

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO

PROYECTO TÉCNICO:
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA
INTELIGENTE PARA LA DETECCIÓN DE MALAS
POSTURAS SOBRE LA COLUMNA VERTEBRAL AL
SENTARSE”

AUTORES:

CABRERA ZEAS JUAN DIEGO
PUGO MÉNDEZ EDISSON XAVIER

TUTOR:

ING. LUIS JAVIER SERPA ANDRADE

CUENCA – ECUADOR

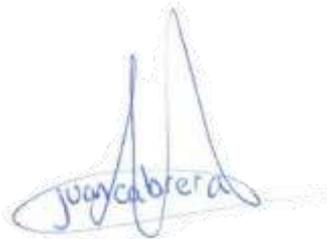
2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Juan Diego Cabrera Zeas con documento de identificación N° 0104287552 y Edison Xavier Pugo Méndez con documento de identificación N° 0106625445, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA LA DETECCIÓN DE MALAS POSTURAS SOBRE LA COLUMNA VERTEBRAL AL SENTARSE”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, agosto de 2018



Juan Cabrera Zeas
CI: 0104287552



Edisson Pugo Méndez
CI: 0106625445

CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA LA DETECCIÓN DE MALAS POSTURAS SOBRE LA COLUMNA VERTEBRAL AL SENTARSE”**, realizado por Juan Diego Cabrera Zeas y Edison Xavier Pugo Méndez, obteniendo el **Proyecto Técnico**, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, agosto de 2018



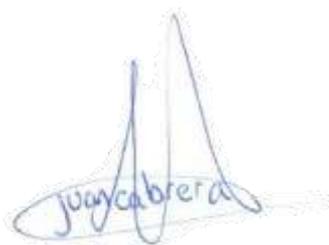
Ing. Msc. Luis Javier Serpa Andrade

CI: 0103779096

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Juan Diego Cabrera Zeas con número de cédula CI. 0104287552 y Edison Xavier Pugo Méndez con número de cédula CI. 0106625445, autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA LA DETECCIÓN DE MALAS POSTURAS SOBRE LA COLUMNA VERTEBRAL AL SENTARSE”**, certificamos que el total contenido del **Proyecto Técnico**, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría

Cuenca, agosto de 2018



Juan Cabrera Zeas
CI: 0104287552



Edisson Pugo Méndez
CI: 0106625445

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme brindado salud, sabiduría y fortaleza para poder lograr este gran pasó en mi vida, a mis padres Vicente y Zoila que de una manera incondicional me han apoyado en cada momento de mi vida y dado ánimos y valor para siempre seguir adelante sin darme por vencido. A mis hermanos que son un pilar fundamental en mi vida y un apoyo incondicional. A mis abuelitos que siempre estuvieron con un apoyo y palabras de aliento para no darme por vencido. A toda mi familia que de una u otra manera me apoyaron en este camino.

A mis profesores que estuvieron en todo este proceso especialmente a mi tutor Ing. Luis Serpa gracias por la paciencia y los conocimientos compartidos, a todos mis amigos y compañeros universitarios, que me acompañaron en el proceso.

Juan Diego Cabrera Zeas

A Dios, por darme la sabiduría y fortaleza para lograr esta etapa en mi vida.

A mis padres Ricardo y Elena, por darme la vida, así como darme su apoyo incondicional en el trayecto de mis estudios para nunca darme por vencido.

A mi hermano Vinicio, por ser el ejemplo a seguir siempre, por tus buenos consejos y nunca dejar de creer en mí, apoyarme, animarme e inspirar siempre a ser una mejor persona.

Un completo agradecimiento a nuestro Director Ing. Luis Serpa, quien con su apoyo, paciencia y consejos pudimos desarrollar nuestro tema de tesis.

A mis amigos y demás familiares que me acompañaron en esta aventura que significó un paso más en mi vida y que, de forma incondicional, entendieron nuestras ausencias y malos momentos durante todo el proceso de desarrollo de tesis.

Edisson Xavier Pugo Méndez

DEDICATORIAS

Primero a Dios, gracias por permitirme llegar a dar este paso tan grande. A mis padres y hermanos, Vicente, Zoila, Christian, Mateo, por el apoyo incondicional en buenos y malos momentos de este camino, quienes nunca dejaron de creer y depositaron su confianza en mí.

A mis abuelitos Zoila (+), Alfonso; Carmen y Jorge (+) que siempre me apoyaron y me enseñaron los valores de la vida, y estuvieron presentes en todo el proceso universitario con sus palabras de aliento y apoyo.

A mis tíos, tías, y demás familiares que de una u otra manera forman parte de este logro. A todas las personas, amigos que estuvieron presentes en el gran camino universitario.

Juan Diego Cabrera Zeas

Gracias Dios, por otorgarme salud y vida para llegar a este punto tan importante, quiero dedicar enteramente a las dos personas más importantes las que me otorgaron la vida y brindaron su apoyo incondicional, quienes siempre han estado conmigo en los buenos y malos momentos, a ellos que jamás dejaron de creer y depositaron su confianza absoluta en mí para hacer de este sueño una realidad. A mis amados padres María Elena Méndez Jimbo y José Ricardo Pugo Jimbo de todo corazón esto es para ustedes.

A mi hermano Vinicio por estar siempre a mi lado, y a toda mi familia que de mil maneras ha formado parte de todo esto.

A mis amigos, con quienes pasamos esta aventura universitaria haciendo de la misma una experiencia inolvidable y generando esta amistad que perdurara a través de los años.

Edisson Xavier Pugo Méndez

Agradecimientos.....	V
Dedicatorias.....	VI
Índice de Figuras	IX
Índice de Tablas	XI
Resumen	XII
Introducción	XIII
Antecedentes del Problema de Estudio	XIV
Justificación.....	XV
Objetivos	XVI
1.1 Objetivo General	XVI
1.2 Objetivos Específico	XVI
CAPÍTULO 1: Estudio de la Anatomía de la espalda	1
1.1 columna vertebral	1
1.1.1 La vertebra.....	3
1.2.1 Región Cervical.....	4
1.3.1 Región dorsal o torácica	6
1.4.1 Región Lumbar.....	7
1.5.1 Región Sacra y región coxígea (Coxis).....	9
1.2 Discos intervertebrales	9
1.3 Ligamentos	10
1.4 músculos.....	12
CAPÍTULO 2: Estudio de las patologías de la espalda por la mala postura	18
2.1 Factores físicos.....	18
2.2 Factores psicosociales	19
2.3 Factores médicos.....	19
2.4 Las patologías de la espalda por mala postura en el ámbito laboral son:	
.....	20
2.1.4 Lumbalgia.....	20
2.2.4 Hernias discales	21
2.3.4 Dorsalgia	21
2.4.4 Cervicalgia	22
2.5.4 Lordosis	22

2.6.4 Cifosis.....	23
2.7.4 Cifolordosis	23
2.5 Recomendaciones para evitar problemas en la espalda y prevenir patologías graves en el ámbito laboral.....	23
2.1.5 Actividad física	23
2.2.5 Actitud mental positiva	24
2.3.5 Buenas costumbres en la salud general	24
2.4.5 Higiene postural y ergonomía	24
2.5.5 Higiene postural al estar sentado/ sedestación	25
2.6 Pausas Activas – Gimnasia laboral	27
2.1.6 Objetivos	28
2.2.6 Beneficios.....	29
2.3.6 Pedagogía	29
CAPÍTULO 3: Diseño E Implementación Del Sistema	31
3.1 Diseño y desarrollo de la superficie sensorial.....	32
3.1.1 Principio de funcionamiento del sensor resistivo flexible	32
3.2 Diseño y implementación de los prototipos del sistema	52
3.1.2 Prototipo versión 1.0	52
3.2.2 Prototipo versión 2.0	56
3.3.2 Prototipo versión 3.0	62
3.3 Diseño y desarrollo de la aplicación móvil ANDROID.....	67
CAPÍTULO 4: Análisis De Resultados	70
4.1 Enfoque técnico.....	70
4.1.1 Medición Corriente y tensión.....	70
4.2.1 Análisis de costos de operación	71
4.3.1 Resultados de pruebas	75
Conclusiones y Recomendaciones	80
Referencias Bibliográficas	83
Anexos.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 <i>Columna Vertebral</i>	2
Figura 1.2 <i>Anatomía Vertebral</i>	4
Figura 1.3 <i>Visión postero superior de Axis (C2)</i>	5
Figura 1.4 <i>Atlas (C1) Visión superior</i>	5
Figura 1.5 <i>Atlas y Axis Articulados</i>	5
Figura 1.6 <i>Región Cervical visión anterior</i>	6
Figura 1.7 <i>Vertebra torácica visión superior</i>	7
Figura 1.8 <i>Vértebras torácicas T7, T8 y T9</i>	7
Figura 1.9 <i>Vértebra lumbar visión superior</i>	8
Figura 1.10 <i>Vértebras Lumbares</i>	8
Figura 1.11 <i>Región del sacro y el coxígea</i>	9
Figura 1.12 <i>Vista lateral y seccional de articulaciones intervertebrales</i>	10
Figura 1.13 <i>Ligamento longitudinal posterior</i>	11
Figura 1.14 <i>Articulaciones intervertebrales (ligamentos)</i>	12
Figura 1.15 <i>Músculos de la espalda</i>	13
Figura 1.16 <i>Músculos del dorsal ancho</i>	14
Figura 1.17 <i>Músculos intrínsecos de la espalda</i>	16
Figura 1.18 <i>Músculos intrínsecos de la espalda</i>	17
Figura 3.1 <i>Arquitectura del sistema para medir la posición de la espalda</i> ...	32
Figura 3.2 <i>Sensor Flex de 2.2 pulgadas</i>	33
Figura 3.3 <i>Sensor Flex de 4.5 pulgadas</i>	34
Figura 3.4 <i>Método de medición del sensor</i>	34
Figura 3.5 <i>Curva Resistiva Flexión del Sensor 4.5 pulgadas</i>	35
Figura 3.6 <i>Curva Angulo-Resistiva Flexión del Sensor 2.2 pulgadas</i>	35
Figura 3.7 <i>Curva Angulo-Voltaje Flexión del Sensor 4.5 pulgadas</i>	36
Figura 3.8 <i>Curva Voltaje Flexión del Sensor 2.2 pulgadas</i>	36
Figura 3.9 <i>Curva Voltaje con resolución de 12 bits del ESP32 del Sensor 4.2 pulgadas</i>	37
Figura 3.10 <i>Curva Voltaje con resolución de 12 bits del ESP32 del Sensor 2.2 pulgadas</i>	37
Figura 3.11 <i>Resultado de regresión lineal para el Sensor de 4.5 pulgadas</i> ...	39
Figura 3.12 <i>Resultado de la regresión lineal para el Sensor de 2.2 pulgadas</i>	43

Figura 3.13 <i>Resultado de la regresión polinomial para el Sensor de 4.5 pulgadas</i>	47
Figura 3.14 <i>Resultado de la regresión polinomial para el Sensor de 2.2”</i>	50
Figura 3.15 <i>Distribución de los sensores para la versión 1.0</i>	52
Figura 3.16 <i>Esquema para el circuito electrónico del prototipo versión 1.0</i>	53
Figura 3.17 <i>Diagrama de flujo del programa implementado en la placa</i>	54
Figura 3.18 <i>Diagrama de flujo del programa implementado en la Aplicación</i>	55
Figura 3.19 <i>Versión 1.0 de los sensores flex</i>	55
Figura 3.20 <i>Distribución de los sensores para la versión 2.0</i>	56
Figura 3.21 <i>Esquema del circuito electrónico del prototipo versión 2.0</i>	57
Figura 3.22 <i>Placa Lolin32 de WEMOS Electronics [60]</i>	57
Figura 3.23 <i>Display oled de 0.96”</i>	58
Figura 3.24 <i>Diagrama de flujo del programa implementado en LOLIN 32</i>	60
Figura 3.25 <i>Diagrama de flujo del programa implementado en la Aplicación</i>	61
Figura 3.26 <i>Versión 2.0 de la prenda para los sensores flex</i>	61
Figura 3.27 <i>Arquitectura de la obtención y procesamiento de datos</i>	62
Figura 3.28 <i>Arquitectura del procesamiento en la aplicación y envío de datos a la base</i>	63
Figura 3.29 <i>Distribución de los sensores para la versión 3.0</i>	64
Figura 3.30 <i>Esquema del circuito electrónico del prototipo versión 3.0</i>	64
Figura 3.31 <i>Diagrama de flujo del programa implementado en WIFIKIT 3265</i>	65
Figura 3.32 <i>Diagrama de flujo del programa implementado en la Aplicación</i>	66
Figura 3.33 <i>Versión 3.0 de los sensores flex colocados</i>	66
Figura 3.34 <i>Arquitectura de la Aplicación</i>	67
Figura 3.35 <i>Diagrama de flujo implementado en la aplicación</i>	68
Figura 3.36 <i>Menús de la aplicación</i>	69
Figura 4.1 <i>Valores en porcentajes de la prueba estática de la versión 2</i>	76
Figura 4.2 <i>Valores en porcentajes de la prueba estática de la versión 3</i>	76
Figura 4.3 <i>Valores en porcentajes de la prueba sin alertas con la versión 3</i>	77
Figura 4.4 <i>Valores en porcentajes de la prueba con alertas con la versión 3</i>	78
Figura 4.5 <i>Valores en porcentajes de la prueba sin alertas con la versión 2</i>	78
Figura 4.6 <i>Valores en porcentajes de la prueba con alertas con la versión 2</i>	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 <i>Lesiones provocadas por malas posturas en el lugar de trabajo ..</i>	24
Tabla 3.1 <i>Características de los sensores de flexibilidad</i>	32
Tabla 3.2 <i>Promedio de los valores del sensor 4.5" medidos en el ESP32</i>	38
Tabla 3.3 <i>Calculo del error promedio del sensor de 4.5 pulgadas.....</i>	40
Tabla 3.4 <i>Promedio de los valores del sensor 2.2 pulgadas medidos en el ESP32</i>	41
Tabla 3.5 <i>Calculo del error promedio del sensor de 2.2 pulgadas.....</i>	43
Tabla 3.6 <i>Promedio de los valores del sensor 4.5" regresión polinomial.....</i>	45
Tabla 3.7 <i>Calculo del error promedio del sensor de 2.2 pulgadas.....</i>	47
Tabla 3.8 <i>Promedio de los valores del sensor 2.2 pulgadas medidos en el ESP32</i>	48
Tabla 3.9 <i>Calculo del error promedio del sensor de 2.2 pulgadas.....</i>	51
Tabla 3.10 <i>Especificaciones técnicas de LOLIN32.....</i>	58
Tabla 3.11 <i>Especificaciones técnicas de Display de 0.96"</i>	59
Tabla 3.12 <i>Especificaciones técnicas de Batería Li-Po"</i>	59
Tabla 4.1 <i>Mediciones de la corriente de los dispositivos</i>	70
Tabla 4.2 <i>Costo de materiales para la construcción de la versión 2.....</i>	71
Tabla 4.3 <i>Desglose de costo por mano de obra de la versión 2</i>	72
Tabla 4.4 <i>Remuneración por concepto de software y hardware de la versión 272</i>	
Tabla 4.5 <i>Alquiler de Servidor para base de datos según los usuarios de la versión 2.....</i>	72
Tabla 4.6 <i>Coste final del prototipo en su versión 2</i>	73
Tabla 4.7 <i>Costo de materiales para la construcción de la versión 3.....</i>	73
Tabla 4.8 <i>Desglose de costo por mano de obra de la versión 3</i>	73
Tabla 4.9 <i>Remuneración por concepto de software y hardware de la versión 374</i>	
Tabla 4.10 <i>Alquiler de Servidor para base de datos según los usuarios de la versión 3 Fuente: Los Autores</i>	74
Tabla 4.11 <i>Coste final del prototipo en su versión 3</i>	74

RESUMEN

En este documento consta el proceso para el diseño y la construcción, de un sistema embebido, capaz de monitorear, así también de alertar la posición de la espalda, esta creado para mejorar la salud laboral de usuarios que permanecen tiempos prolongados en posiciones sedentarias en nuestro caso enfocado a las que permanecen sentados desempeñando sus labores en el área administrativa, para así poder evitar problemas en la espalda a mediano o largo plazo. El sistema elaborado consta de dos versiones, las cuales constan de una superficie sensorial resistiva flexible que se amolda a la forma de la columna vertebral para poder medir la posición en que se encuentra, esto mediante una prenda tipo chaleco que es de fácil uso para mejorar la comodidad del usuario, el sistema se conecta mediante bluetooth BLE con un dispositivo móvil para monitorear la posición del usuario y poder alertar si se encuentra en una incorrecta posición que puede afectar a su salud, además de esto los datos sensado se irán guardando en una base de datos online, creando un historial de compartimento postural de cada uno de los usuarios, también sugerirá rutinas de ejercicios como son las pausas activas para mejorar el rendimiento de los trabajadores que reduce fatigas laborables, mejora la movilidad articular, previene y disminuye el estrés, disminuye el riesgo de enfermedades ocupacionales y mejora el desempeño laboral.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la higiene postural es procurar evitar malas posturas, las que pueden influenciar en la aparición de lesiones musculoesqueléticas, en el siguiente trabajo, se presenta un análisis de los problemas que puede conllevar las malas posturas, y especialmente en el ámbito laboral, a personas que realizan trabajos en la posición sentada ya sea en el área administrativa o cualquier otra actividad donde se adopte esta posición, las cuales permanecen tiempos relativamente largos en dicha posición, nuestro trabajo está orientado a corregir malas posiciones y para mejorar sus hábitos posturales.

El presente documento se desarrollará en 4 capítulos. En el primer y segundo capítulo abordamos la constitución fisiológica y anatómica de la espalda para tener un mejor concepto del funcionamiento de la misma, así también los problemas o enfermedades que causa las malas posiciones al permanecer sentado. En el tercer capítulo se detalla el diseño y el proceso de la implementación del sistema, a nivel de software y hardware, para poder monitorear la posición de la espalda, se elaboró una superficie sensorial resistiva flexible que se amolda a la forma de la columna vertebral, las mediciones de la posición de la espalda, son transmitidos por bluetooth hacia la aplicación en un dispositivo móvil, en el cual se presentará alertas cuando la posición de la espalda sea incorrecta dichos datos se guardan en una base de datos online generando un historial postural del usuario, esta aplicación también sugiere rutinas de ejercicios que ayuden para que dichas malas posiciones no causen lesiones, las cuales se las conoce como pausas activas o gimnasia laboral. El cuarto capítulo se muestra y analiza los resultados obtenidos del proyecto. Para terminar el trabajo se realiza respectivas conclusiones y recomendaciones adquiridas en el proyecto.

La propuesta se ha desarrollado en base a una buena higiene postural, que deben adoptar las personas que permanecen por tiempos prolongados en actividades sedentarias, para así mejorar su hábito y generar una correcta higiene postural mientras realiza sus actividades laborales diarias, con la ayuda de la ingeniería y de la tecnología que está inmerso en nuestro proyecto.

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

Los dolores de la espalda ocasionados por malas posturas es un problema que puede afectar al 80% de las personas tanto en una población general o población laboral en algún momento de la vida, Es decir que de cada 10 personas 9 tendrán problemas de la espalda en algún momento. Aunque los problemas en algunos casos se solucionan y no se vuelva a presentar, en una baja proporción pueden llegar a ser crónicas. En el ámbito laboral los dolores de espalda es una patología causante de ausentismo en el trabajo, en algunos casos solo con ausencia y en otros llegando a la discapacidad [1].

Cuando las personas permanecen o realizan sus labores diarias sentadas durante un tiempo prolongado tienden a generar malas posturas a nivel de la espalda, estas malas posturas en algunos casos se vuelven malos hábitos, generan malestar y conllevan a desarrollar enfermedades de la columna vertebral, además que se realice movimientos y fuerzas inadecuados, estos factores pueden ayudar a la aparición de una fatiga musculo esquelética [2]–[4].

Las enfermedades más frecuentes que se relacionan con la salud laboral, son generadas al adoptar posiciones ergonómicas por tiempos relativamente largos, por esfuerzos erróneos al levantar peso, realizar actividades repetitivas [2].

De acuerdo con lo expresado por García Cardona [7], “cerca del 80% de las personas han experimentado dolores musculares en algún momento de su vida, convirtiéndose éstas en patologías comunes en la población en edad productiva” [2].

En la actualidad, los índices de alteraciones posturales de niños y jóvenes hasta los 15 años han incrementado debido a que el sistema de salud no disponga de un programa que permita detectar y prevenir esta situación, lo cual debe ser de vital importancia ya que en esta edad el cuerpo adopta hábitos en el desarrollo de su postura [5].

JUSTIFICACIÓN

Según los datos de la Organización Mundial de la Salud, un 80% de las personas padecen problemas de la espalda y cuello, estos problemas son los más frecuentes para la ausencia en el ámbito laboral, y la segunda razón de visita al médico [6].

En la mayoría de patologías donde se presenta dolor de la espalda, las causas no son atribuidas a causas graves sino más bien a otras lesiones como: sobrecarga de ligamentos, procesos inflamatorios atribuidos a factores ligados a la actividad laboral. A nivel mundial en un 37% de casos de dolores de espalda específicamente en la región lumbar son causadas en el ámbito laboral [1].

Ante esta realidad, se propone el desarrollo de un sistema capaz de medir, cuantificar y alertar la posición en que se encuentra la espalda de las personas que se desempeñan en ámbitos administrativos o personas que permanecen tiempos prolongados en posiciones sedentarias, en este caso para personas que se mantengan o se desempeñen actividades, ya sea laborales o de cualquier otra índole de manera sentada por tiempos relativamente largos, para corregir malas posturas a nivel de la espalda y así generar una higiene postural correcta.

OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir un prototipo electrónico adaptable para monitorear y alertar sobre la mala postura que adopta la columna vertebral basado en algoritmos inteligentes.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Diseñar un prototipo electrónico para monitorear la postura de la espalda.
- Construir un prototipo para monitorear la postura de la espalda.
- Desarrollar un algoritmo para dispositivos móviles, que permita monitorear, entregar alertas y consejos para mejorar la postura.
- Desarrollar e implementar un algoritmo inteligente que permita recolectar datos y procesarlos en base de pausas activas.

CAPÍTULO 1: ESTUDIO DE LA ANATOMÍA DE LA ESPALDA

En este capítulo se hace una breve descripción de la espalda. No se pretende realizar un estudio extenso de la constitución de la espalda, más bien una breve introducción a la misma.

La espalda, tiene dos funciones primordiales en el cuerpo humano que son sostenerlo y permitir su movimiento, brindando estabilidad, tanto en reposo como al realizar movimientos. Está constituida desde la base del cuello, hombros y cintura, opuesta al pecho y paralela a la columna vertebral, su anchura se determina por la caja torácica y los hombros. Se constituye de hueso, músculos, ligamentos y otros tejidos comprendidos desde el cuello hasta la pelvis [7]–[9].

Las partes de la espalda son las siguientes:

- Columna vertebral
- Discos intervertebrales
- Músculos
- Ligamentos

1.1 COLUMNA VERTEBRAL

También conocida como espina dorsal o raquis, que es una estructura muy compleja y resistente, que se conoce como el eje del cuerpo humano, tiene forma alargada con curvaturas en algunas zonas, su estructura es elástica con zonas de gran movilidad a su vez, tiene la rigidez necesaria para soportar presiones altas; brinda soporte al resto del esqueleto, está compuesta de vértebras con formaciones irregulares de pequeño tamaño que se encuentran de manera escalonada. La posición de sus vértebras y la manera de articularse brindan la posibilidad de movimientos hacia adelante, hacia atrás, inclinaciones laterales y giros rotacionales. derecha o izquierda, dentro de las vértebras se ubica la medula espinal y la estructura que es responsable de movilizar diferentes zonas del cuerpo, está presente desde la cabeza hasta el coxis, las curvaturas presentes en la columna puede aumentar transitoriamente amortiguando la presión sobre sus vértebras [8]–[10].

La estructura de la columna vertebral consta de 33 a 34 cuerpos vertebrales cilíndricos separados por discos intervertebrales que se mantienen unidos por ligamentos longitudinales anterior y posterior, las vértebras, según la disposición en la columna vertebral, cambian de tamaño, siendo las más pequeñas en la zona cervical que es la que está en la base del cráneo y conforme se va bajando hacia el coxis su tamaño aumenta [11]–[13].

La columna vertebral está conformada por cinco grupos de vertebras, la primera va desde la parte superior denominada región cervical, región dorsal o torácicas, región lumbar, región sacra y la región coxígea(coxis), como se muestra en la figura 1.1 [11], [14], [15] [16]–[18].

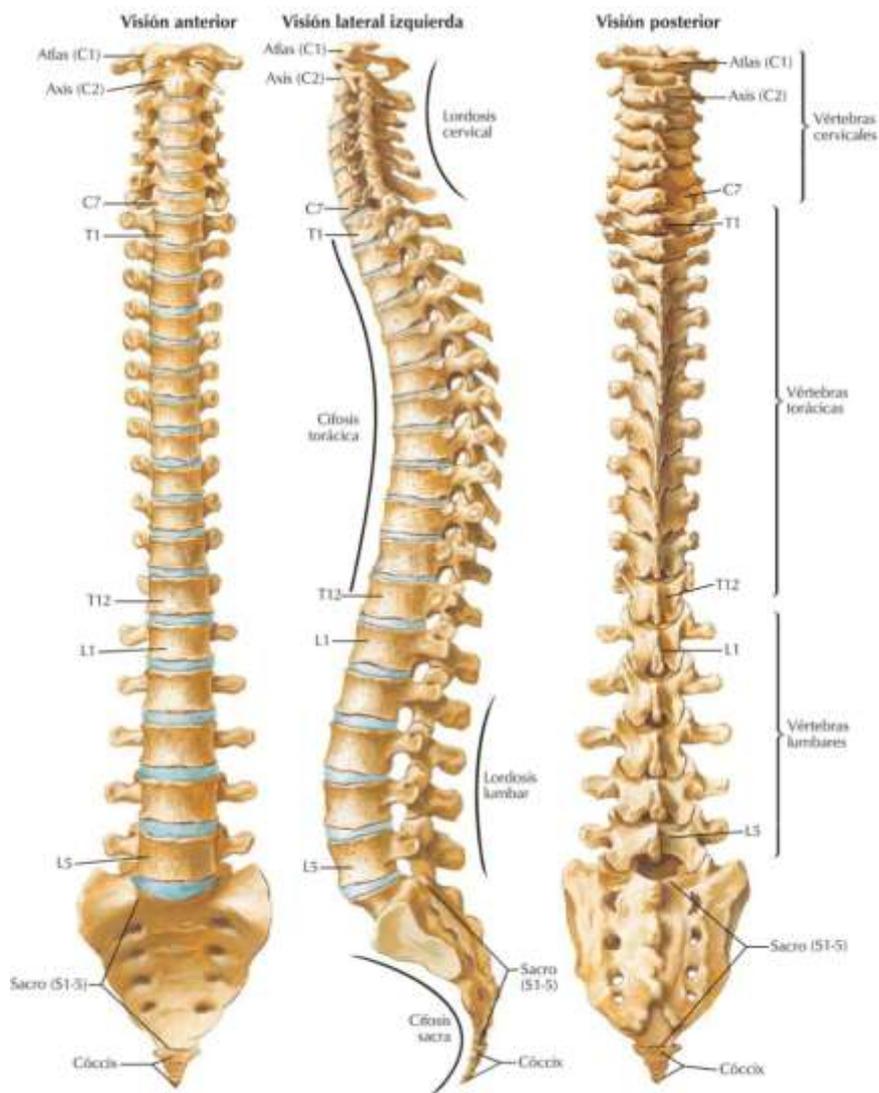


Figura 1.1 *Columna Vertebral*
Fuente: Atlas de Anatomía humana [18]

1.1.1 LA VERTEBRA

Son aquellos huesos constitutivos de la columna, las vértebras actúan como una columna, por lo que su resistencia puede soportar un peso de hasta 9000 Kg, en conjunto, la columna vertebral y los músculos aproximadamente soportan la mitad del peso del cuerpo cada uno. Cada vertebra se enlaza con la vértebra inferior por la parte delantera mediante los discos intervertebrales y por la parte trasera por la articulación facetaria. [10], [15], [17].

1.1.1.1 Partes que conforman la Vertebra

- Cuerpo vertebral
- Agujero vertebral
- Pedículos
- Láminas vertebrales
- Apófisis articulares
- Apófisis transversas
- Apófisis espinosa
- Canal medular

El cuerpo vertebral es la parte más gruesa y tiene forma de cilindro con su cara posterior plana, el arco posterior es una especie de herradura en el cual se sueldan las dos las apófisis articulares que a su vez se divide en dos porciones; la anterior que va del cuerpo vertebral a la carilla de las apófisis articulares formando el pedículo y la parte posterior que se denomina lámina. Y en la parte de atrás, la unión de las dos laminas, se genera la apófisis espinosa consecuentemente, al costado de las carillas articulares, se forman las apófisis transversas [8], [16], [19].

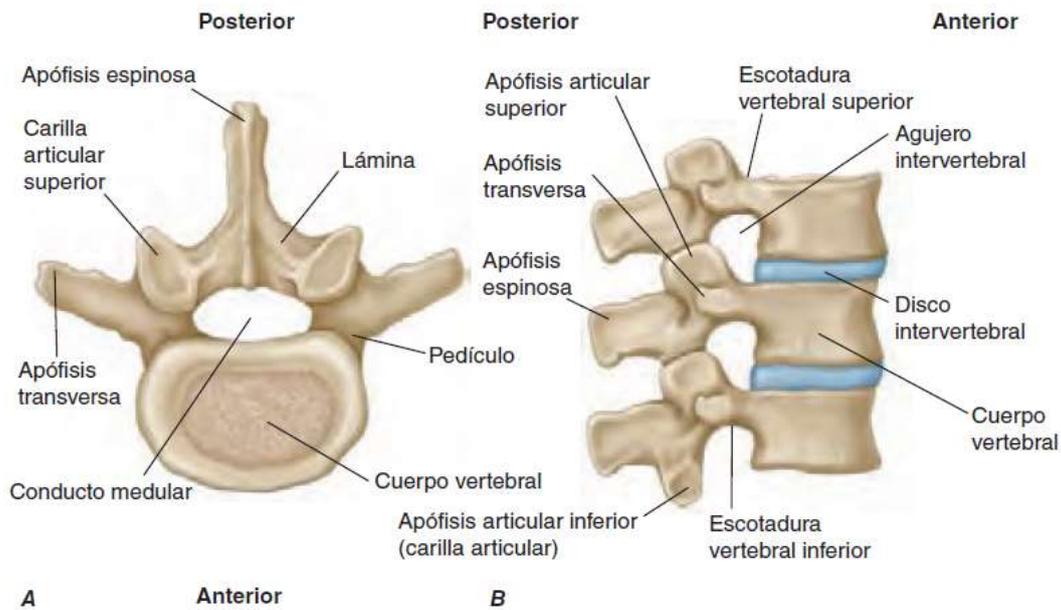


Figura 1.2 Anatomía Vertebral
Fuente: McGraw-Hill [16]

1.2.1 REGIÓN CERVICAL

Está compuesta por vértebras cervicales que son pequeñas y delicadas con apófisis espinosas bífidas y cortas, el primer segmento cervical, denominado raquis cervical superior, está conformado por una vértebra, que es un anillo óseo que no tiene cuerpo cervical ni apófisis llamado atlas, esta es la primera vértebra que articula con el cráneo a través del foramen magnum, uniéndose al segundo cuerpo vertebral axis, el cual actúa como un poste, alrededor de esta rota el primer anillo vertebral. Estas dos vértebras son las que posibilitan el movimiento y el giro de la cabeza con respecto al resto del cuerpo y, además soporta el cráneo como se detalla en la figura 1.3 del axis y en la figura 1.4 del atlas. El segundo segmento se denomina raquis cervical inferior, está conformada desde la vértebra C3 a C7. En la región cervical los segmentos de cada cuerpo vertebral constan de orificios para el paso de la arteria vertebral, que pasa por el agujero transverso, como se muestra en la figura 1.5 se encuentra el atlas y el axis articulados [13], [14], [20].

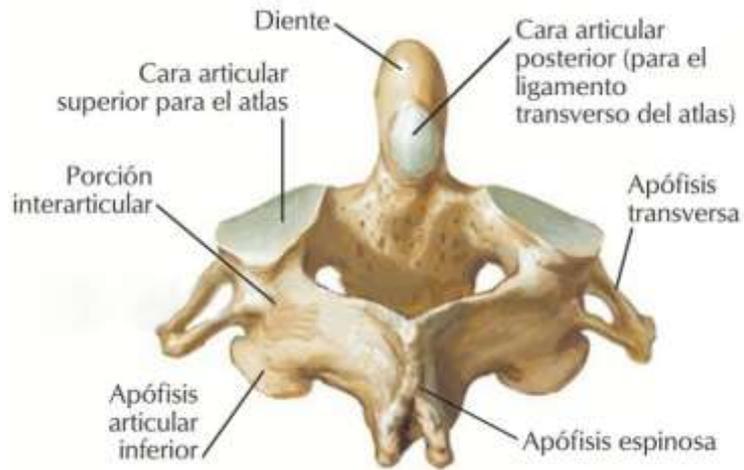


Figura 1.3 *Visión postero superior de Axis (C2)*
Fuente: Atlas de Anatomía Humana [18]

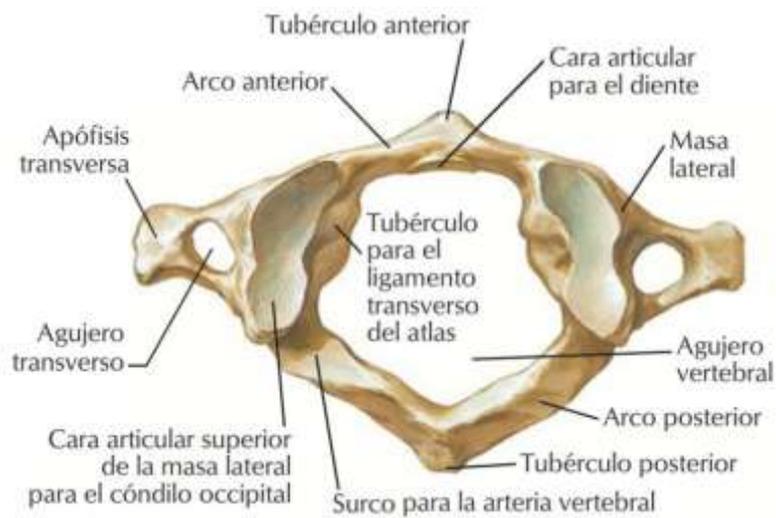


Figura 1.4 *Atlas (C1) Visión superior*
Fuente: Atlas de Anatomía Humana [18]

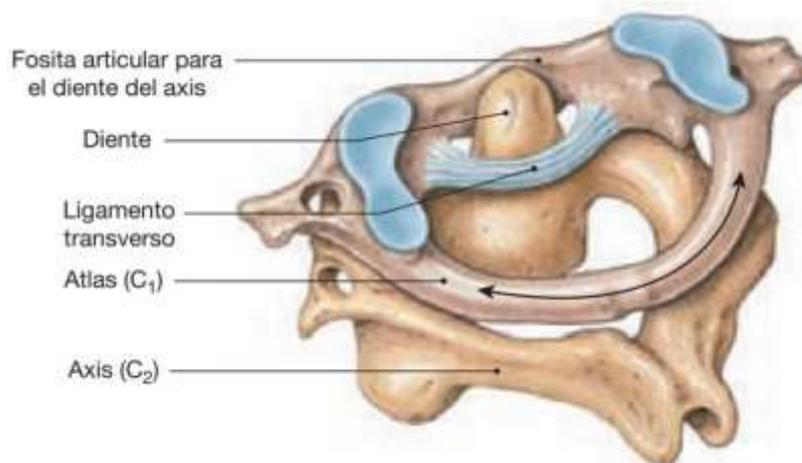


Figura 1.5 *Atlas y Axis Articulados*
Fuente: Atlas de Anatomía Humana [20]

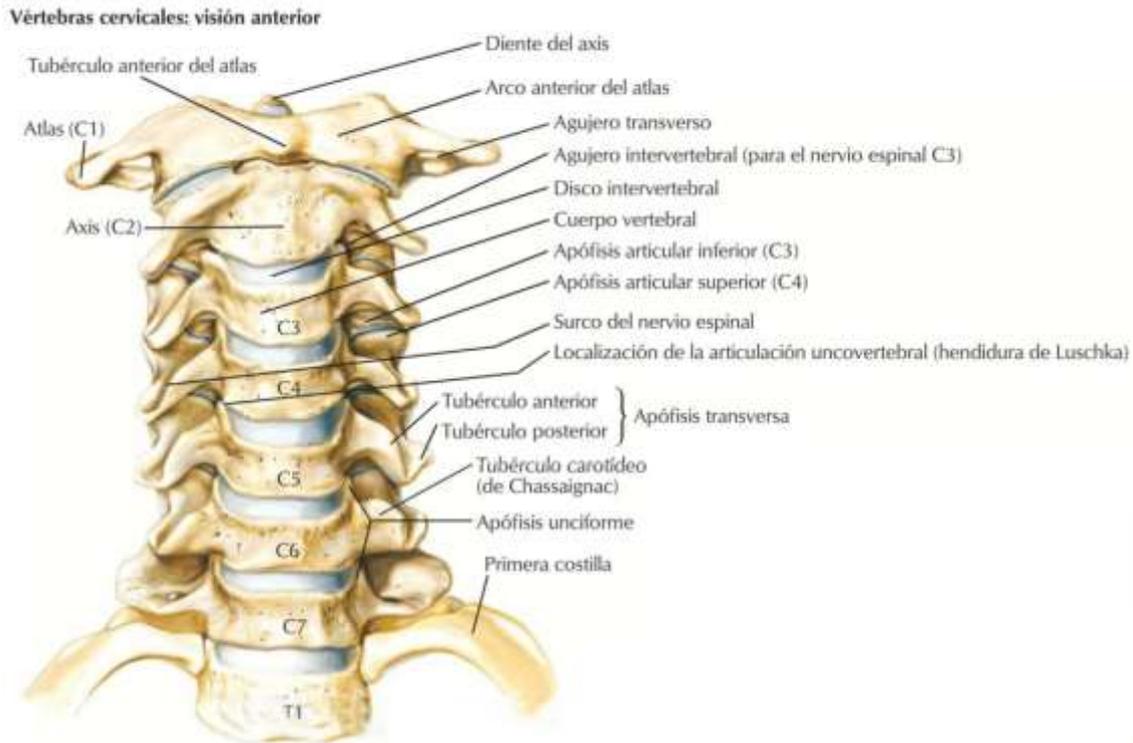


Figura 1.6 *Región Cervical visión anterior*
Fuente: Atlas de Anatomía Humana [18]

1.3.1 REGIÓN DORSAL O TORÁCICA

Esta región está comprendida por 12 cuerpos vertebrales, tienen la característica de ser más gruesas y tener menos movilidad que las vértebras cervicales, se encarga del soporte y sostén de las costillas, además protegen a los órganos vitales del cuerpo humano tales como corazón y pulmones. Esta región brinda estabilidad en las zonas superior e inferior de la espalda [9], [11], [21].

El movimiento de esta región es menor que la región cervical debido a que están unidas al esternón y mediante sus fositas costales se enlazan con las cabezas de las costillas con las cuales se articulan, por lo que tiene carillas articulares. A estas vértebras que forman la región torácica se las conoce desde la T1 hasta la T12 [8], [15], [20].

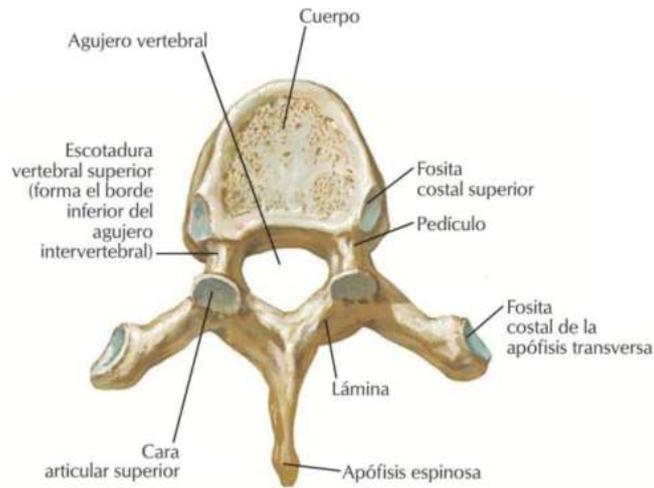


Figura 1.7 *Vertebra torácica visión superior*
Fuente: Atlas de Anatomía Humana [18]

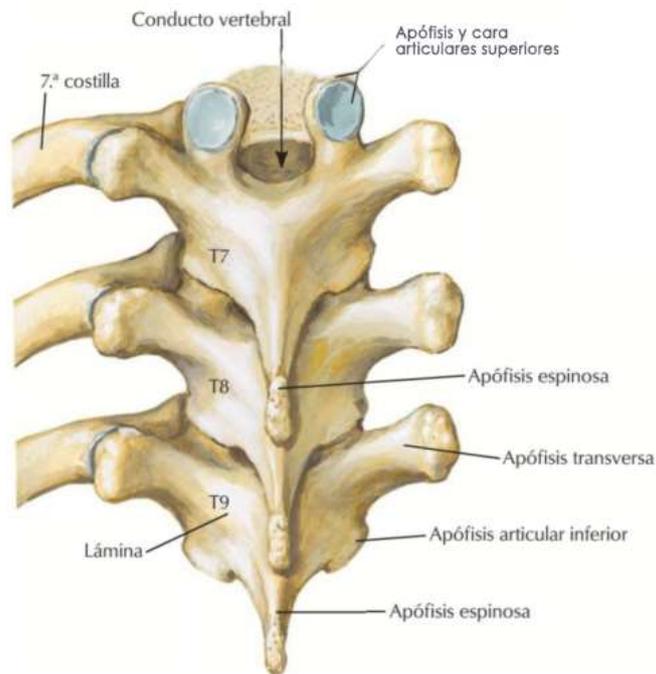


Figura 1.8 *Vértebras torácicas T7, T8 y T9*
Fuente: Atlas de Anatomía Humana [18]

1.4.1 REGIÓN LUMBAR

Esta región está compuesta por 5 vertebras, las cuales son las más robustas de la columna vertebral, puesto que soportan mayor peso que el resto de vertebras, tiene dos funciones principales, una es la transmisión de peso de la cabeza y extremidades superiores hacia las extremidades inferiores, su segunda función es neurológica, que es

la protección de la medula espinal y nervios que viajan hasta las extremidades inferiores [9], [10], [22].

Su agujero vertebral es de forma triangular el cual en conjunto forman el conducto raquídeo, además posee una apófisis espinosa y larga parecida a las costillas. A estas vertebras que forman la región lumbar se las conoce desde la L1 hasta la L5. La articulación facetaria¹ de la región lumbar están alineadas de tal manera que permite la inclinación hacia adelante, atrás y los lados, además controlan la rotación [17], [19], [22].

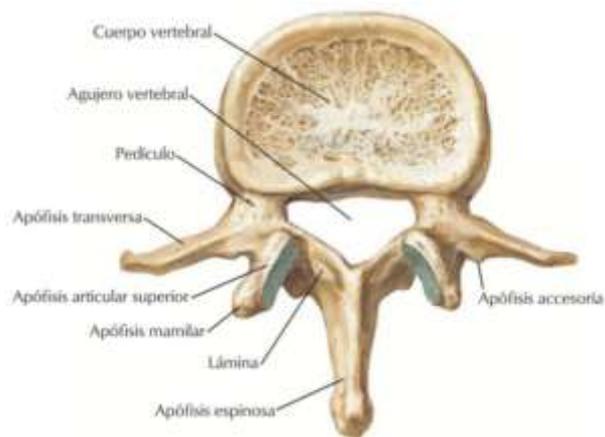


Figura 1.9 *Vértebra lumbar visión superior*
Fuente: Atlas de Anatomía Humana [18]

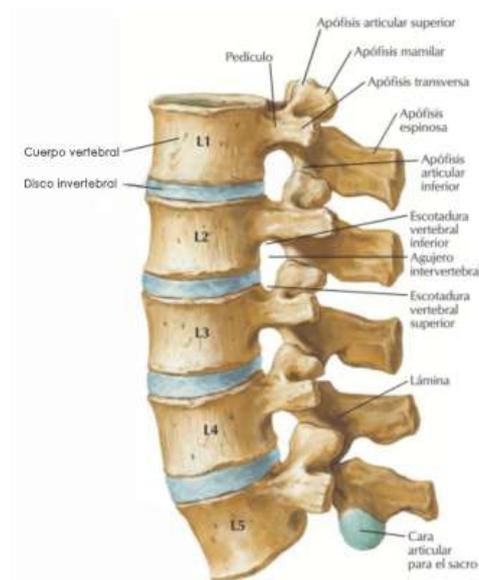


Figura 1.10 *Vértebras Lumbares*
Fuente: Atlas de Anatomía Humana [18]

¹ La articulación Facetaria: Son articulaciones o conexiones entre vértebras.

1.5.1 REGIÓN SACRA Y REGIÓN COXÍGEA (COXIS)

La región sacra se forma por 5 vertebras sacras fusionadas desde la vértebra S1 a la S5, el proceso de fusión comienza desde la pubertad y acaba entre los 25 a 30 años, cuando se completa la fusión quedan marcadas las crestas transversales, que es el límite entre cada vertebra. Es un hueso simétrico oblicuo y corto, realiza la transición del peso del cuerpo hacia la cintura pélvica. Esta estructura protege los órganos genitales, digestivos y excretorios [9], [10], [17].

Las primeras 3 vertebras de la región sacra tienen apófisis transversas que forman las aletas laterales llamadas alas, estas se articulan con las alas de la pelvis [16], [20].

La región coxígea o coxis está formada por un hueso simétrico corto y con forma de triángulo y consta de 3 a 5 vertebras coxígeas (habitualmente 4), se encuentra ubicado entre el sacro y el esfínter del ano, en la su superficie formada es para la inserción de ligamentos [10], [12], [17].

Las láminas de la primera vertebra del coxis se conocen como astas, y forman una curvatura para acoplarse con las láminas del sacro, el coxis apunta en sentido anterior en los hombres, mientras que en las mujeres lo hacen en sentido inferior [10], [20], [23].

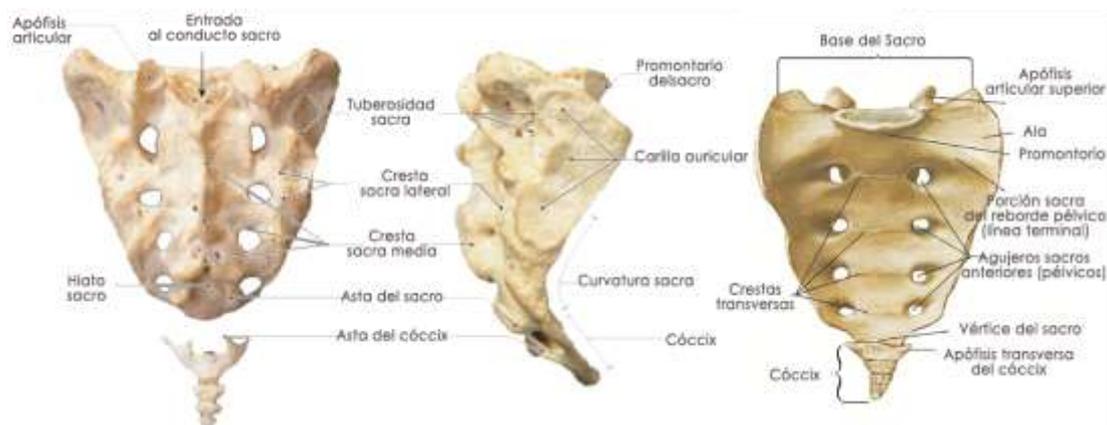


Figura 1.11 *Región del sacro y el coxígea*

Fuente: Atlas de Anatomía Humana [18]

1.2 DISCOS INVERTEBRALES

Es un elemento que unen los cuerpos vertebrales transmitiendo la carga de una vértebra a la siguiente, permiten la estabilidad y la movilidad de la columna vertebral,

amortiguan la presión entre los cuerpos vertebrales de la misma manera en la articulación facetaria, cuenta con un cartílago para la misma función. Consta de dos partes, la parte central, núcleo pulposos de consistencia gelatinosa y un anillo fibroso. El núcleo pulposos es elástico y blando, integrado por 75% de agua, compuesta por fibras elásticas y reticulares en su interior, por lo que provee de resistencia y flexibilidad, actuando haciéndole actuar como un amortiguador al disco. [7], [10], [21].

Los movimientos que se realizan a través de la columna vertebral, generan que el núcleo pulposos se oprima y se desplace en sentido contrario a la acción realizada, generando movimientos en cada vertebra para no perder la alineación entre todas [16], [17], [21].

Ocupan el 25% de la altura en la columna vertebral, sobre la región sacra, con el paso del tiempo la cantidad de agua del núcleo pulposos en cada disco disminuye, generando así que estos pierdan eficacia como amortiguadores y aumenta la posibilidad de una lesión vertebral, así como también genera un acortamiento de la columna vertebral esto explica la pérdida de estatura con la edad [18], [19], [22].

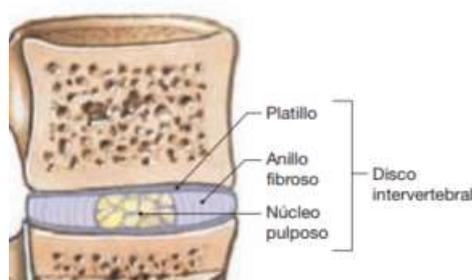


Figura 1.12 *Vista lateral y seccional de articulaciones intervertebrales*
Fuente: Anatomía Humana [17]

1.3 **LIGAMENTOS**

La columna vertebral se encuentra rodeado por numerosos ligamentos que están adheridos a los cuerpos y apófisis vertebrales. Su función es enlazar las vértebras individuales, permiten la estabilización y movilización de la columna vertebral, esto para el correcto funcionamiento del raquis (Columna vertebral).

Consta de ligamentos longitudinales, los cuales aumenta la estabilidad en movimientos de flexo extensión, por lo tanto, cumplen dos funciones que es limitar los movimientos y proteger a los discos intervertebrales. Este se divide en ligamento anterior y posterior. El ligamento longitudinal anterior: se enlaza firmemente a la cara

anterior de cada cuerpo vertebral pero no a los discos. El ligamento longitudinal posterior: se encuentra en paralelo al longitudinal anterior, está firmemente unido al cuerpo vertebral en los bordes superior e inferior, dejando el espacio de los vasos vertebrales, este ligamento se amarra a los discos en la región torácica y lumbar donde se requiere un aspecto de rombo debido a sus expansiones fibrosas laterales que sujetan a los discos intervertebrales como se muestra en la figura 1.13 [5], [7], [9] [15].

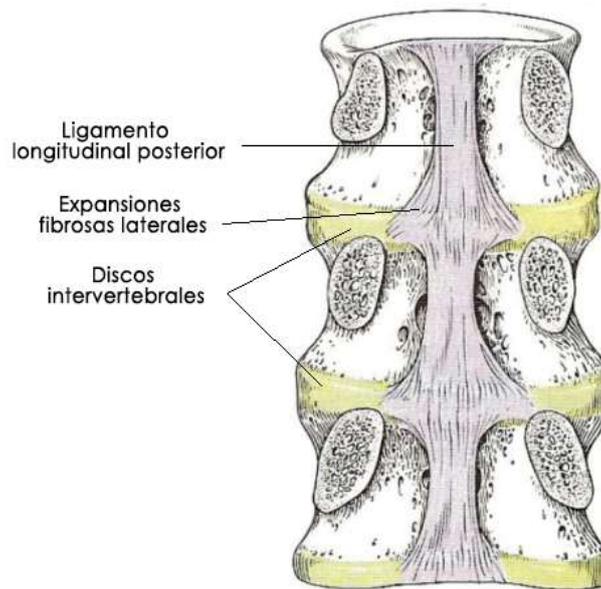


Figura 1.13 *Ligamento longitudinal posterior*

Fuente: Estudio de la morfología del cuerpo vertebral en una L4 humana con modelos de remodelación ósea interna y externa [11]

Ligamento amarillo: se encarga de enlazar las láminas de las vértebras, estos ligamentos se hallan en tensión cuando el cuerpo está en reposo y se hiperextienden durante la flexión de la columna por lo que ayudan a que la columna este en posición erecta. [11], [17], [18]

Ligamentos interespinosos: unen las apófisis espinosas entre sí, son ligamentos cortos.

Ligamento supraespinoso: este ligamento comienza en la vértebra cervical 7 (C7), enlazando las apófisis espinosas hasta el sacro. [7], [18], [21].

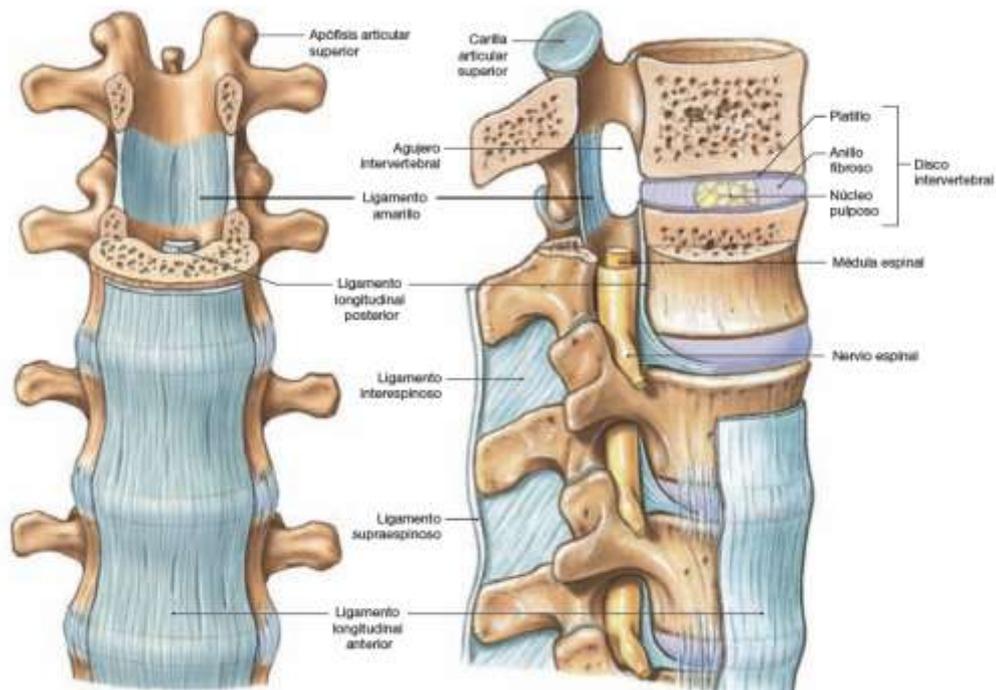


Figura 1.14 *Articulaciones intervertebrales (ligamentos)*
Fuente: Anatomía Humana[17]

1.4 MÚSCULOS

Los músculos son aquellos encargados de determinar una buena postura y estabilización segmentaria, los cuales están por encima de los ligamentos, brindando protección para la médula espinal [9], [16], [17].

Los músculos de la espalda se encuentran ubicados longitudinalmente a lo largo de todo el raquis, algunos de ellos son oblicuos los que permiten que la columna se mantenga derecha, para que el tronco este vertical y disponga de movimiento. Debido a esto los músculos de la espalda son directamente afectados en más de un 90% de los dolores raquídeos. Estos se clasifican en diferentes capas las que son: superficial, intermedia y profunda. Los músculos de las capas superficial e intermedia son conocidos como músculos extrínsecos [10], [17], [19].

Los músculos de la capa superficial se dividen en: trapecio, dorsal ancho, elevador de la escápula(omóplato) y romboides como se indica en la figura 1.15. Los cuales realizan la función de colocar en su posición correcta a la cintura escapular y el miembro superior [10], [17], [22].

El trapecio cubre la espalda y parte del cuello llegando hasta la base del cráneo, su punto de origen es la línea media entre cuello y espalda, luego se insertan en las

clavículas y en las espinas de las escapulas, toman el nombre de trapecios porque en conjunto forman un rombo ancho [17], [19], [22].

Por debajo del trapecio se encuentra los músculos romboides y elevador de escapula(omóplato) los cuales están sujetos en la cara dorsal de las vértebras de la región cervical y la región torácica. Se insertan en el borde vertebral de cada escapula. La contracción del músculo romboide causa retracción (aducción) de la escapula lo que la contrae hacia el centro de la espalda. Los músculos elevadores de escapula (omóplato) hacen a este hueso permitiendo encoger los hombros [9], [17], [22].

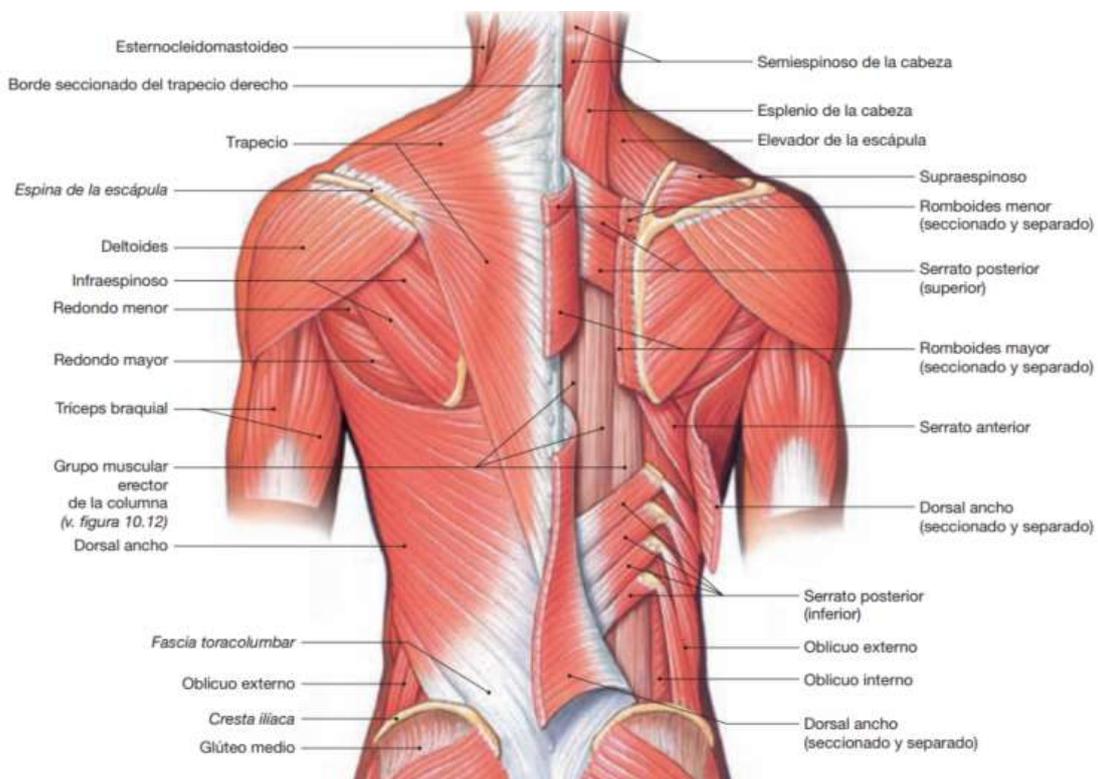


Figura 1.15 *Músculos de la espalda*
Fuente: Anatomía Humana [17]

El musculo dorsal ancho se comprende a partir de la vertebras torácicas y de todas las lumbares, costillas de la 8 a la 12 y fascia toracolumbar, se inserta desde el suelo del surco posterior del humero (surco intertubercular). Su función es la extensión, aducción y rotación medialmente el humero [17], [18], [20].

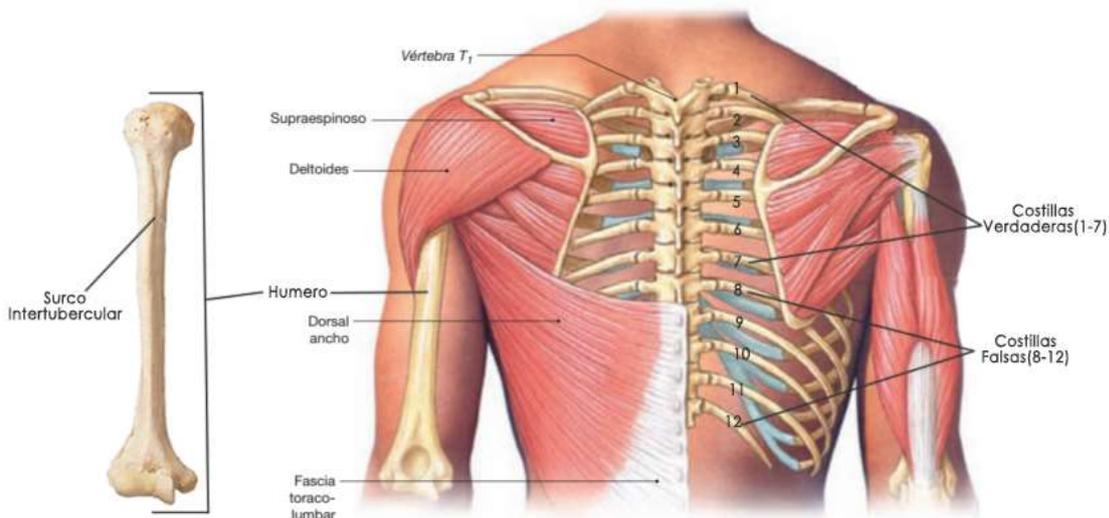


Figura 1.16 *Músculos del dorsal ancho*
Fuente: Anatomía Humana [17]

Los músculos de la capa intermedia constan del músculo serrato posterior (inferior y superior). Su función principal es auxiliar el movimiento de las costillas al momento de la respiración [7], [17], [20].

El músculo serrato posterior superior (ver figura 1.15) empieza en las apófisis espinosas de la vértebra cervical C7 hasta la vertebras torácicas T3, la función que ejerce es de levantar las costillas y dilatación de la cavidad torácica, ayuda a la inspiración o inhalación de aire hacia el interior de los pulmones [17], [20].

El músculo serrato posterior inferior (ver figura 1.15) tiene como origen desde la aponeurosis desde las apófisis espinosas de T10 a la L3. Su función es descender las costillas para ayudar a la espiración o exhalación de aire [17], [20].

En la capa profunda se encuentran los músculos intrínsecos de la espalda que contienen los nervios espinales, todo este grupo de músculos conectan interconectan a las vértebras y las estabilizan. Los músculos intrínsecos se dividen en tres sub grupos superficial, intermedia y profunda [9], [17], [20].

La capa superficial de los músculos intrínsecos. - se encarga de la sujeción de inclinadores y rotadores de la cabeza, se conforman de músculos esplenios de la cabeza y del cuello. [17], [20].

La capa intermedia de los músculos intrínsecos. –son los músculos erectores de la columna o extensores de la columna, cumplen la función de mantener erguida la

espalda. Estos se dividen en músculos espinosos, longísimos (dorsal largo) e iliocostales (ver en la figura 1.17) [9], [17], [20].

Los músculos espinosos son los que están más cercanos a la columna vertebral, se dividen en espinoso cervical y espinoso torácico. El músculo espinoso cervical sirve para la extensión del cuello. El músculo espinoso torácico cumple la función de la extensión de la columna vertebral [15], [17], [18], [20].

Los músculos longísimos están a continuación de los músculos espinosos, estos se dividen en longísimos de la cabeza, del cuello y torácico.

El longísimo de la cabeza comienza en la apófisis transversa de las vértebras cervicales inferiores y torácicas superiores estas se insertan en la apófisis mastoides del hueso temporal [17], [20], [22].

El longísimo del cuello se originan en las apófisis transversas de las vértebras torácicas superiores y se insertan en la apófisis transversa de las vértebras cervicales medias y superiores [20], [22], [23].

Los músculos longísimos de la cabeza y el cuello cumplen con ayudar a la extensión del cuello, rotación y flexión lateral del cuello hacia el mismo lado [17], [22], [23].

El músculo longísimo torácico se originan desde la apófisis transversa de las vértebras torácicas inferiores y lumbares superiores, cumplen con la extensión de la columna vertebral y la flexión [18], [19], [22].

Los músculos iliocostales se dividen en iliocostal cervical, torácico y lumbar.

Iliocostal cervical se originan en el borde superior de las costillas verdaderas y se insertan en la apófisis transversa de las vértebras cervicales medias e inferiores, estas ayudan a la extensión del cuello y elevación de las costillas [20], [22], [23].

El músculo Iliocostal torácico, estos músculos estabilizan las vértebras torácicas cuando se extienden [22]–[24].

El Iliocostal lumbar se originan en la cresta ilíaca, cresta sacra y apófisis espinosa lumbar, se encargan de la extensión de la columna vertebral y descenso de las costillas [19], [22], [24].

La capa profunda de los músculos intrínsecos. – interconectan las vértebras y las estabilizan, son músculos relativamente cortos que forman combinaciones para generar ligeras extensiones o rotaciones de la columna vertebral, se dividen en el grupo

semiespinoso y los músculos multifidos, rotadores, interespinosos e intertransversos (ver figura 1.17) [17], [20], [24].

A su vez, el grupo de músculos semiespinosos se dividen en:

Semiespinoso de la cabeza. – cumple con la función de extensor del cuello al actuar a ambos lados [9], [20], [24].

Semiespinoso del cuello y semiespinoso torácico. - sirven de extensores de la columna vertebral y rotación hacia el lado opuesto.

Los músculos multifidos de igual manera sirven de extensores de la columna y de rotación hacia el lado opuesto [19], [20], [24].

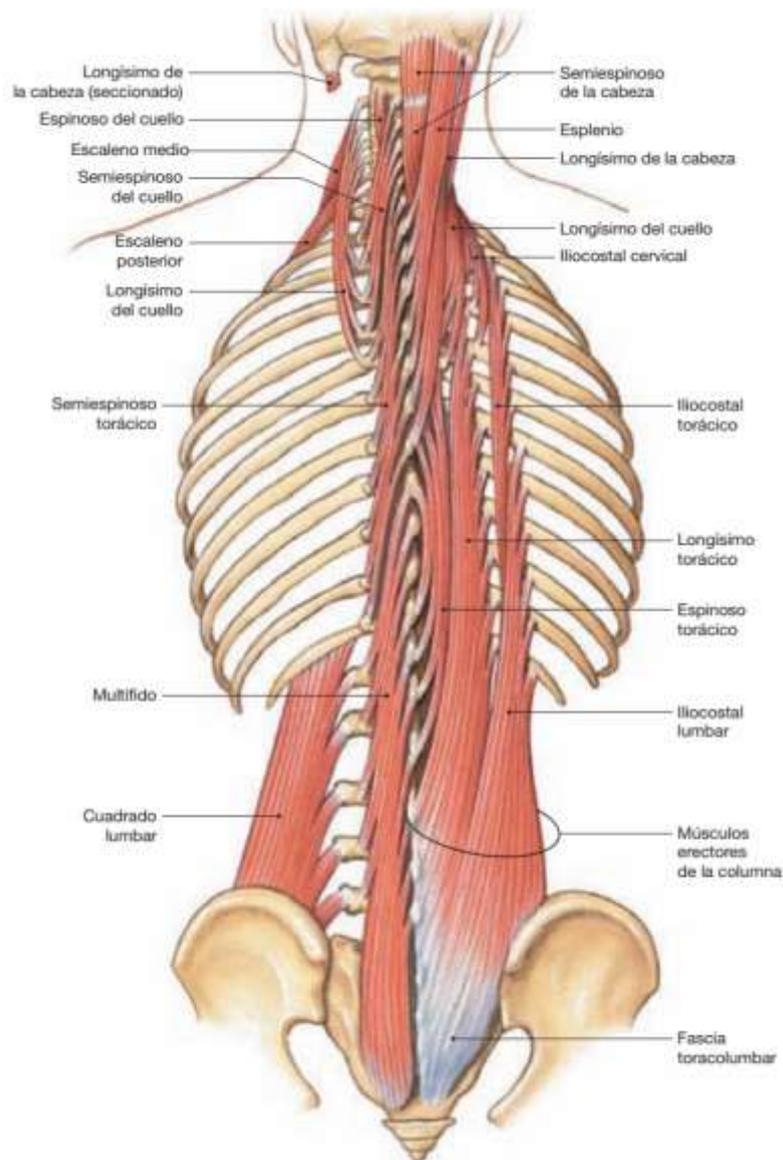


Figura 1.17 *Músculos intrínsecos de la espalda*

Fuente: Anatomía Humana [17]

Los músculos rotadores (cervicales torácicos y lumbares), al ser músculos cortos brindan apoyo en la función de los músculos multifidos, semiespinosos torácicos y semiespinosos del cuello [9], [20], [23].

Los músculos interespinosos sirven para la extensión de la columna vertebral o del tronco [20], [23], [24].

Los músculos intertransversos brindan flexión lateral de la columna vertebral [17], [20], [23].

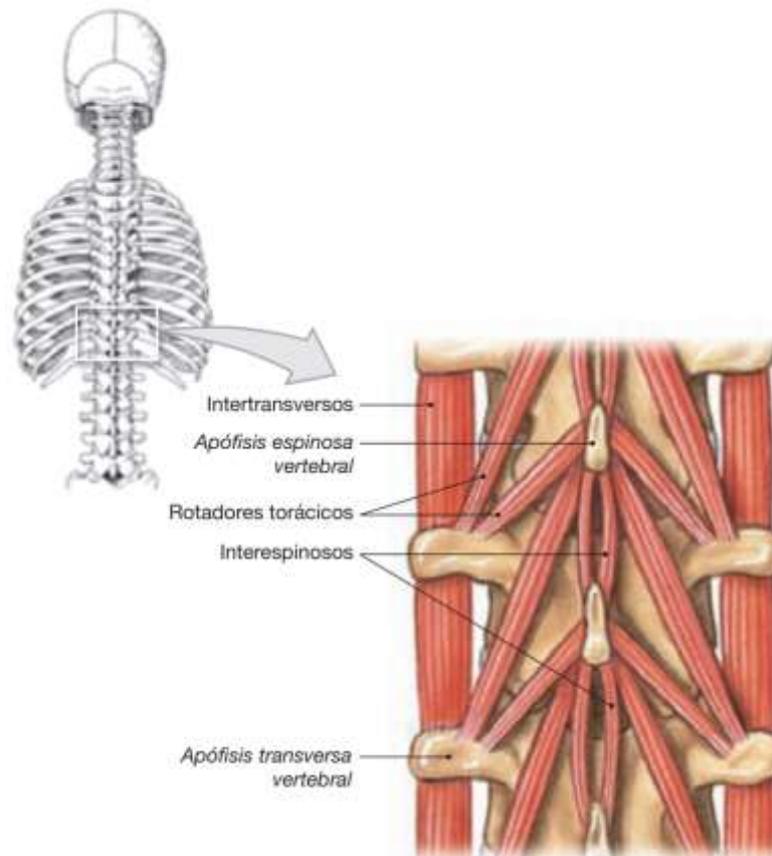


Figura 1.18 *Músculos intrínsecos de la espalda*
Fuente: Anatomía Humana [17]

CAPÍTULO 2: ESTUDIO DE LAS PATOLOGÍAS DE LA ESPALDA POR LA MALA POSTURA

Una mala postura repercute de distintas maneras en la salud y el estado del cuerpo, por lo tanto, es importante mantener un equilibrio postural, una postura correcta es donde existe alineación de todo el cuerpo y presenta eficiencia biomecánica [1], [25], [26].

La academia americana de ortopedia considera la postura como un equilibrio entre los músculos y huesos [1].

Una alteración en la postura, se debe a hábitos no favorables o vicios posturales, el ser humano adapta una postura según la actividad que esté realizando, el tiempo que la desarrolle, la fuerza desarrollada y los movimientos [1], [24], [25].

En el ámbito laboral existen riesgos asociados en los aspectos físicos, psicosociales y médicos por lo que generan ausentismo laboral. Es por eso que entre las posturas de trabajo que más problemas generan se encuentran la manipulación de cargas y trabajar en posición sedentaria. La importancia de la postura está en la magnitud de presión sobre los discos intervertebrales las cuales varían según la postura del raquis. Una buena postura evitará la aparición de dolores de espalda y se podrá disminuir la incidencia de trastornos musculoesqueléticos [1], [26], [27].

El dolor de espalda es ocasionado por una función neurológica, que activa los nervios los cuales transmiten el dolor, y esto desencadena en una contractura muscular y la inflamación. [1], [25], [28].

Como ya se mencionó las causas del dolor de espalda en el ámbito laboral depende de distintos factores físicos (mecánicos), psicosociales y médicos [1], [25], [28].

2.1 FACTORES FÍSICOS.

La adopción de posiciones incorrectas en el momento de realizar las labores diarias, mal manejo de cargas, se refiere a el levantamiento, desplazamiento, sostenimiento o transporte [1], [28], [29].

Realizar movimientos repetitivos de flexión y torsión sin pausa, aumentan el riesgo de contractura muscular [29]–[31].

Debilidad de la musculatura abdominal y espalda. Debido a la falta de movimiento debido a una actividad tecnicada (actividad en posición sedentaria), mobiliario no adecuado [1], [29], [31].

2.2 FACTORES PSICOSOCIALES

El estrés, y estar constantemente con trastornos psicossomáticos, pueden conducir a una contracción muscular permanente, esto ocasiona degeneración y deformación en las zonas cervical y lumbar [27], [31], [32].

Una mala relación laboral puede llegar a ocasionar estrés lo que conllevaría a contracturas musculares.

Asumir erróneamente que un dolor de la espalda se trate de una lesión grave, mantener actitudes negativas ante la aparición de dolores, asumiendo que dicho dolor va a permanecer, esto puede conllevar a tener miedo y evitar el dolor no realizando actividad física [26], [28], [30].

2.3 FACTORES MÉDICOS.

Procesos neurológicos que hacen que el dolor, inflamación y contractura siga presente sin que exista la causa para ello [27], [31], [32].

La región lumbar y región cervical son la de mayor movilidad a nivel del raquis por lo que es en estas zonas donde se localiza una mayor sintomatología dolorosa, debido a que los discos intervertebrales están expuestos a mayor degeneración y tienen mayor desgaste, por otro lado, también se encuentran las raíces nerviosas que sufren compresiones o pinzamientos, esto hace que estas regiones sean susceptibles a la aparición de hernias discales [28], [29].

El dolor de la espalda se presenta de manera repentina, gradual, localizado o disperso, dependiendo de determinados movimientos o posiciones. [28], [29], [31].

El dolor localizado. - se refiere a una zona concreta de la anatomía, el cual en ocasiones se presenta después de una distensión o espasmo muscular [26], [29], [31].

Dolor radicular o irradiado. - este aparece cuando las raíces nerviosas están sometidas a irritación o compresión. Cuando un nervio esta sometida a una compresión

produce dolor, impotencia, sensación de hormigueo y disminución de la sensibilidad [26], [28], [29].

Dolor proyectado o referido. - dolor percibido a distancia de su origen, el cual puede ser ocasionado en una visera (originada en los órganos) o somática (originado en la piel, músculos, articulaciones o huesos) [26], [28], [29].

2.4 LAS PATOLOGÍAS DE LA ESPALDA POR MALA POSTURA EN EL ÁMBITO LABORAL SON:

- Lumbalgia
- Hernias discales
- Dorsalgia
- Cervicalgia
- Hiperlordosis
- Cifosis
- Dolor de cabeza.

2.1.4 LUMBALGIA

Está localizado en la parte lumbar de la espalda, es decir parte baja, entre las costillas y la región sacra. [1], [33], [34].

El dolor común se conoce como lumbalgia aguda inespecífica y su causa más común es en el ámbito laboral. Se comprende entre las edades de 20-55 años. Se localiza en la región lumbosacra, nalgas y muslos, sus características mecánicas varían con la actividad y el tiempo. En la mayoría de los casos la patología no es grave sino más bien se presenta por sobre carga de ligamentos y músculos paravertebrales [29], [34], [35].

Existen otras causas para la lumbalgia como dolores radiculares que causan que requieren valoración quirúrgica, así como el dolor sospechoso de posible patología grave lo que deriva en una enfermedad sistémica, incluyendo enfermedades como tumor o enfermedades inflamatorias [26], [35], [36].

El dolor a nivel lumbar es el problema musculo-esquelético más prevalente en medicina laboral por lo que la prevención es la base primordial para evitar lesiones del raquis [28], [35], [36].

2.2.4 HERNIAS DISCALES

La hernia discal lumbar es causa del síntoma de dolor lumbar irradiado a miembro inferior, que también puede ser originado por infecciones o tumores. Es una lesión que se produce por degeneración (deshidratación) de los discos intervertebrales por envejecimiento fisiológico. Esto deriva en la reducción de la altura en el espacio intervertebral y la estabilidad de la columna vertebral. Aumenta la presión que se ejerce sobre el núcleo pulposo lo cual lleva al desgaste en el anillo fibroso esto produce herniación en el núcleo lo que deriva en una hernia discal [26], [30], [37].

Mecanismo de producción de la lesión discal.

Flexión de la columna vertebral hacia adelante. - cuando el raquis se flexiona hacia adelante se genera una presión (carga) en el disco, esto hace que el núcleo pulposo se comprima [1], [30], [37].

Manejo de carga con peso importante. - al manejar alto peso en una mala postura y con el raquis hacia adelante las vértebras se comprimen una contra otra lo que aumenta la presión dentro del disco [29], [37].

Extensión de la columna con el peso.- al extender la columna vertebral con un peso considerable la presión discal aumenta, lo que deriva que, el núcleo pulposo se estruje hacia la parte de atrás con más fuerza, dependiendo de la presión que se ejerza contra la pared esta se puede llegar a desgarrar lo que se le conoce como fisura discal, si se abomba se lo llama protusión discal, o se llegase a partir lo que se denomina hernia discal [1], [26], [37].

2.3.4 DORSALGIA

Está ubicado en la región torácica o dorsal, se lo relaciona a causas funcionales, siendo muy frecuentes casos degenerativos que se manifiestan como dorsalgia mecánica postural [30], [38], [39].

Dorsalgia funcional. - afectan a personas que permanecen en posición sedentaria (sentado), se presentan con un dolor punzante, quemadura o latido y pueden ser intensas. El origen se puede determinar por factores psicopatológicos (trastornos anímicos) acompañados de una falta de musculatura y una vida sedentaria. El

permanecer sentado con los brazos hacia adelante ocasiona un estiramiento en la zona de los músculos de la estabilización escapular lo que origina este tipo de dorsalgias, además las malas posiciones y esfuerzos prolongados generan espasmos musculares que son las primeras manifestaciones de las dorsalgias funcionales. Estos espasmos pueden expandirse a los costados y del pecho. Además, pueden tener origen en la región cervical inferior C6-C7 dando origen así a dolores a nivel del hombro [26], [39], [40].

El dolor irradiado en la parte dorsal puede ser originario de enfermedades viscerales (órganos abdominales o torácicos) en la mayoría de estos dolores irradiados se relación con infecciones digestivas [38]–[40].

2.4.4 CERVICALGIA

Catalogado como dolor del cuello se localiza en la región cervical es una patología se puede irradiar hacia la cabeza, nuca, hombros, la espalda alta o brazos [27], [41].

Las causas se deben a microtraumatismos, sobrecargas físicas, posturas fijas o forzadas, las personas que pasan periodos prolongados sentados realizando trabajos repetitivos, sentados frente a una computadora o escritorio son más propensos a tener dolores de cuello [41], [42].

Los síntomas de esta patología se presentan con dolores de cuello, dolores de cabeza mareos contracturas bruscas de la musculatura (mialgia aguda - torticollis), y dolores moderados de los hombros brazos y espalda alta. Cuando los síntomas están acompañados de fiebre su origen es ocasionado por alguna infección (meningitis, herpes, o enfermedades que pueden estar relacionadas con alteraciones digestivas, cardiovasculares o neurológicas) [27], [41], [42].

La columna vertebral presenta tres curvas características en el plano sagital en su contextura como se indica en la figura 1.1. Tiene una convexidad dorsal o cifosis torácica y dos concavidades o lordosis que son lordosis cervical, lordosis lumbar. Las patologías que se derivan por alteraciones en estas curvaturas son [25], [29], [43]:

2.5.4 LORDOSIS

Es el incremento de la concavidad posterior en la zona lumbar o cervical, o también conocido como la aparición de una curvatura de concavidad posterior en la zona dorsal de la columna vertebral [29], [44], [45].

2.6.4 CIFOSIS

Es el incremento de la convexidad posterior en la zona dorsal de la columna vertebral, es decir aparición de una curvatura de convexidad posterior en la región torácica [25], [29], [45].

2.7.4 CIFOLORDOSIS

Es el incremento de las curvaturas dorsal y lumbar al mismo tiempo.

Las causas de estas patologías en el nivel de las curvaturas del raquis son: trastornos posturales, sedentarismo, factores genéticos, alteraciones congénitas, hipotonía muscular, hiperlaxitud y estrés.

Cuando el raquis aumenta sus curvaturas, la distribución de la carga axial que influye sobre el cuerpo debido a la gravedad, el peso se distribuirá y ocasionará mayor carga en las facetas articulares generando lesiones o degeneración. De la misma manera el raquis limitara su capacidad de amortiguamiento y de distribución de cargas, esto conlleva a que distribuya esa carga hacia adelante recayendo el peso sobre los cuerpos vertebrales y los discos intervertebrales provocando lesiones que conlleven a generar hernias discales [25], [43], [44].

2.5 RECOMENDACIONES PARA EVITAR PROBLEMAS EN LA ESPALDA Y PREVENIR PATOLOGIAS GRAVES EN EL AMBITO LABORAL.

2.1.5 ACTIVIDAD FÍSICA

El realizar actividad física regular y evitar el sedentarismo ayuda a la activación de los vasos sanguíneos del sistema muscular, permitiendo eliminar la tensión acumulada es una manera de prevenir los dolores de la espalda y así disminuir el riesgo de padecer lumbalgias [29], [32], [43].

2.2.5 ACTITUD MENTAL POSITIVA

En los casos donde el dolor de espalda no sea grave, la actitud positiva de la persona es de vital importancia ya que se debe manejar que el dolor no es ocasionado por una lesión. Por lo que debemos mantenernos lo más activos posibles y seguir con nuestras labores cotidianas. Ya que si mantenemos una actitud negativa esto deriva en estrés y esto genera más contusiones de la musculatura lo cual provocaría mayores molestias. [32], [43], [46].

2.3.5 BUENAS COSTUMBRES EN LA SALUD GENERAL

Existen algunos factores que pueden llegar a influir en la aparición de dolores de espalda estos pueden ser sobrepeso, tabaquismo, ansiedad, sedentarismo, etc. Por lo que se recomienda mantener una buena salud a nivel general para evitar la aparición de estos dolores de espalda [32], [43], [46].

2.4.5 HIGIENE POSTURAL Y ERGONOMÍA

Estas son de vital importancia para evitar dolores a nivel de la espalda, por que ayuda a soportar la carga durante actividades diarias (trabajo) [28], [32], [46].

La higiene postural pretende minimizar los esfuerzos y reducir el riesgo de la aparición de dolores de la espalda, realizando las actividades laborales o de la vida cotidiana de una manera más adecuada, para prevenir daños que con el tiempo pueden ser irreversibles en nuestra salud, y a las personas que ya tienes dolores a nivel del tronco saber cómo realizar sus actividades mejorando su limitación causados por el dolor de la espalda [32], [43], [46].

Debido a que la columna vertebral está sometida a un alto nivel de exigencia mecánica por estar en disposición vertical, los hábitos de postura y malos movimiento irritan y lesionan determinadas secciones de la misma [29], [32], [46].

En la siguiente tabla 2.1 manera de resumen se presenta los tipos de enfermedades o lesiones provocadas por una mala postura en el lugar de trabajo.

Tabla 2.1 Lesiones provocadas por malas posturas en el lugar de trabajo

Fuente: Prevención del dolor de espalda [29]

Riesgos del trabajo	Enfermedades/Lesiones
---------------------	-----------------------

Mala manipulación de cargas	Hernias discales Lumbalgias Ciática
Mantener una posición por largo tiempo ya sea de pie o sentado	Lumbalgia. Hernia discal. Dorsalgia
Realizar trabajos repetitivos en una posición estática o con giros de la espalda exagerados.	Distinción muscular Lesiones discales Lumbalgias
Mantener la espalda hacia adelante en la posición sentado o de pie	Lesiones discales lumbalgias
Vibraciones	Lesiones discales Lesiones vertebrales

Para disminuir el desgaste de los discos, vertebras, articulaciones, mantener un control del esfuerzo físico de los músculos, tendones y ligamentos, es recomendable mantener un buen habito postural, intercalando breves periodos de descanso durante la actividad diaria [28], [32], [46].

Una correcta postura o higiene postural se refiere a la postura que debemos adoptar cuando realizamos actividades laborales diarias ya sea esta de forma estática o dinámica [32], [43], [46].

2.5.5 HIGIENE POSTURAL AL ESTAR SENTADO/ SEDESTACIÓN

Al permanecer en una posición sedentaria, inmóvil e interrumpida se genera fatiga en los músculos de la espalda, por lo que los músculos derivan en fatigas musculares, que se refiere a que los músculos no pueden eliminar los desechos de su metabolismo por falta de oxígeno [28], [29], [43].

Tanto los músculos como los discos intervertebrales están sometidos a un gran esfuerzo, por lo que necesitan una pausa para su relajación es decir estiramiento. En la posición sedentaria los discos que más son afectados son los discos lumbares de la parte

interior ya que soportan toda la presión en vez de repartirse uniformemente a lo largo de la espalda [32], [43], [46].

Para mantener una correcta postura sentado debemos mantener la espalda recta, haciendo que los hombros estén en reposo, los codos deben estar a 90° con las muñecas rectas, quedando los antebrazos paralelos a la mesa. Las rodillas deben permanecer al mismo nivel o por encima de la cadera, los pies deben estar colocados directamente en el piso [1], [28], [32].

Se debe mantener el sacro y la región lumbar en la parte baja del respaldo de la silla. La silla debe estar regulada al tamaño del usuario y con referencia a la altura del escritorio, la separación que debe existir entre el escritorio y el abdomen es de tres dedos, la cabeza debe mantener una posición equilibrada, el apoyo de los brazos y codos la postura será la ideal para no tener problemas de dolor de la espalda.

El respaldo de la silla debe estar diseñada para soportar la región lumbar, debe proveer profundidad regulable y altura e inclinación ajustable [1], [29], [32].

Con respecto a la mesa de trabajo no debe existir una excesiva distancia ya que esto provocaría sobrecarga en los músculos de la espalda (trapecio, elevador de escapula y los de la nuca) consolidando contracturas y por ende dolor [29], [43], [46].

La pantalla del ordenador tiene que estar situada de manera horizontal, a 45 cm de distancia y frente al foco de visión del usuario, de no estar situado de esta manera se generara una extensión en la zona de las vértebras cervicales, por lo cual se puede generar dolores perjudiciales en esta región. La elevación del teclado sobre el escritorio no debe sobrepasar los 25° ya que esto generaría problemas a nivel de la muñeca [28], [43], [46].

Para leer se recomienda mantener una buena postura sedentaria y acercar la lectura hacia nosotros de tal manera de no encorvar nuestra región cervical.

Se debe evitar giros parciales donde el eje sea nuestra columna, más bien se debe procurar girar todo nuestro cuerpo a la vez, también es aconsejable el uso de un reposapiés el cual debe ser ajustable de 0°-15° para poder elevar nuestras rodillas ligeramente sobre el nivel de las caderas [1], [43], [46], [47].

Normas para evitar dolores de espalda:

- Mantenerse activo y evitar pasar todo el día sentado.
- Realizar ejercicio habitualmente.

- Calentar los músculos antes y estirar después de realizar actividad física.
- Al realizar actividades en la posición sedentaria
 - Mantener el respaldo recto e intentar apoyar la región lumbar hacia atrás.
 - Mantener la espalda recta y brazos y codos apoyados.
 - No mantener la misma posición no más de 45-60 min.
- Al usar computadora mantén la pantalla a la altura de tu cabeza.
- No fumar.
- Realizar ejercicios para evitar dolores de espalda, de mantener dolor permanente consultar a un médico.
- Llevar una vida normal al sentir dolor ya que este se deba a que tus músculos no están trabajados bien. Mantente activo para que estos vuelvan a funcionar correctamente [1], [28], [32], [47].

2.6 PAUSAS ACTIVAS – GIMNASIA LABORAL

Son fruto de la industrialización de las empresas en las cuales sus trabajadores cumplen tareas repetitivas, así como la exigencia por obtener una buena calidad de producto y servicio lo que ha generado efectos contraproducentes sobre el bienestar físico, clínico y social del trabajador ocasionando esfuerzos intensos, malas posturas de la columna lo que genera lesiones por esfuerzos repetitivos (LER) [48]–[50].

Debido a que las personas están en una constante tensión por la productividad laboral además de una jornada de trabajo sin su debido descanso lo cual ocasiona estrés y agregando más factores como tabaquismo, alcoholismo, sedentarismo, factores nutricionales que asocian obesidad entre otros [49]–[51].

Por lo que muchas empresas buscan mejorar la calidad del entorno de trabajo de sus colaboradores es por eso que las pausas activas se entienden como periodos de descanso que favorecen el desenvolvimiento físico y mental, la disposición de ejercitar el cuerpo y la mente del trabajador. Mediante este cambio podemos modificar la rutina diaria para que los músculos y articulaciones del cuerpo no tengan problemas a futuro, así también podemos generar un aumento de productividad del ser humano aportando tranquilidad reduciendo las tenciones de los músculos [48], [51], [52].

De acuerdo a la organización mundial de la salud, es una actividad multidisciplinaria que se encarga de promover y proteger la seguridad en el trabajo, prevención, control de enfermedades y accidentes en los trabajadores, eliminando factores de riesgo que pueden poner en peligro al ser humano. También promueve el trabajo seguro, en buenos ambientes, resguardando el bienestar físico, mental y social

de las personas que laboran, con el fin de que lleven vidas productivas y así contribuir al desarrollo sostenible [51].

Debido a que las enfermedades por causa laboral son cada vez más cotidianas lo que genera el absentismo laboral lo cual es perjudicial para el desarrollo económico social del país, en el Ecuador se ha promovido las pausas activas durante la jornada laboral para prevenir enfermedades generadas en el ámbito laboral [48].

La legislación de nuestro país promueve espacios y condiciones laborales idóneas para las personas.

En la constitución de la república del Ecuador, existe un artículo sobre el derecho al trabajo esto se expresa en el artículo 326 numeral 5 que se expresa a continuación:

“ART. 326, El derecho al trabajo se sustenta en los siguientes principios:

...5. - Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar”[53]

En el plan nacional del buen vivir constan:

“Plan nacional del buen vivir

Objetivo 3.- Mejorar la calidad de vida de la población.

3.7.- Fomentar el tiempo dedicado al ocio activo y el uso del tiempo libre en actividades físicas, deportivas y otras que contribuyan a mejorar las condiciones físicas, intelectuales y sociales de la población.

C.- Promover mecanismos de activación física y gimnasia laboral en los espacios laborales, que permitan mejorar las condiciones físicas, intelectuales y sociales de las y los trabajadores”[54].

2.1.6 OBJETIVOS

Los objetivos de realizar gimnasia laboral son:

- Contribuir en una correcta higiene postural.
- La prevención de enfermedades musculo esqueléticas ocasionadas en el ámbito laboral.

- Disminuir las tensiones en los músculos para evitar dolor.
- Aumentar la predisposición y productividad del individuo en el puesto trabajo [48], [52], [54].

2.2.6 BENEFICIOS

La actividad física contribuye a llevar un estilo de vida saludable por ende la inactividad física aumenta la probabilidad de incapacidad laboral. Las pausas activas están orientadas para que el empleado recupere energías y aumente su capacidad laboral, crea conciencia en el trabajador en la importancia de cuidar su salud física y mental [48], [52], [54].

Los beneficios son:

Fisiológicos. – genera un aumento de la circulación sanguínea mejorando la oxigenación de los músculos y tendones, disminuye la acumulación de ácido láctico.

- Mejora movilidad y flexibilidad
- Mejora la postura
- Disminuye la tensión muscular [48], [52], [54].

Psicológicos. – ayuda la autoestima del trabajador, el cambio de rutina aumenta la capacidad para realizar un buen trabajo, mejora las relaciones laborales de los empleados [48], [52], [54].

Sociales. – promueve la relación interpersonal entre los empleados, promoviendo la integración social que favorece al nacimiento de nuevos líderes. Es un factor motivacional estimulando la iniciativa de cada empleado [48], [52], [54].

2.3.6 PEDAGOGÍA

Las pausas activas en el espacio laboral consisten en hacer una pausa durante nuestra actividad diaria entre 5 y 15 minutos cada dos horas mínimo 2 veces durante la jornada de trabajo. Esto ayudara a prevenir lesiones disminuir el este laboral y mejorara la productividad del empleado.

Para la realización de los ejercicios se debe hacer énfasis en los miembros superiores, cuello y espalda [48], [52], [54].

En la ejecución de los ejercicios de las pausas activas constan de 3 fases y se deben desarrollar en orden [55]–[57].

Primera fase o fase inicial. – Movilidad articular, prepara las articulaciones y los tejidos blandos con la finalidad de evitar lesiones. Se refiere a movimientos suaves de cada articulación (cuello, hombros, brazos, manos, espalda, cadera, piernas, rodillas y pies) la duración aproximadamente es de 3 minutos [55]–[57].

Segunda fase o fase central. – estiramiento, relaja o estira los músculos, evita la fatiga y por ende el dolor o molestia, disminuye el dolor muscular provocado por espasmos, las actividades que se pueden realizar en esta fase son caminar, trotar, correr, saltar, bailar, juegos recreativos, etc. Su duración aproximada es de 10 minutos [55]–[57].

Tercera fase o fase final. – relajación, donde el organismo se estabiliza nuevamente esto se consigue mediante movimientos lentos alternando respiraciones profundas la duración aproximada es de 2 minutos.

Al termino de cada rutina deberá realizar una respiración profunda 5 veces con un lapso de 5 segundos [55]–[57].

Ejercicios sugeridos para realizar las pausas activas. Estos se encuentran en los anexos 1.

CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Una vez realizado el análisis y estudio sobre las diferentes causas que provocan la aparición de problemas en la espalda en personas que permanecen sentadas por tiempos prolongados, abordaremos nuestra propuesta fundamentada en los problemas mencionados en el capítulo 2, por lo que el prototipo se basa en el diseño de un sistema capaz de sensor la mala postura de las personas, el cual se encargara de monitorear y presentar alertas cuando el usuario se encuentre en una mala posición, la cual puede conllevar a problemas en el futuro a nivel de la espalda así como también sugerir al usuario que realice ejercicios de relajación cada cierto tiempo llamada gimnasia laboral (pausas activas) para así poder reducir el riesgo de generar una enfermedad a largo plazo.

La propuesta que se presenta debe satisfacer con distintos requerimientos como son: ser un sistema eficaz, adaptable a cada usuario a más de tener un entorno de fácil manejo y amigable, además de ello debe ser cómodo ya que será usado en entornos de labores enfocados a personal administrativo.

Para el desarrollo de nuestra propuesta se plantea tres etapas:

- La primera parte será la encargada de sensor los movimientos de la espalda a nivel de la columna vertebral, que la llamaremos superficie sensorial.
- En la siguiente etapa la superficie sensorial se conectará con el microprocesador para captar los datos emitidos por la superficie sensorial y a su vez este se conectará con el módulo bluetooth, el cual se encargará de la comunicación con la App en android.
- La aplicación en android se ejecutará en un Smartphone o una Tablet en la que se mostrará al usuario los datos de los sensores indicando la postura, además de archivar los datos censados.

El sistema propuesto se sintetiza en el diagrama presentado en la figura 3.1, aquí podemos observar los bloques: Superficie sensorial (bloque 1), Procesamiento de Datos (bloque 2) y Aplicación y almacenamiento de datos (bloque 3).

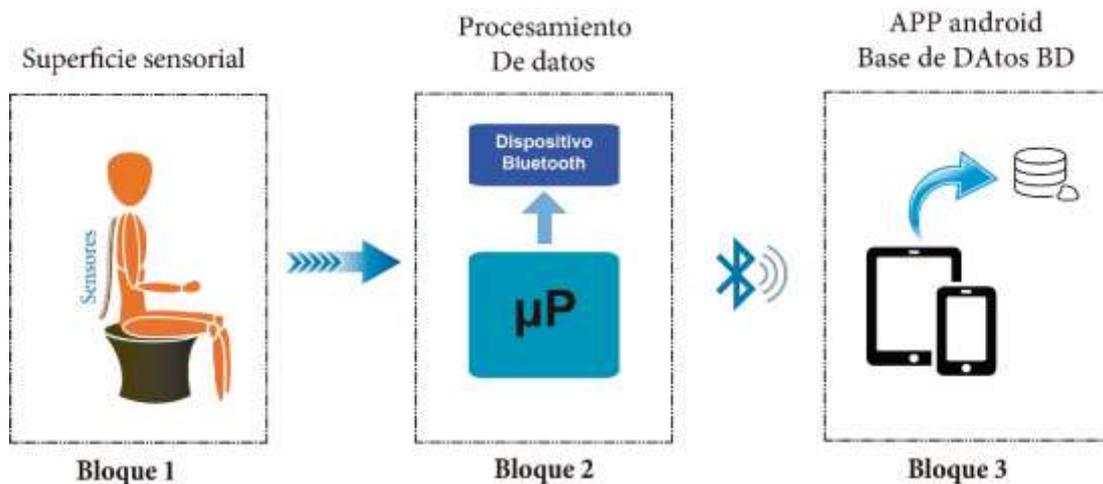


Figura 3.1 *Arquitectura del sistema para medir la posición de la espalda*
Fuente: Los Autores

Partimos hablando sobre la arquitectura en la que se desenvuelve el sistema para medir la posición de la espalda de una persona que permanece tiempos prolongados sentada. Además, se indica los softwares utilizados para el diseño y desarrollo del sistema.

3.1 DISEÑO Y DESARROLLO DE LA SUPERFICIE SENSORIAL

La superficie sensorial consta de una hilera de sensores resistivos interconectados con el fin de formar una recta asemejándose a la columna vertebral.

3.1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR RESISTIVO FLEXIBLE

Sensores de Flexibilidad

Son elementos electrónicos que permiten determinar el grado de flexión de un material. Uno de los mecanismos para determinar el grado de flexión de un dispositivo es a partir de cambios en la resistividad asociada a dicho elemento [58].

Características de los sensores flex empleados en la superficie sensorial del prototipo:

Tabla 3.1 *Características de los sensores de flexibilidad*

Fuente: Dimensional Diagram - Stock Flex Sensor How to Order - Stock Flex Sensor How It Works Schematics [59]

Características	Mecánicas	Eléctricas	Posibles Usos
Medida de desplazamiento en ángulo	Ciclo de vida:> 1 millón	Resistencia plana: 10K Ohms \pm 30%	Robótica
			Gaming (Movimiento virtual)
Dobla y flexiona físicamente con dispositivo de movimiento	Ancho: 0,43 mm (0,017 ")	Resistencia a la flexión: mínimo 2 veces mayor que la resistencia plana en la curva de pellizco de 180 ° (ver "Cómo funciona" a continuación)	Dispositivos médicos
	Área de temperatura: -35 °C a + 80 °C		Periféricos de la computadora
Construcción simple		Clasificación de la potencia: 0,5 vatios continuos; 1 vatio Pico	Instrumentos musicales
			Terapia física

Para la construcción de la superficie sensorial se ha dispuesto de dos tipos de sensores flex que se distinguen en la medida del área de sensado siendo de cuatro de 4.5" (11.43cm) (Presentado en la figura 3.3) y uno de 2.2" (5.58 cm zona de sensado) con una longitud total de 2.9" (Presentado en la figura 3.2).

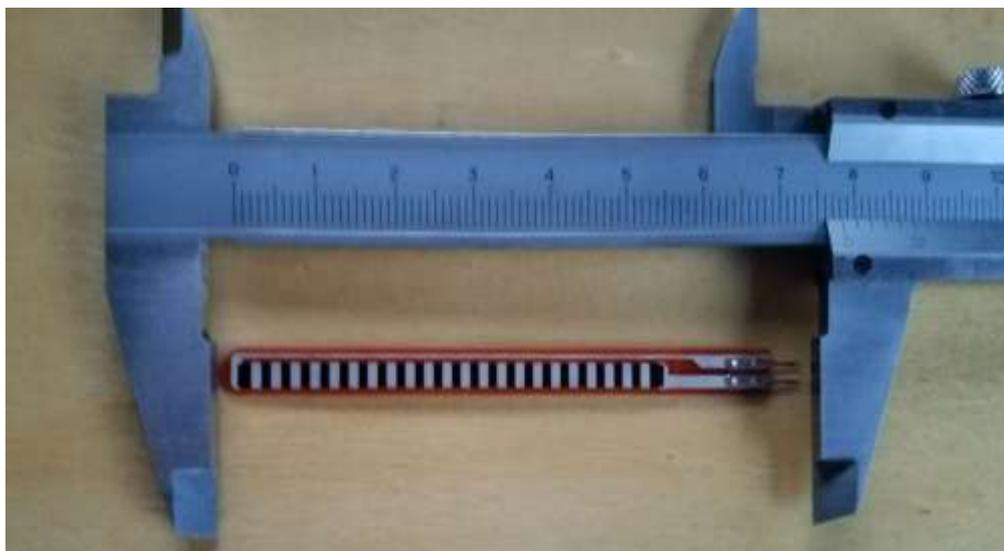


Figura 3.2 *Sensor Flex de 2.2 pulgadas*

Fuente: Los Autores



Figura 3.3 Sensor Flex de 4.5 pulgadas
Fuente: Los Autores

Como ya se mencionó la disposición de los sensores Flex fue en línea recta que se asemeje de mejor manera a la columna vertebral.

Para obtener los valores se realizó pruebas exponiendo a los sensores a distintos ángulos de flexión lo que da como resultado cambios del valor de la resistencia para cada ángulo flexionado, este proceso se lo realizo en cada sensor de 4.5'' y de 2.2'' respectivamente, apreciando el proceso en la figura 3.4.

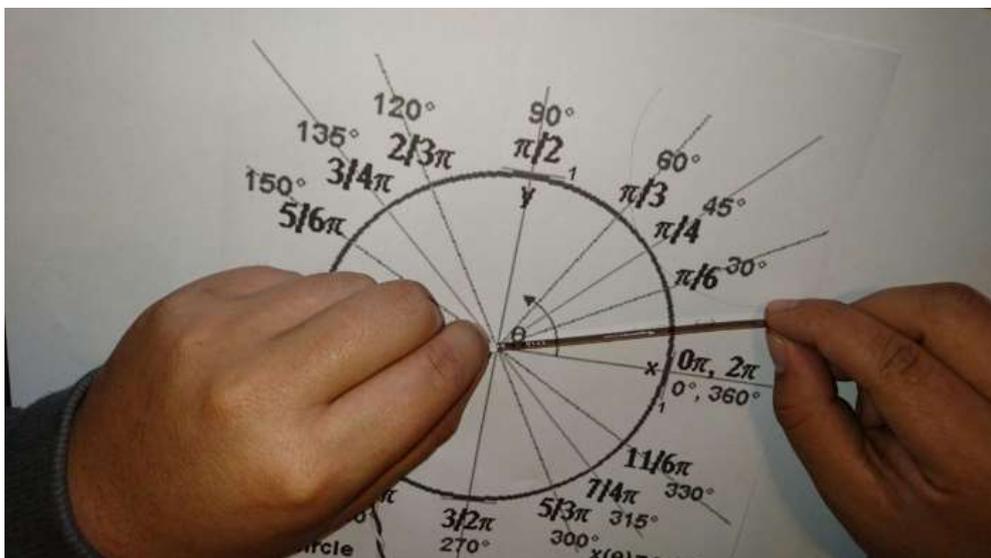


Figura 3.4 Método de medición del sensor
Fuente: Los Autores

Luego de realizar diversas pruebas de cada sensor se obtuvo un promedio del comportamiento del mismo a diferentes grados de flexión lo que refleja la figura 3.5 que

corresponde al sensor de 4.5” pulgadas y el comportamiento del sensor de 2.2 pulgadas se puede ver en la figura 3.6. Cabe recalcar que el rango de flexión de cada sensor fue de 0°-180° con un intervalo de 5° en cada medida.

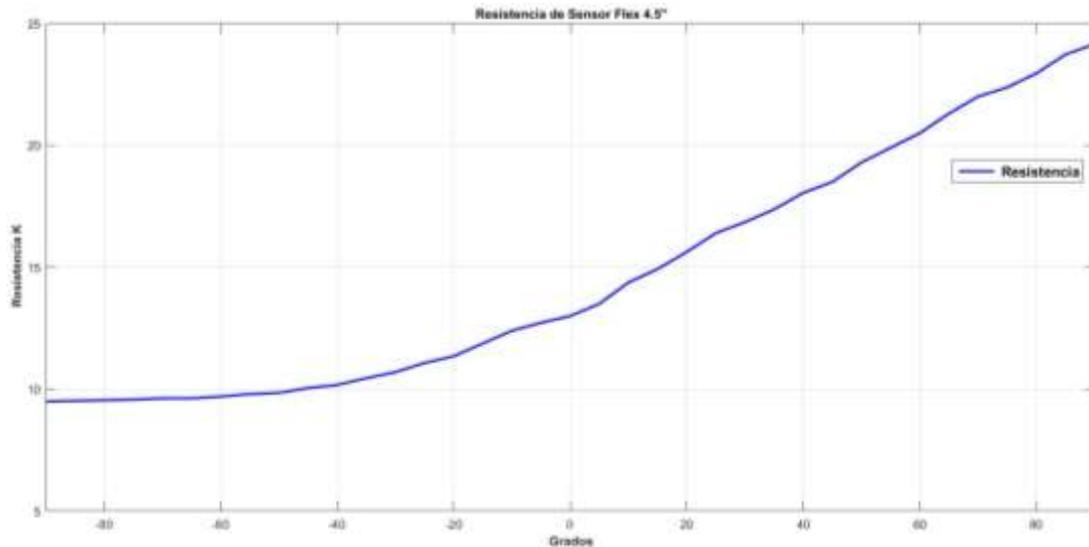


Figura 3.5 Curva Resistiva Flexión del Sensor 4.5 pulgadas
Fuente: Los Autores

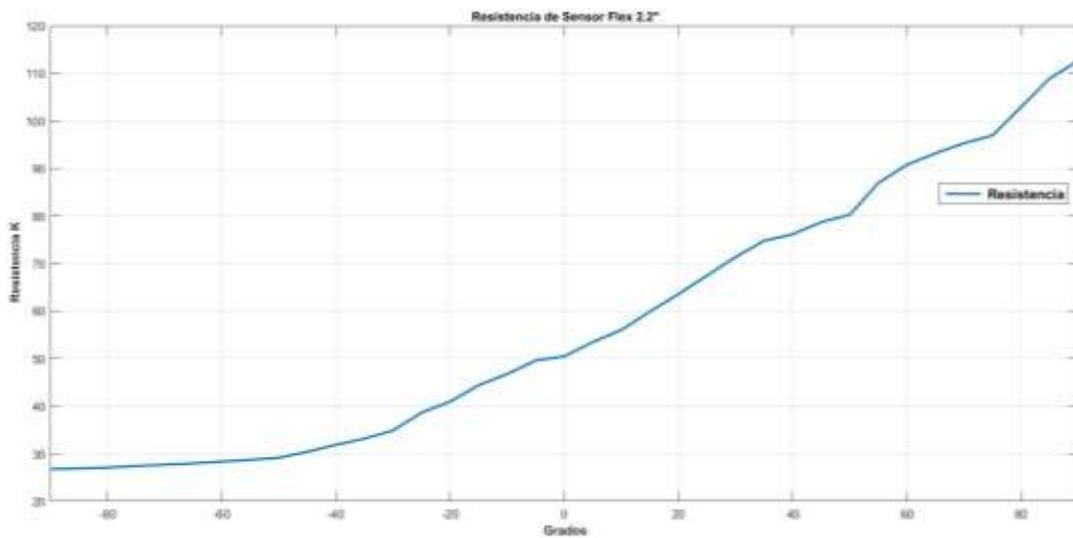


Figura 3.6 Curva Angulo-Resistiva Flexión del Sensor 2.2 pulgadas
Fuente: Los Autores

De la misma manera se realizó medidas de los sensores para obtener una curva de comportamiento con un circuito partidor de tensión para verificar la variación del voltaje aplicando una flexión para cada ángulo de 0°-180° con intervalos de 5°, tanto en

el sensor de 4.5” pulgadas como el de 2.2” pulgadas como se puede observar en las figura 3.7 y 3.8 respectivamente a continuación:

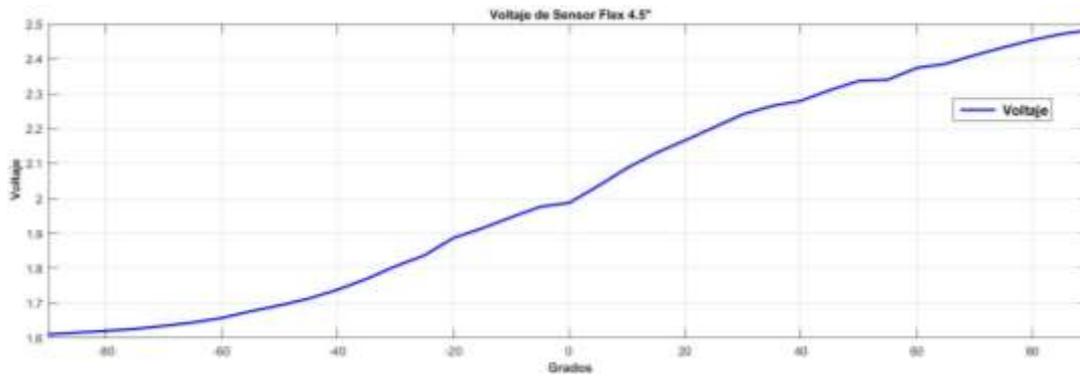


Figura 3.7 Curva Angulo-Voltaje Flexión del Sensor 4.5 pulgadas
Fuente: Los Autores

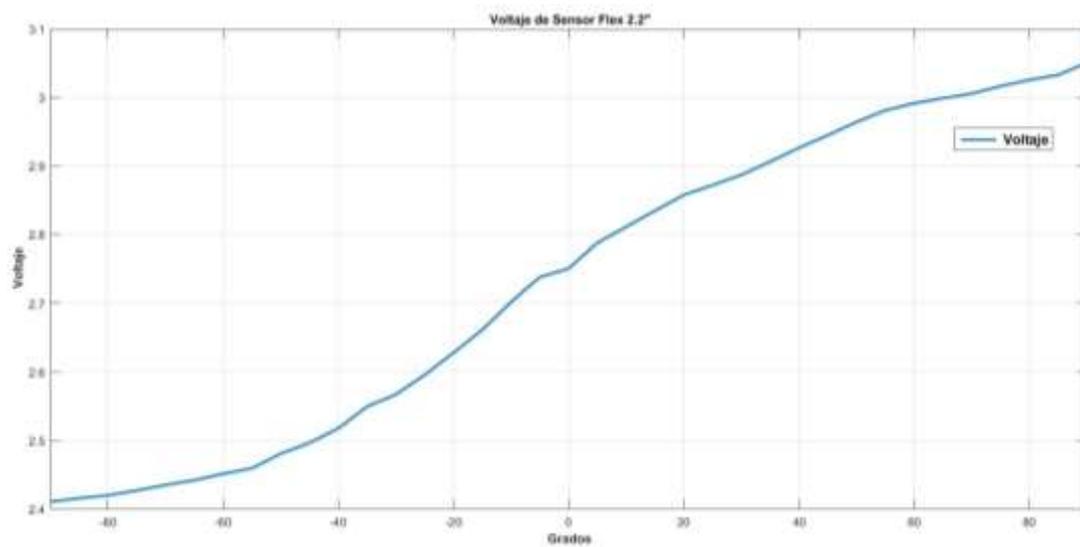


Figura 3.8 Curva Voltaje Flexión del Sensor 2.2 pulgadas
Fuente: Los Autores

Luego de realizar las dos mediciones de variaciones de resistividad y de voltaje se efectuó mediciones con las mismas variaciones de ángulos en cada sensor con el microprocesador a utilizarse, el cual consta de un conversor análogo digital con resolución de 12 bits, por lo que los valores se encuentran entre 0 y 4095.

Con los datos obtenidos bajo las mismas condiciones de flexibilidad se obtuvieron las siguientes curvas que se representa en las figuras 3.9 y 3.10 para cada sensor de 4.5” como el de 2.2” respectivamente.

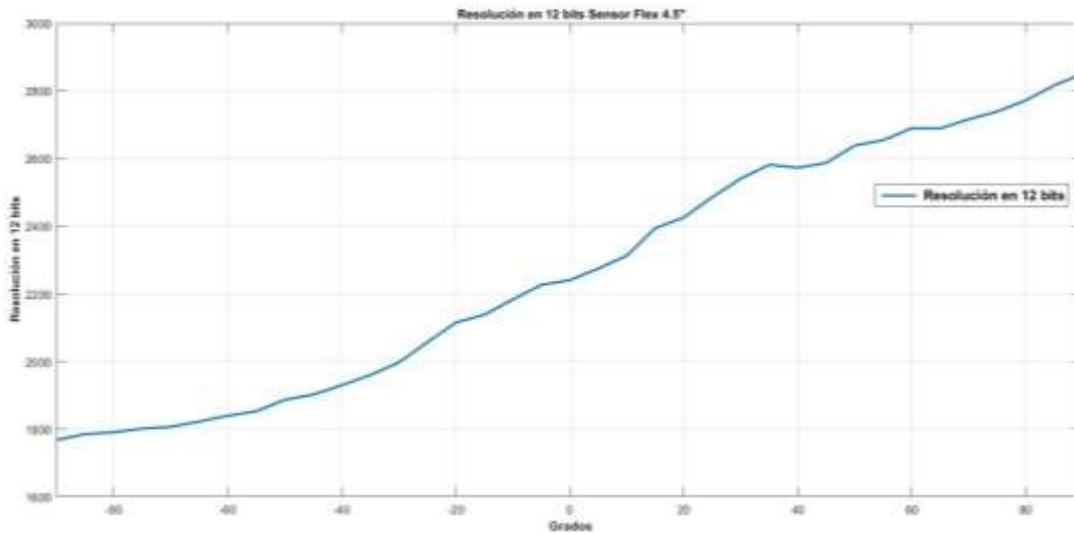


Figura 3.9 Curva Voltaje con resolución de 12 bits del ESP32 del Sensor 4.2 pulgadas
Fuente: Los Autores

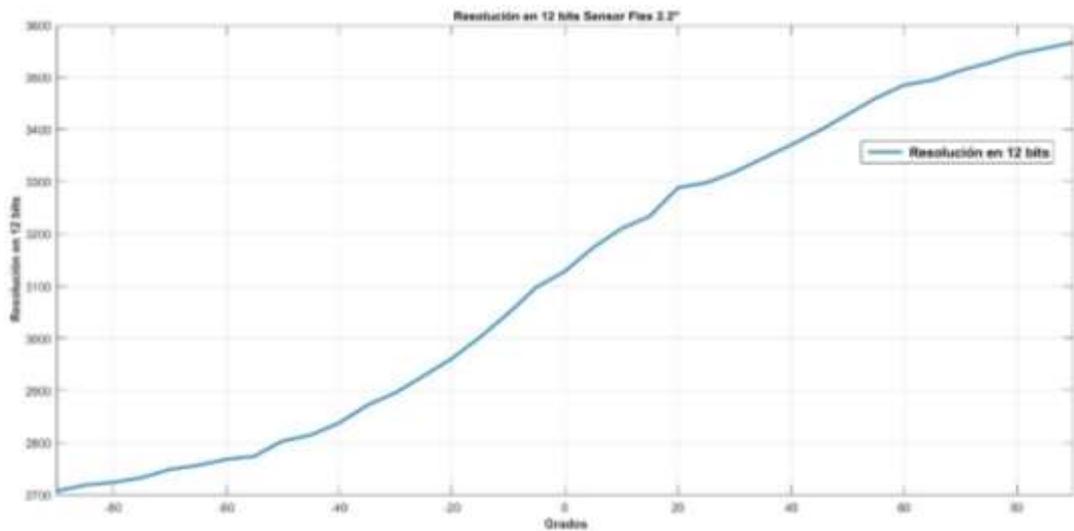


Figura 3.10 Curva Voltaje con resolución de 12 bits del ESP32 del Sensor 2.2 pulgadas
Fuente: Los Autores

Una vez realizadas las pruebas para obtener la graficas del comportamiento de los sensores en su resistividad, voltaje y el comportamiento que lee los puertos analógicos del micro controlador ESP32 con una resolución de 12 bits, procederemos a realizar el modelado matemático, es decir, una linealización de las gráficas de los dos sensores por medio de regresión lineal y regresión polinomial detallando el proceso a continuación:

3.1.1.1 Cálculo regresión lineal

Para el ajuste de curvas se utilizó los datos obtenidos del conversor analógico digital de microcontrolador. Con los que se realizó la regresión lineal para el sensor de 4.5" y 2.2"

Tabla 3.2 Promedio de los valores del sensor 4.5" medidos en el ESP32

Fuente: Los Autores

n	Ángulo	Promedio valor medido 12 bits	$(y_i - \bar{y})^2$	$(y_i - a_0 - a_1x_i)^2$
1	-90	1768,000	248183,492	10445,0076
2	-85	1785,667	230893,236	7484,49686
3	-80	1790,667	226113,101	3382,40957
4	-75	1802,000	215463,240	1305,9059
5	-70	1807,000	210846,438	60,5722872
6	-65	1822,667	196704,237	98,1092891
7	-60	1839,667	181913,777	689,562041
8	-55	1853,000	170717,861	2141,90134
9	-50	1887,000	143777,609	2082,56965
10	-45	1902,333	132384,528	4052,13047
11	-40	1930,000	113017,113	4808,6153
12	-35	1960,000	93746,303	5285,09807
13	-30	1996,667	72637,534	4814,48823
14	-25	2056,667	43895,912	1826,79422
15	-20	2115,000	22855,447	315,495038
16	-15	2138,333	16344,816	771,914352
17	-10	2183,333	6863,600	260,430095
18	-5	2226,667	1561,318	37,9334452
19	0	2240,667	650,939	650,939363
20	5	2274,667	72,020	618,418087
21	10	2313,000	2192,096	395,579481
22	15	2394,333	16423,231	789,028624
23	20	2425,667	25435,939	679,565997
24	25	2486,000	48320,753	2814,01816
25	30	2541,000	75525,933	5579,01736
26	35	2581,667	99531,723	6724,81784
27	40	2573,000	94138,402	1598,70586
28	45	2587,333	103139,348	439,432835
29	50	2638,667	138746,183	1516,43938
30	55	2654,333	150662,870	451,71778
31	60	2689,667	179340,804	539,748437
32	65	2689,333	179058,591	109,314274
33	70	2716,333	202637,861	282,570945
34	75	2739,000	223558,582	756,122405
35	80	2772,333	256191,015	757,286922
36	85	2816,333	302668,492	284,709828
37	90	2850,667	341624,453	252,635554
Σ	0	83848,667	4767838,799	75103,5029

Realizando el cálculo obtenemos los siguientes resultados:

$$n = 37 \quad \sum x_i = 0 \quad \sum y_i = 83848,667$$

$$\bar{x} = \frac{0}{37} = 0 \quad \bar{y} = \frac{83848,667}{37} = 2266,18018$$

$$\sum x_i y_i = 703455 \quad \sum x_i^2 = 105450$$

$$a_1 = \frac{37(703455) - 0(2266,1018)}{37(105450) - (0^2)} = 6,6709$$

$$a_0 = 2266,18018 - 6.6709(0) = 2266,18018$$

Así obtenemos la ecuación lineal del sensor de 4.5 pulgadas que es la siguiente:

$$y = 6,6709x + 2266,18018$$

Comprobamos que la ecuación obtenida es correcta cotejando la gráfica del ajuste de la curva y de la gráfica original en el software Matlab observando el resultado a continuación en la figura 3.11.

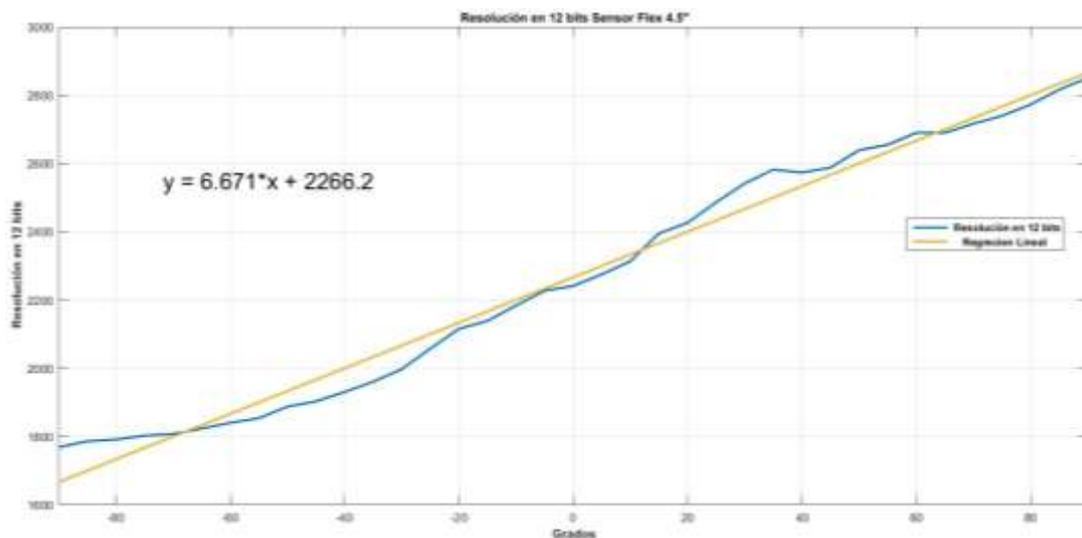


Figura 3.11 Resultado de regresión lineal para el Sensor de 4.5 pulgadas

Fuente: Los Autores

Así también calculamos la desviación estándar:

$$S_y = \sqrt{\frac{4767838,799}{37 - 1}} = 363,9230$$

El error estándar del estimado es:

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{75103,5029}{37 - 2}} = 46,3229$$

Como $S_{y/x} < S_y$, por lo tanto, es factible.

Ahora obtenemos el coeficiente de determinación:

$$r^2 = \frac{4767838,799 - 75103,5029}{4767838,799} = 0,9842$$

$$r = \sqrt{0,9842} = 0,9920$$

Con los resultados obtenidos se demuestra que el 98,42% de similitud a la incertidumbre original.

Para calcular el error entre el valor medido y el valor de la ecuación lineal se calculó de la siguiente manera:

$$\text{error \%} = \frac{\text{Valor Medido} - \text{Valor Calculado}}{\text{Valor Medido}} * 100$$

Tabla 3.3 *Calculo del error promedio del sensor de 4.5 pulgadas*

Fuente: Los Autores

n	Angulo (°) Grados	Promedio Valor Medido 12 bits	f(x)	Error %
1	-90	1768,000	1665,79	5,78
2	-85	1785,667	1699,15	4,85
3	-80	1790,667	1732,50	3,25
4	-75	1802,000	1765,86	2,01
5	-70	1807,000	1799,21	0,43
6	-65	1822,667	1832,57	0,54
7	-60	1839,667	1865,92	1,43
8	-55	1853,000	1899,28	2,50
9	-50	1887,000	1932,63	2,42
10	-45	1902,333	1965,99	3,35
11	-40	1930,000	1999,34	3,59
12	-35	1960,000	2032,70	3,71
13	-30	1996,667	2066,05	3,47
14	-25	2056,667	2099,41	2,08
15	-20	2115,000	2132,76	0,84
16	-15	2138,333	2166,12	1,30
17	-10	2183,333	2199,47	0,74
18	-5	2226,667	2232,83	0,28
19	0	2240,667	2266,18	1,14
20	5	2274,667	2299,54	1,09

21	10	2313,000	2332,89	0,86
22	15	2394,333	2366,24	1,17
23	20	2425,667	2399,60	1,07
24	25	2486,000	2432,95	2,13
25	30	2541,000	2466,31	2,94
26	35	2581,667	2499,66	3,18
27	40	2573,000	2533,02	1,55
28	45	2587,333	2566,37	0,81
29	50	2638,667	2599,73	1,48
30	55	2654,333	2633,08	0,80
31	60	2689,667	2666,44	0,86
32	65	2689,333	2699,79	0,39
33	70	2716,333	2733,15	0,62
34	75	2739,000	2766,50	1,00
35	80	2772,333	2799,86	0,99
36	85	2816,333	2833,21	0,60
37	90	2850,667	2866,57	0,56
Promedio del error % =				1,78

Para el sensor de 2.2” realizamos también la regresión lineal.

Tabla 3.4 Promedio de los valores del sensor 2.2 pulgadas medidos en el ESP32

Fuente: Los Autores

n	Ángulo	Promedio valor medido 12 bits	$(y_i - \bar{y})^2$	$(y_i - a_0 - a_1 x_i)^2$
1	-90	2707,3333	172441,9154	7122,7411
2	-85	2718,6667	163157,7713	4620,0455
3	-80	2724,0000	158877,6512	2074,3926
4	-75	2732,6667	152043,7893	699,7833
5	-70	2748,6667	139822,0956	215,9332
6	-65	2756,6667	133903,2487	25,6449
7	-60	2768,0000	125737,3268	461,7986
8	-55	2774,0000	121518,1917	1870,4111
9	-50	2803,3333	101927,7532	1736,6945
10	-45	2814,6667	94819,60905	3375,5035
11	-40	2837,6667	81183,92434	3951,1072
12	-35	2872,0000	62797,65104	3167,8042
13	-30	2895,6667	51496,28466	3645,1809
14	-25	2928,3333	37737,43778	3076,6343
15	-20	2961,3333	26005,19451	2522,6678
16	-15	3002,6667	14382,70799	1343,3386
17	-10	3048,3333	5514,734984	351,3250
18	-5	3098,6667	572,5457543	14,6759
19	0	3128,6667	36,87005433	36,8712
20	5	3174,0000	2642,515663	559,1688

21	10	3210,3333	7698,08204	1038,2143
22	15	3234,0000	12411,16426	791,2547
23	20	3288,6667	27579,93299	3029,0897
24	25	3298,0000	30767,0561	1340,4202
25	30	3318,6667	38444,25729	871,4107
26	35	3344,6667	49316,00501	770,6685
27	40	3370,6667	61539,75274	676,1127
28	45	3397,6667	75664,64461	637,2301
29	50	3429,0000	93884,27221	830,4771
30	55	3460,3333	114067,4554	1049,2795
31	60	3485,3333	131579,3923	878,1641
32	65	3494,6667	138437,6265	125,6286
33	70	3513,3333	152676,7616	4,4789
34	75	3527,6667	164083,3832	127,8954
35	80	3545,0000	178426,3262	472,3885
36	85	3555,6667	187551,4193	1507,5036
37	90	3567,0000	197496,164	3052,7835
Σ	0	115536,0000	3308242,919	58074,7223

Realizando el cálculo obtenemos los siguientes resultados:

$$n = 37 \quad \sum x_i = 0 \quad \sum y_i = 115536,0000$$

$$\bar{x} = \frac{0}{37} = 0 \quad \bar{y} = \frac{115536,00}{37} = 3122,5945$$

$$\sum x_i y_i = 585431,667 \quad \sum x_i^2 = 105450$$

$$a_1 = \frac{37(585431,667) - 0(3122,5945)}{37(105450) - (0^2)} = 5,55175$$

$$a_0 = 3122,5945 - 5,55175(0) = 3122,5945$$

Así obtenemos la ecuación lineal del sensor de 2.2” que es la siguiente:

$$y = 5,55175x + 3122,5945$$

Comprobamos que la ecuación obtenida es correcta mediante el software Matlab graficando la curva original y la regresión lineal observando el resultado a continuación en la figura 3.12.

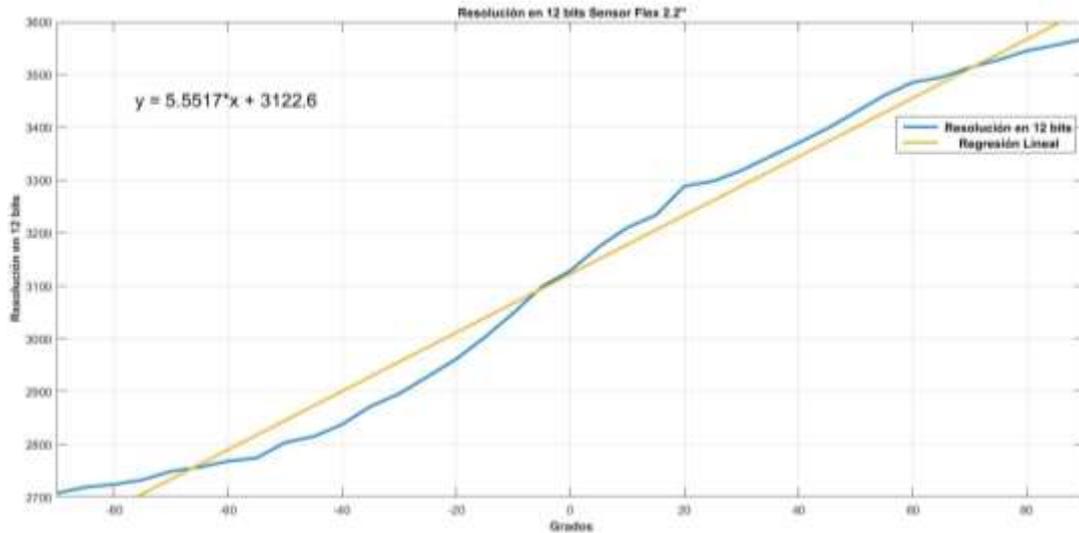


Figura 3.12 Resultado de la regresión lineal para el Sensor de 2.2 pulgadas
Fuente: Los Autores

Así también calculamos la desviación estándar:

$$S_y = \sqrt{\frac{3308242,92}{37 - 1}} = 303,142931$$

El error estándar del estimado es:

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{58074,7223}{37 - 2}} = 40,7342$$

Como $S_{y/x} < S_y$, por lo tanto, es factible.

Ahora obtenemos el coeficiente de determinación:

$$r^2 = \frac{3308242,92 - 58074,7223}{3308242,92} = 0,9824$$

$$r = \sqrt{0,9842} = 0,9911$$

Con los resultados obtenidos se demuestra que el 98,24% de similitud a la incertidumbre original.

Para calcular el error entre el valor medido y el valor de la ecuación lineal se calculó de la siguiente manera:

$$\text{error \%} = \frac{\text{Valor Medido} - \text{Valor Calculado}}{\text{Valor Medido}} * 100$$

Tabla 3.5 Calculo del error promedio del sensor de 2.2 pulgadas
Fuente: Los Autores

n	Angulo (°) Grados	Promedio Valor Medido 12 bits	f(x)	Error %
1	-90	2707,333	2622,94	3,12
2	-85	2718,667	2650,70	2,50
3	-80	2724,000	2678,45	1,67
4	-75	2732,667	2706,21	0,97
5	-70	2748,667	2733,97	0,53
6	-65	2756,667	2761,73	0,18
7	-60	2768,000	2789,49	0,78
8	-55	2774,000	2817,25	1,56
9	-50	2803,333	2845,01	1,49
10	-45	2814,667	2872,77	2,06
11	-40	2837,667	2900,52	2,22
12	-35	2872,000	2928,28	1,96
13	-30	2895,667	2956,04	2,09
14	-25	2928,333	2983,80	1,89
15	-20	2961,333	3011,56	1,70
16	-15	3002,667	3039,32	1,22
17	-10	3048,333	3067,08	0,61
18	-5	3098,667	3094,84	0,12
19	0	3128,667	3122,59	0,19
20	5	3174,000	3150,35	0,75
21	10	3210,333	3178,11	1,00
22	15	3234,000	3205,87	0,87
23	20	3288,667	3233,63	1,67
24	25	3298,000	3261,39	1,11
25	30	3318,667	3289,15	0,89
26	35	3344,667	3316,91	0,83
27	40	3370,667	3344,66	0,77
28	45	3397,667	3372,42	0,74
29	50	3429,000	3400,18	0,84
30	55	3460,333	3427,94	0,94
31	60	3485,333	3455,70	0,85
32	65	3494,667	3483,46	0,32
33	70	3513,333	3511,22	0,06
34	75	3527,667	3538,98	0,32
35	80	3545,000	3566,73	0,61
36	85	3555,667	3594,49	1,09
37	90	3567,000	3622,25	1,55
Promedio del error % =				1,137

3.2.1.1 Cálculo para regresión polinomial

Desarrollamos la regresión polinomial para el sensor de 4.5” y 2.2”, para el primer sensor ocupamos los datos obtenidos del conversor analógico digital del microcontrolador:

Tabla 3.6 Promedio de los valores del sensor 4.5” regresión polinomial

Fuente: Los Autores

n	Ángulo	Promedio valor medido 12 bits	$(y_i - \bar{y})^2$	$(y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2)$
1	-90	1768,000	-159120,000	78,103
2	-85	1785,667	-151781,667	66,43276667
3	-80	1790,667	-143253,333	41,86626667
4	-75	1802,000	-135150,000	23,4035
5	-70	1807,000	-126490,000	-1,6222
6	-65	1822,667	-118473,333	-16,21083333
7	-60	1839,667	-110380,000	-29,69573333
8	-55	1853,000	-101915,000	-47,0769
9	-50	1887,000	-94350,000	-44,021
10	-45	1902,333	-85605,000	-59,86136667
11	-40	1930,000	-77200,000	-63,598
12	-35	1960,000	-68600,000	-65,2309
13	-30	1996,667	-59900,000	-60,42673333
14	-25	2056,667	-51416,667	-32,51883333
15	-20	2115,000	-42300,000	-6,5072
16	-15	2138,333	-32075,000	-15,72516667
17	-10	2183,333	-21833,333	-3,506066667
18	-5	2226,667	-11133,333	6,816766667
19	0	2240,667	0,000	-12,42333333
20	5	2274,667	11373,333	-11,89303333
21	10	2313,000	23130,000	-7,259
22	15	2394,333	35915,000	40,14543333
23	20	2425,667	48513,333	37,32026667
24	25	2486,000	62150,000	63,2655
25	30	2541,000	76230,000	83,6478
26	35	2581,667	90358,333	89,46716667
27	40	2573,000	102920,000	45,7236
28	45	2587,333	116430,000	24,75043333
29	50	2638,667	131933,333	40,54766667
30	55	2654,333	145988,333	20,44863333
31	60	2689,667	161380,000	19,78666667
32	65	2689,333	174806,667	-16,77156667
33	70	2716,333	190143,333	-26,22606667
34	75	2739,000	205425,000	-40,2435
35	80	2772,333	221786,667	-43,82386667

36	85	2816,333	239388,333	-36,96716667
37	90	2850,667	256560,000	-40,00673333
Σ	0	83848,667	703455,000	0,110

Realizando el cálculo obtenemos los siguientes resultados:

$$n = 37 \quad m = 2 \quad \Sigma y_i = 83848,667$$

$$\Sigma x_i = 0 \quad \Sigma x_i^2 = 105450 \quad \Sigma x_i^3 = 0 \quad \Sigma x_i^4 = 540431250$$

$$\bar{x} = \frac{0}{37} = 0 \quad \bar{y} = \frac{83848,667}{37} = 2266,18018$$

$$\Sigma x_i y_i = 703455 \quad \Sigma x_i^2 y_i = 240070225$$

$$\begin{bmatrix} 37 & 0 & 105450 \\ 0 & 105450 & 0 \\ 105450 & 0 & 540431250 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 83848,667 \\ 703455 \\ 240070225 \end{Bmatrix}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones anterior se obtiene:

$$a_0 = 2253,09$$

$$a_1 = 6,67098$$

$$a_2 = 0,004592$$

Así obtenemos la ecuación de segundo grado del sensor de 4.5 pulgadas que es la siguiente:

$$y = 0,004592x^2 + 6,67098x + 2253,09$$

Comprobamos que la ecuación obtenida es correcta mediante el software Matlab graficando la gráfica original y la regresión polinomial obteniendo como resultado lo siguiente figura 3.13.

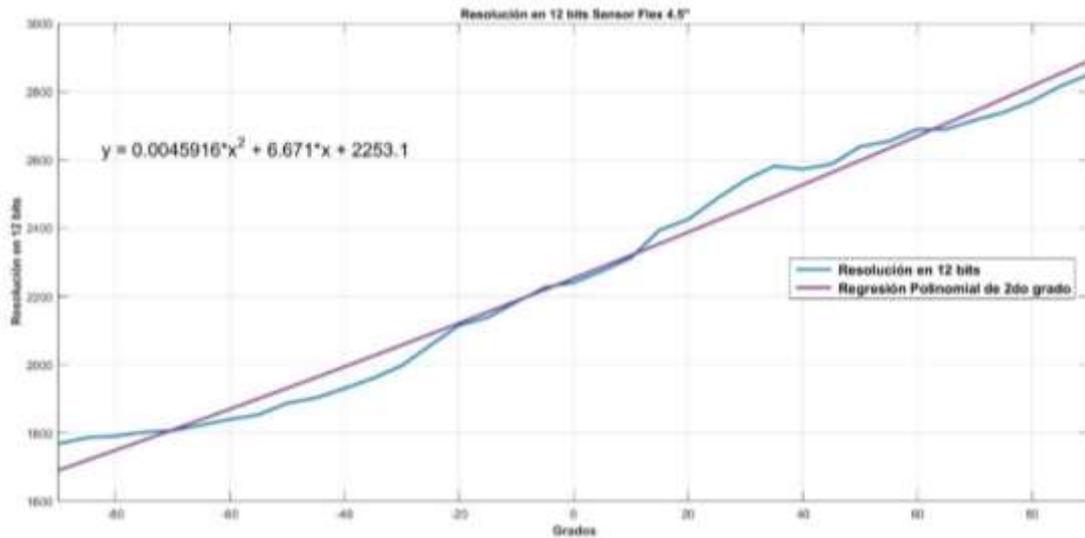


Figura 3.13 Resultado de la regresión polinomial para el Sensor de 4.5 pulgadas
Fuente: Los Autores

El error estándar del estimado es:

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{0,11026667}{37 - 3}} = 0,05694855$$

Como $S_{y/x} < S_y$, por lo tanto, es factible.

Ahora obtenemos el coeficiente de determinación:

$$r^2 = \frac{4767838,799 - 0,11026667}{4767838,799} = 0,9999$$

$$r = \sqrt{0,9842} = 0,9999$$

Con los resultados obtenidos se demuestra que el 99,99% de similitud con respecto a la incertidumbre original.

Para calcular el error entre el valor medido y el valor de la ecuación lineal se calculó de la siguiente manera:

$$error \% = \frac{Valor Medido - Valor Calculado}{Valor Medido} * 100$$

Tabla 3.7 Calculo del error promedio del sensor de 2.2 pulgadas
Fuente: Los Autores

n	Angulo (°) Grados	Promedio Valor Medido 12 bits	f(x)	Error %
1	-90	1768,000	1689,89787	4,42
2	-85	1785,667	1719,23511	3,72

3	-80	1790,667	1748,80193	2,34
4	-75	1802,000	1778,59833	1,30
5	-70	1807,000	1808,62431	0,09
6	-65	1822,667	1838,87987	0,89
7	-60	1839,667	1869,36501	1,61
8	-55	1853,000	1900,07973	2,54
9	-50	1887,000	1931,02404	2,33
10	-45	1902,333	1962,19792	3,15
11	-40	1930,000	1993,60139	3,30
12	-35	1960,000	2025,23444	3,33
13	-30	1996,667	2057,09707	3,03
14	-25	2056,667	2089,18928	1,58
15	-20	2115,000	2121,51107	0,31
16	-15	2138,333	2154,06244	0,74
17	-10	2183,333	2186,8434	0,16
18	-5	2226,667	2219,85393	0,31
19	0	2240,667	2253,09405	0,55
20	5	2274,667	2286,56375	0,52
21	10	2313,000	2320,26303	0,31
22	15	2394,333	2354,19189	1,68
23	20	2425,667	2388,35033	1,54
24	25	2486,000	2422,73835	2,54
25	30	2541,000	2457,35596	3,29
26	35	2581,667	2492,20314	3,47
27	40	2573,000	2527,27991	1,78
28	45	2587,333	2562,58626	0,96
29	50	2638,667	2598,12219	1,54
30	55	2654,333	2633,8877	0,77
31	60	2689,667	2669,88279	0,74
32	65	2689,333	2706,10746	0,62
33	70	2716,333	2742,56172	0,97
34	75	2739,000	2779,24555	1,47
35	80	2772,333	2816,15897	1,58
36	85	2816,333	2853,30197	1,31
37	90	2850,667	2890,67454	1,40
Promedio del error % =				1,68

Para el sensor de 2.2 pulgadas realizamos también la regresión lineal.

Tabla 3.8 Promedio de los valores del sensor 2.2 pulgadas medidos en el ESP32

Fuente: Los Autores

n	Ángulo	Promedio valor medido 12 bits	$(y_i - \bar{y})^2$	$(y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2)$
1	-90	2707,33		
2	-85	2718,67	163157,771	2713,31297
3	-80	2724,00	158877,651	2723,99767
4	-75	2732,67	152043,789	2732,66667
5	-70	2748,67	139822,095	2748,66667
6	-65	2756,67	133903,248	2756,66667

7	-60	2768,00	125737,327	2768
8	-55	2774,00	121518,191	2774
9	-50	2803,33	101927,753	2803,33333
10	-45	2814,67	94819,6088	2814,66667
11	-40	2837,67	81183,9241	2837,66667
12	-35	2872,00	62797,6508	2872
13	-30	2895,67	51496,2845	2895,66667
14	-25	2928,33	37737,4376	2928,33333
15	-20	2961,33	26005,1944	2961,33333
16	-15	3002,67	14382,7079	3002,66667
17	-10	3048,33	5514,73492	3048,33333
18	-5	3098,67	572,545735	3098,66667
19	0	3128,67	36,8700592	3128,66667
20	5	3174,00	2642,5157	3174
21	10	3210,33	7698,08628	3210,33333
22	15	3234,00	12411,1644	3234
23	20	3288,67	27579,9331	3288,66667
24	25	3298,00	30767,0562	3298
25	30	3318,67	38444,2574	3318,66667
26	35	3344,67	49316,0052	3344,66667
27	40	3370,67	61539,7529	3370,66667
28	45	3397,67	75664,6448	3397,66667
29	50	3429,00	93884,2725	3429
30	55	3460,33	114067,456	3460,33333
31	60	3485,33	131579,393	3485,33333
32	65	3494,67	138437,627	3494,66667
33	70	3513,33	152676,762	3513,33333
34	75	3527,67	164083,384	3527,66667
35	80	3545,00	178426,327	3545
36	85	3555,67	187551,42	3555,66667
37	90	3567,00	197496,164	3567
Σ	0	115536,00	3308242,92	112895,478

Realizando el cálculo obtenemos los siguientes resultados:

$$n = 37 \quad m = 2 \quad \sum y_i = 115536,0000$$

$$\sum x_i = 0 \quad \sum x_i^2 = 105450 \quad \sum x_i^3 = 0 \quad \sum x_i^4 = 540431250$$

$$\bar{x} = \frac{0}{37} = 0 \quad \bar{y} = \frac{115536,00}{37} = 3122,5945$$

$$\sum x_i y_i = 585431,667 \quad \sum x_i^2 y_i = 329836525$$

$$\begin{bmatrix} 37 & 0 & 105450 \\ 0 & 105450 & 0 \\ 105450 & 0 & 540431250 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 115536,00 \\ 585431,667 \\ 329836525 \end{Bmatrix}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones anterior obtenemos:

$$a_0 = 3115,95$$

$$a_1 = 5,55175$$

$$a_2 = 0,00233$$

Así obtenemos la ecuación lineal del sensor de 2.2 pulgadas que es la siguiente:

$$y = 0,00233x^2 + 5,55175x + 3115,95$$

Comprobamos que la ecuación obtenida es correcta mediante el software Matlab graficando la original y la regresión polinomial obteniendo como resultado como se puede apreciar en la figura 3.14.

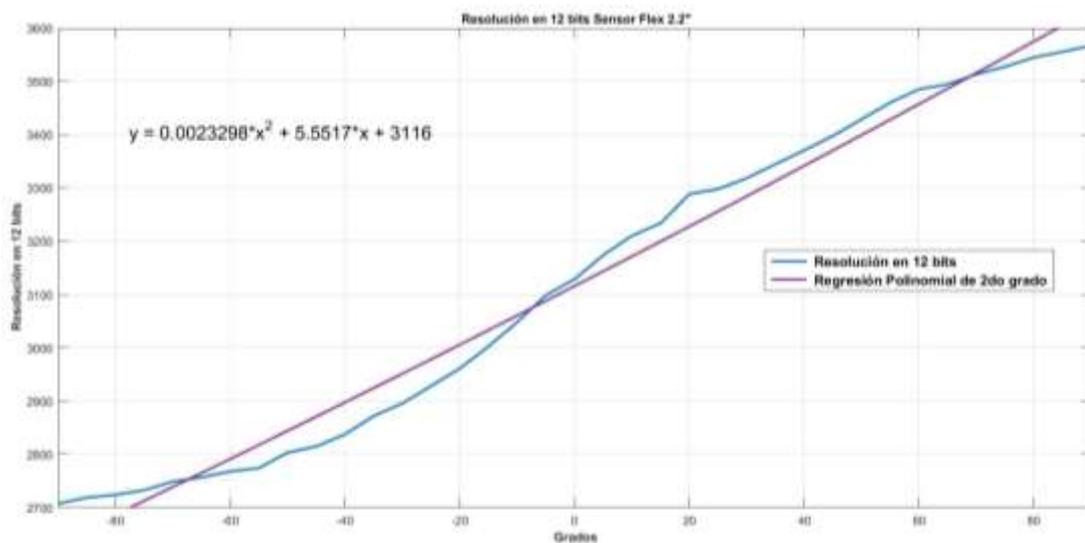


Figura 3.14 Resultado de la regresión polinomial para el Sensor de 2.2''

Fuente: Los Autores

El error estándar del estimado es:

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{112895,478}{37 - 3}} = 57,6234$$

Se puede determinar el coeficiente de determinación:

$$r^2 = \frac{3308242,92 - 112895,47801}{3308242,92} = 0,9658$$

$$r = \sqrt{0,9658} = 0,9827$$

Con los resultados obtenidos se demuestra que el 96,58% de similitud a la incertidumbre original.

Para calcular el error entre el valor medido y el valor de la ecuación lineal se calculó de la siguiente manera:

$$error \% = \frac{Valor Medido - Valor Calculado}{Valor Medido} * 100$$

Tabla 3.9 *Calculo del error promedio del sensor de 2.2 pulgadas*
Fuente: Los Autores

n	Angulo (°) Grados	Promedio Valor Medido 12 bits	f(x)	Error %
1	-90	2707,33	2635,16906	2,67
2	-85	2718,67	2660,88918	2,13
3	-80	2724,00	2686,7258	1,37
4	-75	2732,67	2712,67891	0,73
5	-70	2748,67	2738,74851	0,36
6	-65	2756,67	2764,9346	0,30
7	-60	2768,00	2791,23718	0,84
8	-55	2774,00	2817,65626	1,57
9	-50	2803,33	2844,19183	1,46
10	-45	2814,67	2870,84389	2,00
11	-40	2837,67	2897,61244	2,11
12	-35	2872,00	2924,49748	1,83
13	-30	2895,67	2951,49902	1,93
14	-25	2928,33	2978,61705	1,72
15	-20	2961,33	3005,85156	1,50
16	-15	3002,67	3033,20258	1,02
17	-10	3048,33	3060,67008	0,40
18	-5	3098,67	3088,25407	0,34
19	0	3128,67	3115,95456	0,41
20	5	3174,00	3143,77154	0,95
21	10	3210,33	3171,70501	1,20
22	15	3234,00	3199,75497	1,06
23	20	3288,67	3227,92142	1,85
24	25	3298,00	3256,20437	1,27
25	30	3318,67	3284,60381	1,03
26	35	3344,67	3313,11974	0,94
27	40	3370,67	3341,75216	0,86
28	45	3397,67	3370,50107	0,80
29	50	3429,00	3399,36648	0,86
30	55	3460,33	3428,34837	0,92
31	60	3485,33	3457,44676	0,80
32	65	3494,67	3486,66164	0,23
33	70	3513,33	3515,99301	0,08

34	75	3527,67	3545,44088	0,50
35	80	3545,00	3575,00523	0,85
36	85	3555,67	3604,68608	1,38
37	90	3567,00	3634,48342	1,89
Promedio del error % =				1,14

3.2 DISEÑO Y IMPLEMENTACION DE LOS PROTOTIPOS DEL SISTEMA

Partiendo del criterio de que nuestro sistema electrónico debe ser capaz de sensor, convertir, procesar y enviar de forma inalámbrica los datos recolectados, nos vemos en la necesidad de utilizar un microprocesador que tenga todos los periféricos para realizar la conexión, es por ello que realizamos diferentes versiones para el sistema electrónico describiendo cada una de ellas a continuación.

3.1.2 PROTOTIPO VERSIÓN 1.0

3.1.2.1 Distribución de los sensores

En la primera versión la disposición de los sensores para la medición de la postura de la espalda se lo realizó en la zona de las vértebras cervicales hasta las vértebras torácicas como se puede apreciar en la figura 3.15, se tomó esta distribución de los sensores ya que se interpretó que las molestias ocasionadas por la mala postura solo afectaban a la zona superior de la espalda.

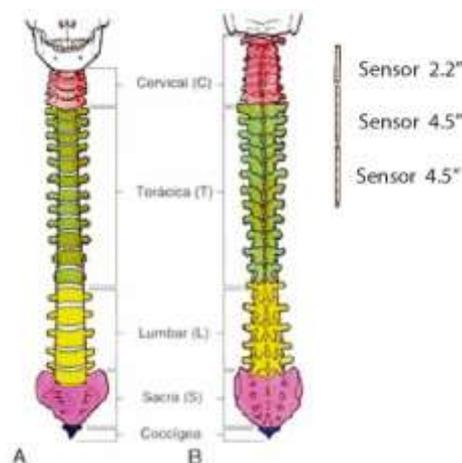


Figura 3.15 Distribución de los sensores para la versión 1.0

Fuente: Los Autores

3.2.2.1 Desarrollo de los circuitos electrónicos

Para la implementación de esta versión el sistema electrónico consta de un microprocesador ATmega328 que está incorporado en la placa arduino nano, la comunicación inalámbrica con el bluetooth HC-05 la cual se permitirá la conexión con nuestra aplicación android, para esta realizamos la medición de los sensores flex que están conectadas a las entradas analógicas de la placa del microcontrolador y los valores medidos los enviamos mediante bluetooth hacia la aplicación, el esquema del circuito se puede apreciar a continuación en la figura 3.16:

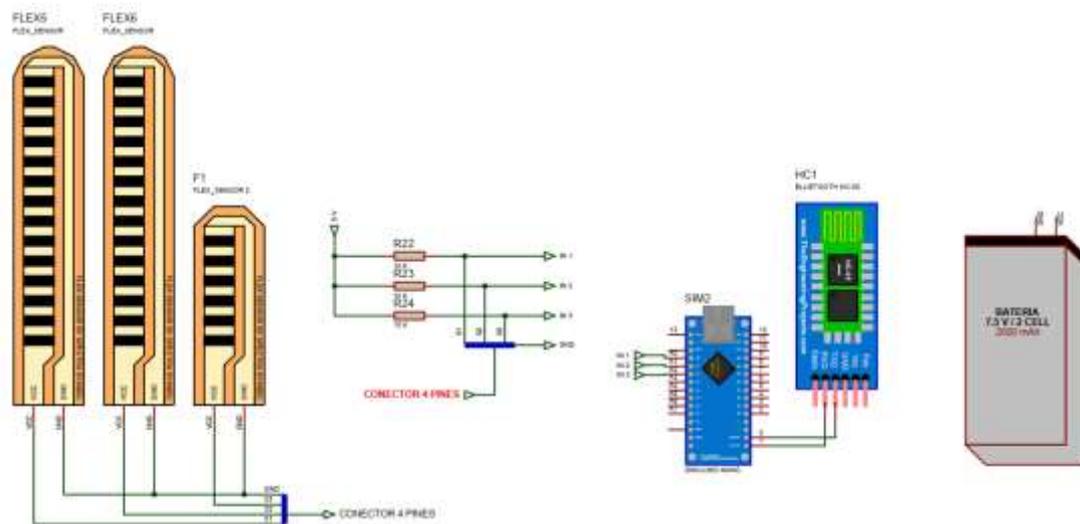


Figura 3.16 Esquema para el circuito electrónico del prototipo versión 1.0
Fuente: Los Autores

3.3.2.1 Flujograma del funcionamiento de los programas de μ C y la Aplicación

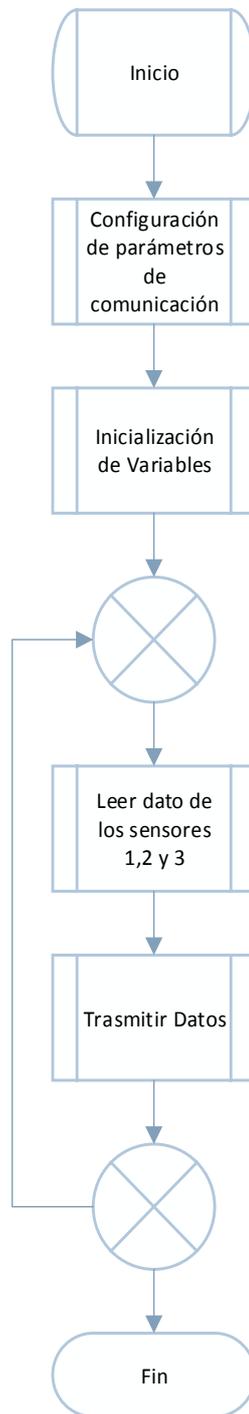


Figura 3.17 Diagrama de flujo del programa implementado en la placa.

Fuente: Los Autores

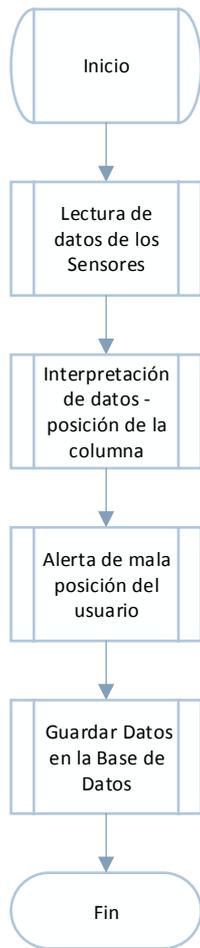


Figura 3.18 *Diagrama de flujo del programa implementado en la Aplicación*
Fuente: Los Autores

3.4.2.1 Implementación del prototipo



Figura 3.19 *Versión 1.0 de los sensores flex*
Fuente: Los Autores

3.2.2 PROTOTIPO VERSIÓN 2.0

3.1.2.2 Distribución de los sensores

Para el desarrollo de la segunda versión se tomó en cuenta varios aspectos, entre ellos está el tamaño del dispositivo, así como también las disposiciones de los sensores, los cuales deberán abarcar o comprender toda la longitud de la espalda para una correcta medición de los ángulos y una correcta interpretación de toda la flexión a lo largo de la misma. Por lo que la superficie sensorial abarca la parte baja de la región cervical, región torácica y región lumbar. Es decir, el 80 % de la longitud de la columna vertebral utilizando para ello cuatro sensores de 4.5” y uno de 2.2”.

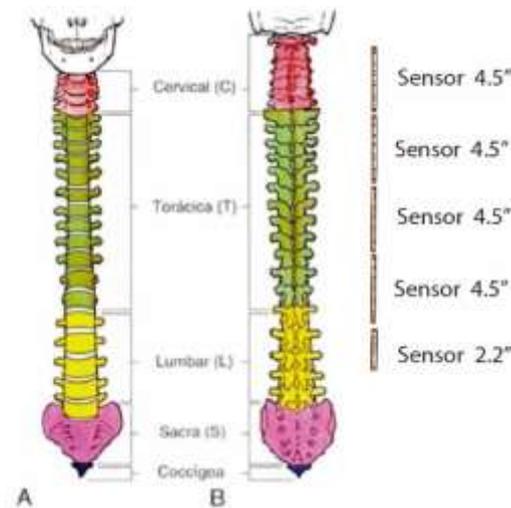


Figura 3.20 Distribución de los sensores para la versión 2.0

Fuente: Los Autores

3.2.2.2 Desarrollo de los circuitos electrónicos

Para el desarrollo del circuito eléctrico como se menciona en la parte 3.1.3.2 que se debe mejorar o disminuir el tamaño físico y tratar de minimizar los requerimientos de batería. Ya que los dispositivos ocupados en la primera versión tienen un alto requerimiento de batería y de espacio, por lo que se emplea el microprocesador ESP32 que viene incluido en la placa LOLIN 32 que a su vez cuenta con un módulo Bluetooth-BLE incorporado en la placa, el cual se utiliza para la comunicación con la aplicación android, así como también se aumentó una pantalla para visualización de los estados de la postura en el dispositivo, la cual es una pantalla OLED de 0,96” el circuito

de la distribución de los sensores, procesamiento comunicación y demás se pueden apreciar en la figura 3.21

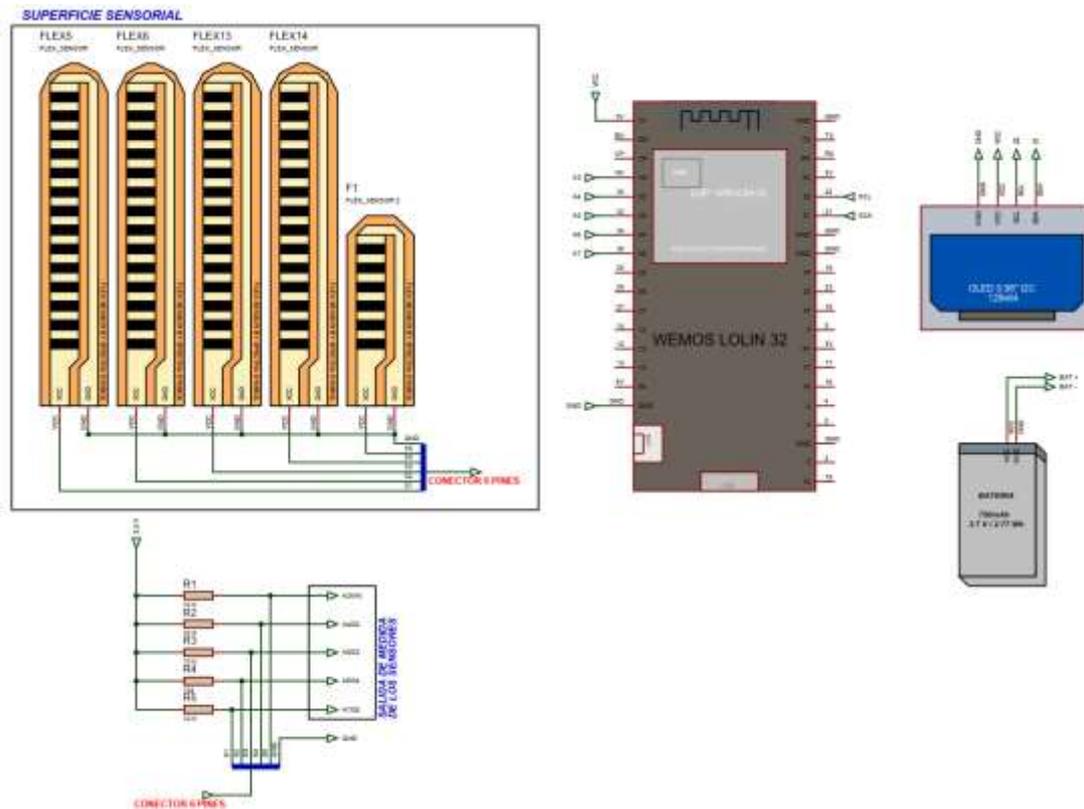


Figura 3.21 Esquema del circuito electrónico del prototipo versión 2.0
Fuente: Los Autores

Los elementos que utilizamos en la versión 2.0 son los siguientes:

- Microcontrolador ESP32

Este microcontrolador ESP32 está integrado a una placa LOLIN32 de WEMOS Electronics la misma que se puede apreciar en la figura 3.22



Figura 3.22 Placa Lolin32 de WEMOS Electronics [60]
Fuente: WEMOS Electronics

En la tabla 12 se puede observar algunas características técnicas de LOLIN32:

Tabla 3.10 *Especificaciones técnicas de LOLIN32*

Fuente: Wemos Electronics

Datos técnicos	
WIFI	
BLUETOOTH	
Microcontrolador	ESP-32
Tensión de funcionamiento	3.3V
Pines de E / S digitales	26
Pines de entrada analógica	12
Velocidad del reloj (Máx.)	240Mhz
Memoria	4M bytes
Longitud	58 mm
Anchura	25.4 mm
Peso	5.8g

La placa de LOLIN32 tiene incorporado tanto la antena de WIFI como la de BLUETOOTH, con ello reducimos el espacio de sistema electrónico para mayor comodidad del usuario, también nos da la posibilidad de trabajar con el BLUETOOTH LE (Bluetooth Low Energy) con una velocidad hasta los 32 Mbits/s. con este nuevo protocolo de transmisión de datos podemos bajar el consumo de la energía de la batería para prolongar el funcionamiento del sistema.

- Display oled de 0.96" de 128x64 pixeles

El display es de 0.96" con conexión I2C, en la cual observaremos la información más relevante como: el valor en el que se encuentra la espalda.



Figura 3.23 *Display oled de 0.96"*

Fuente: Los autores

El tamaño de la pantalla es pequeño y nos permite visualizar sin problemas la información importante y además reducimos el tamaño del dispositivo, a fin de mantener un tamaño de dispositivo adecuado para su uso.

Tabla 3.11 *Especificaciones técnicas de Display de 0.96"*

Fuente: Vishay [61]

Características técnicas	Valores
Resolución	128x64 píxeles
Controlador	SSD1306
Interfaz	I2C
Angulo de visión:	>160°
Alimentación:	3 a 5V DC
Dimensiones	2.2 x 2.8 cm
Temperatura de funcionamiento	-30 a +70 °C

- Batería de polímero de litio

Para el desarrollo del sistema, el consumo del microcontrolador es de 300mAh, en el cual está el mayor consumo de energía, la batería seleccionada es la 503048 Li-Po, las características técnicas se muestra en la tabla 14 [62].

Tabla 3.12 *Especificaciones técnicas de Batería Li-Po"*

Fuente: Baterías de Li-Po [62]

Características técnicas:	Valor
Voltaje nominal	3.7 V
Capacidad nominal	750 mAh
Capacidad mínima	650 mAh
Constante de Descarga	0.2 C
Configuración	1S/ 1 célula
Dimensión	5x30x48 mm
Peso	15 g

3.3.2.2 Flujograma del funcionamiento de los programas de μ C y la Aplicación

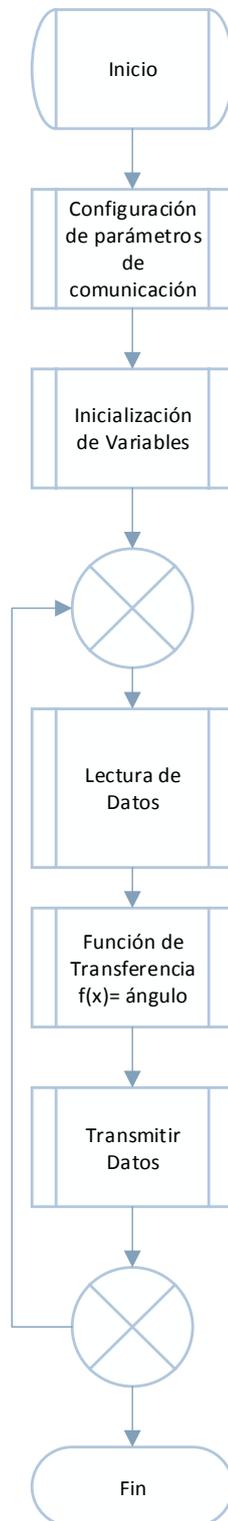


Figura 3.24 Diagrama de flujo del programa implementado en LOLIN 32
Fuente: Los Autores

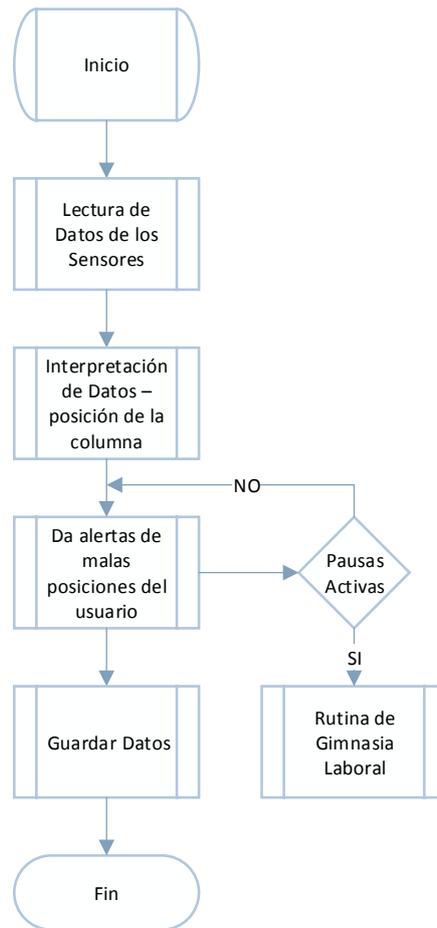


Figura 3.25 Diagrama de flujo del programa implementado en la Aplicación
Fuente: Los Autores

3.4.2.2 Implementación del prototipo



Figura 3.26 Versión 2.0 de la prenda para los sensores flex
Fuente: Los Autores

3.3.2 PROTOTIPO VERSIÓN 3.0

En esta versión se intentó disminuir el tamaño del dispositivo y recursos de batería, el funcionamiento se explica mediante los bloques que se encuentra presentado en la figura 3.27 y la descripción de cada uno de los mismos.

En el bloque 1 la obtención de los datos se realiza mediante una superficie sensorial, la cual consta de una línea de sensores flex que abarcan la región cervical baja, región dorsal y la región lumbar, dichos sensores detectan la posición de la espalda, los cuales son leídos mediante los puertos analógicos del microcontrolador ESP32 en el cual pasa por una función que transforma el valor analógico obtenido de los sensores y nos devuelve el valor en grados, dicha función fue obtenida de los sensores mediante regresión lineal explicada en la sección 3.3.1.1 con los ángulos obtenidos se mostrara en una pantalla OLED de 0,96" y a su vez son enviados hacia la aplicación android (Smartphone) mediante bluetooth.



Figura 3.27 Arquitectura de la obtención y procesamiento de datos

Fuente: Los Autores

Una vez los valores de los ángulos son recibidos por la aplicación son procesados para poder ser visualizados en la aplicación y monitorear la posición en que se encuentra el usuario las cuales serán enviadas a una base de datos en la nube este proceso se puede apreciar en la figura 3.28.

Bloque 2 y 3: Procesamiento de Datos en App Base de Datos en la Nube

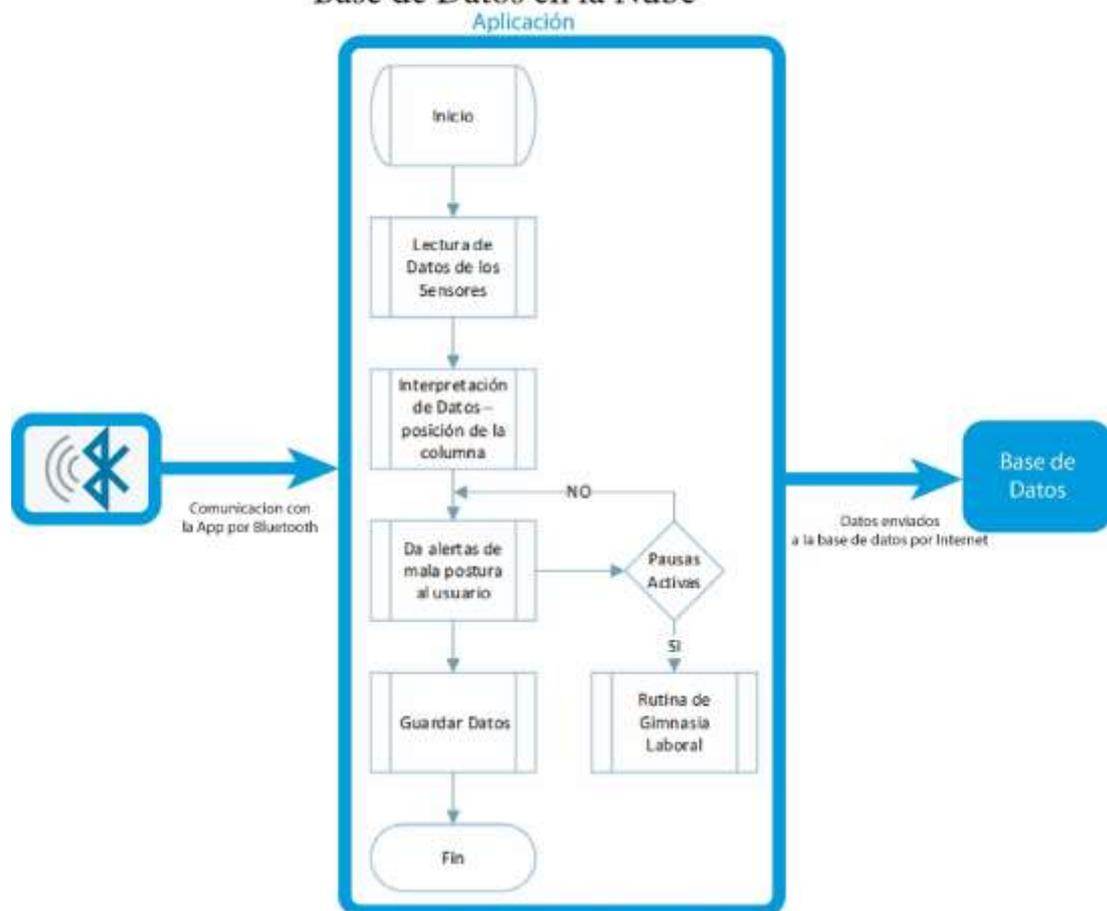


Figura 3.28 Arquitectura del procesamiento en la aplicación y envío de datos a la base

Fuente: Los Autores

3.1.2.3 Distribución de los sensores

En la tercera versión que realizamos la medición del ángulo de la espalda fue realizada desde el punto de las vértebras cervicales, torácica y lumbares como se puede apreciar en la figura 3.29, ocupamos la misma distribución de los sensores como en la versión 2.0 ya que con esta obtuvimos una buena lectura de los sensores y una facilidad para la utilización del mismo.

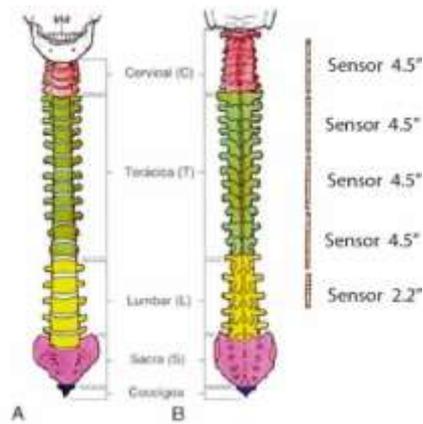


Figura 3.29 Distribución de los sensores para la versión 3.0
Fuente: Los Autores

3.2.2.3 Desarrollo de los circuitos electrónicos

Para el desarrollo de esta versión donde se intentó disminuir el tamaño se utilizó la placa WIFIKIT 32 que cuenta con un microprocesador ESP32, con esta placa se pudo reducir el tamaño del prototipo ya que cuenta con una conexión Bluetooth-BLE y una pantalla OLED de 0,96", a continuación mostramos el esquema del circuito que ocupamos para esta versión en la figura 3.30.

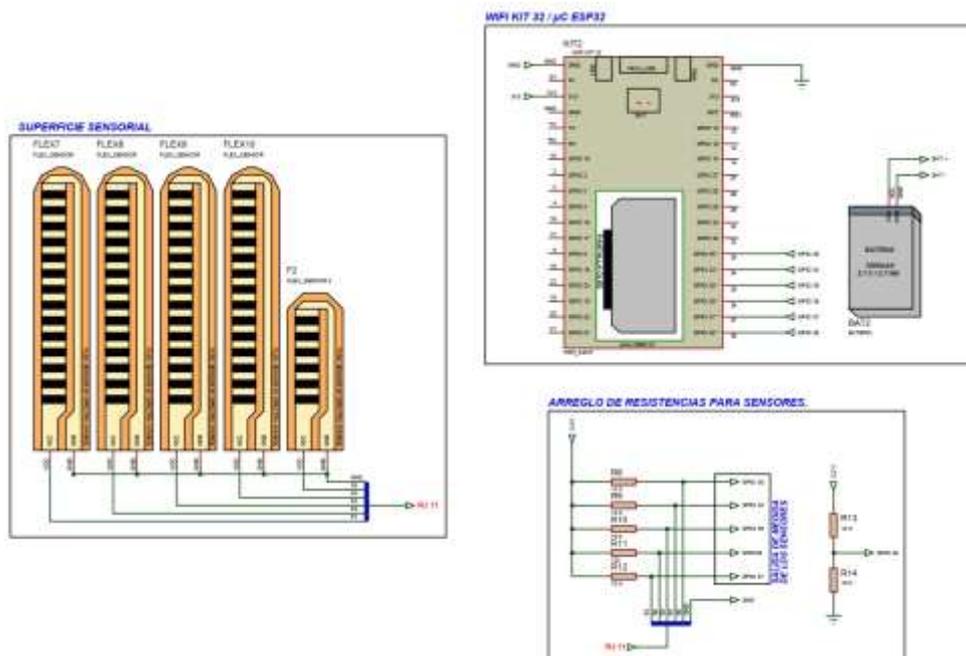


Figura 3.30 Esquema del circuito electrónico del prototipo versión 3.0
Fuente: Los Autores

3.3.2.3 Flujograma del funcionamiento de los programas de μ C y la Aplicación

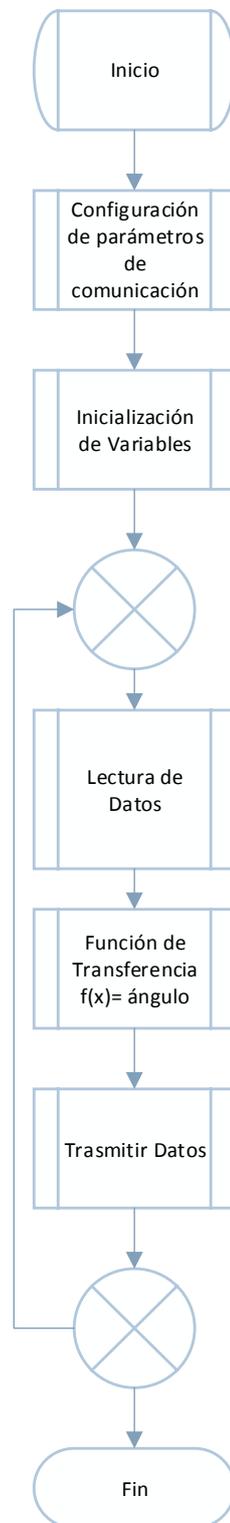


Figura 3.31 Diagrama de flujo del programa implementado en WIFIKIT 32
Fuente: Los Autores

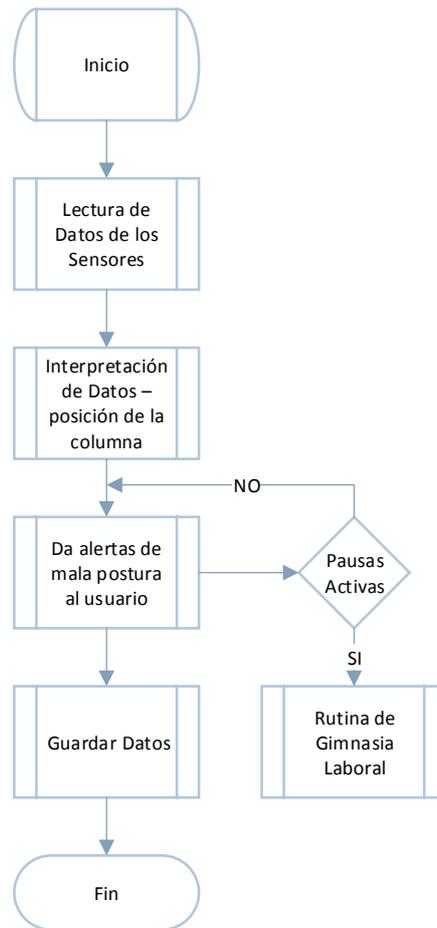


Figura 3.32 Diagrama de flujo del programa implementado en la Aplicación
Fuente: Los Autores

3.4.2.3 Implementación del prototipo

Para realizar una correcta medición de la curvatura de la espalda y que la superficie sensorial se acople de mejor manera la misma que va desde las vértebras cervicales bajas hasta las lumbares, y el usuario se coloque se implementó un chaleco en el cual cuenta en la parte frontal con un cierre para facilitar la colocación pudiendo apreciar el mismo en la figura 3.33:



Figura 3.33 Versión 3.0 de los sensores flex colocados

Fuente: Los Autores

3.3 DISEÑO Y DESARROLLO DE LA APLICACIÓN MÓVIL ANDROID

Para el desarrollo de la aplicación móvil se realiza la programación en el software libre App Inventor 2, en línea, que fue creado por MIT (Massachusetts Institute of Technology), es un entorno de programación intuitiva y visual que facilita la programación con la herramienta basada en bloques, para la instalación de la aplicación en los dispositivos móviles, podemos realizar la descarga nuestro ordenador luego pasarlo al dispositivo para su instalación o también se puede instalar mediante la lectura de un código QR para realizar la descarga directa en el dispositivo móvil pudiendo instalarla directamente. Los bloques de programación desarrollados en App Inventor 2 se encuentra en el Apéndice C [63].



Figura 3.34 *Arquitectura de la Aplicación*

Fuente: Los Autores

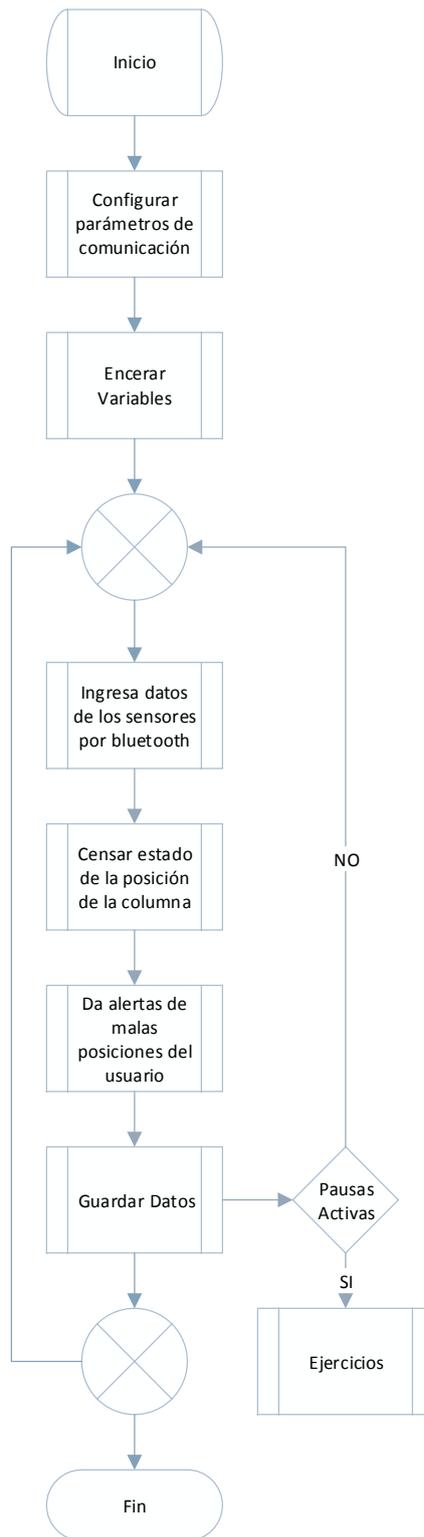


Figura 3.35 Diagrama de flujo implementado en la aplicación
Fuente: Los Autores

A continuación, mostramos un esquema completo de la aplicación en el cual se muestra los menús y submenús en los que se divide la aplicación, en la primera imagen central se observa un intro y el menú principal, del cual se derivan cada función de la aplicación, y los enlaces para los ejercicios que sugiere la aplicación.

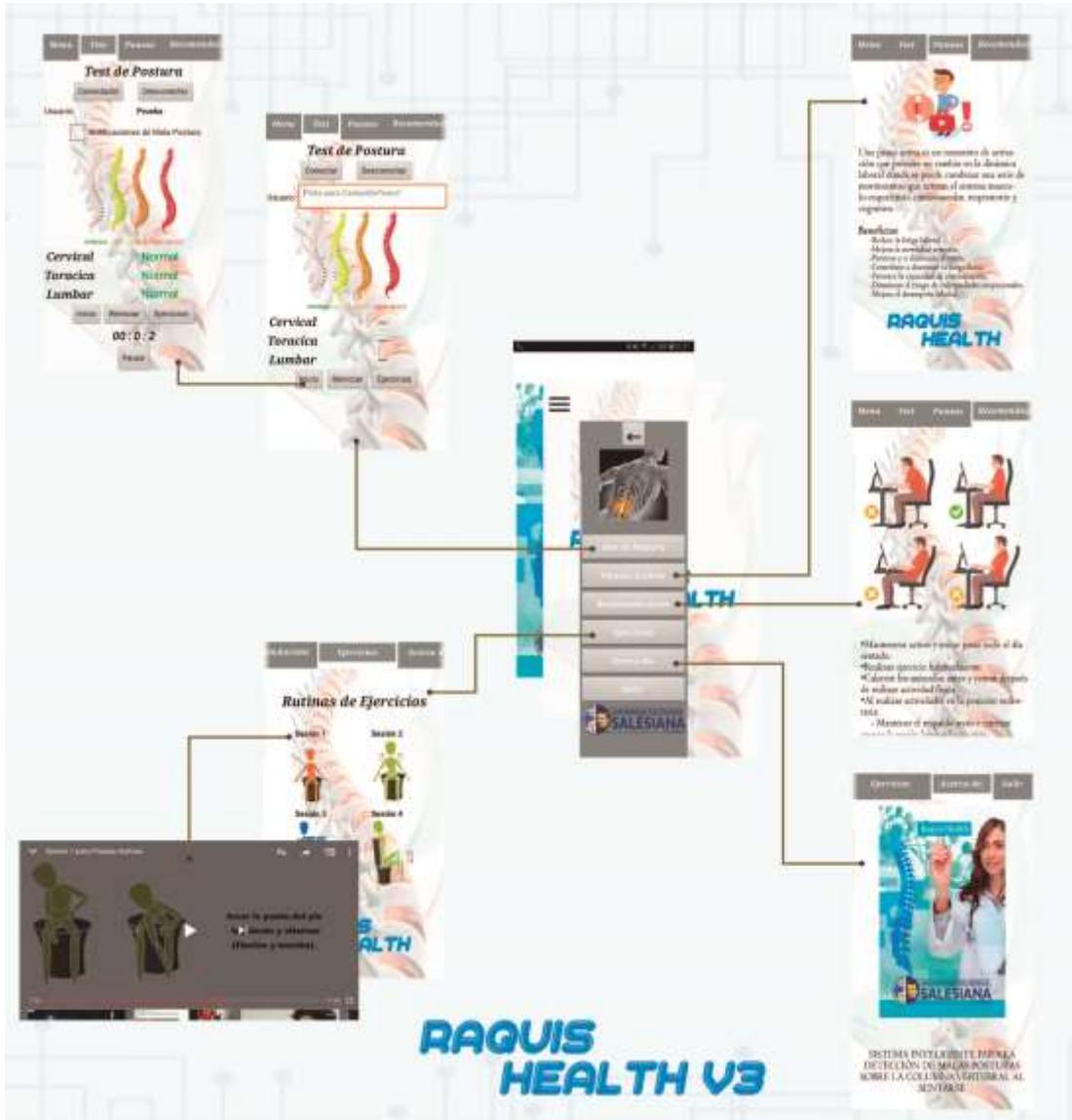


Figura 3.36 Menús de la aplicación.
Fuente: Los Autores

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se presenta los datos y el análisis, que se obtuvo durante las pruebas de campo realizadas a personas que desempeñan labores administrativas las cuales permanecen tiempos prolongados en una sola posición, para así conocer si tienen una correcta postura de la columna vertebral durante sus actividades cotidianas, dichas pruebas de campo se lo han realizado en la empresa Proquímica a su personal administrativo.

Además, se presentan notificaciones o alertas que indica al usuario, que se encuentra en una situación que podría afectar su salud a futuro para que opte por un correcto posicionamiento para sus actividades y mediante las mismas poder crear un hábito de una buena postura en el trabajo y con ello poder tener una mejor calidad de vida.

Las pruebas realizadas tienen el fin de evaluar aspectos referidos a la parte de ingeniería tales como análisis de variables técnicas del prototipo y por otro lado se analiza los resultados alcanzados.

4.1 ENFOQUE TÉCNICO

En esta parte se abarcará distintos puntos sobre la elaboración y funcionamiento del dispositivo, para una correcta evaluación de las dos versiones se realizaron distintos análisis de variables que influyen en el funcionamiento y comodidad para el usuario el momento de ocupar el dispositivo. Así también un análisis de costo de cada versión.

4.1.1 MEDICIÓN CORRIENTE Y TENSIÓN

Debido a que nuestro dispositivo es alimentado mediante baterías de litio, tomamos mediciones de los índices de trabajo que tiene la corriente y tensión para cada una de nuestras versiones, los datos medidos nos ayudaran a calcular la duración de la batería en modo de espera como en el de funcionamiento. Los datos obtenidos se encuentran tanto para la versión 2 como 3, se muestran en la tabla 4.1:

Tabla 4.1 Mediciones de la corriente de los dispositivos

Fuente: Los Autores

Estado	Versión 2		Versión 3	
	Valor Corriente	Valor tensión	Valor Corriente	Valor tensión
Estático	340 mA.	3.756 V.	250 mA.	3.756 V.
Operativo	450.4 mA	3.756 v.	310 mA.	3.756 V.

4.2.1 ANÁLISIS DE COSTOS DE OPERACIÓN

El costo del sistema tanto para la versión 2 como la versión 3, se incluye un análisis de costos de materiales, la mano de obra empleada para el desarrollo tanto como de hardware y software, otro de los puntos a considerar es el diseño, construcción y ensamblaje del dispositivo.

Se presenta diferentes tablas con la descripción y costo de cada ítem mencionado, en la tabla 4.2 se encuentran costo para la construcción de la versión 2, en la misma esta todos los costos de los materiales electrónicos necesarios, así también la carcasa para protección del mismo y el costo para producir 100 unidades y 1000 unidades.

Tabla 4.2 Costo de materiales para la construcción de la versión 2

Fuente: Los Autores

Cantidad	Descripción	V. Unitario	VU/100	VU/1000	V.T.	V.T./100	V.T./1000
1	Wemos LOLIN 32	15	7,5	5,5	15	7,5	5,5
1	Pantalla LCD OLED 0,96"	7,99	5,85	4,25	7,99	5,85	4,25
8	Resistencias	0,02	0,01	0,008	0,16	0,08	0,064
1	Batería Tipo LiPo	9,6	7,2	5,25	9,6	7,2	5,25
1	Conector JST 2,0 mm PH 6 pines con cable	0,25	0,18	0,1	0,25	0,18	0,1
1	Flex Sensor 2.2 "	14,95	11	8,67	14,95	11	8,67
4	Flex Sensor 4,5 "	24,95	18,54	13,23	99,8	74,16	52,92
1	Placa Cu + Acido	4,6	2,5	1,75	4,6	2,5	1,75
1	DIP Sockets - 40 Pin	0,99	0,6	0,2	0,99	0,6	0,2
1	Impresión Carcasa	20	15	9	20	15	9
1	Switch On/Off Small Size 3-Pin Dip	0,55	0,25	0,15	0,55	0,25	0,15
1	Polímero termo fundente 1m	0,6	0,32	0,15	0,6	0,32	0,15
1	Materiales Varios	8	6	4	8	6	4
Total:					182,49	130,64	92,004

Adicional a los costos presentados en la tabla 4.2 se le debe agregar los gastos operativos es decir valores que abarquen la remuneración por concepto de diseño del hardware, programación y desarrollo de software. Para las siguientes tablas 4.3 y 4.4 se realizó el costeo en función de las horas empleadas para el desarrollo total del dispositivo teniendo como remuneración de \$ 3.00 dólares por hora empleada.

Tabla 4.3 *Desglose de costo por mano de obra de la versión 2*

Fuente: Los Autores

N.º Horas	Descripción	V. U.	V. Total	V.T./100	V.T./1000
74	Diseño Electrónico de Circuitos	3	222	2,22	0,5
4	Corte e impresión del Diseño	3	12	5	2
3	Proceso de cortado y limpieza de la placa	3	9		
2	Planchado de la placa	3	6		
3	Revelado en Acido	3	9		
2	Perforación de Placa	3	6		
6	Soldado de componentes	3	18	18	18
12	Ensamblado General	3	36	36	36
106	Total:		318	61,22	56,5

Tabla 4.4 *Remuneración por concepto de software y hardware de la versión 2*

Fuente: Los Autores

N.º Horas	Descripción	V. U.	V. Total	V.T./100	V.T./1000
224	Programación y Desarrollo de Software	3	672	6,72	0,8
106	Diseño y Construcción de Hardware	3	318	64,5	15
	Total:		990,00	71,22	15,80

Debido a que el dispositivo consta de una base de datos alojada en la nube se debe tomar en cuenta los costos de la misma. La cual para un dispositivo podemos ocupar una base de datos gratuita, pero para más de 100 dispositivos o usuarios debemos contratar un servidor para el almacenamiento de datos, por lo que en la tabla 19 está especificado el costo para 100 y 1000 dispositivos.

Tabla 4.5 *Alquiler de Servidor para base de datos según los usuarios de la versión 2*

Fuente: Los Autores

Cantidad de Usuarios	Cantidad de datos generados			Costo
	Día	Mes	Año	
1	1,6MB	6,7MB	80,4MB	0
100	160MB	670MB	8,04GB	55
1000	1,6GB	6,7GB	80,4GB	120

Para sacar el costo total del dispositivo se tomó en cuenta los distintos rubros presentados en las tablas anteriores (4.2, 4.3, 4.4, 4.5) las mismas que son el costo de todos los materiales necesarios, también el tiempo implementado en cada uno de los procesos tanto para software como para hardware y costos de plataformas para almacenamiento de los datos, en la tabla 4.6 se realiza un análisis del costo total de

fabricación por dispositivo, 100 y 1000 unidades, hay que tomar en cuenta que para la mano de obra se generó dos rubros por la participación de dos desarrolladores.

Tabla 4.6 *Coste final del prototipo en su versión 2*

Fuente: Los Autores

Cantidad	Descripción	V. U.	V.U./100	V.U./1000	V. Total	V.T/100	V.T/1000
1	Servidor para base de datos	0,00	55,00	120,00	0,00	55,00	120,00
1	Costo Concepto de Materiales	182,49	130,64	92,00	182,49	130,64	92,00
2	Costo Concepto de Mano de Obra	990,00	71,22	15,80	1980,00	142,44	31,60
Total:					2162,49	328,08	243,60

Para el costo de la versión 3 del dispositivo se presentan diferentes tablas donde se detallan costos para materiales y de mano de obra tanto en hardware y software.

En la tabla 4.7 se incluye los componentes electrónicos requeridos para el desarrollo del dispositivo, así como los elementos utilizados para la construcción. En el análisis de los costos se incluye el presupuesto para el desarrollo de 100 y 1000 dispositivos.

Tabla 4.7 *Costo de materiales para la construcción de la versión 3*

Fuente: Los Autores

Cantidad	Descripción	V. Unitario	VU/100	VU/1000	V.T.	V.T./100	V.T./1000
1	Wifi kit 32 + Batería	14	7,1	4,8	14	7,1	4,8
8	Resistencias	0,02	0,01	0,008	0,16	0,08	0,064
1	Conector RJ11	0,25	0,18	0,1	0,25	0,18	0,1
1	Flex Sensor 2.2 "	14,95	11	8,67	14,95	11	8,67
4	Flex Sensor 4,5 "	24,95	18,54	13,23	99,8	74,16	52,92
1	Placa Cu + Acido	4,6	2,5	1,75	4,6	2,5	1,75
1	Impresión Carcasa	20	15	9	20	15	9
1	Switch On/Off Small Size 3-Pin Dip	0,55	0,25	0,15	0,55	0,25	0,15
1	Polímero termo fundente 1m	0,6	0,32	0,15	0,6	0,32	0,15
1	Materiales Varios	8	6	4	8	6	4
Total:					162,91	116,59	81,604

Adicional a los costos presentados en la tabla 4.7 se le debe agregar los gastos operativos es decir valores que abarquen la remuneración por concepto de diseño del hardware, programación y desarrollo de software. Para las siguientes tablas 4.8 y 4.9 se realizó el costeo en función de las horas empleadas para el desarrollo total del dispositivo teniendo como remuneración de \$ 3.00 dólares por hora empleada.

Tabla 4.8 *Desglose de costo por mano de obra de la versión 3*

Fuente: Los Autores

Nº Horas	Descripción	V. U.	V. Total	V.T./100	V.T./1000
----------	-------------	-------	----------	----------	-----------

15	Diseño Electrónico de Circuitos	3	45	0,45	0,5
2	Corte e impresión del Diseño	3	6	5	2
2	Proceso de cortado y limpieza de la placa	3	6		
1	Planchado de la placa	3	3		
1	Revelado en Acido	3	3		
1	Perforación de Placa	3	3		
2	Soldado de componentes	3	6	6	6
12	Ensamblado General	3	36	36	36
36	Total:		108	47,45	44,5

Tabla 4.9 Remuneración por concepto de software y hardware de la versión 3

Fuente: Los Autores

N.º Horas	Descripción	V. U.	V. Total	V.T./100	V.T./1000
224	Programación y Desarrollo de Software	3	672	6,72	0,75
36	Diseño y Construcción de Hardware	3	108	47,45	15
	Total:		780	54,17	15,75

Debido a que el dispositivo consta de una base de datos online, se debe tomar en cuenta los costos de la misma. La cual para un dispositivo podemos ocupar una base de datos gratuita, pero para más de 100 dispositivos o usuarios debemos contratar un servidor para el almacenamiento de datos, por lo que en la tabla 4.10 está especificado el costo para 100 y 1000 dispositivos.

Tabla 4.10 Alquiler de Servidor para base de datos según los usuarios de la versión 3 Fuente: Los Autores

Cantidad de Usuarios	Cantidad de datos generados			Costo
	Día	Mes	Año	
1	1,6MB	6,7MB	80,4MB	0
100	160MB	670MB	8,04GB	55
1000	1,6GB	6,7GB	80,4GB	120

Para sacar el costo total del dispositivo se tomó en cuenta los distintos rubros presentados en las tablas anteriores (4.7, 4.8, 4.9, 4.10) las mismas que son el costo de todos los materiales necesarios, también el tiempo implementado en cada uno de los procesos tanto para software como para hardware y costos de plataformas para almacenamiento de los datos, en la tabla 4.11 se realiza un análisis del costo total de fabricación por dispositivo, 100 y 1000 unidades, hay que tomar en cuenta que para la mano de obra se generó dos rubros por la participación de dos desarrolladores.

Tabla 4.11 Coste final del prototipo en su versión 3

Fuente: Los Autores

Cantidad	Descripción	V. U.	V.U./100	V.U./1000	V.Total	V.T/100	V.T/1000
----------	-------------	-------	----------	-----------	---------	---------	----------

1	Servidor para base de datos	0,00	55,00	120,00	0,00	55,00	120,00
1	Costo Concepto de Materiales	162,91	116,59	81,604	162,91	116,59	81,604
2	Costo Concepto de Mano de Obra	780	54,17	15,75	1560	108,34	31,5
Total:					1722,91	279,93	233,10

De acuerdo al detalle de las tablas 20 y 25 de los costos totales de cada versión 1 y 2 respectivamente.

Para la versión 2 se observa que el costo de producir 100 unidades es de 328.08 dólares por unidad, en tanto la inversión de compra de materiales es de 13064 dólares, y producir 1000 dispositivos tiene el costo individual de 243.60 dólares, por lo que el costo de materiales para producir esa cantidad es de 92000 dólares. Por lo que se propone un precio de venta al público de 450 dólares, con la venta de 30 dispositivos se recuperaría la inversión.

Para la versión 3 el costo de producción de 100 unidades es de 279.93 dólares por unidad, por lo que la inversión en materiales para producir dicha cantidad es de 11659 dólares, y producir 1000 dispositivos tiene el costo individual de 233.10 dólares, con una inversión de 81604 dólares en materiales para producir dicha cantidad. Por lo que se propone un precio de venta al público de 450 dólares, con la venta de 26 dispositivos se recuperaría la inversión.

Cabe recalcar que el dispositivo fue desarrollado en la ciudad de Cuenca y los implementos fueron adquiridos en su mayoría a nivel nacional tanto en la ciudad de Quito y Cuenca, los módulos con los microprocesadores de la versión 2 y de la versión 3 fueron adquiridos fuera del país específicamente en E.E.U.U.

Para finalizar, se especifica que la proyección de costos de 100 y 1000 unidades se realizó a nivel internacional.

4.3.1 RESULTADOS DE PRUEBAS

Las pruebas realizadas al prototipo tanto en la versión 2 como en la 3 fueron realizadas en estado estático, para comprobar el correcto funcionamiento estable de las dos versiones.

Para la versión 2 se realizó la prueba estática de una hora obteniendo la cantidad de 412 datos, los estados en que se encuentra el usuario son almacenados cada 10 segundos en la base de datos, apreciando el comportamiento del prototipo en porcentajes

como se muestra en la figura 4.1, podemos comprobar que la versión 2 tiene un funcionamiento estable en la prueba realizada en estado estático.

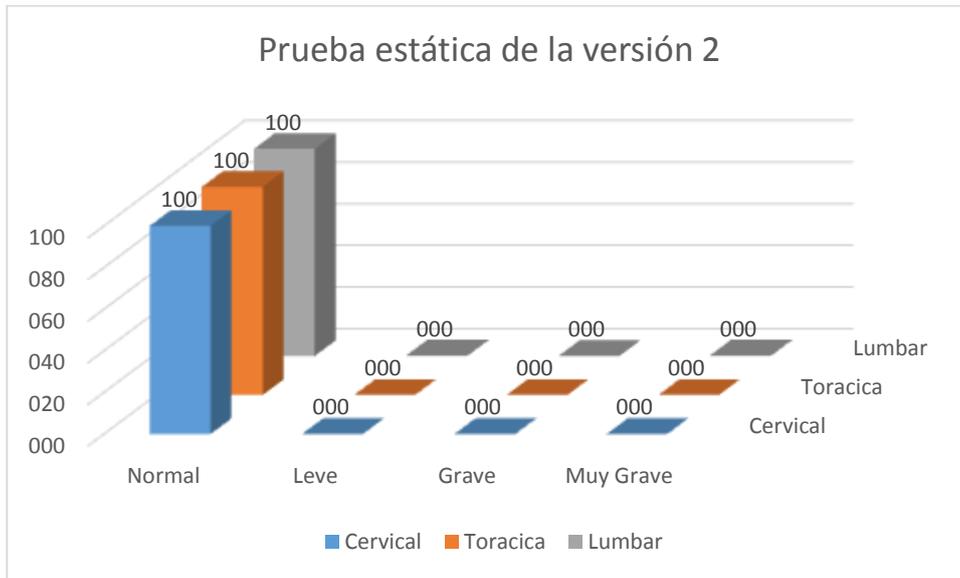


Figura 4.1 Valores en porcentajes de la prueba estática de la versión 2
Fuente: Los Autores

De igual manera para la versión 3 se realizó la prueba estática obteniendo la cantidad de datos de 412, los estados en que se encuentra el usuario son almacenados cada 10 segundos en la base de datos, apreciando el comportamiento del prototipo en porcentajes como se muestra en la figura 4.2, podemos comprobar que la versión 3 tiene un funcionamiento estable en la prueba realizada en estado estático.

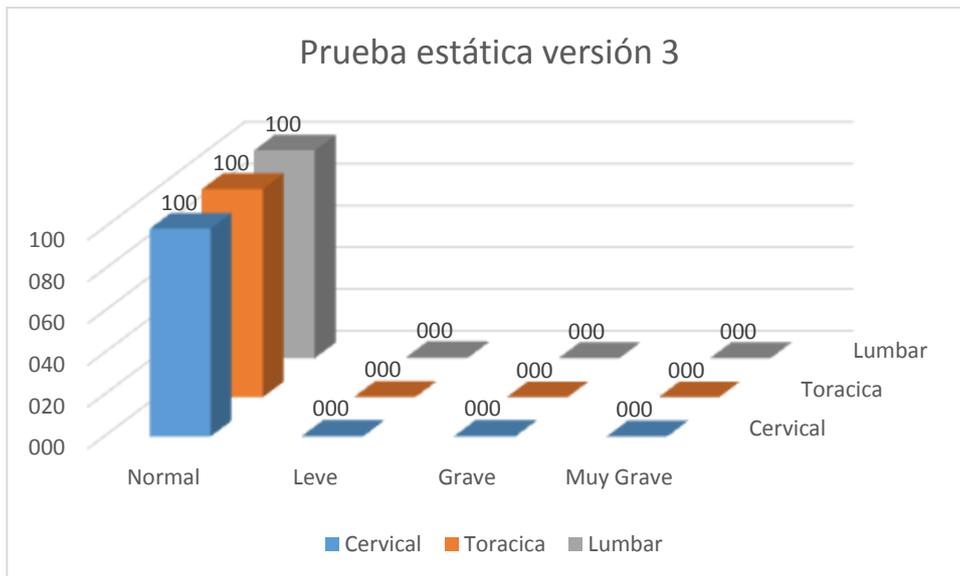


Figura 4.2 Valores en porcentajes de la prueba estática de la versión 3
Fuente: Los Autores

Se realizaron pruebas a las personas que realizan sus labores en el área administrativa en la empresa Proquímica, estas son pruebas se realizaron tanto sin alertas como con alertas.

➤ Usuario 1:

A continuación, se presenta la prueba realizada al usuario 1 sin alertas en un periodo de 8 horas para la adquisición de 2880 datos, estos son guardados de manera online creando un historial de la posición de la espalda de cada usuario, de los mismos se toma el porcentaje de cada posición para la obtención de los siguientes resultados que se muestran en la figura 4.3.

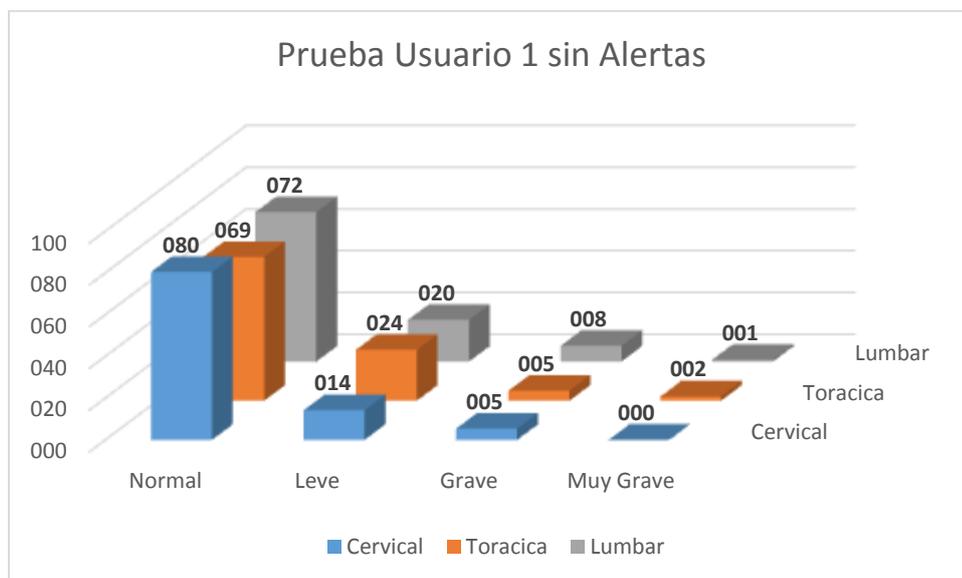


Figura 4.3 Valores en porcentajes de la prueba sin alertas con la versión 3

Fuente: Los Autores

Como observamos en la figura 4.3 podemos ver que el usuario tiende a asimilar posiciones incorrectas en sus labores diarias pudiendo así causar malestar en su salud.

Después se realizó la prueba con alertas con la misma cantidad de horas y datos adquiridos para obtener los siguientes datos en porcentajes como se muestra en la figura 4.4.

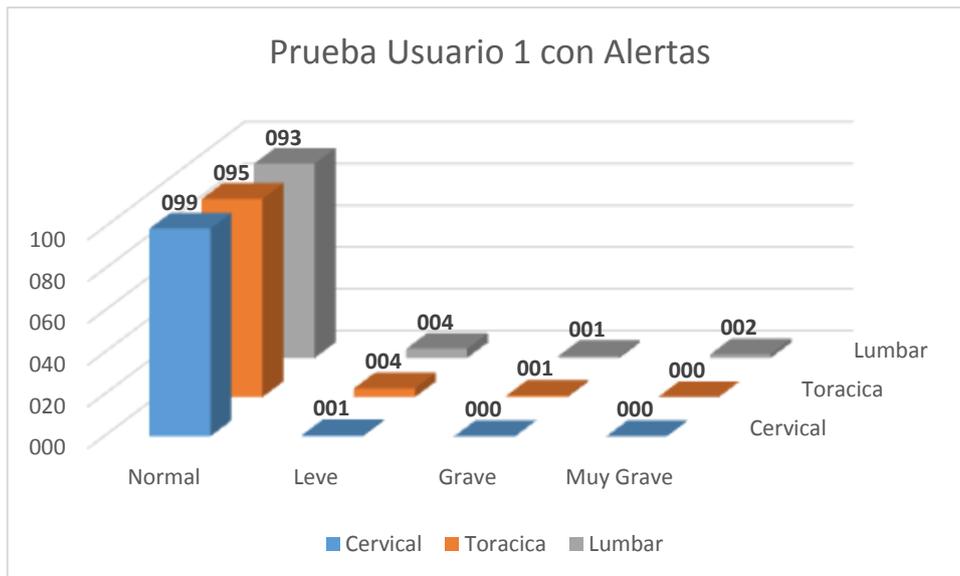


Figura 4.4 Valores en porcentajes de la prueba con alertas con la versión 3
Fuente: Los Autores

Como se puede apreciar en la figura 4.4 los datos obtenidos de la prueba realizada nos dan como referencia que el sistema funciona para mejorar la postura de los usuarios ya que cuando opta por posiciones incorrectas es alertado para tomar una mejor postura y poder así generar un hábito postural correcto mejorando así su calidad de vida.

También se realiza la prueba de la versión 2 sin alertas con la misma cantidad de horas y de datos para obtener la siguiente grafica en porcentaje que presentamos a continuación en la figura 4.5.

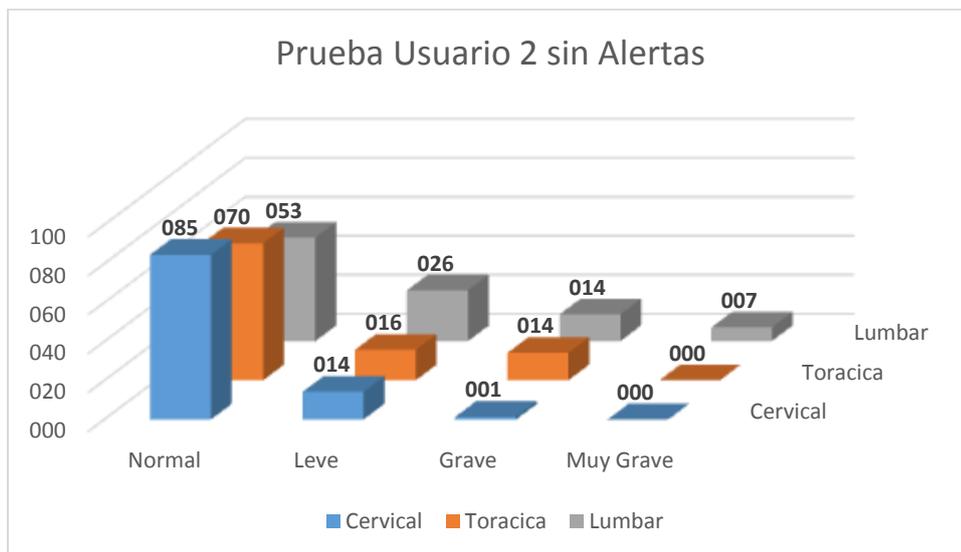


Figura 4.5 Valores en porcentajes de la prueba sin alertas con la versión 2
Fuente: Los Autores

Como podemos apreciar el comportamiento del usuario en la figura 4.5, este tiende a optar a un mal hábito postural en sus labores diarias ya que tiende a optar por posiciones incorrectas.

Después al mismo usuario se realizó la prueba con alertas con la misma cantidad de horas y datos adquiridos para obtener el historial postural, para la obtención de los siguientes resultados mostrados en la figura 4.6.

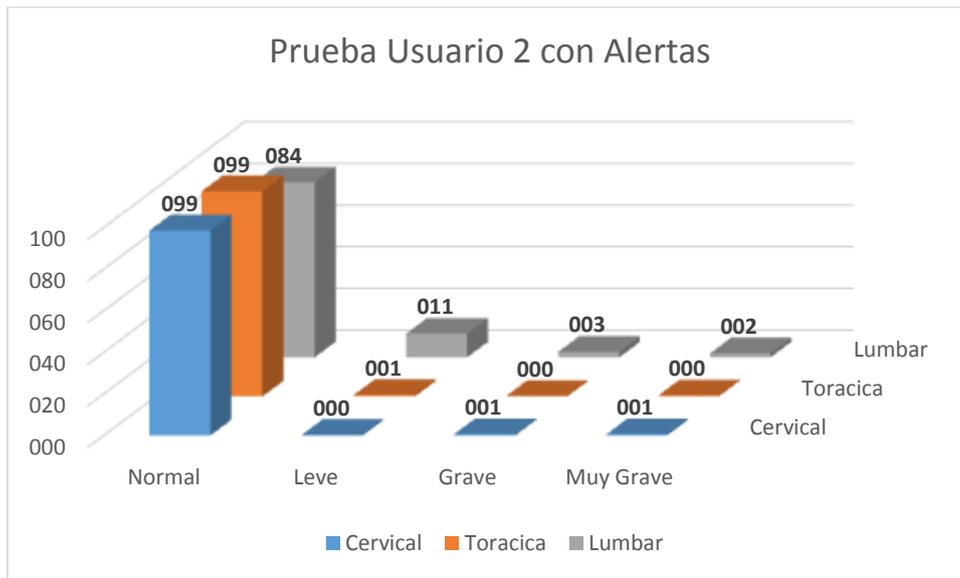


Figura 4.6 Valores en porcentajes de la prueba con alertas con la versión 2

Fuente: Los Autores

Podemos apreciar que el usuario de su mal hábito postural tiende a corregir su postura como se puede apreciar en la figura 4.5 tiende a tener malas posturas y en la figura 4.6 tiende a mejorar, con esto podemos lograr con el tiempo mejorar el hábito del usuario para llevar a un mejor desempeño laboral y calidad de vida del mismo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según el análisis realizado sobre el capítulo 1 y especialmente el capítulo 2 en donde se menciona las diferentes posibles causas de dolores y lesiones en la espalda ocasionadas por una mala postura o una higiene postural incorrecta, en personas que permanecen por tiempos prolongados en posiciones sedentarias, en nuestro caso nos enfocamos cuando el usuario se encuentra sentado, por lo que a través de nuestra propuesta trataremos de alertar y advertir de una postura incorrecta al usuario, evitando que a largo plazo no ocasione lesiones graves a nivel de la espalda. Con ello formar un hábito postural que nos permita llevar una salud laboral correcta.

La propuesta presentada en este proyecto se basa en un dispositivo embebido que monitoree, es decir identificar y cuantificar, la posición de la espalda cuando una persona está sentada, la cual emita alertas para que el usuario corrija su postura, a su vez estas posiciones se irán guardando de manera online en una base de datos, creando un historial del comportamiento de la postura a nivel de la espalda de cada usuario, por ello, nuestro sistema ayuda notablemente a prevenir una mala postura que puede conllevar a problemas de la espalda provocadas por malas posiciones en el ámbito laboral a largo plazo.

Para la construcción del dispositivo se tomó en cuenta la fisiología y anatomía de la espalda, debido a que todos los seres humanos tienen diferentes características, es por ello que se construyó el dispositivo que sea adaptable para el usuario con una talla estándar M(médium) la cual se adapta a la mayoría de personas adultas que laboran en una oficina, se debe tomar en cuenta que el dispositivo está dirigido para personas que no tengan antecedentes de problemas en la espalda o columna vertebral.

Debido a que en este proyecto se realizaron dos versiones las cuales analizamos las características en el capítulo 4, con sus especificaciones de cada uno, y tomando en cuenta que el usuario debe sentirse cómodo en el momento de usarlo de manera que se vuelva un aparato de fácil manejo, se determinó que Raquis Health V3.0 es el más idóneo ya que consta de mayor comodidad con respecto a la versión 2.0, y muchas más características que las detallaremos a continuación.

La batería tiene más durabilidad ya se implementó una de litio de 1000 mAH. y de menor tamaño a la de la versión 2.0, la batería tiene una duración de 6 horas.

La placa utilizada consta de una pantalla oled incorporada por lo que se reduce el tamaño del circuito electrónico con respecto a la versión anterior.

La disposición de los sensores se toma por zonas de la columna vertebral, siendo cervical, torácica y lumbar; obteniendo una mayor exactitud de la posición de la columna.

Se dispuso de conectores de mejor calidad para mejorar la flexibilidad para la conexión de la superficie sensorial con el dispositivo.

Al trabajar con una conexión bluetooth para la transmisión y adquisición de datos entre el sistema y nuestro dispositivo móvil, en el cual se visualizara los valores de la posición, en nuestro caso se presentara variables indicando si la postura es normal, leve, grave y muy grave, por lo que la distancia entre Raquis Health V3.0 y el dispositivo donde se ejecutara la aplicación Android no deberá ser mayor a 10 metros para evitar una pérdida de datos o que estos sean erróneos, también se debe tomar en cuenta que el dispositivo de la aplicación Android deberá constar con servicio o conexión a internet, debido a que la base de datos donde se almacena el historial del comportamiento es online.

Las pruebas de validación que se realizaron en la empresa Proquímica, permiten concluir que el sistema tiene una buena aceptación por los usuarios, teniendo comodidad al realizar sus actividades diarias, como se menciona en el capítulo 4 se realizaron pruebas con y sin alertas. Al realizar la prueba sin alertas es decir solo un sensado de la posición postural del usuario se verifico que existen muchos malos hábitos durante la jornada laboral. Al realizar las pruebas con alertas podemos decir que las mismas llevan a los usuarios a optar por posiciones correctas en el transcurso del día, con el uso del sistema podemos generar el hábito de los usuarios para mejorar su postura en sus actividades, mejorar la calidad de vida y no tener problemas generados por la mala postura.

Con respecto a la aplicación Android consta de un submenú en el cual a más de sensar y alertar la mal postura, sugiere ejercicios cada cierto tiempo como se explica en el capítulo 3, los ejercicios sugeridos se realizan cada dos horas de permanecer en la misma posición, el tiempo de duración es de 10 a 15 minutos. Dicha actividad se trata acerca de las pausas activas, que son ejercicios para ayudar a la activación muscular, estos permiten un cambio en la dinámica laboral, además llega a activar los sistemas alertar musculo-esqueléticos, cardiovascular, respiratorio y cognitivo; dependiendo del estado de las variables emitidas por la superficie sensorial nuestra aplicación sugerirá ejercicios de estiramiento cada vez que el usuario tenga notificaciones continuas y

prolongadas por mala postura, estas se activaran de una manera inteligente y ayudara a retomar una mejor postura y continuar con la actividad del usuario.

Nuestro sistema se visualiza como una herramienta para el seguimiento, registro y control de la posición de los usuarios que utilizan el sistema enfocados en mejora de la postura, tiene como finalidad la prevención de malas formaciones o enfermedades en la espalda por posiciones incorrectas en el ámbito laboral, por lo que se trabajó con personas que desarrollan procesos administrativos en posiciones sedentaria en tiempos prolongados, pero se podría realizar pruebas con personas que permanecen la mayor parte de su tiempo pasan sentadas como, por ejemplo: choferes, estudiantes, etc. enfocadas a mejorar la postura y prevenir cualquier lesión a corto, mediano o largo plazo.

Debido a que la mala postura son hábitos mal generados inconscientemente, y las cuales conllevan a dolores en la espalda, bajo nivel de autoestima, bajo rendimiento laboral, para ello hemos desarrollado Raquis Health V3.0 el cual con sus alertas se puede corregir la mala postura y generar una mejoría en el usuario, con lo que una buena postura tiene unos beneficios enormes, tendrán mejor salud, felicidad, apariencia, mejor comunicación y bienestar en las personas en cuanto al estrés, y además las pausas activas reduce fatigas laborables, mejora la movilidad articular, previene y disminuye el estrés, disminuye el riesgo de enfermedades ocupacionales y mejora el desempeño laboral.

Para trabajos futuros en esta línea de investigación se recomienda migrar los códigos de programación realizados en la plataforma Android, hacia las plataformas de dispositivos como: IOS y Windows Phone para mayor accesibilidad de cada uno de los usuarios con sus dispositivos móviles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Teófila Vicente Herrero, *Lumbalgias prevención, valoración del daño laboral y rehabilitación*, 1st ed. España: Lettera, 2011.
- [2] G. M. A. Álvarez, S. A. V. Carrillo, and C. M. T. Rendón, “Principales patologías osteomusculares relacionadas con el riesgo ergonómico derivado de las actividades laborales administrativas,” *Rev. CES Salud Pública*, vol. 2, no. 2, pp. 196–203, 2011.
- [3] A. Luttmann, M. Jager, and B. Griefahn, “Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el lugar de trabajo,” *Ser. Prot. la salud los Trab.*, no. 5, pp. 1–30, 2004.
- [4] M. Parra, *Salud laboral*. 2003.
- [5] U. Nacional, M. D. E. San, and E. A. P. D. E. T. Médica, “Alteraciones posturales de la columna vertebral dorso lumbar y el equilibrio dinámico en niños de tercer y cuarto grado del nivel primario de la institución educativa san agustín en el distrito de comas , 2012,” 2014.
- [6] Dr. Nicolás Prada, “El 19 de Septiembre es el día mundial de la Columna vertebral (OMS),” *Clínica de Columna*, 2017. [Online]. Available: <http://www.nicolasprada.com/es/publicaciones/1/el-19-de-septiembre-es-el-dia-mundial-de-la-columna-vertebral>. [Accessed: 21-Jul-2018].
- [7] Equipo de redacción profesional, “Partes de la espalda,” *Revista educativa*, 2017. [Online]. Available: https://www.partesdel.com/partes_de_la_espalda.html. [Accessed: 06-Dec-2017].
- [8] Dr. D. Francisco M. Kovacs, “Cómo es y como funciona la espalda,” *El web de la espalda*, 2016. [Online]. Available: http://www.espalda.org/divulgativa/como_es_funciona/comoes.asp. [Accessed: 06-Nov-2017].
- [9] J. A. R. Cristóbal and J. L. H. Alonso, “El Libro de la Espalda,” *MAZ*, vol. 11, 2010.
- [10] E. Dr. Oliveira, C.; *Dr. Navarro García, R.; Dr. Ruiz Caballero, J. A.; Dra. Brito Ojeda, “Biomecánica de la columna vertebral,” *Rev. Soc. Esp. Dolor*, vol. 8, pp. 2–8, 2001.
- [11] S. Luque and I. María, “Estudio de la morfología del cuerpo vertebral en una L4 humana con modelos de remodelación ósea interna y externa,” *Esc. Técnica*

- Super. Ing. Sevilla*, vol. Volumen 1, pp. 30–37, 2009.
- [12] equipo de redacción profesional, “Partes de la columna vertebral,” *Revista educativa*, 2017. [Online]. Available: https://www.partesdel.com/partes_de_la_columna_vertebral.html. [Accessed: 15-Nov-2017].
- [13] Emilio Franco Serrano, “Anatomía de la espalda humana. Lesiones y patologías,” *Revista Digital - Buenos Aires*, 2009. [Online]. Available: <http://www.efdeportes.com/efd135/anatomia-de-la-espalda-humana.htm>. [Accessed: 17-Nov-2017].
- [14] O. S. Peter F. Ullrich, Jr., MD, “Anatomía de la columna vertebral y dolor de espalda,” *SPINE-health*, 2014. [Online]. Available: <https://www.spine-health.com/espanol/anatomia-de-la-columna-vertebral/anatomia-de-la-columna-vertebral-y-dolor-de-espalda>. [Accessed: 15-Nov-2017].
- [15] equipo de redacción profesional, “Partes de la vertebra,” *Revista educativa*, 2017. [Online]. Available: <https://www.partesdel.com/vertebra.html>. [Accessed: 17-Nov-2017].
- [16] M. Dennis L. Kasper, M. Stephen L. Hauser, P. J. Larry Jameson, MD, M. Anthony S. Fauci, M. Dan L. Longo, and P. Joseph Loscalzo, MD, *Principios de Medicina Interna*, 19th ed. México, 1974.
- [17] F. Martini, M. Timmons, and R. Tallitsch, *Anatomía Humana*, Sexta edic. 2009.
- [18] M. Frank H. Netter, M. (2015). Atlas de Anatomía humana. (P. John T. Hansen, PhD Brion Benninger, MD, MS Jennifer K. Brueckner, PhD Stephen W. Carmichael, PhD, DSc Noelle A. Granger, PhD R. Shane Tubbs, MS, PA C, Ed.) (sexta). Elsevier España,; Else, *Atlas de Anatomía humana*, Sexta. Elsevier España,; Elsevier Masson SAS, 2015.
- [19] R. C. Miralles, “Biomecánica de la columna,” *Rev. Soc. Esp. Dolor*, vol. 8, pp. 2–8, 2001.
- [20] E. E. Cuenca Adriana Graciela *et al.*, *Anatomía y fisiología del cuerpo humano*, Sexta., vol. 1, no. 4. 2002.
- [21] P. Maslo, “Las dolencias de la espalda: hernia, lumbago, ciática, tortícolis...” p. 98, 2001.
- [22] Margarate Nordin and V. H. Frankel, *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético*, Tercer edi. Aravaca Madrid, 2004.
- [23] J. Ruiz and J. U. Pérez, “Biomecánica del Cuerpo Humano,” vol. 1, pp. 1–16,

- 2010.
- [24] F. P. Kendall, E. K. McCreary, P. G. Provance, M. M. Rodgers, and W. A. Romani, *Kendalls Musculos Pruebas Funcionales Postura y Dolor*, Quinta. Madrid España: Marban, 2007.
- [25] G. S. Z. V. ASESOR, “Alteraciones posturales de la columna vertebral dorso lumbar y el equilibrio dinámico en niños de tercer y cuarto grado del nivel primario de la institución educativa san agustín en el distrito de comas.” UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, Lima Peru, p. 129, 2014.
- [26] A. Gómez–Conesa, “Factores posturales laborales de riesgo para la salud,” *Fisioterapia*, vol. 24, pp. 23–32, 2002.
- [27] R. Cristina De Alba, M. P. Marcos, and C. M. Calle, “Las cervicalgias en la consulta de atención primaria,” *FMC Form. Medica Contin. en Aten. Primaria*, vol. 19, no. 9, pp. 521–528, 2012.
- [28] Pedro Ángel López Miñarro, *Postura corporal y cargas raquídeas*. 2009.
- [29] L. H. Marcano, “Prevención del dolor de espalda en el ámbito laboral,” *Rev. Enfermería C y L*, vol. 5, no. 3, pp. 43–58, 2013.
- [30] P. L. R. García, “Alteraciones de la columna vertebral,” *Univ. Murcia.*, 2002.
- [31] M. V. Kenny, “POSTUROLOGÍA COMO ANÁLISIS PREVENTIVO DE LESIONES MÚSCULO - ESQUELÉTICAS,” *Univ. Politécnica Javeriana*, p. 5.
- [32] C. Serrano, “Medidas de higiene postural,” *Serv. Prevención y Salud Labor. Madrid*, pp. 1–10.
- [33] M. Benhamou, M. Brondel, K. Sanchez, and S. Poiraudau, “Lumbalgias,” *Elsevier Masson SAS*, pp. 1–6, 2012.
- [34] A. Barberá, J. M. C., Bagó, J., & García-López, “Patología dolorosa de columna : cervicalgia , dorsalgia y lumbalgia,” *FMC Form. Médica Contin. en Atención Primaria*, vol. 2, no. 21, pp. 9–35, 2014.
- [35] A. Gómez-Conesa and S. V. Moya, “Lumbalgia crónica y discapacidad laboral,” *Fisioterapia*, vol. 27, no. 5, pp. 255–265, 2005.
- [36] M. R. Bartomeu, R. C. Miralles, and I. Miralles, “DOLOR DE ESPALDA . DIAGNÓSTICO. ENFOQUE GENERAL DEL TRATAMIENTO,” vol. 4, no. 43007, pp. 1–58, 1996.
- [37] A. E. J, “Hernia de disco.” .
- [38] V. C. P. Guijo and R. L. Leiva, “Protocolo diagnóstico de la dorsalgia,” *Medicine*

- (*Baltimore*)., vol. 10, no. 30, pp. 2042–2045, 2009.
- [39] A. Binard and A. Sarau, “Dorsalgias,” *Elsevier Masson SAS*, pp. 1–12, 2007.
- [40] V. Foltz, “Dorsalgias,” vol. 17, no. 13, pp. 1–5, 2013.
- [41] Grumental, “Epidemiología Causas y síntomas Diagnóstico Tratamiento Cervicalgia,” *Chang. Pain*, p. 2015, 2015.
- [42] M. Gross, “Kinesiterapia de las cervicalgias,” *EMC - Kinesiterapia - Med. Física*, vol. 27, no. 3, pp. 1–15, 2006.
- [43] B. Sastre, G. Augusto, B. Buitrago, M. Bibiana, and O. González, “Influencia de las alteraciones posturales dorsales en la resistencia muscular,” *Rev. científica “General José María Córdova,”* vol. 9, no. 9, 2011.
- [44] Ramón Peláez García, “Hiperlordosis y Rectificación Lumbar,” *Fisioterapia online*. [Online]. Available: <https://www.fisioterapia-online.com/articulos/hiperlordosis-y-rectificacion-lumbar-que-son-y-que-las-causa>. [Accessed: 05-Jan-2018].
- [45] F. Santonja and A. Pastor, “Cifosis y lordosis,” *Cirugía menor y procedimientos en Med. Fam.*, vol. 22, no. 232, pp. 1049–1061, 2006.
- [46] B. Bricot, “Postura normal y posturas patológicas,” *Rev. IPP*, pp. 1–13, 2008.
- [47] D. C. A. N. FIRPO, *Manual de ortopedia y traumatología*, Tercera ed. Buenos Aires. Argentina, 2010.
- [48] A. Pacheco and M. Tenorio, “Aplicación de un plan de pausas activas en la jornada laboral del personal administrativo y trabajadores del Área de Salud No.1 Pumapungo de la Coordinación Zonal 6 del Ministerio de Salud Pública en la provincia del Azuay en el año 2014,” *Univ. POLITÉCNICA Sales. SEDE CUENCA*, vol. 1, p. 118, 2015.
- [49] B. G. Fanny, “Propuesta de un Programa de Pausas Activas para Colaboradores que Realizan Funciones de Oficina en la Empresa de Servicios Públicos Gases de Occidente S.A E.S.P de la Ciudad de Cali.,” *Univ. del Val.*, vol. 1, p. 70, 2012.
- [50] M. B. V. Patricia, “LAS PAUSAS ACTIVAS LABORALES Y SU INCIDENCIA EN EL DESEMPEÑO LABORAL DE LOS TRABAJADORES DEL ÁREA DE AHORRO Y CRÉDITO DE LA COOPERATIVA EDUCADORES DE TUNGURAHUA LTDA., DE LA CIUDAD DE AMBATO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA,” *Univ. TÉCNICA AMBATO*, p. 170, 2016.
- [51] E. C. Arias, J. E. Múnera, M. S. Velásquez, N. A. V. Zuluaga, Nelson Darío

- Valencia Gil, and E. V. G. Palacio, “Efectos de un programa de pausas activas sobre la percepción de desórdenes músculo-esqueléticos en trabajadores de la Universidad de Antioquia,” *Educ. física y Deport.*, vol. 30, no. 1, pp. 389–399, 2011.
- [52] L. E. C. Bautista, “GIMNASIA LABORAL PARA LA PREVENCIÓN DEL SEDENTARISMO EN LOS TRABAJADORES ADMINISTRATIVOS TITULARES DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, CANTÓN LA LIBERTAD, PROVINCIA DE SANTA ELENA, AÑO 2014,” *Univ. ESTATAL PENÍNSULA St. ELENA*, p. 110, 2014.
- [53] “CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR,” *Asam. Constituyente*.
- [54] “La Planificación Nacional - Plan Nacional 2013 - 2017.” [Online]. Available: <http://www.buenvivir.gob.ec/el-sistema-nacional-de-planificacion>. [Accessed: 19-Nov-2017].
- [55] Andrea Mora, “Pausa activa,” 2013. [Online]. Available: <http://instituciones.msp.gob.ec/somossalud/index.php/102-intranet/agita-tu-mundo/350-pausa-activa>. [Accessed: 22-Nov-2017].
- [56] R. Por, “Programa de gimnasia laboral (pausas activas musculares, mentales y visuales) sgsst,” 2017.
- [57] México, *Guía de actividad física laboral*. Gobierno Federal México, 2011.
- [58] M. A. Arenas, J. M. Palomares, J. Olivares, and M. Jose, “no y Construcci ´ on de un Guante de Datos mediante Sensores de Flexibilidad y Aceler ´ ometro.”
- [59] A. D. Measurement *et al.*, “Dimensional Diagram - Stock Flex Sensor How to Order - Stock Flex Sensor How It Works Schematics,” vol. 1, no. 888, pp. 1–2, 2014.
- [60] W. Electronics, “LOLIN32,” *V 1.0.0*, 2017. [Online]. Available: <https://wiki.wemos.cc/products:lolin32:lolin32#lolin32>. [Accessed: 05-Dec-2017].
- [61] “Display 128x64 píxeles,” *Vishay*, 2016. [Online]. Available: www.vishay.com. [Accessed: 15-Dec-2017].
- [62] “Baterías Li-Po,” *Fullwat*. [Online]. Available: <http://www.fullwat.com/documentos/00072-LNK02055.pdf>. [Accessed: 15-Dec-2017].
- [63] Hal Abelson, “MIT App Inventor,” 2012. [Online]. Available: <http://explore.appinventor.mit.edu/>. [Accessed: 22-Nov-2017].

ANEXOS

ANEXO 1: EJERCICIOS SUGERIDOS PARA REALIZAR LAS PAUSAS ACTIVAS.

Para esto se deben formar rutinas con los ejercicios propuestos a continuación:

Fase inicial;



Figura A. 1.1 Cabeza a la derecha y a la izquierda (flexión)
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.2 Cabeza en círculos, a la derecha y a la izquierda
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

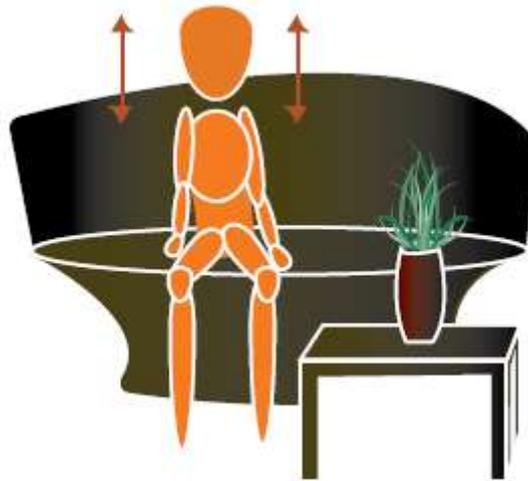


Figura A. 1.3 *Hombros suben y bajan*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.4 *Cabeza al frente y atrás*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.5 *Brazos arriba con movimiento de tronco, izquierda-derecha (torción)*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.6 *Puños cerrados, brazos extendidos arriba y al frente*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.7 *Brazo derecho cruzado a la izquierda, con el auxilio de la mano izquierda, se empuja el codo con fuerza y alternar*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.8 *Brazos arriba, con flexión del tronco a la derecha y a la izquierda*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.9 *Brazos laterales, inclinación del tronco izquierda-derecha*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

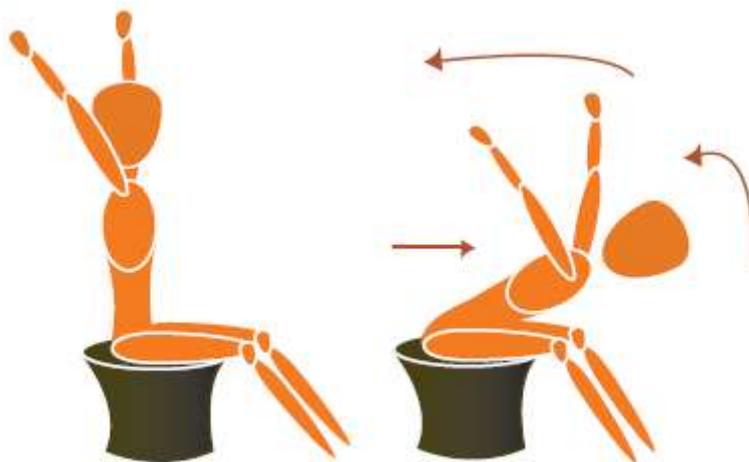


Figura A. 1.10 *Flexión del tronco al frente y brazos atrás y regresar a posición inicial*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

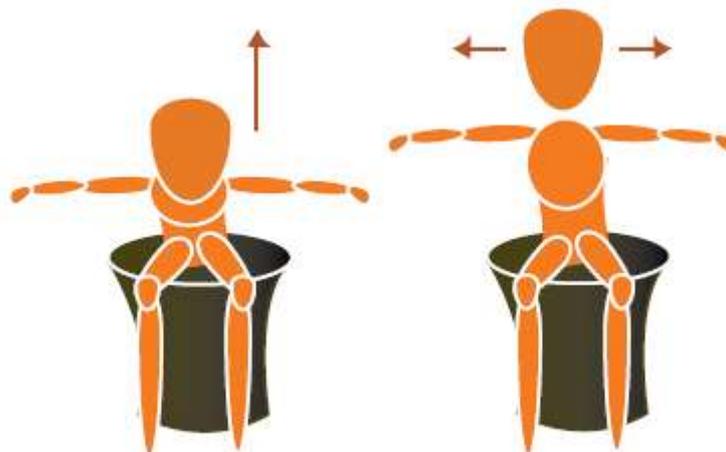


Figura A. 1.11 *Brazos laterales, cabeza al frente, atrás, girar a la derecha y a la izquierda*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.12 *Manos a la cintura con círculos de cabeza a la derecha y alternar*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.13 *Brazos arriba y piernas extendidas al máximo, con flexión del tronco al frente, tocando la punta de los pies y regresando a la posición inicial*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

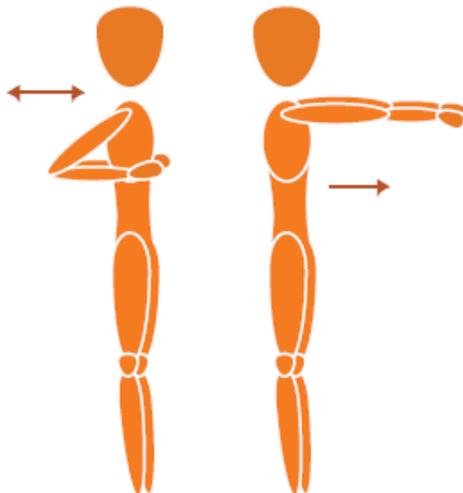


Figura A. 1.14 *Manos a la altura del pecho, extensión y flexión de brazos*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

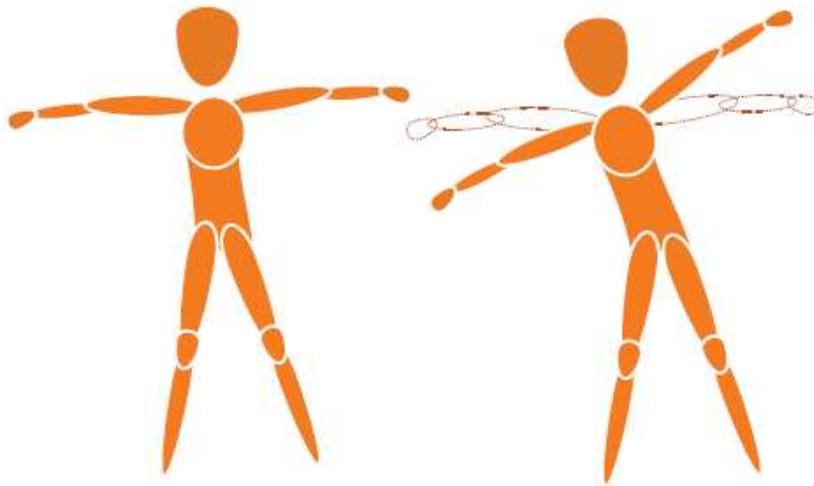


Figura A. 1.15 *Piernas ligeramente separadas, brazos laterales, flexión del tronco a la derecha y alternar*

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.16 *Manos en la cintura, flexión del tronco izquierda - derecha*

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.17 *Manos arriba, dedos entrelazados con palmas arriba, estiramiento de brazos*

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

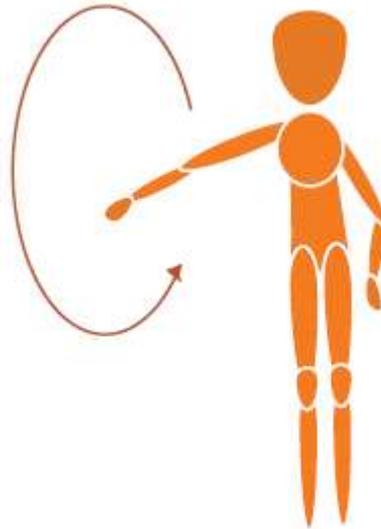


Figura A. 1.18 *Círculo de brazo derecho al frente y alternar*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

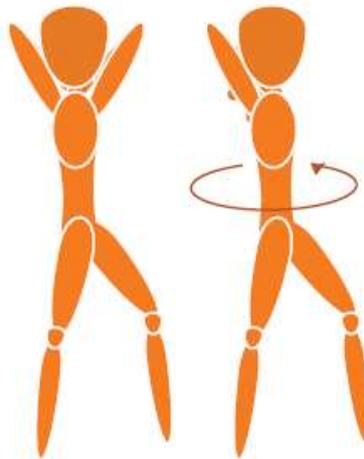


Figura A. 1.19 *Manos en la nuca, dedos entrelazados, torsión del tronco izquierda - derecha*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

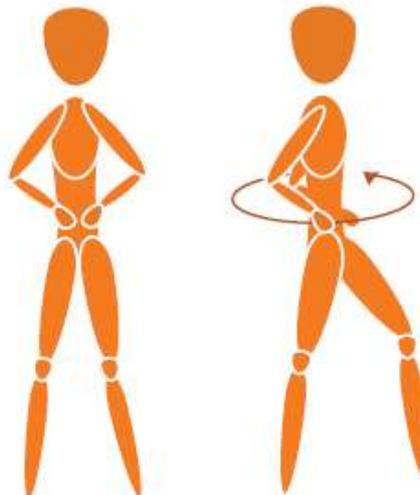


Figura A. 1.20 *Manos en la cintura, torsión de tronco izquierda - derecha*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

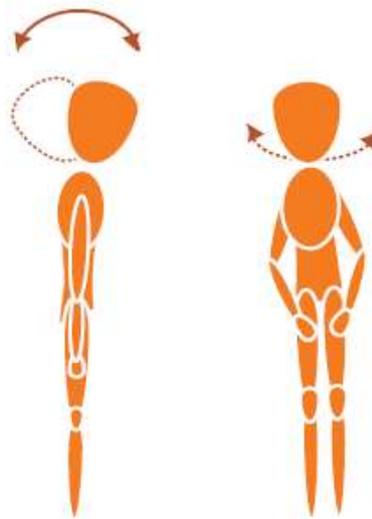


Figura A. 1.21 *Movimiento de la cabeza hacia el frente y hacia atrás, seguido de movimiento de cabeza a la derecha y a la izquierda*

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

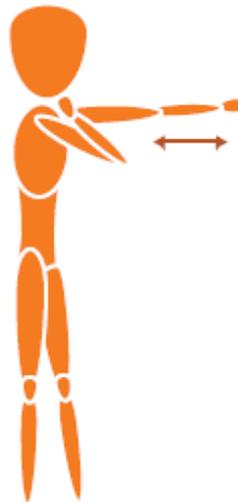


Figura A. 1.22 *Flexión y extensión de brazos, movimiento alternado*

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.23 *Brazos laterales, flexión del tronco al frente, sosteniendo la vista al frente*

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.24 *Círculos con hombros al frente y con círculos atrás*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

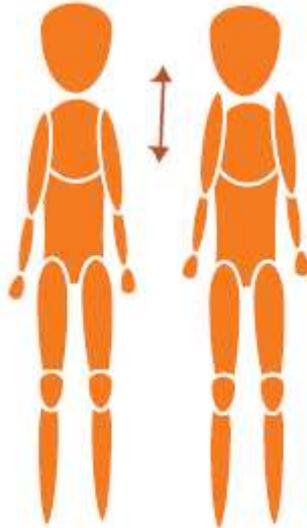


Figura A. 1.25 *Subir y bajar hombros alternando*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.26 *Subir y bajar hombros alternando*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

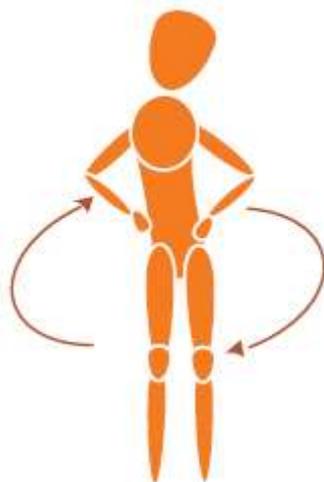


Figura A. 1.27 *Círculos de cintura al lado derecho alternando al lado izquierdo*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.28 *Girar con brazos extendidos en su lugar, derecha y alternando*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.29 *Brazo izquierdo al frente, palma flexionada abajo, con el auxilio de la mano derecha se jala los dedos hacia atrás y sostiene alternando.*

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.30 Brazo izquierdo al frente, palma flexionada hacia arriba, con el auxilio de la mano derecha se jalan los dedos de la mano hacia atrás, y sostiene alternando

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

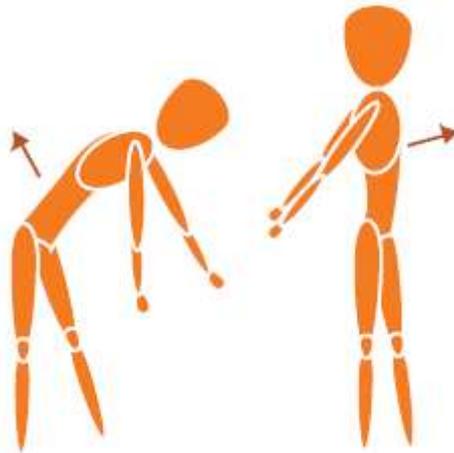


Figura A. 1.31 Flexión del tronco al frente con joroba para después extender el cuerpo sacando el pecho hacia atrás

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

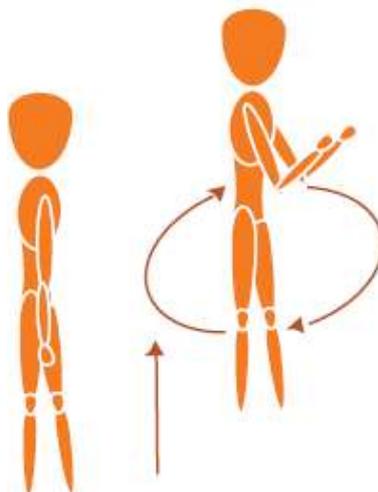


Figura A. 1.32 Saltos con giro, cuatro frentes

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.33 *Brazo izquierdo arriba flexionado, mano derecha empuja codo atrás, sosteniendo y alternar*

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.34 *Colocar las manos atrás, dedos entrelazados, brazos extendidos, y con el auxilio de un compañero se llevan los brazos hacia arriba, cambio de compañero*

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.35 *Flexiona la rodilla con el pie hacia atrás, con el auxilio de un compañero o con la mano se lleva el pie hacia el glúteo*

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

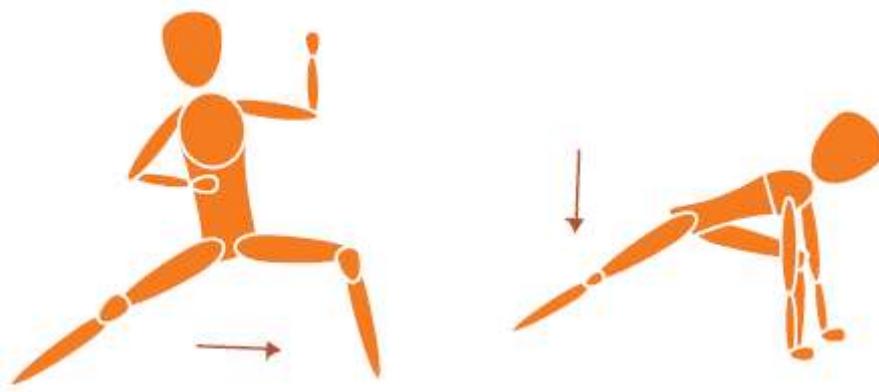


Figura A. 1.36 *Desplaza la pierna derecha al frente con la rodilla flexionada y la pierna izquierda se mantiene extendida atrás, se sostiene y se alterna*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.37 *Desplaza la pierna derecha al frente, flexiona la pierna izquierda, y toca la punta de los pies, alterna*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

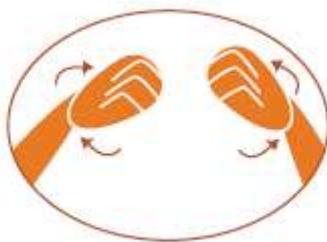


Figura A. 1.38 *Círculos con las muñecas de las manos hacia la derecha y hacia la izquierda*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

Fase Media;



Figura A. 1.39 *Abrir y cerrar puños con brazos laterales*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.40 *Círculo con hombros al frente y atrás*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.41 *Extender los brazos atrás sosteniendo*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.42 *Palmas juntas arriba de la cabeza, arriba y abajo*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.43 *Palmas juntas hacia arriba a la altura del pecho, girar tronco a la derecha y a la izquierda (torsión)*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.44 *Palmas juntas hacia arriba a la altura del pecho y empujar con fuerza*
 Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.45 *Manos sobre la nuca, dedos entrelazados, codos al frente y atrás.*
 Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.46 *Con la mano derecha, tocar la punta del pie izquierdo y alternar (flexión y torsión)*
 Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.47 *Respiración profunda*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

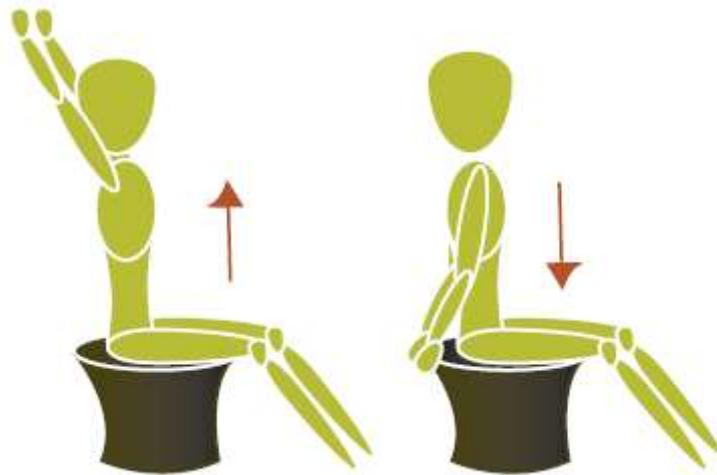


Figura A. 1.48 *Brazos arriba en diagonal, con movimiento arriba y abajo*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.49 *Brazos arriba en diagonal, girar cabeza izquierda y derecha*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.50 *En posición inicial, piernas extendidas, tocar la punta de los pies y sostener*
 Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.51 *Hombros al frente y atrás*
 Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.52 *Tronco al frente, llevar la cabeza entre las rodillas y regresar a la posición inicial*
 Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.53 Elevación de rodilla izquierda al pecho y alternar
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.54 Manos sobre la nuca, dedos entrelazados, codo izquierdo toca rodilla derecha y alternar
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.55 Respiración profunda y exhalar lento
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.56 *Sube y baja las piernas extendidas*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.57 *Flexión y elevación de rodilla derecha y alternar con izquierda (pedaleando)*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

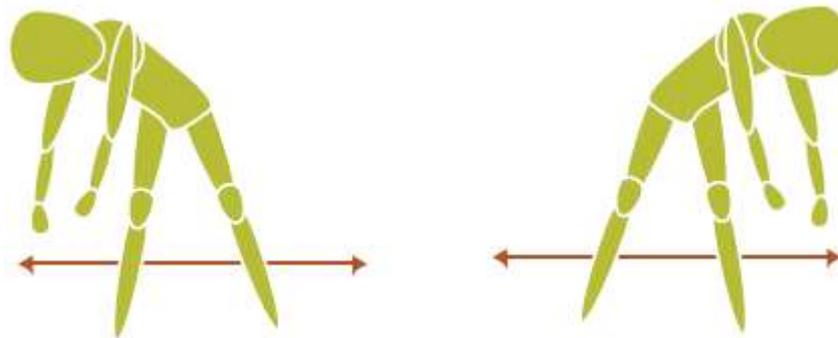


Figura A. 1.58 *Flexión del tronco al frente, balanceo de brazos izquierda - derecha*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

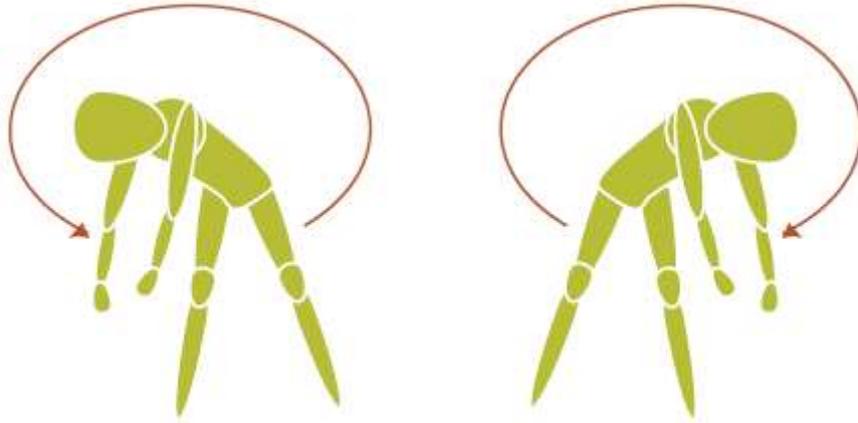


Figura A. 1.59 *Círculos del tronco a la izquierda y alternar, brazos sueltos*
 Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.60 *Respiración profunda*
 Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

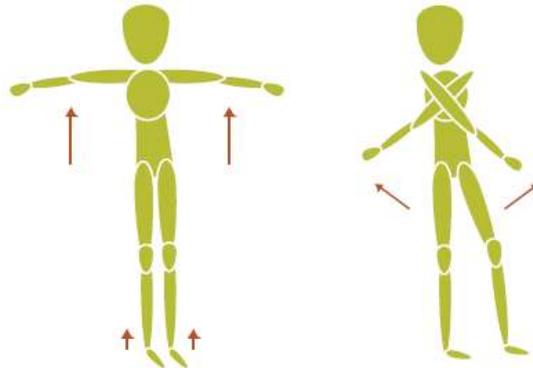


Figura A. 1.61 *Balance de brazos cruzados al frente, con elevación de talones*
 Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.62 *Flexión de brazos, manos al pecho*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

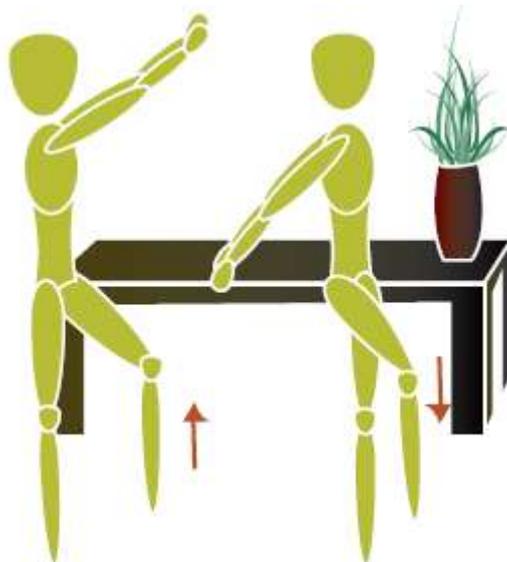


Figura A. 1.63 *Elevación rodillas izquierda-derecha, aplaudiendo al frente y atrás*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.64 *Brazos laterales, elevación de pierna izquierda lateral y alternar*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.65 *Sube y baja talones*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.66 *Elevación rodilla al frente, sosteniéndola con las manos y alternar*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

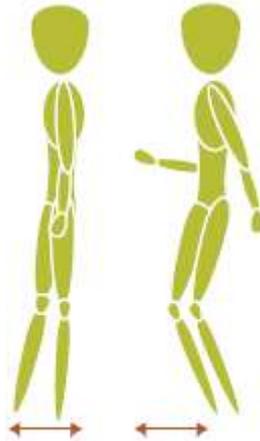


Figura A. 1.67 *Trote lento en el mismo lugar*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

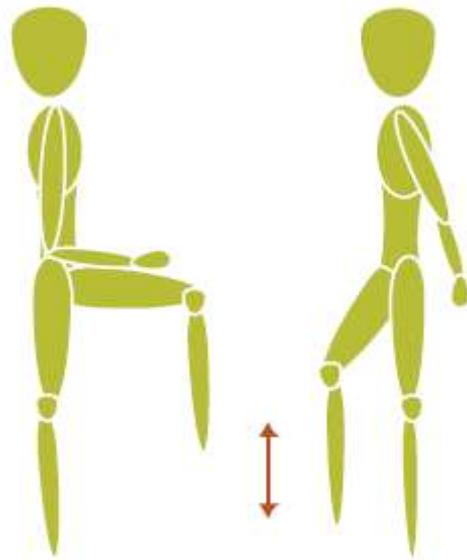


Figura A. 1.68 *Elevación de rodilla izquierda y alternar*
 Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

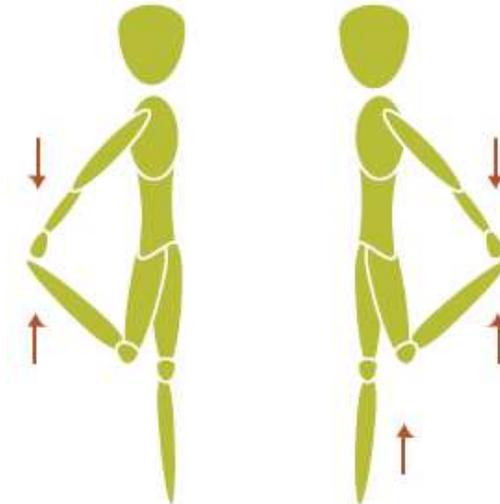


Figura A. 1.69 *Elevación de pie izquierdo hacia atrás, tocando tobillo izquierdo con mano derecha y alternar*
 Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.70 *Elevación de pierna extendida derecha al frente, tocando con mano izquierda la punta del pie y alternar*
 Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

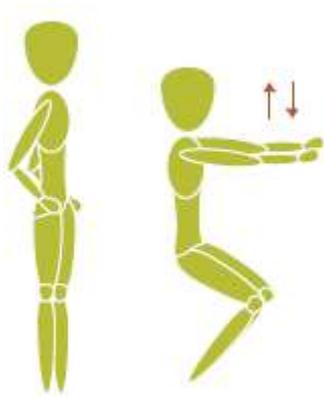


Figura A. 1.71 *Manos en la cintura, semiflexión de piernas, con brazos al frente y regresar a posición inicial*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.72 *Piernas semiflexionadas, manos sobre rodillas, flexión y extensión de piernas*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.73 *Saltar ligeramente sobre puntas*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.74 Elevación de rodilla izquierda al frente y afuera y alternar
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

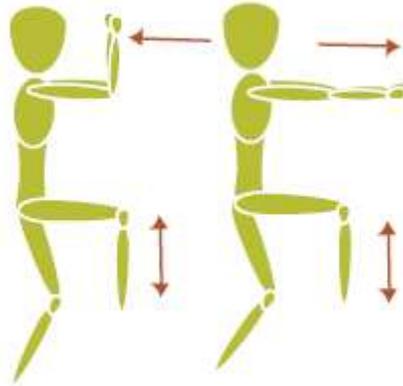


Figura A. 1.75 Brazos extendidos al frente, flexión y extensión de brazos, con elevación rodillas, derecha; regresar a la posición original, marcando con la punta del pie
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.76 Manos al pecho, extensión brazos arriba con elevación rodilla, al frente, alternando
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

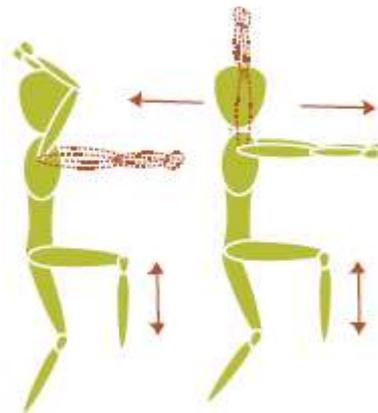


Figura A. 1.77 Se combinan los dos ejercicios anteriores iniciando con los brazos arriba, regresa a la posición inicial se continua con brazos al frente y se regresa a la posición inicial, con elevación rodilla izquierda, derecha.

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

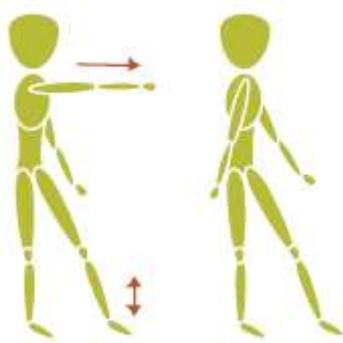


Figura A. 1.78 Piernas ligeramente separadas con brazos al costado, balance de brazos al frente y atrás, con elevación de talones atrás con balanceo del tronco
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.79 Piernas ligeramente separadas, flexión y torsión del tronco, mano derecha toca pie izquierdo y alternando
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

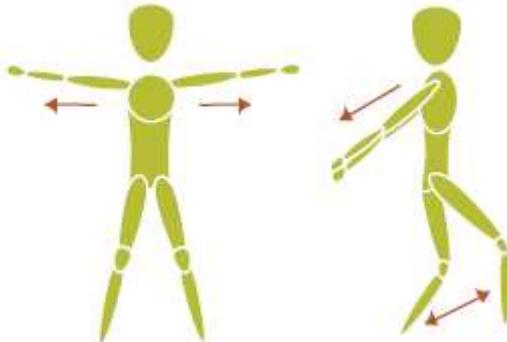


Figura A. 1.80 Piernas ligeramente separadas, brazos laterales, con movimiento de brazos atrás, marcando el paso lateral con la punta de los pies
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

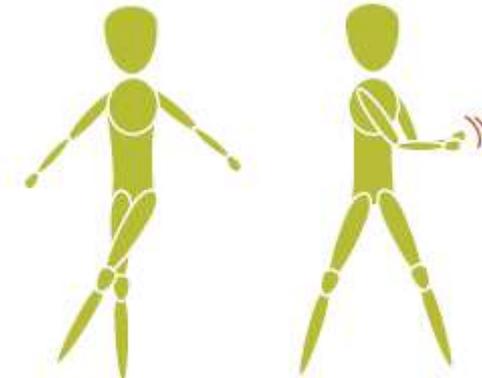


Figura A. 1.81 Desplazamiento del pie izquierdo a la derecha pasando por el frente, dando una palmada, se alterna al lado contrario
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

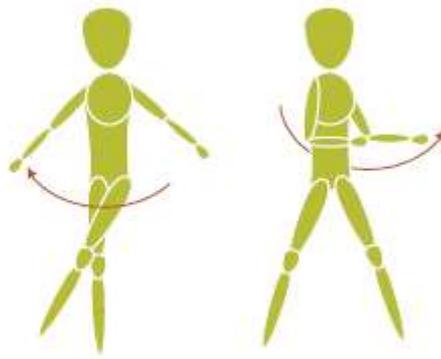


Figura A. 1.82 Pierna izquierda cruzada por el frente a la derecha y torsión del tronco al lado izquierdo y regresar a posición original y alternar

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

Fase Final;



Figura A. 1.83 Movimiento de cabeza izquierda - derecha (flexión)

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.84 Manos sobre la nuca, dedos entrelazados, empujar cabeza al frente y sostener

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.85 *Manos a la barbilla, dedos entrelazados, empujar hacia atrás y sostener*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.86 *Estiramiento de brazos al frente con fuerza*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.87 *Manos sobre la nuca, dedos entrelazados, empuja los codos hacia atrás*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.88 *Estiramiento de brazos hacia abajo con dedos separados*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

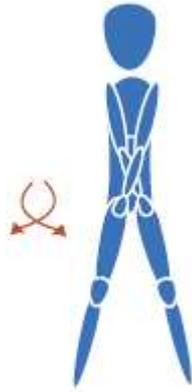


Figura A. 1.89 *Piernas separadas con balanceo de brazos al frente cruzados*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.90 *Mano en la cintura, flexión del tronco a la izquierda y brazo derecho sobre cabeza y alternar*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

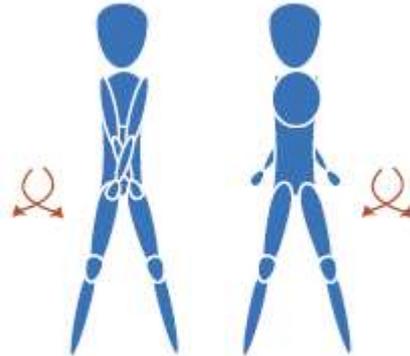


Figura A. 1.91 *Cruzar brazos al frente extendidos y atrás*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.92 *Brazo izquierdo arriba flexionado, mano derecha empuja codo, sosteniendo y alternar*
Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.93 *Manos arriba, dedos entrelazados con palmas arriba, estiramiento de brazos*

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.94 *Piernas ligeramente separadas, flexión de tronco al frente, manos tratan de tocar punta de los pies, sostener y repetir*

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

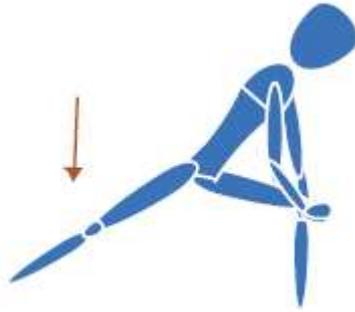


Figura A. 1.95 Estiramiento de los músculos posteriores de la pierna. Se desplaza la pierna derecha al frente con la rodilla flexionada y la pierna izquierda se mantiene estirada, manos en la rodilla flexionando, mantener y alternar en cada lado

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]



Figura A. 1.96 Estiramiento: flexión de tronco hacia atrás, brazos arriba dedos entrelazados, regresar a la posición inicial, repetir y sostener

Fuente: Guía de actividad física laboral [57]

ANEXO 2: DIMENSIONES DE LA CARCASA DE PROTECCIÓN PARA LA VERSIÓN 2



Figura A. 2.1 Vista Lateral del Protector Plástico (medida en mm)

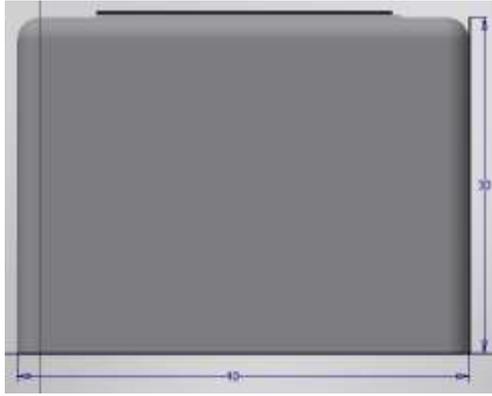


Figura A. 2.2 Vista Frontal del Protector Plástico (medida en mm)



Figura A. 2.3 Vista Superior del Protector de Plástico (medida en mm)

ANEXO 3: DIMENSIONES DE LA CARCASA DE PROTECCIÓN PARA LA VERSIÓN 3

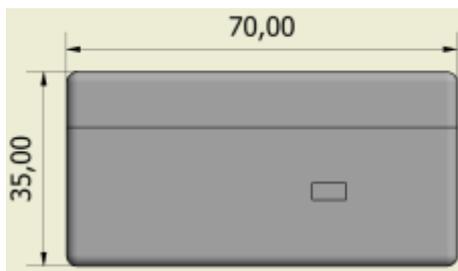


Figura A. 3.1 Vista Lateral del Protector Plástico (medida en mm)

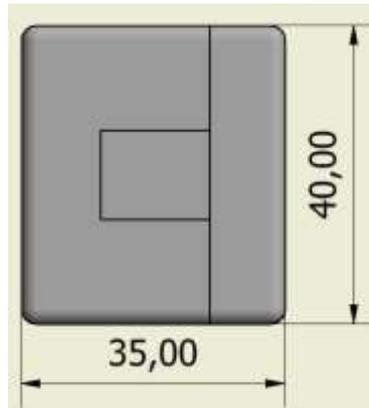


Figura A. 3.2 Vista Frontal del Protector Plástico (medida en mm)

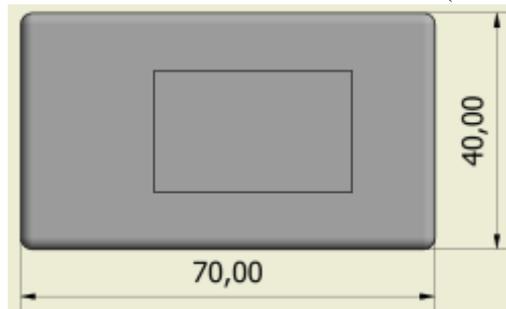


Figura A. 3.3 Vista Superior del Protector de Plástico (medida en mm)

ANEXO 4: PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN

- Pantalla de inicio de la aplicación



Figura A. 4.1 Inicio de la aplicación

- Variables globales



Figura A. 4.2 Iniciación de variables globales

- Conectarse al dispositivo

```

cuando BluetoothLE1 DeviceFound
ejecutar poner Conectar -> ElementosDesdeCadena -> como BluetoothLE1 -> DeviceList

cuando Conectar -> DespuésDeSelección
ejecutar llamar BluetoothLE1 -> Conectar
índice Conectar -> ÍndiceSeleccionado

cuando BluetoothLE1 -> Connected
ejecutar poner Conectar -> Texto -> como Conectado!
llamar BluetoothLE1 -> StopScanning
llamar BluetoothLE1 -> RegisterForBytes
servicioUuid tomar global servicio_UUID
caracteristicUuid tomar global RX_char_UUID
signed cierto

```

Figura A. 4.3 Búsqueda y conexión del dispositivo

- Datos recibidos

```

cuando BluetoothLE1 -> BytesReceived
servicioUuid caracteristicUuid byteValues
ejecutar poner global Sensor1_Tabla a seleccionar elemento de la lista tomar byteValues
índice 0
poner global Sensor2_Tabla a seleccionar elemento de la lista tomar byteValues
índice 1
poner global Sensor3_Tabla a seleccionar elemento de la lista tomar byteValues
índice 2
poner Valor1 -> Texto -> como tomar global Estado1
poner Valor2 -> Texto -> como tomar global Estado2
poner Valor3 -> Texto -> como tomar global Estado3
llamar comparacion

```

Figura A. 4.4 Datos recibidos del dispositivo

- Comparación de ángulos

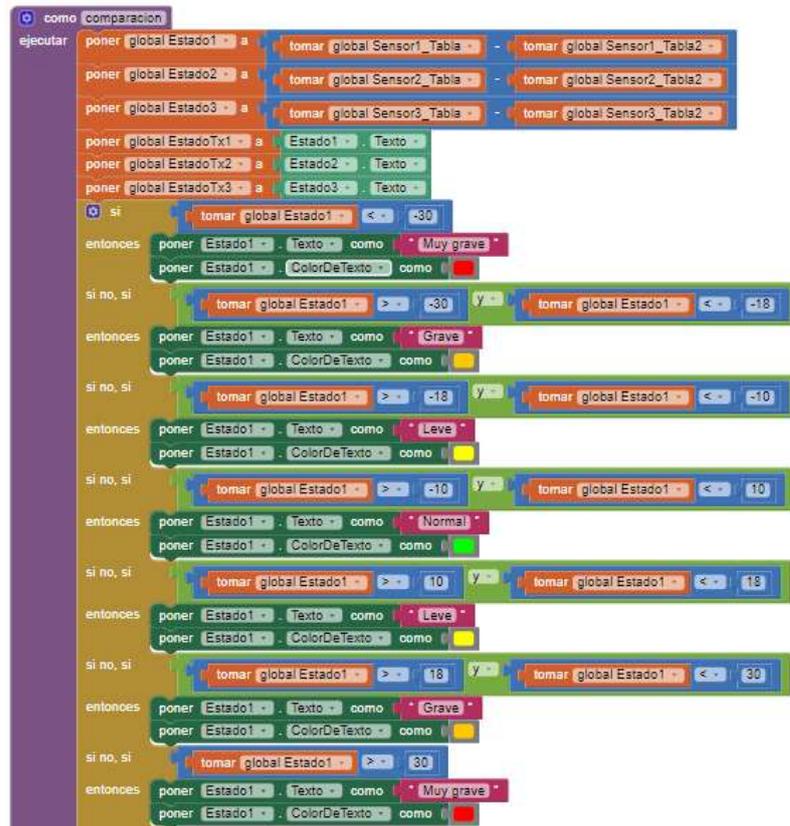


Figura A. 4.5 Comparación de datos para la posición

- Almacenamiento de datos

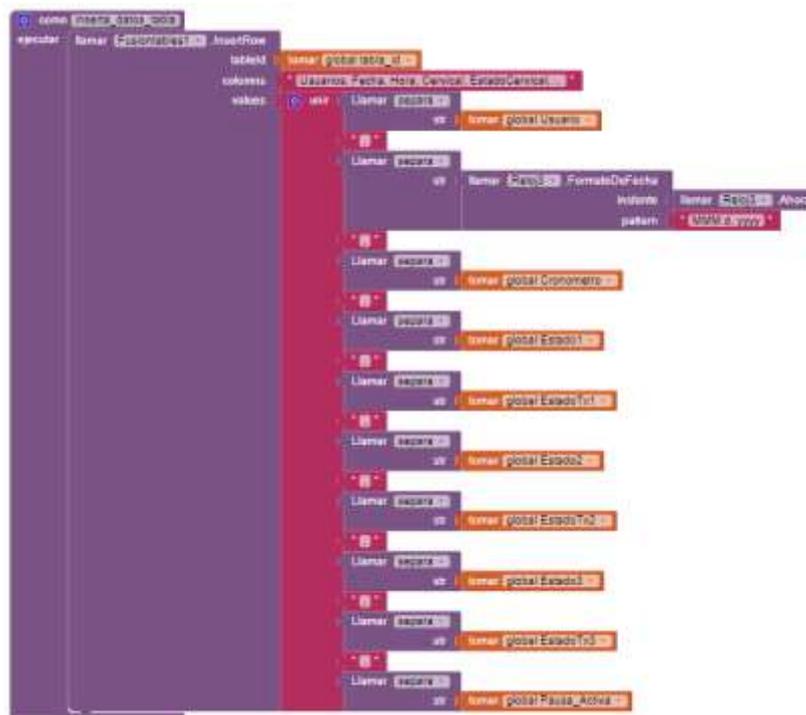


Figura A. 4.6 Almacenamiento de datos en la Base

- Rutinas de ejercicios

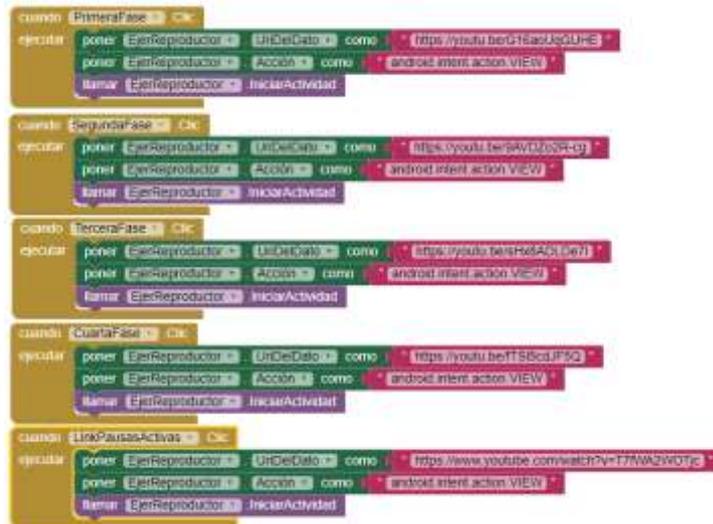


Figura A. 4.7 Sesiones de ejercicios

ANEXO 5: MANUAL DE OPERATIVO



RAQUIS HEALTH V3

PROYECTO DE TITULACIÓN:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA LA
DETECCIÓN DE MALAS POSTURAS SOBRE LA COLUMNA VERTEBRAL AL
SENTARSE”

Manual Operativo

Juan Diego Cabrera Zeas
jcabreraz@est.ups.edu.ec

Edisson Xavier Pugo Méndez
epugo@est.ups.edu.ec

Raquis Health V 3.0

1. Descripción

Raquis Health es un dispositivo electrónico, el cual mediante una superficie sensorial flexible que se amolda a la forma de la espalda de los usuarios monitorea la posición, se desarrolló en el enfoque para personas que desempeñan labores administrativas o tienden a permanecer por tiempos prolongados en posiciones sedentarias, las cuales pueden llegar a afectar la salud de los mismos a mediano o largo plazo, para la corrección de las posición es mediante un dispositivo móvil con sistema operativo Android (Smartphone o Tablet) para alertar de una mala postura, además de ello la posición del usuario se almacenara en una base de datos para crear un historial postural de los usuarios.

2. Elementos

Los elementos utilizados en este por este sistema embebido son, superficie sensorial, unidad central y dispositivos móviles. Se describe cada uno de ellos a continuación:

a. Superficie sensorial:

La superficie sensorial consta de 5 sensores resistivos flexibles los cuales están conectados en dos pares y uno individual, el primer par cubre la zona cervical, el segundo par comprende la zona torácica y el sensor individual de 2.2", el cual está ubicado en la parte lumbar. Como se puede apreciar a continuación en la figura 2, la superficie sensorial se asemeja a una hilera la cual se adaptará a la forma de la columna vertebral, la cual consta de un conector RJ-6 el cual sirve para la comunicación con la unidad central.



Figura 1. Superficie sensorial

Para un mayor ajuste de la superficie sensorial a la columna vertebral, se a dispuesto de un chaleco que cubre toda la zona de la espalda que los sensores se asemejen más a la forma columna vertebral.



Figura 2. Prenda de vestir con superficie sensorial

b. Unidad central:

Con el objetivo de ofrecer versatilidad y comodidad a los usuarios, la versión 3.0 es la que mayor comodidad y facilidad de uso nos permite llevar el sistema como se puede apreciar a continuación en la figura 1. La unidad central consta de un microprocesador ESP32 para el procesamiento de datos, el cual está incorporado en la placa WIFI KIT 32; una batería de litio, switch para el encendido y apagado del mismo, conector RJ-6 para la conexión de la superficie sensorial, y un mini-usb para la carga de la batería.



Figura3. Unidad Central

c. Dispositivos móviles:

La aplicación puede ser instalada en un dispositivo móvil, que dispongan de un sistema operativo Android, pueden ser estos una Tablet o en celular, a continuación, en la figura 4 se muestra el menú principal de la aplicación.

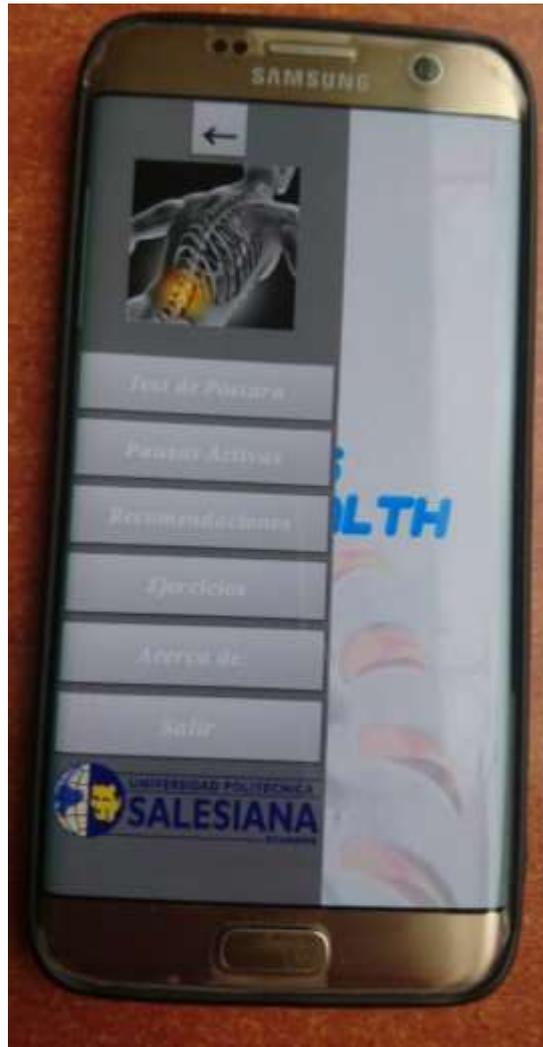


Figura 4. Aplicación android.

3. Conexión

El sistema tiene dos conexiones necesarias, la primera es por medio de Bluetooth, la cual enlaza a la unidad central y el dispositivo móvil. Para el uso de la base de datos online es necesario que el dispositivo donde se ejecuta la aplicación conste con conexión a internet.

4. Funcionamiento y forma de uso

El funcionamiento básico se describe a continuación:

El usuario deberá colocarse el chaleco, de manera que quede ajustado de mejor manera a la forma de la columna vertebral. Luego se debe conectar la unidad central a través de los conectores RJ-6. La unidad central se debe colocar en la parte del brazo, ya sea en la parte izquierda o derecha según la comodidad del usuario.

Una vez encendido es necesario, comprobar la buena conexión de la parte central con la superficie sensorial para su correcto funcionamiento como se muestra a continuación en la figura 5.



Figura 5. Encendido de unidad central.

Debemos abrir la aplicación y buscar el dispositivo por medio de bluetooth en la aplicación y crear un enlace entre la unidad central y la aplicación, para poder obtener los datos de la superficie sensorial, después de esto el dispositivo inteligente debe tener una conexión a internet para almacenar la postura del usuario de manera online, para crear un historial postural. Podemos apreciar el funcionamiento de la aplicación a continuación en la figura 6.

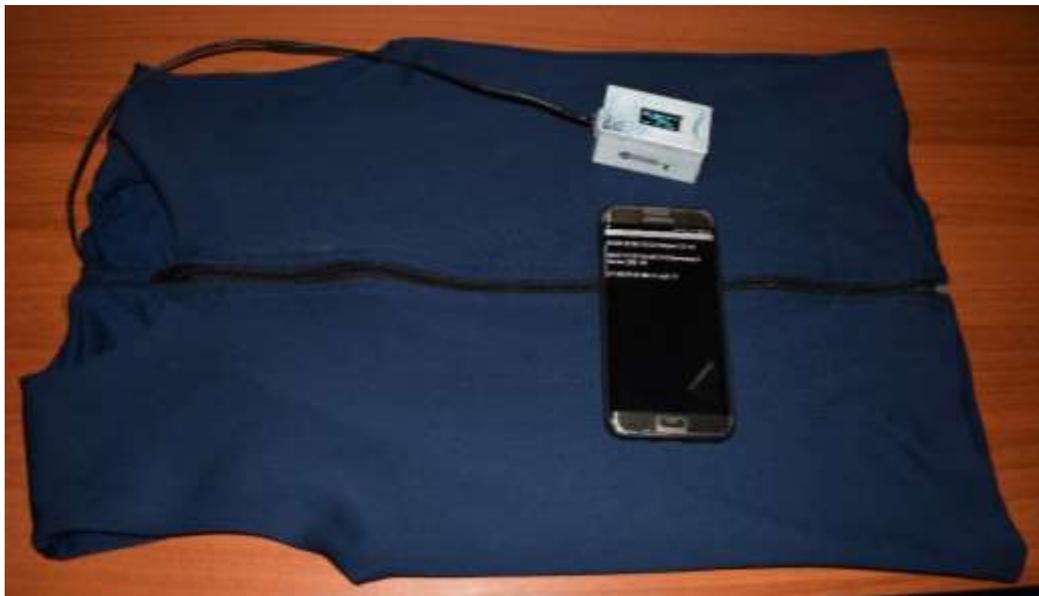


Figura 6. Conexión Bluetooth.

La aplicación consta de unos varios menús que podemos apreciar en la figura 7. La cual muestra los submenús en los cuales podemos interactuar, mientras se realiza el test de postura.

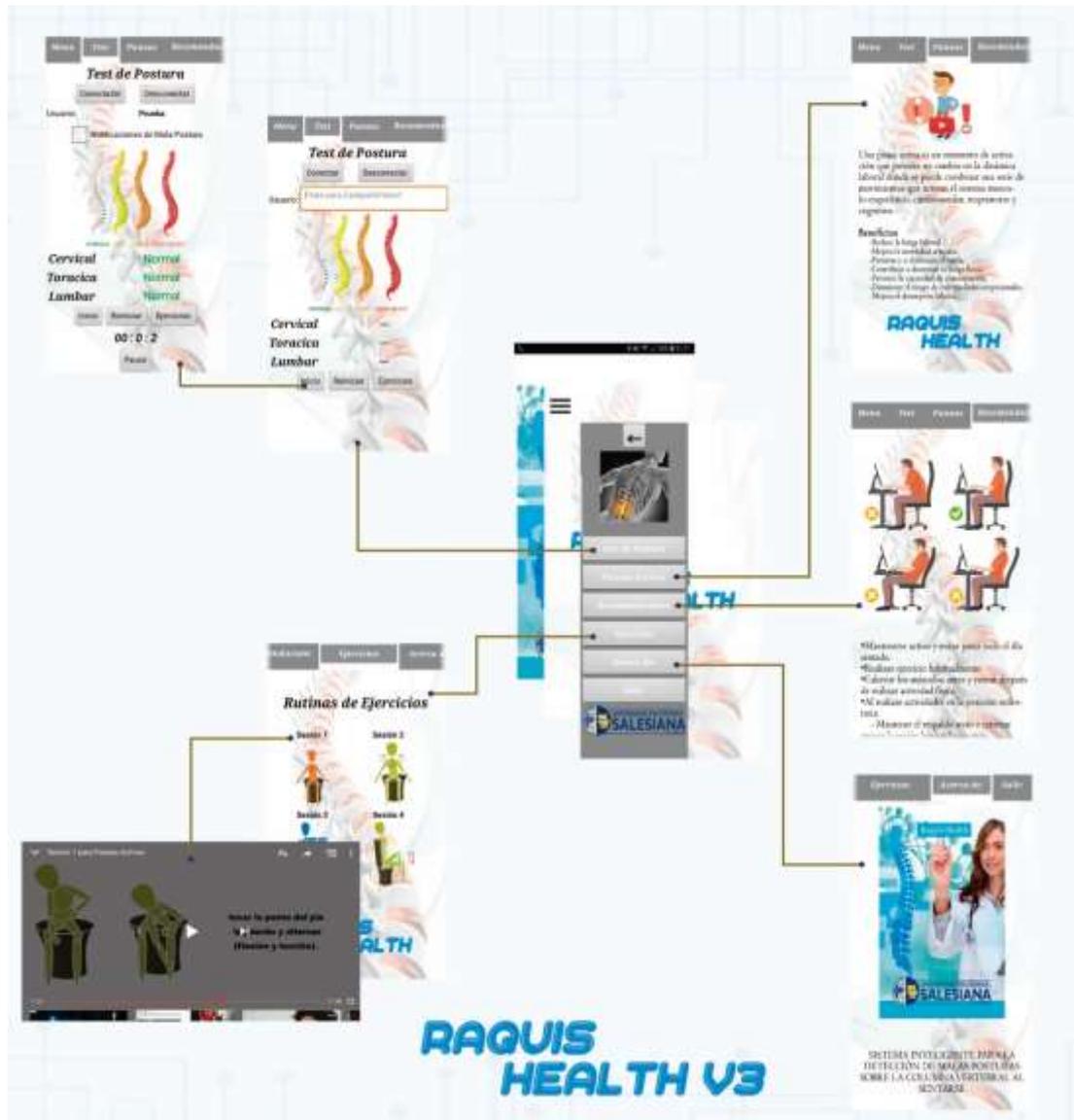


Figura 7. Bosquejo de la Aplicación.

Entre los submenús tenemos:

- Test de postura.
Consta de todos los parámetros para realizar el test de postura. En primer lugar, esta la parte de establecer la conexión bluetooth entre la unidad central y la app, en donde el usuario deberá buscar Raquis 3.0 y establecer el enlace. Se debe ingresar el nombre o Id del usuario a realizarse el test, y habilitar o deshabilitar las respectivas alertas, las cuales sirven para que el dispositivo alerte al usuario de una mala posición durante el test. Una vez realizado estos pasos, se para dar inicio al test mediante el botón de INICIO, la aplicación empezara a mostrar el estado de las posiciones de la espalda, así como el tiempo del test. Las pausas activas se activaran después de dos horas de iniciado el test como lo recomiendan los terapeutas, en el caso de que el usuario tenga muchos cambios de postura negativos, la aplicación sugerirá pequeños ejercicios de relajación para mejorar la postura, y evitar contracturas musculo esqueléticas.

- Pausas activas.
Muestra un breve resumen y beneficios de las pausas activas.
- Recomendaciones.
Consejos sobre buenas posturas en el momento de realizar actividades sentado.
- Ejercicios.
Consta de varias sesiones de ejercicios propuestos para realizar las pausas activas.
Las que se podrá acceder en cualquier momento del test, o cuando este lo requiera.
- Acerca de.
Información sobre el proyecto realizado

5. Carga de batería

La carga de la batería de litio se lo puede realizar en cualquier momento, mediante el puerto mini-usb, tomando en cuenta que la carga de la batería se la puede realizar cuando el dispositivo esta encendido o apagado.