brindaron mejores resultados en las pruebas realizadas. Las pruebas constaron de una estimación de las posturas de una persona sobre la silla y de las lecturas de cada uno de los sensores en estas posturas planteadas. Los sensores funcionan como un medio de comprobación de cada una de las posturas, lo cual mejora el sistema haciéndolo más robusto y menos propenso a errores o confusiones entre las diferentes posturas.

Todos los sensores utilizados fueron pensados en la etapa de diseño, en donde se otorgaron diferentes responsabilidades a cada uno de ellos y también, en base a los resultados

experimentales y teóricos de los diseños electrónicos se fue moldeando la responsabilidad de cada sensor y el aporte que realizaba finalmente a la funcionalidad global.

La inclusión de el sistema de encendido/apagado y la comprobación de todas las posturas mediante los diferentes sensores implicaron un mejor funcionamiento del sistema, puesto que el consumo y la activación de las alarmas son más eficientes.

En resultados prácticos obtenidos con las pruebas realizadas sobre el sistema terminado se pudo analizar que la forma de sujetar y ubicar los módulos del sistema sobre la silla no era la mas adecuada, puesto que por ejemplo, la caja de control principal quedaba suelta y se golpeaba con la parte inferior de la silla. También se pudo analizar que el comportamiento de los sensores de presión fabricados no era el esperado en cuanto a la funcionalidad global planteada.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

- Se cumplieron los objetivos y las metas establecidas en un principio para el desarrollo de este proyecto. Estas metas incluían completar un sistema que detectará las cuatro posturas señalas en los requerimientos, el uso de sistemas no comerciales, la fabricación de alguno de los sensores utilizados en el producto final, la caracterización de los sensores utilizados, protocolos de pruebas y consentimientos informados, implementación de un sistema ON/OFF, entre otros. Todos y cada uno de los objetivos propuestos se cumplieron debido al proceso de diseño aplicado que estuvo guiado por los propósitos que se querían lograr con el proyecto.

- El diseño de un sistema electrónico que desempeña determinada función requiere de un proceso extenso y bien planeado a nivel de componentes, materiales y funcionalidades individuales. Esto se pudo concluir a medida de que se iba desarrollando el sistema y se iba pensando en materiales que se usarían para cumplir con los objetivos y las ventajas/desventajas que estos traerían a nivel de costos, limitaciones o restricciones propias de los materiales o de sus aplicaciones.

- Se logró diseñar y construir un sistema diagnóstico funcional en donde se aplicaron conceptos importantes vistos en el curso como, por ejemplo, las técnicas de soldadura y algunos estándares de PCBs, la caracterización de los componentes y sus materiales, la selección de materiales para un determinado propósito, sensórica y diseño pensado desde los materiales y sus propiedades.

- Fabricando los sensores de presión se pudo concluir que cada uno de los materiales utilizados debe tener una justificación y una caracterización basada en sus

propiedades para comprender y poder fabricar/usar estos componentes pensando en su funcionalidad, ciclo de vida, consumo, comportamiento en temperatura y propiedades eléctricas que puedan afectar su desempeño global.

Algunas recomendaciones para trabajos futuros son principalmente relacionadas con la selección de los materiales utilizados. Porque aunque en este proyecto se trabajó fuertemente en esta área, se pueden lograr mejores resultados y un mejor desempeño del sistema si se hace una mejor selección de materiales. Esto se refiere desde los materiales usados en la fabricación de los sensores hasta los utilizados en el montaje del sistema electrónico sobre la silla.

También, alguna recomendación válida es la utilización de mejores sensores de distancia y presión. Esto tiene una implicación directa sobre el funcionamiento del sistema, puesto que permite una mejor funcionalidad y una mejor detección de las posturas.

A nivel de electrónica, se puede sugerir el uso de un microcontrolador más pequeño y menos costoso. Esto pues el sistema no está pensado de forma muy compleja a nivel de procesamiento de señales de entrada y salida. Básicamente el sistema solo necesita procesar 6 entradas de los sensores y dos salidas y el microcontrolador usado tenía una capacidad mucho mayor a la requerida. Si se puede seleccionar un mejor microcontrolador que se ajuste mejor a las necesidades del sistema, se van a disminuir los costos, el consumo eléctrico y el espacio de la PCB diseñada.

Además, es aconsejable el uso de un mejor regulador de tensión para la etapa de alimentación del circuito, puesto que el regulador utilizado en este proyecto disipaba una considerable cantidad de energía que puede ser aprovechada de una mejor manera optimizando el consumo y la vida útil de la batería.

VII. ANEXOS

1. Manual de usuario Ingresando al siguiente link, puede acceder al manual de usuario del dispositivo:

<https://drive.google.com/file/d/1OZidT6n8Yz5DsCHq2FR3wvD-qjKvgtUB/view>

2. Permiso de consentimiento A continuación se muestra el permiso de consentimiento, firmado por diferentes personas para realizar pruebas sobre el dispositivo

https://drive.google.com/file/d/13Z_HOW1W1AjR0A4rjkX9ahjhkthNbp3o/view?usp=sharing

REFERENCIAS

- [1] N. Elorza, M. Ortiz, J. Diaz, M. Rios, E. Rendon y M. Echeverri, "Sedestación ó permanecer sentado mucho tiempo: riesgo ergonómico para

los trabajadores expuestos", CES Salud Publica, Vol.8, n.º 1, pp. 133-147, 2017.

- [2] "QRD1113/1114Reflective Object Sensor", FairChild Semiconductor, mzo.2005

- [3] (2019, nov. 21).Cobre". [Internet]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Cobre>

- [4] M. Espinosa, C. Calil y J. Fiorelli, Resistencia Mecánica de los Tableros de Densidad Media Parte 1:Resistencia a la Tracción Paralela a la Superficie.", Maderas. Ciencia y tecnología, n.º2, Vol. 4.