

Instituto Politécnico Nacional  
Escuela Superior de Cómputo



**“Prototipo de un sistema de monitoreo  
para personas de la 3ra. edad con alguna  
discapacidad, mediante el uso de sensores  
utilizando una aplicación móvil”**

2016 - A037

*Que para cumplir con la opción de titulación  
curricular en la carrera de:*

**Ingeniería en Sistemas Computacionales**

*Presentan*

Gerardo Jesús Camacho Rivas<sup>1</sup>

Diana Ivonne Chávez Correa<sup>2</sup>

Tanya Silvana Hernández Valdez <sup>3</sup>

*Directores*

M. en C. María del Rosario Rocha Bernabé M. en  
C. Juan Carlos Morales Cruz

---

<sup>1</sup>mundos\_1@hotmail.com

<sup>2</sup>dayanachavel@gmail.com

<sup>3</sup>tanis1891@gmail.com

## **Resumen**

El presente trabajo consiste en la creación de un prototipo que permita generar alertas cuando se vean alteradas ciertas variables fisiológicas, que presenten una alteración en su funcionamiento, indicando si la persona tiene algún tipo de emergencia; de manera que se genera una notificación al celular de sus familiares y/o los servicios de emergencia.

**Palabras clave:** Sensores, microcontroladores, móviles, programación.

### **Advertencia**

*“Este documento contiene información desarrollada por la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, a partir de datos y documentos con derecho de propiedad y por lo tanto, su uso quedará restringido a las aplicaciones que explícitamente se convengan.”*

La aplicación no convenida exime a la escuela su responsabilidad técnica y da lugar a las consecuencias legales que para tal efecto se determinen.

Información adicional sobre este reporte técnico podrá obtenerse en:

La Subdirección Académica de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, situada en Av. Juan de Dios Bátiz s/n Teléfono: 57296000, extensión 52000.

## **Agradecimientos**

Gracias a Dios por la vida de mis padres y mi hermano, por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y mis expectativas, gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de este proyecto.

Intenta hasta el final, y no te detengas ante la duda; Nada es tan difícil, la búsqueda lo demostrará. **Robert Herrick**

### **Tanya Silvana Hernández Valdez**

Gracias a mis padres: María de la Luz Correa y José Luis Chávez por apoyarme y quererme siempre en cada día de desvelo por estudio, trabajo y dedicación; a mis hermanos: Marisol Chávez y José Iván Chávez por aguantar mis días estresados llenos de trabajo y cansancio, siguiendo el ejemplo de mis padres siempre apoyándome y queriéndome día con día; a mi novio Luis Antonio Dávila por estar a mi lado apoyándome todos y cada uno de los días de escuela, impulsándome con cada palabra de aliento y amándome día con día en los momentos fáciles y difíciles siendo mi inspiración completa; y por ultimo a mis directores: María del Rosario Rocha y Juan Carlos Morales por transmitirnos sus conocimientos, aportándonos ideas en este proyecto.

### **Diana Ivonne Chávez Correa**

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes . . . . .	3
1.1.1. Crecimiento de la población de adultos mayores	3
1.1.2. Discapacidades en los adultos mayores . . . . .	4
1.1.3. Discapacidad visual . . . . .	5
1.1.4. Discapacidad auditiva . . . . .	6
1.1.5. Demencia . . . . .	7
1.1.6. Caídas . . . . .	7
1.2. Objetivo general . . . . .	8
1.3. Objetivos específicos . . . . .	9
1.4. Justificación . . . . .	9
1.5. Marco Teórico . . . . .	11
1.5.1. Variables a medir . . . . .	11
1.5.2. Sensores . . . . .	16
1.5.3. Sensor de temperatura . . . . .	17
1.6. Justificación . . . . .	19
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>20</b>
2.1. Subtema 1 . . . . .	20
2.2. Subtema 1 . . . . .	20

# Índice de figuras

1.1.	Población de 60 años o más que necesitó de cuidados la semana previa a la entrevista de la ENUT 2009 por su sexo, según clasificación de cuidado [?]. . . . .	5
1.2.	Porcentaje de población adulta mayor que necesitó cuidados en el hogar por grupo de edad y sexo, 2009 [?]. . . . .	5
1.3.	Representación de una señal para caídas y actividades cotidianas, en personas de la tercera edad usando un acelerómetro [?]. . . .	14
1.4.	Puntos de interés en la señal que muestra: (a) posturas al sufrir una caída y (b) actividades cotidianas [?]. . . . .	14
1.5.	Termistores [?]. . . . .	17

# Índice de tablas

1.1. Porcentaje de población con discapacidad, por tipo de discapacidad según grupos de edad en 2014 [?]. . . . .	10
1.2. Escenarios y posturas en los que el acelerómetro realizará muestreo. . . . .	15

# Capítulo 1

## Introducción

La Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud (CIF) define la discapacidad como un término genérico que engloba deficiencias, limitaciones de actividad y restricciones para la participación social. La discapacidad forma parte de la condición humana: "... casi todas las personas sufrirán algún tipo de discapacidad transitoria o permanente en algún momento de su vida, y las que lleguen a la senilidad experimentarán dificultades crecientes de funcionamiento".

De acuerdo a los informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que más de mil millones de personas viven con algún tipo de discapacidad; es decir, alrededor del 15 % de la población mundial (según las estimaciones de la población mundial en 2010) [?]. En relación con lo anterior, en el país existen 31.5 millones de hogares, de ellos 6.1 millones reportan que existe al menos una persona con discapacidad; es decir, en 19 de cada 100 hogares vive una persona que presenta alguna dificultad.

En el 2013 6.6 % de la población mexicana reportó tener una discapacidad, siendo en su mayoría las personas adultos mayores, con 51.4 %, informó el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Por otra parte, la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2012 (ENIGH 2012), dicho porcentaje de la población del país presentó dificultad (discapacidad) para realizar al menos una de las actividades como: caminar, ver, escuchar, hablar o comunicarse, poner atención o aprender, atender el cuidado personal y mental [?]. Mientras que en los



adultos mayores la enfermedad y la edad es el factor detonante. En los adultos mayores, el 50.9 % de las discapacidades se tienen por origen de la edad avanzada.

De acuerdo con las proyecciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO), hasta 2010 la población en el Distrito Federal de 65 años en adelante representa el 7.9 % del total. Para 2030, serán los “viejitos” del futuro y demandarán productos y servicios especiales para ellos.

Aunado a este factor, “las Instituciones del Gobierno y la oferta de salud entre hospitales y personal especializado no son suficientes para atender a la población que sufre de alguna discapacidad, por otra parte del costo por estos servicios es elevado oscilando desde \$7,000 M.N. a \$30,000 M.N. mensuales [?].

En la actualidad existen programas sociales por parte del Gobierno de la Ciudad de México, uno de ellos es “Médico en tu casa” este programa fue creado para reducir índices de mortalidad por embarazos en Iztapalapa y Gustavo A. Madero. El cual consiste en enviar médicos para que atiendan a mujeres embarazadas, adultos mayores y niños. El principal objetivo de este programa es brindar atención a la población vulnerable, principalmente adultos mayores, discapacitados, enfermos terminales, así como disminuir el índice de mortalidad materna-infantil en la capital.

Sumado a lo anterior es necesario utilizar herramientas que nos permitan facilitar el cuidado de las personas con discapacidad, dando una opción más accesible para la población que no cuente con recursos necesarios para pagar algún servicio de cuidado y atención.

La idea de utilizar este tipo de herramientas es facilitar el cuidado y la atención de las personas con alguna discapacidad, teniendo en cuenta que aún pueden realizar actividades de la vida cotidiana, además de estar pendientes de los momentos exactos en los que la persona presente una situación delicada en su estado de salud. Una de estas alternativas es utilizar sensores que permitan supervisar las vulnerabilidades que presente, buscando aprovechar al máximo el tiempo de los familiares sin descuidar la atención que requiere el familiar con discapacidad, sin dejar de lado la necesidad de reducir los precios que conlleva el cuidado

de las personas con discapacidad, ya que con esta propuesta permitirá a los familiares que no cuenten con los recursos para este tipo de servicios, puedan usarla como apoyo al cuidado de sus familiares, siendo el costo del prototipo más accesible, pensando en que se realice con un menor monto al requerido por las instituciones que brindan estos servicios.

## 1.1. Antecedentes

### 1.1.1. Crecimiento de la población de adultos mayores

De acuerdo con la OMS, a todo individuo mayor de 60 años se le llamará de forma imperceptible persona de la tercera edad. Las personas de 60 años de edad o mayores realizan aportaciones valiosas a la sociedad como miembros activos de la familia, voluntarios y participantes dinámicos en la fuerza de trabajo. Por otra parte, a medida que se envejece aumentan las probabilidades de padecer varias afecciones al mismo tiempo.

- La población mundial está envejeciendo rápidamente. Entre 2015 y 2050 la proporción de la población mundial mayor de 60 años se multiplicará casi por dos, pasando del 12 % al 22 %.
- Los trastornos neuropsiquiátricos representan el 6,6 % de la discapacidad total, años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD) en este grupo etario.

En números absolutos, el aumento previsto es de 900 millones a 2 000 millones de personas mayores de 60 años. Además de las causas generales de tensión con que se contrarresta todo el mundo, muchos adultos mayores se ven privados de la capacidad de vivir independientemente por dificultades de movilidad, dolor crónico, fragilidad u otros problemas mentales o físicos, de modo que necesitan asistencia a largo plazo. Además, entre los ancianos son más frecuentes experiencias como el dolor por la muerte de un ser querido, un descenso del nivel socio-económico como consecuencia de la jubilación, o la discapacidad [?].

### 1.1.2. Discapacidades en los adultos mayores

Publicaciones avaladas por las distintas asociaciones en diferentes países (Encuesta Nacional sobre el Uso del Tiempo (ENUT), Instituto Nacional de las Mujeres (INMUJERES), el Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Mujer (UNIFEM), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)), han dedicado recursos a la elaboración de encuestas del uso del tiempo, para conseguir información sobre la forma como las personas dividen su tiempo en realizar diversas actividades, como trabajar, estudiar, divertirse, comer y descansar, entre otras; y de manera específica, el tiempo que dedican al trabajo doméstico (cocinar, limpiar, lavar la ropa), así como a realizar las compras, pagar servicios, atender a los hijos, etcétera. Para este trabajo nos enfocamos solo al uso del tiempo destinado al cuidado de los adultos mayores considerando que es un problema reflejado en la economía familiar, debido a que personas de este grupo son susceptibles de sufrir alguna discapacidad, requiriendo la atención por parte de personal especializado, como enfermeras, o la ayuda de familiares.

De las personas de 60 años y más, que registró la Encuesta Nacional sobre el Uso del Tiempo (ENUT) 2009 como necesitadas de cuidado, 59 % fueron mujeres y 41 % hombres. Las razones de cuidado no difieren de manera notable por sexo. Un 74.8 % lo clasificó como necesidades de cuidado continuo (55.9 % debido a que tenía alguna enfermedad crónica y 18.9 % por tener alguna limitación física o mental), mientras que el restante 39.5 % fue por causa de una enfermedad temporal.

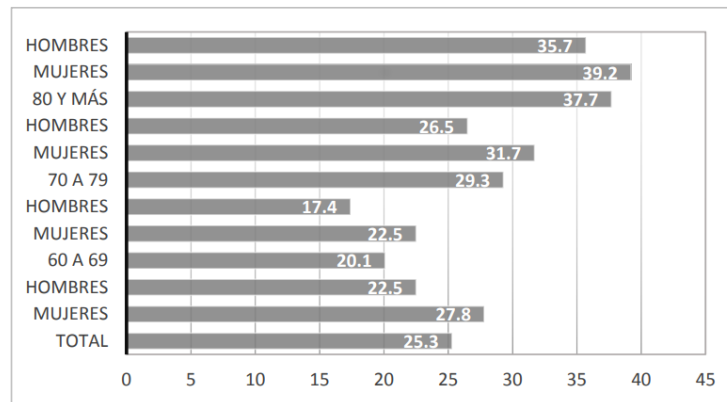
En los resultados de la gráfica 1.1 se aprecia considerablemente mayor el número de mujeres que de hombres que requieren de cuidado. Hay que resaltar que más de medio millón de personas adultas mayores requieren de cuidados continuos debido a una limitación física o mental. Necesidades de cuidado según datos de la Encuesta Nacional sobre Uso del Tiempo (ENUT) 2009, 25.3 % de las personas adultas mayores, 27.8 % de las mujeres y 22.5 % de los hombres necesitaron que alguna persona de su hogar le brindará cuidados o apoyo. Como era de esperarse, las necesidades de cuidado se incrementan conforme aumenta la edad [?].

	<i>Mujeres</i>		<i>Hombres</i>		<i>Total</i>	
	Absolutos	Porcentaje <sup>1</sup>	Absolutos	Porcentaje <sup>1</sup>	Absolutos	Porcentaje
Necesito de cuidados porque ...						
Estuvo enfermo(a) durante la semana pasada	644,896	40.6	422,380	38.1	1,067,276	39.5
¿Tiene alguna enfermedad crónica que requiere de cuidado continuo? (como artritis, asma, cáncer, diabetes, etc.)	912,446	57.4	596,530	53.8	1,508,976	55.9
¿Tiene alguna limitación física o mental por la cual requiere de cuidado continuo?	275,862	17.3	234,162	21.1	510,024	18.29

**Figura 1.1:** Población de 60 años o más que necesitó de cuidados la semana previa a la entrevista de la ENUT 2009 por su sexo, según clasificación de cuidado [?].

### 1.1.3. Discapacidad visual

Hoy en día la discapacidad visual es cada vez mayor y esto se ve reflejado en la población de 50 años o más, por tanto, este tipo de limitación provoca la disminución o pérdida de las funciones visuales, lo cual implica que las personas participen cada vez menos en las actividades cotidianas.



**Figura 1.2:** Porcentaje de población adulta mayor que necesitó cuidados en el hogar por grupo de edad y sexo, 2009 [?].

El 82 % de las personas que padecen ceguera tienen 50 años o más. Con arreglo a la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10, actualización y revisión de 2006), la función visual se subdivide en

cuatro niveles:

- Visión normal.
- Discapacidad visual moderada.
- Discapacidad visual grave.
- Ceguera.

Principales causas de discapacidad visual:

- Errores de refracción (miopía, hipermetropía o astigmatismo) no corregidos: 43 %.
- Cataratas no operadas: 33 %.
- Glaucoma: 2 %.

Alrededor de un 65 % de las personas con discapacidad visual son mayores de 50 años, si bien este grupo de edad apenas representa un 20 % de la población mundial. Con una población anciana en aumento en muchos países, más personas estarán en riesgo de sufrir discapacidad visual por enfermedades oculares crónicas y envejecimiento [?].

#### 1.1.4. Discapacidad auditiva

Otra de las discapacidades que se presenta en las personas mayores es la pérdida de audición, dado que cuando las personas empiezan a envejecer se puede presentar este tipo de limitación, por tanto esta función es muy esencial para el ser humano debido a que es fundamental para la plena interacción con la sociedad.

El oído es un órgano muy complicado y a la vez importante puesto que la pérdida de audición puede causar problemas para comunicarse con los demás, también se ven afectados para el pleno desarrollo tanto personal como emocional entre otros.

Los problemas de comunicación y el acceso limitado a los servicios pueden tener efectos importantes en la vida cotidiana y generar sensación de soledad, aislamiento y frustración, sobre todo en las personas

mayores que padecen pérdida de audición.

Por sordera y pérdida de audición se entiende una pérdida de audición superior a 40dB en el oído con mejor audición en los adultos. Más del 5 % de la población mundial (360 millones de personas) padece pérdida de audición (328 millones de adultos y 32 millones de niños). Aproximadamente una tercera parte de las personas mayores de 65 años padece pérdida de audición [?].

#### 1.1.5. Demencia

Dado que la demencia es consecuencia natural del envejecimiento, podemos decir que el principal órgano que se ve afectado es el cerebro, por ello es una de las principales causas de discapacidad en el mundo que generan dependencia a medida que tiene un impacto tanto físico, psicológico, social y económico en los cuidadores, las familias y la sociedad.

La demencia es un síndrome que implica el deterioro de la memoria, el intelecto, el comportamiento y la capacidad para realizar actividades de la vida diaria, afectando principalmente a la personas mayores. Se calcula que en el mundo hay unos 47,5 millones de personas aquejadas de demencia. Se prevé que el número de estas personas aumentará a 75,6 millones en 2030 y a 135,5 millones en 2050; además, la mayoría de esos pacientes vivirán en países de ingresos bajos y medianos [?].

#### 1.1.6. Caídas

La edad es uno de los principales factores de riesgo de las caídas. Los ancianos son quienes corren mayor riesgo de muerte o lesión grave por caídas, y el riesgo aumenta con la edad. La magnitud del riesgo puede deberse, al menos en parte, a los trastornos físicos, sensoriales y cognitivos relacionados con el envejecimiento, así como a la falta de adaptación del entorno a las necesidades de la población de edad avanzada.

Otros factores de riesgo son:

- Trastornos médicos subyacentes, tales como trastornos neurológicos, cardíacos u otras afecciones incapacitantes.

- Efectos colaterales de los medicamentos, inactividad física y pérdida de equilibrio, sobre todo en las personas mayores.
- Problemas cognitivos, visuales y de movilidad, especialmente entre quienes viven en instituciones tales como las residencias de ancianos o los centros de atención a pacientes crónicos.

Las caídas se definen como acontecimientos involuntarios que hacen perder el equilibrio y dar con el cuerpo en tierra u otra superficie firme que lo detenga. Las lesiones relacionadas con las caídas pueden ser mortales, aunque la mayoría de ellas no lo son.

- Las caídas son la segunda causa mundial de muerte por lesiones accidentales o no intencionales.
- Los mayores de 65 años son quienes sufren más caídas mortales.
- Cada año se producen 37,3 millones de caídas cuya gravedad requiere atención médica.

Las mayores tasas de mortalidad por esta causa corresponden en todas las regiones del mundo a los mayores de 60 años. Cada año se producen 37,3 millones de caídas que, aunque no sean mortales, requieren atención médica y suponen la pérdida de más de 17 millones de años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD). La mayor morbilidad corresponde a los mayores de 65 años, sin embargo, quienes padecen discapacidad a causa de las caídas, y en particular los ancianos, corren más riesgo de necesitar atención a largo plazo e ingreso en alguna institución [?].

## 1.2. Objetivo general

Desarrollar un prototipo para supervisar a personas mayores que tengan algún tipo de discapacidad mediante alertas a un dispositivo móvil, que serán generadas por sensores para brindar información de algunos signos vitales de importancia y podrán determinar si la persona necesita alguna asistencia médica.

### 1.3. Objetivos específicos

Implementar una etapa de sensores, que implica el acondicionamiento de las señales indicando el estado del usuario para ser transmitidas al microcontrolador, una vez que sean transmitidas al microcontrolador será enviada la información inalámbricamente a la aplicación móvil, para evaluar las condiciones en las que se encuentra el familiar discapacitado y determinar si es una situación vulnerable, en caso de que lo sea emitirá una alerta mediante una aplicación móvil.

- Diseño del módulo de adquisición de las variables a medir.
- Análisis de las señales provenientes de los sensores.
- Análisis e Implementación del módulo de comunicaciones.
- Análisis e implementación de la aplicación móvil.

### 1.4. Justificación

Como se mencionó anteriormente la discapacidad en el país ha ido en aumento en los últimos años debido a la transición demográfica, la reducción de mortalidad-natalidad y accidentes ocasionados en el trabajo. La mayor parte de la población discapacitada son los adultos mayores de 60 años. Es decir, la enfermedad o la edad avanzada son las principales causas para todos los tipos de discapacidad considerados. Con el desarrollo de este prototipo se pretende dar atención a una necesidad social que cada vez va en aumento, debido a los altos costos que implica contratar un servicio especializado que aún no se encuentra plenamente desarrollado. Aunque es necesario puntualizar que este prototipo solo supervisará aquellos casos en los que el adulto mayor no se encuentre postrado en una cama.

Por lo que se requiere de servicios especializados en salud enfocados a este sector, en la actualidad existen programas para atender este tipo de problemáticas por mencionar algunos provenientes del Gobierno de la Ciudad de México como:

- Médico en tu casa.



Tipos de discapacidad	Grupos de edad			
	0 a 14 años	15 a 29 años	30 a 59 años	60 años o más
Caminar, subir o bajar usando sus piernas.	36.2	32.1	56.2	81.3
Ver (aunque usen lentes).	26.9	44.6	58.2	67.2
Mover o usar sus brazos o manos.	14.1	18.2	28.5	42.7
Aprender, recordar o concentrarse.	40.8	31.5	32.1	44.6
Escuchar (aunque usen aparato auditivo).	13.4	18.5	24.2	46.9
Bañarse, vestirse o comer.	37.4	16.4	14.5	29.3
Hablar o comunicarse.	45.6	28.5	13.4	14.0
Problemas emocionales o mentales.	26.6	28.0	20.1	16.3

**Tabla 1.1: Porcentaje de población con discapacidad, por tipo de discapacidad según grupos de edad en 2014 [?].**

- Programa Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las personas con discapacidad.

Por parte de la iniciativa Privada existen servicios para este tipo de necesidad como:

- Cuidado personalizado (Homewatch Care Givers).
- Estancia (La Casa de Las Lunas).

Teniendo costos elevados que desequilibran la economía familiar, tal y como se mencionó en la introducción de la investigación. Sin embargo, los programas gubernamentales no logran cubrir la demanda para estos servicios y por parte de la iniciativa privada sus costos son elevados, como consecuencia no toda la población cuenta con los recursos suficientes para pagar un servicio como esté.

Por lo que se propone un prototipo para ayudar a personas con determinada discapacidad, implementando una serie de alertas que permitan a los familiares estar al tanto de la situación del discapacitado, por otro lado, se busca que este prototipo sea portable y económico, de esta manera reducir los costos que significa este tipo de cuidados, siendo una alternativa o complemento de los servicios ya existentes.

Para cubrir la necesidad de la población con bajos recursos, se piensa diseñar una tarjeta de propósito específico a partir de sensores y micro-controladores adecuados con el fin de reducir los costos, ya que estos

son muy accesibles en el mercado, utilizados para múltiples aplicaciones permitiendo que el prototipo sea escalable y portable.

Entre las diferencias con respecto a lo ya existente, son las alertas instantáneas emitidas por los sensores logrando mantener al familiar informado de la situación en la que se encuentra la persona con discapacidad. Cabe mencionar que los sistemas de monitoreo existentes están diseñados para que una persona esté siempre monitoreando la situación del discapacitado.

## 1.5. Marco Teórico

A continuación se presentan las variables que consideramos importantes para el desarrollo del proyecto, antes de llevar a cabo la elección de los dispositivos a emplear, previamente se elaboró una investigación de los signos vitales más indispensables del ser humano, por lo que para fines del proyecto y de acuerdo con lo analizado las variables a medir son la temperatura, considerando que es el primer parámetro para determinar una enfermedad, la segunda variable es un acelerómetro que por causa del envejecimiento de las personas suelen ser más predispuestas a sufrir alguna caída y por último la frecuencia cardíaca, esta última involucra un órgano muy importante para las personas por ello consideramos evaluar conjuntamente esta medida. Existen otras variables importantes pero por la complejidad para medirlas no entran en la posibilidad de incluirlas en este trabajo terminal, dichas variables pueden ser por ejemplo: la presión arterial, la glucosa, por mencionar algunas, ya que al medirlas no utilizan un método invasivo y no causan molestia al usuario.

### 1.5.1. Variables a medir

En este apartado se muestra una descripción de las variables que elegimos y la importancia de cada una, de igual forma se explicaran los motivos por los que fueron seleccionadas. A continuación se enlistan las variables seleccionadas y las cuales serán monitoreadas en este proyecto:

1. Temperatura.

2. Caídas.
3. Frecuencia Cardíaca.

### 1. Temperatura

Se ha considerado medir la temperatura corporal, esta variable es de gran importancia para determinar las condiciones en las que se encuentra el enfermo, la constante medición de esta permite a enfermeros(as) y algún otro personal médico conocer la mejoría y situación del paciente, en algunos casos la temperatura se toma como primer parámetro para diagnosticar una enfermedad.

La Secretaría de Salud establece que la temperatura corporal aceptable oscila entre los 36,5°C y 37,2°C, mientras que las temperaturas fuera de este rango se consideran anormales, a continuación, se muestran los términos utilizados considerados anormales conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-031-SSA2-1999, considerando que no interviene un mecanismo termorregulador o se presenta un golpe de calor.

- **Fiebre:** La elevación anormal de la temperatura corporal por encima de los 38°C.
- **Hipertermia:** Es el estado de incremento de la temperatura del cuerpo que sobrepasa los 40°C.
- **Hipotermia:** En este estado la temperatura corporal se encuentra por debajo de los 36°C.

Por esta razón es importante tener controlada la temperatura en el rango que se considera aceptable. Nuestro cuerpo tiene mecanismos que regulan la temperatura y con el paso de los años se van perdiendo. Por esta importancia se decidió tomar la temperatura como una de las variables a medir en este proyecto [?].

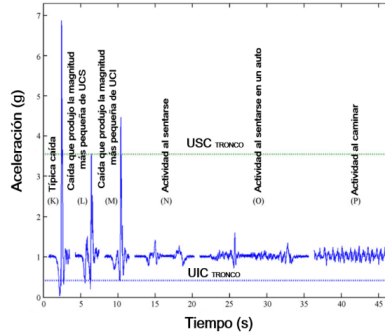
### 2. Caídas

Las caídas son consideradas de alta importancia, debido a las consecuencias que conllevan y pueden sufrir las personas de la tercera edad. Los tipos de caídas en adultos mayores pueden ser las siguientes:

- **Caída accidental:** Es aquella que generalmente se produce por una causa ajena al adulto mayor sano (ejemplo: tropiezo) y que no vuelve a repetirse.
- **Caída repetida:** Expresa la persistencia de factores predisponentes como, enfermedades crónicas múltiples, fármacos, pérdidas sensoriales, etc.
- **Caída prolongada:** Es aquella en la que el adulto mayor permanece en el suelo por más de 15 o 20 minutos por incapacidad de levantarse sin ayuda. Los adultos mayores que tienen mayor prevalencia de caídas prolongadas son: aquellos de 80 años o más, con debilidad de miembros, con dificultades para las actividades cotidianas y aquellos que toman medicación [?].
- Escenarios y posturas de una persona al sufrir una caída. Para entender los escenarios y posturas se realizó un estudio con 240 personas de la tercera edad para monitorear sus actividades cotidianas (como: sentarse en una silla, sentarse en un inodoro, salir o entrar de un auto, sentarse o recostarse sobre la cama y caminar), a estas personas se les coloca un acelerómetro en diferentes partes del cuerpo, el cual detecta las señales tanto de las actividades mencionadas, como de alguna caída (caídas hacia delante o atrás, caídas laterales a la izquierda o derecha y caídas con las piernas rectas o flexionadas) que lleguen a sufrir los sujetos de estudio [?].

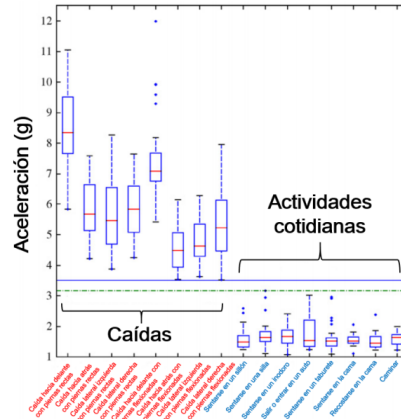
En la figura 1.3 se detectaron los umbrales superior e inferior de caídas, donde se observa que estas tienen una señal con un pico muy alargado el cual está en un rango de aceleración de entre 0 y 7 g, a diferencia de la señal de las actividades cotidianas que no rebasan 1.5 g.

En la figura 1.4 se muestran detalladamente los puntos de interés en la señal y cada una de las posiciones en las que se encontraba el adulto mayor al sufrir una caída, de igual manera se muestran detalladamente las actividades cotidianas realizadas en donde el acelerómetro registro actividad con pequeñas variaciones y similitudes, mostrando los puntos de



**Figura 1.3:** Representación de una señal para caídas y actividades cotidianas, en personas de la tercera edad usando un acelerómetro [?].

interés en dicha señal.



**Figura 1.4:** Puntos de interés en la señal que muestra: (a) posturas al sufrir una caída y (b) actividades cotidianas [?].

Con base en las figuras 1.3 y 1.4 se establecen los escenarios en los que una persona puede sufrir algún tipo de caída y en donde se utilizan sensores acelerómetros en diferentes partes del cuerpo para realizar un muestreo de la aceleración.

Por lo anterior y debido a la complejidad de detectar todos los escenarios de caídas, en este proyecto únicamente se de-

Escenario	Postura	Muestreo del acelerómetro	Caída
Caída hacia adelante con piernas rectas	De pie o recostado	7.5g a 9.5g	Si
Caída hacia atrás con piernas rectas	De pie o recostado	5g a 6.5g	Si
Caída lateral izquierda con piernas rectas	De pie o recostado	4.5g a 6.5g	Si
Caída lateral derecha con piernas rectas	De pie o recostado	5g a 6.5g	Si
Caída hacia adelante con piernas flexionadas	Sentado o inclinado	6.8g a 7.8g	Si
Caída hacia atrás con piernas flexionadas	Sentado o inclinado	4g a 5g	Si
Caída lateral izquierda con piernas flexionadas	Sentado o inclinado	4.5g a 5.5g	Si
Caída lateral derecha con piernas flexionadas	Sentado o inclinado	4.8g a 6g	Si
Sentarse en un sillón	Sentado	1.2g a 1.8g	No
Sentarse en una silla	Sentado	1.5g a 1.9g	No
Sentarse en un inodoro	Sentado	1.5g a 2g	No
Salir o entrar de un auto	Sentado o de pie	1.2g a 2.5g	No
Sentarse en un taburete	Sentado	1.2g a 1.5g	No
Sentarse en la cama	Sentado	1.4g a 1.6g	No
Recostarse en la cama	Recostado	1.2g a 1.6g	No
Caminar	De pie	1.5g a 1.8	No

**Tabla 1.2:** Escenarios y posturas en los que el acelerómetro realizará muestreo.

tectará la caída típica, que es la caída hacia delante con las piernas rectas.

### 3. Frecuencia Cardíaca

Esta variable es considerada importante puesto que involucra uno de los signos más relevantes para el óptimo funcionamiento del corazón, de modo que es el principal órgano del ser humano que nos mantiene con vida, por lo cual estimaremos dicha variable para este proyecto.

El funcionamiento del corazón se manifiesta, al actuar como bomba impulsora, lo que determina el gasto cardíaco (cantidad de sangre enviada por el corazón al torrente circulatorio en un minuto), que representa el volumen de eyección sistólico en cada latido por minuto. La frecuencia cardíaca (FC) es un parámetro indicativo de la eficiencia con la que el corazón trabaja. En esfuerzos de tipo máximo se busca alcanzar la frecuencia cardíaca máxima para cada sujeto, sin pasar los límites que representen riesgo de provo-

car una falla o insuficiencia cardíaca durante la ejecución de un esfuerzo físico intenso. Para determinarla existen varios modelos matemáticos, pero el más común consiste en tomar la cifra de 220 y restarle la edad del sujeto.

Por otro lado, habitualmente la tensión arterial se incrementa con la edad, más la sistólica que la diastólica, así como la presión del pulso (diferencia entre ambas), en las personas mayores de 65 años, el 40 % sufre de hipertensión arterial, y de ellos el 65 % - 70 % tienen riesgo de sufrir accidentes cardiovasculares, fatales o no.

Con el paso de los años, el organismo pierde su habilidad para redistribuir el flujo sanguíneo desde las vísceras a los músculos en acción, de tal forma que la diferencia arteriovenosa de oxígeno ( $Dif a/v O_2$ ) medida en el músculo y la del flujo de retorno venoso al corazón durante el esfuerzo físico, es menor en las personas adultas mayores y sedentarias, con lo cual disminuye la reserva funcional [?].

Algunos estudios realizados en poblaciones sanas, así como en pacientes hipertensos, con cardiopatía isquémica o con insuficiencia cardíaca, demuestran una asociación entre la FC elevada y un mayor riesgo de mortalidad. Según esto, cuanto mayor es la FC, menor es la expectativa de vida. La frecuencia cardíaca (FC) en reposo oscila entre 50 y 100 latidos por minuto en las personas adultas. Al nacer, la FC es más elevada porque el bebé la necesita para su adecuado crecimiento. A partir del primer mes de vida, la FC va disminuyendo hasta alcanzar las cifras normales de un adulto. El ejercicio físico o las situaciones de estrés provocan un aumento de la FC (taquicardia sinusal), que se considera normal [?].

### 1.5.2. Sensores

A continuación, se muestran algunas definiciones de la investigación de los sensores que ayudaran a la realización de este proyecto.

Un dispositivo electrónico que produce datos eléctricos, ópticos o digitales derivadas de una condición física o evento. La Real Academia Española lo define como un dispositivo que detecta una determinada acción externa y es transmitida adecuadamente.

Conociendo estas definiciones llamaremos sensor al dispositivo o mecanismo eléctrico que nos permite medir una variable física, dando como respuesta una señal o dato en relación con la magnitud de la variable medida.

### 1.5.3. Sensor de temperatura

#### Definición

Es un dispositivo que permite medir los cambios de la temperatura y entregar una señal eléctrica en relación a la magnitud de la temperatura. Son usados para asegurar que la temperatura de un proceso esté en su normalidad o bien tener la temperatura en un rango especificado siendo obligatorio cumplir con la condición.

La variedad de sensores de temperatura está relacionada con el material del que están hechos, del uso que se les pretenda dar en función con las temperaturas que soporten y como es que responden a la magnitud medida, estas respuestas pueden ser en voltaje, resistencia, corriente y señales digitales.

Entre los más utilizados se encuentran los termistores NTC (Coeficiente de Temperatura Negativa) y PTC (coeficiente de temperatura Positiva), termopares, RTD (Detectores de Temperatura por Resistencia), circuitos integrados y detectores de temperatura por luz infrarroja.



**Figura 1.5:** Termistores [?].



## **Tipos de sensores de temperatura**

### **RTD**

Los RTD son sensores de temperatura que utilizan la propiedad de resistencia y coeficiente térmico de un metal (conductor), se basan en el principio de equilibrio térmico que señala que cuando un metal se encuentra en un medio que tiene mayor temperatura que él, éste tiende a aumentar su temperatura, siempre y cuando el volumen y la masa no sean mayor que el del medio con el que interactúa. Las RTD son utilizadas en el sector industrial, entre las características más destacadas es su resistencia a altas temperaturas, su alta sensibilidad, tienen una exactitud mínima de  $1^{\circ}\text{C}$ , tienen un tiempo de vida alto.

### **NTC**

Las NTC son sensores elaborados por óxidos semiconductores que responden disminuyendo su resistencia a medida que aumenta la temperatura, son sensores con alta sensibilidad, son utilizados para monitorear que la temperatura no sobrepase un rango.

### **PTC**

Las PTC son termistores con un coeficiente de temperatura positivo que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia, son elaborados con óxidos y conductores, se utilizan para elaborar sistemas de control de temperatura, con el fin de no sobrepasar cierta temperatura ya que esta puede ser crítica [?].

### **Termopares**

Son sensores que se elaboran uniendo dos conductores, están basados en el principio de Seebeck y Peltier, el efecto de Seebeck dice que cuando la unión de los metales presenta diferentes temperaturas se produce un voltaje muy pequeño, que va en incremento con la temperatura, mientras que el efecto Peltier dice que transmitir una corriente en la unión de los metales se produce un flujo de calor. Los termopares se utilizan en sistemas de refrigeración para disminuir las temperaturas

o aumentarlas, además de sensar la temperatura [?].

### **Sensores a base de Circuitos Integrados**

Los circuitos integrados son dispositivos que están formados de elementos electrónicos, que permiten tener la misma funcionalidad que un circuito electrónico, solo que en un espacio reducido. En la actualidad tienen funciones específicas desde reguladores de voltaje, corriente hasta medir temperatura.

### **Sensores Infrarrojos**

Otra de las propuestas interesantes que tenemos son los sensores de radiación térmica, estos funcionan midiendo la energía que emiten los objetos, en la región infrarroja, están contruidos por un sistema óptico que enfoca el objeto, utilizando un diodo láser que ilumina la zona captando la energía desprendida de los objetos.

Presentan un inconveniente acorde a los materiales que presentan emisividad, que es la proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto debido a su temperatura.

Los cuerpos negros presentan una emisividad igual a uno, en la práctica todos los cuerpos tienen esta propiedad de acuerdo a su color, los sensores de radiación vienen ajustados para una emisividad determinada, por lo que si se tiene otra emisividad diferente se tendrá que calibrar [?].

## **1.6. Justificación**

## Capítulo 2

# Marco Teórico

texto de introducción al marco teórico

### 2.1. Subtema 1

### 2.2. Subtema 1