

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**UNIDAD DE POSGRADO**  
**SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**'MODELAMIENTO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN Y**  
**MONITOREO A DISTANCIA PARA LA**  
**SUPERVISIÓN DE PACIENTES CRÓNICOS**  
**APLICADO A UN HOSPITAL VIRTUAL'**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR**  
**EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**AUTOR: LUIS MIGUEL ROMERO GOYTENDÍA**

Callao – 2016  
PERÚ

## HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

### MIEMBROS DEL JURADO

|     |                                   |            |
|-----|-----------------------------------|------------|
| Dr. | : FERNANDO JOSÉ OYANGUREN RAMÍREZ | PRESIDENTE |
| Dr. | : SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMENEZ | SECRETARIO |
| Dr. | : CIRO ITALO TERÁN DIANDERAS      | MIEMBRO    |
| Dr. | : JUAN HERBER GRADOS GAMARRA      | MIEMBRO    |
| Dr. | : MARCELO NEMESIO DAMAS NIÑO      | ASESOR     |

Nº DE LIBRO : 01  
FOLIO : 052  
FECHA DE APROBACIÓN : febrero 03, 2017  
RESOLUCIÓN DIRECTORAL : 007-2017-CD-UPG-FIEE

Un hogar será fuerte cuando esté  
sostenido por estas cuatro columnas:  
padre valiente, madre prudente,  
hijo obediente, hermano complaciente.

Confucio

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ÍNDICE.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>TABLAS DE CONTENIDO.....</b>                                 | <b>4</b>  |
| <b>RESUMEN.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>ABSTRACT.....</b>  | <b>11</b> |
| <b>I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>                | <b>12</b> |
| <b>1.1 Identificación del problema.....</b>                     | <b>12</b> |
| <b>1.2 Formulación de problemas.....</b>                        | <b>21</b> |
| <b>1.3 Objetivos de la investigación.....</b>                   | <b>23</b> |
| <b>1.3.1 General.....</b>                                       | <b>23</b> |
| <b>1.3.2 Específicos.....</b>                                   | <b>23</b> |
| <b>1.4 Justificación.....</b>                                   | <b>23</b> |
| <b>1.4.1 Aspecto económico y de sostenibilidad.....</b>         | <b>26</b> |
| <b>1.4.2 Aspectos legales.....</b>                              | <b>27</b> |
| <b>1.4.3 Aspectos tecnológicos y de telecomunicaciones.....</b> | <b>27</b> |
| <b>1.4.4 Aspectos que influyen en la salud.....</b>             | <b>29</b> |
| <b>1.4.5 Aspectos que afectan al recurso humano.....</b>        | <b>30</b> |
| <b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>                                   | <b>32</b> |
| <b>2.1 Antecedentes del estudio.....</b>                        | <b>32</b> |
| <b>2.2 Bases epistémicas.....</b>                               | <b>36</b> |
| <b>2.2.1 Fundamento ontológico.....</b>                         | <b>36</b> |
| <b>2.2.2 Fundamento epistemológico.....</b>                     | <b>41</b> |
| <b>2.2.3 Fundamento metodológico.....</b>                       | <b>48</b> |
| <b>2.3 Definiciones de términos básicos.....</b>                | <b>56</b> |
| <b>III. VARIABLES E HIPÓTESIS.....</b>                          | <b>62</b> |
| <b>3.1 Definición de las variables.....</b>                     | <b>62</b> |
| <b>3.2 Operacionalización de variables.....</b>                 | <b>63</b> |
| <b>3.3 Hipótesis.....</b>                                       | <b>66</b> |
| <b>3.3.1 Hipótesis general.....</b>                             | <b>66</b> |
| <b>3.3.2 Hipótesis específicas.....</b>                         | <b>66</b> |
| <b>IV. METODOLOGÍA.....</b>                                     | <b>68</b> |
| <b>4.1 Tipo de investigación.....</b>                           | <b>68</b> |

|              |   |            |
|--------------|---|------------|
| <b>4.2</b>   | <b>Diseño de la investigación.....</b>                                | <b>68</b>  |
| 4.2.1        | Enfermedades cardiacas.....   | 72         |
| 4.2.2        | Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC).....                   | 85         |
| 4.2.3        | Diabetes.....   | 109        |
| 4.2.4        | Depresión.....  | 116        |
| <b>4.3</b>   | <b>Población y muestra.....</b>                                       | <b>123</b> |
| 4.3.1        | Enfermedades cardiacas.....   | 128        |
| 4.3.2        | Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC).....                   | 135        |
| 4.3.3        | Diabetes.....   | 141        |
| 4.3.4        | Depresión.....  | 149        |
| <b>4.4</b>   | <b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>           | <b>151</b> |
| 4.4.1        | Enfermedades cardiacas.....   | 153        |
| 4.4.2        | Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC).....                   | 154        |
| 4.4.3        | Diabetes.....   | 155        |
| 4.4.4        | Depresión.....  | 157        |
| <b>4.5</b>   | <b>Procedimientos de recolección de datos.....</b>                    | <b>158</b> |
| 4.5.1        | Materiales y métodos.....   | 160        |
| 4.5.2        | Resultados.....   | 161        |
| 4.5.3        | Sobre la participación de un programa usando celulares e internet.... | 165        |
| <b>4.6</b>   | <b>Procesamiento estadístico y análisis de datos.....</b>             | <b>166</b> |
| <b>V.</b>    | <b>RESULTADOS.....</b>  | <b>170</b> |
| 5.1          | Enfermedades cardiacas.....   | 170        |
| 5.2          | Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC).....                   | 191        |
| 5.3          | Diabetes.....   | 213        |
| 5.4          | Sistema Web del Hospital Virtual Universitario.....                   | 234        |
| 5.5          | Modelo general del Sistema de Gestión.....                            | 237        |
| <b>VI.</b>   | <b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>                                   | <b>241</b> |
| 6.1          | Contrastación de hipótesis con los resultados.....                    | 241        |
| 6.2          | Contrastación de resultados con otros estudios similares.....         | 244        |
| <b>VII.</b>  | <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>248</b> |
| <b>VIII.</b> | <b>RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>250</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>          | <b>251</b> |
| <b>ANEXOS</b>                                       |            |
| <b>A: Matriz de consistencia.....</b>               | <b>253</b> |
| <b>B: Estándares empleados en Telemedicina.....</b> | <b>254</b> |

## TABLAS DE CONTENIDO

### LISTA DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| Figura N° 2.1 Criterios del diseño de equipo médico.....  | 36  |
| Figura N° 2.2 Arquitectura para un Hospital Virtual.....  | 40  |
| Figura N° 2.3 Esquema de metodología de diseño.....   | 51  |
| Figura N° 3.1 Esquema general del sistema de gestión.....   | 62  |
| Figura N° 4.1 Esquema del Hospital Virtual.....   | 71  |
| Figura N° 4.2 Anatomía del corazón.....   | 73  |
| Figura N° 4.3 Potencial de acción cardiaco.....   | 74  |
| Figura N° 4.4 El ciclo cardiaco.....  | 77  |
| Figura N° 4.5 Potencial de acción de cada región del corazón.....   | 78  |
| Figura N° 4.6 Señal ECG del corazón.....  | 79  |
| Figura N° 4.7 Ubicación de las derivaciones bipolares.....  | 81  |
| Figura N° 4.8 Ubicación de las derivaciones unipolares.....   | 82  |
| Figura N° 4.9 Ubicación de las derivaciones precordiales.....   | 82  |
| Figura N° 4.10 Elementos básicos del sistema respiratorio.....  | 86  |
| Figura N° 4.11 Fisiopatología de la EPOC.....   | 88  |
| Figura N° 4.12 Músculos que intervienen en el proceso respiratorio.....   | 90  |
| Figura N° 4.13 Mecánica respiratoria (inspiración y espiración).....  | 90  |
| Figura N° 4.14 Ubicación de presiones intraalveolares e intrapleurales.....   | 92  |
| Figura N° 4.15 Espirograma del ciclo respiratorio con capacidades pulmonares estándar.....  | 93  |
| Figura N° 4.16 Espirómetro de campana. A: Boquilla. B: Tubo del espirómetro. C: Campana. D: Cilindro de doble pared. E: Agua para sellar la campana.....  | 101 |
| Figura N° 4.17 (a) Espirómetro de fuelle de la marca Vitalograph. (b) Esquema de funcionamiento de un espirómetro de fuelle. A: entrada de aire. B: fuelle. C: punta de escritura. D: carró móvil con el papel de registro..... | 102 |
| Figura N° 4.18 Espirómetros de flujo. (a) Espirómetro marca Vitalograph, (b) Espirómetro marca Microlife.....   | 103 |
| Figura N° 4.19 Esquema de un espirómetro de flujo con neumotacógrafo de turbina. A: aspas fijas para dirigir el flujo de aire. B: hélice (turbina). C: eje de la hélice. D:   |     |

|  |     |
|--|-----|
| sensor óptico para el movimiento de la hélice. E: microprocesador. F: despliegue de datos.....   | 104 |
| Figura N° 4.20 Esquema de un espirómetro de flujo con neumotacógrafo de hilo caliente (termistor). A: hilo de platino, calentado por medio de corriente eléctrica. B: microprocesador, C: despliegue de datos..... | 105 |
| Figura 4.21 Esquema de un neumotacógrafo ultrasónico. A y B: emisores-receptores de ultrasonidos. C: haces de ultrasonidos.....  | 105 |
| Figura N° 4.22 Esquema de un espirómetro de flujo con neumotacógrafo de Fleisch. A: tubos capilares, B: sensor de presión diferencial, C: microprocesador, D: despliegue de datos.....                             | 106 |
| Figura N° 4.23 Esquema de un espirómetro de flujo con neumotacógrafo de Lilly. A: membrana, B: sensor de presión diferencial, C: microprocesador, D: despliegue de datos.....                                      | 107 |
| Figura N° 4.24 Mecanismo de operación de la insulina.....  | 110 |
| Figura N° 4.25 Células productoras de insulina, sanas y dañadas.....   | 110 |
| Figura N° 4.26 Nivel de glucosa de acuerdo a la salud de la persona.....   | 116 |
| Figura N° 4.27 Ubicación de los electrodos en la cabeza.....   | 120 |
| Figura N° 4.28 Registro unipolar en un EEG.....  | 122 |
| Figura N° 4.29 Registro bipolar en un EEG.....   | 122 |
| Figura N° 4.30 Registro de señal promediada EEG.....   | 123 |
| Figura N° 4.31 Principales métodos de muestreo.....  | 126 |
| Figura N° 4.32 Población adulta mayor con enfermedad del corazón, según quintil de riqueza, 2012.....  | 132 |
| Figura N° 4.33 Perú: Población adulta mayor con y sin tratamiento de diabetes, según quintil de riqueza, 2012.....   | 146 |
| Figura No. 4.34 Número de personas con depresión en el mes de febrero.....   | 149 |
| Figura No. 4.35 Estadística comparativa entre hombres y mujeres.....   | 150 |
| Figura No. 4.36 Cuestionario de enfermedades cardiacas e hipertension.....   | 153 |
| Figura N° 5.1 Etapas del proyecto.....   | 171 |
| Figura N° 5.2 Esquema general del proyecto.....  | 172 |
| Figura N° 5.3 Colocación de electrodos.....  | 173 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura N° 5.4 Diagrama interno del amplificador de instrumentación.....   | 174 |
| Figura N° 5.5 Circuito amplificador.....  | 175 |
| Figura N° 5.6 Filtro para la señal ECG original.....  | 175 |
| Figura N° 5.7 Circuito de protección del paciente.....  | 176 |
| Figura N° 5.8 Esquema que incluye el circuito acondicionador ECG, incluyendo filtro y sumador.....                      | 176 |
| Figura N° 5.9 Valores de la simulación.....   | 177 |
| Figura N° 5.10 Señal analógica obtenida de los electrodos.....  | 178 |
| Figura N° 5.11 Código MatLab para el filtro digital.....  | 179 |
| Figura N° 5.12 Izquierda: Señal original sin filtro. Derecha: Señal filtrada.....                                       | 179 |
| Figura N° 5.13 Primera parte del código detección de puntos clave (max, min, etc.).....                                 | 181 |
| Figura N° 5.14 Identificación de puntos críticos.....   | 182 |
| Figura N° 5.15 Código para el cálculo de la frecuencia cardiaca.....  | 183 |
| Figura N° 5.16 Código para el cálculo del complejo QRS.....   | 183 |
| Figura N° 5.17 Código para el cálculo del tiempo PR.....  | 184 |
| Figura N° 5.18 Código para el cálculo del segmento QT.....  | 185 |
| Figura N° 5.19 Resultado de la detección de anomalías no críticas.....  | 185 |
| Figura N° 5.20 Izquierda: Interfaz de Arduino. Derecha: Interfaz de la aplicación Android.....                          | 187 |
| Figura N° 5.21 Esquema de programación en la aplicación App Inventor.....   | 190 |
| Figura N° 5.22 Diagrama de bloques del espirómetro de flujo.....  | 193 |
| Figura N° 5.23 Neumotacógrafo empleado en el desarrollo del espirómetro.....  | 193 |
| Figura N° 5.24 Sensor de presión diferencial.....   | 194 |
| Figura N° 5.25 Diagrama esquemático del sensor de presión diferencial empleado en el Espirómetro de Flujo diseñado..... | 195 |
| Figura N° 5.26 Distribución de pines del amplificador de instrumentación AD620.....                                     | 197 |
| Figura N° 5.27. Esquema interno de un amplificador de instrumentación.....  | 197 |
| Figura N° 5.28. Esquema del Filtro Butterworth de 2° orden.....   | 202 |
| Figura N° 5.29 Gráfica Frecuencia vs. Amplitud del filtro Butterworth de 2° orden                                       |     |

|   |     |
|---|-----|
| diseñado.....   | 203 |
| Figura N° 5.30 (a) Flujo F de entrada, que atraviesa el neumotacógrafo; (b) Salida de la etapa de Acondicionamiento de Señal, VF; (c) Señal de salida de la etapa de Integración, VOUT..... | 204 |
| Figura N° 5.31 Filtro de la señal, orden 2 Butterworth, en Multisim.....  | 205 |
| Figura N° 5.32 Circuito integrador.....   | 206 |
| Figura N° 5.33 Circuito integrador para la implementación, en Multisim.....   | 207 |
| Figura N° 5.34 Sistema de adquisición, procesamiento y despliegue de datos.....   | 209 |
| Figura N° 5.35 Controlador usado para la comunicación con la computadora.....   | 209 |
| Figura N° 5.36 Diagrama general del espirómetro de flujo.....   | 211 |
| Figura N° 5.37 Curva del flujo respiratorio.....  | 212 |
| Figura N° 5.38 Curva de volumen.....  | 212 |
| Figura N° 5.39 Curva de flujo vs volumen.....   | 213 |
| Figura N° 5.40 Procedimiento de lectura del patrón de medida.....   | 216 |
| Figura N° 5.41 Filtro usando dos células Sallen Key.....  | 217 |
| Figura N° 5.42 Respuesta en frecuencia del filtro.....  | 217 |
| Figura N° 5.43 Esquema de la placa Arduino UNO.....   | 219 |
| Figura N° 5.44 Diagrama de bloques del proyecto.....  | 221 |
| Figura N° 5.45 Esquema circuital de la etapa de entrada.....  | 222 |
| Figura N° 5.46 Esquema circuital del filtro.....  | 222 |
| Figura N° 5.47 Esquema circuital del filtro pasa banda.....   | 223 |
| Figura N° 5.48 Esquema circuital de la etapa de salida.....   | 224 |
| Figura N° 5.49 Relación de la absorbancia a la concentración.....   | 225 |
| Figura N° 5.50 Esquema de la aplicación de la Ley de Lambert Beer.....  | 226 |
| Figura N° 5.51 Cantidad de glucosa obtenida para distintas transmitancias.....  | 226 |
| Figura N° 5.52 Simulación del circuito para obtener la corriente en la foto resistencia.....  | 227 |
| Figura N° 5.53 Grafica de Voltaje vs Corriente en la foto resistencia.....  | 227 |
| Figura N° 5.54 Grafica de la tabla anterior.....  | 228 |
| Figura N° 5.55 Linealización de la Figura N° 5.54.....  | 229 |
| Figura N° 5.56 Flujograma del algoritmo.....  | 230 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura N° 5.57 Simulación del circuito completo.....                                  | 231 |
| Figura N° 5.58 Muestra de la pantalla LCD.....  | 232 |
| Figura N° 5.59 Implementación de la comunicación entre Arduino y celular....          | 233 |
| Figura N° 5.60 Muestra de resultados en el celular con Android.....                   | 233 |
| Figura N° 5.61 Comparación de la curva del glucómetro digital con la obtenida.        | 234 |
| Figura N° 5.62 Portal del Sistema de Gestión.....                                     | 235 |
| Figura N° 5.63 Pestaña de Sistema de Cuidados a Distancia del Sistema de Gestión..... | 236 |
| Figura N° 5.64 Pestaña Contactos del Sistema de Gestión.....                          | 237 |
| Figura N° 5.65 Modelo para el control de Enfermedades Cardiacas.....                  | 238 |
| Figura N° 5.66 Modelo para el control de la EPOC.....                                 | 239 |
| Figura N° 5.67 Modelo para el control de la Diabetes.....                             | 239 |
| Figura N° 5.68 Modelo general del Sistema de Gestión.....                             | 240 |

#### **LISTA DE TABLAS**

|   |     |
|---|-----|
| Tabla N° 4.1 Valores de volúmenes pulmonares en individuos sanos.....   | 100 |
| Tabla N° 4.2 Población adulta mayor con enfermedad del corazón, según característica seleccionada, 2012.....                  | 131 |
| Tabla N° 4.3 Población adulta mayor con enfermedad del corazón, según ámbito geográfico, 2012.....                            | 134 |
| Tabla No. 4.4 Población con algún problema de salud crónico y no crónico según sexo 2005-2011.....                            | 138 |
| Tabla No. 4.5 Población con algún problema de salud crónico y no crónico, según área de residencia, 2005 – 2011.....          | 138 |
| Tabla No. 4.6 Enfermedades previas en los ancianos hospitalizados. Servicios 6C, Hospital E. Rebagliati – Lima.....           | 139 |
| Tabla No.4.7 Población mayor de 65 años atendida en el Hospital Rebagliati (N = 300 personas).....                            | 140 |
| Tabla No. 4.8 Población mayor de 65 años con enfermedades crónicas atendida en el Hospital Rebagliati (N = 259 personas)..... | 141 |
| Tabla N° 4.9 Población adulta mayor con diabetes, según característica seleccionada, 2012.....                                | 145 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla N° 4.10 Perú: Población adulta mayor con diabetes, según ámbito geográfico, 2012.....             | 148 |
| Tabla No. 4.11 Reportes del Hospital Almenara.....  | 149 |
| Tabla No. 4.12 Cuestionario para la detección de EPOC.....  | 155 |
| Tabla N° 4.13 Formato de examen para la detección de diabetes.....                                      | 156 |
| Tabla N° 4.14 Aspectos demográficos de los participantes.....   | 161 |
| Tabla N° 4.15 Uso de tecnologías de información y comunicaciones.....                                   | 162 |
| Tabla N° 4.16 Información recibida sobre diabetes por los participantes.....                            | 164 |
| Tabla N° 4.17 Razones para participar en un programa usando celulares.....                              | 165 |
| Tabla N° 4.18 Razones para participar en un programa usando internet.....                               | 166 |
| Tabla N° 5.1 Recomendaciones técnicas y de funcionamiento que debe cumplir un espirómetro de flujo..... | 192 |
| Tabla N° 5.2 Valores promedio de respiraciones para niños, adultos y ancianos..                         | 200 |
| Tabla N° 5.3 Valores para filtro pasa-bajas activo Butterworth.....                                     | 202 |
| Tabla N° 5.4 Resumen de características técnicas.....   | 220 |
| Tabla N° 5.5 Nivel de voltaje para cada nivel de corriente.....   | 228 |
| Tabla N° 5.6 Linealización por cada intervalo.....  | 229 |

## RESUMEN

El Modelo del Sistema de Gestión propuesto, dentro del área de la Telemedicina representa una de las concepciones tecnológicas más modernas, las cuales incluyen el uso de las tecnologías de la información y comunicaciones, que junto a la medicina proveen una nueva forma de brindar servicios médicos a distancia.

Luego, para realizar estas tareas a distancia se requiere contar con el diagnóstico preciso así como la recopilación de datos confiables, y de esto se encarga la tecnología puesta al servicio de la medicina.

Llevar servicios de salud a lugares remotos y de baja demanda es costoso (principalmente porque en zonas rurales la densidad poblacional es más baja que en la zona urbana), sobre todo en países como el nuestro que no pueden hacer grandes inversiones para garantizar la atención oportuna y precisa de los pacientes. Pero gracias a los avances en las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) y a los esfuerzos de los investigadores, la telemedicina es una realidad que se traduce en acciones como tele diagnóstico y tele consulta.

El Sistema de Gestión permite desarrollar proyectos de investigación en temas relacionados con redes de telemedicina y sistemas de información, telemetría y tele monitoreo —basados en estándares y protocolos internacionales (ver anexo B) —. También se puede hacer evaluaciones técnicas y financieras de redes de telemedicina que aborden temas de normatividad y regulación de la misma. Las investigaciones se llevan a cabo en Laboratorios de Electrofisiología, Telemedicina y otros, a fin de contrastar las propuestas.

## ABSTRACT

The Management System Model proposed in the area of telemedicine is one of the most modern technological concepts, which include the use of information technology and communications, which provide medicine with a new way to provide medical services distance.

Then, to perform these tasks remotely is necessary to have accurate diagnosis and reliable data collection, and this is responsible for technology in the service of medicine.

Bringing health services to remote and low demand is costly (mainly because rural population density is lower than in urban areas), especially in countries like ours who can't make large investments to ensure appropriate care and accurate patient. But thanks to advances in Information and Communications Technologies (ICT) and the efforts of researchers, telemedicine is a reality that translates into actions such as tele diagnosis and consultation.

Management System to develop research projects on issues related to telemedicine networks and information systems, telemetry and monitoring-based standards and protocols (see Annex B) -. You can also make technical and financial evaluations of telemedicine networks that address issues of standardization and regulation of it. The investigations were performed in the Electrophysiology Laboratories, telemedicine and others, in order to contrast the proposals.

## CAPÍTULO I

### 1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Identificación del problema

La problemática que afronta el sector salud no sólo en nuestro país, sino en muchas sociedades; debido principalmente a la falta de servicios médico-asistenciales y médico-hospitalarios, que soporten la gran demanda de atención, sobre todo en los sectores con menos recursos económicos; permite presentar al Sistema de Gestión propuesto como una alternativa para integrar los servicios médicos y así resolver problemas de interés, tales como:

- a) El desarrollo social, puesto que la salud es uno de los mayores factores de incidencia en el desarrollo humano, por tanto el segmento socio económico sobre el que tiene prioridad el proyecto es el segmento medio bajo, con capacidad para atender a cualquier nivel socio económico.
- b) El costo de inversión en los servicios médicos, de consulta o de diagnóstico, son elevados y además el tiempo requerido en la integración de especialistas alrededor de la solución a problemas específicos, es lenta y muchas veces requiere de periodos extensos de tiempo para la toma de decisiones, solución que se puede dar al integrar los servicios a través de la tele consulta y el tele diagnóstico.
- c) En la actualidad no existe un diagnóstico real sobre los servicios requeridos en el área de la Telemedicina, por lo que es necesario un trabajo de campo para obtener información sobre la situación actual de los servicios médicos y la demanda real, así como la posibilidad de conocer a corto, mediano y largo plazo, cuáles serían los costos de inversión que permitan dar solución al problema de la cobertura.
- d) La socialización del conocimiento alrededor de las tecnologías aplicadas al desarrollo de la medicina, es uno de los valores que lleva al éxito de soluciones efectivas en el sector salud, por lo que es necesario desarrollar un plan de capacitación en el sector salud y los sectores gubernamental y académico.
- e) En el país no existen estrategias de investigación en esta área del conocimiento

para llevar a cabo un estudio real que permita dar el paso a soluciones verdaderas sobre el desarrollo tecnológico o experimental para poder implementar centros de investigación en Telemedicina.

***Algunas opiniones en torno al uso de la tecnología aplicada a la medicina son:***

- a) El Dr. Garry Satou, uno de los pocos pediatras cardiólogos que trabaja en el Hospital Ronald Reagan de la Universidad de California Los Ángeles (UCLA), es uno de estos médicos especialistas que gracias al uso de aparatos tecnológicos de alta definición y de transmisión simultánea, puede diagnosticar problemas cardiacos en infantes –y hasta en fetos–, que están en otras ciudades. “La telemedicina es el uso de tecnología para hacer diagnósticos inmediatos en pacientes que están en alguna otra parte. Se utilizan ultrasonidos cardiológicos o eco cardiogramas que se transmiten a través de conexión de internet de banda ancha.

No todos los centros médicos en California tienen la capacidad para tener todo tipo de especialistas. Nosotros estamos disponibles de forma inmediata cuando algún médico cree que su paciente puede tener algún problema del corazón. Por lo general atendemos casos que son urgentes y hacemos cirugías que salvan la vida de los pequeños”, dijo el Dr. Satou.

- b) Madrid, 8 de junio de 2012.- En la actualidad, la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) supone un importante problema de salud pública por su elevada prevalencia, morbilidad y mortalidad. El impacto de la patología en el sistema sanitario es cada vez más relevante debido a la alta prevalencia del tabaquismo, principal factor de riesgo. Un 95% de los enfermos con EPOC se relacionan con el hábito de fumar, y los costes económicos asociados a la enfermedad, pueden llegar a alcanzar los 2.500 € de media anual por paciente. La actual tendencia socio demográfica implica un mayor envejecimiento de la población y, en consecuencia, el aumento de los pacientes crónicos, incluyendo la aparición de nuevos casos de EPOC. En palabras del Dr. Juan Ruiz Manzano, Presidente de la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR): “Dos de los grandes retos de la salud son el envejecimiento y la cronicidad. Además, las enfermedades respiratorias más prevalentes se



caracterizan por ser crónicas y conllevan altos costes al sistema nacional de salud”.

En el marco del 45º Congreso de la SEPAR se presentará el proyecto OnHealth, un programa de telemedicina centrado en la gestión de la EPOC para mejorar la calidad de vida de los pacientes. Esta iniciativa, puesta en marcha con la colaboración de Novartis, tiene como objetivo promover mejoras para cada tipo de paciente y estadio de la patología, reducir la tasa de reingresos hospitalarios y predecir las exacerbaciones.

El paciente con EPOC requiere un seguimiento clínico específico, un control de los factores de riesgo y un proceso educacional, que en muchas ocasiones es prácticamente imposible realizar en una consulta habitual”, destaca el Dr. Julio Ancochea, Jefe del Servicio de Neumología del Hospital Universitario de La Princesa de Madrid.

c) MADRID, (EUROPA PRESS)

La telemedicina reduce hasta el 60 por ciento el número de días de ingresos hospitalarios en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) avanzada, según dos estudios presentados en el Congreso de la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR). Los datos arrojados “consolidan a la tele monitorización como una fórmula que supone ahorro sanitario”, explican sus responsables.

El objetivo para el director de la Unidad Médico-Quirúrgica de Enfermedades Respiratorias (UMQER) del Hospital Virgen del Rocío de Sevilla, el doctor Francisco Ortega, es “considerar a la Telemedicina como una verdadera rama de la Medicina ya que facilita tanto diagnósticos como el control de tratamientos”.

d) VALENCIA, (EUROPA PRESS) –

Los Hospitales Nisa 9 de Octubre, Virgen del Consuelo de Valencia y el Rey Don Jaime de Castellón han presentado este martes Medibaby, un pionero sistema de telemedicina pediátrica online que permite a las escuelas infantiles contar con un pediatra para valoración del niño a través de videoconferencia, según ha informado este martes Hospitales Nisa en un comunicado.

Cuando el niño enferma, y siempre con el consentimiento de la familia, el profesor solicita una consulta en el servicio de urgencias del Hospital Nisa a través de la pantalla táctil. Mediante videoconferencia, el sistema le pone en contacto con el pediatra correspondiente para que pueda explicarle los síntomas del paciente y, si es necesario, realizarle conjuntamente una auscultación cardio-respiratoria.

Después, el pediatra valora la situación, indica el protocolo a seguir y envía un informe a la escuela vía mail con la valoración. Si fuera necesario, se realizaría un seguimiento hasta que llegasen los padres del niño.

- e) La telemedicina nos permite compartir con médicos y centros de investigación internacionales, su desarrollo y liderazgo” según explica el Dr. Gustavo Gercovich, Director del Instituto Oncológico Henry Moore-Argentina. La telemedicina presenta importantes ventajas: favorece exponencialmente la accesibilidad y la calidad de atención, permite que un paciente “vea” a un especialista mundial a través de una consulta remota en vivo, se evitan los viajes y gastos de traslado, y permite la participación de todos los actores en la consulta (paciente, médico especialista, médico interconsultado y familia).
- f) Al comenzar su gobierno el presidente Juan Manuel Santos hizo una promesa que algunos recibieron con incredulidad porque parecía imposible: aseguró que al término de su período las conexiones a banda ancha se multiplicarían por cuatro, pasando de 2,2 millones en 2010 a 8,8 millones en 2014. Recientemente, en el Foro Internacional 4G, Santos anunció que ya la cobertura llega a 5,2 millones de hogares. Uno de los objetivos que tiene contemplado el Gobierno con esta meta es ampliar el acceso de los colombianos a servicios vitales como la salud. Precisamente a través de estrategias como la telemedicina y el uso de redes sociales, Colombia y la mayoría de naciones del mundo le están apostando a ampliar la cobertura del sistema, llevar servicios a rincones a los que antes era muy difícil acceder, agilizar los procedimientos, sortear los problemas de disponibilidad de personal y acceder a opiniones de expertos en tiempo real. Y en el país hay una motivación más, como lo asegura Juan Pablo Uribe, director general de la Fundación Santa Fe. “La

implementación de las tecnologías en la salud es aún más importante hoy, cuando el sistema y el sector están hundidos en una crisis en la que los temas económicos y los problemas de transparencia parecen agotar la agenda”. Desde hace cinco años la Fundación ha trabajado en el concepto de telemedicina. Hoy su principal centro opera desde el municipio de Madrid, Cundinamarca. Además de ser un beneficio para los usuarios —recalca Uribe—, la telemedicina es también la posibilidad de que el personal médico fortalezca su entrenamiento y formación profesional con sus colegas que están a la distancia. Asimismo, la Fundación está haciendo uso de las redes sociales y las consultas on-line para acercarse a los pacientes. Un ejemplo es una herramienta virtual llamada Doctor Chat, que proporciona información gratuita sobre todo tipo de enfermedades y tratamientos. También se está desarrollando un programa piloto con estudiantes de la Universidad de los Andes para comprobar si los jóvenes usarían Doctor Chat —que está disponible en móviles— como herramienta de educación sexual.

De lo anterior se puede inferir que con el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones, es posible mejorar la atención médica, llevando los servicios de atención de salud a distancia y de esta forma ampliar su cobertura. Además, el Sistema de Gestión propuesto permitirá integrar los servicios médicos con el apoyo de la tecnología para hacer posible los servicios de salud a través de barreras geográficas, socioculturales y de tiempo.

***Sobre la viabilidad del Sistema de Gestión como parte de la Telemedicina se puede indicar:***

Hoy, gracias a la tecnología, una persona puede trabajar desde su casa, comprar bienes y servicios por internet y hacer pagos electrónicos desde sus cuentas bancarias. Las tecnologías de la información y la comunicación han variado notablemente las actividades humanas y desde esa premisa, se propone investigar la viabilidad de un Sistema de Gestión, en aras de agilizar la atención en el consultorio y equiparar las oportunidades de consulta médica en los centros de salud.

Con este proyecto, el cuerpo médico conoce la opinión de los usuarios con respecto a la telemedicina y de ser positiva, su implementación cumpliría varios objetivos: evitar la saturación de consultas, ofrecer una atención más pronta y oportuna a los centros de salud evitando que las personas se trasladen hasta una sede central y motivar en el paciente conductas de auto cuidado de su salud.

Luego, el proceso científico en marcha determina la aceptación de los funcionarios frente a un nuevo modelo de atención en salud, que espera brindar consultas por *telemedicina*, a quienes acuden a los servicios de salud para conocer los resultados de los análisis de laboratorio. Los resultados de la consulta se registran de manera normal en el expediente médico electrónico y al terminar la atención médica y de enfermería, se le envía un correo electrónico con un link para aplicar a una encuesta y medir el grado de satisfacción y la aceptación en relación con la consulta recibida. La viabilidad que concierne al proyecto, implica una evaluación de los efectos que puede llegar a producir la introducción de determinada tecnología en la red de salud o a la investigación que se puede desprender para medir los efectos reales de los programas de medicina en desarrollo. Todos estos análisis dependen de un conocimiento previo de indicadores de atención existentes para el sistema alternativo, como el sistema de gestión propuesto. Por tanto, la Subsecretaría de Innovación y Tecnología de la OMS (2007) contempla:

***Condiciones básicas para pertenecer a la Red del Sistema de Gestión:***

- Disponer de la tecnología informática y de telecomunicaciones necesarias para recibir y prestar servicios de Tele-diagnóstico.
- Garantizar la ética médica establecida en los procedimientos a efectuar.
- Contar con el plan de seguridad informática establecido y aprobado por los servicios de informática correspondientes.
- Certificar y registrar al personal médico que estará autorizado a solicitar y emitir un criterio en Telemedicina sobre un determinado caso.
- Certificar y registrar el área de dicho hospital que se constituirá para brindar servicios de Telemedicina.
- El servicio debe ser totalmente auditable para verificar el cumplimiento de los requisitos y procedimientos establecidos.

### ***Perfil del personal para el Sistema de Gestión:***

#### ***Coordinador General:***

- Responsable del adecuado funcionamiento del programa y vinculación con las autoridades de salud. Busca identificar los programas de salud que puedan beneficiarse del uso de las tecnologías de información y las telecomunicaciones.
- Puede ser cualquier profesional de la salud que tenga la facilidad de interactuar con las áreas médica y tecnológica.
- Responsable de proveer los recursos necesarios para mantener el adecuado funcionamiento del programa en las localidades asignadas.
- Responsable del seguimiento y reporte de las condiciones de operación del programa en cada una de las sedes de acuerdo a lo establecido por el Comité de Telemedicina.
- Mantener actualizada la información de servicios y responsables de las sedes que brindan servicios de Telemedicina.
- Responsable de coordinar la programación y horarios de los servicios que se manejarán en cada sede.
- Debe tener conocimiento de aspectos médicos para valorar adecuadamente la calidad y el manejo ético y profesional de los pacientes.
- Realiza los reportes periódicos relacionados con el servicio de telemedicina.
- Organiza juntas con el personal de Telemedicina donde se expongan las fallas y las posibles soluciones para mejora del programa.

#### ***Coordinador local:***

Puede ser cualquier profesional de la salud que tenga la facilidad de interactuar con las áreas médicas y tecnológicas

- Responsable de la programación de consultas y del adecuado funcionamiento del programa en su localidad.
- Elabora reportes periódicos donde se describen las condiciones actuales del programa.

- Responsable de supervisar el registro de las Historias Clínicas.
- Coordina las conexiones de videoconferencia con los Centros Consultantes.

*Especialista:*

Médico que tiene una especialidad médica específica

- Responsable de realizar la Tele-consulta en el Centro de Referencia.
- Responsable de mantener el registro adecuado del expediente médico del paciente.
- Realiza la nota médica de interconsulta.

*Medico Pasante o Medico General:*

Responsable de identificar al paciente que requiere una tele consulta.

- Asegura que se brinde el servicio de tele-consulta.
- Responsable del registro y administración de los expedientes relacionados con el servicio de telemedicina.
- Asegura que se cumplan las condiciones que el especialista sugiere.

*Ingeniero Especialista:*

Responsable de brindar el soporte tecnológico a los usuarios del servicio de Telemedicina.

Profesional con formación en las áreas de computación y/o telecomunicaciones preferentemente biomédicas con experiencia en los servicios de salud

- Brinda soporte técnico a los equipos que se emplean en el servicio de Telemedicina.
- Brinda la capacitación técnica al usuario para el uso adecuado del equipo biomédico u otro relacionado con los servicios de Telemedicina.
- Responsable de la bitácora del equipo que se emplea en el servicio incluyendo fallas o problemas que se presenten.
- Realiza el reporte del funcionamiento del equipo.

*Miembros de la Comunidad:*

*Promotor de Salud.*

El promotor facilita la interacción entre las comunidades y los servicios de salud, permitiendo a la población mejorar sus posibilidades de acceso a ellos. Es el que

participa con la población con el propósito de resolver las necesidades de salud de su comunidad. Los promotores de salud comunitarios son campesinos o amas de casa capacitados en salud como apoyo al primer nivel de atención médica; conocen su problemática y tienen un compromiso moral de atender a su comunidad, trabajan en estrecha coordinación con el establecimiento de salud, de tal modo que la capacitación y el acompañamiento se realizan en forma conjunta. El objetivo es fortalecer los vínculos, entre los servicios de Salud, los promotores y la población.

Función:

- Concientiza a la población de los beneficios de la Telemedicina
- Identifica al paciente que requiera una consulta médica.
- Envía o lleva al paciente identificado al Centro de Salud de su comunidad
- Da seguimiento a los pacientes que han sido valorados por el servicio de Telemedicina.
- Capacitación en prevención a la salud.

*Técnico de Atención Primaria para los Servicios de Salud.*

La función del Técnico en Atención Primaria para los Servicios de Salud, consiste en trabajar de manera conjunta con el Primer nivel de atención, Hospitales Básicos Comunitarios y Jurisdicciones de Salud, teniendo como función la promoción, prevención, aspectos sociales e higiénicos sanitarios, en las localidades del municipio.

Función:

- Identifica al paciente que requiera una consulta médica.
- Envía o lleva al paciente identificado al Centro de Salud de su comunidad.
- Da seguimiento a los pacientes que han sido valorados por el servicio de Telemedicina.
- Apoyo para el registro de la historia clínica.
- Identificación de los temas de prevención en salud que pueden ser transmitidos por la red de telemedicina.

*Jefe de Enseñanza en la Unidad de Salud.*

Responsable de la coordinación y capacitación al personal de la salud.

- Organiza pláticas de prevención a la población
- Responsable de transmitir las sesiones clínicas con las Unidades de salud a cargo, así como de la interacción con las unidades de salud por videoconferencia.
- Proporciona el programa de actividades mensual o según periodo establecido.
- Coordina la distribución de los materiales antes, durante y después de la transmisión de los eventos.
- Elabora el protocolo de videoconferencia con el apoyo de los titulares del evento y del responsable técnico el protocolo para cada evento.
- Diseña, organiza y supervisa el desarrollo de las actividades técnicas, administrativas y logísticas preparatorias durante el evento.
- Controla el protocolo de participación de asistentes locales y la interacción con salas remotas. Es necesario llevar un registro de actividades.

*Paciente.*

Acudir a su interconsulta y a las citas substitutas el día y la hora señalada.

- Si existe alguna duda sobre el padecimiento, tratamiento o indicaciones informa al médico solicitante o interconsultante.
- Toma los medicamentos recetados en la interconsulta y lleva a cabo las indicaciones del médico.
- Ante cualquier reacción, acude con el médico de primer contacto.

## **1.2 Formulación de problemas**

El modelo de Gestión propuesto como parte de la Telemedicina no es un elemento tecnológico, sino una nueva forma de hacer y organizar la provisión de servicios sanitarios. La tecnología, por novedosa y deslumbrante que pueda parecer, es una herramienta y como tal debe ser valorada, por lo que no todo lo que es técnicamente posible, resulta necesario o le añade valor a la organización sanitaria; luego, la necesidad de una gestión eficiente de las tecnologías de salud, permitirá que se introduzcan las que respondan a necesidades reales, a carencias del sistema o a simplificación y optimización de los procesos.

Algunos de los ejemplos de aplicaciones clínicas ensayadas con éxito incluyen, Tele



radiología, Tele cardiología, Tele dermatología, Tele psiquiatría, etc. Se están empleando servicios de Telemedicina en diversos sistemas sanitarios y en una variedad de escenarios, tales como las zonas rurales, zonas urbanas, áreas sanitarias, cuidados a domicilio, emergencias, conflictos bélicos, etc.

Por tanto la telemedicina puede ser utilizada en todos aquellos casos en que se quiere medir y controlar una o un grupo de variables fisiológicas, es decir, una función física de un paciente. La medicina junto con la electrónica hace posible la interconexión del paciente, médicos, farmacias, hospitales y servicios de socorro, utilizando redes de datos. Ejemplos clásicos son problemas cardiacos, diabetes y baja de presión arterial. En tales casos no es necesario que un especialista visite al paciente. Los valores de medidas fisiológicas pueden ser medidos por el propio paciente, lo que le asegura mayor autonomía, y así transmitirlos vía el sistema de gestión al médico. De esta forma, el médico puede reaccionar de forma selectiva, es decir, solo cuando sea necesario.

***Pregunta general:***

¿Cómo realizar el Modelamiento de un Sistema de Gestión y Monitoreo a distancia para la Supervisión de pacientes crónicos aplicado a un Hospital Virtual?

***Preguntas específicas:***

- a) ¿Se puede proveer un sistema de tele educación, que permita obtener conocimientos sobre el cuidado de la salud?
- b) ¿Qué beneficios proporcionaría la selección y desarrollo de equipos que faciliten la interacción entre el profesional médico, el paciente y sus familiares?
- c) ¿Cómo se puede desarrollar un Plan Estratégico de implantación del sistema de gestión propuesto, en la rutina clínica?
- d) ¿Para qué sirve evaluar el sistema de gestión en el hospital virtual, considerando los aspectos técnicos, clínicos y económico-organizativos?
- e) ¿Cómo se puede mejorar la calidad de vida de personas con dolencias crónicas?
- f) ¿Es posible disminuir gastos operativos utilizando la consulta virtual?
- g) ¿Qué ventajas se obtendrían de las charlas educativas a través del sistema de gestión?
- h) ¿Qué beneficios se obtienen al hacer participar al ciudadano y las redes para fomentar la prevención de enfermedades y la educación para la salud?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 General**

Realizar un Modelo de Gestión y Monitoreo a distancia para la supervisión de pacientes crónicos, haciendo uso de lo que nos ofrece la tecnología en el campo de la electrónica y telecomunicaciones aplicado a la medicina.

#### **1.3.2 Específicos**

- a) Proveer un sistema de Tele educación que permita obtener conocimientos sobre el cuidado de la salud, y asimismo, una mayor comprensión sobre las dolencias del familiar.
- b) Seleccionar y desarrollar equipos que faciliten la interacción entre el profesional médico, el paciente y sus familiares.
- c) Desarrollar un plan estratégico de implantación del sistema de gestión propuesto en la rutina clínica.
- d) Evaluar el Sistema de Gestión en el Hospital Virtual, considerando los aspectos técnicos, clínicos y económico-organizativos.
- e) Mejorar la calidad de vida de personas con dolencias crónicas.
- f) Disminuir los gastos que generan los diferentes traslados, mediante la consulta virtual de casos y la evaluación del paciente mediante la Tele salud.
- g) Realizar charlas educativas a través del enlace que permite el sistema de gestión con los diferentes grupos de la red social local, dirigidos a adolescentes, adultos mayores, niños en edad escolar, personas afectadas de enfermedades crónicas.
- h) Fortalecer la participación ciudadana y las redes existentes, utilizando los recursos de video conferencia para los grupos sociales organizados, cumpliendo con el proceso de promoción de salud, prevención de enfermedades y educación para la salud.

#### **1.4 Justificación**

Según la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y la OMS (Organización Mundial de la Salud):

“La Telemedicina, es el suministro de servicios de atención sanitaria, en cuanto la distancia constituye un factor crítico, por profesionales que apelan a las tecnologías de la información y de la comunicación con objeto de intercambiar datos para hacer

diagnósticos, preconizar tratamientos y prevenir enfermedades, así como para la formación permanente de los profesionales de atención en salud y en actividades de investigación y de evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de las comunidades en que viven.”

El **Sistema de Gestión** propuesto permite la prestación de prácticas médicas a distancia, utilizando tecnologías de Telecomunicaciones. Sirve para intercambiar información médica de cualquier tipo por medios electrónicos de comunicación, para la educación, para la salud y para mejorar la calidad de las prestaciones médicas.

El tema de la telemedicina, esta aun en pleno proceso de desarrollo en los países avanzados, y con algunos estudios, proyectos y desarrollo en países en vías de desarrollo, por lo que representa una de las áreas prometedoras en investigación y aplicación.

El modelo de gestión, con la finalidad de implantar un hospital virtual, permite facilitar el acceso del enfermo al centro de salud y la comunicación con los médicos de los diferentes servicios que les atiende en el hospital (médicos, psiquiatras, trabajadores sociales, farmacia para el envío de los fármacos, etc.) mediante un portal de servicios web y permite a los pacientes y al personal de salud realizar las siguientes actividades:

- Consulta por videoconferencia, chat y mensajes.
- Gestión de citas.
- Tele farmacia.
- Comunidades virtuales.
- Biblioteca.
- La principal característica es que abarca todo el proceso de cuidado del paciente, de forma global y a través de internet.

El sistema se describe como un conjunto de elementos relacionados entre sí actuando en un determinado entorno con el fin de alcanzar objetivos comunes y con capacidad de autocontrol. Para el caso del sistema de gestión los elementos que componen el sistema son fundamentalmente personas y las organizaciones que las agrupan, donde también se debe considerar el sistema de información empleado. Las relaciones entre los elementos son los servicios del sistema de gestión, donde el objetivo común es la

atención sanitaria, y se puede hablar de autocontrol en el sentido de que el sistema se encarga de alcanzar los objetivos con resultados aceptables (salidas) a partir de unos recursos limitados (entradas).

Un modelo se define como: “la interpretación explícita de la manera de entender una situación por parte de un observador, o simplemente de las ideas del observador acerca de la situación. Puede expresarse en términos matemáticos, símbolos o palabras, pero es esencialmente una descripción de entidades, procesos o atributos y de las relaciones entre ellos”. De esta definición desprendemos que el modelo de un sistema no es una copia de la realidad, sino una descripción de las características relevantes en términos de procesos e información, y que además siempre reflejara el punto de vista de quien lo crea. El propósito del modelo considera:

- Ofrecer una visión del sistema de gestión que pueda utilizarse como elemento de comunicación y discusión entre personas con distintas percepciones del problema.
- Describir los servicios del sistema de gestión de modo que se establezca la definición de las características y requerimientos de dichos servicios, en forma organizada, clara y sencilla.
- Describir los principales elementos que conforman el sistema de gestión.
- Servir como base para la implantación práctica de un sistema de información, para la provisión de servicios sanitarios a domicilio orientado a pacientes crónicos.
- Determinar mejoras en el propio modelo como resultado de experimentos prácticos realizados.

Debido a que la puesta en práctica del modelo del sistema de gestión involucra una gran cantidad de actores dependiendo de las dimensiones de aplicación, sin embargo, deben tomarse medidas para que los profesionales que se vean involucrados en el proceso de diagnóstico clínico y tratamiento por medio de la telemedicina, puedan tener un concepto profesional jurídicamente válido para la toma de decisiones en lugares distantes, sin necesidad de su presencia física. La mayoría de proyectos existentes en telemedicina están enfocados principalmente a los aspectos tecnológicos, clínicos y económicos. Sin embargo, los aspectos legales aplicables en la práctica de la telemedicina llevan una dinámica de análisis e implementación mucho más lenta. El enfoque del aspecto legal, puede tener

variaciones en los distintos países, y actualmente no existen reglamentaciones específicas, especialmente en los países de la región andina. Existen intentos aislados, especialmente de universidades o grupos independientes, que utilizan principios bioéticos básicos para proteger la privacidad e integridad del paciente ante la ausencia de una reglamentación definitiva.

Por ello, la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (2006) propone:

**1.4.1 Aspecto económico y de sostenibilidad:** Dentro de ellos podemos considerar:

- a) Es necesario incentivar proyectos que respondan a las necesidades de la población y no a los intereses particulares de grupos privados o universidades que buscan demostrar una utilidad en particular, con ánimo exclusivo de lucro.
- b) Valoración adecuado del costo beneficio y concepto de evaluación de impacto.
- c) Tener en cuenta que por tratarse de proyectos de carácter social, los mecanismos de evaluación son diferentes a los de inversión de capital, utilizados tradicionalmente.
- d) Se debe tener clara la modalidad de aplicación de la tecnología en los problemas de salud y el modelo de negocio que se quiere implementar incluyendo sus posibilidades de financiación y auto sostenimiento.
- e) Impulso de políticas gubernamentales y del sector salud, que reconozcan los beneficios económicos y de inversión social que puede tener la telemedicina, para garantizar la permanencia y éxito de los programas luego de su inicio como pilotos.
- f) Valorar la viabilidad y sostenibilidad de los proyectos piloto antes que se inicien, para que se conviertan en redes reales luego de que las subvenciones terminen y no ser artífices de una mala inversión de la cual nunca se verá el retorno. La viabilidad de los proyectos depende de su autosuficiencia financiera, de la implementación de modalidades de pago dependientes del tipo de consulta por honorarios cancelados de manera particular, por parte de los proveedores de salud, la seguridad social, los adscritos o con el apoyo del gobierno en el caso de asistencia inicial gratuita.
- g) Visión para valorar la utilidad y el aporte de la telemedicina, especialmente en el

medio andino, donde las barreras de acceso geográficas, topográficas, culturales, educativas, económicas y estructurales son temas importantes a vencer.

h) Contar con una estructura de administración responsable, así como una autoridad estructurada para la toma de decisiones, que facilite las operaciones y coordine las actividades que se sucedan en la organización.

**1.4.2 Aspectos legales:** Dentro de ellos podemos considerar:

a) Proteger la privacidad de información de salud de los pacientes y un uso efectivo de los datos suministrados de manera que su análisis concluya en políticas reales de mejora en atención de salud.

b) Encaminar esfuerzos a la expedición por parte de los gobiernos, para la reglamentación de licencias profesionales y acreditación de instituciones, que permita la interacción en la región sin desproteger la seguridad de los datos de los pacientes que consulten el sistema, deteniendo la proliferación de “practicantes” de la medicina virtual sin control, que persigan intereses económicos o malintencionados.

c) El desarrollo de redes integradas en el ámbito nacional e internacional requiere de una efectiva estructura organizacional que desarrolle pautas, reglamentaciones, procesos de licencia profesional, así como medidas que aseguren la privacidad de los datos y la protección de los mismos, todo ello para lograr una homogeneidad en los proyectos piloto de investigación, que por el momento son aislados, para continuar con unos multicentros y a mediano plazo para obtener en la práctica resultados útiles, integrando los datos requeridos desde el punto de vista clínico, legal y administrativo, logrando el reembolso y auto sostenibilidad de los proyectos, y garantizando su continuidad a futuro mediante el adecuado diseño y sinergia de la tecnología de comunicación en el sector salud.

**1.4.3 Aspectos tecnológicos y de telecomunicaciones:** Dentro de ellos podemos considerar:

a) El uso de recursos de comunicaciones existentes o de bajo costo, con impacto favorable en la salud de un gran número de habitantes.

- b) Utilización de la tecnología basada en internet, para lograr el almacenamiento, análisis e intercambio de grandes cantidades de datos de manera rápida y económica.
- c) Apropiada elección de la tecnología, incluyendo el apropiado nivel de inversión en la misma, dependiendo de las necesidades clínicas específicas, de las necesidades de la comunidad local, de su capacidad de respuesta y confiabilidad y de una arquitectura abierta que permita su expansión posterior.
- d) Establecimiento de otras tecnologías de transmisión, cuyo costo sea subsidiado por tarifas preferenciales de las compañías de telecomunicaciones para transmisiones de salud y recuperable por otros medios por el estado, en los casos que amerite.
- e) Aprovechar la oportunidad que brindan las políticas emprendidas por los gobiernos andinos, que tienden a aumentar la tele densidad, especialmente en cuanto a telefonía rural y social, para promover el uso de teléfonos rurales y en algunos casos del internet social en aplicaciones de telemedicina. Un ejemplo pueden ser los telecentros o centros comunitarios polivalentes (que pueden instalarse en una escuela, iglesia, oficina de correos o estación de policía) en el que pueden agruparse todas las necesidades de comunicación de varios grupos de usuarios para aprovechar al máximo la utilidad de un servicio de telecomunicaciones comunitario y disminuir sus costos o por medio de personal médico que se desplace de una localidad a otra, equipado de dispositivos de comunicación móvil que le permita consultar a un hospital o a un proveedor de servicios a distancia.
- f) Establecimiento de los protocolos de situaciones que ameriten transmisión por videoconferencia en vivo, y que pueden ser manejadas en store and forward, pues no requieren la presencia simultánea de profesionales en cada uno de los puntos y la economía que se puede obtener es significativa, sin la disminución de la calidad de atención.
- g) Creación de comités de estandarización, tanto en el ámbito de los mecanismos de atención, como en los desarrollos tecnológicos, principalmente en lo referente al

software y bases de datos, para poder obtener resultados medibles y aprender de los errores previos.

**1.4.4 Aspectos que influyen en la salud:** Dentro de ellos podemos considerar:

- a) Tomar la telemedicina como un complemento de las actuales estructuras de salud y un coadyuvante para resolver inconvenientes planteados en el sistema actual y no como la tecnología que acaba con la infraestructura obsoleta. Su sinergia es un concepto interesante para brindar mayor cobertura, de mayor calidad y a igual o menor costo.
- b) Estandarizar datos básicos en salud y comunicaciones, para lograr accesos a regiones apartadas, colmando los requisitos mínimos existente en algunos de nuestros países, para lograr conexión básica que puede volverse más sofisticada con el tiempo, pero que cumple el efecto de interconexión deseado a corto plazo.
- c) Aplicar los principios de la medicina basada en la evidencia para lograr una mejor practica de servicios de salud.
- d) Incentivar programas de prevención de enfermedades metabólicas y degenerativas, para evitar sus secuelas a futuro en la población adulta creciente.
- e) Lograr la instalación de un servicio de telemedicina en una clínica rural o en un pequeño hospital que tenga conexión con un hospital de tercer nivel, identificando el tipo de equipo que sea requerido inicialmente y que depende de la problemática específica de salud en el área.
- f) La esperanza de vida al nacer aumentó en mayor o menor grado en la totalidad de países del área andina. Ello implica que una de las tendencias de la telemedicina en estos países, debería centrarse en prevenir o diagnosticar tempranamente la aparición de enfermedades degenerativas para evitar los costos inmensos que se desprenden de sus secuelas como la incapacidad física, ausencia de productividad y altos costos hospitalarios.
- g) Justifica la implementación de la telemedicina, en el seguimiento y educación continuada de pacientes con enfermedades metabólicas crónicas como la diabetes, las de origen hipertensión, la detección temprana de factores de riesgo cardiovascular, neurológico o pulmonar, entre otros ejemplos de enfermedades que atacan a la población. Simples aplicaciones que permitan interactuar al profesional



de la salud con el paciente, permitirían el ejercicio de la psiquiatría, los cuidados ambulatorios en casa para seguimiento de enfermedades crónicas y tratamientos prolongados, efectuando selecciones de gran valor epidemiológico.

h) La posibilidad de implementar la tele patología y telerradiología, afinaría los diagnósticos de los médicos en áreas rurales y les permitiría adelantar campañas preventivas en la población. Ellas serían de utilidad para justificar remisiones o para evitar desplazamientos innecesarios.

i) Medios un tanto más sofisticados como los oftalmoscopios, los endoscopios nasales, los dermatoscopios pueden facilitar diagnósticos más oportunos y tratamientos menos onerosos por la oportunidad de una detección temprana de enfermedades crónicas como la diabetes en el primer caso, de la sinusitis y enfermedades de vías respiratorias altas y de la progresión de tumores cutáneos malignos como el carcinoma baso celular, escamo celular o el melanoma.

j) La telerradiología serviría para la detección temprana de enfermedades de las vías respiratorias, otra enfermedad de aparición repetitiva en la mayoría de estadísticas de los países andinos. Igualmente la telerradiología o el ultrasonido pueden utilizarse en casos como el trauma de huesos y el control de embarazos de alto riesgo, sin necesidad que los pacientes se desplacen.

k) Se debe organizar un mapeo de salud y de tecnología en comunicaciones con el fin de clasificar y priorizar los problemas de salud y las herramientas tecnológicas con que se podría contar para su solución, dando así un orden de prioridad. Para ello, podría ser útil obtener mapas de localización de recursos en equipos médicos y profesionales de salud, medios de transporte disponibles, telecomunicaciones, generación eléctrica y acueducto; elementos climáticos, geográficos, socioculturales y otros que puedan contribuir o frenar el desarrollo de la telemedicina.

**1.4.5 Aspectos que afectan al recurso humano:** Dentro de ellos podemos considerar:

a) Debe considerarse vital en cualquier proyecto y ser una parte importante de la inversión a realizar, las jornadas de concientización y capacitación del recurso humano, para que se entiendan las bondades de proyecto, que no se sienta temor al

cambio, o se piense que existe el temor de perder la posición que ostentan, porque se piense que serán reemplazados por la tecnología.

b) Adelantar campañas educativas a la población que facilitarían el trabajo de promotores, auxiliares de salud y médicos rurales.

c) Incentivar la presencia de médicos graduados o en práctica en regiones apartadas, mediante la actualización permanente y el apoyo de especialistas desde las áreas urbanas, mejorando la calidad de diagnóstico y la práctica de la medicina basada en la evidencia. Es importante presentar el proyecto como una forma de soporte y de ninguna manera un reemplazo de su actividad diagnóstica y terapéutica.

d) Concentración en temas prioritarios para la mejora del servicio. Responder con flexibilidad a las necesidades del consumidor mediante soluciones iniciales simples y amigables para el usuario, con la finalidad de no crear resistencia por parte del recurso humano.

e) Apoyar proyectos que surjan como respuesta a una necesidad y solicitud de la comunidad y no como una imposición a la misma.

f) La integración en el proceso de los distintos actores de la cadena de valor en la creación de proyectos piloto, es un buen medio para demostrar las bondades de la telemedicina, siempre y cuando se logre una coordinación unificada de los esfuerzos por quien lidere el proceso.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del estudio.

Se enumera una evolución cronológica de la Telemedicina, a fin de ubicar el Modelo de Gestión propuesto:

- 1924, Aparece en la revista Radio News, un artículo titulado “Doctor por Radio”, el cual abarcó la portada y se describe el esquema de la circuitería necesaria para lograrlo.
- 1951, primera demostración que abarca varios de los estados de Estados Unidos, usando líneas dedicadas y estudios de televisión.
- 1955, en Montreal, el Dr. Albert Jutras realiza tele radiología, a fin de evitar las altas dosis de radiación que incidían en las fluoroscopías, se hizo uso de un interfono convencional.
- 1959, Nebraska, Cecil Wittson comienza sus primeros cursos de tele educación y de tele psiquiatría, entre su Hospital y el Hospital del Estado en Norfolk, Virginia, a 180 kilómetros de distancia.
- 1971, Se inicia la era de los satélites, en especial el ATS (lanzado en 1966), con el fin de mejorar las prestaciones de una comunidad de nativos de Alaska.
- 1972, inicio de STARPAHC, programa de asistencia médica para nativos de Papago Arizona. Se realizó electrocardiografía y radiología y se transmitió por medio de microondas.
- 1975, finaliza el programa STARPAHC, el cual fue adaptado de un programa de atención médica para astronautas por la compañía Lockheed.
- 1988, Nasa lanza el programa “Space Bridge” a fin de colaborar con Armenia y Ufa (en esa época pertenecientes a la unión soviética), Armenia fue devastada por un terremoto. Las conexiones se hicieron usando vídeo en una dirección y voz y fax bidireccionales entre el Centro Médico de Yerevan, Armenia y cuatro Hospitales en Estados Unidos, extendiéndose posteriormente el programa a Ufa, para socorrer a los quemados en un terrible accidente de tren.

- 1991, Cátedra UNESCO de Telemedicina, CATAI. Primera cuantificación de ADN a distancia en el mundo, aplicado al análisis de imagen de factores pronósticos en el cáncer de mama.
- 1995, La Clínica Mayo pone en marcha una conexión permanente con el Hospital Real de Ammán en Jordania, se realizaban consultas diarias entre un médico Hachemita y otros de Estados Unidos, el médico Hachemita presentaba, como si de una sesión clínica del hospital se tratase, a los pacientes de forma sucesiva; en directo los médicos americanos preguntaban o pedían al médico jordano que preguntara a su vez al paciente por sus dolencias. En otros casos eran interpretaciones de radiografías o problemas dermatológicos.
- 2001, Un doctor en New York elimina la vesícula enferma de un paciente en Estrasburgo, Francia, por medio de un brazo robot.
- 2010, Adrián Carbajal, médico cirujano, se conectó mediante una computadora a un robot que estaba a 895 kilómetros de distancia y el artefacto comenzó a pasar revista a los pacientes. Entraba y salía de las habitaciones, hacía preguntas y saludaba a los enfermos, acompañado de otros médicos y enfermeras DF-Monterrey. Carbajal, cirujano en Robótica, es el mexicano que introdujo la telemedicina en el país, la cual permite que un médico pueda a distancia y en tiempo real dar consulta, escuchar diagnósticos, intercambiar opiniones con un equipo de colegas que esté en otro continente, e incluso, mediante el uso de robots, realizar una operación quirúrgica.
- En la actualidad, los avances tecnológicos brindan mayores posibilidades para acercar aplicaciones que permitan brindar más facilidades y beneficios en el cuidado de la salud.

Con las condiciones de vida actual del hombre, donde el trabajo es estresante y con una alimentación irregular, han llevado al origen de una serie de afecciones que aquejan la salud humana. Algunas de estas afecciones se refieren a las enfermedades cardíacas que cada vez cobran más víctimas, por tal razón algunos campos de la ciencia y tecnología han orientado su trabajo al desarrollo de dispositivos que eviten o contribuyan a la prevención y tratamiento de este tipo de enfermedades.

El alcance de la telemedicina ha cambiado a medida que se ha desarrollado más tecnología. Actualmente se pueden identificar 4 tipos diferentes:

- Tele consulta.
- Tele educación.
- Tele monitorización.
- Tele cirugía.

**Tele consulta:** También llamada tele diagnóstico, es la aplicación de las técnicas de telemedicina para hacer posible la comunicación e interacción entre los profesionales de la salud, accediendo a la opinión especializada o estableciendo un diagnóstico cooperativo a partir del intercambio de información clínica del paciente. Esta interacción se puede realizar ya sea en tiempo real (teléfono o videoconferencia) o en diferido, utilizando entonces técnicas de almacenamiento y retransmisión, como el correo electrónico.

**Tele educación:** Haciendo uso de infraestructuras y comunicaciones, especialmente el Internet, se pueden ofrecer al usuario (profesional o ciudadano) aplicaciones que permiten el acceso a información y bases de datos.

De esta forma, los sistemas de salud pueden utilizar herramientas de tele formación para el apoyo a la toma de decisiones para sus profesionales, y facilitar contenidos informativos y servicios para los ciudadanos, independientemente de su localización.

**Tele monitorización:** También llamada tele asistencia, es el uso de las telecomunicaciones para la supervisión de pacientes. La tecnología hace posible conocer y realizar un seguimiento a distancia de la situación de un paciente y de sus parámetros vitales, y de esta manera permite la provisión de asistencia y cuidados de salud a los pacientes en su entorno habitual (domicilio).

Estos servicios permiten apoyar la atención a determinados grupos de pacientes con necesidades especiales, situados fuera del entorno hospitalario: procesos crónicos, programas de cuidados paliativos, medicina de urgencias, etc.

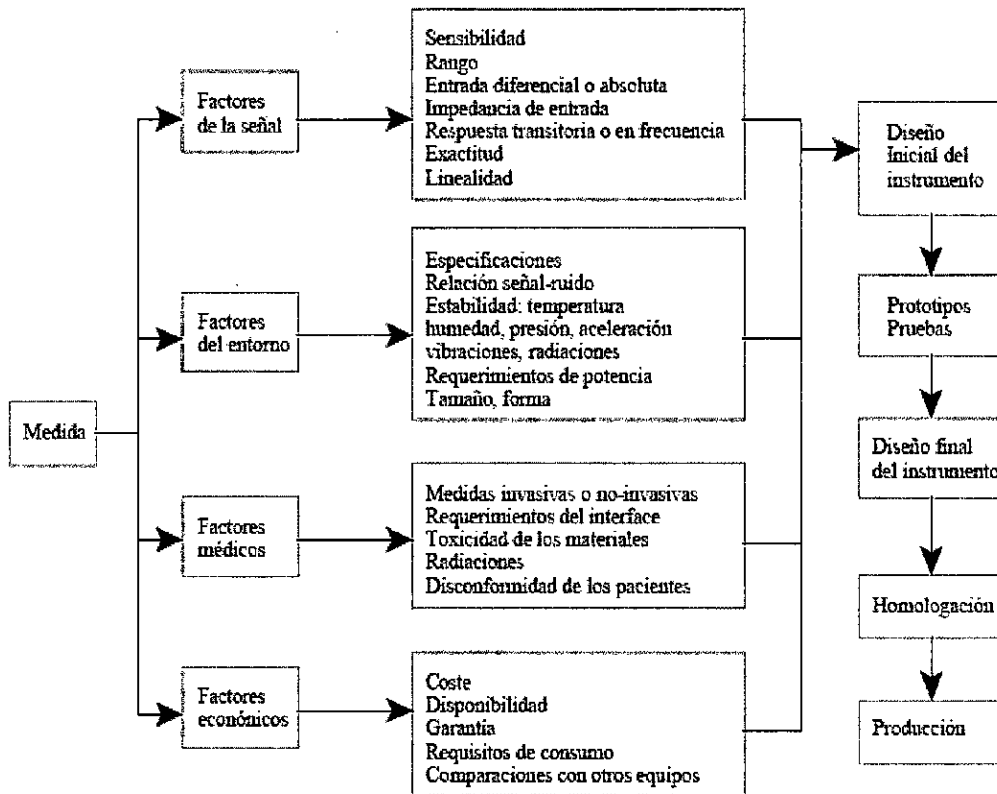
El sistema capta las señales biológicas del paciente (tensión arterial, trazado electro cardiográfico, oxígeno sanguíneo, glucemia, etc.) y las transmite en formato digital, hasta el centro sanitario o centro de control.

Los sistemas suelen ser interactivos e incluyen alguna forma de tele alarma (para poner en marcha un procedimiento de urgencia en caso de ser preciso), y si están apropiadamente conectados en una red de sistemas integrados, es también factible el acceso a la historia clínica del paciente y un sistema de intercambio de información entre los diferentes profesionales implicados.

**Tele cirugía:** Comparado con los otros tipos de telemedicina, la tele cirugía esta apenas en etapa de desarrollo. En términos simples, la tele cirugía es aquella en la que el cirujano no tiene contacto físico directo con el paciente, por lo tanto se aplican las técnicas de telemedicina en conjunto con realidad virtual, robótica e inteligencia artificial para realizar apoyo, supervisión de procedimientos quirúrgicos e incluso cirugías a distancia.

Por otro lado, el proyecto también involucra el diseño de equipo que es necesario para la recolección de información biomédica, para luego ser transmitida hacia servidores dentro de un Centro de Salud, siendo necesario contar con los criterios necesarios para abordar el diseño de equipo médico, por ello, el procedimiento será abordado por los diferentes criterios para el diseño de bioinstrumentos y en general del diseño de equipo médico. En la Figura N° 2.1 se muestra los criterios de diseño que Webster (1998) propone:

Figura N° 2.1  
Criterios de diseño del equipo médico.



Fuente: Webster, J. (1998) *Medical Instrumentation – Application and Design*.

## 2.2 Bases epistémicas

Se entiende, en términos generales, al sistema de conceptos básicos, que constituye el fundamento y conjunto de los procesos epistemológicos que buscan plantear los problemas específicos y propios de un área, en este caso la Telemedicina, según la problemática que ésta presenta, y resolverlos a través del desarrollo de las bases metodológicas, que usualmente lo complementan, proporcionando los métodos y procedimientos correspondientes.

### 2.2.1 Fundamento ontológico

El término Ontología se utiliza en filosofía como una disciplina que estudia la naturaleza y organización de la realidad. En computación el término se adopta con ciertos matices, refiriéndose a la formulación de los conceptos y su relación taxonómica dentro de dominio, de forma rigurosa y exhaustiva. El objetivo es

facilitar la comunicación y la compartición de la información entre diferentes sistemas y entidades, incluyendo a las personas. Se trata, dando una definición simplificada, de un sistema de clasificación particular de cierta visión del mundo, que Gruber (1993) plantea:

“Tradicionalmente, la utilización de ontologías resulta de gran ayuda para definir el contexto, sobre todo en escenarios dentro del paradigma de la Inteligencia Ambiental, describiendo a los usuarios y al entorno que los rodea de forma fácilmente accesible, interpretable y modificable, en forma de especificación explícita y formal de una conceptualización compartida”. Podemos expresar ontologías en su versión más simple, es decir a través de la descripción de conceptos únicamente, a través de modelos basados en marcos, como los modelos conceptuales, definiéndose en este caso tanto los conceptos como las propiedades y, por último, es posible expresar ontologías por medio de lenguajes basados en lógicas, incluyendo restricciones además de los conceptos y las propiedades. Una cuarta alternativa es la definición por medio de un conjunto de fórmulas de lógica de primer orden. En este caso las instancias de la ontología son todas aquellas estructuras que respetan el conjunto de fórmulas (restricciones). Esta última alternativa dificulta que la ontología sea computable. Esta es precisamente una de las razones por las que surgieron las lógicas descriptivas, en un afán por consensuar capacidad de procesamiento y riqueza expresiva del conocimiento.

Su uso más extendido es el de representar conocimiento sin mayor pretensión que ayudar a su comprensión de cara a las personas, sin que sea procesado computacionalmente. La formalización de ontologías es el primer paso para hacerla computable y, en consecuencia, tener las herramientas para aprovechar todo su potencial. Cuando definimos ontologías para aplicaciones ideadas para ambientes inteligentes, tal como representa el Sistema de Gestión propuesto, debemos tener en mente todas sus capacidades. Por tanto, una lista de características, funcionalidades, ventajas y usos, se da a continuación:

- Mejorar la comunicación tanto entre humanos, como entre sistemas y entre humanos y entre los propios sistemas computacionales. El objetivo es consensuar el conocimiento de nuestra porción de realidad modelada.



- Además de la comunicación entre sistemas computacionales, las ontologías favorecen la interoperabilidad entre sistemas heterogéneos al dar significado a los conceptos que deben compartir, aunque cada uno los implemente de forma distinta.
- Las ontologías permiten la organización y reutilización del conocimiento. La estructura jerárquica de las ontologías ayuda a los desarrolladores a reutilizar ontologías de dominios concretos.
- Proporcionan mecanismos para aumentar la independencia de los sistemas y servicios respecto a la tecnología y las peculiaridades de cada contexto de aplicación. Esto conlleva una mayor posibilidad de reutilización y adaptación.
- Comportamiento sensible al contexto: las ontologías nos permiten definir reglas dependientes de los cambios en la situación para automatizar el comportamiento de las entidades.
- Permiten reducir costes, sobre todo en la adquisición del contexto, por ejemplo evitando la necesidad de disponer de sensores redundantes cuando la ontología ayuda a determinar la calidad de los datos obtenidos.
- Control de la consistencia: las ontologías permiten detectar y resolver inconsistencias en la base de conocimiento del contexto, algo bastante habitual por la inexactitud en las fuentes de contexto, principalmente las basadas en sensores. Es posible asociar axiomas a las entidades que sirvan para detectar y resolver incongruencias.
- Habilitar el descubrimiento dinámico y semántico de las entidades. Los ambientes inteligentes tienen un alto componente de movilidad, apareciendo y desapareciendo dispositivos con cierta frecuencia.
- Mejorar las interfaces de usuario, facilitando la interacción, dotando de mayor inteligencia a las interfaces y capacidad de adaptabilidad a los dispositivos de visualización, usuarios y su situación.
- Habilitar búsquedas semánticas, ya sea para las personas o para los agentes inteligentes.

- Por último las ontologías son fundamentales para la inferencia computacional. El sistema debe ser capaz de tomar decisiones en función de la información del contexto que se encuentra implícita en los conceptos que aquí se presentan.

El diseño y generación de ontologías debe seguir un proceso que permita guiar y evaluar el modelo generado. No existen metodologías ampliamente aceptadas pero podemos encontrar estudios que ayuden en esta tarea. Un ejemplo son los criterios identificados por Gruber (1993):

- Claridad: El objetivo es comunicar de manera efectiva el significado de los elementos definidos. Esta definición debe ser objetiva, independiente del contexto social y computacional. La formalización ayuda a alcanzar este principio al declarar los axiomas para crear definiciones válidas.
- Coherencia: Debe soportar inferencias consistentes con las definiciones.
- Extensibilidad: Debe permitir que se añadan nuevos términos para usos más especializados sin necesidad de revisar las definiciones existentes.
- Sesgo de codificación mínimo: La especificación no debe estar ligada a la codificación de la ontología.
- Mínimo compromiso: Una ontología debe contener el menor número de suposiciones sobre el mundo modelado.

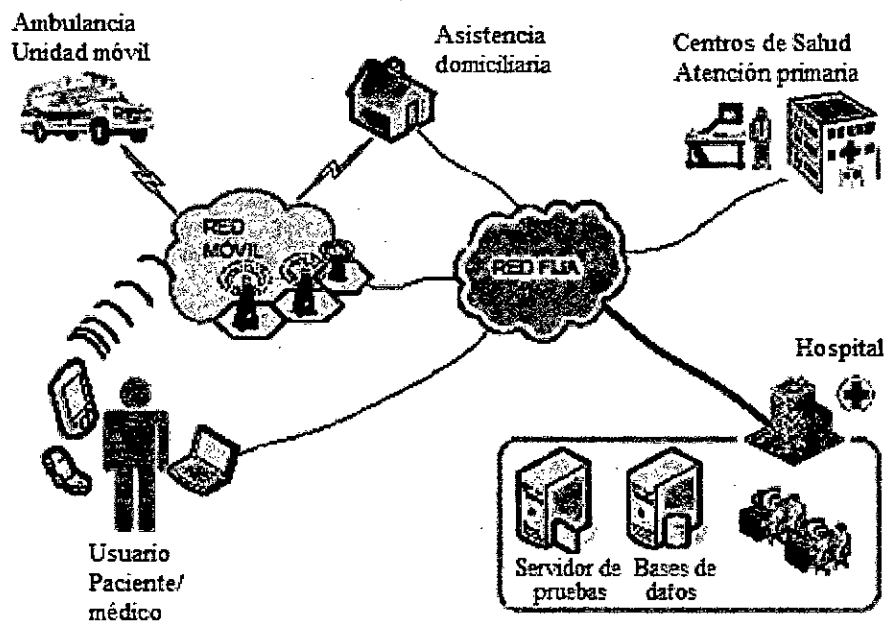
***Algunos de los sistemas que deben implantarse en el Modelo del Sistema de Gestión, con miras a un Hospital Virtual serán:***

- Seguridad.
- Videoconferencia.
- Gestión de usuarios.
- Evaluación.
- Gestión del intercambio de datos clínicos.
- Creación y gestión de comunidades virtuales.
- Gestión de multi acceso.
- Gestión de tratamientos.
- Análisis inteligente de datos.
- Gestión de la información.

- Diseño de la interfaz de usuario.

La arquitectura sobre la que se desarrollará el sistema de gestión, se representa en la Figura N° 2.2, en la que se observa cómo se accede a la zona segura donde están el servidor y la base de datos del Hospital Virtual. También se muestra cómo los profesionales pueden acceder, bien desde una red de área local (LAN) en el hospital con el ordenador o la agenda electrónica (PDA), bien desde el exterior a través de Internet (como es el caso del experto en calidad de vida); mientras que los pacientes pueden acceder desde sus domicilios a través de Internet con su ordenador o terminal WebTV.

Figura N° 2.2  
Arquitectura para un hospital virtual.



*Fuente: Hospital Virtual: Sistema de información clínica y tele cuidado de pacientes VIH/SIDA basado en tecnologías Web 2.0. CIBER-BBN.*

Para el Sistema de Gestión propuesto se puede plantear una descripción fidedigna de esta realidad, luego:

- El elemento fundamental, queda representado por el Centro de salud, que sirve como pieza fundamental para el Sistema de Gestión, puesto que provee infraestructura sobre la que se pueda instalar el equipamiento de

comunicaciones; también provee los profesionales de salud, quienes son los encargados de llevar a cabo el proceso de consulta a distancia; de la misma manera se cuenta con profesionales para manejar, instalar y mantener a los diversos equipos de comunicaciones.

- El otro elemento importante corresponde a los pacientes, quienes pueden realizar la consulta desde su domicilio o desde ambientes debidamente acondicionados, provistos de equipos o elementos tecnológicos que permitan extraer características fisiológicas, traducidas en señales eléctricas para poder transmitirse a distancia hacia el equipo de especialistas de salud, y de esta manera se prescribe el procedimiento adecuado, de acuerdo a la dolencia del paciente, realizándose la comunicación de forma bidireccional.
- La red móvil, intranet o internet, que es la vía de comunicación por donde transitan todas las señales entre pacientes, profesionales de salud y personal involucrado en el sistema, representan otro elemento del sistema. Esta vía debe estar debidamente especificada por el proveedor, de modo que asegure una comunicación segura y de calidad.
- Los equipos, materiales y accesorios, representan un elemento clave para la comunicación a distancia, por tanto, la elección adecuada, permitirá realizar la interconexión eficiente, así como, la optimización de costos.

### **2.2.2 Fundamento epistemológico**

La epistemología se asocia con conocimiento. Comprende una disciplina con características abstractas, debido al énfasis en el reconocimiento o reflexión del conocer sobre el sujeto y el objeto, la realidad y el pensamiento, que permiten ver una realidad desde un punto de vista propio, la epistemología analiza los criterios por los cuales se justifica el conocimiento además de considerar las circunstancias históricas, psicológicas y sociológicas que llevan a su obtención. En este contexto:

- El proyecto asocia el conocimiento con la investigación en escenarios reales, utilizando como método el diseño, desarrollo y puesta en marcha de Proyectos Socio Tecnológicos, que deben dar lugar al desarrollo de equipos o dispositivos electrónicos que sirvan para aplicarlos a la Gestión de pacientes a distancia,

aplicando los principios de la Formación Crítica y especializada de la tecnología.

- Esto conlleva a construir conocimientos, conceptualizar o lograr relaciones duales y hasta causales entre el investigador y el investigado, mediante procesos de reflexión crítica hacia la detección y transformación de situaciones reales poco favorables, utilizando para ello, la ejecución de proyectos oportunos, pertinentes y eficientes, en las comunidades u organizaciones estudiadas; creando escenarios que se apartan de lo clásico, es decir, la atención a pacientes sin la interacción directa entre el médico y el paciente, sino a través de una red de datos y utilizando equipos de comunicaciones para la interconexión a distancia.
- Aplicar los procesos de diseño para arquitecturas de comunicaciones para realizar la interconexión eficiente y de calidad, que permita la comunicación utilizando voz, datos e imágenes, entre el paciente con enfermedad crónica y los especialistas.
- Adecuar ambientes físicos que permitan la instalación, operación, mantenimiento y revisión de estos con la finalidad de ir mejorando para el servicio de telemedicina.

Los fundamentos epistemológicos, explican el objeto de estudio, su naturaleza, evolución histórica y prospectiva, en este caso, el Sistema de Gestión propuesto.

**Naturaleza:** Las Telecomunicaciones han sido consideradas como una disciplina de la ingeniería electrónica que combina la técnica y la ciencia porque se basa en principios científicos, crea y aplica tecnologías e incluso se apoya en técnicas empíricas. Las tecnologías de las telecomunicaciones tienen implicaciones revolucionarias en las relaciones entre las empresas y en la vida cotidiana de los ciudadanos. Y ello con un ritmo de cambio nunca antes conocido. Todo esto multiplica la importancia de la investigación y el desarrollo en este sector, que como medio de ayuda a la medicina, genera una nueva disciplina denominada telemedicina, que en este caso, brinda el desarrollo tecnológico a la práctica clínica, no solo con el uso de equipo médico para diagnóstico, sino con el uso de la tecnología de las telecomunicaciones permite tener al médico a distancia y con ello

otros conceptos y servicios laterales, como tele farmacia, tele diagnóstico, tele atención, etc.

El impacto de las telecomunicaciones en la sociedad es indiscutible. A pesar de que aún se tiene una brecha digital considerable y hay una exagerada diferencia entre la infraestructura de comunicaciones en ciudades desarrolladas y la de regiones pobres y zonas rurales. Aun así, las telecomunicaciones en el país han avanzado vertiginosamente y cada día adquieren mayor importancia en las actividades cotidianas. Es así que no es posible imaginar empresas sin telefonía fija, telefonía celular, Internet, servicios de correo electrónico, páginas Web, redes privadas, conexiones virtuales, etc. Tampoco es posible vislumbrar universidades sin estas capacidades, ni hogares y grupos de amigos sin un mínimo de conectividad. Las telecomunicaciones permiten el flujo de la información en tiempo real. Esto hace que se reduzcan los costos en general en las actividades diarias que realiza el ser humano. El nivel de comunicación ubicua ha tomado mucha importancia en el mundo de hoy, esto ha permitido el desarrollo de redes fijas y celulares, y por lo tanto, es necesario un nivel de investigación importante que pueda soportar este desarrollo, que se apliquen a las diversas áreas, en este caso a la telemedicina.

Por otro lado, la Instrumentación Electrónica es un elemento esencial de la Ingeniería Electrónica ya que permite el desarrollo de la práctica científica de los sistemas de medición, seguimiento, supervisión y procesamiento en el ámbito industrial, médico y comercial. Esta área proporciona los medios para realizar la medición de la calidad y cantidad de variables, productos y procesos para ser evaluados y controlados. De igual manera la instrumentación electrónica es la base de todas las actividades científicas y de ingeniería y su uso y sofisticación se sigue desarrollando al servicio de las necesidades actuales. Por lo tanto, existe una gran demanda de actividades académicas e investigativas en una amplia gama de campos, desde la producción de instrumentos y sensores, hasta aplicaciones complejas de ingeniería aeroespacial o automotriz, pasando por aplicaciones médicas.

**Evolución histórica:** La investigación científica y tecnológica ha permitido que los avances en las diferentes ramas profesionales logren avances tecnológicos cada vez

más deslumbrantes, donde además, muchas de estas conocidas convergen en usos y aplicaciones, dando lugar a nuevas disciplinas que además amplían la cobertura profesional de algunas especialidades. Su evolución histórica está bastante ligada a la investigación científica de la electricidad que empezó a realizarse a partir del siglo XVIII, basada en los experimentos de Benjamín Franklin. El fin de la década de 1870 y principios de la década de 1880, fue un período de rápidos cambios en la tecnología eléctrica, con desarrollos como el teléfono, la luz eléctrica y la generación de potencia. El Instituto Americano de Ingeniería Eléctrica, AIEE, fue conformado en el año de 1884, para unificar los conocimientos envueltos en el arte de “producir y utilizar la electricidad”. Fueron comunes en esta época, las ferias para presentar los desarrollos basados en la electricidad y la aparición de las primeras bibliotecas con el tema de electricidad y magnetismo. A principios del siglo XX, se dio el nacimiento de varias tecnologías que causaron gran impacto. La más excitante de éstas, fue la radio, o como fue llamada en ese tiempo, “wireless”, por medio de la cual, se rompieron las distancias en el campo de la comunicación humana. La existencia de las ondas electromagnéticas, que viajaban como la luz, había sido prevista por James Maxwell en el año 1860 y probada por Germán Hertz en 1880. Hacia el año 1912, se fundó el Institute of Radio Engineers, IRE, para agrupar las personas dedicadas al campo de la Radio. Es importante anotar que los grandes desarrollos de la Radio y de las comunicaciones, se dieron presionadas por los tiempos de guerra.

El desarrollo del telégrafo eléctrico en la primera mitad del siglo 19 creó la necesidad de construir instrumentos que pudieran medir con precisión la resistencia eléctrica. La popularidad del telégrafo multiplico la demanda pública de las comunicaciones e inclusive un telégrafo por cable submarino conecto a Gran Bretaña con Francia, seguido de un telégrafo por cable submarino transatlántico. Los países deseaban vincular sus redes telegráficas y creó la necesidad para la normalización de las mediciones de resistencia que daría a los ingenieros la información necesaria para conectar las redes nacionales correctamente. Estos avances hicieron que los ingenieros realizaran una cooperación internacional en el campo de la medición y su normatividad. Thomas Edison dio comienzo al

desarrollo de la energía eléctrica y de industrias de la iluminación en 1879. La electricidad aún no era cuantificable, así que las mediciones e instrumentación eléctrica llegaron a ser vitales para poder establecer las cantidades de electricidad que se compraban y vendían por los consumidores y distribuidores de energía eléctrica. Además, estas nuevas industrias requirieron de múltiples generadores de energía con voltímetros, amperímetros y vatímetros de precisión.

Después de la Segunda Guerra Mundial los medidores de paneles se convierten a sistemas digitales gracias a la aparición del transistor, los medidores de exposición se convirtieron en un componente de la cámara, y la juntura de Josephson sustituyó la celda de Weston. Luego se realizó una importante invención en el campo de la conversión analógica digital y, a continuación, se dio inicio a la electrónica de la era digital.

La evolución de la tecnología de circuitos integrados, sensores y actuadores en particular, en los últimos años, ha permitido un importante repunte y gran potencial para desarrollar nuevos enfoques de sensores y sistemas de instrumentación, utilizando las nuevas tecnologías y métodos de procesamiento de señales, teniendo siempre presente los principios de medición que considerablemente mejoran de las características de los mismos. La estructura de los sensores se ha basado en el elemento que cambia su salida en función de la magnitud medida. En una unidad de pre procesado, la señal del sensor se transforma en una señal adecuada amplificada y filtrada mediante técnicas de procesamiento de señales analógicas.

El tratamiento de señales tiene la tarea de acondicionar y garantizar que la cantidad de una variable medida sea entregada en forma adecuada a sistemas de procesamiento a pesar de todos los efectos y perturbaciones presentes en el entorno de medición tales como variaciones en la fabricación de componentes, factores de influencia, y los procesos de envejecimiento, que representan una fuente adicional de errores sistemáticos de medición.

Luego, todo este desarrollo tecnológico disponible, se utiliza como soporte a la medicina para brindarle otra perspectiva de diagnóstico y cuidado de pacientes.

**Prospectiva:** La evolución reciente de la biotecnología ha sido notable, las tendencias en la investigación de biosensores, biochips y sistemas de rehabilitación



motora están dando resultados visibles gracias a la tecnología de procesamiento de semiconductores. La investigación y el desarrollo de biosensores para el análisis medioambiental se han introducido en la vida diaria, y los chips de ADN y de proteínas, que son llamados biochips están atrayendo una gran atención en las ciencias de diagnóstico, evaluación y control biomédico. Las directrices de estudio de este núcleo hace referencia a temáticas, ideas y conceptos que se relacionan con: *Comercialización de Productos Bioelectrónicos*: Ejemplos de intentos de transferencia y comercialización de tecnologías han sido desarrollados por las universidades a las empresas privadas. Ejemplo de ello es el desarrollo de inmunochips, que son pequeños chips utilizados para medición de enfermedades infecciosas. Otra aplicación son los sensores de glucosa utilizados para el diagnóstico de la diabetes. Los inmunochips utilizan el fenómeno en el que gotas de látex se aglomeran en poco tiempo debido a la reacción antígenos-anticuerpos cuando determinados pulsos se aplican, y a continuación, la medición de las enfermedades infecciosas se puede realizar rápidamente con elevada sensibilidad. En comparación con métodos convencionales de inmuno ensayo, la sensibilidad se aumenta en un factor de 100 a 1000. Esta tecnología reduce los costos elevados de los métodos convencionales a un nivel de 1/100 a 1/1000. Si bien la detección de hipoglucemia juega un papel muy importante cuando se administra insulina, los chips convencionales de glucosa no pueden ser utilizados para la detección de la hipoglucemia. La tecnología para producir estos chips ya fue transferida a una empresa médica y sus productos comerciales están programadas para introducirse en el mercado. Inodoros equipados con sensores de glucosa permiten la medición de glucosa en la orina para el tratamiento de los diabéticos. Cuando un paciente diabético se sienta en este tipo de inodoro, la concentración de glucosa en la orina se mide y la de azúcar en la sangre se prevé.

*Desarrollo de biosensores utilizados para el análisis del medio ambiente*: Los sensores DBO (Biochemical Oxygen Demand) son dispositivos que permiten una fácil medición de cómo el agua de los ríos o las aguas residuales industriales se están contaminado con materiales orgánicos. Debido a que el agua de río contiene materiales como la celulosa, la lignina y ácidos húmicos que son difíciles de

descomponer, sensores convencionales no pueden ser utilizados para detectar estas sustancias. Los sensores DBO son mucho más sensibles que los sensores, lo que posibilita controlar la calidad de las aguas de río.

*Desarrollo de biochips:* Los chips de DNA permiten determinar si una persona es susceptible a una cierta enfermedad, ya que es posible dilucidar la diferencia de una sola base de ADN que utilizan los chips de ADN. Por ejemplo, parece que hay una diferencia en el nivel de sensibilidad a las enfermedades entre los asiáticos y los occidentales debido a la diferencia en el ADN.

*Biónica:* El término "biónica" se originó del término mecatrónica en los EE.UU en los años 1950 y no es una palabra nueva. Ahora se utiliza como una abstracción de la bioelectrónica o biorobótica. Sin embargo, ahora se está proponiendo el nuevo concepto de que "biónica" es una tecnología para mejorar la calidad de la vida humana, por lo cual se está trabajando en el estudio de las tecnologías necesarias que apoyen el mejoramiento de la calidad de la vida humana (Humánica), incluyendo servicios médicos, la biotecnología, y la ambientología. La investigación sobre la biónica es un intento de aplicar las funciones superiores de los organismos vivos a una amplia gama de áreas como la electrónica, la robótica, el medio ambiente y la biotecnología a diversos campos de la ingeniería, por supuesto, también incluyendo la nanotecnología. Los organismos vivos son ejemplo típico del trabajo a nano escala y, son modelos de nanotecnología.

*Procesamiento de Imágenes Médicas:* Las imágenes médicas son utilizadas cotidianamente en rutina clínica para establecer un diagnóstico, escoger o controlar una acción terapéutica. Estas imágenes provienen principalmente de la tomo densitometría (rayos X) o scanner, de la resonancia magnética o IRM y del ultrasonido o ecografía. A pesar de que estas imágenes proveen información sobre la morfología y el funcionamiento de los órganos, su interpretación objetiva y cuantitativa es una tarea aún difícil de realizar. Existe un cierto número de problemas en el dominio del procesamiento y del análisis de imágenes médicas que pueden ser reagrupados en las siguientes categorías: restauración, segmentación, morfometría, análisis de movimiento, visualización, simulación de cirugía y robótica médica.

*Diagnostico Medico:* En el estudio de la instrumentación médica, los instrumentos de diagnóstico médico tienen una gran diversidad de aplicación, los cuales deben garantizar estándares de calidad de operación rigurosos y componentes electrónicos de elevada confiabilidad, para ser utilizados por el ser humano.

*Rehabilitación Motora y Prótesis:* Implica el diseño de artefactos electromecánicos como prótesis, órtesis, entre otros que permitan la rehabilitación física, motriz y psicológica de los seres humanos. Los sistemas electrónicos permiten ayudar a una persona a alcanzar su máximo potencial físico, psicológico, social, laboral, educacional y deportivo para el aprendizaje y aplicación de conocimientos, realización de tareas y demandas cotidianas, actividades que permitan la movilidad, el auto cuidado, la comunicación, las interacciones y relaciones interpersonales entre otras. En el proceso de diseño de sistemas electrónicos de rehabilitación se cuenta con un trabajo interdisciplinario compuesto por ingenieros, fisioterapeutas, terapeutas, técnicos ortopédicos, médicos especialistas en rehabilitación, ortopedistas, entre otros.

Por tanto, la mirada más distante del proceso de producción de conocimiento nos sitúa en la dimensión epistemológica. Esta dimensión es desde la que se inicia toda investigación, desde la que comenzamos a plantearnos cuál será nuestro objeto de estudio, desde la que nos acercamos a él con el fin de conocerlo. Es desde este nivel que necesitamos definir: (1) qué pretendemos conocer, es decir, cuál será nuestro objeto de estudio; (2) en general, cómo lo conoceremos: qué tipo de relación estableceremos con el objeto para conocerlo; (3) el para qué de la investigación, o sea, nuestras intenciones; (4) para qué servirá la investigación (su relevancia) y (5) para quién se hace lo que se hace. Todas estas preguntas que deberíamos plantearnos al inicio de la investigación, las responderemos a partir de nuestra particular posición dentro una realidad social.

### **2.2.3 Fundamento metodológico**

La metodología básica consistirá en comparar el sistema de gestión con los métodos alternativos, es decir el método tradicional de hacer medicina, en el cual hay que desplazar al médico o al paciente. Se proponen cuatro maneras de determinar si vale la pena realizar un programa de salud determinado, que consume los mismos

recursos que otros proyectos con los cuales se está comparando. Estos métodos se explican de acuerdo a lo propuesto por Fox (1981):

*Método de Minimización de Costos:*

Cuando las consecuencias de los programas son equivalentes, se escoge el menos costoso, y se determina el sistema menos costoso para alcanzar ciertos objetivos. Si los objetivos no se pueden cuantificar o comparar el método falla. Se debe basar en comparar los costos específicos, la utilidad y la efectividad para los mismos objetivos entre telemedicina y una solución alterna. Implica un análisis paralelo de dos modalidades de atención. Presencia física comparada con presencia virtual del profesional de la salud. Prevalece la que puede demostrar que brinda atención a un mayor número de personas, resolviendo su patología y previniendo a futuro la aparición de la enfermedad en ese mismo individuo o en la totalidad de la comunidad. La decisión final luego de comparar los programas se mide desde el balance netamente económico. Lo importante para la evaluación es cuanto se invertirá y cuando será el retorno. No se dispone de parámetros previos o comparativos con otros métodos utilizados en el pasado. El resultado es de saldo en rojo o en negro, positivo o negativo.

*Análisis Costo-Efectividad:*

Las consecuencias de los programas son medidas por medio de indicadores naturales expresados en las unidades físicas más apropiadas y se selecciona la más alta, por ejemplo determinar el número de remisiones evitadas, casos tratados adecuadamente, muertes evitadas, transportes innecesarios, etc. La siguiente tabla muestra aspectos a tener en cuenta al realizar una evaluación de la efectividad desde el punto de vista clínico. Para esto se hace énfasis en la evaluación de la exactitud diagnóstica expresada a través de la sensibilidad y la especificidad. Los niveles de exactitud establecidos deberán ser fijados con respecto a los niveles normalmente obtenidos mediante el diagnóstico convencional. Los resultados se obtienen de dividir los costos por unidad de efecto, determinando el dinero ahorrado al evitar una muerte o un transporte innecesario como algunos ejemplos.

Uso limitado de las enfermedades a evaluar:

- De alta incidencia en la población (Por ej. Neumonía)

- Dificiles de diagnosticar por métodos tradicionales (Ej. Infiltrados intersticiales)
- Esperadas como dificiles de diagnosticar en telemedicina (Ej. Neumotórax)
- Alto riesgo asociado a la falta de diagnóstico o alto beneficio por detección temprana (Ej. Diabetes, hipertensión arterial, tumores)
- Niveles elevados de sufrimiento

Establecer los niveles mínimos aceptables de sensibilidad y especificidad:

- Niveles flexibles de precisión en función de la enfermedad

Otros factores que mejoren el acceso, el costo y efectos

#### *Análisis Costo-Utilidad:*

Las consecuencias de los programas son ajustadas por medidas de preferencia sobre los estados de salud. Esta técnica ignora los resultados clínicos y se limita a comparaciones estáticas que incorporan dimensiones objetivas y subjetivas, por lo cual no siempre es posible comparar alternativas diferentes por este tipo de estudio. Se evalúan las consecuencias de los programas en términos monetarios y el beneficio práctico que de ellos se obtiene, permite confrontar los costos. Sin embargo, es difícil asignar este valor monetario. Este método es el más genérico y amplio de evaluación económica. Permite comparar directamente los costos y las ventajas de diversas alternativas.

Más que evaluar la inversión en tecnología y el costo de operación, se debe evaluar: el acceso a la salud, el costo implícito y la calidad del servicio, para lograr así los objetivos deseados, maximizando los beneficios de un presupuesto dado.

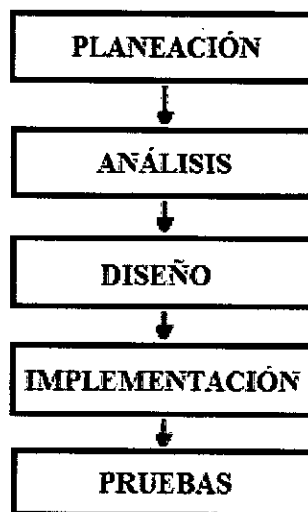
Un buen ejemplo de este tipo de análisis es el establecimiento de un servicio de tele radiología para hospitales periféricos en donde se busca asegurar que exista un reporte oficial de lectura por un radiólogo (asunto difícil en áreas suburbanas o rurales) y disminuir los costos de funcionamiento. Ello se obtiene mejorando la calidad de la toma y la imagen de las placas radiográficas, asegurando un diagnóstico en el momento adecuado, dando acceso permanente a la opinión del especialista, normalmente ausente en las áreas rurales, ofreciendo la oportunidad de una mejor toma de decisión terapéutica y reduciendo los costos de funcionamiento de manera global.

Por otro lado, para el diseño de una red que pueda suministrar el soporte para la implantación del Sistema de Gestión propuesto, la OPS/OMS (2006) propone:

1. **Funcionalidad:** Se refiere a que una red debe ser funcional, debe permitir que los usuarios cumplan con los requerimientos de trabajo, proveyendo conectividad entre los usuarios y aplicaciones a una velocidad razonable.
2. **Escalabilidad:** La red debe ser capaz de crecer, es decir, debe soportar el incremento en usuarios, servicios y aplicaciones sin mayores cambios estructurales.
3. **Adaptabilidad:** La red debe ser diseñada para que pueda adaptarse a tecnologías futuras, además que no debe incluir elementos que limiten la implantación de nuevas tecnologías.
4. **Administrabilidad:** El diseño debe permitir el monitoreo y administración para asegurar la estabilidad del sistema.

Además, para abordar el diseño del sistema que soportará la conexión del Sistema de Gestión, se propone la metodología mostrada en la Figura N° 2.3.

Figura N° 2.3  
Esquema de metodología de diseño.



*Fuente: Propia.*

- 1) **Planeación:** El primer paso consistirá en la recopilación de información confiable de la estructura organizacional del Centro de Salud seleccionado.

**Propósito organizacional.**Cuál es la Razón Social, Misión, Visión y Objetivos de la organización.

**Necesidades de la organización.** Determinar la razón por la cual se necesita una red WAN, considerando los siguientes parámetros:

- Información actualizada
- Disponibilidad de los datos
- Capacidad de manejo de un mayor número de actividades
- Reducir procesos y costos
- Compartir aplicaciones y recursos
- Seguridad
- Integrar todas las dependencias o sucursales remotas

**Ubicación geográfica de las oficinas (locales y remotas).** Dibujar ya sea en un plano o mapa cada una de las oficinas según su localización geográfica y genere un cuadro con la simbología apropiada que identifique los diferentes nodos, además realizar una tabla donde se especifique nombre del nodo, país, provincia, ciudad, dependencia.

**Tipos de Redes existentes en la organización.** Especifique si la institución se encuentra trabajando en un entorno de red sea está LAN, MAN, WAN, protocolos, topologías y si la información se encuentra en forma centralizada o distribuida.

**Hardware y software.** Cuantos y que tipos de computadoras (PCs, servidores) a conectarse a la WAN tiene la organización, sus características, tarjetas de red, video, sistema operativo que maneja, paquetes instalados, aplicaciones y base de datos que ejecute.

**Medios de Comunicación.** Se debe analizar los medios de comunicación que dispone cada una de las sucursales de la organización como: dial –up, línea dedicada, vía satélite, vía radio, sus ventajas y desventajas.

**Equipos de Comunicación.** Equipos de comunicación que tiene (Módems, Router, Switch), sus características, tarjetas adicionales y estado actual.

## 2) Análisis

**Especificaciones de las funciones de la red.** Según las necesidades de la organización se deben generar unos análisis y determinar las tareas factibles que la red ejecutará una vez diseñada, estas pueden ser las siguientes:

- Acceso a Internet para todos los usuarios o usuarios acreditados.
- Conexión de sucursales remotas.
- Intercambio de información entre las diferentes dependencias o sucursales.

**Tipo de administración de la red.** Se deberá analizar el grado de centralización en que trabajan actualmente y determinar cuál será el más óptimo en un entorno de red más grande (WAN). Hay ocasiones en las que es conveniente centralizar la administración y la seguridad, y hay ocasiones en las que no. Cuando se diseñe una red, se debe determinar si desea tener la facilidad de administrar desde un punto central o trabajar en un ambiente distribuido.

**Seleccionar la Topología más adecuada.** Si la red opera mediante arquitectura cliente/servidor o de igual a igual se tiene que seleccionar una topología para todas las redes, excepto las más pequeñas, alguna variedad de 53rdiac53 en configuración estrella (10 BASE T, 100BASE-T) o el más sencillo y barato (10 BASE 2). Para seleccionar la topología de red se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- Tamaño total de la red.
- Expansión potencial de la red.
- Ancho de banda requerido.
- Costo.

**Analizar y Seleccionar los Protocolos de red apropiados.** Los protocolos que más comúnmente se utilizan en las redes de PCs son el TCP/IP, FRAME RELAY, X25, Para seleccionar el protocolo de una red Wan es necesario buscar el adecuado y que cumpla las expectativas siguientes:

- Debe ser capaz de conectar las aplicaciones que se requiera.
- Ser independiente del hardware, esquema de representación de datos, sistema operativo, lenguaje de programación, herramientas de diseño, bases de datos, etc.



- Soporte sesiones múltiples.
- Múltiples transacciones en una sola sesión.
- Mecanismos de autenticación y encriptación.
- Soporte para procesamiento transaccional:
  - Transacciones persistentes y no persistentes.
  - Recuperabilidad de sesiones luego de una caída de la red.
  - Invocación remota de procedimientos.

**Sistema Operativo para la red Wan.** Tener un servidor implica tener un sistema operativo de red del servidor

**Seleccionar la Base de Datos.** En caso de que la organización para la cual se va a diseñar la red WAN requiere de una aplicación que necesita almacenar la información en una Base de Datos se debe seleccionar tomando en cuenta los criterios para ello.

**Seleccionar los Medios de Comunicación apropiados y los proveedores de los mismos.** De acuerdo a los medios de comunicación existentes en el entorno donde trabaja la organización, se debe determinar los más óptimos dependiendo de:

- Velocidad de Transmisión
- Ancho de Banda
- Ubicación geográfica
- Interferencia
- Seguridad del medio de comunicación
- Proveedores existentes
- Costo

Por ejemplo los medios de comunicación más conocidos son: Dial – UP, Línea Dedicada, Vía Radio, Fibra Óptica y Satélite. Se debe especificar los proveedores de los diferentes medios de comunicación, tomando en cuenta si brindan o no este servicio en el área donde se encuentran las diferentes sucursales.

**Determine los equipos de comunicación apropiados.** Que equipos de

comunicación requiere el diseño (Módems, DTU, NTU, Router, Convertidores), sus características y cantidad de tarjetas adicionales.

- 3) **Diseño:** La red debe satisfacer las necesidades de la organización sin que se presenten fallas en todo momento, la tarea principal para un diseño exitoso (de cualquier tipo sea LAN, WAN, etc.) es analizar las razones por las que no pueda funcionar y resolver los problemas antes de implementarse el diseño, incluye también los problemas de compatibilidad en los que usted determina cómo trabajar en conjunto. Para diseñar una red Wan debemos considerar los siguientes pasos:

**Realice un Diseño Lógico de la Red Wan.** Luego de haber realizado los pasos de las dos fases anteriores y generado la tabla con todos los datos específicos para el diseño de la red WAN, elabore un diagrama lógico de la red y un bosquejo general de cómo será el diseño físico de la red WAN, en este caso es conveniente no recalcar que medio o equipo de comunicación se va utilizar.

A partir de este diseño lógico de red se puede generar varias alternativas de diseño físico según las necesidades de la organización.

**Primera Alternativa de Diseño.** El diagrama físico de la red no es muy complicado, el diagrama lógico equivale a un 50% de su diseño, por lo que se opta por realizar las alternativas de diseño físico factibles, en donde se especifica: protocolos, medios de comunicación, equipos de comunicación y el grado de centralización de la red WAN. Para el diseño físico de la red WAN se debe generar una tabla de información detallada con nombre del nodo, medio de comunicación, protocolo, equipos de comunicación y proveedores.

**Análisis Costo / Beneficio.** Genere una tabla de costos de los medios y equipos de comunicación que se utilizara en el diseño.

**Seleccionar la mejor alternativa.** Aquí se deberá evaluar mediante un cuadro comparativo de todas las alternativas generadas

- 4) **Implementación:** Es el proceso de construir la red utilizando la alternativa de diseño seleccionada. Si en el proceso de diseño falta algo, es aquí donde se tiene que ser flexible, capaz y creativo para solucionar los diferentes problemas

que se vayan presentando. Para cumplir con esta fase se debe seguir los pasos que se indican a continuación:

**Adquisición de servidores adicionales**, dispositivos de comunicación, contratar los servicios de los proveedores de los medios de comunicación. Según la alternativa de diseño escogida.

**Ubicación, Instalación y Configuración de computadoras**, equipos de comunicación para la red WAN.

Configuración de Seguridades WAN.

Pruebas WAN.

**Instalación de Software para Administración de Red**, administrar una red consiste en realizar una serie de acciones, métodos y procedimientos para mantener operativa la red.

- 5) **Pruebas y elaboración de manuales:** Es donde se realizan los ajustes o rectificación de los pequeños errores, es importante notar que el propósito de la afinación no es compensar los errores fundamentales de diseño, si no tratar de arreglar las fallas graves de diseño.

### 2.3 Definiciones de términos básicos

**Tele consulta:** Consulta remota través de sistemas de telecomunicaciones, a personal de la salud competente.

**Tele diagnóstico:** Diagnóstico resultante de una consulta en el caso de pacientes que no tienen acceso físico a una consulta o de segunda opinión.

**Tele cuidado – Tele atención:** Cuidado de pacientes en casa asistido por enfermeras remotas gracias al uso de equipos de videoconferencia o parlantes conectadas vías telefónicas al activar el paciente una alarma inalámbrica de pánico y que lleva siempre consigo. Se utiliza con fines educativos y de prevención de complicaciones en pacientes de cuidado ambulatorio.

**Telemetría – Tele medida:** Permite el monitoreo de signos vitales: ECG, EEG, EMG, Presión Arterial, Temperatura, Pulso, Oximetría, Espirometría y exámenes de laboratorio mediante punción digital para medición de enfermedades metabólicas que requieren controles frecuentes.

**Tele educación:** Existen muchas aplicaciones de educación remota en tiempo real o diferido. La teleeducación permite realizar entre otras:

Capacitación a distancia

Educación continuada

Apoyo a estudiantes en práctica

Campañas de Prevención

Enseñanza de procedimientos mediante técnicas interactivos o de módulos de realidad virtual.

Evaluación y posibilidad de retroalimentación entre docente y alumnos.

Acreditación y re certificación.

**Tele administración:** Aplicada a los sistemas de gestión de salud para realizar a distancia la administración de procesos tales como control de citas, remisiones, referencias, facturación, control de cartera, inventarios, planeación estratégica y orientación al usuario orientado a dar servicios de mejor calidad.

**Tele terapia:** Por medio de sistemas de videoconferencia es posible realizar tratamiento y consulta de pacientes para:

Tele psiquiatría

Tele fisioterapia

Tele oncología

Tele prescripción.

**Tele farmacia:** Por medio de sistemas de comunicación de diverso tipo pueden realizarse procesos de prescripción, dispensación, facturación y seguimiento de fórmulas elaboradas para los pacientes, evitando el desplazamiento para su consecución.

**Tele radiología:** La tele radiología es una de las especialidades más utilizadas en telemedicina. Esto se debe a que en general el radiólogo no tiene contacto directo con el paciente, lo que hace a esta disciplina más propicia para trabajarla a distancia. Adicionalmente, algunas modalidades son de por sí digitales lo que facilita el proceso de captura de información.

Las especialidades radiológicas más usadas son:

RX – Radiología convencional

CT – Escanografía (TAC – Tomografía Axial Computada)

MR – Resonancia Magnética

NM – Medicina Nuclear

US – Ultrasonido (Ecografía).

**Tele patología:** La tele patología se trabaja a partir de imágenes, digitales o de video, obtenida directamente del ocular del microscopio. Las imágenes pueden venir de estudios de tipo:

Anatómico: Frotis, Especímenes de cirugía, Biopsias, Punciones, Citología, Autopsias.

Pueden acompañarse de otro tipo de exámenes anexos a la historia del paciente y de origen clínico: Banco de sangre, Citogenética, Hematología, Microbiología, Análisis de orina, etc.

**Tele cardiología:** A través de mecanismos de comunicación es posible realizar a distancia procedimientos típicos y transmitir sus datos a distancia como:

ECG

Eco cardiograma (2D, 3D, fijas, dinámicas), Angiografía, NM, RM.

Sonidos cardíacos.

**TeleORL – Tele endoscopia:** En otorrinolaringología (ORL) se pueden realizar exámenes a través de sistemas de endoscopia de fibra óptica, conectados a un sistema de videoconferencia o de digitalización de imágenes de video que puede servir con fines diagnósticos o educativos.

**Tele dermatología:** La tele dermatología consiste en consultas, más que procedimientos, a distancia. En ella el dermatólogo utiliza mecanismos de videoconferencia para ver al paciente en tiempo real, o puede recibir fotografías digitales en tiempo diferido.

**Tele oftalmología:** La práctica de la oftalmología se puede realizar en parte a través de sistemas de oftalmoscopios conectados a un sistema de videoconferencia o de digitalización de imágenes de video para diagnósticos de fondo de ojo, muy útiles en la prevención y seguimiento de enfermedades metabólicas.

**Tele cirugía:** Cirugía asistida por sistemas robotizados que dan mayor seguridad al acto quirúrgico como la cirugía de corrección de vicios de refracción ocular como

la miopía. Ya se han realizado cirugías aisladas a distancia, que tienen indicaciones específicas como la cirugía en campo de batalla durante una confrontación bélica.

**Equipo de Telemedicina:** Es un grupo interdisciplinario encargado de la prestación de servicios de telemedicina.

**Emisor:** Aquella persona del equipo de Telemedicina quien envía la información médica a un receptor por medio del uso de las telecomunicaciones.

**Receptor:** Aquella persona del equipo de Telemedicina quien recibe la información médica enviada por el emisor a través de las telecomunicaciones.

**Seguridad de la Información:** Son todas aquellas técnicas para salvaguardar los sistemas de información telemáticos. La seguridad pretende proteger ambos extremos del sistema de información.

**Teleconferencia:** Por medio de videoconferencia, es factible convocar una reunión de especialistas que estén en diferentes locaciones (sin límites geográficos), a fin de debatir diferentes situaciones, la única limitante está en los recursos tecnológicos y de telecomunicaciones.

**Monitoreo remoto de pacientes:** Existe la posibilidad de medir y monitorear algunos parámetros del organismo de los pacientes a través de medios electrónicos y de comunicación remota. Entre estos parámetros se encuentran la glucosa, la presión arterial, etc.

**Almacenamiento digital (Ficha electrónica):** Consiste en la implementación del respaldo digital de documentos tales como fichas médicas (documentos clínicos electrónicos CDA HL7), placas radiológicas o exámenes, de manera de agilizar procesos internos y disminuir el espacio físico de almacenamiento de los mismos. Además esto abre posibilidades de obtención de diagnósticos que no sea en tiempo real por medio de correo electrónico, o la publicación de resultados de exámenes vía web para ser consultados por los pacientes.

**Clases a distancia (E-learning):** Es el uso académico de la videoconferencia médica, usando la misma tecnología, un docente puede impartir clases a un grupo o varios grupos de estudiantes que se encuentren distantes.

**Morbilidad:** Cantidad de personas que enferman en un lugar y un periodo de tiempo determinados en relación con el total de la población.

**Mortalidad:** Cantidad de personas que mueren en un lugar y en un período de tiempo determinados en relación con el total de la población.

**Prevalencia:** En epidemiología, se denomina así a la proporción de individuos de un grupo o una población que presentan una característica o evento determinado en un momento o en un periodo determinado. Se distinguen dos tipos: puntual y de periodo.

**Alérgeno:** Sustancia que provoca reacciones alérgicas.

**Anafiláctico:** Relativo a una reacción alérgica general violenta y exagerada.

**Anamnesis:** Es recoger la información de las enfermedades de un paciente en base a lo que recuerda de ellas. También se refiere al documento que recoge esta información.

**Angina de pecho:** Dolor en el pecho producido por hipoxia del músculo cardíaco.

**Anoxia:** Insuficiencia de oxígeno en los tejidos.

**Apnea:** Suspensión de la respiración.

**Arritmia:** Falta de ritmo cardíaco regular; pulso irregular.

**Asintomático:** Que no presenta síntomas.

**Bradycardia:** Lentitud anormal del ritmo cardíaco.

**Bradipnea:** Respiración lenta.

**Cardiopatía:** Dolencia o afección cardíaca.

**Cardiopulmonar:** Relativo al corazón y pulmones.

**Cardiorrespiratorio:** Relativo al corazón y a la respiración.

**Cardiovascular:** Relativo al corazón y a los vasos.

**Desfibrilación:** Restablecimiento del ritmo normal del corazón mediante medicamentos o electroshock.

**Diagnosis o diagnóstico:** Determinación de la naturaleza de una enfermedad.

**Disnea:** Dificultad de la respiración.

**Exacerbación:** Empeoramiento.

**Fibrilación:** Contracciones desordenadas e ineficaces del corazón.

**Hiperglicemia:** Concentración exagerada de glucosa en la sangre.

**Homeostasis:** Autorregulación de un sistema biológico en equilibrio.

***Se listan algunos acrónimos usuales:***

**ANSI** American National Standards Institute.

**ASCII** American Standard Code for Information Interchange [Código Americano Normalizado para el Intercambio de Información].

**BVS**. Biblioteca Virtual en Salud.

**ECG** Electrocardiograma.

**EEG** Electroencefalograma.

**EHAS** Enlace Hispano Americano en Salud.

**EPOC** Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica.

**FAQ** Frequently Asked Questions [Preguntas Más Frecuentes].

**HL7** Health Level Seven.

**HTML**. HyperText Markup Language [Lenguaje de Marcación de Hipertexto].

**HTTP**. HyperText Transfer Protocol [Protocolo de Transferencia de Hipertexto].

**ICC** Insuficiencia Cardíaca Crónica.

**IEEE** Institute of Electrical and Electronics Engineers.

**INCOR** Instituto Nacional del corazón.

**ISO** International Organization for Standardization [Organización Internacional para la Normalización].

**LILACS** Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud.

**MEDLINE** Medical Literature Analysis and Retrieval System Online.

**NLM** National Library of Medicine [Biblioteca Nacional de Medicina (EE.UU.)].

**OMS** Organización Mundial de la Salud.

**OPS** Organización Panamericana de la Salud.

**PDA** Personal Digital Assistant.

**PDF** Portable Document Format.

**SCD** Sudden Cardiac Death (Muerte súbita 61 ardiac)

**SeCS** Seriados en Ciencias de la Salud.

**UML** Unified Modeling Language.



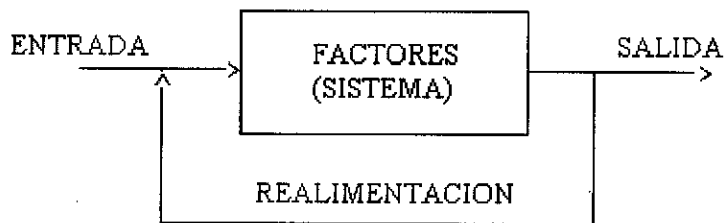
## CAPÍTULO III

### 3. VARIABLES E HIPÓTESIS

#### 3.1 Definición de las variables

Es importante comprender que el sistema de gestión propuesto no constituye un producto, sino un servicio definido como un conjunto de procesos, asociados a un sistema con demanda de ambientes altamente integrados y robustos, y con personas capaces de trabajar con ellos. Por tanto, no tener en consideración estos aspectos, puede acarrear la pérdida de recursos y el mal servicio. Desde el punto de vista sistémico podemos establecer una relación entre los aspectos importantes a considerar.

Figura N° 3.1  
Esquema general del Sistema de Gestión.



*Fuente: Propia.*

Del esquema mostrado podemos proponer las variables que conforman el sistema de gestión. Esto es:

- a) Entrada: Dentro del cual se tiene:
  1. Usuarios principales, es decir, pacientes.
  2. Profesionales de telemedicina.
  3. Paramédicos.
  4. Personal técnico.
- b) Sistema: Consideramos tres factores vitales, con sus respectivas variables:
  1. Factor humano.
  2. Factor tecnológico.
  3. Factor organizativo.

- c) Salida: La salida principal es el servicio de salud recibido a distancia. Su calidad es compleja de evaluar, por tanto deberán desarrollarse los índices de calidad para ello.
- d) Realimentación: Estos procesos son necesarios para el control y mejoramiento de la calidad del servicio médico de telemedicina.

### **3.2 Operacionalización de variables**

El esquema anterior, muestra la propuesta de distribución de las variables y como estas actúan, por tanto es necesario recordar que la visión global del sistema en su conjunto, permitirá también establecer la dependencia de las variables de una etapa con otra u otras, dando como resultado a un conjunto de procesos que se desarrollan de manera coordinada y eficiente. Luego, es preciso recordar la necesidad de integrar herramientas que aporten ventajas en la práctica del sistema de gestión y comparar cuales de las disponibles pueden acomodarse mejor a un diseño específico.

La propuesta del Sistema de Gestión requiere una esmerada planificación. El impacto o las consecuencias de la introducción de un sistema como el propuesto dependen sustancialmente de cómo se realice dicha implantación. Antes de introducir esta tecnología, es fundamental llevar a cabo estudios de viabilidad destinados a conocer las necesidades concretas de los usuarios y la elección de la alternativa (técnica, económica y estructural) más adecuada para la satisfacción de las mismas.

Para alcanzar el éxito en la implantación del sistema propuesto, se debe asegurar su aceptación por parte de, al menos, cuatro colectivos específicos: los pacientes, los profesionales de la salud, la gerencia de la red de salud y las autoridades sanitarias. Lógicamente, la aceptación por parte de todos ellos vendrá dada por las características de la tecnología, por las repercusiones que la telemedicina produzca en la organización de la atención de salud y en la estructura del sistema, y por los beneficios que produzca con relación a la reducción o a la limitación de costos y al aumento de la utilidad.

La realización de un estudio de viabilidad técnica de una tecnología supone examinar con detalle el ajuste entre las necesidades detectadas en los procesos de

atención de salud que justifican introducir nuevos procedimientos o tecnologías y las especificaciones del sistema por medio del cual se satisfagan esas necesidades. Dentro del estudio de viabilidad técnica, se debe prestar especial atención a los siguientes indicadores de calidad:

- La efectividad del sistema (la medida en que produce los efectos esperados en la práctica),
- La confiabilidad (robustez, seguridad, interoperabilidad y facilidad de reparación y mantenimiento),
- La facilidad de uso (el diseño de la interfaz hombre-máquina y la capacitación necesaria para su utilización).

Los requisitos para el sistema de gestión propuesto han de definirse teniendo en cuenta las relaciones profesionales y personales que se establecen dentro de la organización, así como las características de los individuos y colectivas que la componen, las funciones que cumplen y los flujos de información que circulan entre ellos.

En el proceso de Operacionalización de variables, definimos:

Y: Modelamiento de un sistema de gestión y monitoreo a distancia.

X: Supervisión de pacientes crónicos aplicado a un hospital virtual.

Podemos detallar las relaciones en el siguiente cuadro:

| <b>Variables</b>                      | <b>Definición conceptual</b>                                      | <b>Dimensiones</b>  | <b>Indicadores</b>   |
|---------------------------------------|---|---|--|
| Accesibilidad de usuarios (pacientes) | Posibilidad de recibir atención por medio del Sistema de Gestión. | Accesibilidad Geográfica<br><br>Accesibilidad económica<br><br>Accesibilidad cultural | Tiempo que tarda en trasladarse de su domicilio al centro de salud.<br><br>Lo que gasta en recibir atención.<br>Disponibilidad económica para recibir la atención.<br>Conocimiento sobre la atención que da el centro de |

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
|  |   |  | salud. Percepción del problema de salud   |
| Profesionales de Telemedicina  | Posibilidad de contar con especialistas en las distintas áreas de salud y tecnológicas. | Nivel de especialización y profesionalismo adecuado.                         | Certificaciones y experiencia medible en estas áreas.   |
| Paramédicos  | Personal con experiencia y dedicación en su función.                                    | Nivel de capacitación y calificación.  | Certificaciones y experiencia medible en el área específica.  |
| Personal técnico   | Personal con experiencia y probidad, dada la información que se debe manejar.           | Nivel de capacitación y calificación.  | Certificaciones y experiencia medible en el área específica.  |
| Sistema, consta de:<br>Factor humano.<br>Factor tecnológico.<br>Factor organizativo. | Corresponde al Centro de Salud donde debe implantarse el Sistema de Gestión.            | Limitaciones en infraestructura, presupuestarias, tecnológicas y de personal | Desarrollo de proyectos que sirvan para mejorar los aspectos de infraestructura, tecnológica y de personal.<br>Índices de mejoramiento, sujetos a evaluación. |
| Salida   | Depende de los factores anteriores, y medirá el grado de satisfacción en la atención.   | Limitaciones en equipamiento, personal calificado e infraestructura.         | Se dictaran protocolos de servicio, para determinar la calidad del servicio.  |
| Realimentación   | Necesario para medir la calidad de atención y sus                                       | Se establecerán marcadores de calidad de servicio.                           | Comparación entre los servicios normales y los del Sistema de Gestión   |

|  |                       |  |                               |
|--|-----------------------|--|-------------------------------|
|  | posibles correctivos. |  | para generar recomendaciones. |
|--|-----------------------|--|-------------------------------|

*Fuente: Propia.*

### 3.3 Hipótesis

#### 3.3.1 Hipótesis general

Modelar un Sistema de Gestión para la supervisión de la salud de personas, que están limitados a una atención de salud rápida, de calidad y eficiente, y que permita promover la cultura para el uso de las tecnologías de información y comunicaciones, aplicándolas a diversas áreas, en este caso de salud.

#### 3.3.2 Hipótesis específicas

- a) Aplicar el sistema de Tele educación permitirá conocer sobre el cuidado de la salud, y asimismo, una mayor comprensión sobre las dolencias del familiar.
- b) Interacción del profesional médico con el paciente y sus familiares, a través de la plataforma web del sistema.
- c) Implantar el Sistema de Gestión propuesto en la rutina clínica, por medio del desarrollo de un plan estratégico.
- d) A partir de los aspectos técnicos, clínicos y económico-organizativos, se evaluará el Sistema de Gestión del Hospital Virtual, haciendo uso de encuestas, reportes, opiniones y reuniones de trabajo.
- e) El Sistema de Gestión permite mejorar la calidad de vida de las personas a través de las políticas de calidad, atención y asesoría respecto al tratamiento y cuidados del paciente.
- f) La consulta virtual de casos y la evaluación del paciente mediante la Tele salud, permite disminuir los gastos que generan los diferentes traslados.
- g) El Sistema de Gestión realiza charlas educativas con los diferentes grupos de la red social local, dirigidos a adolescentes, adultos mayores, niños en edad escolar, o cualquier persona que padezca o no una enfermedad crónica, utilizando la plataforma de red.
- h) Utilizando los recursos de video conferencia para los grupos sociales organizados, se fortalece la participación ciudadana, cumpliendo con el proceso

de promoción de salud, prevención de enfermedades y educación para la salud, mediante la participación de profesionales especialistas en cada área.

## CAPÍTULO IV

### **4. METODOLOGÍA**

#### **4.1 Tipo de investigación**

La investigación aplicada al Proyecto es del tipo Básica Transversal.

La básica denominada también pura o fundamental, busca el progreso científico, acrecentar los conocimientos teóricos, sin interesarse directamente en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas; es más formal y persigue las generalizaciones con vistas al desarrollo de una teoría basada en principios y leyes.

La investigación aplicada, guarda íntima relación con la básica, pues depende de los descubrimientos y avances de la investigación básica y se enriquece con ellos, pero se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos. La investigación aplicada busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar.

#### **4.2 Diseño de la investigación**

Las enfermedades crónicas son afecciones de larga duración y por lo general de progresión lenta. Las enfermedades cardíacas, los infartos, el cáncer, las enfermedades respiratorias y la diabetes, son las principales causas de mortalidad en el mundo, siendo responsables del 63% de las muertes. En 2008, 36 millones de personas murieron de una enfermedad crónica, de las cuales la mitad era de sexo femenino y el 29% era de menos de 60 años de edad.

El concepto del modelo de sistema de gestión, engloba la definición de las distintas prestaciones ofrecidas, la población receptora de las mismas, financiación, actuaciones y competencias de la salud pública y autoridad sanitaria, criterios de planificación y gestión sanitaria. El modelo del sistema de gestión básicamente se compone de financiador, proveedor, beneficiario y cartera de servicios y prestaciones. Se reconocen por lo menos tres modelos: modelo liberal, modelo seguro social y modelo NHS (National Health System).

Los sistemas sanitarios son los instrumentos operativos de los que se dotan las diferentes sociedades para cumplir con sus modelos teóricos. La Organización Mundial de la Salud define, en su informe del año 2000, al sistema sanitario como

todas las personas y acciones cuyo primer propósito es promover, restaurar y mantener la salud. En dicho informe se hace hincapié en que los sistemas sanitarios deben tener tres objetivos esenciales:

- Mejorar la salud de la población a la que sirven.
- Responder a las expectativas de la sociedad.
- Proporcionar protección financiera frente a los costos de la enfermedad.

Según la OMS, a cualquier sistema sanitario se le deben exigir las siguientes características:

- Universalidad y cobertura a toda la población sin distinción.
- Atención integral, el sistema debe atender la salud en el sentido amplio, el diagnóstico y tratamiento, pero también la promoción de salud, prevención y rehabilitación.
- Equidad en la distribución de los recursos.
- Eficiencia, ofrecer las mejores prestaciones y el mejor nivel de salud al menor costo.
- Flexibilidad, para poder responder las nuevas necesidades de manera ágil.
- Participación de la población en su planificación y gestión.

Luego, en el diseño del modelo de gestión, se empezó estableciendo los beneficios que se obtendrían con la implantación de un Hospital Virtual:

- Ofrecer una solución estructurada a las necesidades de desarrollo profesional del personal sanitario, anticipando la creación de modelos de aprendizaje experimental únicos en nuestro país, facilitando la traslación de los avances científicos al nivel asistencial.
- Promover la formación de profesionales sanitarios motivados y excelentes, capaces de ofrecer un servicio sanitario de vanguardia y comprometidos con la seguridad para los pacientes.
- Combinar las técnicas más avanzadas de simulación médica y quirúrgica. La experiencia clínica se obtiene combinando de modo creativo el uso de tecnología robótica, simuladores virtuales, actores-pacientes estandarizados y modelos de experimentación animal.



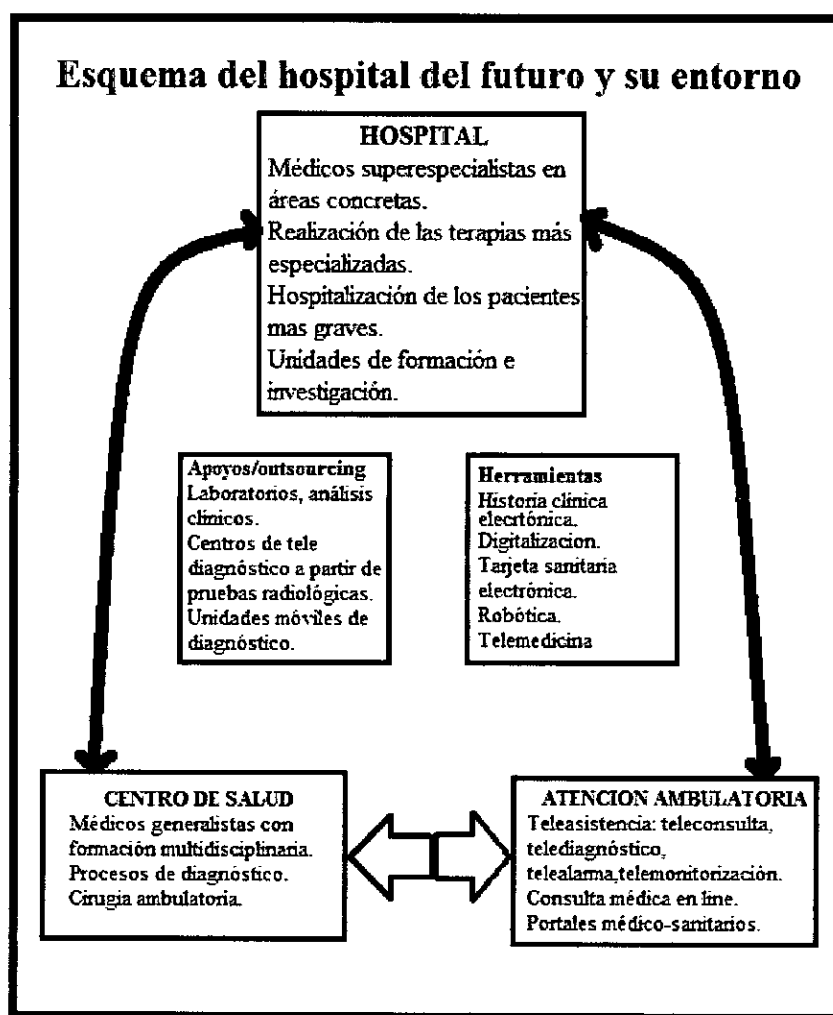
- Conjugar distintos grupos docentes en una misma institución con una visión compartida, potenciando el talento y la creatividad para diseñar programas de entrenamiento modernos. De esta forma se comparten de un modo más eficiente recursos estructurales, tecnológicos y administrativos.
- Fomentar la investigación y crear una plataforma que atraiga y genere talento e innovación.
- Potenciar las líneas de investigación actualmente en desarrollo. Así, en el área de la cirugía experimental, se orientarán los esfuerzos en los proyectos pioneros de cirugía endoscópica a través de orificios naturales y programas de desarrollo de nuevas tecnologías.
- Implementar líneas relacionadas con la aplicabilidad de nuevas tecnologías sanitarias en el área médica, mejorando la seguridad clínica.
- Ser un referente nacional e internacional para centros de formación continua que utilicen la simulación como herramienta docente. Además, promover la puesta en marcha de estrategias que fomenten la creación y el desarrollo de otros centros en países de habla hispana, apoyando sectores clave para su progreso.
- Fortalecer el compromiso social. Con esta visión, la docencia sanitaria comparte dos misiones: ayudar al enfermo y facilitar el avance científico.
- Facilitar el traslado e implementación de aquellas técnicas y pautas de actuación que se han demostrado más eficientes y seguras en los estudios de investigación a la práctica clínica. De este modo, se contribuye a que la mayor parte de los ciudadanos se beneficien de los avances biomédicos.

El hospital virtual transforma por completo las formas tradicionales de gestionar un centro sanitario. La historia clínica electrónica, la tarjeta sanitaria electrónica, la receta electrónica, el diagnóstico por imagen, la cita médica y la consulta por Internet, el seguimiento de pacientes *on line* o mediante telefonía móvil y la teleasistencia son los aspectos más visibles de ese futuro que se hace presente a pasos agigantados. En conjunto, la aplicación de nuevas tecnologías reporta al sector sanitario mejoras en la calidad, la seguridad, la eficiencia y la accesibilidad de los servicios. Para ello, el sector ha de enfrentarse a tres retos: dotar de nuevas infraestructuras a centros y usuarios, adaptar los sistemas mediante el uso de las

TIC y promover un cambio cultural entre todos los agentes del sistema. Así lo plantea el estudio *Las TIC en la Sanidad del futuro*, presentado recientemente por Telefónica.

Un esquema tentativo sobre lo que debería cubrirse en el diseño del modelo del Hospital virtual (véase la Figura N° 4.1).

Figura N° 4.1  
Esquema del hospital virtual.



Fuente: *Medical economics. Edición española (2007).*

El equipamiento que se usa para la implantación debe seleccionarse de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- PC Profesional: los profesionales utilizan sus propios computadores o las del hospital para acceder al sistema. Estos computadores requieren una webcam en caso de que realicen visitas a través de videoconferencia.
- PC Paciente: los pacientes acceden desde sus propios PCs y deben disponer de acceso a Internet, una webcam y tener Flash instalado.
- PC Servidor: situado dentro de la red del Hospital. Es un servidor virtual en el que se han configurado aplicaciones, que pueden ser: MySQL, Red5, PHP5, Flash, Apache Tomcat y el entorno de Java.
- Base de datos del sistema de profesionales: instalada en un servidor corporativo compartido por otras bases de datos departamentales. Se gestiona con Microsoft SQL Server u otro.
- Base de datos del sistema de pacientes: instalada en el PC Servidor. No contiene ningún dato de tipo personal de los pacientes y se gestiona con MySQL u otra.
- Base de datos del sistema de videoconferencia: instalada en el PC Servidor. No contiene ningún dato de tipo personal de los pacientes y se gestiona con MySQL u otra.
- Sistema de Información Hospitalario (HIS): La atención primaria de salud (APS) en el caso de un Hospital Clínica.

*Las enfermedades crónicas que se abordan en el proyecto son:*

#### **4.2.1 Enfermedades cardiacas**

##### **Anatomía y características físicas del corazón**

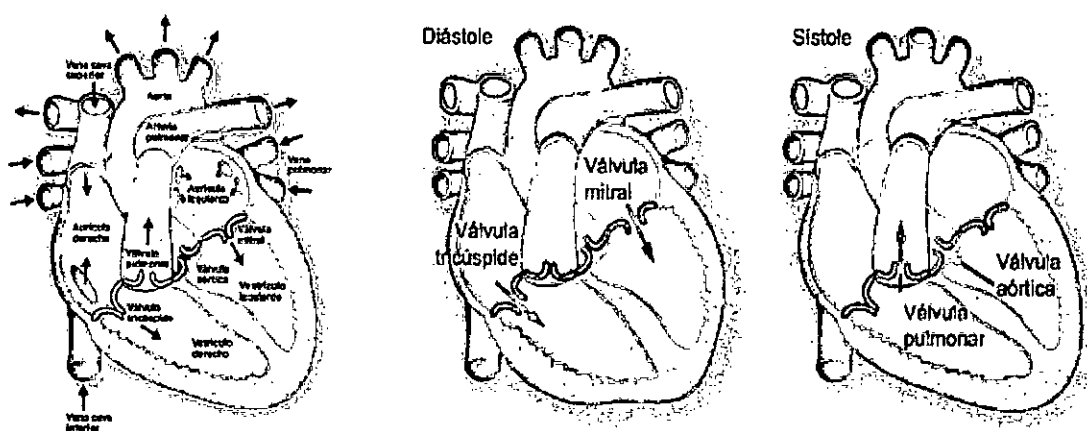
El corazón pesa entre 7 y 15 onzas (200 a 425 gramos) y es un poco más grande que una mano cerrada. Al final de una vida larga, el corazón de una persona puede haber latido (es decir, haberse dilatado y contraído) más de 3 500 millones de veces. Cada día, el corazón medio late 100 000 veces, bombeando aproximadamente 2 000 galones (7 571 litros) de sangre.

El corazón se encuentra entre los pulmones en el centro del pecho, detrás y levemente a la izquierda del esternón. Una membrana de dos capas, denominada «pericardio» envuelve el corazón como una bolsa. La capa externa del pericardio rodea el nacimiento de los principales vasos sanguíneos del corazón y está unida a la espina dorsal, al diafragma y a otras partes del cuerpo por medio de ligamentos.

La capa interna del pericardio está unida al músculo cardíaco. Una capa de líquido separa las dos capas de la membrana, permitiendo que el corazón se mueva al latir a la vez que permanece unido al cuerpo.

El corazón tiene cuatro cavidades. Las cavidades superiores se denominan «aurícula izquierda» y «aurícula derecha» y las cavidades inferiores se denominan «ventrículo izquierdo» y «ventrículo derecho». Una pared muscular denominada «tabique» separa las aurículas izquierda y derecha y los ventrículos izquierdo y derecho. El ventrículo izquierdo es la cavidad más grande y fuerte del corazón. Las paredes del ventrículo izquierdo tienen un grosor de sólo media pulgada (poco más de un centímetro), pero tienen la fuerza suficiente para impulsar la sangre a través de la válvula aórtica hacia el resto del cuerpo.

Figura N° 4.2  
Anatomía del corazón.



*Fuente: Semiología – Examen cardiaco. Matias Fernández.*

### Potencial de acción

Un potencial de acción es el mecanismo básico mediante el cual se logra la transmisión de la información entre un sistema nervioso y en todo tipo de músculo, en el caso del músculo cardíaco la activación eléctrica es el potencial de acción cardíaco, el cual normalmente se origina en el NSA. Los potenciales de acción que se originan en este se conducen a lo largo de todo el miocardio en una secuencia

temporal específica, posterior a la cual se presentaran los fenómenos físicos, que también son desarrollados de una forma secuencial y única.

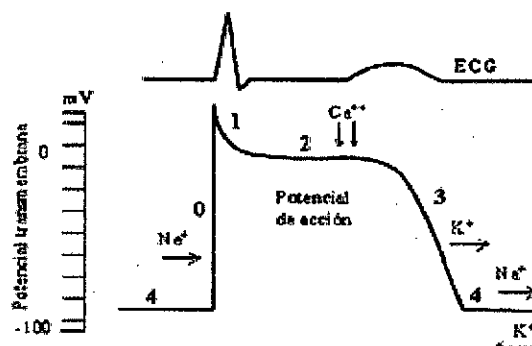
El desarrollo de esta actividad ordenada, va a permitir la activación y por lo tanto contracción posterior de las aurículas que van a permitir un flujo de sangre hacia los ventrículos que también han debido activarse gracias a la ejecución del potencial de acción.

Durante el reposo eléctrico en el interior de las células cardiacas se registra un potencial negativo entre -50mV y -90mV, dado por el predominio en las cargas fijas de las proteínas intracelulares. Sin embargo la permeabilidad selectiva a diversos iones lleva a encontrar concentraciones intra y extracelulares de estos iones que lleva a un potencial eléctrico de reposo.

Al evaluar las características del potencial de acción, podemos encontrar que hay algunas variaciones en sus características físicas desde que inicia su ejecución en el NSA, hasta que llega a los ventrículos. En el corazón se han identificado dos tipo de potenciales de acción uno de ellos llamado de RESPUESTA RAPIDA debido a la activación de los canales rápidos de sodio y otro llamado de RESPUESTA LENTA, puesto que su activación se da por la activación de los canales lentos de Calcio.

Los potenciales de acción de respuesta rápida se encuentran en las células del miocardio auricular, ventrículos, haz de His y fibras de Purkinje, los de respuesta lenta en los NSA y NAV.

Figura N° 4.3  
Potencial de acción cardiaco.



Fuente: *Anestesiología Mexicana. Dr. Luis Federico Higgins Guerra.*

### **Potencial de acción de respuesta rápida**

En las células que presentan este potencial de acción se identifican cinco fases

- a) Fase cero: De ascenso rápido, debido al ingreso abrupto de sodio por la activación de los canales rápidos.
- b) Fase uno: Repolarización temprana dada por la inactivación de la corriente de sodio y a la activación de corrientes transitorias de potasio hacia fuera y hacia adentro.
- c) Fase dos: Fase de meseta. El evento iónico principal es la corriente lenta de ingreso de calcio. El ingreso de calcio activa la liberación de calcio por el retículo sarcoplásmico, evento fundamental para el acoplamiento electromecánico.
- d) Fase tres: Fase de Repolarización rápida debido a la activación de canales de potasio, permitiendo corriente hacia fuera.
- e) Fase cuatro. Reposo eléctrico, extrusión activa de sodio y recuperación del potasio que salió de la célula gracias a la bomba sodio potasio.

### **Potenciales de acción de respuesta lenta.**

Las células del NSA se encuentran en actividad eléctrica continua por lo que el término potencial de reposo es muy relativo. En el potencial de respuesta lenta la fase cero posee ascenso lento (ingreso de calcio), no hay fase uno y la dos es la final de la fase cero. La fase tres es Repolarización rápida (salida de potasio) y durante la fase cuatro el potencial se hace menor en forma progresiva hecho responsable del automatismo activo.

En conclusión las células con potenciales de acción de respuesta rápida poseen un potencial de reposo entre -80 y -90mV, dependen del sodio para su activación, velocidad de conducción rápida y no poseen automatismo (excepto en el sistema de Purkinje), las células con potenciales de acción de respuesta lenta poseen un potencial de reposo definido entre -50 y -60mV, dependen del calcio para su activación, su velocidad de conducción es lenta y poseen automatismo.

### **Ciclo cardiaco**

Es el conjunto de acontecimientos eléctricos, hemodinámicas, mecanismos, acústicos y volumétricos que ocurren en las aurículas, ventrículos y grandes vasos, durante las fases de actividad y de reposo del corazón. La actividad del corazón es

cíclica y continua.

### **Fases del ciclo cardíaco**

**Sístole:** Es la contracción de las paredes cardíacas y comprende 2 fases:

#### **a) Fase de Contracción Isovolumétrica:**

Consiste en la contracción parcial ventricular a válvulas cerradas. Se da cuando la presión ventricular es mayor que la auricular. Las válvulas aurículas ventriculares y las sigmoideas se cierran.

No entra ni sale sangre del corazón y el volumen almacenado en cada ventrículo equivale a 120 ml. Dura 0,1 seg.

#### **b) Fase de Eyección:**

Es la expulsión de sangre de los ventrículos a las arterias. Se da cuando la presión ventricular es mayor que el de las arterias. Las válvulas sigmoideas se abren y ocurre la salida rápida de sangre por la gran presión, la cual, luego se da lentamente, Al final se habrán expulsado 70 ml. De sangre. Dura 0,2 seg.

**Diástole:** Es la relajación de las paredes cardíacas y comprende 2 fases:

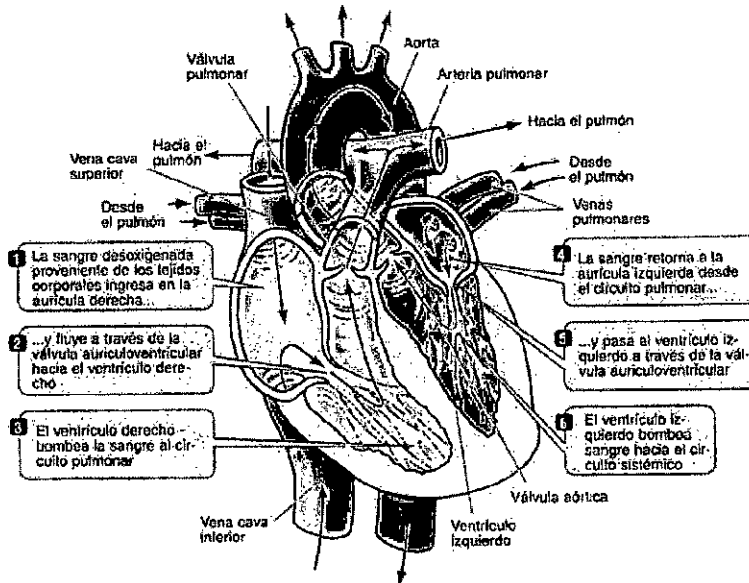
#### **a) Fase de Relajación Isovolumétrica:**

Consiste en la relajación parcial ventricular a válvulas cerradas. Se da cuando la presión de las arterias es mayor que la de los ventrículos. Las válvulas sigmoideas y las aurículas ventriculares permanecen cerradas. No entra ni sale sangre del corazón y el volumen almacenado en cada ventrículo equivale a 50 ml. Dura 0,1 seg.

#### **b) Fase de Llenado:**

Es el pasaje de sangre de las aurículas a los ventrículos. Se da cuando la presión auricular es mayor a la ventricular. Las válvulas aurículas ventriculares se abren y ocurre el pasaje rápido de sangre por la elevada presión, luego pasa lentamente porque la presión disminuye. El 70% de la sangre ingresa al ventrículo y luego las aurículas se contraen y expulsan el último chorro de sangre. Dura 0,4 seg.

Figura N° 4.4  
El ciclo cardiaco.



*Fuente: Blog de Biología: google.com/+Blogdebiologiayciencias*

### La señal ECG

Las señales bioeléctricas generadas por el cuerpo contienen información relevante sobre los sistemas biológicos subyacentes. La señal Electrocardiográfica (ECG) es un registro de la actividad eléctrica cardiaca, vamos a conocer acerca del potencial de acción cardiaca y las diferentes utilidades de la información de la ECG. También vamos a ver las principales conexiones o derivaciones que se pueden dar en el cuerpo humano y sus filtrados de baja y alta frecuencia.

Si hay alguna técnica de diagnóstico médico que conozca gran parte de la población, esa es la electrocardiográfica. Todo el mundo tiene en mente una pantalla donde se monitorean ondas ininteligibles, asociadas en ocasiones a sonidos característicos. Sabemos que son de vital importancia, ya sea para diagnosticar enfermedades, verificar la buena marcha de una intervención quirúrgica o para la simple realización de un test de esfuerzo físico.

Sin embargo, poca gente conoce las razones de estas señales, la información contenida en ellas y mucho menos su proceso de adquisición.



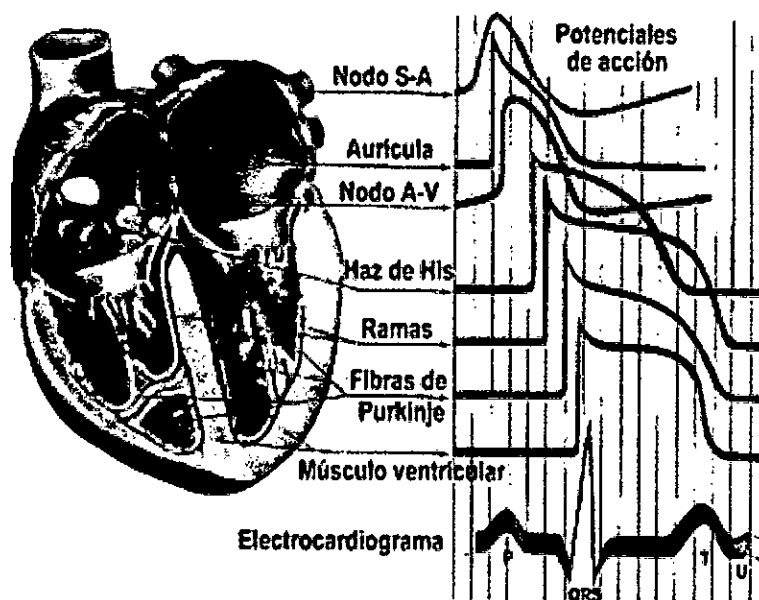
### Generación de la señal ECG

La naturaleza eléctrica de las señales que maneja el corazón para coordinar sus movimientos permite estudiar su comportamiento midiendo estas diferencias de potencial. Estos voltajes pueden registrarse desde distintos puntos de la superficie del cuerpo. Los electrocardiogramas son registros gráficos de las corrientes que circulan en el corazón. Éstos son útiles por que proveen información acerca de:

- Orientación anatómica del corazón
- Tamaño relativo de las cámaras
- Trastornos del ritmo y de la conducción
- Existencia y evolución de isquemias
- Alteración de los electrolitos.

El paso del potencial de acción a través de las células cardiacas genera formas de onda, las cuales, sumadas entre sí, generan la señal electrocardiográfica. La Figura N° 4.6 muestra los potenciales de acción de cada región del corazón.

Figura N° 4.5  
Potencial de acción de cada región del corazón.

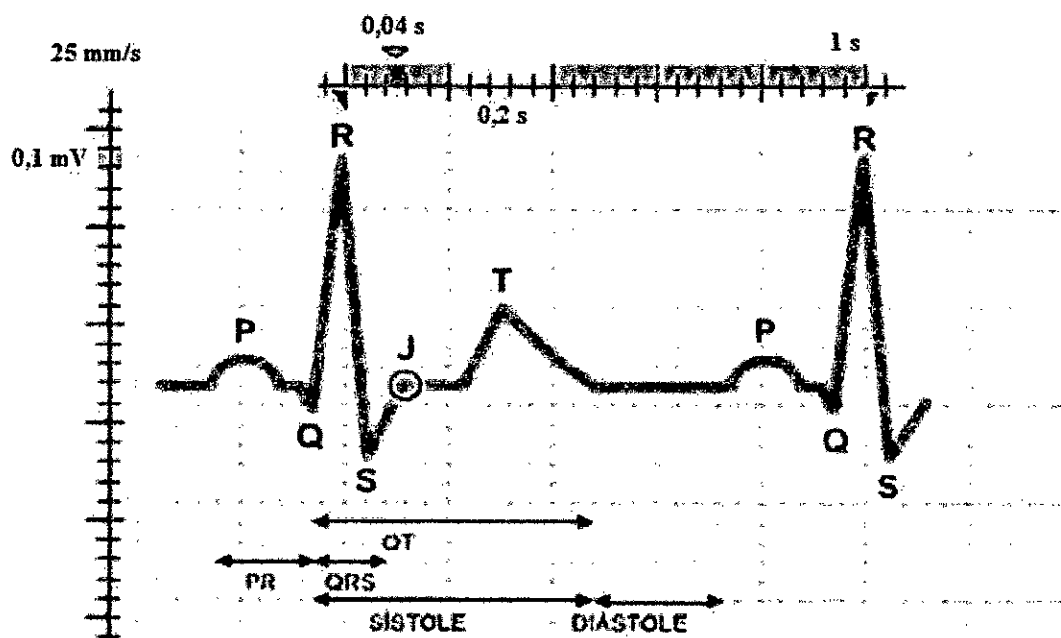


Fuente: <http://www.romanaun.host22.com/154624/enfermeria-medico.html>.

### Ondas, segmentos e intervalos

Un período del ECG perteneciente a un individuo sano, consiste en una onda P, el complejo QRS, la onda T y la onda U, (véase la Figura N° 4.6).

Figura N° 4.6  
Señal ECG del corazón.



Fuente: <http://www.galeon.com/medicinadeportiva/CURSOECG1.htm>

Las porciones del electrocardiograma entre las deflexiones se denominan segmentos, y las distancias entre ondas se denominan intervalos. El ECG puede ser dividido en los siguientes intervalos y segmentos:

- Onda P. En condiciones normales es la primera marca reconocible en el ECG. Corresponde a la llegada de la señal de activación a las aurículas. Su duración es menor de 100ms y su voltaje no excede los 2,5mV.
- Intervalo PR: Muestra el período de inactividad eléctrica correspondiente al retraso fisiológico que sufre el estímulo en el nodo Aurículo ventricular. Su duración debe estar comprendida entre los 120 y 200ms.

- **Complejo QRS:** Es la marca más característica de la señal electrocardiográfica. Representa la llegada de la señal de activación a ambos ventrículos. Su duración es de 80 a 100ms.
- **Segmento ST:** Comprende desde el final del complejo QRS hasta el inicio de la onda T.
- **Onda T:** Corresponde a la Repolarización ventricular, aparece al final del segmento ST.
- **Intervalo QT:** Comprende desde el inicio del complejo QRS hasta el final de la onda T y representa la despolarización y Repolarización ventricular. Su duración estará entre 320 y 400 ms.
- **Punto J,** punto en el cual la onda S finaliza y empieza el segmento ST.

### **Derivaciones del ECG**

En el momento se dispone de un sistema de 12 derivaciones, los cuales permiten observar la actividad eléctrica desde 12 posiciones diferentes. Las derivaciones son las siguientes:

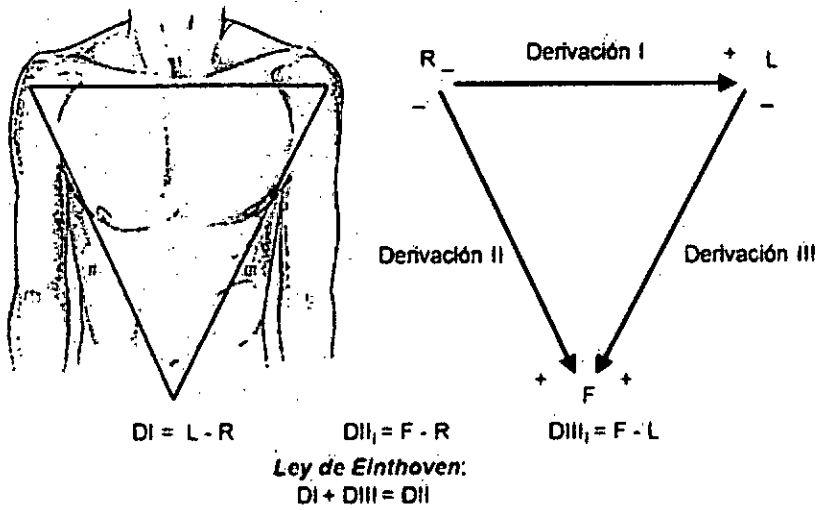
- a) Derivaciones bipolares: DI, DII, DIII
- b) Derivaciones unipolares: aVR, aVL, aVF
- c) Derivaciones precordiales: V1, V2, V3, V4, V5, V6

### **Derivaciones de las extremidades bipolares**

Registran la diferencia de potencial entre las extremidades del cuerpo de la siguiente forma:

- El brazo izquierdo (LA) y el brazo derecho (RA): DI
- La pierna izquierda (LF) y el brazo derecho (RA): DII
- La pierna izquierda (LF) y el brazo izquierdo (LA): DIII

Figura N° 4.7  
Ubicación de las derivaciones bipolares.



*Fuente: Bases de la electrocardiografía. Slideplayer.es.*

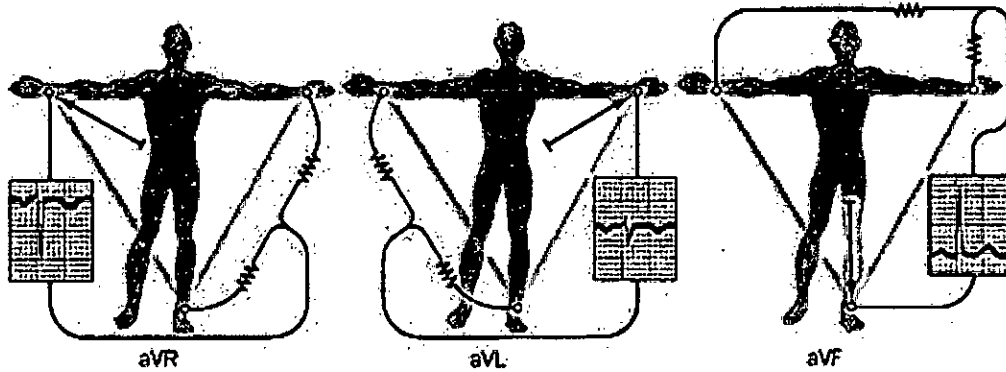
### Derivaciones de extremidades unipolares

Forman el plano frontal. Se denominan aumentadas (a) porque miden los potenciales absolutos de las siguientes extremidades:

- Brazo derecho: aVR
- Brazo izquierdo: aVL
- Pie izquierdo: aVF

La Figura N° 4.8 ilustra la ubicación de los electrodos para medir la actividad eléctrica en el plano frontal.

Figura N° 4.8  
Ubicación de las derivaciones unipolares

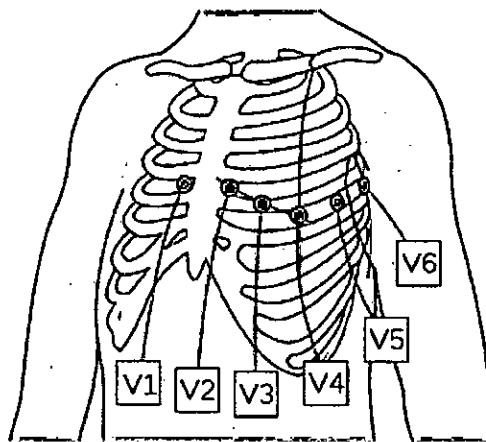


*Fuente: Fisiología cardiovascular. Clase 8. Prof. Luis Alvarez.*

### Derivaciones precordiales

Se localizan en el plano transverso. Las derivaciones son unipolares y los electrodos precordiales miden el potencial absoluto en la zona donde se encuentren ubicados. La Figura N° 4.9 muestra la posición en la cual debe estar el electrodo respecto la ubicación de las costillas para obtener las derivaciones precordiales.

Figura N° 4.9  
Ubicación de las derivaciones precordiales.



*Fuente: Wikipedia.org.*

V1: Cuarto espacio intercostal para esternal derecho.

V2: Cuarto espacio intercostal para esternal izquierdo.

V3: Punto intermedio entre V2 y V4.

V4: Quinto espacio intercostal izquierdo.

V5: Al nivel horizontal de V4 en la línea axilar anterior izquierda.

V6: Al nivel horizontal de V4 en la línea media axilar izquierda.

### **Enfermedades cardíacas**

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son un grupo de desórdenes del corazón y de los vasos sanguíneos, entre los que se incluyen:

- La cardiopatía coronaria: enfermedad de los vasos sanguíneos que irrigan el músculo cardíaco;
- Las enfermedades cerebrovasculares: enfermedades de los vasos sanguíneos que irrigan el cerebro;
- Las arteriopatías periféricas: enfermedades de los vasos sanguíneos que irrigan los miembros superiores e inferiores;
- La cardiopatía reumática: lesiones del músculo cardíaco y de las válvulas cardíacas debidas a la fiebre reumática, una enfermedad causada por bacterias denominadas estreptococos;
- Las cardiopatías congénitas: malformaciones del corazón presentes desde el nacimiento; y
- Las trombosis venosas profundas y embolias pulmonares: coágulos de sangre (trombos) en las venas de las piernas, que pueden desprenderse (émbolos) y alojarse en los vasos del corazón y los pulmones.

Los ataques al corazón y los accidentes cerebro vasculares (ACV) suelen ser fenómenos agudos que se deben sobre todo a obstrucciones que impiden que la sangre fluya hacia el corazón o el cerebro. La causa más frecuente es la formación de depósitos de grasa en las paredes de los vasos sanguíneos que irrigan el corazón o el cerebro. Los AVC también pueden deberse a hemorragias de los vasos cerebrales o coágulos de sangre. Los ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares (ACV) suelen tener su causa en la presencia de una combinación de factores de riesgo, tales como el tabaquismo, las dietas malsanas y la obesidad, la inactividad física, el consumo nocivo de alcohol, la hipertensión arterial, la diabetes y la hiperlipidemia.

### **Principales factores de riesgo**

Las causas más importantes de cardiopatía y ACV son una dieta malsana, la inactividad física, el consumo de tabaco y el consumo nocivo de alcohol. Los efectos de los factores de riesgo comportamentales pueden manifestarse en las personas en forma de hipertensión arterial, hiperglucemia, hiperlipidemia y sobrepeso u obesidad. Estos "factores de riesgo intermediarios", que pueden medirse en los centros de atención primaria, son indicativos de un aumento del riesgo de sufrir ataques cardíacos, accidentes cerebrovasculares, insuficiencia cardíaca y otras complicaciones.

Está demostrado que el cese del consumo de tabaco, la reducción de la sal de la dieta, el consumo de frutas y hortalizas, la actividad física regular y la evitación del consumo nocivo de alcohol reducen el riesgo de ECV. Por otro lado, puede ser necesario prescribir un tratamiento farmacológico para la diabetes, la hipertensión o la hiperlipidemia, con el fin de reducir el riesgo cardiovascular y prevenir ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares. Las políticas sanitarias que crean entornos propicios para asegurar la asequibilidad y disponibilidad de opciones saludables son esenciales para motivar a las personas para que adopten y mantengan comportamientos sanos.

También hay una serie de determinantes subyacentes de las enfermedades crónicas, es decir, "las causas de las causas", que son un reflejo de las principales fuerzas que rigen los cambios sociales, económicos y culturales: la globalización, la urbanización y el envejecimiento de la población. Otros determinantes de las ECV son la pobreza, el estrés y los factores hereditarios.

Algunas enfermedades asociadas a las ECV son las siguientes:

- Infarto de miocardio
- Cardiopatía isquémica
- Insuficiencia cardíaca
- Muerte súbita
- Miocardiopatías
- Miocardiopatía dilatada
- Miocardiopatía hipertrófica

- Miocardiopatía restrictiva
- Valvulopatías
- Valvulopatía mitral
- Valvulopatía aórtica
- Valvulopatía pulmonar
- Valvulopatía tricúspide
- Endocarditis infecciosa
- Arritmias
- Tipos de arritmia
- Síndrome de Wolff-Parkinson-White
- Arritmias en la infancia
- Cardiopatía congénita
- Tipos de cardiopatía congénita
- Amiloidosis
- Enfermedad de Kawasaki
- Coartación de aorta
- Foramen oval permeable
- Síndrome de Brugada
- Síndrome de Marfan
- Ductus arterioso persistente
- Transposición de los grandes vasos

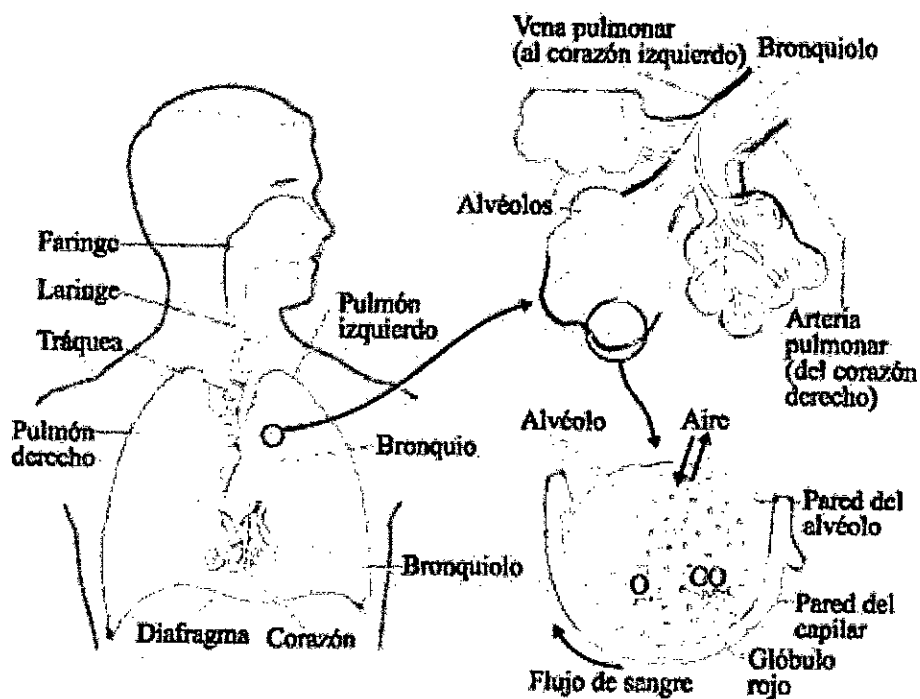
#### **4.2.2 Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)**

El control de la respiración ocurre en diferentes partes del cuerpo, tanto en la estructura pulmonar como en la cerebral, por lo que, además de ser un proceso orgánico vital, se caracteriza por ser un funcionamiento complejo. La regulación respiratoria es un criterio esencial para medir la fortaleza física, pues ocurre para el intercambio adecuado de gases (transporte de oxígeno del exterior hasta la sangre, y de dióxido de carbono en sentido opuesto), control del ritmo respiratorio, protección y liberación de sustancias tóxicas, colaboración junto con el riñón en la regulación del pH, termorregulación y contribución en la homeostasis, entre otras.



El control respiratorio en la estructura pulmonar inicia cuando el aire entra al sistema a través de la nariz o la boca. El aire que entra por la nariz es filtrado, calentado a la temperatura corporal y humedecida mientras recorre la nariz y los cornetes nasales, para proteger a los alvéolos (saco terminal del aparato respiratorio en el que se realiza el intercambio de gases entre la sangre y el aire respirado). El aire inspirado entra en las vías aéreas a través de la laringe, ingresando después al árbol traqueo-bronquial. A partir de la tráquea, el aire puede ser conducido a través de 10 o hasta 23 ramificaciones durante su tránsito hacia los alvéolos. En los alvéolos, el aire se pone en contacto directo con la sangre venosa de los capilares pulmonares.

Figura N° 4.10  
Elementos básicos del sistema respiratorio.



Fuente: *Fisiología de la respiración*. Lic. Edson Alpizar

El sistema respiratorio realiza la función de intercambio de gases con la sangre. Aporta oxígeno desde los alvéolos hasta la sangre, y elimina de la sangre hacia el exterior el dióxido de carbono procedente del metabolismo celular.

El sistema respiratorio se compone de una zona conductora que transporta el aire

hacia todos los alvéolos, compuesta por:

- Fosas nasales
- Boca
- Faringe
- Laringe (con cuerdas vocales)
- Tráquea
- Bronquios
- Bronquiolos

Una zona donde se produce el intercambio de gases compuesta por:

- Bronquios terminales
- Alvéolos

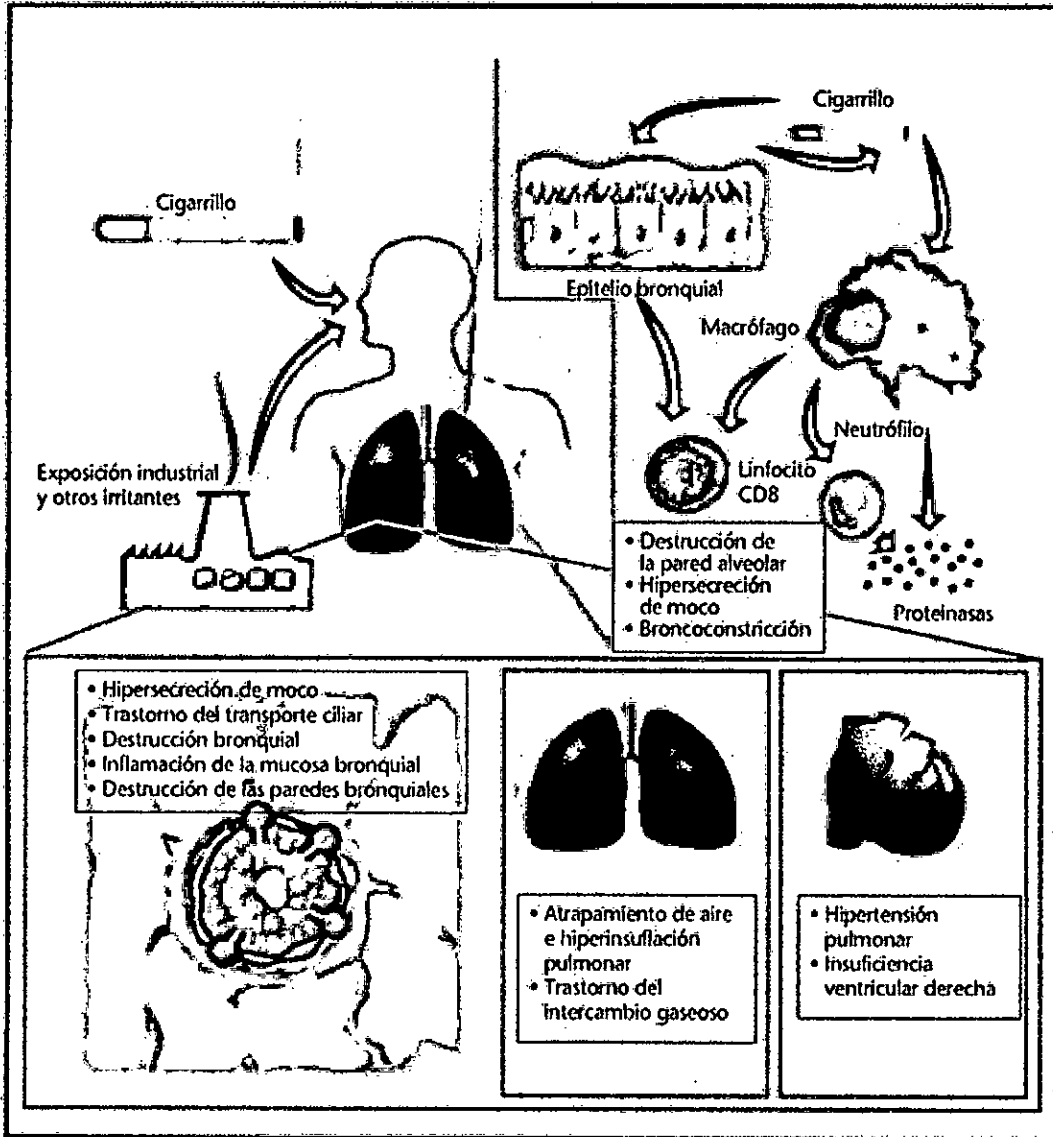
La ventilación pulmonar se produce mediante la expansión y reducción de los alvéolos, durante la continua entrada y salida de aire desde el exterior al interior.

Las fosas nasales tienen una función muy importante, preparando el aire para que ingrese al interior de los alvéolos, permitiendo:

- Paso del aire a los alvéolos.
- Atemperar el aire a la temperatura corporal ( $\approx 37^{\circ}\text{C}$ ).
- Humedecer el aire.
- Filtrar el aire (limpiar y purificar).

En las fosas nasales se produce el mucus, y existen unos cilios encargados de purificar el aire, cuando entran en el organismo sustancias extrañas, éstas quedarán adheridas al mucus y a los cilios, los cuales actúan como una escoba, barriéndolas hacia el exterior.

Figura N° 4.11  
Fisiopatología de la EPOC.



Fuente: <https://epocslope.wordpress.com/fisiopatologia-del-epoc/>

### Mecánica respiratoria

Los pulmones son dos órganos elásticos y esponjosos situados dentro de la caja torácica, la cual es un armazón flexible formado por 12 pares de costillas, las cuales protegen tanto los pulmones como el corazón; el esternón y la columna vertebral. La base de esta caja torácica es una membrana muscular llamada diafragma. El acto de la respiración se efectúa aumentando y disminuyendo la jaula torácica,

los pulmones siguen a la jaula, adaptándose al espacio que tienen. Además hay que considerar para estos desplazamientos que, los pulmones están rodeados por unas membranas lubricadas llamadas pleuras (visceral, pegada a los pulmones; y parietal, pegada a la jaula). Entre ambas tenemos el espacio intrapleural y un líquido que rellena el espacio encargado de que el movimiento entre ambos sea suave.

### **Músculos de la respiración**

La entrada y salida de aire en los pulmones es generada por diferencias en la presión del interior y exterior del cuerpo. El músculo protagonista de este proceso es el diafragma, en conjunto con otros músculos del organismo.

### **Músculos Respiratorios**

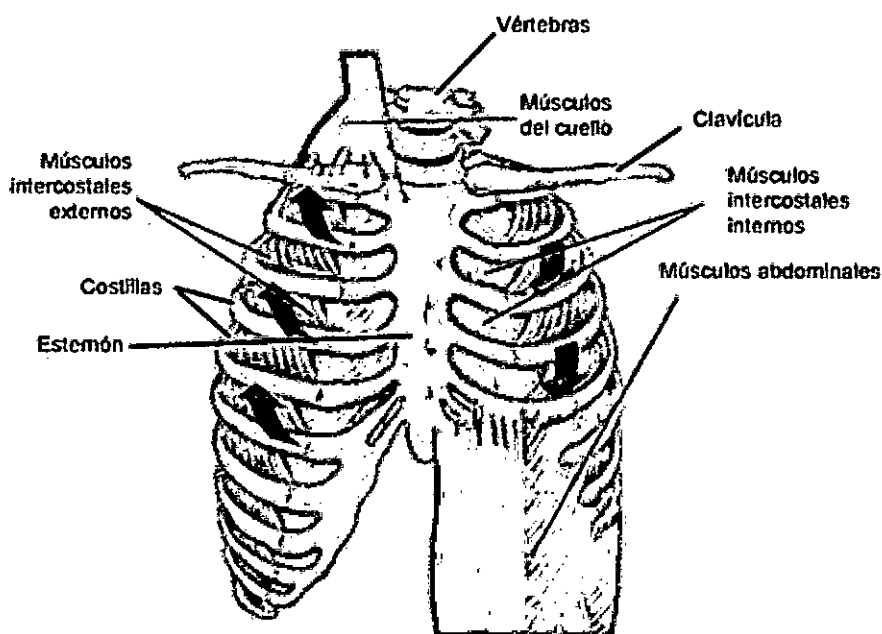
El músculo inspiratorio más importante es el diafragma, pero se tienen también otros que intervienen en el proceso de inspiración, como lo son los músculos intercostales y los músculos del cuello. Cuando los músculos inspiratorios se contraen, el tamaño de la jaula aumenta en sentido longitudinal (arriba-abajo) contrayendo el diafragma.

Cuando actúan los músculos intercostales externos y los del cuello, se elevan las costillas hacia arriba, aumentando el diámetro antero-posterior de la jaula.

### **Músculos espiratorios.**

Se activan cuando hay una respiración forzada, como por ejemplo en situaciones de ejercicio, fiebre, etc. Los músculos espiratorios son: los músculos abdominales, los cuales, si se contraen, desplazan hacia arriba el diafragma y reducen el diámetro longitudinal del tórax; y los músculos intercostales internos, situados entre las costillas, los cuales cuando se contraen bajan aún más las costillas, reduciendo el diámetro antero-posterior (reducen más la caja torácica). Con la actuación de estos músculos disminuye mucho más el volumen de la caja torácica.

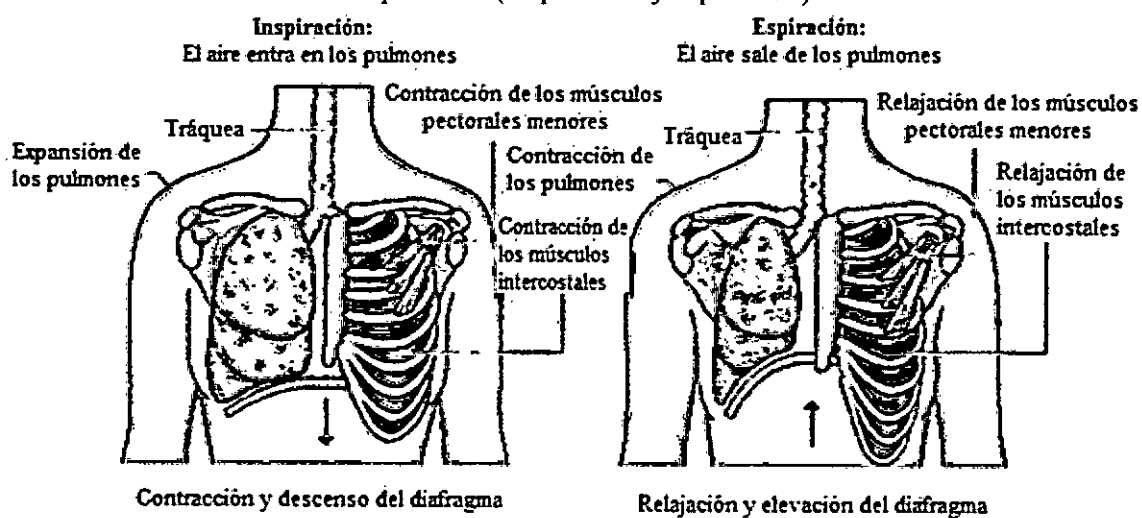
Figura N° 4.12  
Músculos que intervienen en el proceso respiratorio.



Fuente:

<http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/anatocom/Biologia/Los%20Sistemas/Respiratorio/diafragma.htm>

Figura N° 4.13  
Mecánica respiratoria (inspiración y espiración).



Fuente: [fluidos.eia.edu.co](http://fluidos.eia.edu.co)

### **Presiones intraalveolares e intrapleurales**

La Ley de Boyle establece que “a temperatura constante, cuando el volumen de un gas aumenta, su presión disminuye”. Esto es lo que sucede con la presión a nivel del alvéolo. Dentro de los alvéolos, en situaciones de inspiración basal, los alvéolos aumentan de volumen por lo que la presión disminuye.

#### **Presión intraalveolar.**

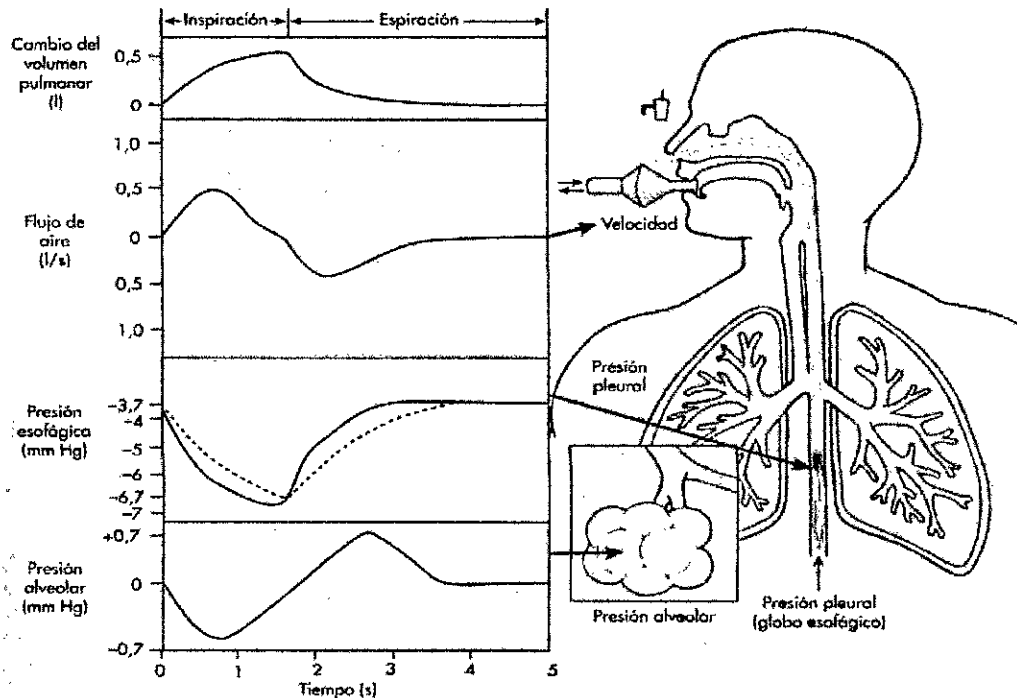
Durante la inspiración traqueal normal, la presión dentro de los alvéolos es de -3 mmHg respecto a la atmosférica, y actuará como un aspirador de aire, hacia el alvéolo. Durante la espiración la presión será de +3 mmHg respecto a la atmosférica, y el aire saldrá hacia el exterior. La finalidad de contraer los músculos y relajarlos, es generar diferentes presiones para que el aire entre y salga de los pulmones.

#### **Presión intrapleural.**

- Espacio intrapleural durante la inspiración = - 8 [mmHg]
- Espacio intrapleural durante la espiración = - 2 [mmHg]
- Al final de la espiración = - 4 [mmHg]
- Al final de la inspiración = - 6 [mmHg]
- Presión media = - 5 [mmHg]

La presión intrapleural siempre será negativa porque el pulmón posee fibras elásticas, las cuales tienden a colapsar el pulmón, además, los alvéolos están recubiertos de un líquido que hace que los pulmones tengan tendencia a cerrar sus alvéolos.

Figura N° 4.14  
Ubicación de presiones intraalveolares e intrapleurales.



Fuente: A. Murphy, 2003, 413.

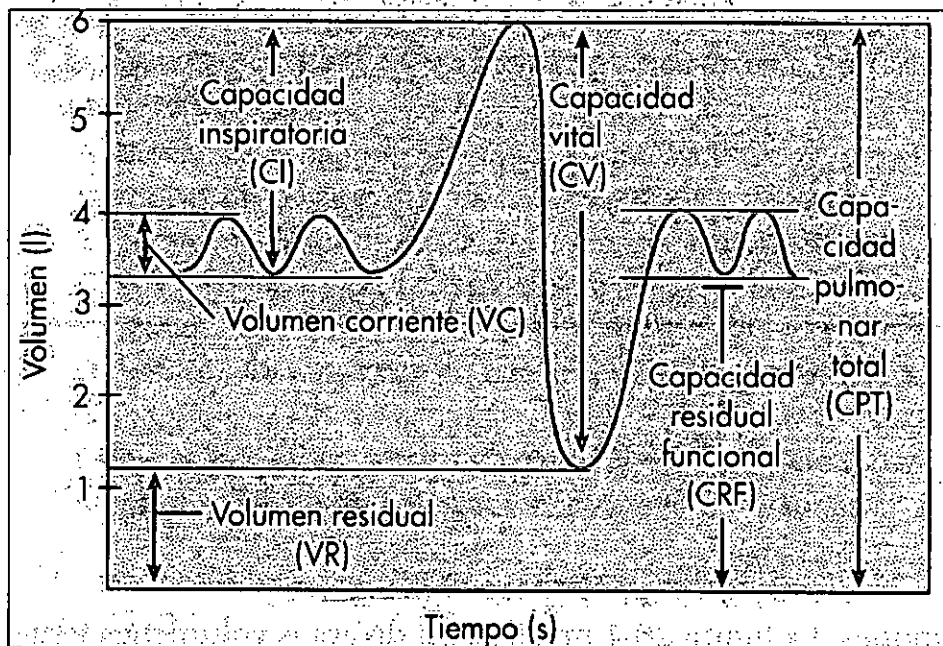
### Volúmenes y capacidades pulmonares

El volumen de gas en los pulmones depende en cualquier momento de la mecánica de éstos. El volumen pulmonar puede alterarse por procesos patológicos y fisiológicos.

En general los volúmenes pulmonares se expresan en función de la temperatura corporal y la presión ambiental. Se muestra los diversos volúmenes y capacidades pulmonares que se miden comúnmente en las pruebas de función pulmonar (véase la Figura N° 4.15).

Figura N° 4.15

Espiograma del ciclo respiratorio con capacidades pulmonares estándar.



Fuente: M. Gemuth, 1999, 246.

### **Volumen Corriente (VC).**

Se denomina volumen corriente o volumen tidal al volumen de aire movilizado en cada respiración normal y tranquila. Su valor es de aproximadamente 500 ml.

### **Volumen Residual (VR)**

El volumen residual es el volumen de aire que permanece en el pulmón después de una espiración máxima. El aumento de éste valor indica atrapamiento aéreo, y su ausencia provocaría que los pulmones se colapsarían. En condiciones normales su valor es de 1,2 litros y equivale aproximadamente al 20% de la Capacidad Pulmonar Total.

### **Capacidad Pulmonar Total (CPT)**

Es la máxima cantidad de aire que albergan los pulmones después de una inspiración forzada; su valor es de aproximadamente 6 litros.

### **Capacidad Vital (CV)**

Se denomina Capacidad vital al volumen de aire total capaz de ser movilizado por los pulmones. Su valor es de aproximadamente 4,8 litros y equivale alrededor del



80% de la Capacidad Pulmonar Total.

Durante el envejecimiento, es normal que haya un descenso de la capacidad vital. Es una medida de la capacidad que tiene una persona para inspirar y para espirar; informa acerca de:

- La fuerza y funcionamiento de los músculos respiratorios
- Proporciona una idea de cómo está la elasticidad del pulmón y la elasticidad de la caja torácica

### **Capacidad Inspiratoria (CI)**

Corresponde al máximo volumen que puede inhalarse después de una espiración normal. Su valor es de aproximadamente 3,6 litros y equivale a cerca del 60% de la Capacidad Pulmonar Total.

### **Capacidad Residual Funcional (CRF)**

La Capacidad residual funcional es la cantidad de aire que permanece en los pulmones después de una espiración normal. Su valor varía normalmente entre 2 y 2,4 litros.

### **Evaluación del funcionamiento ventilatorio**

Para evaluar la eficiencia y la posible detección de disfunciones respiratorias, se necesita de exámenes clínicos que permiten evaluar prácticamente el estado del paciente. La Prueba Funcional Ventilatoria (PFV) es una práctica que permite:

- Cuantificar la capacidad pulmonar o, en su defecto, las deficiencias respiratorias del paciente.
- Diagnosticar diferentes tipos de enfermedades respiratorias.
- Evaluar la respuesta del paciente a las terapias por trastornos ya determinados.
- Diagnóstico preoperatorio para determinar cuando la presencia de una enfermedad respiratoria incrementa el riesgo de cirugía.

Las técnicas de PFV comúnmente usadas son la Espirometría y la Pletismografía. Más adelante se hablará de la técnica de Espirometría, la metodología que sigue, la información que proporciona, así como los distintos tipos de espirómetros que existen.

Aunque estas pruebas pueden proporcionar información importante sobre la

condición física de un paciente, poseen importantes limitaciones como son:

- No se puede determinar que porción de los pulmones están dañados o enfermos, sólo se determina la presencia del padecimiento.
- Existe una total dependencia de la cooperación del paciente, lo que excluye a pacientes con enfermedades críticas.

Para una correcta y completa evaluación se recurre a procedimientos complementarios como el examen físico, evaluación del historial médico, pruebas de rayos X, entre otros.

### **Leyes físicas y el funcionamiento del sistema respiratorio**

El aire, al igual que otros fluidos, se mueve de una región de mayor presión a otra de menor presión. El intercambio de gases en el organismo es posible debido a la diferencia de presión existente entre el interior del pulmón y la atmósfera. En condiciones normales, la inspiración ocurre cuando la presión alveolar cae por debajo de la presión atmosférica (0 cm H<sub>2</sub>O), permitiendo así, la entrada de aire a los pulmones; por otro lado, la espiración sucede cuando la presión alveolar supera a la presión atmosférica, y así el aire sale del interior de los pulmones a la atmósfera. Este constante movimiento de aire ocasionado por el proceso respiratorio se conoce como flujo aéreo y puede presentarse en dos formas: flujo laminar o flujo turbulento.

### **Flujo laminar y flujo turbulento**

Cuando un flujo es laminar, las partículas del fluido se desplazan siguiendo trayectorias paralelas, formando así un conjunto de capas o láminas adyacentes, sin que exista una mezcla significativa de partículas vecinas. La viscosidad del fluido es la magnitud física predominante, y su acción amortigua la tendencia del flujo a ser turbulento. El estudio del flujo laminar es descrito por la Ley de Poiseuille.

Un flujo es turbulento cuando las partículas del fluido no permanecen en capas, sino que se mueven de forma heterogénea a través del flujo, chocando contra otras partículas, produciendo que el flujo esté en constante mezcla. La medición del nivel de turbulencia que presenta un flujo es descrita por el número de Reynolds.

La razón por la que un flujo puede ser laminar o turbulento tiene que ver con lo que pasa a partir de una pequeña alteración en dicho flujo o por una perturbación de los

componentes de velocidad. Dicha alteración puede aumentar o disminuir. Cuando la perturbación en un flujo laminar aumenta, éste puede cambiar a turbulento, y si dicha perturbación disminuye, el flujo continúa siendo laminar.

Durante la respiración, el flujo de tipo laminar ocurre solamente dentro de las vías más pequeñas, donde la velocidad lineal del flujo aéreo es muy baja. El flujo turbulento en la respiración es ocasionado por flujos inspiratorios – espiratorios altos y rápidamente variables, vías aéreas grandes, cambios bruscos en el diámetro de los pulmones y vías respiratorias, y ángulos existentes dentro del sistema respiratorio.

### **Número de Reynolds**

Los diferentes regímenes de flujo y la asignación de valores numéricos de cada uno fueron reportados por primera vez por Osborne Reynolds en 1883. Reynolds observó que el tipo de flujo adquirido por un fluido que fluye dentro de una tubería depende de la velocidad del fluido, el diámetro de la tubería y de algunas propiedades físicas del fluido como la viscosidad y la densidad. Así, el número de Reynolds es un número adimensional que relaciona las propiedades físicas del fluido, su velocidad y la geometría del ducto por el que fluye, dado por la siguiente expresión:

$$R_e = \frac{Dv\rho}{\mu} \quad (4.1)$$

Dónde:  $R_e$  = Numero de Reynolds.

$D$  = Diámetro del ducto en (m)

$v$  = Velocidad promedio del líquido en (m/s)

$\rho$  = Densidad del líquido en ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$\mu$  = Viscosidad del líquido en ( $\text{Kg}/\text{m}\cdot\text{s}$ )

Generalmente cuando el número de Reynolds se encuentra por debajo de 2100 se sabe que el flujo es laminar, el intervalo entre 2100 y 4000 se considera como flujo de transición y para valores mayores de 4000 se considera como flujo turbulento.

### **Ley de Poiseuille**

Para que el flujo aéreo se produzca, debe presentarse una diferencia de presión entre la atmósfera y el interior del pulmón. Por lo tanto, debe existir una relación entre dichos fenómenos, es decir, entre la diferencia de presiones y el flujo generado.

La Ley de Poiseuille es la ley que permite determinar la relación que existe entre el flujo de un fluido  $F$ , incompresible, de viscosidad  $\mu$ , que pasa a través de un tubo de radio  $r$  y longitud  $l$ , entre cuyos extremos se establece una diferencia de presiones  $\Delta P$ , siempre y cuando dicho flujo sea de carácter laminar.

Matemáticamente la Ley de Poiseuille se expresa de la siguiente manera:

$$F = \frac{\pi r^4}{8\mu l} \Delta P \quad (4.2)$$

Dónde:  $F$  = Flujo del gas en (L/s)

$r$  = Radio del tubo en (m)

$l$  = Largo del tubo en (m)

$\mu$  = Viscosidad del fluido en (Kg/m.s)

$\Delta P$  = Diferencia de presión entre los extremos del tubo en (Pa)

Estas leyes y principios físicos son aplicables para describir tanto el flujo aéreo pulmonar, como el flujo corriente dentro del espirómetro. Por lo tanto, el conocimiento de estos conceptos de mecánica de fluidos será indispensable para entender el funcionamiento del espirómetro de flujo, y en particular, del transductor de flujo que se empleará para sensar dicho parámetro.

### **La Espirometría**

La función respiratoria en todo ser humano la podemos considerar como un evento físico de dos etapas, la inhalación (entrada de aire fresco a los pulmones) y la exhalación (salida de aire caliente de los pulmones). En términos generales, cuando un médico quiere establecer si un paciente tiene o no una enfermedad respiratoria, le interesa conocer ciertos parámetros, tales como la diferencia de presión que existe entre el medio ambiente y el pulmón, ya que, gracias a ésta diferencia de presión, el pulmón puede realizar el intercambio de gases; para con esta diferencia de

presión, conocer el flujo y el volumen aéreo de intercambio durante el proceso respiratorio. Para medir estos parámetros se emplea la técnica de Espirometría.

La Espirometría es la prueba de función respiratoria más importante. Básicamente consiste en soplar a través de una boquilla para medir el tamaño de los pulmones con la finalidad de determinar si los bronquios están o no obstruidos.

La Espirometría es un estudio no invasivo que mide los volúmenes pulmonares y la velocidad del flujo aéreo espirado en función del tiempo; lo cual permite valorar la permeabilidad de los bronquios. Cuando los bronquios están obstruidos, como sucede en enfermedades pulmonares tales como el asma o el enfisema, el aire dentro de los pulmones sale más lentamente que cuando los bronquios son normales, complicando el proceso respiratorio.

El uso básico de la Espirometría es para la detección de enfermedades restrictivas y obstructivas, resultando en un incremento de la resistencia al flujo en las vías respiratorias, lo cual puede deberse a:

- Deterioro de la estructura alveolar, lo que resulta en un cierre prematuro de las vías aéreas.
- Disminución en el diámetro de las vías causado por un broncoespasmo o presencia de secreciones que incrementan la resistencia al flujo.
- Bloqueo parcial de la vía traqueo-faríngea que, en casos extremos, puede deberse a un tumor que disminuye el diámetro de la vía, ocasionando un flujo turbulento.

### **La prueba Espirométrica**

La maniobra de Espirometría es similar a la acción de apagar las velas de un pastel. Primero se llenan por completo los pulmones de aire, después se coloca la boquilla del espirómetro en la boca, con los labios apretados alrededor de ella, y se sopla tan prolongadamente como sea posible, de forma tal que los pulmones queden, aparentemente, vacíos. (Recordando que en esta situación, en el interior de los pulmones sólo queda el volumen reserva)

Para la prueba en adultos es recomendable que el paciente se siente, erguido, con los pies apoyados firmemente en el piso. En los niños se sugiere que la prueba se realice de pie. Si el paciente se encuentra acostado, los datos obtenidos serán

alrededor de un 10% inferior a los obtenidos si se está sentado, por lo que se recomienda seguir siempre el proceso establecido. Por otro lado, resulta conveniente utilizar una pinza nasal para evitar inspiraciones inconscientes durante la prueba.

Como criterio de aceptación de la maniobra, de acuerdo a la ATS, al menos dos de las tres mejores espiraciones no deben variar entre sí más del 5% o más de 100 ml. La Espirometría puede ser simple o forzada, según se determine durante la mecánica respiratoria. Puede ser relajada o bien, mediante maniobras a máximo esfuerzo y en el menor tiempo posible.

En la Espirometría simple el paciente respira tranquilamente y, en un momento dado, debe realizar una inspiración máxima seguida de una espiración completa, volviendo a respirar después, de forma pausada. Se obtienen así los valores de volúmenes y capacidades pulmonares en reposo, independientemente del tiempo.

En la Espirometría forzada el paciente, tras una inspiración máxima, debe realizar una espiración lo más potente y prolongada posible. Con esto, además de conocer el volumen de aire exhalado, se cuantifica la velocidad del flujo a medida que va aumentando el volumen.

### **Parámetros espirométricos**

La Espirometría básica, proporciona datos directos e indirectos de las capacidades y volúmenes pulmonares expuestos anteriormente, tales como: la Capacidad Vital Forzada (CVF), la Capacidad Vital (CV), la Capacidad Pulmonar Total (CPT), la Capacidad Inspiratoria (CI), la Capacidad Residual Funcional (CRF), el Volumen Corriente (VC), el Volumen Residual (VR), así como Gasto Respiratorio, parámetro que significa el volumen de aire que entra y sale de los pulmones en un minuto, el cual se obtiene multiplicando el Volumen Corriente por la frecuencia respiratoria.

Los valores aproximados, en litros, de diversos volúmenes pulmonares en individuos sanos se presentan en la Tabla N° 4.1.

Tabla N° 4.1  
Valores de volúmenes pulmonares en individuos sanos.

|                                    | Hombres<br>Jóvenes | Mujeres<br>Jóvenes | Hombres<br>Ancianos |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Capacidad Inspiratoria             | 3,6                | 2,4                | 2,6                 |
| Volumen de Reserva<br>Inspiratoria | 1,2                | 0,8                | 1,0                 |
| Capacidad Vital                    | 4,8                | 3,2                | 3,6                 |
| Volumen Residual                   | 1,2                | 1,0                | 2,4                 |
| Capacidad Residual Funcional       | 2,4                | 1,8                | 3,4                 |
| Capacidad Pulmonar Total           | 6,0                | 4,2                | 6,0                 |
| Volumen de Espacio Muerto          | 0,16               | 0,1                | 0,18                |

Fuente: INEI. Valores promedio estándar.

### Tipos de espirómetros

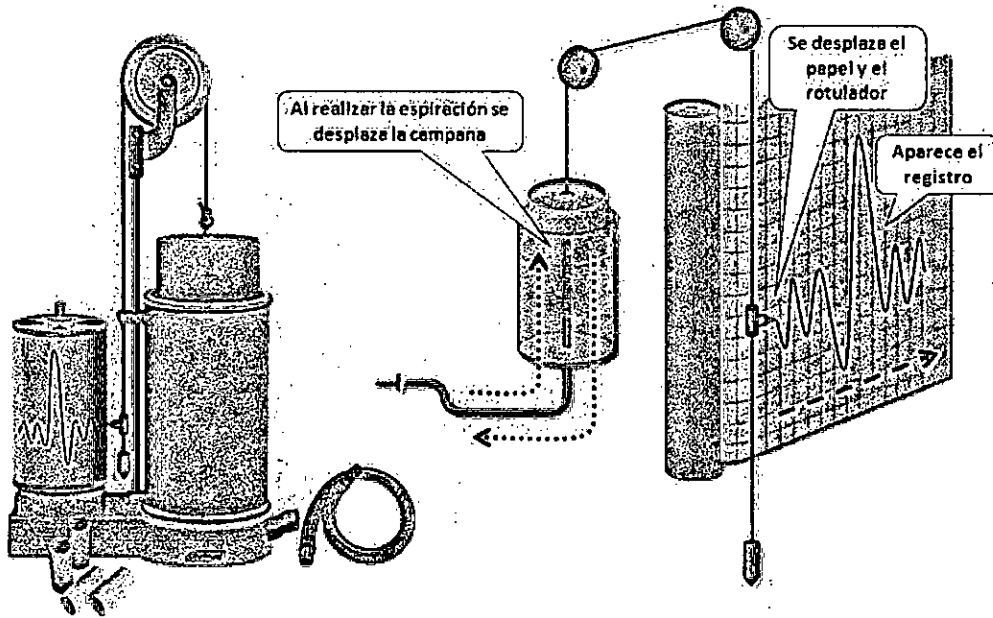
Existen diferentes tipos de espirómetros, dependiendo del mecanismo que empleen.

#### Espirómetros de agua o de campana.

Consta de una cámara volumétrica en forma de campana inmersa en un recipiente con agua. Los desplazamientos experimentados por la campana, como consecuencia de las variaciones volumétricas, se llevan a un inscriptor gráfico. Son los primeros que se utilizaron y debido a su tamaño y difícil transporte solo eran utilizados en laboratorios de función pulmonar.

Figura N° 4.16

Espirómetro de campana. A: Boquilla. B: Tubo del espirómetro. C: Campana. D: Cilindro de doble pared. E: Agua para sellar la campana.



Fuente: [www.sibelmed.com](http://www.sibelmed.com).

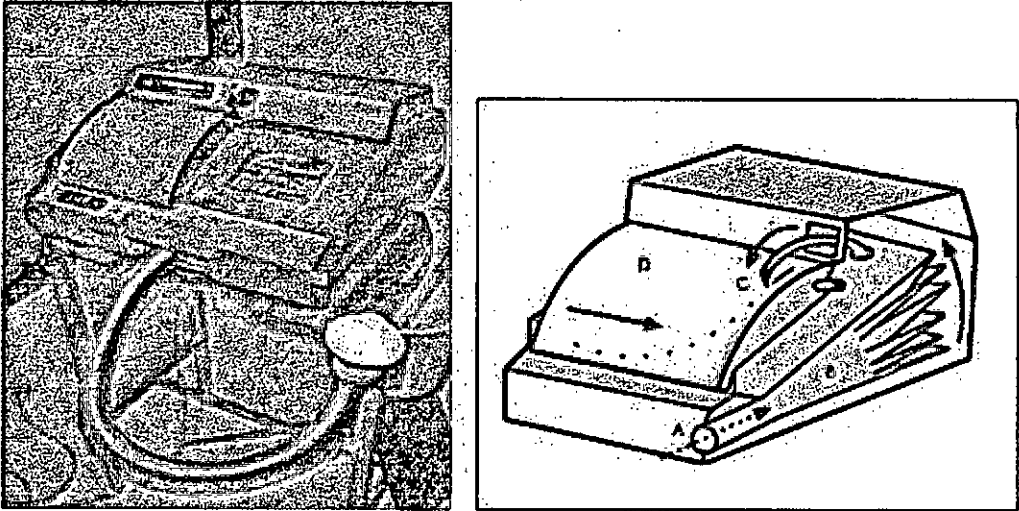
### Espirómetros secos o de fuelle.

La cámara volumétrica que lo constituye tiene forma de fuelle o acordeón. Las variaciones de volumen se transmiten a una guía conectada a un registro de papel que, al moverse gracias a un mecanismo de relojería a velocidad constante, permite relacionar el volumen con el tiempo.



Figura N° 4.17

(a) Espirómetro de fuelle de la marca Vitalograph. (b) Esquema de funcionamiento de un espirómetro de fuelle. A: entrada de aire. B: fuelle. C: punta de escritura. D: carro móvil con el papel de registro.



(a)

(b)

Fuente: [www.ptolomeo.unam.mx](http://www.ptolomeo.unam.mx)

### Espirómetros de flujo.

Estos espirómetros incorporan en la boquilla un transductor de flujo conocido como neumotacógrafo, el cual transforma la señal de flujo en otra señal física, para posteriormente ser analizada por un microprocesador que genera digitalmente los datos de volumen y flujo espirados.

Los espirómetros de flujo son aquellos que obtienen directamente el flujo ventilatorio, mientras que el volumen de aire exhalado se obtiene por integración del flujo.

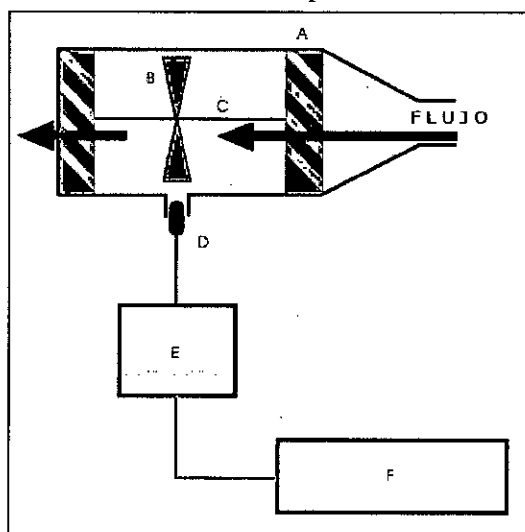
Por su practicidad y costo, los espirómetros de flujo son los más utilizados en la actualidad.

➤ Neumotacógrafo de Lilly.

Los **neumotacógrafos de turbina** tienen un cabezal con un eje sobre el que gira una pequeña hélice; en los extremos del cabezal hay unas aspas fijas que ordenan el flujo de aire al penetrar en el cabezal. El flujo de aire hace girar la hélice, y las aspas de ésta interrumpen una fuente de luz en cada paso que realizan. La velocidad de giro de la hélice es proporcional al flujo, y por tanto, a más flujo, más veces se interrumpirá la señal luminosa. Esta información se envía a un microprocesador, el cual, en función de las revoluciones de la hélice calcula el flujo de aire, y posteriormente, por integración, calcula el volumen.

Figura N° 4.19

Esquema de un espirómetro de flujo con neumotacógrafo de turbina. A: aspas fijas para dirigir el flujo de aire. B: hélice (turbina). C: eje de la hélice. D: sensor óptico para el movimiento de la hélice. E: microprocesador. F: despliegue de datos.

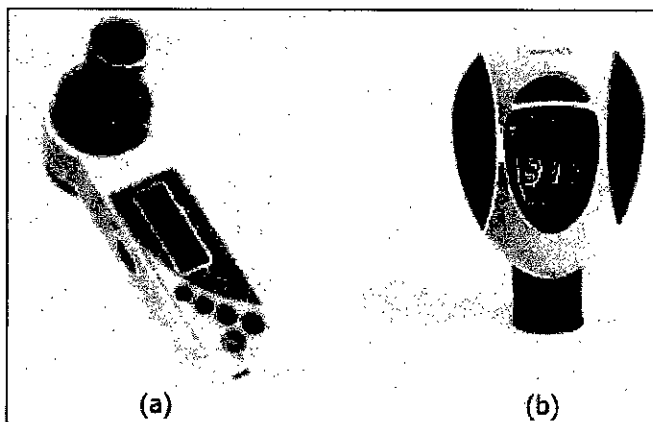


Fuente: [www.ptolomeo.unam.mx](http://www.ptolomeo.unam.mx).

Los **neumotacógrafos de hilo caliente (o termistor)**, tienen en su cabezal un hilo metálico (generalmente de platino) calentado a temperatura constante por medio de corriente eléctrica. Al pasar el flujo de aire se enfría el hilo; para mantener la temperatura del hilo constante, el circuito debe suministrar más corriente eléctrica. Por tanto, la corriente consumida es directamente proporcional al flujo de aire, pues a más flujo, mayor será el enfriamiento del hilo metálico.

Figura N° 4.18

Espirómetros de flujo. (a) Espirómetro marca Vitalograph, (b) Espirómetro marca Microlife.



*Fuente: Vitalograph, Microlife.*

Si bien el esquema general de los espirómetros de flujo es el mismo, existen diferentes clasificaciones de estos espirómetros en dependencia del elemento transductor que empleen; en otras palabras, debido a que existen diferentes tipos de neumotacógrafo, la división en el ramo de los espirómetros de flujo es diversa.

El neumotacógrafo es un transductor de flujo gaseoso, que, gracias a una resistencia que se coloca en su interior, transforma dicho flujo en otra señal física, ya sea luminosa, de calor o de presión.

La medición del flujo puede realizarse valiéndose de diversos principios físicos, lo que origina una extensa familia de neumotacógrafo que emplean diversas aproximaciones para lograr el mismo fin.

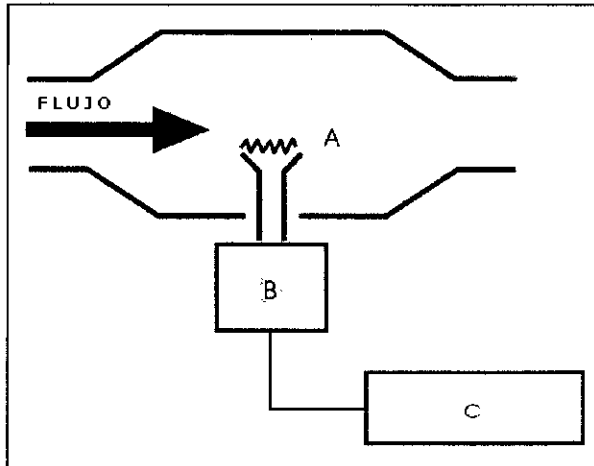
### **Tipos de Neumotacógrafo**

La división de los distintos tipos de neumotacógrafo se origina en función del tipo de resistencia que se coloque en su interior. En el mercado existen principalmente cuatro tipos diferentes de neumotacógrafo:

- Neumotacógrafo de turbina.
- Neumotacógrafo de hilo caliente (termistor).
- Neumotacógrafo ultrasónicos.
- Neumotacógrafo de resistencia neumática:
  - Neumotacógrafo de Fleisch.

Figura N° 4.20

Esquema de un espirómetro de flujo con neumotacógrafo de hilo caliente (termistor). A: hilo de platino, calentado por medio de corriente eléctrica. B: microprocesador, C: despliegue de datos.

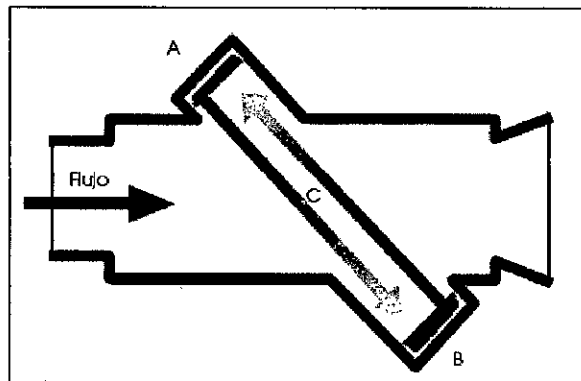


Fuente: [www.ptolomeo.unam.mx](http://www.ptolomeo.unam.mx).

En los **neumotacógrafos ultrasónicos**, para calcular el flujo aéreo, se emplea la propiedad de los ultrasonidos que dice que, cuando se forma un determinado ángulo con la dirección del flujo, los ultrasonidos que van en el mismo sentido que el flujo tardan menos en llegar al receptor que aquellos que van en sentido contrario al del flujo. Esta diferencia de tiempo es tanto mayor cuanto mayor sea el flujo.

Figura 4.21

Esquema de un neumotacógrafo ultrasónico. A y B: emisores-receptores de ultrasonidos. C: haces de ultrasonidos.



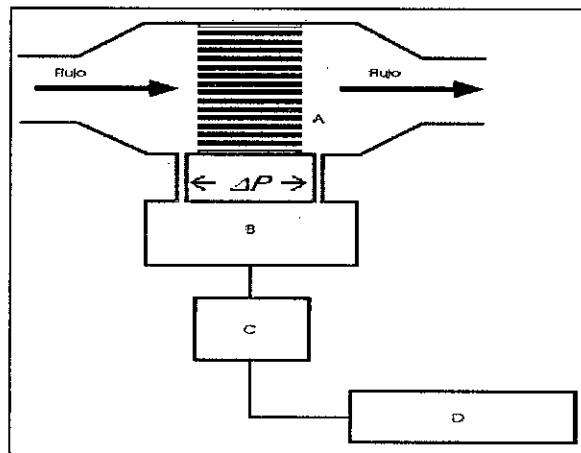
Fuente: [www.ptolomeo.unam.mx](http://www.ptolomeo.unam.mx).

Los **neumotacógrafos de resistencia neumática**, tienen en su interior, como su nombre lo indica, un elemento resistivo al paso del flujo aéreo, provocando a su salida una caída de presión, que es proporcional a la cantidad de flujo de gas que pasa por el neumotacógrafo. Son los más utilizados en el mundo por su practicidad y costo.

Se tienen dos tipos de neumotacógrafos de resistencia neumática, el de Fleisch y el de Lilly. En los neumotacógrafos de Fleisch el sistema de resistencia es implementado con tubos capilares de 1 o 2 mm de diámetro y de 3 o 5 cm de longitud, colocados en paralelo formando una estructura cilíndrica de varios centímetros de diámetro, con el fin de convertir el flujo de entrada de turbulento a laminar.

Figura N° 4.22

Esquema de un espirómetro de flujo con neumotacógrafo de Fleisch. A: tubos capilares, B: sensor de presión diferencial, C: microprocesador, D: despliegue de datos.



Fuente: [www.ptolomeo.unam.mx](http://www.ptolomeo.unam.mx).

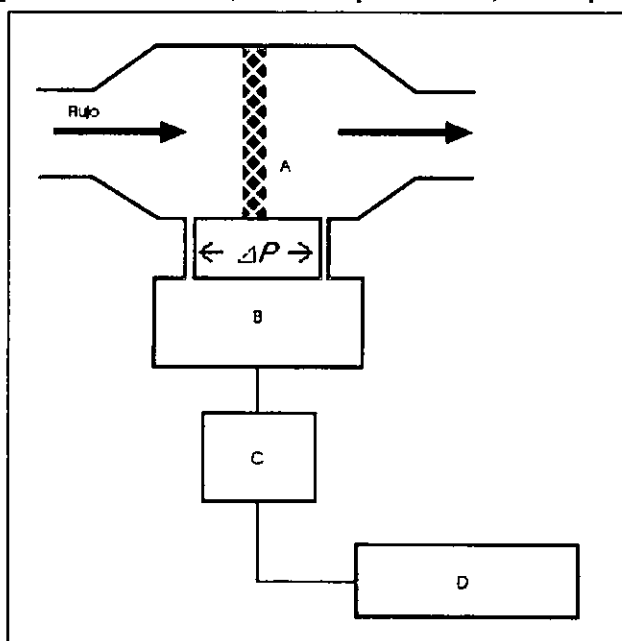
En los neumotacógrafos de Lilly se sustituyen los tubos capilares por membranas o mallas metálicas, pero el principio de funcionamiento es el mismo.

Una consideración importante que se debe tomar en cuenta al momento de seleccionar el transductor de flujo y el sensor de presión diferencial es la colocación de los mismos, ya que, una conexión corta entre el neumotacógrafo y el sensor

provoca una mejoría de la respuesta en frecuencia, pero causaría inconvenientes de vibración y humedad; una conexión más larga proporciona mayor libertad de movimiento al paciente, pero disminuye la respuesta en frecuencia.

Figura N° 4.23

Esquema de un espirómetro de flujo con neumotacógrafo de Lilly. A: membrana, B: sensor de presión diferencial, C: microprocesador, D: despliegue de datos.



Fuente: [www.ptolomeo.unam.mx](http://www.ptolomeo.unam.mx).

Ahora bien, aunque el principio de funcionamiento es el mismo para ambos neumotacógrafos, la resistencia que proporciona la pantalla metálica del neumotacógrafo de Lilly presenta una mejoría en la respuesta en frecuencia comparándolo con la resistencia producida de los tubos capilares del neumotacógrafo de Fleisch.

El desarrollo del diseño del espirómetro de flujo que se presenta en esta tesis, tiene como elemento transductor un neumotacógrafo de Lilly.

#### **Requerimientos del usuario de un espirómetro**

Debido a la gran variedad de espirómetros que existen en el mercado, de acuerdo a un estudio realizado para la Sociedad Torácica de Australia, el personal médico que realiza la prueba tiende a elegir un espirómetro que, además de cumplir con normas

internacionales, posean las siguientes características:

- Sean sencillos de usar.
- Ser seguros y efectivos al cumplir con estándares médicos y electrónicos.
- Poseer una rutina de calibración relativamente simple y estable que permita ajustes del personal médico.
- Ser robusto y que no requiera altos costos de mantenimiento.
- Utilizar un sensor que pueda ser limpiado e incluso desechado.
- Contar con un proveedor confiable que pueda proporcionar entrenamiento, servicio y reparación.

### **Calibración**

Para poder determinar la calidad y fiabilidad de los datos obtenidos durante una prueba ventilatoria, no sólo se depende de la técnica empleada, sino también del aparato utilizado, el cual debe cumplir con los criterios de exactitud y precisión que marca la Norma Hospitalaria.

Validar un espirómetro significa conocer el grado de fiabilidad de los resultados obtenidos, en cuanto a repetitividad, exactitud y precisión.

Resulta imprescindible validar y calibrar un espirómetro antes de empezar a trabajar con él, ya que los resultados obtenidos van a ser comparados con otros datos sucesivamente a través del tiempo.

La norma hospitalaria propone, para los Espirómetros de Flujo, una calibración diaria antes de utilizar el equipo. El método de calibración empleado se conoce como calibración estática o de volumen, la cual se lleva a cabo con una jeringa de 3 Lts de capacidad. Se conecta la jeringa al neumotacógrafo del espirómetro y se bombea el aire de la jeringa, procurando emplear la misma técnica tras cada medición, sin velocidad excesiva y sin interrupciones. Se toma lectura de la cantidad de volumen que indique el espirómetro, y si el valor leído es erróneo, se procede al ajuste de los componentes electrónicos hasta obtener valores que cumplan la normativa internacional de la American Thoracic Society, la cual establece los siguientes criterios para un espirómetro de flujo:

- Precisión de  $\pm 50$  mililitros ó  $\pm 3\%$ .

- Debe poder medir volumen con un rango mínimo de 0-7 litros en condiciones BTPS (temperatura, presión y saturación de agua corporal).
- Debe ser calibrado volumétricamente a diario.
- Deberá ser capaz de acumular aire por lo menos durante 10 segundos.
- Deberá tener resistencia al flujo de aire inferior a 1.5 cm de H<sub>2</sub>O/litro/segundo a un flujo de 12 litros/segundo.

#### **4.2.3 Diabetes**

La diabetes es una afección crónica que se desencadena cuando el organismo pierde su capacidad de producir suficiente insulina o de utilizarla con eficacia. La insulina es una hormona que se fabrica en el páncreas y que permite que la glucosa de los alimentos pase a las células del organismo, en donde se convierte en energía para que funcionen los músculos y los tejidos. Como resultado, una persona con diabetes no absorbe la glucosa adecuadamente, de modo que ésta queda circulando en la sangre (hiperglucemia) y dañando los tejidos con el paso del tiempo. Este deterioro causa complicaciones para la salud potencialmente letales.

#### **Causas**

La insulina es una hormona producida por el páncreas para controlar el azúcar en la sangre. La diabetes puede ser causada por muy poca producción de insulina, resistencia a ésta o ambas.

Para comprender la diabetes, es importante entender primero el proceso normal por medio del cual el alimento se descompone y es empleado por el cuerpo para obtener energía. Suceden varias cosas cuando se digiere el alimento:

- Un azúcar llamado glucosa, que es fuente de energía para el cuerpo, entra en el torrente sanguíneo.
- Un órgano llamado páncreas produce la insulina, cuyo papel es transportar la glucosa del torrente sanguíneo hasta los músculos, la grasa y las células hepáticas, donde puede almacenarse o utilizarse como energía.



Figura N° 4.24

Mecanismo de operación de la insulina.



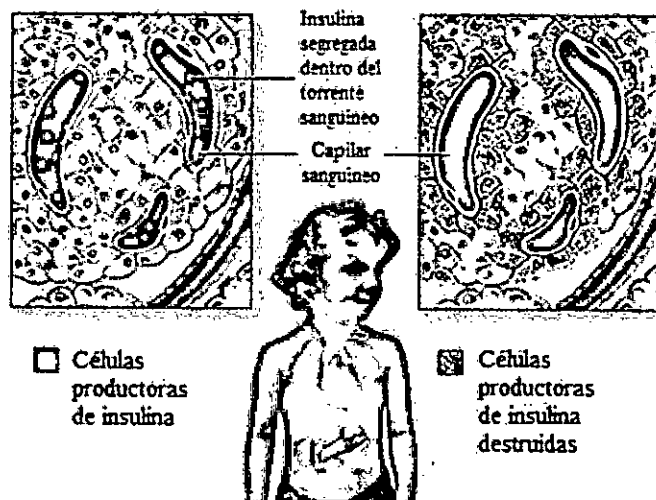
Fuente: <http://lind4g4rci4.blogspot.pe/>

Las personas con diabetes presentan hiperglucemia, debido a que su cuerpo no puede movilizar el azúcar desde la sangre hasta los adipocitos y células musculares para quemarla o almacenarla como energía, dado que el hígado produce demasiada glucosa y la secreta en la sangre. Esto se debe a que:

- El páncreas no produce suficiente insulina.
- Las células no responden de manera normal a la insulina.
- Ambas razones anteriores.

Figura N° 4.25

Células productoras de insulina, sanas y dañadas.



Fuente: <https://quieroseradultomayor.wordpress.com>.

## **Tipos de diabetes**

Hay tres tipos principales de diabetes:

- Diabetes tipo 1
- Diabetes tipo 2
- Diabetes mellitus gestacional (DMG)

### **Diabetes tipo 1**

La diabetes tipo 1 está causada por una reacción autoinmune, en la que el sistema de defensa del organismo ataca las células productoras de insulina del páncreas. Como resultado, el organismo deja de producir la insulina que necesita. La razón por la que esto sucede no se acaba de entender. La enfermedad puede afectar a personas de cualquier edad, pero suele aparecer en niños o jóvenes adultos. Las personas con esta forma de diabetes necesitan inyecciones de insulina a diario con el fin de controlar sus niveles de glucosa en sangre. Sin insulina, una persona con diabetes tipo 1 morirá.

La diabetes tipo 1 suele desarrollarse repentinamente y podrían presentarse síntomas como:

- Sed anormal y sequedad de boca
- Micción frecuente
- Cansancio extremo/falta de energía
- Apetito constante
- Pérdida de peso repentina
- Lentitud en la curación de heridas
- Infecciones recurrentes
- Visión borrosa

Las personas con diabetes tipo 1 pueden llevar una vida normal y saludable mediante una combinación de terapia diaria de insulina, estrecha monitorización, dieta sana y ejercicio físico habitual.

El número de personas que desarrollan diabetes tipo 1 aumenta cada año. Las razones para que esto suceda siguen sin estar claras, pero podría deberse a los cambios de los factores de riesgo medioambiental, a circunstancias durante el

desarrollo en el útero, a la alimentación durante las primeras etapas de la vida o a infecciones virales.

### **Diabetes tipo 2**

La diabetes tipo 2 es el tipo más común de diabetes. Suele aparecer en adultos, pero cada vez hay más casos de niños y adolescentes. En la diabetes tipo 2, el organismo puede producir insulina pero, o bien no es suficiente, o el organismo no responde a sus efectos, provocando una acumulación de glucosa en la sangre.

Las personas con diabetes tipo 2 podrían pasar mucho tiempo sin saber de su enfermedad debido a que los síntomas podrían tardar años en aparecer o en reconocerse, tiempo durante el cual el organismo se va deteriorando debido al exceso de glucosa en sangre. A muchas personas se les diagnostica tan sólo cuando las complicaciones diabéticas se hacen patentes.

Aunque las razones para desarrollar diabetes tipo 2 aún no se conocen, hay varios factores de riesgo importantes. Éstos son:

- Obesidad
- Mala alimentación
- Falta de actividad física
- Edad avanzada
- Antecedentes familiares de diabetes
- Origen étnico
- Nutrición inadecuada durante el embarazo, que afecta al niño en desarrollo

En contraste con las personas con diabetes tipo 1, la mayoría de quienes tienen diabetes tipo 2 no suelen necesitar dosis diarias de insulina para sobrevivir. Sin embargo, para controlar la afección se podría recetar insulina unida a una medicación oral, una dieta sana y el aumento de la actividad física.

El número de personas con diabetes tipo 2 está en rápido aumento en todo el mundo. Este aumento va asociado al desarrollo económico, al envejecimiento de la población, al incremento de la urbanización, a los cambios de dieta, a la disminución de la actividad física y al cambio de otros patrones de estilo de vida.

### **Diabetes Mellitus Gestacional (DMG)**

Se dice que una mujer tiene diabetes mellitus gestacional (DMG) cuando se le diagnostica diabetes por primera vez durante el embarazo. Cuando una mujer desarrolla diabetes durante el embarazo, suele presentarse en una etapa avanzada y surge debido a que el organismo no puede producir ni utilizar la suficiente insulina necesaria para la gestación.

Ya que la diabetes gestacional suele desarrollarse en una etapa avanzada de la gestación, el bebé ya está bien formado, aunque siga creciendo. El riesgo para el bebé es, por lo tanto, menor que los de cuyas madres tienen diabetes tipo 1 o tipo 2 antes del embarazo. Sin embargo, las mujeres con DMG también deben controlar sus niveles de glucemia a fin de minimizar los riesgos para el bebé. Esto normalmente se puede hacer mediante una dieta sana, aunque también podría ser necesario utilizar insulina o medicación oral.

La diabetes gestacional de la madre suele desaparecer tras el parto. Sin embargo, las mujeres que han tenido DMG corren un mayor riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 con el paso del tiempo. Los bebés nacidos de madres con DMG también corren un mayor riesgo de obesidad y de desarrollar diabetes tipo 2 en la edad adulta.

### **Complicaciones diabéticas**

Las personas con diabetes corren un mayor riesgo de desarrollar una serie de problemas graves de salud. Unos niveles permanentemente altos de glucemia pueden causar graves enfermedades, que afectarán al corazón y los vasos sanguíneos, los ojos, los riñones y los nervios. Además, las personas con diabetes también corren un mayor riesgo de desarrollar infecciones. En casi todos los países de ingresos altos, la diabetes es una de las principales causas de enfermedad cardiovascular, ceguera, insuficiencia renal y amputación de extremidades inferiores. Mantener los niveles de glucemia, de tensión arterial y de colesterol cercanos a lo normal puede ayudar a retrasar o prevenir las complicaciones diabéticas. Las personas con diabetes necesitan hacerse revisiones con regularidad para detectar posibles complicaciones.

### **Enfermedad cardiovascular**

La enfermedad cardiovascular es la causa más común de muerte y discapacidad entre las personas con diabetes. Los tipos de enfermedad cardiovascular que acompañan a la diabetes son angina de pecho, infarto de miocardio (ataque al corazón), derrame cerebral, enfermedad arterial periférica e insuficiencia cardíaca congestiva. En personas con diabetes, la hipertensión, la hipercolesterolemia, la hiperglucemia y demás factores de riesgo contribuyen a que aumente el riesgo de complicaciones cardiovasculares

### **Enfermedad renal**

La enfermedad renal (nefropatía) es mucho más frecuente en personas con diabetes que en quienes no la tienen y la diabetes es una de las principales causas de enfermedad renal crónica. Esta enfermedad está causada por un deterioro de los pequeños vasos sanguíneos, que puede hacer que los riñones sean menos eficientes, o que lleguen a fallar por completo. Mantener los niveles de glucemia y tensión arterial dentro de lo normal puede reducir enormemente el riesgo de nefropatía.

### **Enfermedad ocular**

La mayoría de las personas con diabetes desarrollará alguna forma de enfermedad ocular (retinopatía), que puede dañar la vista o causar ceguera. Los niveles permanentemente altos de glucemia, unidos a la hipertensión y la hipercolesterolemia, son la principal causa de retinopatía. En la retinopatía, la red de vasos sanguíneos que riega la retina se puede bloquear y dañar, causando una pérdida de visión permanente. La retinopatía se puede controlar mediante revisiones oftalmológicas regulares y manteniendo los niveles de glucemia cercanos a lo normal.

### **Lesiones nerviosas**

Cuando la glucemia y la tensión arterial son demasiado altas, la diabetes puede dañar los nervios de todo el organismo (neuropatía). El resultado podría ser problemas de digestión y de continencia urinaria, impotencia y alteración de muchas otras funciones, pero las áreas afectadas con más frecuencia son las extremidades y, especialmente, los pies. Las lesiones nerviosas en estas áreas se llaman neuropatía periférica y pueden generar dolor, hormigueo y pérdida de

sensación. La pérdida de sensibilidad es especialmente importante debido a que puede hacer que las lesiones pasen desapercibidas, provocando graves infecciones, pie diabético y amputaciones.

### **Pie diabético**

Las personas con diabetes podrían desarrollar una serie de distintos problemas del pie como resultado de las lesiones de los nervios y los vasos sanguíneos. Estos problemas pueden provocar fácilmente infecciones y úlceras que aumentan el riesgo de amputación en una persona. Las personas con diabetes corren un riesgo de amputación que podría llegar a ser más de 25 veces mayor que el de una persona sin diabetes. Sin embargo, mediante un control integral, se podría prevenir un gran porcentaje de amputaciones de origen diabético. Incluso cuando se produce una amputación, se puede salvar la pierna restante y la vida de la persona mediante una buena atención y un buen seguimiento por parte de un equipo multidisciplinar del pie. Las personas con diabetes deben examinarse los pies con regularidad.

### **Complicaciones durante el embarazo**

Las mujeres con cualquier tipo de diabetes corren el riesgo de desarrollar durante el embarazo distintas complicaciones si no monitorizan y controlan estrechamente su afección. Las mujeres con diabetes tipo 1 necesitan más planificación y monitorización antes y durante el embarazo a fin de minimizar el riesgo de complicaciones. La hiperglucemia durante el embarazo puede provocar cambios en el feto que harán que aumente de peso (macrosomía) y que sobre produzca insulina. Esto puede generar problemas durante el parto, lesiones para el niño y la madre y un descenso brusco de la glucemia (hipoglucemia) en el niño tras el nacimiento. Los niños que están expuestos durante un período prolongado a la hiperglucemia en el útero corren un mayor riesgo de desarrollar diabetes en el futuro.

### **Salud bucodental**

Aunque tradicionalmente no se ha venido considerando como una complicación, la diabetes puede suponer una amenaza para la salud bucodental, por ejemplo, aumentando el riesgo de gingivitis (inflamación de las encías) en personas con un mal control glucémico. La gingivitis, a su vez, es causa principal de pérdida de dientes, y también podría aumentar el riesgo de enfermedad cardiovascular.

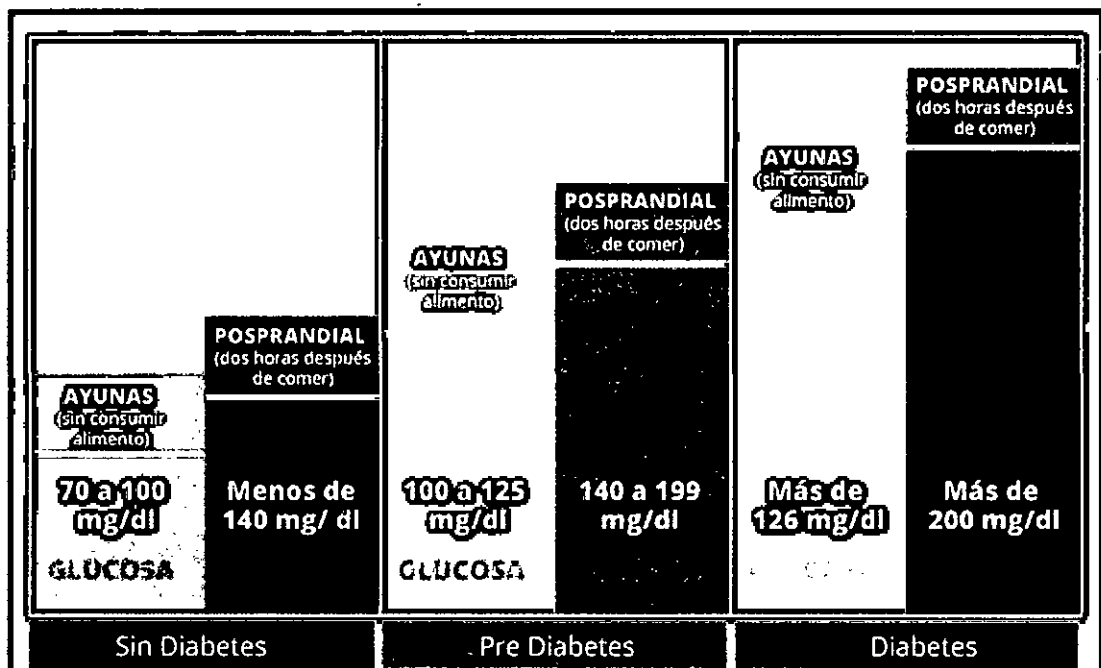
### Apnea del sueño

Investigaciones recientes demuestran la probabilidad de que exista una relación entre la diabetes tipo 2 y la apnea obstructiva del sueño (AOS), la forma más frecuente de trastorno respiratorio durante el sueño. Los cálculos sugieren que hasta un 40% de las personas con AOS tiene diabetes, pero la incidencia de nuevos casos de diabetes en personas con AOS se desconoce. La AOS podría influir sobre el control glucémico de las personas con diabetes tipo 2.

### Niveles de glucosa

En la Figura N° 4.26 se muestra los niveles de glucosa dependiendo de la salud del paciente, por ejemplo una persona normal tiene entre 70 a 100mg/dl en ayunas, luego de comer tiene menos de 140mg/dl de sangre.

Figura N° 4.26  
Nivel de glucosa de acuerdo a la salud de la persona.



Fuente: [farmacianorte.com.ar](http://farmacianorte.com.ar)

### 4.2.4 Depresión

La depresión afecta en el mundo a millones de personas, sin importar su nivel

socioeconómico, país de origen, creencias o cultura. "Depresión" es el nombre de un trastorno depresivo que afecta al organismo, el ánimo y hasta la manera de pensar.

Las personas que padecen de un trastorno depresivo no pueden decir simplemente "ya basta, me voy a poner bien". Sin tratamiento, los síntomas pueden durar semanas, meses e incluso años. Sin embargo, la mayoría de las personas que padecen de depresión pueden mejorar con un tratamiento adecuado. Los sujetos con un episodio depresivo mayor, se presentan a menudo con llanto, irritabilidad, tristeza, actitudes obsesivas, ansiedad, fobias, preocupación excesiva por la salud física y quejas de dolor (p. Ej., cefaleas o dolores articulares, abdominales o de otro tipo). En los niños puede presentarse una ansiedad por separación. Algunos sujetos refieren problemas en las relaciones personales, interacciones sociales menos satisfactorias o problemas en la actividad sexual. La consecuencia más grave de un episodio depresivo mayor es la tentativa de suicidio o el suicidio consumado. El riesgo de suicidio es especialmente alto para los sujetos con síntomas psicóticos, historia de tentativas de suicidio previas, historia familiar de suicidio consumado, o en consumo de drogas. También puede haber una tasa aumentada de muertes por enfermedades médicas. Los episodios depresivos mayores a veces van precedidos de algún estrés psicosocial (p. Ej., la muerte de un ser querido, la separación matrimonial, el divorcio). El parto puede precipitar un episodio depresivo mayor. Los síntomas de un episodio depresivo mayor suelen desarrollarse a lo largo de días o semanas. Antes de que comience puede haber un período prodrómico con síntomas ansiosos y síntomas depresivos leves, que puede durar semanas o meses. La duración de un episodio depresivo mayor también es variable. Lo habitual es que un episodio no tratado dure 6 meses o más, independientemente de la edad de inicio.

### **Clasificación**

Existen diversas clasificaciones del trastorno depresivo atendiendo a diversos criterios. Aquí vamos a clasificarlas esencialmente en dos grupos:

- Depresiones Reactivas.
- Depresiones Endógenas.



Las depresiones reactivas son aquellas en las que podemos encontrar un desencadenante ambiental claro del estado depresivo (por ejemplo la pérdida del puesto de trabajo, la muerte de un ser querido). En estos casos el estado depresivo puede durar un período más o menos largo.

Las depresiones endógenas son aquellas en las que no existe un desencadenante ambiental del estado depresivo y se deben a condicionantes internos, de la biología del propio individuo. En estos casos el factor genético (la herencia) juega un papel fundamental.

- Estas, a su vez, se clasifican en unipolares (las depresiones clásicas) y el trastorno bipolar.
- Las depresiones de origen endógeno suelen ser las más graves y suelen afectar a más de un miembro de una misma familia, aunque también pueden darse en individuos que no tienen una historia familiar de este trastorno.

En la realidad existen situaciones mixtas, es decir, ante un desencadenante ambiental se desarrolla con más facilidad un trastorno depresivo en aquellas personas que presentan una predisposición biológica.

### **Criterios de Diagnóstico.**

Los criterios de diagnóstico del trastorno depresivo están en evolución. Actualmente, el criterio más utilizado para el diagnóstico del trastorno depresivo es el recogido por el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, cuarta edición revisada (DSM-IV-TR), que se utiliza en USA y en Europa y la Clasificación Internacional de Enfermedades, décima edición (ICD-10), que se utiliza sobre todo en Europa.

En estos manuales los síntomas depresivos se clasifican en los siguientes grupos:

- Síntomas vegetativos: sueño, apetito, peso, sexo.
- Síntomas cognitivos: Capacidad de centrar la atención, tolerancia a la frustración, memoria, distorsiones negativas.
- Síntomas relacionados con la emoción: motivación, placer, interés, fatigabilidad.
- Síntomas físicos o somáticos: dolor de cabeza, dolor de estómago, tensión muscular.

- Control del impulso: como los intentos de suicidio.

A título de ejemplo, algunos de los siguientes síntomas pueden estar presentes durante el trastorno depresivo:

- Baja autoestima o autoconfianza, sensación de inadecuación.
- Pesimismo, desesperación o desesperanza.
- Pérdida generalizada del interés o del placer.
- Aislamiento social.
- Baja energía, escasa iniciativa.
- Fatiga o cansancio crónicos.
- Sentimientos de culpa, consideración sobre el pasado.
- Sensación subjetiva de irritabilidad o ira excesivas.
- Disminución de la actividad, eficiencia o productividad.
- Dificultades para pensar, lo que se traduce en pobreza de concentración y de memoria o en indecisión.

### **Electroencefalografía (EEG)**

Es una exploración neurofisiológica que se basa en el registro de la actividad bioeléctrica cerebral en condiciones basales de reposo, en vigilia o sueño, y durante diversas activaciones (habitualmente hiperapnea y estimulación luminosa intermitente) mediante un equipo de electroencefalografía.

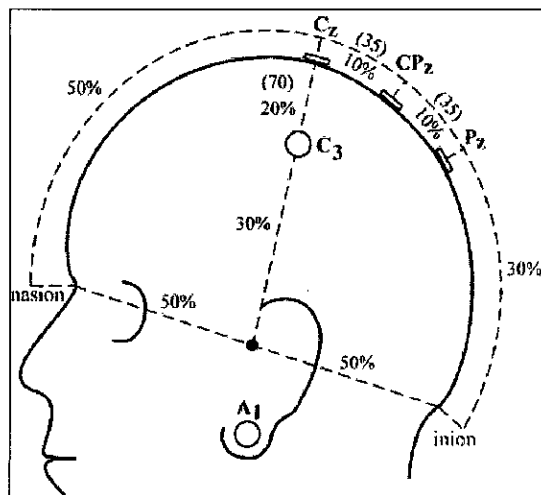
- Potencial de Espiga Pre sináptica: Potencial rápido positivo con duración de 1ms, resultante de la despolarización pre sináptica.
- Potencial Excitatorio Pos sináptico (EPSP): Potencial positivo con duración de 2ms.
- Potencial de Espiga: Alto voltaje positivo con duración total de 2ms a 1ms que alcanza los 10 mV a 30 mV.
- Hiperpolarización posterior: Prolongación del potencial positivo
- Potencial Inhibitorio Pos sináptico (IPSP): Potencial negativo asociado con la inhibición de la neurona

Los electrodos de disco son los más usados en el procedimiento clínico y se aplican con una crema conductiva en áreas específicas del cuero cabelludo que previamente

han sido limpiadas con alcohol o acetona para obtener resistencias de contacto inferiores a  $10\text{ K}\Omega$  para obtener un buen registro.

Los electrodos son colocados midiendo la distancia nasal-ini3n y marcando puntos para rasurar la cabeza al 10%, 20%, 20%, 20%, 10% de esta longitud, el electrodo de Vertex es colocado en el punto medio. La monitorizaci3n puede ser realizada ya sea de modo unipolar o bipolar o mediante promedios seg3n los esquemas de conexi3n usados.

Figura N° 4.27  
Ubicaci3n de los electrodos en la cabeza.



Fuente: [www.neurobitsystems.com](http://www.neurobitsystems.com)

Las amplitudes de voltajes de la se1al de EEG se encuentran entre  $1\ \mu\text{V}$  y  $100\ \mu\text{V}$  pico a pico a bajas frecuencias (0.5 Hz a 100 Hz) en la superficie craneal. En la superficie del cerebro, las se1ales son diez veces m1s intensas. Incluso, las se1ales del tallo cerebral medidas en la superficie craneal no son mayores a  $0.25\ \mu\text{V}$  pico a pico a frecuencias de entre 100 Hz a 3000 Hz.

Las bandas de frecuencia son normalmente clasificadas en las siguientes categor3as: Delta ( $\delta$ ) 0.5 Hz a 4 Hz, Theta ( $\theta$ ) 4 Hz a 8 Hz, Alpha ( $\alpha$ ) 8 Hz a 13 Hz, Beta ( $\beta$ ) 13 Hz a 22 Hz, Gamma ( $\gamma$ ) 22 Hz a 30 Hz o superiores. La raz3n por la que se producen estas frecuencias diferentes no es muy bien conocida, pero si las situaciones bajo las cuales normalmente se manifiestan.

La actividad Alpha es inferior a 10  $\mu\text{V}$  pico a pico con una estabilidad razonable e iniciada a menos de 0.5 Hz. Estas señales aumentan desde la parte posterior del cerebro en personas despiertas con los ojos cerrados. Abrir los ojos y enfocar la atención visual en objetos reduce las ondas de este tipo.



Alpha

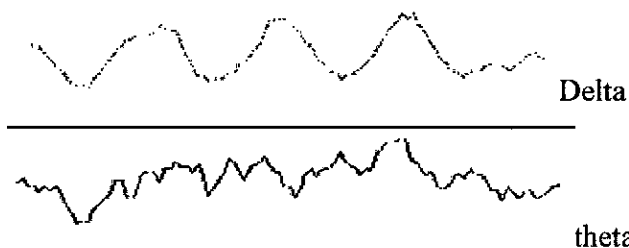
La actividad Beta es inferior a 20  $\mu\text{V}$  pico a pico a lo largo del cerebro, pero es más predominante sobre la región central en pacientes en reposo. Estados de alerta así como la desincronización de los patrones alpha produce ondas Beta.



Beta

La actividad Gamma es inferior a 2  $\mu\text{V}$  pico a pico y consiste en onda de baja amplitud y alta frecuencia como resultado de la fijación de la atención o estímulos sensoriales.

La actividad Theta y Delta (inferior a 100  $\mu\text{V}$  pico a pico) es muy fuerte sobre la región central del cerebro y es indicación del sueño y se evidencia principalmente en EEG de adultos.



Delta

theta

Los equipos de EEG típicos consisten de registrador de 8, 16 o 32 canales, siendo más comunes los primeros, donde se seleccionan señales provenientes de los 20 electrodos craneales (sistema 10-20) mediante conexiones manuales o interruptores controlados. La International Federation of EEG recomienda registrar secuencias que van desde la frontal a la posterior de derecha a izquierda.

El control de ganancia asegura ampliificaciones de 1X, 4X, 20X, 250X e incluso 500X, la sensibilidad es especificada en  $\mu\text{V}/\text{cm}$ . El filtrado se arregla para baja frecuencia con valores usuales de corte de 0,16 Hz, 0,53 Hz, 1 Hz, y 5,3 Hz y alta frecuencia para 15 Hz, 35 Hz, 50 Hz y 100 Hz. Un filtro de muesca de -60 dB es fijado a 50 Hz – 60 Hz para eliminar la interferencia de la red de alimentación. La calibraciones se realizan entre 5 y 1000  $\mu\text{V}$  pico a pico.

Figura N° 4.28  
Registro unipolar en un EEG.

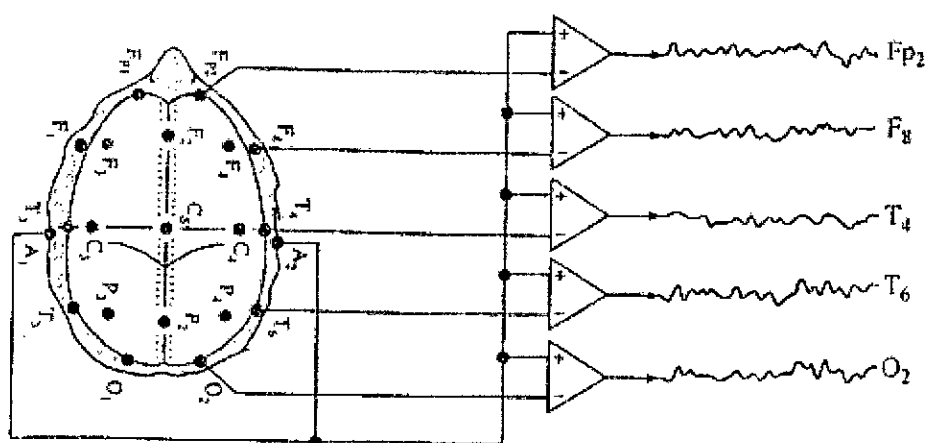


Figura N° 4.29  
Registro bipolar en un EEG.

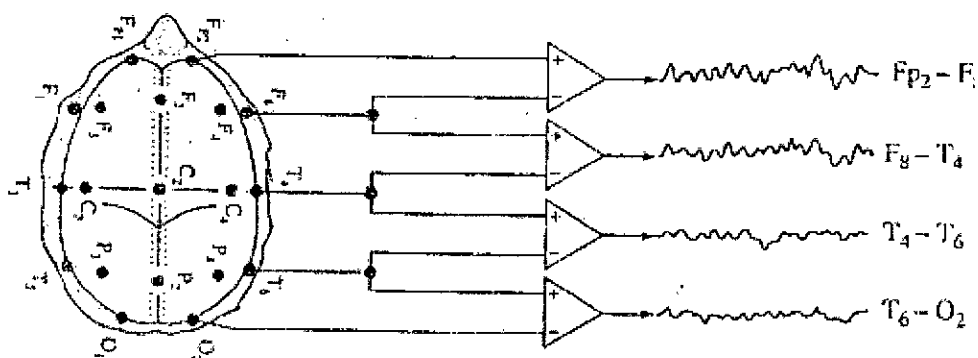
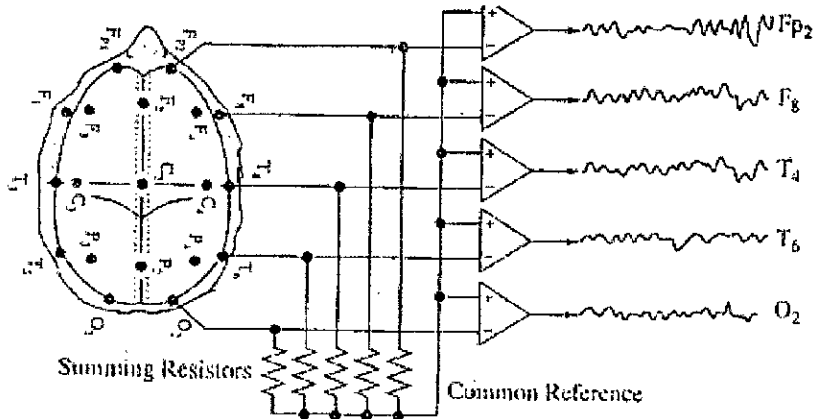


Figura N° 4.30

Registro de señal promediada EEG.



Fuente: [www.contronic.com.br](http://www.contronic.com.br)

Los riesgos son prácticamente inexistentes, excepto en los siguientes casos:

- Enfermedades cardiovasculares graves (insuficiencia cardíaca grave, enfermedades coronarias).
- Hemorragia subaracnoidea.
- Hemorragia intracraneal.
- Enfermedades que producen “disminución de las defensas” (SIDA, extirpación del bazo, diabéticos, trastornos de la inmunidad).
- Alergia a las aleaciones utilizadas en la fabricación de los electrodos.
- Epilepsia sensible a estímulos luminosos intermitentes.

#### 4.3 Población y muestra

Una vez definido el problema a investigar, formulados los objetivos y delimitadas las variables se hace necesario determinar los elementos o individuos con quienes se va a llevar a cabo la investigación. Esta consideración nos conduce a delimitar el ámbito de la investigación definiendo una población y seleccionando la muestra. Cualquier característica medible de la población se denomina *parámetro*, los valores de los parámetros calculados sobre muestras se conocen como *estadísticos* o *estadígrafos*, utilizan letras latinas ( $\theta$ ,  $s^2$ ,  $r$ , ...) , media, varianza, coeficiente de correlación) y describen a las citadas muestras.

Se define tradicionalmente la población como “el conjunto de todos los individuos

*(objetos, personas, eventos, etc.) en los que se desea estudiar el fenómeno. Éstos deben reunir las características de lo que es objeto de estudio".* El individuo, en esta acepción, hace referencia a cada uno de los elementos de los que se obtiene la información. Los individuos pueden ser personas, objetos o acontecimientos.

De acuerdo a lo indicado anteriormente, para poder definir la población, debemos delimitar los actores que operaran en el proyecto, dentro de los cuales tenemos:

- 1) Pacientes de Centros de Salud, de los cuales solo se debe contar con aquellos que padezcan con enfermedades crónicas.
- 2) Profesionales de las áreas de Medicina, Psicología, Servicio Social, Paramédicos, Técnicos de salud, así como profesionales en tecnología de redes y comunicaciones.
- 3) Ambientes destinados a acondicionar el equipamiento, conexiones, materiales y muebles destinados a facilitar la conexión entre los pacientes y los profesionales de la salud.
- 4) Equipos de comunicaciones para establecer las conexiones entre el Centro de Salud y el Paciente o sus familiares, que se seleccionara de acuerdo al diseño de red y a las características de comunicación que se requiera.

Habitualmente, el investigador no trabaja con todos los elementos de la población que estudia sino sólo con una parte o fracción de ella; a veces, porque es muy grande y no es fácil abarcarla en su totalidad. Por ello, se elige una muestra representativa y los datos obtenidos en ella se utilizan para realizar pronósticos en poblaciones futuras de las mismas características.

Salvo en el caso de poblaciones pequeñas, pocas veces en una investigación se cuenta con el tiempo, los recursos y los medios para estudiar una población completa. A veces ni siquiera podemos delimitar exactamente una población, otras veces la población total "aún no existe" como sucede en los estudios sobre predicción. Estos motivos de tiempo, costo, accesibilidad a los individuos y complejidad de las operaciones de recogida, clasificación y análisis de los datos hacen que la gran mayoría de los proyectos de investigación no estudien más que una parte representativa de la población, denominada muestra. Esto se puede hacer así porque, si se selecciona correctamente la muestra, ésta puede aportarnos

información representativa y exacta de toda la población.

Se conoce con el nombre de muestreo al proceso de extracción de una muestra a partir de la población. El proceso esencial del muestreo consiste en identificar la población que estará representada en el estudio.

Entre las ventajas que proporciona el muestreo suele señalarse: el ahorro de tiempo en la realización de la investigación, la reducción de costos y la posibilidad de mayor profundidad y exactitud en los resultados. Los inconvenientes más comunes suelen ser: dificultad de utilización de la técnica de muestreo, una muestra mal seleccionada o sesgada distorsiona los resultados, las limitaciones propias del tipo de muestreo y tener que extraer una muestra de poblaciones que poseen pocos individuos con la característica que hay que estudiar.

Fox (1981: 367-369) señala cinco etapas en el proceso de muestreo:

- 1) Definición o selección del universo o especificación de los posibles sujetos o elementos de un determinado tipo;
- 2) Determinación de la población o parte de ella a la que el investigador tiene acceso;
- 3) Selección de la muestra invitada o conjunto de elementos de la población a los que se pide que participen en la investigación;
- 4) Muestra aceptante o parte de la muestra invitada que acepta participar;
- 5) Muestra productora de datos; la parte que aceptó y que realmente produce datos.

Las condiciones fundamentales que ha de cumplir una muestra son cuatro:

- 1) Que comprendan parte del universo y no la totalidad de éste.
- 2) Que su amplitud sea estadísticamente proporcionada a la magnitud del universo. Esta condición se halla en relación con el punto práctico de determinación del tamaño de la muestra y sirve para decidir si, según las unidades que comprende respecto al universo, una muestra es o no admisible.
- 3) La ausencia de distorsión en la elección de los elementos de la muestra. Si esta elección presenta alguna anomalía, la muestra resultará por este mismo hecho viciada.
- 4) Que sea representativa o reflejo fiel del universo, de tal modo que reproduzca sus características básicas en orden a la investigación. Esto quiere decir que si



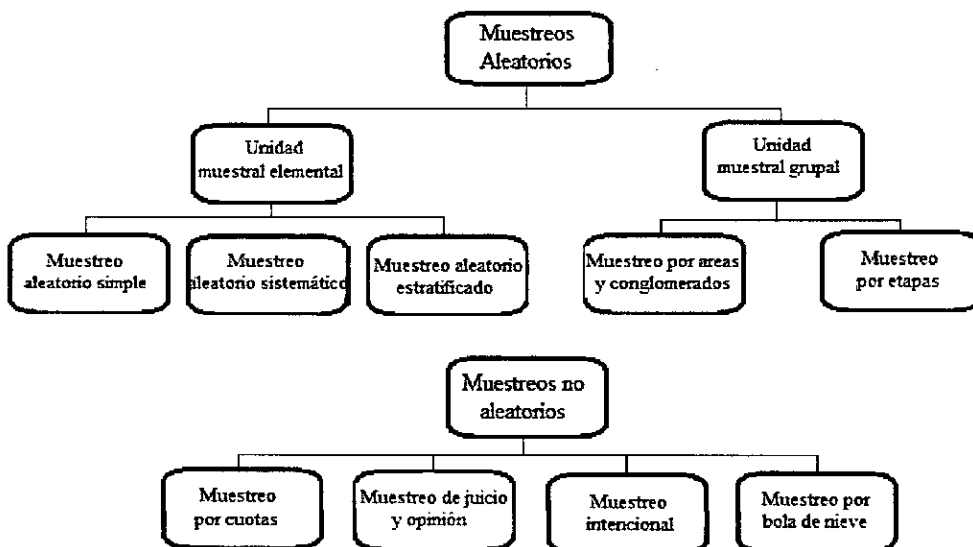
hay sectores diferenciados en la población que se supone ofrecen características especiales, a efectos de los objetivos de la investigación, la muestra también deberá comprenderlos y precisamente en la misma proporción, es decir, deberá estar estratificada como el universo.

Para cumplir estas condiciones es necesario aplicar unas determinadas técnicas de selección de la muestra que garanticen su representatividad, determinar el tamaño óptimo de la muestra y tener en cuenta el “error muestral”.

Por tanto, y de acuerdo a la población propuesta inicialmente, la muestra puede quedar limitada a:

- 1) De los pacientes del Centro de Salud con enfermedades crónicas, estos se limitaran a pacientes con: enfermedades del corazón, EPOC, diabetes y depresión; asimismo, se escogerá un Centro de Salud de cierta jurisdicción.
- 2) De los profesionales de salud y personal de soporte en salud, se contara con los profesionales que tengan relación con las enfermedades crónicas a supervisar.
- 3) Para los ambientes, se establecerá la cantidad y dimensiones de acuerdo al equipamiento y profesionales que deben interactuar dentro de estos.
- 4) Finalmente, los equipos de comunicaciones se determinaran de acuerdo al diseño de la red y a la disponibilidad de presupuestos.

Figura N° 4.31  
Principales métodos de muestreo.



*Fuente: Muestreo en poblaciones finitas. A. Morillas.*

La representatividad es la característica más importante de una muestra. El muestreo adquiere todo su sentido en cuanto que garantiza que las características que se quieren observar en la población quedan reflejadas adecuadamente en la muestra. Generalizar a la población a partir de la muestra sólo está justificado si ésta representa realmente a la población.

Para lograr la representatividad se requiere:

- 1) Conocer qué características (variables) están relacionadas con el problema que se estudia;
- 2) Capacidad para medir esas variables, y
- 3) Poseer datos de la población sobre estas características o variables para usarlos como variable de comparación.

De modo que si no se cumple alguna de estas condiciones, para algunas de las características, se pierde la capacidad de buscar deliberadamente la representatividad en cuanto a ella.

Luego, para un muestreo con un 95% de confianza, tasa de no respuesta (TNR) de 10%, prevalencia estimada de ENT de 46.0%, para cualquier tipo de estrato de estudio y un efecto de diseño de 2 para muestras complejas, obteniéndose un tamaño de muestra finita de 840 sujetos para cada estrato de estudio.

Se aplica la fórmula utilizada por Desraj (1989) para calcular el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{p \cdot q \cdot Z^2_{\alpha/2}}{e^2} = \frac{(0,46)(0,54)(1,96)^2}{(0,05)^2} = 381,7 \quad (4.3)$$

Según efecto de diseño:  $2n = 763,4$

Tomando una tasa de no respuesta de 10%:  $763,4 * 1.1 = 839,74$

$p = 0.46$

Prevalencia de ENT  $q = 1 - p$

$Z_{\alpha/2}$ : Abscisa de la distribución normal asociada a un 95% de confianza = 1.96

$e$  = Error de estimación = 0.05

### **4.3.1 Enfermedades cardíacas**

Según las estimaciones de la OMS, más de 17.5 millones de personas murieron en 2012 de infarto de miocardio o de accidente vascular cerebral (AVC). Al contrario de lo que se suele creer, más de 3 de cada 4 de estas muertes se registraron en países de bajos y medianos ingresos, y afectaron por igual a ambos sexos.

El aspecto positivo es que el 80% de los infartos de miocardio y de los AVC prematuros son prevenibles. La dieta sana, la actividad física regular y el abandono del consumo de tabaco son fundamentales. Verificar y controlar los factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares e infartos de miocardio, como la hipertensión, niveles elevados de colesterol y niveles elevados de azúcar o diabetes, también es muy importante.

#### **Datos y cifras**

- Las ECV son la principal causa de muerte en todo el mundo. Cada año mueren más personas por ECV que por cualquier otra causa.
- Se calcula que en 2012 murieron por esta causa 17,5 millones de personas, lo cual representa un 31% de todas las muertes registradas en el mundo. De estas muertes, 7,4 millones se debieron a la cardiopatía coronaria, y 6,7 millones, a los AVC.
- Más de tres cuartas partes de las defunciones por ECV se producen en los países de ingresos bajos y medios.
- De los 16 millones de muertes de personas menores de 70 años atribuibles a enfermedades no transmisibles, un 82% corresponden a los países de ingresos bajos y medios y un 37% se deben a las ECV.
- La mayoría de las ECV pueden prevenirse actuando sobre factores de riesgo comportamentales, como el consumo de tabaco, las dietas malsanas y la obesidad, la inactividad física o el consumo nocivo de alcohol, utilizando estrategias que abarquen a toda la población.
- Para las personas con ECV o con alto riesgo cardiovascular (debido a la presencia de uno o más factores de riesgo, como la hipertensión arterial, la diabetes, la hiperlipidemia o alguna ECV ya confirmada), son fundamentales la

detección precoz y el tratamiento temprano, por medio de servicios de orientación o la administración de fármacos, según corresponda.

En 2013 todos los Estados Miembros (194 países) acordaron, bajo el liderazgo de la OMS, una serie de mecanismos mundiales para reducir la carga evitable de ENT, entre ellos el "Plan de acción mundial para la prevención y el control de las enfermedades no transmisibles 2013-2020". El citado plan tiene por objeto reducir para 2025 el número de muertes prematuras asociadas a las ENT en un 25%, y ello a través de nueve metas mundiales de aplicación voluntaria. Dos de esas metas mundiales se centran directamente en la prevención y el control de las ECV.

La meta 6 del Plan de acción mundial prevé reducir la prevalencia mundial de hipertensión en un 25%. La hipertensión es uno de los principales factores de riesgo de enfermedad cardiovascular. La prevalencia mundial de hipertensión (definida como tensión arterial sistólica  $\geq 140$  mmHg o tensión arterial diastólica  $\geq 90$  mmHg) en adultos de 18 años o más se situó en 2014 en alrededor de un 22%.

Para alcanzar la citada meta, es fundamental reducir la incidencia de hipertensión, a través de intervenciones dirigidas a toda la población que hagan disminuir los factores de riesgo comportamentales, en particular el consumo nocivo de alcohol, la inactividad física, el sobrepeso, la obesidad y el consumo elevado de sal. Es necesario adoptar de cara a la detección temprana y el manejo costo eficaz de la hipertensión un enfoque que tenga en cuenta todos los factores de riesgo, para así prevenir los ataques cardíacos, los accidentes cerebrovasculares y otras complicaciones.

La meta 8 del Plan de acción mundial prevé prestar tratamiento farmacológico y asesoramiento (incluido el control de la glucemia) a al menos un 50% de las personas que lo necesitan, con miras a prevenir ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares. La prevención de los ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares a través de un enfoque integral que tenga en cuenta todos los factores de riesgo cardiovascular es más costo eficaz que la adopción, en relación con los tratamientos, de decisiones basadas únicamente en umbrales de riesgo

individuales y debería formar parte de la cartera de servicios básicos para la consecución de la cobertura sanitaria universal. El logro de esa meta requerirá el fortalecimiento de los componentes clave del sistema de salud, incluida la financiación de la atención sanitaria con miras a garantizar el acceso a tecnologías sanitarias básicas y a los medicamentos esenciales para el tratamiento de las ENT.

En 2015 los países comenzarán a establecer objetivos nacionales y a medir los avances logrados con respecto a los valores de referencia para 2010 consignados en el Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles 2010. La Asamblea General de las Naciones Unidas tiene previsto convocar en 2018 una tercera reunión de alto nivel sobre las ENT para hacer balance de los avances nacionales hacia la consecución, para 2025, de las metas mundiales de aplicación voluntaria.

La Tabla N° 4.2 muestra, que los adultos mayores con educación superior (11,2%) y secundaria (9,2%) fueron informados en mayor proporción de presentar un infarto o alguna enfermedad del corazón por un especialista médico. Mientras que, la menor proporción fue en los adultos mayores sin educación (5,2%) y con educación primaria (7,9%). Sin embargo, la mayor cobertura de los que recibieron tratamiento médico del sector público o privado fueron los que alcanzaron educación superior (71,0%) y educación secundaria (70,6%); el 49,1% de adultos mayores sin educación y el 40,9% con educación primaria no recibieron tratamiento por un profesional de la salud, desconociendo la importancia de una dieta sana, actividad física regular y el abandono del consumo de tabaco y alcohol, INEI (2012).

Tabla N° 4.2  
Población adulta mayor con enfermedad del corazón, según característica seleccionada, 2012.

| Característica seleccionada | Enfermedad del corazón |                 |                 | Casos sin ponderar |
|-----------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
|                             | Valor estimado         | Con tratamiento | Sin tratamiento |                    |
| <b>Sexo</b>                 |                        |                 |                 |                    |
| Hombre                      | 7,6                    | 64,0            | 36,0            |                    |
| Mujer                       | 8,4                    | 61,2            | 38,8            | 5 043              |
| <b>Grupo de edad</b>        |                        |                 |                 | 5 654              |
| 60 - 64                     | 6,6                    | 45,8            | 54,2            |                    |
| 65 - 69                     | 6,4                    | 59,4            | 40,6            | 2 984              |
| 70 - 74                     | 7,3                    | 67,3            | 32,7            | 2 615              |
| 75 - 79                     | 10,4                   | 67,6            | 32,4            | 1 896              |
| 80 y más                    | 12,0                   | 73,5            | 26,5            | 1 489              |
| <b>Nivel de educación</b>   |                        |                 |                 | 1 713              |
| Sin educación               | 5,2                    | 50,9            | 49,1            |                    |
| Primaria                    | 7,9                    | 59,1            | 40,9            | 2 732              |
| Secundaria                  | 9,2                    | 70,6            | 29,4            | 5 137              |
| Superior                    | 11,2                   | 71,0            | 29,0            | 1 704              |
| No sabe 1/                  | *                      | *               | *               | 1 109              |
| <b>Quintil de riqueza</b>   |                        |                 |                 | 15                 |
| Quintil inferior            | 3,8                    | 34,8            | 65,2            | 3 402              |
| Segundo quintil             | 6,4                    | 48,2            | 51,8            | 2 041              |
| Quintil intermedio          | 7,1                    | 61,7            | 38,3            | 1 596              |
| Cuarto quintil              | 9,0                    | 69,0            | 31,0            | 1 795              |
| Quintil superior            | 12,8                   | 71,3            | 28,7            | 1 863              |
| <b>Total 2012</b>           | <b>8,0</b>             | <b>62,4</b>     | <b>37,6</b>     | <b>10 697</b>      |
| Total 2011                  | 7,0                    | 65,5            | 34,5            | 10 161             |

*Nota: Los porcentajes basados en menos de 25 casos sin ponderar no se muestran*

(\*) y los de 25 a 49 casos sin ponderar se presentan entre paréntesis.

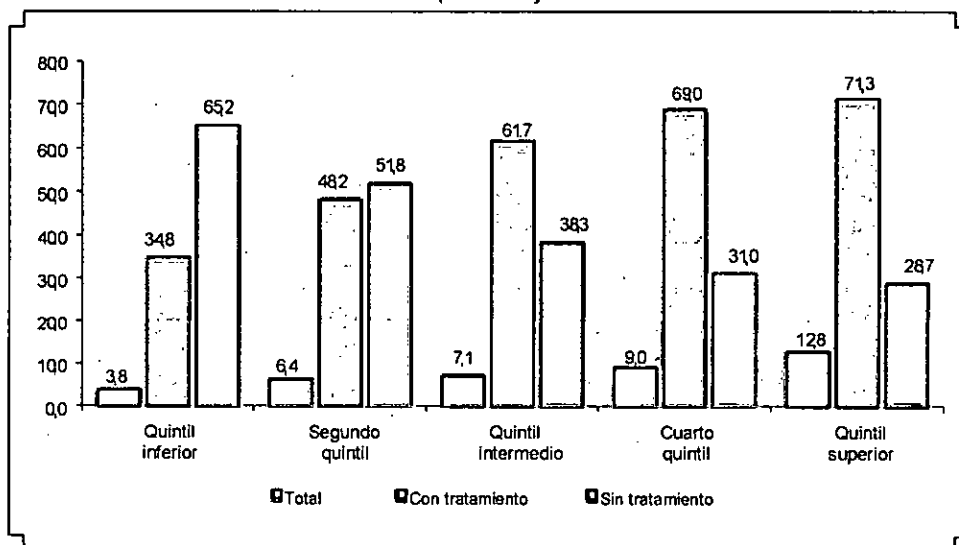
1/ Comprende la población adulta mayor de la cual no se sabe el nivel de educación.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Demográfica y de Salud Familiar.

Similar comportamiento ocurre en los quintiles de riqueza, donde la población de 60 y más años de edad diagnosticada con alguna afección cardíaca aumenta de acuerdo con el nivel de riqueza. Así, el 12,8% del quintil superior y el 9,0% del cuarto quintil manifestaron padecer de estas dolencias; menores porcentajes se presentaron en el quintil inferior y en el segundo quintil. Por otro lado, el 71,3% de adultos mayores del quintil superior y el 69,0% del cuarto quintil recibieron tratamiento médico; sin embargo, el 65,2% de los que pertenecen al quintil inferior y el 51,8% del segundo quintil con enfermedad del corazón no recibieron tratamiento médico, INEI (2012).

Figura N° 4.32

Población adulta mayor con enfermedad del corazón, según quintil de riqueza, 2012.  
(Porcentaje)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Demográfica y de Salud Familiar.

Según área de residencia, se observó mayor incidencia de un infarto o que tenían alguna enfermedad del corazón en el área urbana (9,8%), que en el área rural (4,8%). En el área urbana de la población adulta mayor diagnosticada con alguna

enfermedad del corazón, el 65,8% accedió a un tratamiento médico del sector público o privado; mientras que, en el área rural fue el 49,2%. A pesar de que, en el área rural se presentó menor población de adultos mayores con enfermedades del corazón, el 50,8% no recibió tratamiento por su afección cardíaca.

En la Tabla N° 4.3, se observa que las ciudades urbanas tienden a concentrar más población adulta mayor con enfermedades del corazón debido al estrés, hábitos alimentarios, sedentarismo, entre otros factores. Es así que, el mayor porcentaje de personas de 60 y más años de edad informadas de padecer enfermedades del corazón residen en Lima Metropolitana (11,9%); seguido por el Resto Costa (8,7%), Selva (7,3%) y Sierra (4,9%). En relación con los adultos mayores que recibieron tratamiento médico porque tuvieron un infarto o padecían del corazón fue menor en la Sierra (43,5%) y la Selva (58,7%); pero obteniendo altos porcentajes entre los que no accedieron a tratamiento médico (56,5% y 41,3%, respectivamente).



Tabla N° 4.3  
Población adulta mayor con enfermedad del corazón, 2012.

| Ámbito geográfico              | Enfermedad del corazón |                 |                 | Casos sin ponderar |
|--------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
|                                | Valor Estimado         | Con tratamiento | Sin tratamiento |                    |
| <b>Área de residencia</b>      |                        |                 |                 |                    |
| Urbana                         | 9,8                    | 65,8            | 34,2            | 6 057              |
| Rural                          | 4,8                    | 49,2            | 50,8            | 4 640              |
| <b>Región natural</b>          |                        |                 |                 |                    |
| Lima                           |                        |                 |                 |                    |
| Metropolitana                  | 11,9                   | 71,3            | 28,7            | 1 147              |
| Resto Costa                    | 8,7                    | 66,4            | 33,6            | 2 920              |
| Sierra                         | 4,9                    | 43,5            | 56,5            | 5 034              |
| Selva                          | 7,3                    | 58,7            | 41,3            | 1 596              |
| <b>Departamento</b>            |                        |                 |                 |                    |
| Amazonas                       | 9,6                    | 45,2            | 54,8            | 333                |
| Áncash                         | 8,2                    | 39,3            | 60,7            | 616                |
| Apurímac                       | 4,2                    | 44,4            | 55,6            | 493                |
| Arequipa                       | 4,7                    | 85,2            | 14,8            | 456                |
| Ayacucho                       | 2,8                    | 21,1            | 78,9            | 474                |
| Cajamarca                      | 9,8                    | 59,1            | 40,9            | 415                |
| Cusco                          | 3,8                    | 21,1            | 78,9            | 441                |
| Huancavelica                   | 2,5                    | 37,7            | 62,3            | 394                |
| Huánuco                        | 3,7                    | 51,3            | 48,7            | 401                |
| Ica                            | 10,2                   | 71,6            | 28,4            | 511                |
| Junín                          | 6,4                    | 38,4            | 61,6            | 430                |
| La Libertad                    | 7,5                    | 61,7            | 38,3            | 502                |
| Lambayeque                     | 5,9                    | 65,5            | 34,5            | 438                |
| Lima y Prov. Const. del Callao | 11,9                   | 72,1            | 27,9            | 1 277              |
| Loreto                         | 9,4                    | 55,3            | 44,7            | 295                |
| Madre de Dios                  | 14,3                   | 55,8            | 44,2            | 198                |
| Moquegua                       | 8,1                    | 45,7            | 54,3            | 436                |
| Pasco                          | 3,4                    | 89,9            | 10,1            | 333                |
| Piura                          | 6,3                    | 54,7            | 45,3            | 417                |
| Puno                           | 3,6                    | 26,0            | 74,0            | 643                |
| San Martín                     | 3,6                    | 68,0            | 32,0            | 298                |
| Tacna                          | 9,0                    | 80,7            | 19,3            | 288                |
| Tumbes                         | 10,3                   | 55,5            | 44,5            | 317                |
| Ucayali                        | 5,8                    | 83,1            | 16,9            | 291                |
| <b>Total 2012</b>              | <b>8,0</b>             | <b>62,4</b>     | <b>37,6</b>     | <b>10 697</b>      |
| Total 2011                     | 7,0                    | 65,5            | 34,5            | 10 161             |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Demográfica Familiar.

Con respecto a los resultados de la encuesta por departamento, se observa mayor incidencia de enfermedades del corazón en la población adulta mayor residente en Madre de Dios (14,3%), Lima y Provincia Constitucional del Callao (11,9%), Tumbes (10,3%) e Ica (10,2%); y menor porcentaje en Huancavelica (2,5%) y Ayacucho (2,8%).

Los adultos mayores con problemas cardíacos que recibieron tratamiento médico, en mayor proporción se encuentran en Pasco (89,9%), Arequipa (85,2%), Ucayali (83,1%) y Tacna (80,7%); en cambio, los que no buscaron o accedieron a tratamiento médico destacan en Ayacucho y Cusco (78,9% en ambos casos) y Puno (74,0%), INEI (2012).

#### **4.3.2 Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)**

A inicios de diciembre del año 2009, en la ciudad de Cancún, más de 2000 delegados de 109 países, acordaron denominar al 2010 como El Año del Pulmón. Fue durante la 40 Conferencia Mundial sobre la Salud Respiratoria de la Unión Internacional contra la Tuberculosis y Enfermedades Respiratorias (UICTER) y el Foro Internacional de Sociedades Respiratorias (FIRS).

La difícil situación de salud pulmonar a nivel mundial y los millones de personas que sufren cada año de EPOC, tuberculosis, asma, neumonía, influenza y otras enfermedades respiratorias, motivaron establecer una común agenda política y social para atender, hacer frente y prevenir dichos padecimientos.

La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es un importante problema de salud pública y la mayor causa de morbilidad crónica en el mundo. Muchas personas sufren de esta enfermedad durante años y mueren prematuramente por ella o por sus complicaciones. Las proyecciones al 2020 ubican a esta entidad pasando de la sexta a la tercera causa más común de muerte en el mundo, mientras que el aumento de morbilidad en el mismo plazo la moviliza del cuarto al tercer lugar. Es sub diagnosticada, no sólo en estadios tempranos, sino incluso cuando la función pulmonar está severamente afectada.

La prevalencia de la EPOC en la población mundial se estima que es aproximadamente del 1%, pero se eleva bruscamente a más del 10% en la población mayor de 40 años, subiendo sensiblemente con el incremento de la edad. En adultos

parece situarse entre el 4% y el 10% en los países donde ha sido rigurosamente medida. Parte de la variación atribuida a diferencias en la exposición de riesgo o características poblacionales pueden verse influidas por los métodos y las definiciones utilizadas para medir la enfermedad

La obstrucción al flujo aéreo se define por la espirometría, que es la prueba de función pulmonar más ampliamente disponible y reproducible, cuando el cociente FEV1/FVC post bronco dilatador es menor de 70% (o por debajo del límite inferior de la normalidad en sujetos mayores de 60 años). La definición de EPOC leve (GOLD: Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease), basada en una relación FEV1/FVC (Volumen espirado forzado al 1er segundo / Capacidad vital forzada) de 70% ha sido criticada recientemente, por el riesgo de diagnóstico falso positivo, especialmente en los ancianos, porque el proceso normal de envejecimiento afecta a los volúmenes pulmonares. Existe la necesidad de tener valores espirométricos post bronco dilatador para evitar el sobre diagnóstico, el tratamiento inadecuado y los costos elevados

Una encuesta de hogares de una población de 12 a 64 años, realizada en el Perú en el año 2007, señaló una prevalencia global de uso actual de consumo de tabaco de 26,8%. En Lima 29,8% y en provincias 17,8%; en el sexo masculino 39,3% y en el sexo femenino 16,7%. El 12,5% de la población fumadora presentó síntomas de adicción al tabaco, siendo notoria la aparición de grupos más jóvenes consumiendo tabaco.

En una comunidad rural de la sierra central del Perú se encontró, en adultos mayores expuestos al humo de leña (tiempo promedio de 34 años), una prevalencia de EPOC de 12%, a predominio de mujeres.

La hospitalización a domicilio se ha convertido en una herramienta eficaz en el tratamiento de la EPOC, evitando o disminuyendo ingresos o reingresos al nosocomio y visitas a urgencias.

El Dr. Javier Jáuregui, médico neumólogo en el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins y profesor en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, presenta los lineamientos para el Tratamiento de la EPOC Estable, destacando que la detección temprana es la clave del manejo y que las medidas más importantes

son dejar de fumar, un tratamiento farmacológico adecuado, oxigenoterapia, manejo de los disturbios del sueño, rehabilitación pulmonar y cirugía en los casos pertinentes. El Dr. José Portugal, médico neumólogo en la Clínica San Felipe y con amplia experiencia en el Programa de Rehabilitación Pulmonar del Hospital Central de la FAP, señala que la intolerancia al ejercicio, manifestada principalmente como disnea y fatiga, es uno de los principales factores limitantes en actividades de la vida diaria en los pacientes con EPOC. Remarca igualmente que un programa de rehabilitación pulmonar comprende educación y apoyo psicosocial al paciente, reentrenamiento respiratorio y entrenamiento muscular (tanto de miembros superiores como inferiores), con un adecuado soporte nutricional y técnicas de relajación.

El Dr. Oscar Gayoso, médico neumólogo en el Hospital Nacional Cayetano Heredia, con amplia experiencia en la Unidad de Cuidados Intensivos y profesor en la Universidad Cayetano Heredia, puntualiza las medidas más adecuadas en el manejo de la exacerbación aguda en la EPOC. Destaca igualmente el gran aporte de la ventilación no invasiva en el tratamiento seguro y efectivo a los pacientes con hipercardia aguda, permitiendo descansar al músculo diafragma, superar la crisis, evitar el agotamiento y disminuir el número de intubaciones y de la mortalidad.

El Dr. Julio Armas, médico neumólogo en el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati nos explicó cómo se realizaban las pruebas antes de tener los espirómetros modernos, la importancia de la cantidad de aire que podemos almacenar en los pulmones y la fuerza con la cual podemos exhalar o inhalar.

Tabla No. 4.4  
Población con algún problema de salud crónico y no crónico, según sexo, 2005-2011.

| PROBLEMAS DE SALUD/SEXO | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Crónico 1/</b>       | 20,5 | 22,7 | 23,2 | 24,4 | 25,4 | 31,8 | 36,3 |
| Hombre                  | 17,8 | 19,9 | 20,4 | 21,2 | 22,2 | 28,0 | 32,1 |
| Mujer                   | 23,2 | 25,5 | 26,0 | 27,4 | 28,6 | 35,5 | 40,4 |
| <b>No Crónico 2/</b>    | 34,5 | 34,8 | 38,4 | 38,6 | 37,8 | 36,2 | 33,3 |
| Hombre                  | 32,9 | 33,4 | 36,7 | 37,1 | 36,1 | 35,1 | 33,4 |
| Mujer                   | 36,1 | 36,2 | 40,1 | 40,1 | 39,5 | 37,3 | 33,2 |

1/ Se considera población con algún problema de salud crónico a aquellas que padecen enfermedades crónicas (artritis, hipertensión, asma, reumatismo, diabetes, VIH entre otros).

2/ Se considera población con algún problema de salud no crónico a aquella que reporto haber padecido sintoma o malestar, enfermedad o accidente.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Hogares.

Tabla No. 4.5  
Población con algún problema de salud crónico y no crónico, según área de residencia, 2005 – 2011

| Problemas de salud/Área de residencia | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Crónico 1/</b>                     | 20,5 | 22,7 | 23,2 | 24,4 | 25,4 | 31,8 | 36,3 |
| Urbana                                | 21,9 | 23,9 | 25,5 | 26,6 | 27,6 | 34,7 | 39,2 |
| Rural                                 | 17,1 | 19,7 | 17,4 | 18,4 | 19,5 | 23,8 | 27,8 |
| <b>No Crónico 2/</b>                  | 34,5 | 34,8 | 38,4 | 38,6 | 37,8 | 36,2 | 33,3 |
| Urbana                                | 33,2 | 33,9 | 36,6 | 36,5 | 36,0 | 34,8 | 31,9 |
| Rural                                 | 37,6 | 37,1 | 43,0 | 44,3 | 42,6 | 40,2 | 37,4 |

1/ Se considera población con algún problema de salud crónico a aquellas que padecen enfermedades crónicas (artritis, hipertensión, asma, reumatismo, diabetes, VIH entre otros).

2/ Se considera población con algún problema de salud no crónico a aquella que reporto haber padecido sintoma o malestar, enfermedad o accidente.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Hogares.

El presente estudio fue realizado en el servicio de Medicina Interna 6 C del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins, revisando las historias clínicas de los pacientes geriátricos. El servicio cuenta con 29 camas para igual número de pacientes, su grado de uso es del 100% y la estancia promedio es de 15:35 días por paciente.

El total de ingresos en el estudio fue de 689 y el estudio comprendió a los pacientes de 65 o más años de edad. Dentro de este grupo población ingresaron 300 pacientes (43.5%) repartidos en 173 varones y 127 mujeres. Los ingresos al servicio se hacen exclusivamente por el Servicio de Emergencia con pacientes que necesitan de precisión diagnóstica o para continuar el tratamiento ya iniciado.

Para la recolección de datos se hizo un modelo de encuesta confeccionado acorde a la investigación que se deseaba realizar. Se consignó en frecuencias absolutas el diagnóstico principal de ingreso y egreso, siendo luego ordenados y clasificados en tablas simples de frecuencias.

Tabla No. 4.6  
Enfermedades previas en los ancianos hospitalizados. Servicios 6C,  
Hospital E. Rebagliati – Lima.

|  | n  | %    |
|--|----|------|
| Hipertensión arterial                      | 91 | 29.2 |
| Diabetes mellitus                          | 49 | 15.7 |
| Insuficiencia cardíaca<br>congestiva       | 27 | 8.7  |
| Enfermedad isquémica<br>cardíaca           | 19 | 6.1  |
| Enfermedad pulmonar<br>obstructiva crónica | 17 | 5.5  |
| Síndrome org. cerebral<br>crónico          | 14 | 4.5  |
| Neoplasias                                 | 14 | 4.5  |
| Accidente cerebrovascular                  | 12 | 3.9  |
| Insuficiencia renal crónica                | 10 | 3.2  |

|                    |     |       |
|--------------------|-----|-------|
| Asma bronquial     | 9   | 2.9   |
| Cirrosis hepática  | 9   | 2.9   |
| Otros diagnósticos | 41  | 13.1  |
| Total              | 312 | 100.0 |

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.*

Ingresaron al servicio 689 pacientes de los cuales 300 (43.54%) tenían 65 o más años de edad. La distribución de los pacientes de 65 o más años por sexo fue de 173 (57.7%) varones y 127 (42.3%) mujeres.

La distribución de los 300 pacientes estudiados según los grupos étnicos se comportó de manera similar en las edades comprendidas de 65-84 años y a partir de los 85 años comienza a decrecer y se hace mínima a los 95, lo cual se corresponde con la distribución de la población anciana en la provincia de Lima, según los últimos datos sobre población.

Las enfermedades previas encontradas con mayor frecuencia fueron Hipertensión Arterial, Diabetes mellitus, Insuficiencia cardíaca, Enfermedad isquémica del corazón y EPOC.

Tabla No.4.7

Población mayor de 65 años atendida en el Hospital Rebagliati (N = 300 personas).

| Problema   | Porcentaje | Cantidad De Pacientes |
|------------|------------|-----------------------|
| Crónico    | 86.33%     | 259                   |
| No Crónico | 13.67%     | 41                    |

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.*

Tabla No. 4.8

Población mayor de 65 años con enfermedades crónicas atendida en el Hospital Rebagliati (N = 259 personas).

| Problema | Porcentaje | Cantidad De Pacientes |
|----------|------------|-----------------------|
| EPOC     | 22.77%     | 59                    |
| No EPOC  | 77.23%     | 200                   |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Se observa que en la muestra que se tomó de personas mayores de 65 años, los problemas de EPOC corresponden aproximadamente a la cuarta parte. Esto se debe a que en esta edad otros problemas principales son los problemas en el corazón, de irrigación sanguínea, cirrosis, gastritis y otros males que se fueron acumulando a lo largo del tiempo.

#### 4.3.3 Diabetes

Las enfermedades no transmisibles o crónicas (ENT, acrónimo según la OMS) son afecciones de larga duración con una progresión generalmente lenta. Los cuatro tipos principales de enfermedades no transmisibles son:

- Las enfermedades cardiovasculares (por ejemplo, los infartos de miocardio o accidentes cerebro vasculares).
- El cáncer.
- Las enfermedades respiratorias crónicas (por ejemplo, la neumopatía obstructiva crónica o el asma).
- La diabetes.

Las ENT representan el 63% del número total de defunciones. Las enfermedades no transmisibles (ENT) - principalmente las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, las enfermedades respiratorias crónicas y la diabetes - son responsables del 63% de las muertes que se producen en el mundo (36 millones de 57 millones de muertes globales).

El 80% de las ENT se dan en los países de ingresos bajos y medios.

Más de 9 millones de las muertes atribuibles a las ENT se producen en personas menores de 60 años.



En términos mundiales, las ENT afectan por igual a hombres y mujeres.

Las enfermedades no transmisibles son en gran medida prevenibles mediante intervenciones eficaces que aborden los factores de riesgo. Los principales factores de riesgo son el tabaquismo, el uso nocivo del alcohol, la mala alimentación y la falta de actividad física.

Las ENT no solo constituyen un problema sanitario sino también un desafío en materia de desarrollo. Las ENT empujan a muchas personas a la pobreza, o las mantienen sumidas en ella, debido al gasto médico catastrófico que entrañan.

En 2008, 1500 millones de adultos (de 20 y más años) tenían sobrepeso.

Alrededor de 43 millones de niños menores de cinco años tenían sobrepeso en 2010.

El tabaco se cobra cada año la vida de casi seis millones de personas. Las defunciones asociadas al tabaquismo podrían superar los 7,5 millones para 2020 representando el 10% de todas las muertes.

La eliminación de los riesgos más importantes permitiría prevenir la mayoría de las ENT. De eliminarse los principales factores de riesgo para el padecimiento de enfermedades crónicas, se podrían prevenir cerca de tres cuartas partes de la carga atribuible a las enfermedades cardiovasculares, los accidentes cerebro vasculares y la diabetes de tipo 2, y un 40% de los casos de cáncer.

#### **Datos y Cifras:**

- En el mundo hay más de 347 millones de personas con diabetes. La diabetes se está convirtiendo en una epidemia mundial relacionada con el rápido aumento del sobrepeso, la obesidad y la inactividad física.
- Se prevé que la diabetes se convierta en el año 2030 en la séptima causa mundial de muerte. Se calcula que las muertes por diabetes aumentarán más de un 50% en los próximos 10 años.
- La diabetes de tipo 2 es mucho más frecuente que la de tipo 1. El tipo 2 representa aproximadamente un 90% de los casos mundiales de diabetes. Los casos de diabetes de tipo 2 en niños, que antes eran raros, han aumentado en todo el mundo, y en algunos países representan casi la mitad de los nuevos casos diagnosticados en niños y adolescentes.

- Un 50% a 80% de las muertes de pacientes diabéticos se deben a causas cardiovasculares. La diabetes se ha convertido en una de las causas principales de enfermedad y muerte prematura en la mayoría de los países, sobre todo debido al aumento del riesgo de enfermedades cardiovasculares.
- Las estimaciones revelan que 3,4 millones de personas fallecieron por exceso de azúcar en la sangre.
- El 80% de las muertes por diabetes se registran en países de ingresos bajos y medios. En los países desarrollados la mayoría de los diabéticos han superado la edad de jubilación, mientras que en los países en desarrollo el grupo más afectado es el de 35 a 64 años.
- La diabetes es una causa importante de ceguera, amputación e insuficiencia renal. La combinación de la falta de concientización sobre la diabetes con el acceso insuficiente a los servicios de salud y a los medicamentos esenciales puede producir complicaciones como la ceguera, la amputación o la insuficiencia renal.

Los resultados de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2012 muestran que el 8,7% de los adultos mayores declararon haber sido informados que tenían diabetes y que el 78,7% recibieron tratamiento médico para tener mejor calidad de vida; sin embargo, es preocupante que el 21,3% de adultos mayores no hayan buscado tratamiento por un profesional de la salud exponiéndose a diversas complicaciones asociadas a la enfermedad. Con relación al año 2011, la proporción de adultos mayores con diabetes (7,8%) se incrementó en 1,1 puntos porcentuales.

Según sexo se observó que la población adulta mayor con diagnóstico de diabetes fue mayor en las mujeres (9,5%) que en los hombres (7,7%). Por otro lado, el 81,4% de las mujeres diabéticas recibieron algún tratamiento médico para mantener los niveles de glucosa en sangre dentro de la normalidad; en los hombres este porcentaje fue de 74,8%.

En relación con los datos de la encuesta, el 25,2% de hombres y 18,6% de mujeres diabéticas no han recibido tratamiento médico a través de medicamentos, dieta y ejercicios para controlar los niveles de azúcar en la

sangre y prevenir síntomas y problemas.

Con respecto a la prevalencia de diabetes por edad, se observó que el 9,6% de los que tenían de 60 a 64 años y el 9,4% de los de 65 a 69 años y de 70 a 74 años de edad, en ambos casos, presentaron esta enfermedad, reduciéndose en el grupo de 80 y más años de edad a 5,9%.

Entre los adultos mayores de 65 a 69 años de edad diagnosticados con diabetes el 79,6% recibieron tratamiento para reducir la glucemia que dañan los vasos sanguíneos; así como, los del grupo de 75 a 79 años de edad con 78,9%. Sin embargo, los adultos mayores que no recibieron tratamiento médico fue mayor entre los de 70 a 74 años de edad (22,2%), de 60 a 64 años y de 80 y más años (21,6% en ambos casos); situación que afecta la progresión de la enfermedad causando ceguera, enfermedad renal, cardiovascular y amputación no traumática de miembros inferiores.

Este comportamiento es similar entre los indicadores de educación y quintil de riqueza, a mayor educación o quintil de riqueza mayor incidencia de la diabetes en los adultos mayores. Los datos de la encuesta del año 2012 muestran que de la población adulta mayor con educación superior diagnosticada con diabetes el 85,5% recibieron tratamiento médico y entre los de educación secundaria el 83,8%. Sin embargo, entre los adultos mayores sin educación con diabetes, el 32,4% no accedieron a algún tratamiento médico que le permita un control moderado de la glucemia, encontrándose en situación vulnerable, INEI (2012).

Tabla N° 4.9

Población adulta mayor con diabetes, según característica seleccionada, 2012.

| Característica seleccionada | Valor estimado | Diabetes        |                 | Casos sin ponderar |
|-----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
|                             |                | Con tratamiento | Sin tratamiento |                    |
| <b>Sexo</b>                 |                |                 |                 |                    |
| Hombre                      |                |                 |                 |                    |
| Mujer                       | 7,7            | 74,8            |                 | 5 043              |
| <b>Grupo de edad</b>        | 9,5            | 81,4            | 25,2            | 5 654              |
| 60 - 64                     |                |                 | 18,6            |                    |
| 65 - 69                     | 9,6            | 78,4            |                 | 2 984              |
| 70 - 74                     | 9,4            | 79,6            | 21,6            | 2 615              |
| 75 - 79                     | 9,4            | 77,8            | 20,4            | 1 896              |
| 80 y más                    | 7,9            | 78,9            | 22,2            | 1 489              |
| <b>Nivel de educación</b>   | 5,9            | 78,4            | 21,1            | 1713               |
| Sin educación               |                |                 |                 |                    |
| Primaria                    | 4,5            | 67,6            |                 | 2732               |
| Secundaria                  | 8,2            | 75,3            | 32,4            | 5 137              |
| Superior                    | 11,5           | 83,8            | 24,7            | 1 704              |
| No sabe 1/                  | 13,6           | 85,5            | 16,2            | 1 109              |
|                             | *              | *               | 14,5            | 15                 |
| <b>Quintil de riqueza</b>   |                |                 |                 |                    |
| Quintil inferior            | 2,5            | 50,7            |                 | 3 402              |
| Segundo quintil             | 5,2            | 60,2            | 49,3            | 2 041              |
| Quintil intermedio          | 9,4            | 63,6            | 39,8            | 1 596              |
| Cuarto quintil              | 12,4           | 84,1            | 36,4            | 1 795              |
| Quintil superior            | 13,7           | 89,6            | 15,9            | 1 863              |
|                             |                |                 | 10,4            |                    |
| <b>Total 2012</b>           | <b>8,7</b>     | <b>78,7</b>     | <b>21,3</b>     | <b>10 697</b>      |
| Total 2011                  | 7,8            | 79,5            | 20,5            | 10 161             |

*Nota: Los porcentajes basados en menos de 25 casos sin ponderar no se muestran (\*), y los de 25 a 49 casos sin ponderar se presentan entre paréntesis. 1/ Comprende la población adulta mayor de la cual no se sabe el nivel de educación.*

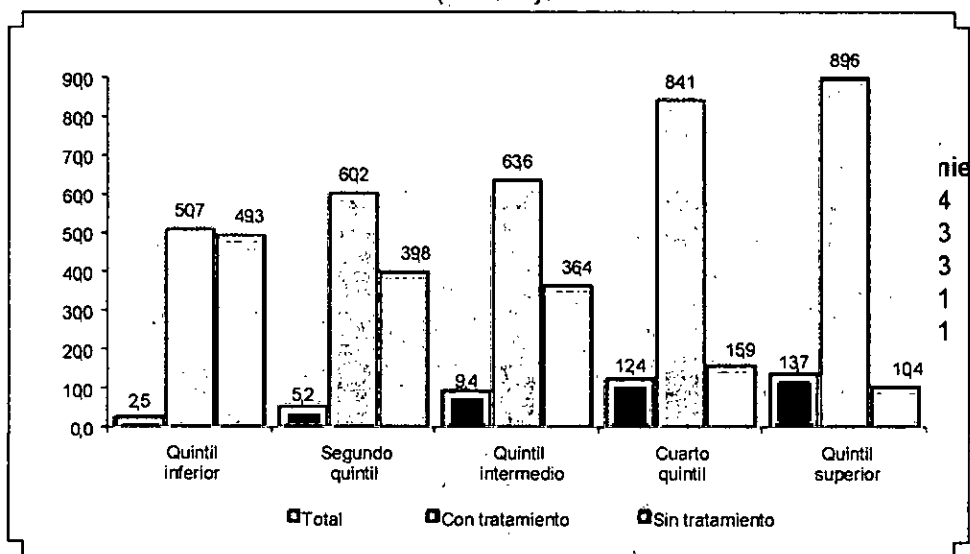
*Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Demográfica y de Salud Familiar.*

Con respecto a los quintiles de riqueza, se observó menores porcentajes de adultos mayores con diabetes en el quintil inferior (2,5%); seguido por el segundo quintil (5,2%) y quintil intermedio (9,4%) debido entre, otras razones a su baja capacidad

adquisitiva y poca frecuencia de consumir dietas con elevadas “grasas saturadas”. De los que fueron informados de padecer de diabetes, el 89,6% del quintil superior recibieron tratamiento médico frente al 50,7% de los adultos mayores diabéticos del quintil inferior. A pesar del menor porcentaje de adultos mayores con diabetes ubicados en el quintil inferior cerca de la mitad (49,3%) se encuentran sin tratamiento.

Figura N° 4.33

Perú: Población adulta mayor con y sin tratamiento de diabetes, según quintil de riqueza, 2012.  
(Porcentaje)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Demográfica y de Salud.

El estilo de vida de los adultos mayores también está determinado por los componentes socio-culturales del lugar donde habitan, presentando mayor o menor prevalencia de alguna enfermedad. El 11,7% de los adultos mayores residentes en el área urbana fueron informados que tenían diabetes; en cambio, en el área rural solo se encontró el 3,0%. Por otro lado, en el área rural, el 40,9% de la población adulta mayor diagnosticada con diabetes no recibieron tratamiento por un profesional de la salud; en el área urbana se encontró un 18,7% de diabéticos de 60 y más años de edad que no buscaron tratamiento médico en el sector público o privado.

Los resultados de la encuesta mostraron que los mayores porcentajes de adultos

mayores con diabetes se encuentran en Lima Metropolitana (13,2%) y Resto Costa (11,2%); los menores porcentajes se presentan en la Sierra (4,6%) y Selva (5,9%). En la Sierra se observó que el 34,1% de adultos mayores con diabetes no recibieron tratamiento médico, en la Selva fue 20,2% los que no buscaron ayuda médica; seguida por el Resto Costa con 19,4% y Lima Metropolitana con 16,7%.

Según departamento se observó un mayor porcentaje de adultos mayores con diabetes en Lima y Provincia Constitucional del Callao (12,7%), Piura (12,6%), Tacna y Tumbes (12,4% en ambos casos); en tanto, un menor porcentaje se encontró en Amazonas (2,1%), Apurímac, Cusco, Huancavelica y Junín (3,7% en cada caso). Por otro lado, en Áncash (52,9%) y Huancavelica (50,2%) las personas mayores de 60 y más años de edad no recibieron tratamiento médico; seguido por Junín (48,4%) y Cusco (39,7%), entre otros.

Tabla N° 4.10

Perú: Población adulta mayor con diabetes, según ámbito geográfico, 2012.

| Ámbito geográfico              | Valor estimado | Diabetes        |                 | Casos sin ponderar |
|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
|                                |                | Con tratamiento | Sin tratamiento |                    |
| <b>Área de residencia</b>      |                |                 |                 |                    |
| Urbana                         | 11,7           | 81,3            | 18,7            | 6 057              |
| Rural                          | 3,0            | 59,1            | 40,9            | 4 640              |
| <b>Región natural</b>          |                |                 |                 |                    |
| Lima                           |                |                 |                 |                    |
| Metropolitana                  | 13,2           | 83,3            | 16,7            | 1 147              |
| Resto Costa                    | 11,2           | 80,6            | 19,4            | 2 920              |
| Sierra                         | 4,6            | 65,9            | 34,1            | 5 034              |
| Selva                          | 5,9            | 79,8            | 20,2            | 1 596              |
| <b>Departamento</b>            |                |                 |                 |                    |
| Amazonas                       | 2,1            | 77,1            | 22,9            | 333                |
| Áncash                         | 6,1            | 47,1            | 52,9            | 616                |
| Apurímac                       | 3,7            | 72,9            | 27,1            | 493                |
| Arequipa                       | 7,3            | 84,3            | 15,7            | 456                |
| Ayacucho                       | 4,4            | 64,5            | 35,5            | 474                |
| Cajamarca                      | 4,8            | 70,9            | 29,1            | 415                |
| Cusco                          | 3,7            | 60,3            | 39,7            | 441                |
| Huancavelica                   | 3,7            | 49,8            | 50,2            | 394                |
| Huánuco                        | 4,4            | 66,3            | 33,7            | 401                |
| Ica                            | 11,1           | 85,5            | 14,5            | 511                |
| Junín                          | 3,7            | 51,6            | 48,4            | 430                |
| La Libertad                    | 8,5            | 88,4            | 11,6            | 502                |
| Lambayeque                     | 11,7           | 79,8            | 20,2            | 438                |
| Lima y Prov. Const. del Callao | 12,7           | 81,8            | 18,2            | 1 277              |
| Loreto                         | 8,6            | 74,6            | 25,4            | 295                |
| Madre de Dios                  | 11,6           | 64,8            | 35,2            | 198                |
| Moquegua                       | 11,1           | 66,6            | 33,4            | 436                |
| Pasco                          | 6,0            | 90,9            | 9,1             | 333                |
| Piura                          | 12,6           | 83,9            | 16,1            | 417                |
| Puno                           | 3,9            | 81,9            | 18,1            | 643                |
| San Martín                     | 4,1            | 82,3            | 17,7            | 298                |
| Tacna                          | 12,4           | 79,6            | 20,4            | 288                |
| Tumbes                         | 12,4           | 70,4            | 29,6            | 317                |
| Ucayali                        | 8,9            | 95,7            | 4,3             | 291                |
| <b>Total 2012</b>              | <b>8,7</b>     | <b>78,7</b>     | <b>21,3</b>     | <b>10 697</b>      |
| Total 2011                     | 7,8            | 79,5            | 20,5            | 10 161             |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Demográfica y de Salud Familiar.

**4.3.4 Depresión:** En este reporte nos vamos a centrar en las estadísticas en torno a la Depresión en Lima. Específicamente la del Hospital Almenara (Av. Grau cdra. 7, La Victoria, Perú), para los meses de enero y febrero del 2013.

Tabla No. 4.11  
Reportes del Hospital Almenara.

| Hospital Almenara / 2013 |                           |               |                           |
|--------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
|                          | Con Enfermedades Crónicas | Con Depresión | Total de Pacientes al mes |
| Enero                    | 10 025                    | 6 184         | 38 958                    |
| Febrero                  | 10 282                    | 6 198         | 36 019                    |
|                          | 20 307                    | 12 382        | 74 977                    |

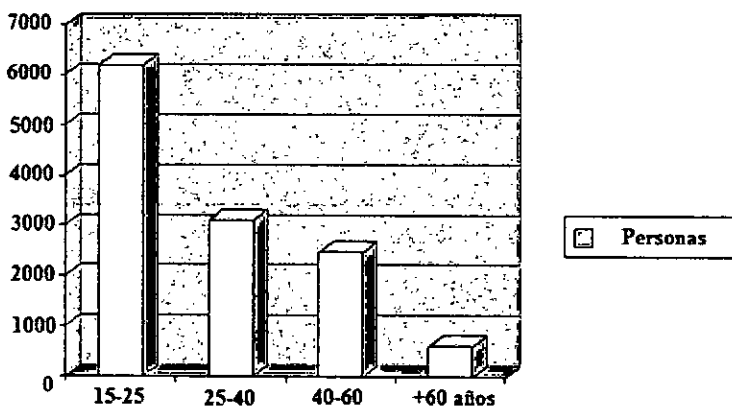
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

En la investigación se notó que la categoría de Depresión no está contemplada como tal, sino que pertenece a un conjunto de sub-grupos de la categoría “Atención Psicológica”.

Según los datos del Hospital, 20 de cada 100 personas que se vienen a tratar sobre problemas psicológicos, lo hacen por motivos de Depresión, ansiedad, o hiperactividad. El 50% de estos son jóvenes de entre 15-25 años.

Figura No. 4.34

Número de personas con depresión en el mes de febrero.

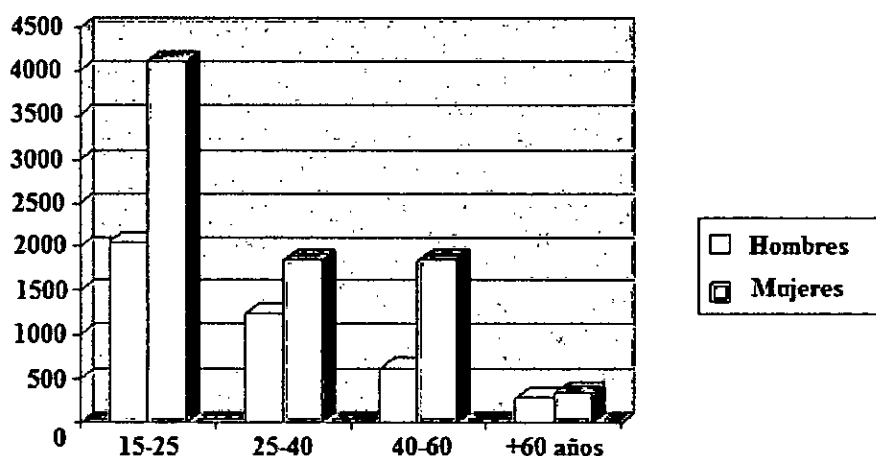


Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

También se tiene una estadística comparativa en cuanto a mujeres y varones.



Figura No. 4.35  
Estadística comparativa entre hombres y mujeres.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

En los casos de Mujeres que van a tratarse problemas de depresión, ansiedad o similares, su número es mucho mayor que en el caso de los hombres. Aparte, cabe destacar que los casos en que la depresión ha llevado a las personas al suicidio, es mucho mayor en hombres. Es decir, se contabiliza que es mayor la cantidad de mujeres que **intentan** suicidarse, pero menor las que lo **concretan**. Esto se ve reflejado en la gráfica, ya que es mayor la población femenina que va al hospital a tratarse este tipo de problemas.

Datos adicionales:

- Se proyecta para el año 2020 por la OMS (Organización Mundial de la Salud), que la depresión será la segunda causa de discapacidad en el mundo luego de las enfermedades cardiovasculares.
- De las aproximadamente 55 personas encuestadas que fueron al hospital a tratarse un tema de depresión, más del 50% lo hacía NO por voluntad propia, sino por presión de los padres/familiares. Según cada opinión, consideraban innecesario el tratamiento.

Información extraída de archivos del 2011:

- 71,6% de los casos de depresión en nuestro país se registra en mujeres.

- 64% de los depresivos piensa en suicidarse alguna vez. Sólo el 12,2% lo intenta realmente.
- 92,4% de personas con depresión presenta problemas de sueño.

#### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. Dentro de cada instrumento concreto pueden distinguirse dos aspectos diferentes: una forma y un contenido. La forma del instrumento se refiere al tipo de aproximación que establecemos con lo empírico, a las técnicas que utilizamos para esta tarea. En cuanto al contenido éste queda expresado en la especificación de los datos concretos que necesitamos conseguir; se realiza, por lo tanto, en una serie de ítems que no son otra cosa que los indicadores bajo la forma de preguntas, de elementos a observar, etc. De este modo, el instrumento sintetiza en sí toda la labor previa de investigación: resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados; pero también expresa todo lo que tiene de específicamente empírico nuestro objeto de estudio, pues sintetiza a través de las técnicas de recolección que emplea, el diseño concreto escogido para el trabajo. Para el caso del proyecto de investigación se pueden recurrir:

- Encuestas utilizando cuestionarios a pacientes con dolencias crónicas que requieran asistencia.
- Encuestas que tratan pacientes crónicos o no.
- Encuestas utilizando cuestionarios a los proveedores de equipamiento.
- Encuestas al personal técnico de salud.

Por otro lado, los datos pueden subdividirse en dos grandes grupos según su procedencia: datos primarios y datos secundarios. Los datos primarios son aquellos que se obtienen directamente a partir de la realidad misma, sin sufrir ningún proceso de elaboración previa. En otras palabras, son los que el investigador o sus auxiliares recogen por sí mismos, en contacto con la realidad. Los datos secundarios, por otra parte, son registros escritos que proceden también de un contacto con la práctica, pero que ya han sido recogidos, y muchas veces procesados, por otros

investigadores. Las técnicas de recolección que se emplean en uno y otro caso son bien disímiles, como es fácil de comprender, puesto que en un caso nos enfrentamos a la compleja y cambiante realidad y en el otro nos vemos ante un cúmulo de materiales dentro de los cuales es preciso discernir con criterio los más pertinentes. Sin embargo, datos primarios y secundarios no se oponen entre sí, sino que más bien están encadenados indisolublemente: todo dato secundario ha sido primario en sus orígenes, y todo dato primario, a partir del momento en que el investigador concluye su trabajo, se convierte en dato secundario para los demás.

Para la recolección de datos, de las técnicas utilizadas, en primer lugar la de la observación, por ser fundamental en todos los campos de la ciencia. La observación consiste en el uso sistemático de nuestros sentidos orientados a la captación de la realidad que queremos estudiar. Es por ello una técnica antiquísima, cuyos primeros aportes sería imposible rastrear. A través de los sentidos el hombre capta la realidad que lo rodea, que luego organiza intelectualmente. Otro procedimiento trata de la entrevista, que en esencia consiste en una interacción entre dos personas, una de las cuales -el investigador- formula determinadas preguntas relativas al tema en investigación, mientras la otra -el investigado- proporciona verbalmente o por escrito la información que le es solicitada.

Existen además otros procedimientos de recolección de datos primarios, entre los que figuran el llamado cuestionario de auto aplicación, los test, los diagramas socio métricos, las escalas y diferenciales semánticos, etc., algunos de los cuales formaran parte de la estrategia para la recolección de información.

Los datos secundarios suelen encontrarse diseminados, ya que el material escrito corrientemente se dispersa en múltiples archivos y fuentes de información. Pese a esto las bibliotecas son la mejor opción que se presenta al investigador, en especial en cuanto se refiere a libros, revistas científicas y boletines informativos. Habiendo llegado a conocer la información disponible que resulte oportuna para nuestras investigaciones, el próximo paso será el de leer rápidamente la misma para calibrar su grado de interés y pertinencia, efectuando una primera selección. Es muy probable que, al ir revisando las obras, encontremos en ellas aspectos de interés que debamos o podamos emplear más adelante.

#### 4.4.1 Enfermedades cardiacas

Un cuestionario que puede ayudar al especialista para estudiar la detección de enfermedades cardiacas en un paciente se muestra a continuación:

Figura N° 4.36  
Cuestionario de enfermedades cardiacas e hipertension.

| INFORMACION DEL PACIENTE   |   |                          |                  |
|--|---|--------------------------|------------------|
| Nombre   |   | Apellido                 |                  |
| Fecha de nacimiento  |   | Sexo                     |                  |
| DIAGNOSTICO  |   |                          |                  |
| Por favor proporcione detalles de cuando la condicion fue diagnosticada  |   |                          |                  |
| Fecha de la primera consulta   | Sintomas  |                          |                  |
|  | Diagnostico   |                          |                  |
| ¿Ha tenido el paciente alguno de los siguientes sintomas? Si responde "SI" por favor explique.   |   |                          |                  |
| Sintoma  |   | Fecha del primer sintoma | Severidad        |
| Falta de aire  | <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO |                          |                  |
| Dolor en el pecho  | <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO |                          |                  |
| Pérdida de la conciencia   | <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO |                          |                  |
| Mareos   | <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO |                          |                  |
| Papilaciones   | <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO |                          |                  |
| Otro   | <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO |                          |                  |
| ¿Se ha sometido el paciente a alguna cirugía cardiovascular? Si responde "SI" por favor proporcione detalles. <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO  |   |                          |                  |
|  |   |                          |                  |
|  |   |                          |                  |
| ¿Está el paciente bajo tratamiento? Si responde "SI" por favor describa el tratamiento e indique el nombre y la dosis de los medicamentos. <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO   |   |                          |                  |
|  |   |                          |                  |
|  |   |                          |                  |
| Por favor proporcione la siguiente información:  |   |                          |                  |
| Fecha  | Estatura  | Peso                     | Presión arterial |
|  |   |                          |                  |
| Valores de pruebas realizadas en los últimos 6 meses:  |   |                          |                  |
| Glucosa  | Hemoglobina glicosilada                                 | Creatinina               | Potasio          |
|  |   |                          |                  |
| Coolesterol total  | HDL   | LDL                      | Triglicéridos    |
|  |   |                          |                  |
| Resultado de muestras proporcionadas durante los últimos 6 meses:  |   |                          |                  |
| Orina  | Sangre  | Azúcar                   | Albumino         |
|  |   |                          |                  |
| Por favor incluya el ECG y la interpretación de las radiografías de tórax que se hayan efectuado durante los últimos 12 meses. En caso de prolapso de válvula mitral o soplo cardíaco, por favor adjunte el resultado de la ecografía doppler: |   |                          |                  |
| Resultado del ECG  | Fecha   |                          |                  |
| Resultado de radiografía   | Fecha   |                          |                  |

| ¿Se ha sometido el paciente a cualquiera de las siguientes pruebas? Si responde "SI", por favor explique, en caso de serlo |   |              |           |
|--|---|--------------|-----------|
| Prueba   |   | Fecha        | Resultado |
| Ecocardiografía  | <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No | DD / MM / AA |           |
| Prueba de esfuerzo (oña ergométrica)   | <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No | DD / MM / AA |           |
| Gammagrafía de perfusión miocárdica  | <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No | DD / MM / AA |           |
| Actuamiento de creatinina  | <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No | DD / MM / AA |           |
| Otra   | <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No | DD / MM / AA |           |

| Antecedentes como fumador |                  | Otros comentarios |
|---------------------------|------------------|-------------------|
| Cantidad por día          | Por cuántos años |                   |
|                           |                  |                   |

¿Tiene el paciente parientes que sufran o han sufrido enfermedades cardiovasculares o arteriosclerosis antes de los 55 años de edad?  SI  No  
Si responde "SI", por favor explique

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |

¿Hay algún otro factor, enfermedad, síntoma o complicación relevante que no se haya mencionado anteriormente?  SI  No  
Si responde "SI", por favor explique

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |

¿Ha referido al paciente a otro especialista u hospital, o sabe si el paciente ha recibido tratamiento en otro lado?  SI  No  
Si responde "SI", por favor proporcione la información solicitada abajo

|                            |  |          |  |
|----------------------------|--|----------|--|
| Nombre del médico          |  | Teléfono |  |
| Tratamiento ambulatorio    |  |          |  |
| Hospital                   |  | Teléfono |  |
| Tratamiento en el hospital |  |          |  |

| INFORMACIÓN DEL MÉDICO TRATANTE |  |       |              |
|---------------------------------|--|-------|--------------|
| Nombre                          |  |       |              |
| Dirección                       |  |       |              |
| Teléfono                        |  | Fax   |              |
| Correo electrónico              |  |       |              |
| Firma                           |  | Fecha | DD / MM / AA |

Fuente: [www.bupasalud.com](http://www.bupasalud.com).

#### 4.4.2 Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)

La EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica) engloba los conceptos de Bronquitis Crónica y Enfisema Pulmonar.

Es una enfermedad de gran trascendencia, pero desconocida por la mayoría de los

afectados.

A continuación se presenta un cuestionario, que permite descubrir si una persona padece o no EPOC, propuesta por Loja (2013):

Tabla N° 4.12  
Cuestionario para la detección de EPOC.

|   |  | SI | NO |
|---|--|----|----|
| 1 | ¿Tose la mayoría de los días?                                  |    |    |
| 2 | ¿Arranca flemas con frecuencia?                                |    |    |
| 3 | ¿Siente que se fatiga más fácilmente que los demás de su edad? |    |    |
| 4 | ¿Tiene más de 40 años?   |    |    |
| 5 | ¿Fuma o ha fumado?   |    |    |

*Fuente: Fisiopatología, Evaluación funcional. Loja, D. (2013).*

“Si responde afirmativamente a 3 o más de estas preguntas, puede tener EPOC. Acuda a su médico para confirmarlo mediante una sencilla prueba de respiración. Si la EPOC se detecta precozmente, hay medidas que pueden ayudar a detener el daño a los pulmones y que harán que se sienta mejor”.

#### 4.4.3 Diabetes

El examen estándar que permite descartar la enfermedad de la diabetes consigna la toma de valores de variables secundarias y los respectivos indicadores (véase la Tabla N° 4.13).

Tabla N° 4.13

Formato de examen para la detección de diabetes.

| VARIABLES   | INDICADORES   |
|---|---|
| <b>Peso</b><br>Normal<br>Sobrepeso<br>Obesidad grado I<br>Obesidad grado II<br>Obesidad grado III | 18,50-24,99 Kg/m <sup>2</sup><br>25,00-29,99 Kg/m <sup>2</sup><br>30,00-34,99 Kg/m <sup>2</sup><br>35,00-39,99 Kg/m <sup>2</sup><br>≥ 40,00 Kg/m <sup>2</sup> |
| <b>Cintura</b><br>Riesgo  | Hombres ≥ 102 cm. Mujeres ≥ 88 cm.  |
| <b>Relación: cintura/cadera</b><br>Riesgo   | Hombres > 1,0. Mujeres > 0,85   |
| <b>Colesterol total</b><br>Deseable<br>Límitrofe alto<br>Alto                                     | < 200 mg/ml<br>200-239 mg/ml<br>≥ 240 mg/ml   |
| <b>Colesterol LDL</b><br>Óptimo/Límitrofe bajo<br>Límitrofe alto<br>Alto/Muy alto                 | < 130 mg/ml<br>130-159 mg/ml<br>≥ 160 mg/ml   |
| <b>Colesterol HDL</b><br>Óptimo<br>Límitrofe<br>Bajo  | ≥ 60 mg/ml<br>40-59 mg/ml<br>< 40 mg/ml   |
| <b>Triglicéridos</b><br>Normal<br>Levemente elevados<br>Elevados<br>Muy elevados                  | < 150 mg/ml<br>150-199 mg/ml<br>200-499 mg/ml<br>≥ 500 mg/ml  |
| <b>Consumo de tabaco</b>  | Fumadores actuales<br>Fumadores de 1 o más cigarrillos por día  |
| <b>Consumo de alcohol</b>   | 5 o más bebidas/día en últimas 4 semanas  |
| <b>Antecedentes familiares</b>  | Antecedentes familiares de diabetes mellitus<br>Hipertensión arterial, accidente cerebrovascular,<br>Hipercolesterolemia e infarto agudo al miocardio.        |
| <b>Datos sociodemográficos</b>  | Escolaridad, analfabetismo, empleo actual, tiempo de residencia en zona urbana/periurbana, grupo étnico.  |

WHO, Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic; Geneva 2000.

Third Report of the National Cholesterol Education Program (INCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adults Treatment Panel III)

*Nota: Los indicadores referidos al peso corporal se basan en el cociente de peso en Kg dividido por el cuadrado de la estatura en metros.*

#### **4.4.4 Depresión**

Sabemos por la experiencia clínica de muchos años, que el diagnóstico de la depresión puede ser tan fácil que el propio paciente al llegar a consulta le dice al médico, que quiere que le trate su depresión, o extraordinariamente difícil, como sucede en algunos casos de "depresión enmascarada". Por otra parte muchos médicos no identifican bien el problema y por lo tanto no lo diagnostican. Además para poder hacer estudios epidemiológicos en población general, hace falta un instrumento sencillo, que permita hacer el diagnóstico en un tiempo breve y con resultados confiables. Con esa finalidad nacieron las Escalas para medir la depresión.

Un Cuestionario Clínico para diagnosticar la depresión, que pudiera servir para alumnos de medicina y para algunos estudios epidemiológicos, se muestra a continuación.

Consta de 20 reactivos, que corresponden a los síntomas más frecuentes de la depresión en nuestro medio sociocultural, propuesto por Calderón (1997):

1. ¿Se siente triste o afligido?
2. ¿Llora o tiene ganas de llorar?
3. ¿Duerme mal de noche?\*. En esta pregunta igual que en la 6, el asterisco advierte a la persona que lo aplica, que el síntoma puede ser en exceso, también depresivo.
4. ¿En la mañana se siente peor?
5. ¿Le cuesta trabajo concentrarse?
6. ¿Le ha disminuido el apetito?\*
7. ¿Se siente obsesivo o repetitivo?
8. ¿Ha disminuido su interés sexual? No sólo la actividad sexual, sino por ejemplo tener novio o novia, asistir a reuniones con personas del sexo opuesto.
9. ¿Considera que su rendimiento en el trabajo es menor?
10. ¿Siente presión en el pecho?
11. ¿Se siente nervioso, angustiado o ansioso?



12. ¿Se siente cansado o decaído?
13. ¿Se siente pesimista, piensa que las cosas le van a salir mal?
14. ¿Le duele con frecuencia la cabeza?
15. ¿Está más irritable o enojón que antes? La segunda parte de la pregunta, no es muy elegante, pero sí mejor comprendida por personas de bajo nivel cultural.
16. ¿Se siente inseguro, con falta de confianza en usted mismo?
17. ¿Siente que le es menos útil a su familia?
18. ¿Siente miedo de algunas cosas?
19. ¿Siente deseos de morir?
20. ¿Se siente apático, sin interés en las cosas?

La cuantificación del síntoma puede ser negativa NO o positiva SI y en este caso se plantean tres intensidades: POCO, REGULAR o MUCHO. La calificación es muy sencilla, anotándose a cada síntoma la escala del 1 al 4, según su intensidad, pudiéndose obtener un puntaje mínimo de 20 y un máximo de 80. De acuerdo con la experiencia clínica, los resultados deben valorarse de la siguiente manera:

- a) 20 a 35 puntos, corresponden a personas normales.
- b) 36 a 45 puntos, pueden concernir a un estado de ansiedad, que puede ser originado por la misma aplicación de la prueba.
- c) 46 a 65 puntos, implican un cuadro depresivo de mediana intensidad.
- d) 66 a 80 puntos, corresponden a un estado depresivo severo.

#### **4.5 Procedimientos de recolección de datos**

La información procesada tiene un valor inestimable: de ella dependerá, por cierto, que puedan o no resolverse las preguntas iniciales formuladas por el investigador. Pero, no obstante, esa información no nos “habla” por sí misma, no es capaz por sí sola de darnos las respuestas deseadas hasta tanto no se efectúe sobre ella un trabajo de análisis e interpretación, que consiste en explorar las relaciones entre las partes estudiadas y proceder a reconstruir la totalidad inicial. Lo dicho tiene aplicación directa en la metodología de investigación: si nuestro objeto es siempre una totalidad (por más que también pueda decirse que es parte de un todo mayor) integrada con sus propias leyes y su propia estructura interior, los datos, en ese sentido, no son más que sus elementos integrantes, las partes aisladas que sólo

cobran sentido por la síntesis que pueda integrarlos. El procesamiento implica ya un agrupamiento de los mismos en unidades coherentes; estas unidades, entonces, necesitarán de un estudio minucioso de su significado y de sus relaciones, para que puedan así luego ser sintetizadas en una globalidad mayor. Estas tareas constituyen, por lo tanto, las últimas etapas del trabajo y son fundamentales, por cuanto sin ellas sería imposible encontrar un sentido a toda la labor previamente realizada.

Las enfermedades no transmisibles (ENT) son un problema de salud que cada vez cobra más víctimas, así como cada vez cubre mayor población. Casos como la diabetes o enfermedades cardíacas, por ejemplo, se sabía que aquejaban solo a personas adultas, sin embargo en la actualidad estas enfermedades ya no distinguen de edad ni sexo, por lo que cada vez hay que tener más cuidados en el tren de vida y alimentación de todas las personas.

Puesto que las enfermedades crónicas tienen una cobertura casi exclusiva en las personas, esto es, es poco probable que una persona pueda tener dos o más de estas enfermedades; se toma el proceso de recolección de datos realizado durante el mes de agosto del 2008 para el caso de Diabetes, aplicando encuestas previamente validadas, para pacientes de un hospital nacional.

La diabetes mellitus tipo 2 constituye un problema de salud pública que cada vez avanza más su prevalencia en el mundo. La OMS estima que el número de personas con diabetes en América Latina podría llegar a 32,9 millones en el 2030. En la actualidad las prevalencias más elevadas de diabetes corresponden a las ciudades de Bogotá (8,1%) y Ciudad de México (8,9%). En el Perú, se estima que la prevalencia oscila entre 1,3% (Huaraz) a 7,6% (Lima).

Esta enfermedad exige un seguimiento y control estrecho, de lo contrario puede ocasionar una alta morbilidad asociada directamente con complicaciones cardiovasculares (infarto al miocardio, accidentes cerebro vasculares), renales (nefropatía diabética, insuficiencia renal), neurológicas (neuropatía diabética), visuales (retinopatía diabética), entre otras.

La tecnología electrónica, las TIC's y los avances tecnológicos cada vez más importantes y de menor costo, pueden desempeñar funciones importantes en el apoyo a las ciencias de la salud y del profesional médico.

El objetivo del trabajo desarrollado en esta encuesta realizada por DeCS BIREME (2008), fue determinar el uso y percepciones hacia el uso de las TIC's, para facilitar el control y seguimiento de pacientes diabéticos que acudieron a los consultorios de endocrinología del Hospital Nacional Cayetano Heredia.

#### **4.5.1 Materiales y métodos**

El estudio descriptivo de corte transversal, incluyó a pacientes diagnosticados con diabetes, mayores de 18 años y sin alteraciones mentales, con capacidad de leer y escribir, que acudieron durante el mes de agosto del 2008 al servicio de endocrinología del Hospital Nacional Cayetano Heredia, y que consintieron su participación en el estudio.

Se elaboraron los instrumentos a utilizar, entre ellos, el cuestionario, el consentimiento informado y la guía de capacitación para las encuestadoras. El cuestionario fue validado por expertos (dos médicos endocrinólogos con amplia experiencia en la investigación), que se aplicó a pacientes con diabetes para evaluar la claridad de las preguntas. La versión final se encargó a encuestadoras con experiencia previa en la toma de datos de salud. Dicho cuestionario contó con las siguientes partes:

Datos demográficos, incluyo preguntas sobre: sexo, raza, lugar de procedencia, edad, nivel de educación y estado civil. Uso de las tecnologías de información y la frecuencia en el uso de computadoras, celular e internet.

Recepción de información sobre diabetes, se preguntó sobre información que recibieron del centro de salud y la utilidad que le dieron y si desean recibir más información y por qué medio.

La selección de los entrevistados fue aleatoria, ya que las entrevistadoras se aproximaban a los pacientes en la sala de espera del Servicio de Endocrinología del Hospital Nacional Cayetano Heredia. Las entrevistas se realizaron en un ambiente privado del hospital. La encuesta fue anónima, a fin de proteger la identidad de la persona, utilizándose código de barras para ello. El estudio fue aprobado por los comités de ética de la Universidad Cayetano Heredia y del Hospital Nacional Cayetano Heredia.

#### 4.5.2 Resultados

La invitación se cursó a 202 pacientes para realizar la encuesta, de los que solo 02 rechazaron la encuesta por razones particulares (luego, la tasa de aceptación = 99%). Finalmente, 200 personas aceptaron la encuesta, previo consentimiento.

La tabla N° 4.14 resume los aspectos demográficos de los participantes. La mediana de edad fue 60 años, la mayoría de sexo femenino (78,5%), de raza mestiza (71%) y casadas (51,5%).

Tabla N° 4.14  
Aspectos demográficos de los participantes.

| VARIABLE                               | n'=200 | (%)       |
|--|--------|-----------|
| Edad <sup>(1)</sup>                    | 60     | (52 – 69) |
| <b>Sexo</b>                            |        |           |
| Femenino                               | 157    | (78,5)    |
| Masculino                              | 43     | (21,5)    |
| <b>Raza</b>                            |        |           |
| Mestiza                                | 152    | (71,0)    |
| Blanca                                 | 55     | (27,5)    |
| Negra                                  | 3      | (1,5)     |
| <b>Lugar de nacimiento</b>             |        |           |
| Provincia                              | 121    | (61,5)    |
| Lima                                   | 79     | (39,5)    |
| <b>Nivel de instrucción</b>            |        |           |
| Sin educación                          | 11     | (5,5)     |
| Primaria                               | 76     | (38)      |
| Secundaria                             | 76     | (38)      |
| Superior no universitaria              | 19     | (9,5)     |
| Superior universitaria                 | 18     | (9,0)     |
| <b>Estado civil</b>                    |        |           |
| Casado (a)                             | 103    | (51,5)    |
| Viudo (a)                              | 29     | (14,5)    |
| Conviviente                            | 24     | (12)      |
| Soltero (a)                            | 23     | (11,5)    |
| Separado/divorciado (a)                | 21     | (10,5)    |
| <b>Lugar de procedencia (distrito)</b> |        |           |
| San Martín de Porres                   | 58     | (29,0)    |
| Los Olivos                             | 25     | (12,5)    |

|                |    |        |
|----------------|----|--------|
| Comás          | 21 | (10,5) |
| Rímac          | 18 | (9,0)  |
| Independencia  | 18 | (9,0)  |
| Nuevo San Juan | 16 | (9,0)  |

<sup>(1)</sup> mediana, entre paréntesis rango intercuartílico.

*Fuente: DeCS BIREME (2008).*

Gran número de los entrevistados nunca uso computadoras (89,5%), correo electrónico (90%), internet (92%) o el chat (91,5%). La Tabla N° 4.15 resume las principales características de los participantes sobre el uso de los elementos de las tecnologías de información y comunicaciones.

Tabla N° 4.15  
Uso de tecnologías de información y comunicaciones.

| VARIABLE                          | N=200 |        |
|-----------------------------------|-------|--------|
|                                   | n     | (%)    |
| <b>Uso de computadora</b>         |       |        |
| Nunca                             | 179   | (89,5) |
| Al menos una vez/año              | 1     | (0,5)  |
| Al menos una vez/mes              | 2     | (1,0)  |
| Al menos una vez/semana           | 13    | (6,5)  |
| Todos los días                    | 5     | (2,5)  |
| <b>Uso del correo electrónico</b> |       |        |
| Nunca                             | 180   | (90,0) |
| Al menos una vez/año              | 1     | (0,5)  |
| Al menos una vez/mes              | 2     | (1,0)  |
| Al menos una vez/semana           | 13    | (5,5)  |
| Todos los días                    | 4     | (2,0)  |
| <b>Uso de internet</b>            |       |        |
| Nunca                             | 184   | (92,0) |
| Al menos una vez/año              | 1     | (0,5)  |
| Al menos una vez/mes              | 1     | (0,5)  |
| Al menos una vez/semana           | 10    | (5,0)  |
| Todos los días                    | 4     | (2,0)  |
| <b>Navegar por internet</b>       |       |        |
| Nunca                             | 188   | (94,0) |
| Al menos una vez/año              | 1     | (0,5)  |

|  |     |        |
|--|-----|--------|
| Al menos una vez/mes                                 | 1   | (0,5)  |
| Al menos una vez/semana                              | 8   | (4,0)  |
| Todos los días                                       | 2   | (1,0)  |
| <b>Uso del Chat</b>                                  |     |        |
| Nunca  | 183 | (91,5) |
| Al menos una vez/año                                 | 1   | (0,5)  |
| Al menos una vez/mes                                 | 3   | (1,5)  |
| Al menos una vez/semana                              | 11  | (5,5)  |
| Todos los días                                       | 1   | (0,5)  |
| <b>Búsqueda de información en salud por internet</b> | 183 | (91,5) |
| Nunca  | 2   | (1,0)  |
| Al menos una vez/año                                 | 3   | (1,5)  |
| Al menos una vez/mes                                 | 11  | (5,5)  |
| Al menos una vez/semana                              | 1   | (0,5)  |
| Todos los días                                       |     |        |
| <b>Realiza o recibe llamadas por celular</b>         |     |        |
| Nunca  | 99  | (49,5) |
| Al menos una vez/mes                                 | 37  | (18,5) |
| Al menos una vez/semana                              | 3   | (1,5)  |
| Todos los días                                       | 61  | (30,5) |
| <b>Envía mensajes de texto por celular</b>           |     |        |
| Nunca  | 169 | (84,5) |
| Al menos una vez/mes                                 | 4   | (2,0)  |
| Al menos una vez/semana                              | 22  | (11,0) |
| Todos los días                                       | 5   | (2,5)  |
| <b>Recibe mensajes de texto por celular</b>          |     |        |
| Nunca  | 154 | (67,0) |
| Al menos una vez/año                                 | 1   | (0,5)  |
| Al menos una vez/mes                                 | 3   | (1,5)  |
| Al menos una vez/semana                              | 44  | (22,0) |
| Todos los días                                       | 18  | (9,0)  |

*Fuente: DeCS BIREME (2008).*

La Tabla N° 4.16 resume la información recibida sobre diabetes, la mayoría de pacientes (68,5%) reportó que la información recibida del personal de salud sobre diabetes fue adecuada. El 90% percibió que dicha información fue útil/muy útil. La mayoría de los participantes (98%) afirmó que desea recibir información sobre el

cuidado de su diabetes, manifestando que desean recibir: información general sobre diabetes (cuidados, causas, análisis de laboratorio), además de información mediante charlas y en formato físico. Si bien los encuestados no usan internet, manifestaron que los hijos (71,8%) o nietos (16,2%) darían ayuda potencial al participante.

Tabla N° 4.16  
Información recibida sobre diabetes por los participantes.

| VARIABLE  | N = 200 |        |
|---|---------|--------|
|   | n       | (%)    |
| <b>Calificación de la información recibida del personal de salud sobre diabetes</b> |         |        |
| Muy poca  | 25      | (12,5) |
| Menos que adecuada  | 21      | (10,5) |
| Adecuada  | 137     | (68,5) |
| Más de lo adecuado  | 12      | (6,0)  |
| Demasiada información   | 5       | (2,5)  |
| <b>Utilidad de la información recibida</b>  |         |        |
| Nada útil   | 2       | (1,0)  |
| Poco útil   | 3       | (1,5)  |
| Medianamente útil   | 15      | (7,5)  |
| Útil  | 129     | (64,5) |
| Muy útil  | 51      | (25,5) |
| <b>Desear recibir información sobre cuidado de la diabetes</b>                      |         |        |
| Si  | 196     | (98,0) |
| No  | 4       | (2,0)  |
| <b>Tipo de información que desea recibir</b>  |         |        |
| Información general   | 151     | (75,5) |
| Complicaciones de la diabetes   | 23      | (11,5) |
| Medicamentos usados   | 10      | (5,0)  |
| Avances médicos, novedades  | 7       | (3,5)  |
| Control y manejo de la diabetes   | 4       | (2,0)  |
| Aspectos psicológicos   | 4       | (2,0)  |
| Vacunas para la diabetes  | 1       | (0,5)  |
| <b>Preferencia de medios para recibir información</b>                               |         |        |
| Charla  | 168     | (64,0) |
| Impresa   | 103     | (61,5) |

|  |     |        |
|--|-----|--------|
| Correo electrónico                             | 18  | (9,0)  |
| Internet                                       | 14  | (7,0)  |
| Otros (teléfono, TV)                           | 5   | (1,5)  |
| <b>Persona que lo ayudaría a usar internet</b> |     |        |
| Hijo(a)  | 102 | (71,8) |
| Nieto(a)                                       | 23  | (16,2) |
| Esposo(a), conviviente                         | 4   | (2,8)  |
| Otros  | 13  | (9,2)  |

Fuente: DeCS BIREME (2008).

#### 4.5.3 Sobre la participación de un programa usando celulares e internet

La mayoría de participantes expresó el interés de participar en un programa de soporte para el seguimiento de la diabetes con el uso de celulares e internet (véase la Tabla N° 4.17).

Tabla N° 4.17

Razones para participar en un programa usando celulares.

| VARIABLE   | N = 200 |        |
|--|---------|--------|
|  | n       | (%)    |
| <b>Razones para participar usando celulares</b>    | n = 141 |        |
| Por el olvido                                      | 61      | (43,3) |
| Recordatorio                                       | 55      | (39,0) |
| Para el mejor control de la enfermedad             | 16      | (11,3) |
| Empoderamiento/Participación activa                | 9       | (6,4)  |
| <b>Razones para no participar usando celulares</b> | n = 59  |        |
| No sabe usar                                       | 24      | (40,7) |
| No es necesario                                    | 23      | (39,0) |
| No le gusta usar                                   | 10      | (16,9) |
| No le gusta hablar de la enfermedad                | 2       | (3,4)  |

Fuente: DeCS BIREME (2008).

En la Tabla N° 4.18 se muestra la misma consulta, pero referente al uso de internet.



Tabla N° 4.18  
Razones para participar en un programa usando internet.

| VARIABLE  | N = 198 |        |
|---|---------|--------|
| <b>Razones para participar usando internet</b>    | n = 123 | (%)    |
| Tener más información sobre la enfermedad         | 82      | (66,7) |
| Empoderamiento/participación activa               | 21      | (17,1) |
| Para el mejor control de la enfermedad            | 20      | (16,3) |
| <b>Razones para no participar usando internet</b> | n = 75  | (%)    |
| No sabe usar internet                             | 29      | (38,7) |
| No sabe usar computadora                          | 17      | (22,7) |
| No tiene acceso a internet                        | 14      | (18,7) |
| No le gusta usar internet                         | 12      | (16,0) |
| No tiene computadora                              | 3       | (4,0)  |

Fuente: DeCS BIREME (2008).

En general, se observó que el grupo de pacientes con edades menores de 60 años reportan usar más TIC, respecto al grupo de pacientes con edades mayores de 60 años.

Un hallazgo interesante es el hecho que la gran mayoría de pacientes manifestaron que desean participar en un programa que incluya celulares, en general, porque se olvidan de tomar sus medicinas y las alertas les servirían como recordatorio. Similares resultados se encontró en cuanto a la percepción positiva de los pacientes con respecto a internet. Adicionalmente, es preciso indicar que los pacientes perciben que un familiar u otra persona cercana podrían ayudarlos a usar internet, lo que refleja la importancia y necesidad del soporte social.

#### 4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos

En esta etapa se determina como analizar los datos y que herramientas de análisis estadístico son adecuadas para éste propósito. El tipo de análisis de los datos depende al menos de los siguientes factores.

- a) El nivel de medición de las variables.
- b) El tipo de hipótesis formulada.

c) El diseño de investigación utilizado indica el tipo de análisis requerido para la comprobación de hipótesis.

El análisis de datos es el precedente para la actividad de interpretación. La interpretación se realiza en términos de los resultados de la investigación. Esta actividad consiste en establecer inferencias sobre las relaciones entre las variables estudiadas para extraer conclusiones y recomendaciones, según Kerlinger (1982). La interpretación se realiza en dos etapas:

a) Interpretación de las relaciones entre las variables y los datos que las sustentan con fundamento en algún nivel de significancia estadística.

b) Establecer un significado más amplio de la investigación, es decir, determinar el grado de generalización de los resultados de la investigación.

Las dos anteriores etapas se sustentan en el grado de validez y confiabilidad de la investigación. Ello implica la capacidad de generalización de los resultados obtenidos.

El análisis de los datos no es una tarea que se improvisa, por el contrario, el análisis surge más del marco teórico trazado que de los datos concretos obtenidos (en cuanto a su estructura y pautas generales), y todo investigador que domine el tema y trabaje con rigurosidad deberá tener una idea precisa de cuáles serán los lineamientos principales del mismo antes de comenzar a recolectar datos. Se podrá definir así, con suficiente antelación, qué datos serán capaces de rechazar o afirmar una hipótesis, qué resultados indicarán una u otra conclusión. Esta actividad, llamada análisis anticipado, es fundamental para evitar sorpresas lamentables, como por ejemplo la de encontrarse con que no tenemos suficientes datos al final del procesamiento, o de que los que poseemos no nos sirven en realidad de mucho.

Para el cumplimiento de los objetivos se diseñó un estudio transversal descriptivo a través del método de encuestas, para lo cual el diseño muestral utilizado se encuentra dentro de las denominadas "muestras complejas", denominadas así porque la estrategia utilizada para muestrear a la población objetivo es diferente a una selección aleatoria simple (m.a.s.), es decir, incluyen muestreo por conglomerados en varias etapas y estratos.

Un efecto de la utilización de las muestras complejas es la pérdida de precisión en

las estimaciones y esto se acentúa al incrementarse el número de etapas; para compensar esto se considera un factor que mide el efecto de usar estos diseños lo que se traduce en un mayor tamaño de muestra. Esta pérdida de precisión se reflejará en el error muestral y en los intervalos de confianza, sin embargo las estimaciones poblacionales se hicieron utilizando estimadores de tipo Horvitz – Thompson. Las prevalencias, promedios, errores estándar e intervalos de confianza, fueron calculados usando el módulo para muestras complejas del software Stata 8.0. El factor de expansión se puede interpretar como la cantidad de personas en la población, que representa una persona en la muestra.

Para la estimación de los prevalencia, consumos promedios, se obtiene, primero multiplicando el valor de la variable en cada persona por su factor de expansión y luego, sumando todas las personas de la muestra; es decir, las estimaciones finales se realizaron considerando el factor de expansión ( $f$ ), que es el inverso de las probabilidades de selección de cada etapa.

De acuerdo con el diseño muestral, corresponde aplicar un factor de expansión a cada vivienda y persona seleccionada, que depende del número de manzanas que tiene el conglomerado geográfico y el número de conglomerados que tiene el estrato (ámbito). La fórmula utilizada para el cálculo de este factor fue:

$$f = \frac{1}{\frac{c_i}{C_i} \cdot \frac{v_{ijk}}{M_{ij}} \cdot \frac{1}{p_{ijkn}}} \quad (4.4)$$

Donde:

$C_i$ : Total de conglomerados en el estrato (ámbito)  $i$ .

$c_i$ : Total de conglomerados en el estrato (ámbito)  $i$ .

$M_{ij}$ : Total de manzanas en el estrato  $i$  y el conglomerado  $j$  de las que se seleccionará una.

$V_{ijk}$ : Total de viviendas en el estrato (ámbito)  $i$ , conglomerado  $j$  y la manzana  $k$ .

$v_{ijk}$ : Número de viviendas a seleccionar.

$p_{ijkn}$ : Total de personas elegibles en el estrato (ámbito)  $i$ , conglomerado  $j$ , la manzana  $k$  y la vivienda  $n$ .

El análisis de datos se realizó para estimar prevalencias y promedios (con sus errores estándar e intervalos de confianza) se utilizó los estimadores de razón de tipo Horvitz – Thompson. Las varianzas se estimaron a través del método linealizado de Taylor.

Para la comparación de estas estimaciones por sexo se calculó el nivel de significación de la combinación lineal (diferencia) de las estimaciones ajustadas por cada sexo. Para la comparación por grupos de edad, estratos, se utilizó el análisis de varianza ajustado por el factor de expansión y la prueba de independencia de máxima verosimilitud para proporciones ajustada, para promedios y proporciones respectivamente.

Las estimaciones de los valores promedios se realizaron a través de los estimadores de razón, y los resultados fueron obtenidos a través del software Stata 8.0.

## CAPÍTULO V

### 5. RESULTADOS

#### 5.1 Enfermedades cardiacas

La muerte súbita es la pérdida abrupta de la función cardiaca, conduciendo en la mayoría de los casos al deceso del paciente. Se desencadena principalmente por arritmias, como bradicardia, taquicardia ventricular y, con más frecuencia, por fibrilación ventricular. Se calcula que el 12,5 por ciento de las defunciones que se producen de forma natural son muertes súbitas y, de éstas, el 88 por ciento son de origen cardiaco.

Del total de casos de muerte súbita de origen cardiaco:

- El 80 por ciento ocurre en pacientes con cardiopatías isquémicas, entre ellas, las enfermedades de las arterias coronarias y de las arterias periféricas. Tanto la oclusión de la arteria, como la perfusión pueden originar arritmias, como la fibrilación ventricular, que conducen a la muerte súbita. Estos casos suelen ocurrir en personas mayores expuestas a factores de riesgo cardiovascular tales como hipercolesterolemia, hipertensión arterial, obesidad, diabetes y tabaquismo.
- El 15 por ciento de las muertes súbitas cardiacas ocurren en pacientes que presentan una cardiopatía estructural, tales como en la miocardiopatía hipertrófica, la miocardiopatía arritmogénica del ventrículo derecho y la miocardiopatía dilatada, entre otras, siendo las dos primeras las principales causas de muerte súbita en jóvenes y deportistas.
- Finalmente, en menos del cinco por ciento de las ocasiones, las causas de la muerte súbita cardiaca se dan en pacientes con cardiopatías arritmogénicas, donde el corazón es estructuralmente normal pero presenta fallos eléctricos. Las enfermedades cardiacas asociadas a estos episodios de muerte súbita son, principalmente, el síndrome de QT largo.

#### Posibles causas

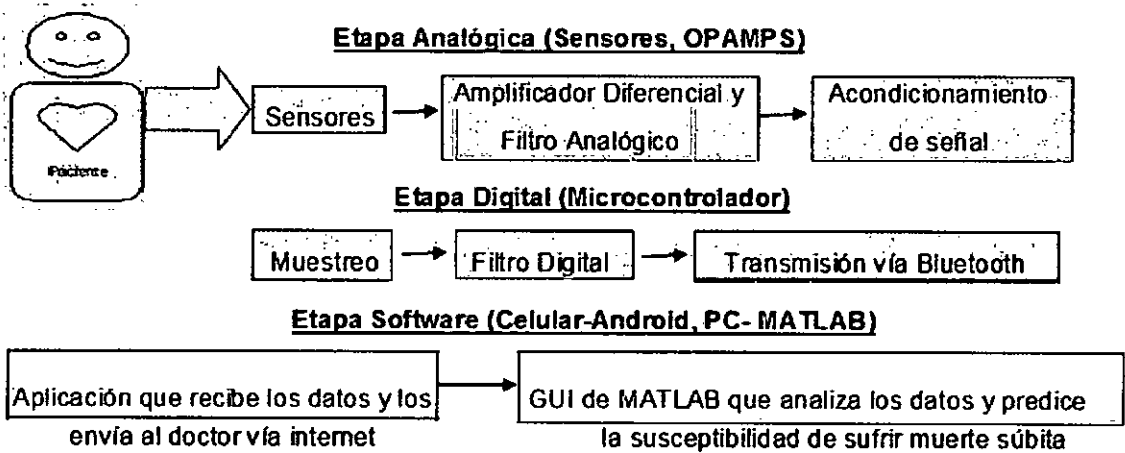
Mientras que los ataques cardíacos (que suelen confundirse con muertes súbitas cardiacas) están causados por un problema de circulación del corazón, las muertes

súbitas cardíacas se producen por algún problema eléctrico. A pesar de que la muerte súbita es de naturaleza eléctrica y no física, cabe mencionar que se debe utilizar los métodos de prevención a través el monitoreo y la sana alimentación. No olvidar que el 88% del total de muertes súbitas tienen origen cardíaco.

Así, su causa más importante suele ser tener una enfermedad cardiovascular previa, es decir, toda alteración de la función cardíaca causada por una dilatación del corazón, por una válvula dañada o por anomalías congénitas en el músculo del corazón, podrían motivar el episodio. No obstante, también se han dado casos de personas que no habían padecido ninguna patología de este tipo.

El proyecto se desarrolló teniendo en cuenta las etapas que se ilustran (véase la Figura N° 5.1).

Figura N° 5.1  
Etapas del proyecto.

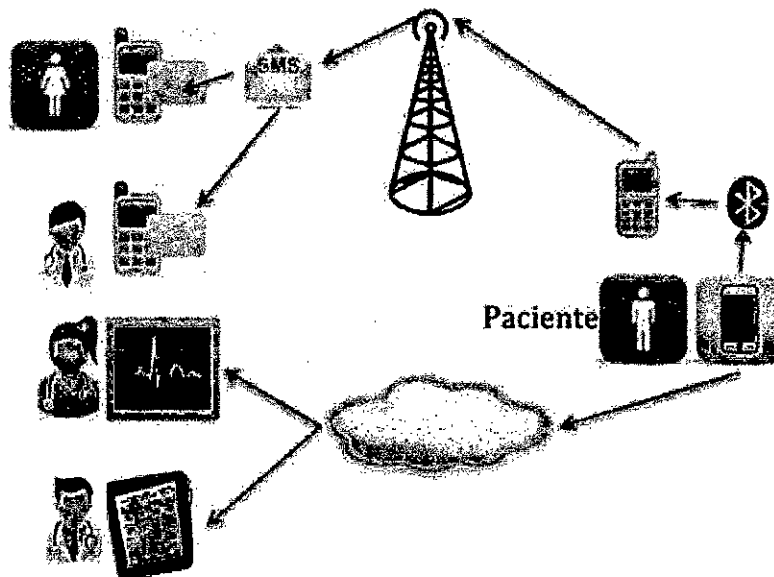


Fuente: Elaboración propia.

Luego que las señales eléctricas cardíacas son detectadas por los sensores y transmitidas a una tarjeta de adquisición de datos, donde la señal es recibida, amplificada, filtrada y acondicionada, mediante un circuito analógico con componentes de precisión. Luego, se muestrea la señal mediante un microcontrolador, para luego ser filtrada digitalmente. Finalmente, la señal es enviada vía Bluetooth al celular del paciente (Smartphone). En la última etapa del proyecto, el celular del paciente, mediante una conexión a internet sube los datos a

la nube, donde el doctor puede acceder a ellos y visualizarlos en tiempo real. Posteriormente la señal será analizada mediante un algoritmo que determina cuan probable es que se presente un caso de muerte súbita, mediante la comparación con muestras sanas. Con esta información, el doctor puede estar al tanto de la salud del paciente, así como saber si este va a sufrir o está sufriendo un problema cardiaco en ese momento (muerte súbita).

Figura N° 5.2  
Esquema general del proyecto.



Fuente: *mastermoviles.gitbooks.io*.

Cada etapa posee una fase analítica, donde se aplican los criterios de diseño en general.

Una vez presentada la organización del proyecto por etapas, se procederá a detallar el desarrollo de cada una de ellas, donde se visualizarán procedimientos de diseño, toma de decisiones, fundamentos teóricos específicos, y la solución final de los pasos seguidos, comprobando los avances dados a lo largo del proyecto.

### **Etapa analógica**

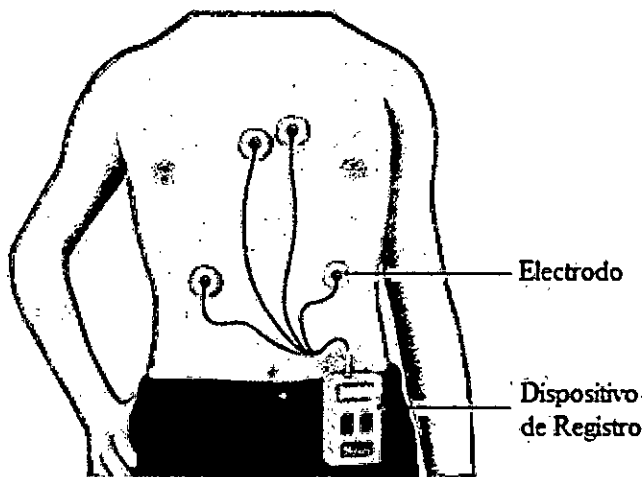
En esta primera parte se abordó el diseño del amplificador de las señales cardíacas. Primero, se deberán recolectar las señales cardíacas mediante sensores, los cuales

se pueden conseguir de forma genérica. No hay un código específico para ellos como en el caso de semiconductores.

Las variaciones del potencial eléctrico durante el ciclo cardíaco producen las ondas características que se observan en un ECG. La formación del impulso y su conducción generan corrientes eléctricas débiles que se diseminan por todo el cuerpo, de modo que al colocar electrodos en diferentes partes del cuerpo, y estos a un instrumento de registro como un electrocardiógrafo, se obtiene el trazado característico de la señal ECG.

Los electrodos registrarán la señal cardíaca para luego continuar con cada etapa de recepción y acondicionamiento de la señal. Los electrodos se deben colocar de acuerdo a lo mostrado en la Figura N° 5.3.

Figura N° 5.3  
Colocación de electrodos.



Fuente: [www.bupasalud.com](http://www.bupasalud.com).

El proceso de diseño para el acondicionamiento de la señal es el siguiente:

1. Amplificar la señal de los electrodos (amplificador instrumentación).
2. Remover el ruido en modo común (configuración diferencial).
3. Eliminación de ruido en alta frecuencia (filtro pasa bajos).
4. Eliminación de ruido de alimentación  $-60\text{Hz}$  (filtro rechaza banda).
5. Protección al paciente (resistencia alta).

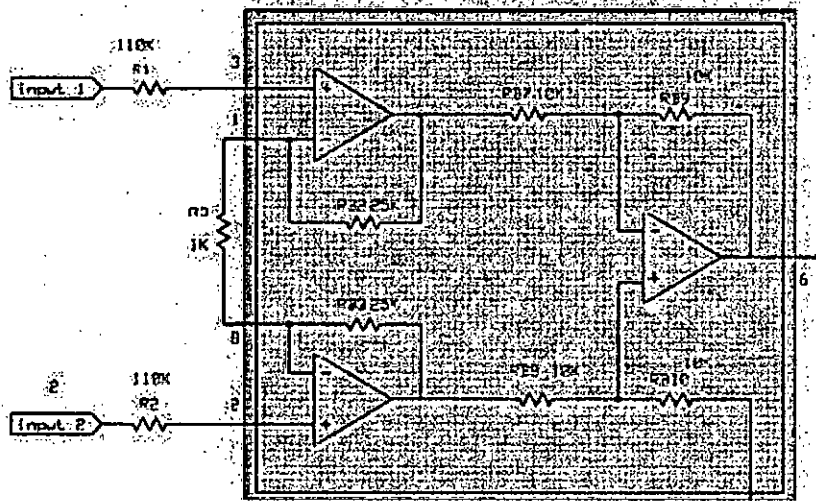


**Amplificador de instrumentación: (AD620)**

- Alta impedancia de entrada
- Rechazo al modo común.

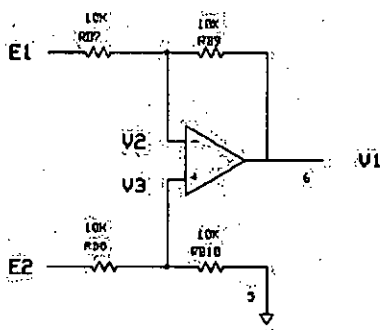
Figura N° 5.4

Diagrama interno del amplificador de instrumentación.



Fuente: Elaboración propia.

El diseño para el circuito de rechazo común.



$$V2 = V3$$

$$V3 = E2 \times \frac{RB10}{RB8 + RB10}$$

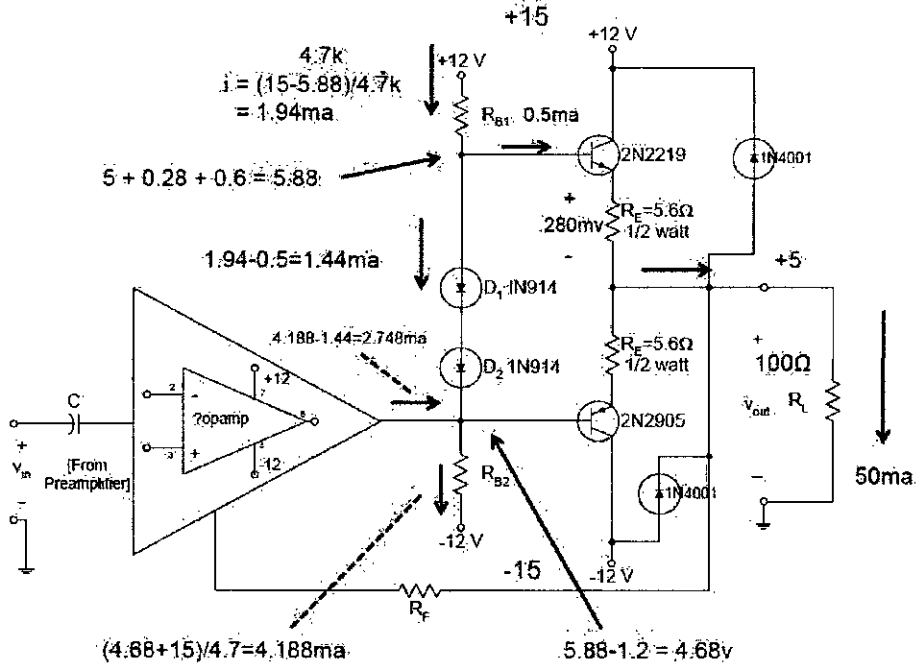
$$V2 = E1 \left( \frac{RB9}{RB7 + RB9} \right) + V1 \left( \frac{RB7}{RB7 + RB9} \right)$$

$$RB7 = RB8 = RB9 = RB10 = 10K$$

$$V1 = (E2 - E1)$$

Obteniéndose el circuito amplificador mostrado en la Figura N° 5.5.

Figura N° 5.5  
Circuito amplificador.



Fuente: Elaboración propia.

### Filtro, sumador y protección al paciente

- Se realizó un filtro pasa bajos (LPF) Sallen Key de 2° orden.
- Para bajas frecuencias C1 y C2 actúan como circuito abierto dejando pasar la señal al OPAMP, a frecuencias altas C1 y C2 actúan como cortocircuito.
- En cuanto al sumador, suma la señal amplificada una tensión constante de 4.5V.
- En cuanto a la protección al paciente, se colocarán resistencias de 110kΩ.

Figura N° 5.6  
Filtro para la señal ECG original.

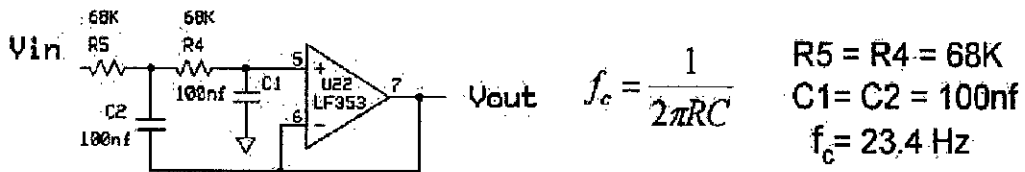


Figura N° 5.7  
Circuito de protección del paciente.

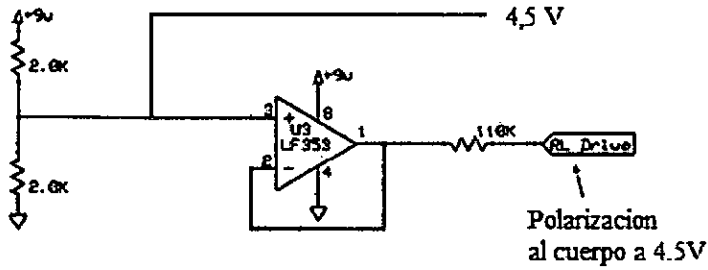
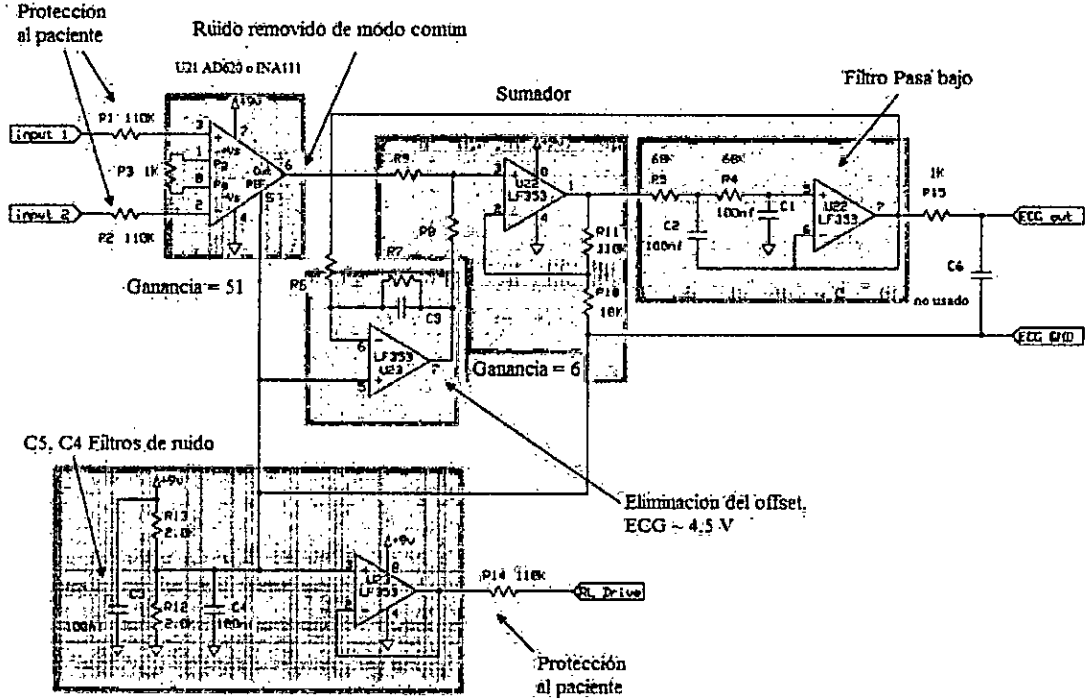


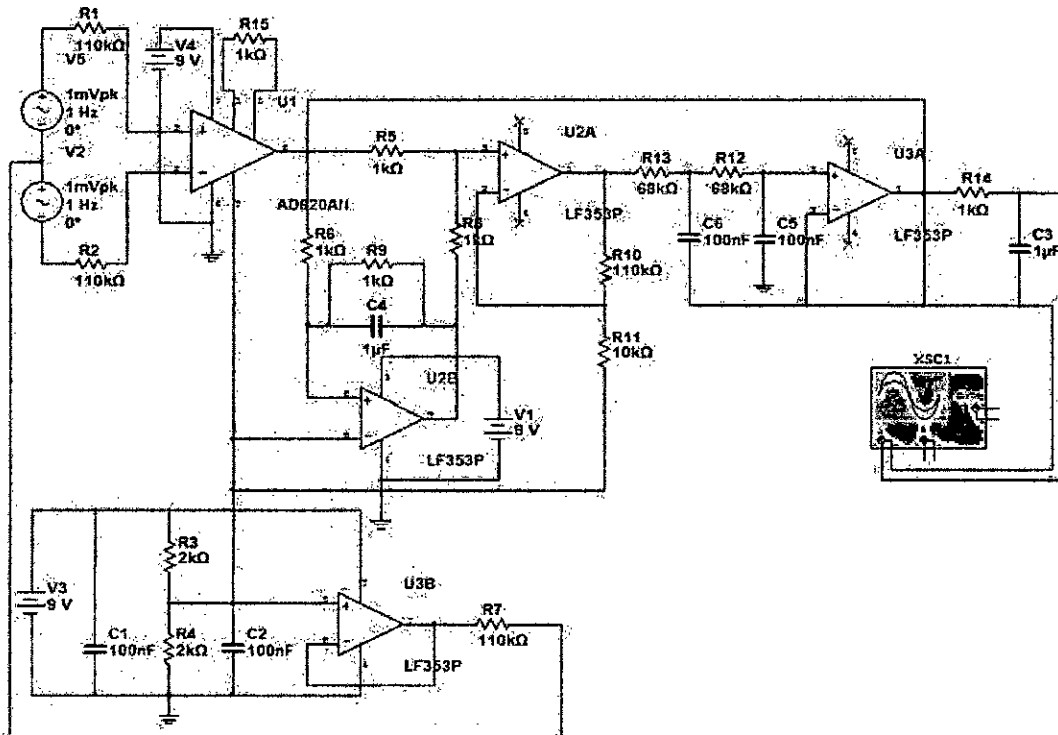
Figura N° 5.8  
Esquema que incluye el circuito acondicionador ECG, incluyendo filtro y sumador.



Fuente: Elaboración propia.

La simulación y los valores de los componentes se muestran en la Figura N° 5.9.

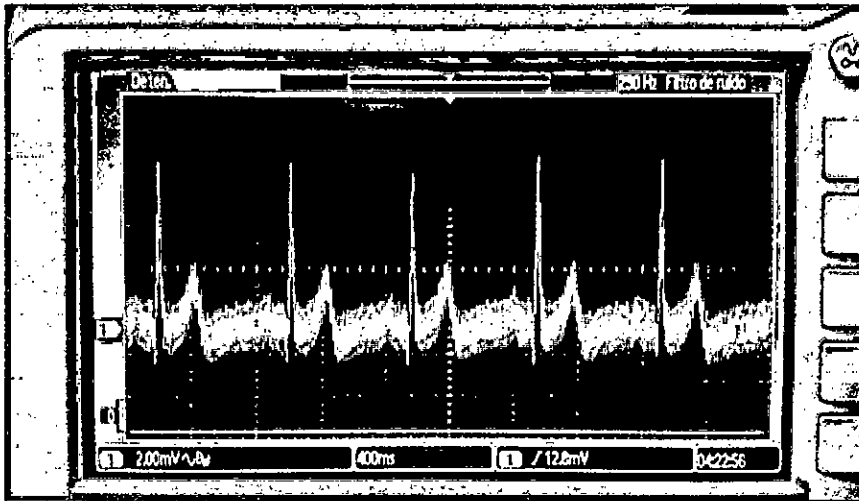
Figura N° 5.9  
Valores de la simulación.



*Fuente: Elaboración propia.*

De las pruebas realizadas, se obtuvo la señal mostrada en la Figura N° 5.10, en la que se observa una onda todavía ruidosa, la que permite buscar los mecanismos de eliminación del ruido, así como la colocación exacta de los electrodos.

Figura N° 5.10  
Señal analógica obtenida de los electrodos.



*Fuente: Elaboración propia.*

### **Etapa digital**

Luego del proceso de diseño e implementación del circuito recolector y acondicionador de la señal ECG, se procede a realizar el análisis de la misma, en busca de anomalías que puedan advertir al paciente ante una posible crisis cardíaca, sobre todo relacionada a la muerte súbita. Para ello, en esta etapa se realizó el filtrado, el procesamiento y la transmisión de la señal vía Bluetooth.

#### **Filtrado:**

Se considera un filtro digital pasa-banda, entre 1 y 55Hz, muestreando la señal cada 0.01 segundos, utilizando un algoritmo en MATLAB en base al comando de filtro digital, y escogiendo la frecuencia mencionada de 55Hz por las dos siguientes razones:

- Una frecuencia demasiado baja (menos de 50Hz) produce la alteración de la señal mediante la preponderancia de la componente de 1Hz.
- Por otro lado, a frecuencias que superan los 60Hz conserva más ruido y se hace más difícil la detección de los puntos clave de la señal cardíaca.

Así, se ilustra el código utilizado para el filtrado digital de la señal ECG.

Figura N° 5.11  
Código MatLab para el filtro digital

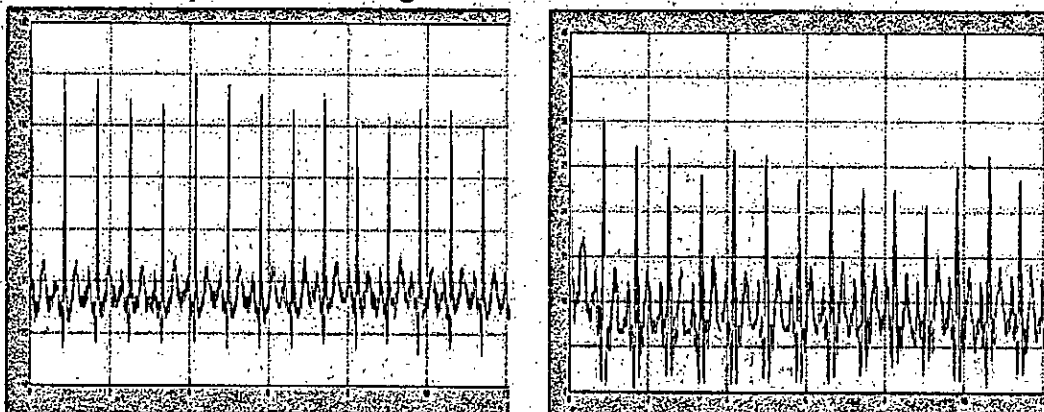
```

1  %% Inicialización
2  clc
3  close all
4  clear all
5  load('01911m.mat')
6  %% Código propiamente dicho
7  fff=1;
8  n=fff*0.1/100:(length(val)-1)/100;
9
10 fc_lp = 55; %Procurar que sea mayor de 50
11 fc_hp = 1;
12 fs = 500;
13 len_filt = 400;
14 wn = [fc_hp/(fs/2) fc_lp/(fs/2)];
15 b = fir1(len_filt, wn, 'bandpass');
16 zp = filtfilt(b,1,val);
17 plot(n,zp)
18 grid on

```

Obteniéndose la siguiente respuesta.

Figura N° 5.12  
Izquierda: Señal original sin filtro. Derecha: Señal filtrada.



Fuente: Elaboración propia.

## Procesamiento

El procesamiento de la señal ECG consta de dos partes, la primera de ellas trata el mejoramiento de la señal y la segunda la detección de los eventos como:

- Complejo QRS,
- Intervalo RR,
- Onda P,
- Onda T,
- Segmento ST,
- Intervalo PR, etc.,

Resulta bastante difícil identificar anomalías exactas con solo analizar la señal. No obstante, se puede indicar cuáles son los valores normales y las alteraciones más comunes.

Un electrocardiograma normal presenta las siguientes informaciones:

- Frecuencia cardiaca entre 60 – 100 latidos por minuto.
- La onda P normal suele tener menos de 0,12 segundos de duración.
- Intervalo PR tiene duración entre 0,12 y 0,20 segundos.
- Complejo QRS tiene duración entre 0,06 y 0,10 segundos.
- Intervalo QT, el más importante para la detección de muerte súbita, debe presentar una duración entre 0,35 y 0,44 segundos.

A través de MATLAB, se realizó el código de detección, a través de la identificación de puntos clave, como máximos y mínimos de la señal, así también, realizando una limpieza de las matrices generadas con la finalidad de reducir errores. Así, se definen:

$zp_{\max}$  = Valor máximo de la señal.

$zp_{\min}$  = Valor mínimo de la señal.

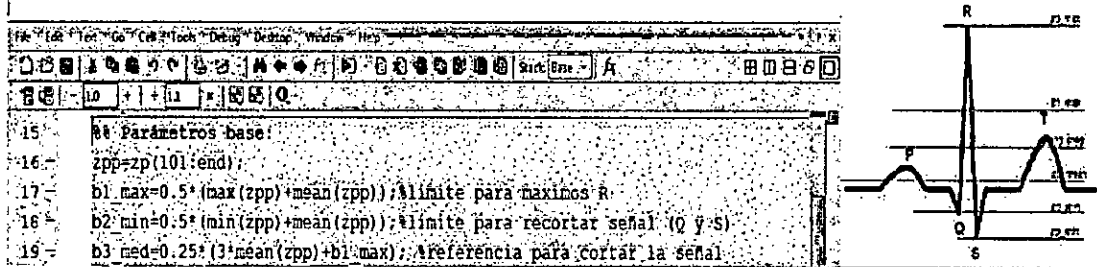
$zp_{\text{mean}}$  = Valor medio de la señal.

$b1_{\max}$ ,  $b2_{\min}$ ,  $b3_{\text{med}}$  = Puntos intermedios de la señal.

El código MatLab se muestra en la Figura N° 5.13.

Figura N° 5.13

Primera parte del código detección de puntos clave (max, min).



*Fuente: Elaboración propia*

El siguiente paso es el reconocimiento de los puntos característicos de la señal cardíaca (puntos P, Q, R, S y T), en función de los parámetros definidos en la Figura N° 5.13.

Punto R: todos aquellos picos que tengan como altura mínima  $b1_{max}$ .

Puntos QS: todos los picos de la señal con signo contrario, que tengan como altura mínima  $b2_{min}$ .

Puntos PT: todos aquellos picos que tengan como altura mínima  $b3_{med}$ .

Para diferenciar los picos P de los picos R, se toman diferencias consecutivas de estos puntos, los cuales tienen que ser negativos, comparados con los picos R. En el caso de los picos T, se tomara restando valores referenciales de tiempos, como se muestra en el código MatLab (véase la Figura N° 5.14).



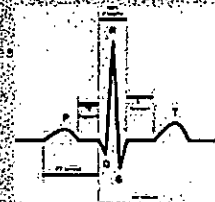
Figura N° 5.14

Identificación de puntos críticos

```

20 % Búsqueda de valores y tiempos críticos
21 % Máximos (z)
22 [r_value, r_location] = findpeaks(zp, 'minpeakheight', bi_max, 'threshold', 0.1); % Encuentra picos
23 % Complejo QRS (mínimos Q y S)
24 zpqys = (-zp) * (zp <= b2_min); % señal original para recorte
25 [qys_value, qys_location] = findpeaks(zpqys, 'threshold', 0.01); % Encuentra Valles
26 % Localización de tiempos Q (en función del complejo QRS)
27 Q_location = zeros(0, j)-1;
28 for i=1:2:length(qys_location)-1
29     Q_location(j) = qys_location(i); j=j+1;
30 end
31 %
32 % Búsqueda de picos P (discriminando entre P y T)
33 [pyt_value, pyt_location] = findpeaks(zp, 'minpeakheight', 10.5, 'threshold', 0.01); % Encuentra picos P/T
34 p_value = zeros(0, j); p_location = zeros(0, j)-1;
35 for i=1:length(pyt_value)-1
36     if pyt_value(i) - pyt_value(i+1) < 0.2 && pyt_value(i+1) >= bi_max
37         p_value(j) = pyt_value(i); p_location(j) = pyt_location(i); j=j+1;
38     end
39 end
40 % Localización de tiempos T (en función de los tiempos P)
41 T_location = zeros(0);
42 for i=1:length(p_location)
43     temp = p_location(i);
44     for tt=1:40
45         if zp(temp-tt) - zp(temp-tt-1) < 0
46             T_location(i) = temp - tt;
47             break;
48         end
49     end
50 end

```



Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se definieron las localizaciones críticas de los picos, se procederá a calcular los tiempos característicos de demora para cada parte del ciclo cardíaco.

**Cálculo del tiempo (período) de la señal y la consecuente frecuencia cardíaca**

El periodo se calculará en base a los valores promedio de las diferencias de tiempos entre picos R aleatorios. El cociente de 60 entre el último valor es numéricamente la cantidad de pulsaciones por minuto.

Figura N° 5.15  
 Código para el cálculo de la frecuencia cardiaca.

```

52 % Cálculo de Tiempos
53 % Frecuencia cardiaca
54 r_time=zeros(0); jr=1;
55 for i=1:length(r_location)-1
56     r_time(jr)=0.01*(r_location(i+1)-r_location(i)); %Atención: Se muestrea cada 0.01 segundos
57     jr=jr+1;
58 end
59 % Tiempos de la onda r
60 v=mean(r_time);
61 jr=1;
62 for i=1:length(r_time)
63     if r_time(i)>0.75*(v+(var(r_time))) || r_time(i)<1.25*(v+(var(r_time)))
64         r_time(j)=r_time(i);
65         jr=jr+1;
66     end
67 end
68 % Promedio de r
69 r_avg=mean(r_time); r=round(160/r_avg);
70 fprintf('Su frecuencia cardiaca es de %d latidos por minuto.\n',r);
71 disp('Su corazón debe tener una frecuencia de entre 60 y 100 latidos por minuto');
72 if r>100
73     disp('tiene taquicardia');
74 end
  
```

Fuente: Elaboración propia.

### Cálculo del tiempo QRS

El promedio de la diferencia de tiempos S y Q, obtenidos en el código de la Figura N° 5.14 es el tiempo QRS, que no debe estar fuera de sus límites, entre 0.06 y 0.1 segundos.

Figura N° 5.16  
 Código para el cálculo del complejo QRS.

```

77 % Complejo QRS
78 qrs_time=zeros(0); jqrs=1;
79 for i=1:2:length(qrs_location)-mod(length(qrs_location),2)
80     qrs_time(jqrs)=0.01*(qrs_location(i+1)-qrs_location(i)); %Atención: Se muestrea cada 0.01 segundos
81     jqrs=jqrs+1;
82 end
83 % Tiempos de la onda qrs
84 v=mean(qrs_time);
85 jr=1;
86 for i=1:length(qrs_time)
87     if qrs_time(i)>0.75*(v+(var(qrs_time))) || qrs_time(i)<1.25*(v+(var(qrs_time)))
88         qrs_time(j)=qrs_time(i);
89         jr=jr+1;
90     end
91 end
92 disp('');
93 % Promedio de qrs
94 tqrs_avg=mean(qrs_time);
95 fprintf('El tiempo del complejo QRS es de %g segundos.\n', tqrs_avg);
96 disp('Su corazón debe tener un tiempo QRS de entre 0.06 y 0.10 segundos');
97 if tqrs_avg>0.1 || tqrs_avg<0.06
98     disp('Cuidado! Su corazón presenta un comportamiento no esperado');
99 end
  
```

Fuente: Elaboración propia.

## Cálculo del tiempo PR

El promedio de la diferencia de tiempos R y P, obtenidos en el código de la Figura N° 5.14 es el tiempo PR, que no debe estar fuera de sus límites, entre 0.12 y 0.2 segundos.

Figura N° 5.17  
Código para el cálculo del tiempo PR.

```
100 - pyr_time=zeros(0);jpyr=1;
101 - pf=find(p_location>100,1,'first');rf=find(r_location>100,1,'first');
102 - pm=pf:length(p_location);
103 - rm=rf:length(r_location);
104 - for i=1:min(length(pm),length(rm))
105 -     pyr_time(jpyr)=0.01*abs(r_location(rm(i))-p_location(pm(i)));%Atención: Se muestra cada 0.01 segundos.
106 -     jpyr=jpyr+1;
107 - end
108 - pyr_times=zeros(0);
109 - vr=mean(pyr_time);
110 - j=1;
111 - for i=1:length(pyr_time)
112 -     if pyr_time(i)>0.75*(vr-(var(pyr_time))) && pyr_time(i)<1.25*(vr+(var(pyr_time)))
113 -         pyr_times(j)=pyr_time(i);
114 -         j=j+1;
115 -     end
116 - end
117 - disp('')
118 - tpyr_avg=mean(pyr_times);
119 - fprintf('El tiempo del intervalo PR es de %g segundos\n',tpyr_avg)
120 - disp('Su corazón debe tener un tiempo PR de entre 0.12 y 0.20 segundos!')
121 - if tpyr_avg>0.2 || tpyr_avg<0.12
```

*Fuente: Elaboración propia.*

## Cálculo del tiempo QT, directamente relacionada con la muerte súbita

En realidad, para el cálculo de este parámetro y de los dos anteriores, se utiliza el mismo algoritmo, por lo que, para evitar redundancias, solo se agregará que los tiempos considerados normales son entre 0.35 y 0.44 segundos.

Figura N° 5.18  
Código para el cálculo del segmento QT.

```

124 %Intervalo QT (directamente relacionado con la muerte súbita)
125 qt=zeros(0)/jqt=1;
126 qf=find(q_location>100,1,'first');tf=find(t_location>100,1,'first');
127 qm=qt:length(q_location);
128 tm=tf:length(t_location);
129 for i=1:min(length(qm),length(tm))
130     qt_time(jqt)=0.01*abs(t_location(tm(i))-q_location(qm(i)));Atención: Se muestrea cada 0.01 segundos.
131     jqt=jqt+1;
132 end
133 qt_times=zeros(0);
134 vf=mean(qt_times);
135 j=1;
136 for i=1:length(qt_time)
137     if qt_time(i)>0.75*(vf+(var(qt_time))) || qt_time(i)<1.25*(vf-(var(qt_time)))
138         qt_times(j)=qt_time(i);
139         j=j+1;
140     end
141 end
142 tqt_avg=mean(qt_times);
143 disp(' ');
144 fprintf('El tiempo del intervalo QT es de %g segundos(n: tqt_avg)
145 disp('Su corazón debe tener un tiempo QT de entre 0.35 y 0.44 segundos');

```

Fuente: Elaboración propia.

Luego de la corrida del programa para el reconocimiento de anomalías de una señal ECG, se presenta el resultado-diagnóstico del procesamiento de dicha señal en la Figura N° 5.19.

Figura N° 5.19  
Resultado de la detección de anomalías no críticas.

```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Bienvenido
Su frecuencia cardíaca es de 74 latidos por minuto
Su corazón debe tener una frecuencia de entre 60 y 100 latidos por minuto
El tiempo del complejo QRS es de 0.133333 segundos
Su corazón debe tener un tiempo QRS de entre 0.06 y 0.10 segundos
¡Cuidado! Su corazón presenta un comportamiento no esperado
El tiempo del intervalo PR es de 0.21 segundos
Su corazón debe tener un tiempo PR de entre 0.12 y 0.20 segundos
¡Cuidado! Su corazón presenta un comportamiento no esperado
El tiempo del intervalo QT es de 0.368571 segundos
Su corazón debe tener un tiempo QT de entre 0.35 y 0.44 segundos
Elapsed time is 0.069137 seconds.

j1 >>

```

Fuente: Elaboración propia.

### **Transmisión vía Bluetooth**

La transmisión de los datos se realizará a través del módulo Bluetooth que se conecta al Arduino. Los datos numéricos (valores de voltaje) serán enviados en modo serial, cada 0.01 segundos, aunque se verá más adelante que no se puede realizar el envío de modo permanente dadas las limitaciones del Arduino y demás componentes electrónicos. Como sugerencia para el futuro, se puede implementar el proyecto con componentes de una gama más alta, aunque ello implique un mayor costo total del proyecto.

### **Etapas software-fase de aplicación**

El sistema intermediario entre los datos analógicos del circuito electrónico y la base de datos en Internet, se divide en dos partes: Arduino (Módulo Electrónico) y App Inventor (Aplicación Móvil).

### **Módulo electrónico-Arduino**

Arduino es un hardware y software de libre distribución. El hardware usado en esta ocasión es el Arduino Mini Pro, uno de los modelos de Arduino más pequeños del mercado, que cuenta con un microcontrolador 328 en montaje superficial (SMD). El software para programar este microcontrolador usa un lenguaje basado en C.

En este proyecto, el Arduino cumple distintas funciones:

- Realiza la conversación AD (Analógico-Digital) de la señal del circuito ECG, muestreando la misma a través de uno de sus puertos analógicos de entrada, con una precisión de 10 bits.
- Implementa un filtro digital pasa baja, para eliminar el ruido de alta frecuencia.
- Envía los datos digitalizados de la señal del ECG vía Bluetooth hacia un dispositivo celular.

La comunicación entre el microcontrolador y el módulo Bluetooth se realiza de manera serial. Este módulo es el HC-05, que puede recibir y enviar información (master-Slave). El Bluetooth se utiliza debido a que vamos a enviar datos a un teléfono móvil, haciendo esta labor más sencilla y rápida, a un bajo costo.

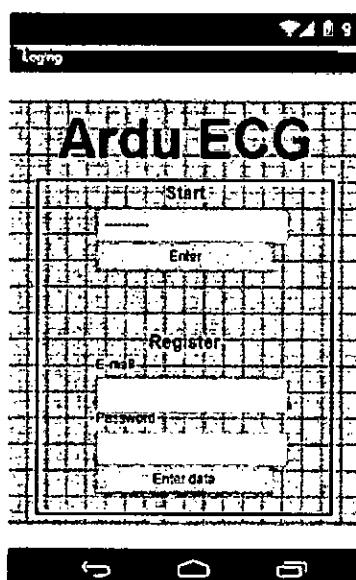
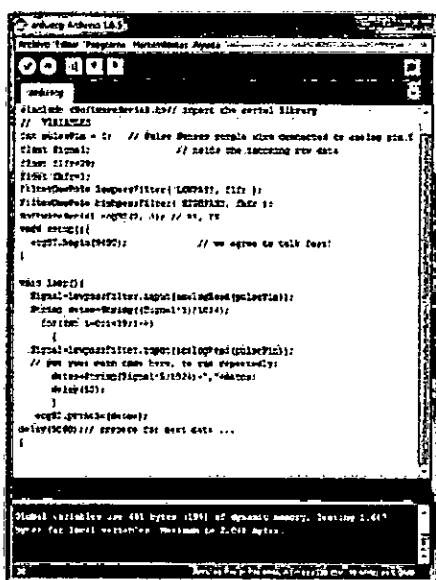
La velocidad a la que muestrea el Arduino la señal analógica del ECG depende de la programación. Siendo el pulso humano de una frecuencia aproximada de 1.5 Hz, para poder tener una señal con la precisión suficiente para brindar datos fiables a la

hora del análisis y procesamiento, después de distintos intentos, se estimó la frecuencia de muestreo entre 50 y 100 Hz, pero hay que tener en cuenta que cuantos más datos se tiene de la señal, más demora la comunicación entre el circuito electrónico y la base de datos, además de que se necesita más espacio para almacenar la información.

Así, es necesario un equilibrio entre la velocidad de muestreo y la velocidad de comunicación.

Figura N° 5.20

Izquierda: Interfaz de Arduino. Derecha: Interfaz con Android.



Fuente: Elaboración propia.

### Aplicación móvil Android mediante App Inventor

Como segunda parte de la interfaz entre el circuito electrónico y la base de datos, es la aplicación móvil diseñada para este proyecto.

Para diseñar esta aplicación se utilizó el programa App Inventor 2. Esta herramienta es de libre acceso y se puede utilizar en un navegador de internet o descargar a la computadora. App Inventor es una iniciativa del MIT y permite programar aplicaciones (para celular con sistema operativo Android) de manera sencilla y práctica, a través de dos etapas: Primero, el diseño visible de la aplicación, además

dé los colores, las imágenes, tipografía, distribución de elementos en la pantalla, etc.; y segundo, el diseño de la lógica de la aplicación y el funcionamiento de cada parte de la misma, estructurada a través de diagramas de bloque basados en programación C.

App Inventor también permite entre sus funcionalidades, la sincronización del navegador con el teléfono móvil, de tal manera que se puede simular en este último, el funcionamiento de la aplicación y el efecto de cada cambio en la programación de la aplicación sin necesidad de descargarla. Si se desea descargar la aplicación en el celular, también se puede hacer a través de un código QR.

La aplicación desarrollada en este caso se denomina ArduECG y consta de dos ventanas.

La primera ventana muestra el nombre de la aplicación y principalmente sirve para solicitar una contraseña necesaria para acceder a la segunda ventana y poder usar la aplicación en sí. Esto se hace con el propósito proteger la información del paciente, por ser relativa a su salud y por ello debe manejarse con el cuidado y la seguridad correspondiente.

Una vez ingresada la contraseña correcta, se accede a la segunda ventana, que es la parte principal del programa. En esta ventana se ha de observar la gráfica del pulso cardiaco del paciente en tiempo real, como en un electrocardiograma. Existen una serie de botones para que la aplicación cumpla su funcionalidad completa. Primero, nos permite enlazar el celular y la aplicación en sí con un dispositivo Bluetooth que se encuentre en un área cercana. Luego, se puede iniciar la gráfica de la señal ECG, así como también puede detenerse en cualquier momento. También se puede retroceder a la ventana anterior.

Además de esto, la aplicación cumple con otras funciones. La más importante es que a través de una conexión Wi-fi se puede subir datos del celular a internet.

Específicamente, App Inventor permite la comunicación entre la aplicación del teléfono móvil y una base de datos de internet.

Así, los datos recibidos por la aplicación desde la tarjeta Arduino y Bluetooth son graficados en la pantalla del celular y luego estos mismos datos son enviados a una tabla de datos llamada Fusion Table, que es una herramienta gratuita de Google.

A través de un formato específico, los datos son enviados a la tabla de datos, donde son almacenados, junto con su número de orden y la fecha en la que fueron tomados los datos.

Una utilidad adicional de Fusion Table es que de manera automática se genera la gráfica de los datos almacenados en la tabla, dependiendo de los distintos parámetros que se especifiquen como eje x o eje y.

Debido a que la capacidad del almacenamiento del archivo Fusion Table es grande, pero limitada, se plantea que la aplicación ArduECG registre y envíe datos de forma continua, a ciertas horas del día, de modo que se muestree una cantidad razonable de información, en distintas situaciones del paciente, sin saturar la base de datos.

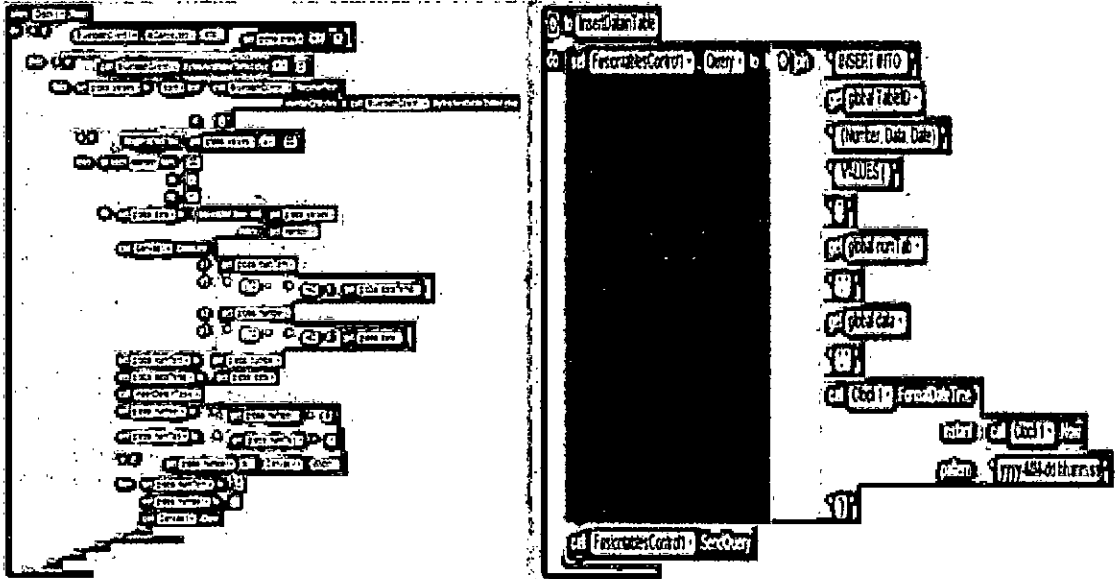
Una vez que se tienen los datos en la tabla, Fusion Table da la opción de exportar la información en un formato de archivo .csv, compatible con el formato Excel, y así estos datos puedan ser usados para el análisis y procesamiento de la señal ECG, brindándonos información valiosa sobre la salud de la persona.

En resumen, se utilizó el software MIT App Inventor por ser la forma más sencilla y práctica de realizar aplicaciones en Android, que es el software que usan la mayoría de teléfonos celulares. La programación de la aplicación se realizó a través del sitio web de App Inventor del MIT, la cual, se muestra brevemente en la Figura N° 5.21.



Figura N° 5.21

Esquema de programación en la aplicación App Inventor.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se puede establecer las siguientes consideraciones a tener en cuenta para los ajustes necesarios al sistema desarrollado:

- El acondicionamiento de la señal cardíaca requiere de varias etapas de modificación de la señal, desde la amplificación hasta la eliminación de riesgos que pueden perjudicar al paciente (Ejemplo: 60Hz).
- Es necesario que la señal digitalizada se encuentre en un rango de frecuencias adecuado para lograr el reconocimiento y procesamiento. De lo contrario, los cálculos de tiempos y detección de anomalías pueden alterarse.
- Para tener una medición correcta de los parámetros de la señal cardíaca, se necesita muestrear esta señal a 50 – 100 puntos por pulso. Además, se puede mejorar la velocidad de comunicación (bits/s) con la librería “Amarino” y el software Android Studio.
- Para mejorar la eficiencia de la respuesta de la señal ECG para la correcta detección de las anomalías, y con la finalidad de reducir las dimensiones, se implementó el circuito en placa de fibra de vidrio en doble capa.
- En este proyecto, se utilizó una batería de ion-litio por su capacidad de

almacenar carga y conservarla por un tiempo más prolongado. Para un futuro, es recomendable el uso de baterías, debido a que son mucho más pequeñas y eficientes.

- Se puede mejorar la transmisión de la señal con otros módulos Bluetooth de una gama más alta, como el CB4820, el cual posee un microprocesador, permitiendo dimensiones más pequeñas del circuito. La programación es en lenguaje C.

## **5.2 Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)**

El espirómetro de flujo que se propone en este trabajo, es un instrumento que mide el cambio instantáneo de volumen y flujo de aire que sale de los pulmones durante la exhalación, mediante el registro y despliegue de los valores numéricos de dichos parámetros.

El esquema empleado para el diseño y desarrollo del espirómetro es el del Espirómetro de Flujo con Neumotacógrafo de Lilly mencionado anteriormente.

### **Requerimientos técnicos de los espirómetros de flujo**

Un requisito médico importante para el empleo de este tipo de instrumentos, es asegurar la conservación aceptable de las condiciones fisiológicas del paciente, esto quiere decir que el neumotacógrafo no debe afectar el aire espirado, añadiéndole calor excesivo o sustancias tóxicas.

Durante la respiración espontánea, el aire inspirado está a la temperatura y humedad ambiente, y normalmente contiene aproximadamente un 21% de oxígeno. Mientras que en la espiración, el aire está cercano a la temperatura corporal y contiene menos oxígeno y un poco de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>. Las condiciones del aire varían entre la inspiración y la espiración, por lo tanto, las características del neumotacógrafo no deben verse afectadas por cambios en temperatura, humedad o viscosidad del aire.

La Tabla N° 5.1 describe las recomendaciones técnicas y de funcionamiento, que debe cumplir un espirómetro de flujo.

Tabla N° 5.1.

Recomendaciones técnicas y de funcionamiento que debe cumplir un espirómetro de flujo.

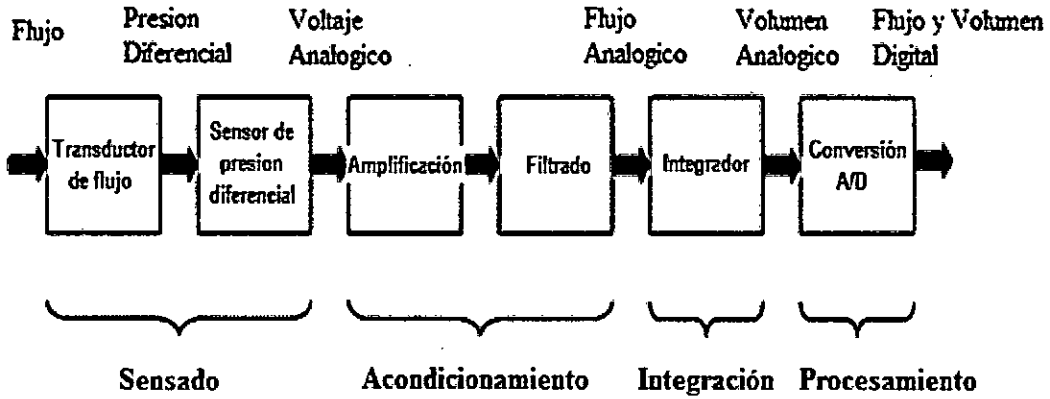
|                         |  |
|-------------------------|--|
| Rango de flujo          | Para mediciones de espiración forzada (CVF) se requiere un rango máximo de flujo de 12 L/s. El flujo pico durante la respiración normal es menor de 1 L/s.   |
| Resolución              | El flujo mínimo detectable debe estar en el rango de 5 a 10 mL/s.  |
| Precisión               | Para mediciones de capacidad vital (CV) y capacidad vital forzada (CVF), la precisión en el volumen leído debe ser de $\pm 3\%$ o $\pm 50$ [mL]. Para mediciones de flujo, $\pm 5\%$ de precisión es recomendable. |
| Respuesta en frecuencia | La frecuencia respiratoria debe aceptar rangos de 0 – 4 Hz.  |
| Resistencia al flujo    | Los neumotacógrafos deben representar una mínima resistencia al flujo aéreo, la cual se recomienda sea menor de 1,5 cm de H <sub>2</sub> O/L/s a 12 L/s.   |

Fuente: Medlineplus.

### Arquitectura del espirómetro de flujo

La Sociedad Torácica Americana (ATS, por sus siglas en inglés) sugiere en sus Recomendaciones Normalizadas de Espirometría la estructura básica de los espirómetros. El diagrama de bloques de la arquitectura de un espirómetro de flujo se muestra en la Figura N° 5.22. Consta de 4 etapas divididas de la siguiente manera: etapa de sensado, etapa de acondicionamiento, etapa de integración y etapa de procesamiento de las señales.

Figura N° 5.22  
Diagrama de bloques del espirómetro de flujo.



Fuente: Elaboración propia.

### Etapa de sensado

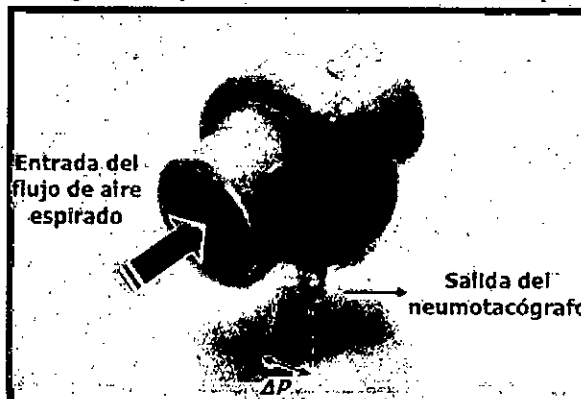
La etapa de sensado está constituida por un transductor de flujo tipo neumotacógrafo de Lilly y un sensor de presión diferencial.

### Neumotacógrafo de Lilly

Como se mencionó en el capítulo anterior, los neumotacógrafos de resistencia neumática son transductores de flujo gaseoso que transforman dicho flujo en presión diferencial proporcional a la cantidad de aire que atraviese por ellos.

En este proyecto el neumotacógrafo empleado fue un Microtach de la marca NSpire Health, (véase la Figura N° 5.23).

Figura N° 5.23  
Neumotacógrafo empleado en el desarrollo del espirómetro.



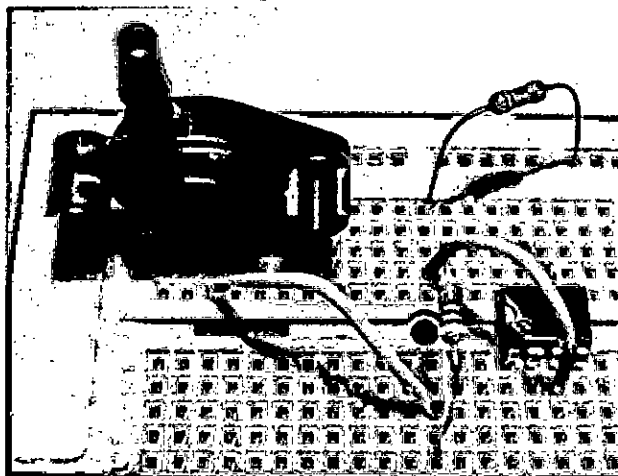
Fuente: [www.ptolomeo.unam.mx](http://www.ptolomeo.unam.mx).

### Sensor de Presión Diferencial

Los sensores de presión diferencial transforman la presión diferencial de un medio en una señal eléctrica, la cual es directamente proporcional a la cantidad de presión que ingresa al sensor.

La medición de la presión puede realizarse empleando diversos principios físicos, tal como el Bombardeo molecular sobre lámina muy fina, Acelerómetros de tecnología integrada y Tecnología integrada piezo resistiva, siendo estos últimos los más utilizados en instrumentos médicos en los cuales se requiera medir o sensar señales de presión. Estos sensores se realizan empleando galgas extensiométricas, las cuales son una de las herramientas más importantes en la medición eléctrica aplicada al cálculo de magnitudes mecánicas. Como su nombre lo indica, son usados para la medición de estiramiento, y dado que el estiramiento suele ser consecuencia de distintos agentes mecánicos como fuerzas, presiones, torsiones o calor, se emplean para medir estas magnitudes.

Figura N° 5.24  
Sensor de presión diferencial.



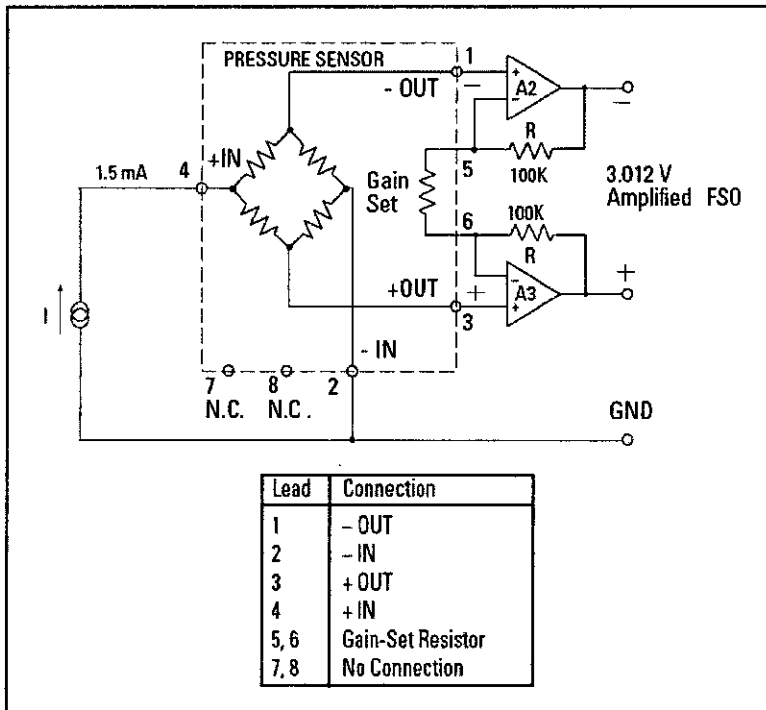
*Fuente: [www.nxtorm.es](http://www.nxtorm.es).*

El sensor de presión diferencial utilizado en el proyecto es NPC-1210-10WD de la marca Nova Sensor como que se muestra en la Figura N° 5.25. El sensor mide presiones diferenciales en el rango de 0 – 10 pulgadas de H<sub>2</sub>O. Se alimenta con 6 V a partir de un circuito de voltaje de referencia y da como salida una señal de voltaje

entre 2 mV y 70 mV, proporcional a la presión diferencial que existe entre sus orificios de entrada.

Figura N° 5.25

Diagrama esquemático del sensor de presión diferencial empleado en el Espirómetro de Flujo diseñado.



Fuente: [www.ptolomeo.unam.mx](http://www.ptolomeo.unam.mx).

### Etapa de acondicionamiento de señal

Después de haber sido sentido el flujo, se procede a la etapa de acondicionamiento de señal. Esta etapa está conformada por 3 partes. La primera de ellas es la de Amplificación de la señal, cuya finalidad es amplificar la señal proveniente del sensor de presión diferencial, ya que ésta se encuentra en el rango de los milivolts, por lo tanto, necesitamos escalar la señal para poder observar mejor los resultados. La segunda parte consiste en el Filtrado de la señal, que está diseñada para eliminar, o atenuar lo más posible, las frecuencias no deseadas y el ruido eléctrico. La tercera parte de esta etapa consiste en un arreglo electrónico que reduce la señal de offset acumulada hasta este punto.

### **Amplificación de la señal**

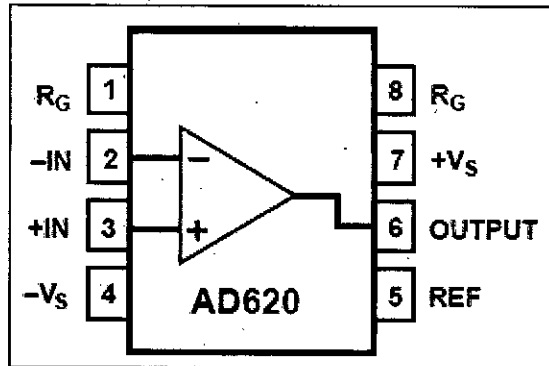
Para amplificar la señal se empleó un amplificador de instrumentación, el cual es un dispositivo creado a partir de amplificadores operacionales, cuya ganancia puede establecerse de forma muy precisa, además de estar diseñados para tener una alta impedancia de entrada y un alto rechazo a señales de modo común (CMRR).

Los amplificadores de instrumentación han sido desarrollados para ser utilizados en sistemas de instrumentación, en los que las características de operación son críticas. El empleo de los amplificadores de instrumentación es común en aparatos que trabajan con señales muy débiles, tales como la mayoría de los equipos médicos, con el fin de minimizar el error de medida.

Un amplificador de instrumentación de alta relación costo/desempeño, es el amplificador AD620 que se muestra en la Figura N° 5.26, del que podemos mencionar las siguientes características generales:

- Requiere una sola resistencia externa para ajustar la ganancia en un rango entre 1 y 1000.
- Opera con voltajes bipolares de  $\pm 2.3$  a  $\pm 18$  [V]
- Empaquetado de 8 pines.
- Consumo de 1.3 [mA]
- El desempeño en DC es muy eficiente, ya que solo presenta un máximo de 50 [uV] de offset.
- Desvío máximo de 0.6 [uV/°C]
- En AC tiene un ancho de banda de 120 [kHz] con una ganancia igual a 100.
- Rechazo al Ruido en Modo Común de 120 [dB] con una ganancia igual a 100.
- Ideal para aplicaciones de instrumentación médica y para sistemas que cuenten con un transductor como interface.

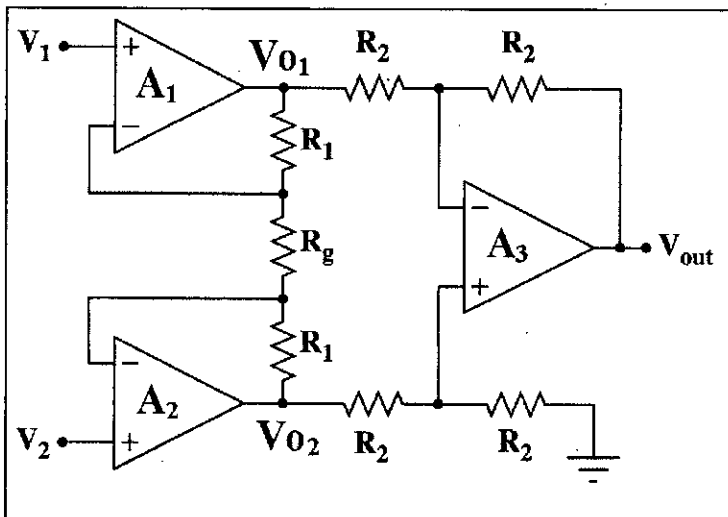
Figura N° 5.26  
Distribución de pines del amplificador de instrumentación AD620.



Fuente: [www.analog.com](http://www.analog.com).

Internamente, el amplificador de instrumentación está conformado por tres amplificadores operacionales bajo la configuración mostrada en la Figura N° 5.27.

Figura 5.27.  
Esquema interno de un amplificador de instrumentación.



Fuente: [dewinstruments1.blogspot.com](http://dewinstruments1.blogspot.com).

La operación que realiza el amplificador de instrumentación es la resta de sus dos entradas,  $V_1$  y  $V_2$ , multiplicada por un factor de amplificación determinado por la resistencia  $R_g$ .

Al existir realimentación negativa se puede considerar un cortocircuito virtual entre



las entradas, inversora y no inversora, de los amplificadores A1 y A2. Por ello, se tendrán los voltajes de entrada  $V_1$  y  $V_2$  en dichas terminales y, por lo tanto, en los extremos de la resistencia  $R_g$ , a través de la cuál circula una corriente  $I_g$  igual a:

$$I_g = (V_2 - V_1) \left( \frac{1}{R_g} \right) \quad (5.1)$$

Debido a la alta impedancia de entrada del amplificador operacional, esa corriente será la misma que atraviesa las resistencias  $R_1$ , por lo tanto el voltaje que cae en toda la rama formada por  $R_1$ ,  $R_g$  y  $R_1$  es:

$$(V_{O_1} - V_{O_2}) = \frac{(V_2 - V_1)}{R_g} (R_g + 2R_1) = (V_2 - V_1) \left( \frac{R_g}{R_g} + \frac{2R_1}{R_g} \right) \quad (5.2)$$

Reduciendo:

$$(V_{O_1} - V_{O_2}) = (V_2 - V_1) \left( 1 + \frac{2R_1}{R_g} \right) \quad (5.3)$$

Que será la diferencia de voltaje entre la salida inmediata de los amplificadores A1 y A2 (justo antes de las resistencias  $R_2$ ). El resto del circuito está diseñado como un amplificador diferencial de ganancia unitaria, por lo tanto la salida será exactamente la diferencia de tensión de la entrada (sin añadir ganancia), la cual se define como:

$$V_{out} = (V_2 - V_1) \left( 1 + \frac{2R_1}{R_g} \right) \quad (5.4)$$

Como la variable  $V_{out}$  es el voltaje de salida del amplificador, se hará referencia a dicha variable como  $V_{amp}$ .

Como el valor de la resistencia  $R_1$  es fijo, la magnitud de la salida del Amplificador de Instrumentación,  $V_{amp}$ , depende exclusivamente del valor de  $R_g$ , por lo tanto, en vez de hacer fijo a  $R_g$ , se coloca una resistencia variable, para tener control sobre

el rango de amplificación que se desee tener.

La ganancia,  $G$ , del amplificador de instrumentación AD620 está dada por la siguiente relación:

$$G = 1 + \left( \frac{49.4k\Omega}{R_g} \right) \quad (5.5)$$

Por tanto, para escalar la señal eléctrica de salida del sensor de presión diferencial, la cual se encuentra en el rango de las decenas de milivolts, se requiere tener una ganancia que permita elevar esa señal al rango de los volts. Para esto, se ajustó el amplificador de instrumentación a una ganancia de 100 colocando una resistencia externa de  $1\text{ k}\Omega$  entre los pines 1 y 8 del amplificador AD620 al valor de  $498\ \Omega$  de impedancia.

El voltaje a la salida del amplificador de instrumentación está dada por:

$$V_{amp} = V_{sensor} \times G \quad (5.6)$$

Luego, se tiene:

$$V_{amp} = K_1 K_2 GF \quad (5.7)$$

Debido a que, como ya se vio, las literales  $K_1$ ,  $K_2$  y  $G$ , son valores que permanecen constantes durante toda la prueba, se pueden sustituir por una sola constante  $K$ , de tal forma que la ecuación (5.7) se puede reducir a la siguiente expresión:

$$V_{amp} = KF \quad (5.8)$$

### **Filtrado de la señal**

Tomando en cuenta la información contenida en la Tabla N° 5.2, referente a las frecuencias respiratorias en condiciones normales, se obtiene el rango aproximado de frecuencias dentro del cual debe trabajar el espirómetro.

Tabla N° 5.2

Valores promedio de respiraciones para niños, adultos y ancianos.

| EDAD     | RESPIRACIONES<br>POR MINUTO |
|----------|-----------------------------|
| Niños    | 30 – 40                     |
| Adultos  | 14 – 20                     |
| Ancianos | 12 - 16                     |

*Fuente: OMS.*

El rango respiratorio se encuentra entre 12 y 40 respiraciones por minuto bajo condiciones de respiración normal, lo que indica que, para 12 respiraciones por minuto, la frecuencia que debe detectar el espirómetro es de 0.2 Hz, y para 40 respiraciones por minuto, la frecuencia correspondiente es 0.6 Hz, sin embargo, limitar el funcionamiento del espirómetro a este rango resultaría inadecuado, dado que, bajo condiciones de respiración forzada, durante la actividad física o en respiraciones particularmente lentas, dichas frecuencias respiratorias pueden aumentar o disminuir considerablemente.

Por tanto, teniendo en cuenta esta información, y lo que indican las recomendaciones técnicas y de funcionamiento que debe cumplir un espirómetro de flujo contenidas en la Tabla N° XY, y para lograr atenuar lo más posible las señales no deseadas, así como el ruido de 60 Hz, se diseñó un Filtro Butterworth paso bajas, que permite el paso de las frecuencias que se encuentren en el rango de 0 – 5 Hz para asegurar que cualquier espiración, por lenta que esta sea, pueda ser procesada por el espirómetro diseñado.

#### **Diseño del Filtro**

Se diseñó el Filtro Butterworth, debido a que este tipo no presenta rizo durante la banda de paso, además de ser un filtro de Magnitud Máximamente Plana, y dado que la señal leída es muy pequeña, cualquier distorsión o ruido añadido causarían mediciones erróneas.

El primer paso para diseñar el filtro Butterworth adecuado, es obtener el orden del mismo. Esto se logra mediante la siguiente ecuación:

$$n_B = \frac{\log\left(\frac{\sqrt{10^{0,1As}-1}}{\sqrt{10^{0,1Ap}-1}}\right)}{\log\left(\frac{f_s}{f_p}\right)} \quad (5.9)$$

Donde:

$A_s$  = atenuación en dB en la banda de rechazo. = 40 dB

$A_p$  = atenuación en dB en la banda de paso. = 3 dB

$f_p$  = frecuencia en la cual se presenta  $A_p$ . = 5 Hz

$f_s$  = frecuencia en la cual se presenta  $A_s$ . = 60 Hz

Para este proyecto, se tienen los siguientes valores:

$A_p = 3$  dB a  $f_p = 5$  Hz

$A_s = 40$  dB a  $f_s = 60$  Hz

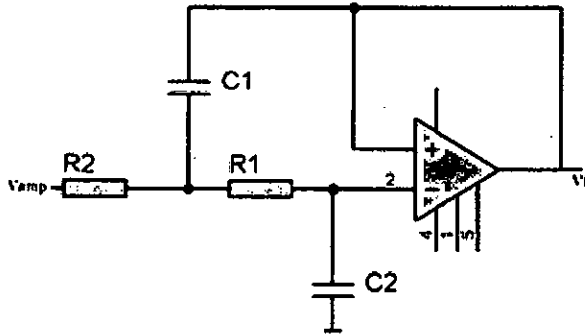
Sustituyendo estos datos en la ecuación anterior, se tiene el siguiente resultado:

$$n_B = \frac{\log\left(\frac{\sqrt{10^{0,1(40)}-1}}{\sqrt{10^{0,1(3)}-1}}\right)}{\log\left(\frac{60}{5}\right)} = 1.85 \quad (5.10)$$

Dado que el orden del filtro tiene que ser un número entero, el resultado se redondea al número entero inmediato superior, esto quiere decir que el filtro empleado es de 2° orden.

Una vez que se conoce el orden requerido para el filtro, se necesita elegir el valor de los componentes.

Figura 5.28.  
Esquema del Filtro Butterworth de 2° orden.



Fuente: Elaboración propia.

Existen diversos métodos de síntesis para diseñar este tipo de filtros. Uno de ellos es la técnica de resistencia constante, la cual consiste en seleccionar el mismo valor para todas las resistencias y buscar el factor de escalamiento para los capacitores, según los datos mostrados (véase la Tabla N° 5.3).

Tabla N° 5.3  
Valores para filtro pasa-bajas activo Butterworth.

| Orden del Filtro | $C_1 = C$      | $C_2 = C$        | $C_3 = C$ |
|------------------|----------------|------------------|-----------|
| 2                | 1,414          | 0,7071           |           |
| 3                | 3,546          | 1,392            | 0,2024    |
| 4                | 1,082<br>2,613 | 0,9241<br>0,3825 |           |
| 5                | 1,753<br>3,235 | 1,354<br>0,3090  | 0,4214    |

Fuente: Elaboración propia.

Primero se selecciona el valor de R:  $\rightarrow R = 100 \text{ K}\Omega$

Luego, de la Tabla N° 5,2, para el filtro de orden igual a 2, las relaciones de los capacitores se leen como sigue:

$$\frac{C_1}{C} = 1.414; \quad \frac{C_2}{C} = 0.707 \quad (5.11)$$

Estos valores se deben ajustar de manera inversa con la frecuencia de la banda de paso y el valor de la resistencia seleccionada. Así, el factor de escalamiento es:

$$\frac{1}{2\pi f_p R} = \frac{1}{2\pi \times 5 \times 100k} = 0.318 \times 10^{-6} \quad (5.12)$$

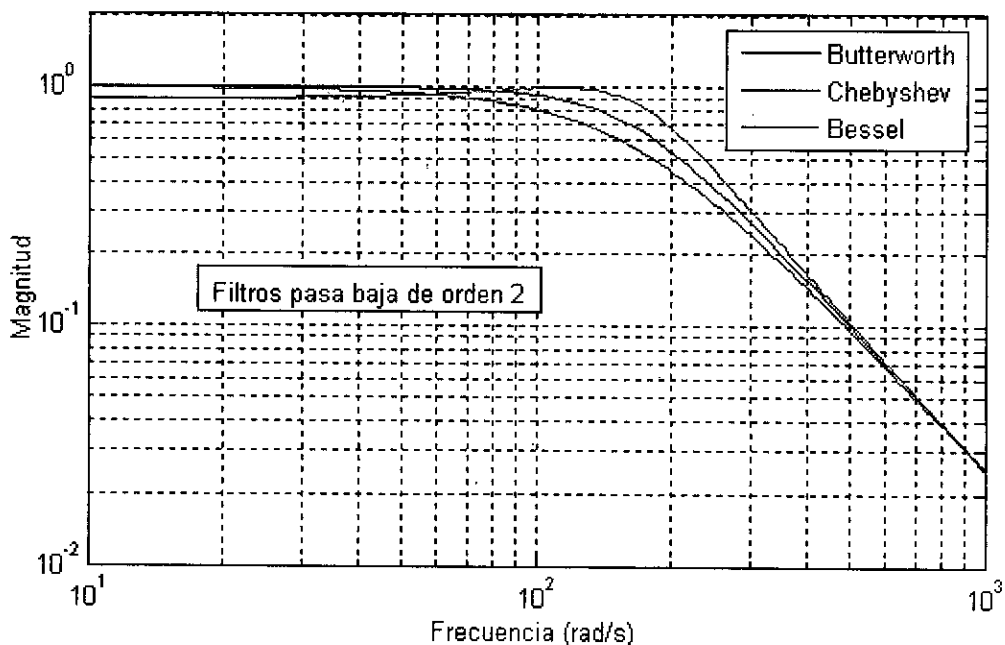
Esto proporciona capacitores de valor:

$$\begin{aligned} C_1 &= (0.318)(1.414)\mu F = 0.45\mu F \\ C_2 &= (0.318)(0.707)\mu F = 0.22\mu F \end{aligned} \quad (5.13)$$

La siguiente gráfica muestra el funcionamiento del filtro empleado, observando que a la frecuencia de rechazo, 60 Hz, la salida de voltaje es prácticamente nula, con lo cual se asegura que el ruido eléctrico proveniente de las líneas de alimentación, interferirá de manera despreciable en las mediciones del espirómetro.

Figura N° 5.29

Gráfica Frecuencia vs. Amplitud del filtro Butterworth de 2° orden diseñado.



Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Filtro\\_electr%C3%B3nico](https://es.wikipedia.org/wiki/Filtro_electr%C3%B3nico).

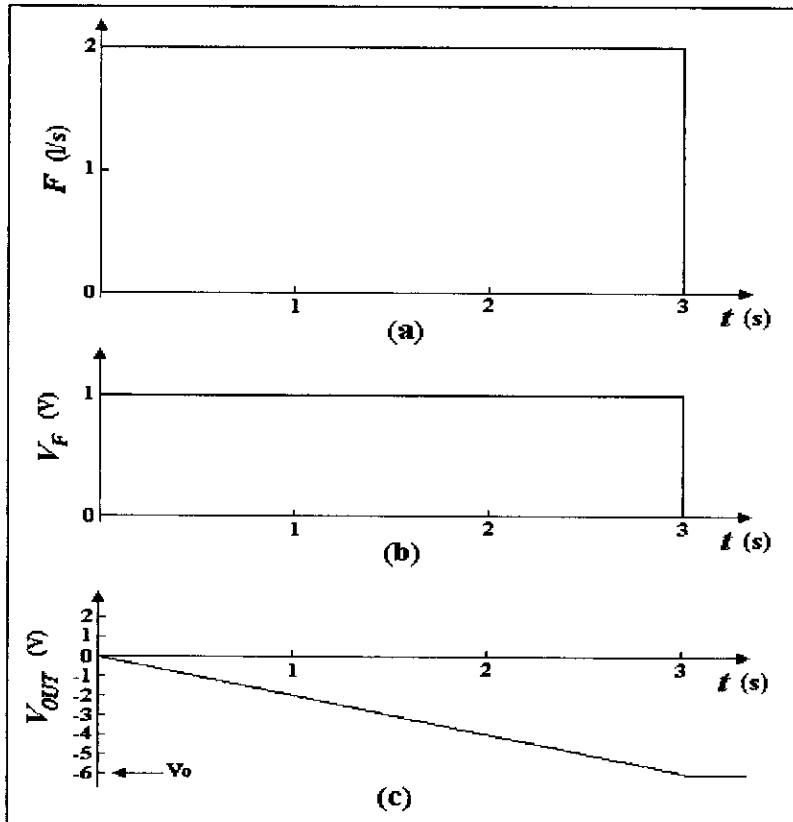
A la salida del filtro se tiene un valor de voltaje  $V_F$ , el cual es el mismo que  $V_{amp}$  descrito en la ecuación siguiente, debido a que el filtro no añade ningún tipo de ganancia a la señal. Por lo tanto, a la salida de la etapa de filtrado, se tiene lectura de la cantidad de flujo que fue exhalada por el paciente, de acuerdo a la expresión:

$$V_F = KF \quad (5.14)$$

La conclusión de este resultado es que el voltaje  $V_F$  es proporcional al flujo de aire  $F$  que pasa por la boquilla del neumotacógrafo.

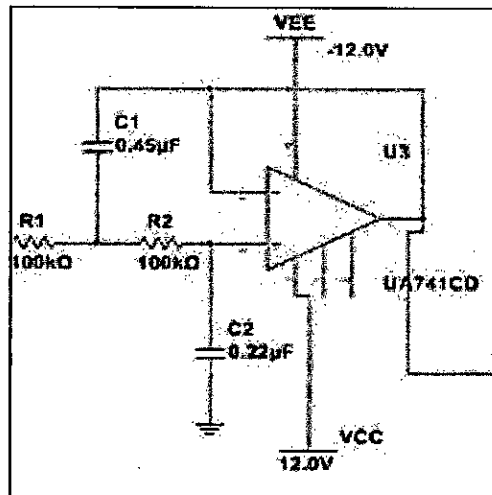
Figura N° 5.30

(a) Flujo  $F$  de entrada, que atraviesa el neumotacógrafo; (b) Salida de la etapa de Acondicionamiento de Señal,  $V_F$ ; (c) Señal de salida de la etapa de Integración,  $V_{OUT}$ .



Fuente: [www.unam.mx](http://www.unam.mx)

Figura N° 5.31  
Filtro de la señal, orden 2 Butterworth, en Multisim.



*Fuente: Elaboración propia.*

#### **Etapa de integración de la señal**

A la salida de la etapa anterior, se cuenta con una señal de voltaje que es proporcional a la cantidad de flujo que exhala el paciente, por lo que, conociendo esa proporcionalidad, la cual, como ya se vio, depende del transductor, el sensor y de la ganancia que se le dé a la señal en el Amplificador de Instrumentación, se tiene lectura de la cantidad de dicho flujo.

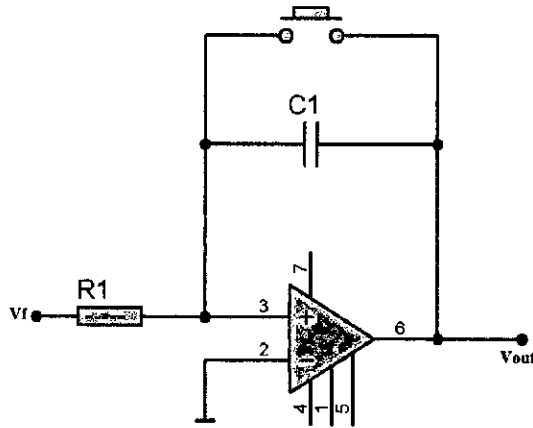
Ahora bien, el propósito principal de un espirómetro de flujo, es conocer la cantidad de volumen que el paciente desaloja de los pulmones tras una espiración.

Como se mencionó, este volumen se obtiene mediante la operación matemática de integración del flujo, es decir, el volumen a determinar es el área bajo la curva de la Figura N° 5.30 (a).

Partiendo de la configuración inversora de un amplificador operacional, cuando se reemplaza la resistencia de realimentación por un capacitor, el circuito resultante es un integrador como el que se observa en la Figura N° 5.32.



Figura N° 5.32  
Circuito integrador.



Fuente: *Elaboración propia.*

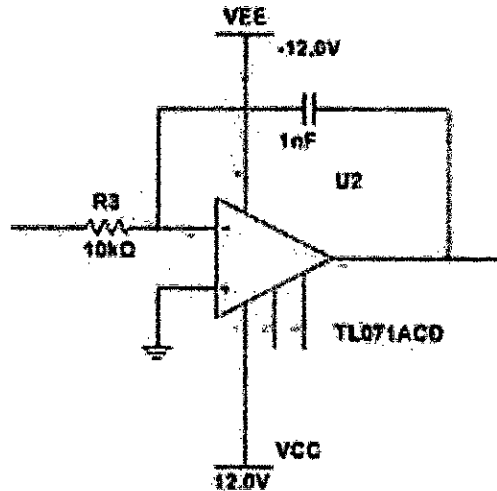
La flecha bidireccional representa una tierra virtual, y, dado que la corriente no atraviesa por el amplificador operacional debido a su alta impedancia de entrada, la corriente a través del capacitor está dada por:  $i = V_F/R$ , y como el voltaje en un capacitor se define:

$$V_c = \frac{1}{C} \int (i) dt \quad (5.15)$$

El voltaje a la salida  $V_{OUT}$  queda determinado por la siguiente expresión:

$$V_{OUT} = -\frac{1}{RC} \int_0^t (V_F) dt \quad (5.16)$$

Figura N° 5.33  
Circuito integrador para la implementación, en Multisim.



*Fuente: Elaboración propia.*

#### **Procedimiento para la medición del volumen.**

Para medir el volumen exhalado por un paciente a través del espirómetro de flujo, es necesario seguir la siguiente metodología: En primer lugar se cierra el interruptor de Reset en la Figura N° 5.32 del circuito integrador por unos instantes, con el fin de tener condiciones iniciales nulas, esto es, que el capacitor C se descargue, con lo cual se tiene un voltaje de salida  $V_{OUT}$  igual a cero. Después de esto se le indica al paciente que exhale a través de la boquilla del neumotacógrafo. El cambio resultante en  $\Delta P$  generara un voltaje  $V_F$  como función del tiempo en proporción al flujo de aire que pasa por el neumotacógrafo, como se muestra en la Figura N° 5.30 (b).

El volumen de aire exhalado por el paciente, iniciando en el tiempo  $t = 0$ , cuando el interruptor *Reset* es desactivado, será igual al área bajo la curva de la gráfica de Flujo,  $F$ , contra tiempo,  $t$ , como se muestra en la Figura N° 5.30 (c). Matemáticamente esta área es calculada por integración. En el circuito de la Figura N° 5.30 (a), el voltaje de salida del circuito integrador,  $V_{OUT}$ , es proporcional al volumen de aire exhalado por el paciente desde el tiempo  $t = 0$  hasta el tiempo,  $t$ , deseado.

Después que el paciente ha detenido la exhalación, el voltaje  $V_{OUT}$  permanecerá

constante en proporción al volumen total de aire exhalado, hasta que el interruptor *Reset* sea cerrado nuevamente para llevar a cabo otra medición.

Ahora bien, cuando el ciclo se inicia, al abrir el interruptor *Reset* e iniciar la exhalación en el tiempo  $t = 0$ , el voltaje de salida,  $V_{OUT}$ , del circuito de la Figura N° 5.32, está dado por la ecuación (25). Sustituyendo la ecuación (23) en ésta última expresión, y dado que para el diseño del integrador se tiene  $RC = 1$ , la ecuación resultante es:

$$V_{OUT} = -K \int_0^t (F) dt \quad (5.17)$$

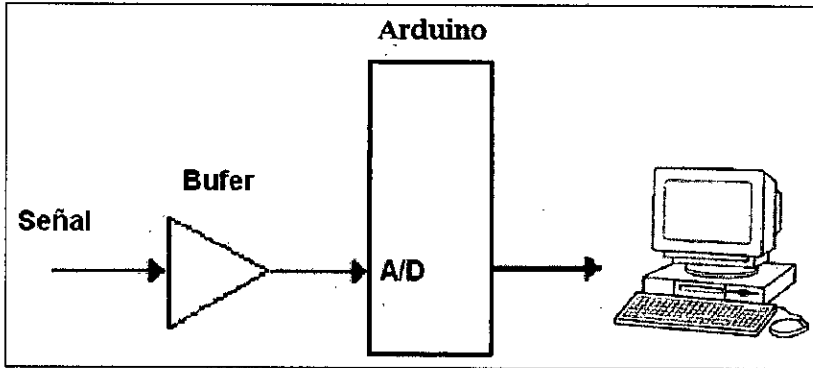
Esta última ecuación significa que el voltaje de salida,  $V_{OUT}$ , es directamente proporcional al volumen de aire que ha pasado a través del neumotacógrafo desde el tiempo  $t = 0$  hasta el tiempo  $t$  de observación. El flujo,  $F$ , es una función del tiempo que puede incrementarse, decrementarse o permanecer constante, siempre y cuando sea en una sola dirección.

### **Etapas de procesamiento**

El equipo cuenta con un sistema de adquisición de datos (Arduino). Estos datos serán mostrados en un monitor de una PC al cual se encuentra conectado el Arduino y que tiene instalado el programa Matlab. Este sistema, está basado en **Arduino Uno**, el cual posee la capacidad de poder convertir datos analógicos a digital de 10 bits, y 16 kB de memoria flash para almacenamiento del programa.

Figura N° 5.34

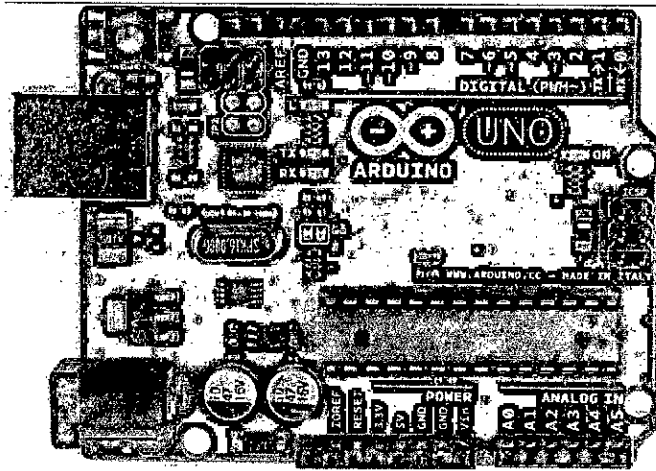
Sistema de adquisición, procesamiento y despliegue de datos.



*Fuente: Elaboración propia.*

Figura N° 5.35

Controlador usado para la comunicación con la computadora.



*Fuente: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)*

Las señales de flujo y volumen entran al microcontrolador, integrado dentro de la placa Arduino, para ser procesadas en el convertidor analógico-digital del mismo. Los valores digitales de la conversión se envían a una PC para luego ser mostradas por medio de graficas que el programa Matlab automáticamente las genera. La ventaja de utilizar un microcontrolador (Arduino propiamente dicho) como sistema de adquisición de datos es su bajo costo. Además, fácilmente se puede adaptar a cualquier computadora (instalador y cable USB).

La programación de la conversión analógica a digital y el despliegue de datos se desarrolló empleando el programa Matlab.

#### **Transmisión y Sincronización de Datos Obtenidos:**

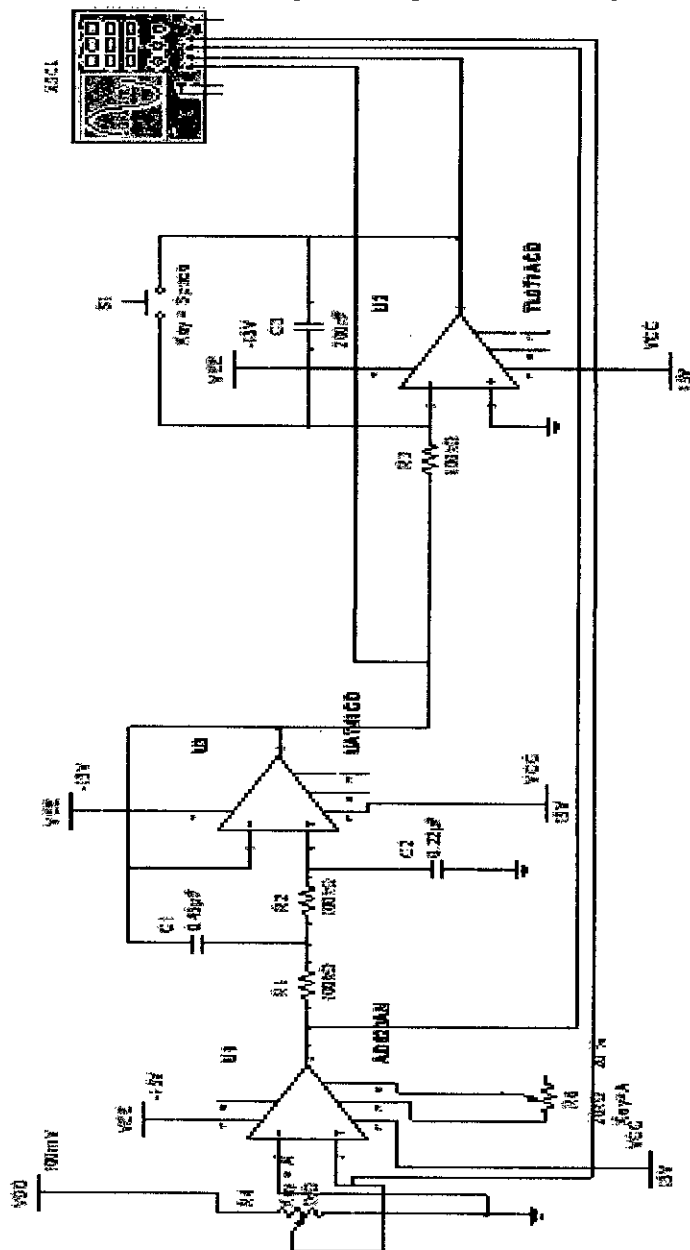
El programa Matlab tiene la opción de poder guardar en una carpeta las gráficas obtenidas para cada prueba que se realice en el osciloscopio. Pero necesitamos que esta información esté al alcance de nuestro médico especialista y surge la necesidad de permitirle al médico tener una fuente rápida, confiable y accesible al alcance del médico.

Por ello, se hizo uso del software Dropbox, un programa online que permite guardar datos en una cuenta creada en ella, así podemos descargar de nuestro Smartphone la aplicación de Dropbox.apk y poder sincronizarlo con nuestro espirómetro por medio de nuestra PC. Además, podemos sincronizar éste con el llamado Google Drive, por medio de una extensión de nuestro navegador de Google Chrome, el cual permite la sincronización de Dropbox a Drive, y así, asegurarnos de tener la información del paciente guardada y ordenada.

#### **Diseño del Hardware:**

Para el diseño del circuito impreso se utilizó el programa Multisim 13. El diagrama esquemático del diseño final del espirómetro de flujo (véase la Figura N° 5.36).

Figura N° 5.36  
 Diagrama general para el espirómetro de flujo.

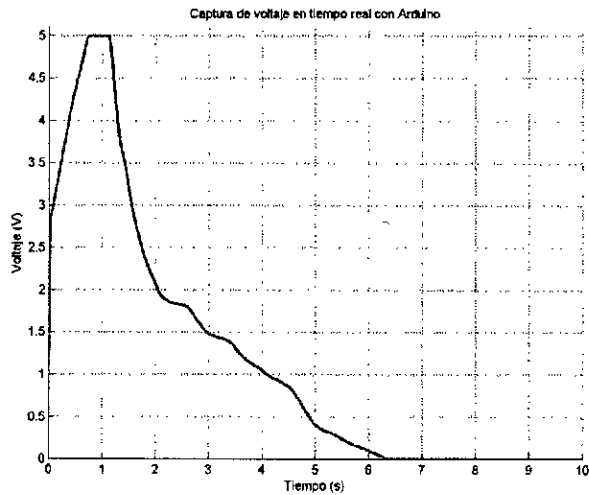


Fuente: Elaboración propia.

Para un paciente en condiciones de buena salud y normalidad, se obtienen las siguientes curvas, que el sistema deberá confrontar para determinar alguna anomalía que deba ser reportada al médico para tomar las acciones de prevención. La curva muestra el flujo espiratorio, en el que se puede observar el FEM (Flujo

Espiratorio Máximo).

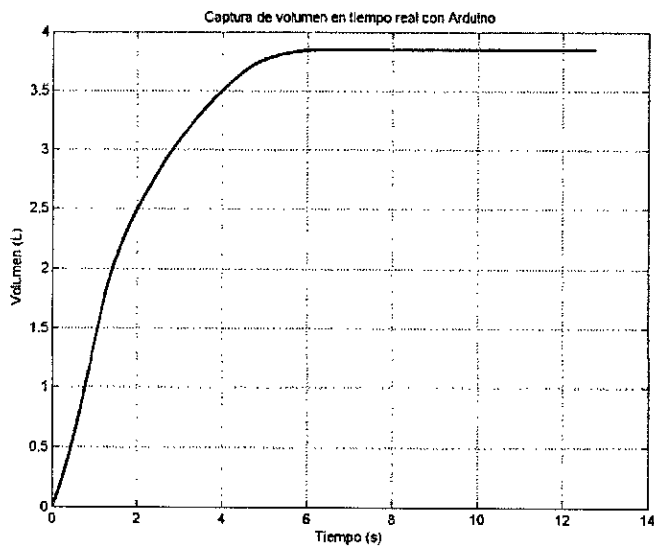
Figura N° 5.37  
Curva del flujo respiratorio.



Fuente: Elaboración propia.

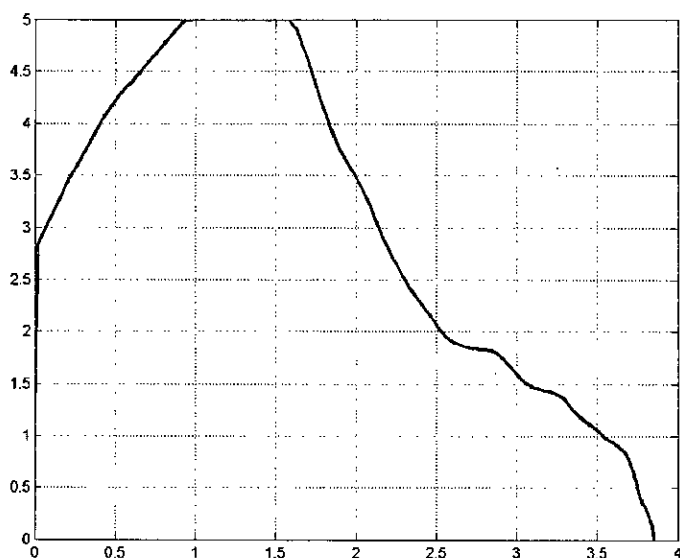
En la Figura N° 5.38 se muestra la acumulación del flujo expresado en volumen espiratorio, donde se toman los datos de FVE1 y FVC.

Figura N° 5.38  
Curva de volumen.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5.39  
Curva de flujo vs volumen.



*Fuente: Elaboración propia.*

Desde el punto de vista tecnológico, se logró construir un instrumento de medición exacto, de bajo costo, de fácil reparación y mantenimiento, y que proporciona información básica para que, con ayuda de un especialista, se logre monitorear el estado de salud de las vías respiratorias de un paciente.

### 5.3 Diabetes

#### Objetivos

- Medir los niveles de glucosa en la sangre usando el método no invasivo, es decir, evitando las dolorosas y traumatizantes punciones en la piel.
- Se usó como toma de medidas el dedo índice de la mano.
- Diseñar la parte electrónica para éste método no invasivo, y este circuito es el que va antes del microcontrolador ARDUINO UNO.
- Visualizar los niveles de glucosa en un display LCD y en un dispositivo que use el sistema operativo ANDROID.

#### Funcionamiento de los glucómetros actuales

Para medir los niveles de glucosa en la actualidad se usan los glucómetros digitales,



los cuales usan el método invasivo, que consiste en pinchar el dedo con una lanceta para extraer una gota de sangre. Luego se recoge la gota de sangre con la tirilla y se inserta en el glucómetro, obteniéndose así el nivel de glucosa en la sangre del paciente.

El glucómetro es un indicador, las tirillas son las que nos dicen el nivel de glucosa. Las Tiras Reactivas o tirillas modernas son diseñadas para ser utilizadas por una única vez por los glucómetros, y llevan en un extremo una Enzima (llamada Glucosa Oxidasa) de referencia que está impregnada en un extremo de la Tira Reactiva que en contacto con la Glucosa de la muestra de sangre que es aspirada por capilaridad, sufre una transformación, traducida en una Reacción Electroquímica que genera una muy pequeña corriente eléctrica inofensiva y de muy baja intensidad, que el medidor interpreta y la muestra como valor de la Glucemia o glucosa en general expresada en la unidad de miligramos por decilitro de sangre.

De esta forma, poca Glucosa en la sangre implica poca intensidad de corriente. El aparato lector correctamente calibrado es capaz de traducir el valor de esta intensidad de corriente en concentraciones de Glucosa en la sangre. Y así avisar al paciente si tiene que inyectarse Insulina o comerse un caramelo eventualmente.

### **Medición de la glucosa en la sangre del modo no invasivo**

Consiste en realizar una medición de niveles de glucosa en la sangre de manera no invasiva. En nuestro proyecto usaremos un diodo LED – NIR infrarrojo que envía luz visible en un intervalo de longitud de onda entre 660nm y 890nm, luego utilizando la Ley de Lambert-Beer, un circuito de amplificación y filtrado, y finalmente con un microcontrolador ARDUINO podremos visualizar la cantidad de glucosa en un display LCD y en un dispositivo que funciona con el sistema operativo Android.

### **Ley de Lambert Beer**

La luz absorbida y las propiedades del material atravesado conforman una relación matemática, es decir que cuando un rayo de luz incide a través de un medio absorbente, su intensidad disminuye exponencialmente a medida que la concentración del medio absorbente aumenta, como se observa en las siguientes

ecuaciones:

$$I = I_0 e^{-k_i c l} \quad (5.18)$$

Dónde:  $I_0$  = Intensidad inicial de la luz incidente.

$I$  = Intensidad de la luz transmitida.

$l$  = Longitud del medio absorbente.

$c$  = Concentración de la solución absorbente.

-  $k_i$  = Coeficiente molar de extinción.

El cociente de intensidades se conoce como la transmitancia y se expresa como un porcentaje:

$$T = \frac{I}{I_0} = e^{-k_i c l} \quad (5.19)$$

Desarrollando la ecuación de la transmitancia se tiene:

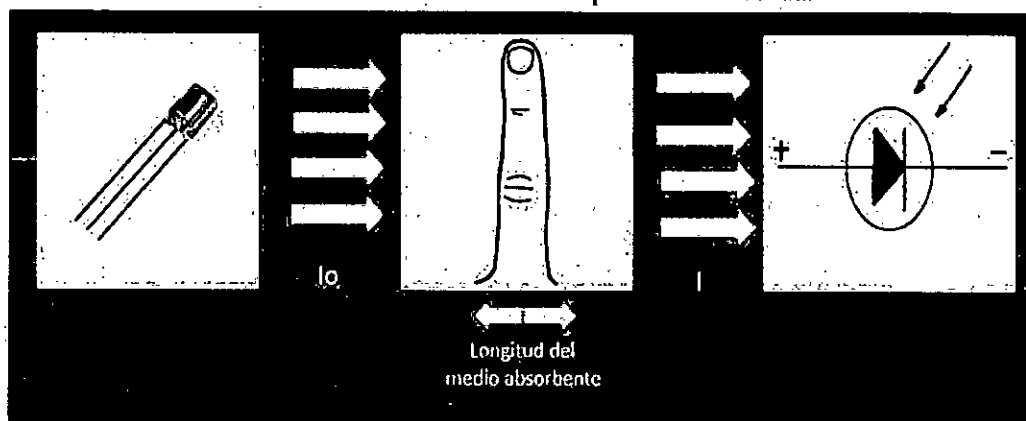
$$\log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) = -k_i c l = E \quad (5.20)$$

Donde la absorbancia es:

$$E = -k_i c l \quad (5.21)$$

Estas variaciones de concentración de glucosa son las responsables de los cambios en la cantidad de luz absorbida, creando de esta manera un patrón de medida.

Figura N° 5.40  
Procedimiento de lectura del patrón de medida.



Fuente: [www.unam.mx](http://www.unam.mx).

Un diodo LED emitirá un haz de luz que tiene una intensidad " $I_0$ ", luego se colocará el dedo índice, que tiene un ancho " $c$ ". Finalmente utilizando la Ley de Lambert-Beer, la intensidad luminosa atenuada llegará a un fotodiodo que captará la intensidad luminosa " $I$ " que será finalmente la señal a medir en este proyecto.

### Filtro Sallen Key

Un filtro de Sallen Key o célula de Sallen Key es un tipo de filtro electrónico activo, particularmente valioso por su simplicidad.

El circuito produce un filtro pasa bajo o pasa alto de dos polos usando resistencias, condensadores y un amplificador. Para obtener un filtro de orden mayor se pueden poner en cascada varias etapas.

### Configuración pasa bajo

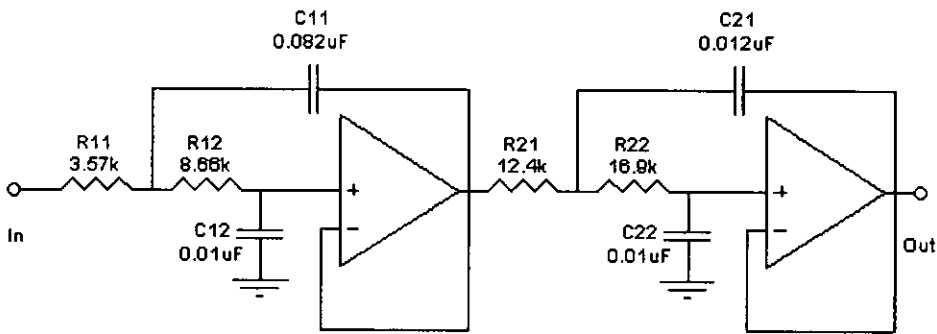
En la siguiente figura se observa un filtro formado por dos células de Sallen Key en cascada. Esta es una práctica habitual para aumentar el orden de un filtro. También se usan los amplificadores operacionales.

Para frecuencias muy altas los condensadores funcionarán como corto circuitos, por lo tanto el terminal positivo del amplificador operacional estará a tierra. Al tener realimentación negativa, el terminal negativo, y por tanto la salida, tendrán la misma tensión que el terminal positivo. Por el contrario, a bajas frecuencias o tensión continua los condensadores serán como un circuito abierto, por tanto las dos

resistencias estarán en serie y, al no circular corriente por ellas, la tensión de entrada también estará presente en el terminal positivo del operacional y a su salida. Por lo que la tensión de salida a muy altas frecuencias será cero y a frecuencias muy bajas la tensión de salida será igual que la entrada.

Para variar la ganancia del filtro se suele poner un divisor de tensión en el lazo de realimentación.

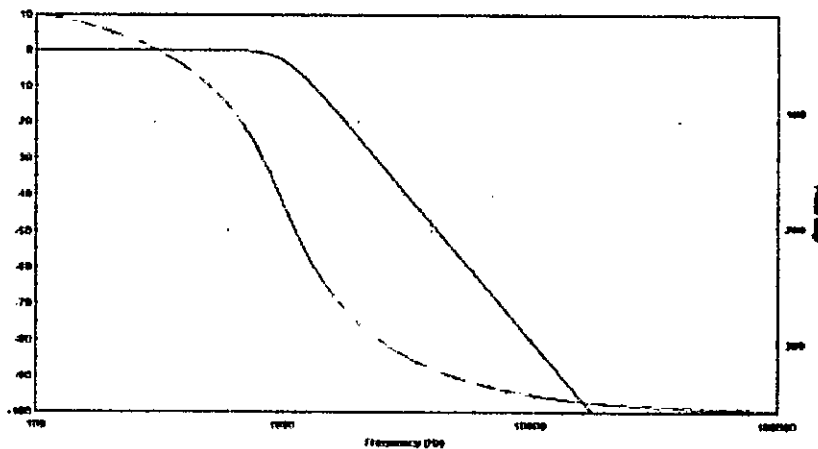
Figura N° 5.41  
Filtro usando dos células Sallen Key.



Fuente: [www.unam.mx](http://www.unam.mx).

La respuesta en frecuencia se muestra (véase la Figura N° 5.42).

Figura N° 5.42  
Respuesta en frecuencia del filtro.



Fuente: [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org).

Para sólo la primera etapa, la frecuencia de corte y el factor Q son:

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_{11}R_{12}C_{11}C_{12}}}$$

$$Q = \frac{\sqrt{R_{11}R_{12}C_{11}C_{12}}}{C_{12}(R_{11} + R_{12})}$$
(5.22)

### Configuración pasa alto

La topología de este circuito es recíproca de la anterior, es decir, las resistencias estarán donde estaban los condensadores y viceversa, los condensadores estarán donde estaban las resistencias.

Se puede hacer un análisis similar al anterior estudiando los casos de alta y baja frecuencia. En este caso en muy alta frecuencia la entrada estará cortocircuitada con el terminal positivo del amplificador operacional. A muy baja frecuencia el terminal positivo solo tendrá conectada una resistencia, por la que no circula corriente, y la tensión en este terminal y también en la salida será cero.

La frecuencia de corte y el factor Q son:

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_{11}R_{12}C_{11}C_{12}}}$$

$$Q = \frac{R_{12}C_x}{\sqrt{R_{11}R_{12}C_{11}C_{12}}}$$

donde

$$C_x = \frac{C_{11}C_{12}}{C_{11} + C_{12}}$$
(5.23)

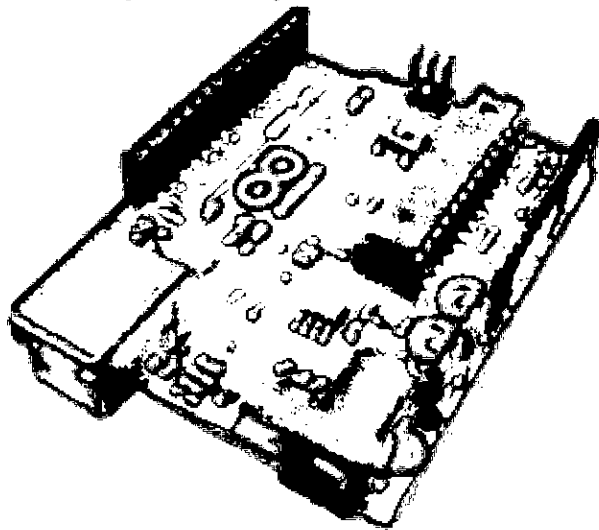
### Arduino UNO

Arduino es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, que incluye, reguladores de tensión, un puerto USB (En los últimos modelos, aunque el original utilizaba un puerto serie) conectado a un módulo adaptador USB Serie que permite programar el microcontrolador desde

cualquier PC de manera cómoda y también hacer pruebas de comunicación con el propio chip. Un arduino dispone de 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y a los que puede conectarse cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5 V. También dispone de entradas y salidas analógicas. Mediante las entradas analógicas podemos obtener datos de sensores en forma de variaciones continuas de un voltaje. Las salidas analógicas suelen utilizarse para enviar señales de control en forma de señales PWM. Arduino UNO es la última versión de la placa, existen dos variantes, la Arduino UNO convencional y la Arduino UNO SMD. La única diferencia entre ambas es el tipo de microcontrolador que montan.

La primera es un microcontrolador Atmega en formato DIP. Y la segunda dispone de un microcontrolador en formato SMD. Nosotros nos decantaremos por la primera porque nos permite programar el chip sobre la propia placa y después integrarlo en otros montajes.

Figura N° 5.43  
Esquema de la placa Arduino UNO.



Fuente: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc).

Cada uno de los 14 pines digitales se puede usar como entrada o como salida. Funcionan a 5V, cada pin puede suministrar hasta 40 mA. La intensidad máxima de entrada también es de 40 mA. Cada uno de los pines digitales dispone de una

resistencia de pull-up interna de entre 20K $\Omega$  y 50 K $\Omega$  que está desconectada, salvo que nosotros indiquemos lo contrario. Arduino también dispone de 6 pines de entrada analógicos que trasladan las señales a un conversor analógico/digital de 10 bits.

### Pines especiales de entrada y salida

- RX y TX: Se usan para transmisiones serie de señales TTL.
- Interrupciones externas: Los pines 2 y 3 están configurados para generar una interrupción en el atmega. Las interrupciones pueden dispararse cuando se encuentra un valor bajo en estas entradas y con flancos de subida o bajada de la entrada.
- PWM: Arduino dispone de 6 salidas destinadas a la generación de señales PWM de hasta 8 bits.
- SPI: Los pines 10, 11, 12 y 13 pueden utilizarse para llevar a cabo comunicaciones SPI, que permiten trasladar información full dúplex en un entorno Maestro/Esclavo.
- I<sup>2</sup>C: Permite establecer comunicaciones a través de un bus I<sup>2</sup>C. El bus I<sup>2</sup>C es un producto de Phillips para interconexión de sistemas embebidos. Actualmente se puede encontrar una gran diversidad de dispositivos que utilizan esta interfaz, desde pantallas LCD, memorias EEPROM, sensores, etc.

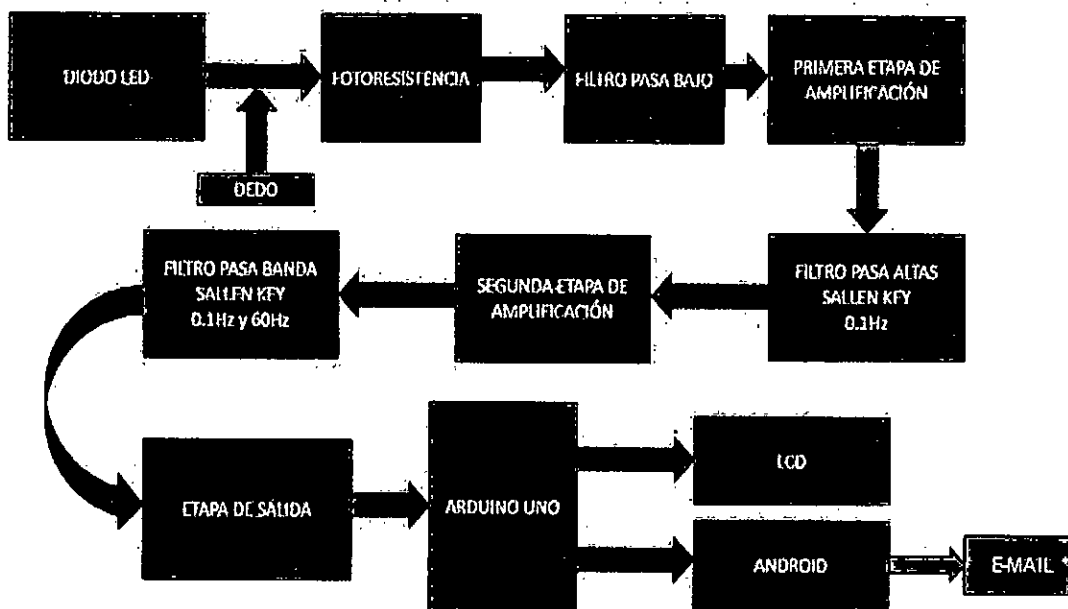
Tabla N° 5.4  
Resumen de características técnicas.

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| Microcontrolador                    | Atmega328                              |
| Vóltaje de operación                | 5V                                     |
| Vóltaje de entrada (Recomendado)    | 7 – 12V                                |
| Vóltaje de entrada (Limite)         | 6 – 20V                                |
| Pines entrada-salida digital        | 14 (pueden usarse como salida PWM)     |
| Pines entrada analógica             | 6                                      |
| Corriente continua por pin IO       | 40 mA                                  |
| Corriente continua en el pin (3,3V) | 50 mA                                  |
| Memoria Flash                       | 32 KB (0,5 KB ocupados por bootloader) |

|                     |        |
|---------------------|--------|
| SRAM                | 2 KB   |
| EEPROM              | 1 KB   |
| Frecuencia de reloj | 16 MHz |

Fuente: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc).

Figura N° 5.44  
Diagrama de bloques del proyecto.



Fuente: *Elaboración propia.*

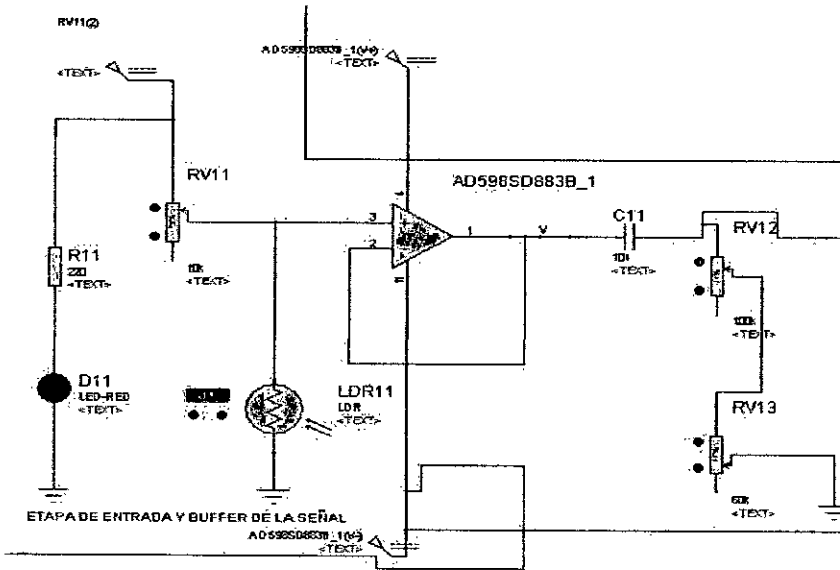
### Etapa de entrada

Consta de un diodo LED – NIR (infrarrojo cercano) de 660nm y una foto resistencia que detectará la intensidad de corriente proveniente del dedo de la persona. También se usó un OPAMP AD598SD883B y un filtro pasa bajo para eliminar el ruido que proviene de la alta frecuencia del diodo LED – NIR.

El diodo LED – NIR dispara un haz de luz mientras el dedo se encuentra en posición, la intensidad luminosa atenuada llega a la fotorresistencia, la cual junto con el OPAMP AD598SD883B convierten la señal de entrada en una señal de voltaje.



Figura N° 5.45  
Esquema circuitual de la etapa de entrada.

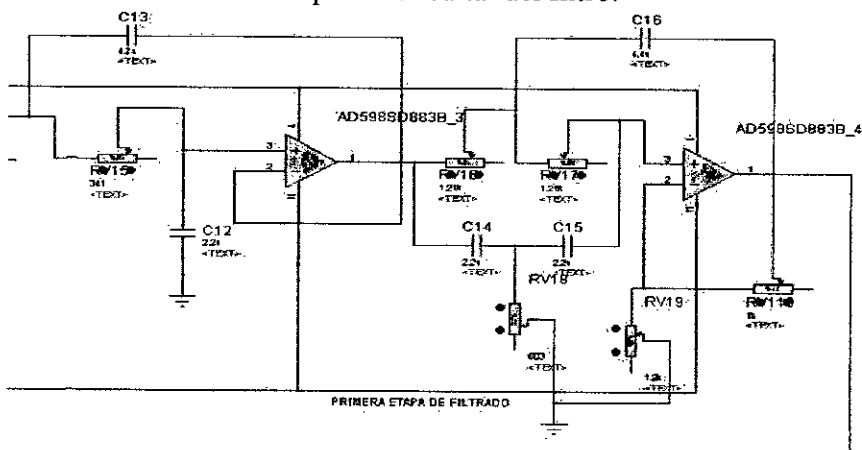


Fuente: Elaboración propia.

### Etapa de filtrado pasa altas Sallen Key

Usamos esta etapa para eliminar las bajas frecuencias que pueden interferir en nuestro diseño. Se usó el modelo pasa altas de dos etapas. La frecuencia de corte usada fue de 0.1Hz.

Figura N° 5.46  
Esquema circuitual del filtro.

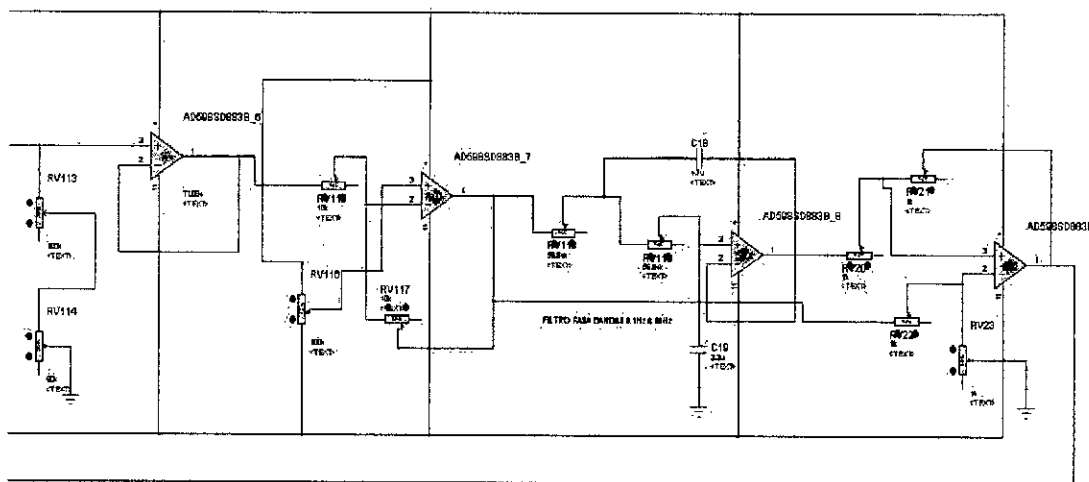


Fuente: Elaboración propia.

### Etapa de filtrado pasa banda Sallen Key

La combinación de los filtros pasa bajas y pasa altas nos proporciona el filtro pasa banda. Se usaron dos etapas para cada uno, dos etapas realimentadas para 0.1Hz y dos etapas realimentadas para 60Hz.

Figura N° 5.47  
Esquema circuital del filtro pasa banda.

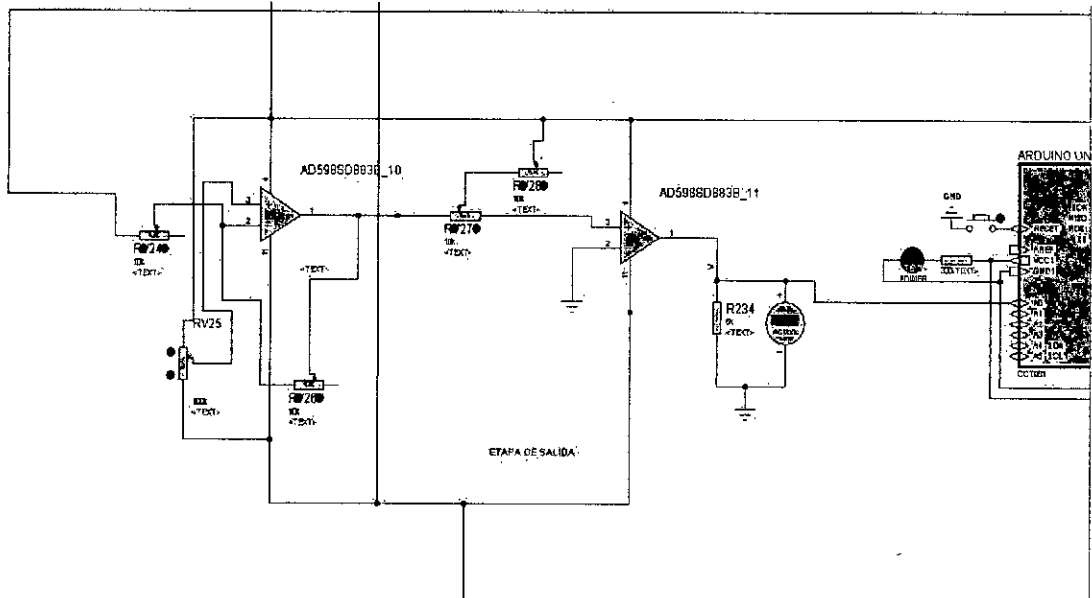


Fuente: Elaboración propia.

### Etapa de salida

Es la etapa final, previa al Arduino y los indicadores (LED y Android). Está compuesta por dos OPAMPs AD598SD883B y una serie de resistencias que nos permiten una variación de voltaje entre 2V a 5V. Esta señal de voltaje se insertará en la entrada analógica Ao, la cual mediante el código previamente programado nos mostrará los niveles de glucosa en la sangre tanto en el LCD como en el celular con Android.

Figura N° 5.48  
Esquema circuital de la etapa de salida.



*Fuente: Elaboración propia.*

### **Etapa de procesamiento de la señal**

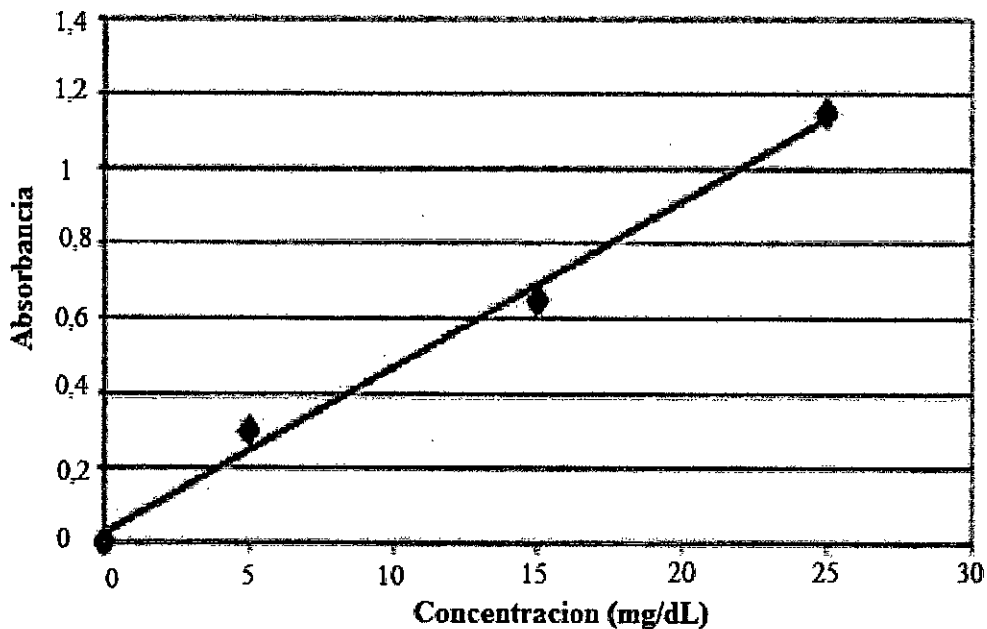
En esta etapa nos encargaremos de mencionar el tipo de controlador, la relación entre la señal de voltaje y la cantidad de glucosa obtenida, la ley de Lambert-Beer, el código en lenguaje C usado para controlar el proyecto y finalmente el monitoreo de los resultados tanto en Android como en el display LCD.

### **Obtención de la ecuación de glucometría**

Se deduce la ecuación para obtener valores de glucosa en la sangre de forma no invasiva, consiguiendo linealizar el sistema y analizando los resultados de las mediciones que se obtengan con el equipo no invasivo.

Entonces para este objetivo emplearemos el LED-NIR que emite luz visible de 660 nm y luz infrarroja NIR de 890 nm, observándose que la luz pasa a través del medio (absorbente); pero también parte de la energía se dispersa al exterior. Un método de análisis óptico para medir la concentración de sustancias es la espectrofotometría, basado en la teoría de Lambert-Beer anteriormente mencionada, obteniéndose una relación de concentración/absorbancia como se observa en la Figura N° 5.48.

Figura N° 5.49  
Relación de la absorbancia a la concentración.



Fuente: <http://es.slideshare.net/>

Se observa la relación lineal que existe entre la concentración (mg/dl) y la absorbancia usando para este caso el método de espectrofotometría con longitudes de onda entre 340nm y 600nm, observándose que existe absorción de luz por parte de la glucosa a esas longitudes de onda. A partir de ello se obtiene una relación entre la intensidad de luz transmitida con la concentración de glucosa:

$$Y = 0.042X + 0.037 \quad (5.24)$$

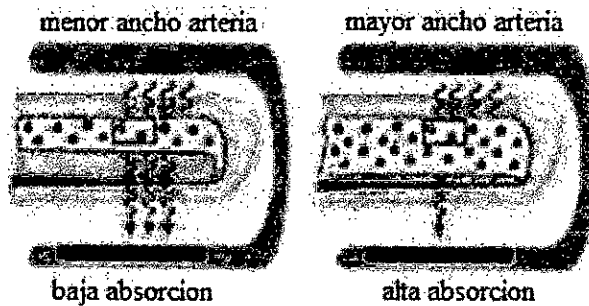
#### Utilización de la ley de Lambert Beer

Cuando se pasa un rayo de luz monocromática de intensidad inicial  $I_0$  a través de una solución en un recipiente transparente, parte de la luz es absorbida de manera que la intensidad de la luz transmitida  $I$  es menor que  $I_0$ . Concluyéndose que existe una relación entre la intensidad de luz transmitida  $I$  con la concentración de glucosa, misma que depende de la longitud de onda a la que se está transmitiendo para que

la sustancia (glucosa) absorba la luz.

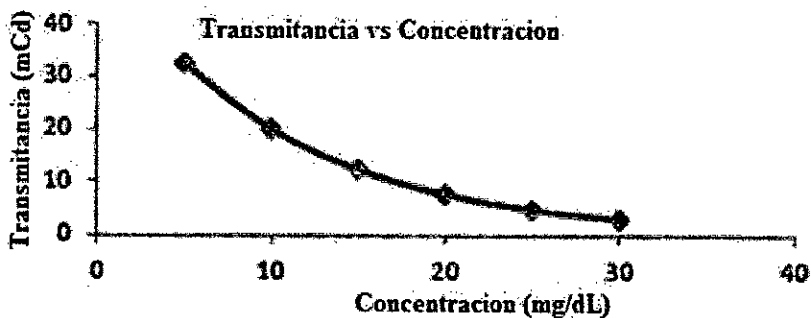
Por ejemplo, al medir en el dedo índice:

Figura N° 5.50  
Esquema de la aplicación de la Ley de Lambert Beer.



Fuente: [www.unam.mx](http://www.unam.mx).

Figura N° 5.51  
Cantidad de glucosa obtenida para distintas transmitancias.



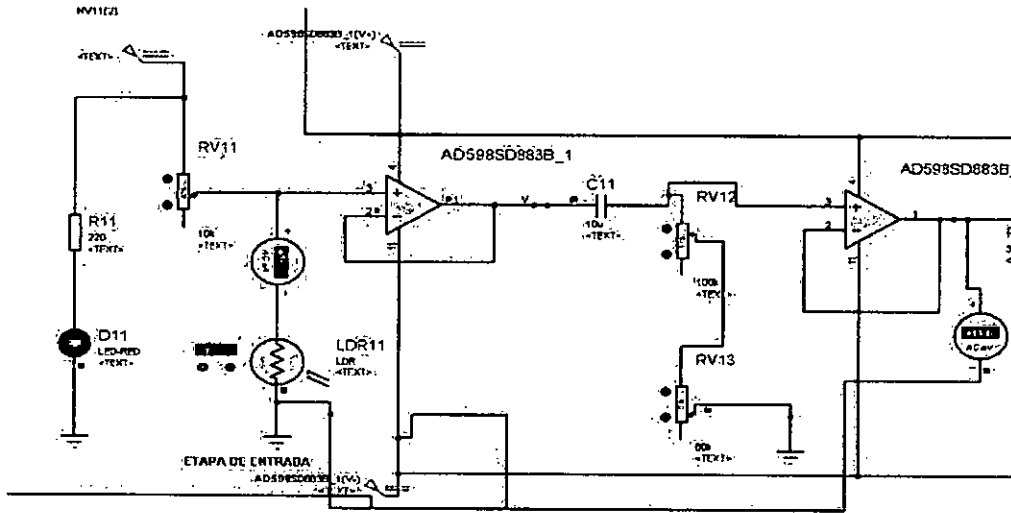
Fuente: <http://es.slideshare.net/>

Observamos que la relación entre estas dos variables no es lineal, entonces tendremos que linealizar por partes esta función para poder trabajar con el código programado en el controlador.

### Comparación entre el nivel de voltaje y el nivel de glucosa en la sangre

Para nuestro circuito simulado obtendremos los valores de corriente en la foto resistencia y los valores de voltaje en la salida de la etapa de entrada:

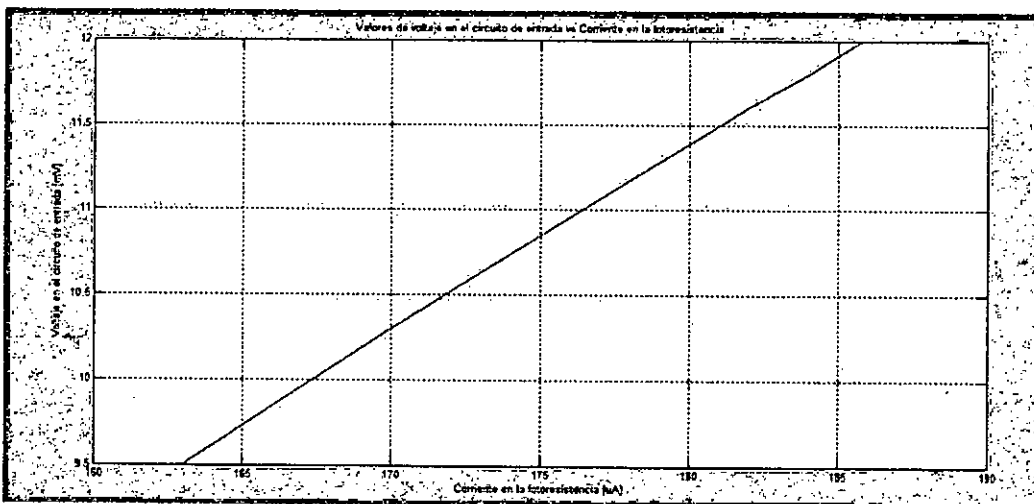
Figura N° 5.52  
 Simulación para obtener la corriente en la foto resistencia.



Fuente: Elaboración propia.

Tomando varios valores de voltaje, se obtiene la gráfica de la Figura N° 5.53.

Figura N° 5.53  
 Grafica de Voltaje vs Corriente en la foto resistencia.



Fuente: [www.accu-chek.es](http://www.accu-chek.es)

Se aprecia un comportamiento lineal entre la corriente en la foto resistencia y el

nivel de voltaje en la salida de la etapa de entrada. Estos niveles de voltaje tienen que ser amplificados y tratados para que lleguen a nuestro controlador sin problemas.

Entonces se eligió el rango de voltaje de entrada al controlador, que oscila entre 2V y 5V.

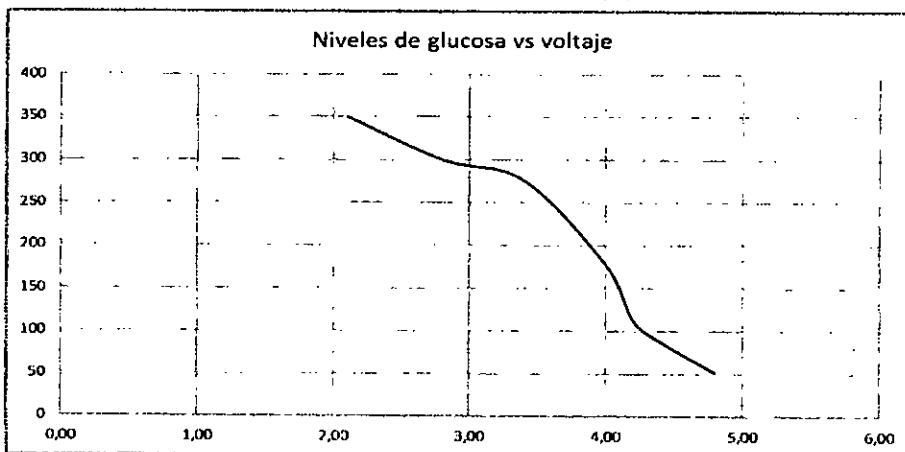
A continuación se mostrará un cuadro comparativo entre el nivel de voltaje aproximado para cada nivel de corriente obtenido en las tirillas y la concentración de glucosa mostrada en un glucómetro invasivo ROCHE ACCU-CHEK ACTIVE.

Tabla N° 5.5  
Nivel de voltaje para cada nivel de corriente.

| Nivel de voltaje (V) | Glucómetro Roche Accu-Check Active (mg/dl) |
|----------------------|--|
| 4,8                  | 52   |
| 4,4                  | 88   |
| 4,2                  | 113  |
| 4                    | 177  |
| 3,4                  | 276  |
| 2,8                  | 300  |
| 2,1                  | 350  |

Fuente: [www.accu-chek.es](http://www.accu-chek.es)

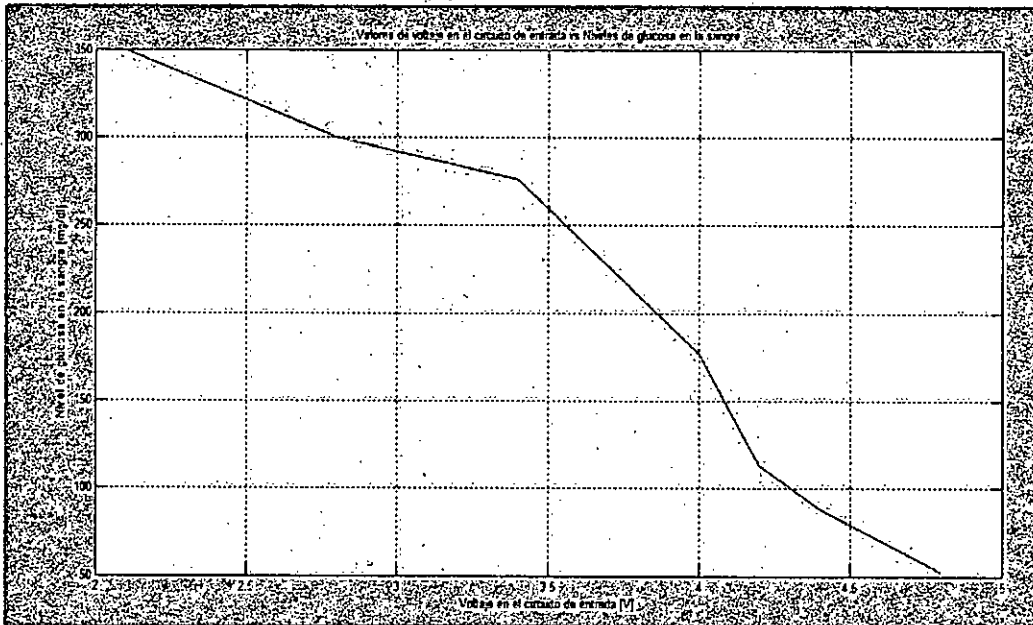
Figura N° 5.54  
Grafica de la tabla anterior.



Fuente: [www.accu-chek.es](http://www.accu-chek.es)

Se aprecia una curva suave por tramos, finalmente linealizándola por intervalos se obtiene:

Figura N° 5.55  
Linealización de la Figura N° 5.54.



Fuente: [www.accu-chek.es](http://www.accu-chek.es)

De la figura linealizada se obtienen las ecuaciones aproximadas para cada intervalo.

Tabla N° 5.6  
Linealización por cada intervalo.

| Rangos  | Relación |         | Ecuaciones                 |
|---------|----------|---------|----------------------------|
|         | Voltaje  | Glucosa |                            |
| Rango 1 | 4.98     | 50      | Glucosa=-65.517V+376.276   |
|         | 4.4      | 88      |                            |
| Rango 2 | 4.4      | 88      | Glucosa=-83.333V+454.667   |
|         | 4.1      | 113     |                            |
| Rango 3 | 4.1      | 113     | Glucosa=-133.333V+659.667  |
|         | 3.62     | 177     |                            |
| Rango 4 | 3.62     | 177     | Glucosa=-256.476V+1105.446 |
|         | 3.234    | 276     |                            |

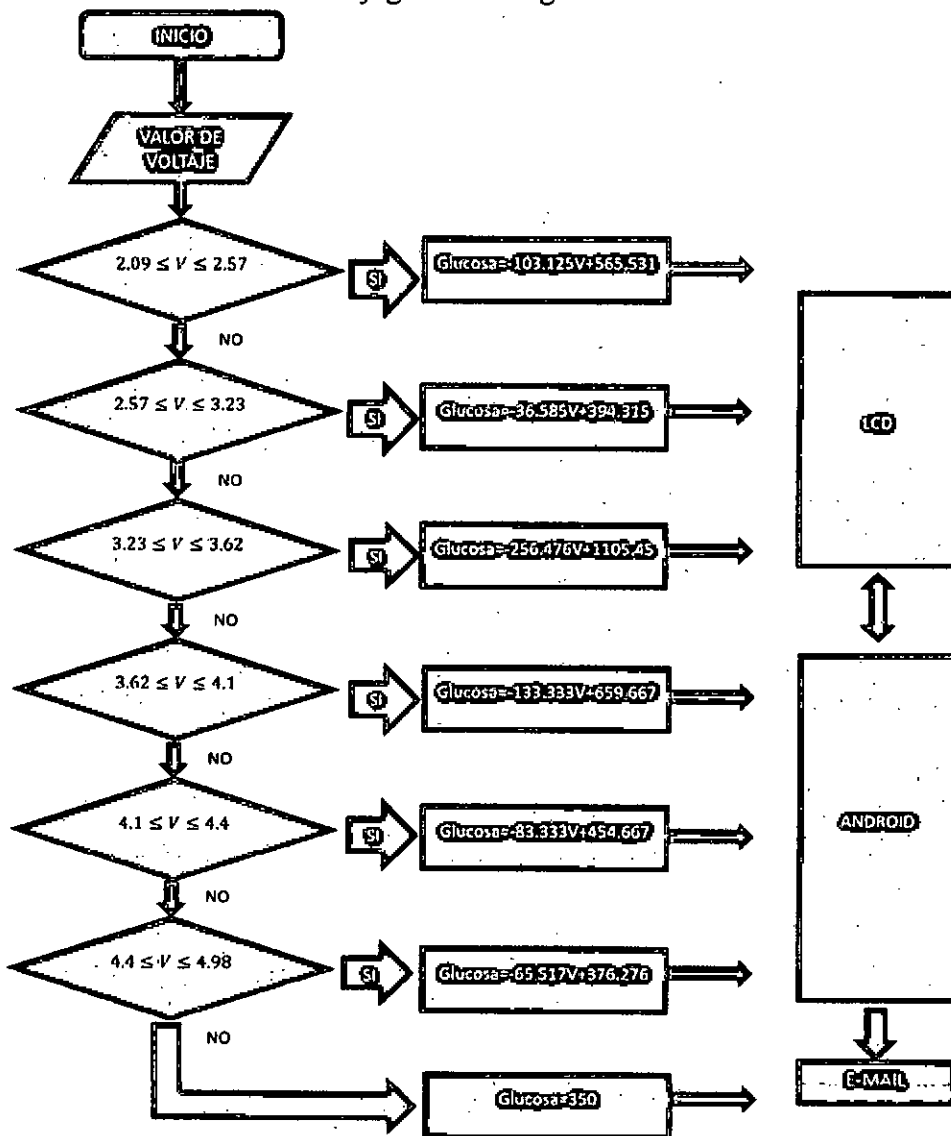


|         |       |       |                           |
|---------|-------|-------|---------------------------|
| Rango 5 | 3.234 | 276   | Glucosa=-36.585V+394.315  |
|         | 2.578 | 300   |                           |
| Rango 6 | 2.57  | 300.5 | Glucosa=-103.125V+565.531 |
|         | 2.09  | 350   |                           |

Fuente: Elaboración propia.

Cada una de estas ecuaciones se implementará en el microcontrolador Arduino UNO, cuyo algoritmo se muestra (véase la Figura N° 5.56).

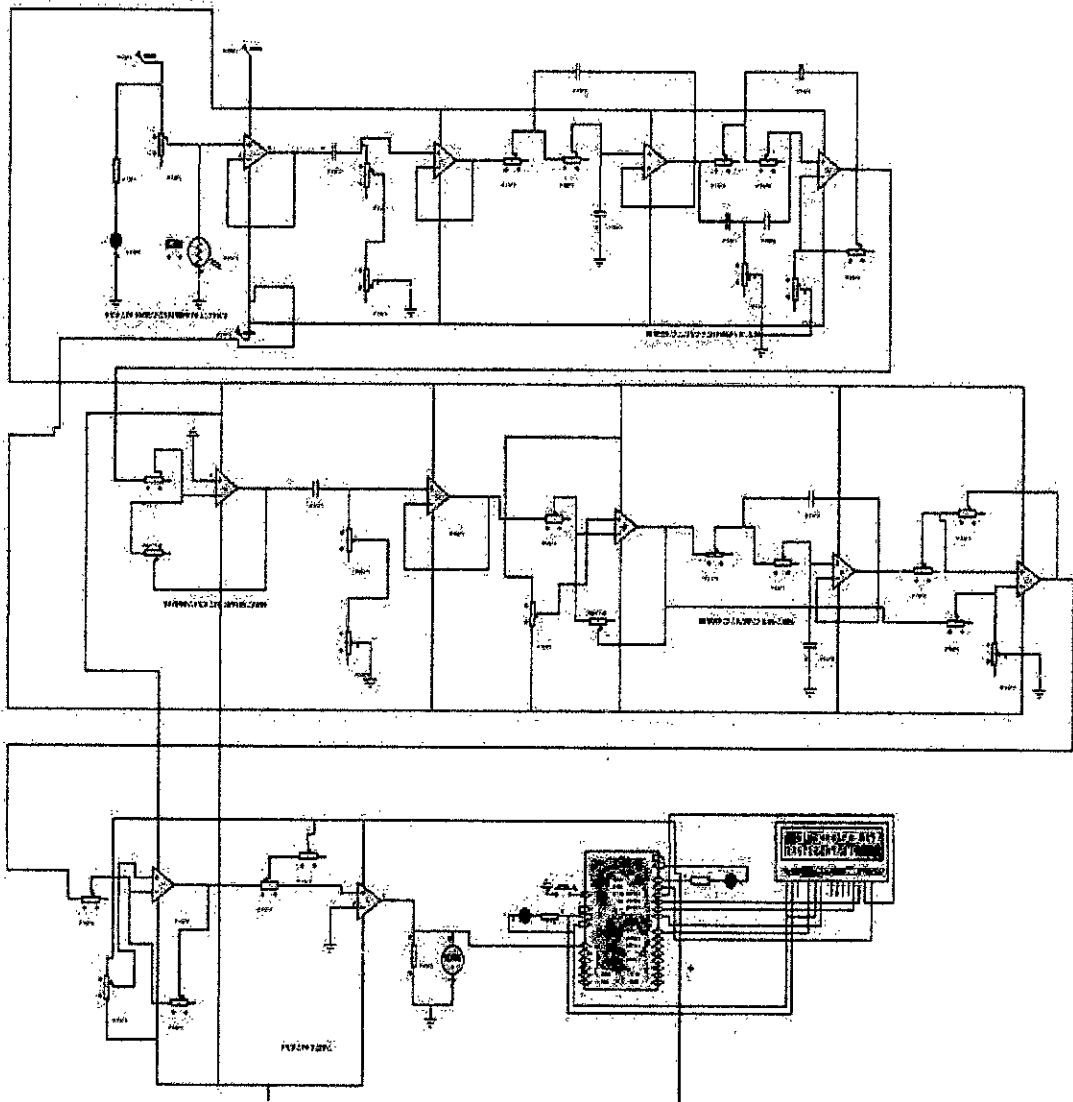
Figura N° 5.56  
Flujograma del algoritmo.



Fuente: Elaboración propia.

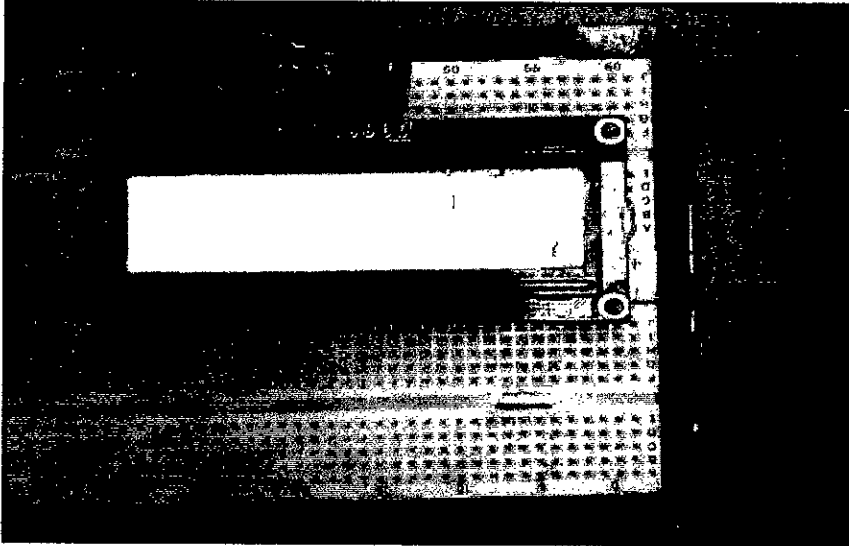
Listado del programa en Arduino UNO, se muestra en el Anexo C.  
El circuito simulado completo se muestra en la Figura N° 5.56.

Figura N° 5.57  
Simulación del circuito completo.



*Fuente: Elaboración propia.*

Figura N° 5.58  
Muestra de la pantalla LCD.



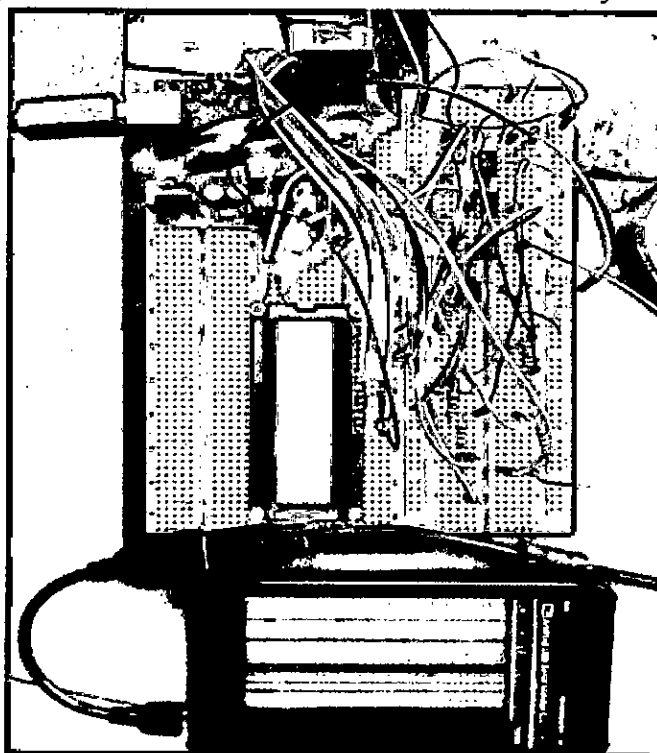
*Fuente: Elaboración propia.*

### **Comunicación Android y Arduino**

En esta parte comunicaremos el controlador ARDUINO UNO con un celular con sistema operativo ANDROID. Para esto usaremos el puerto serial del ARDUINO UNO y lo conectaremos vía USB con el celular con sistema operativo ANDROID. Luego se mostrarán los niveles de glucosa en el celular para finalmente ser guardados y enviados por e-mail al médico de turno el cual nos recetará la dosis de insulina o azúcar adecuada (en el caso de pacientes diabéticos).

Figura N° 5.59

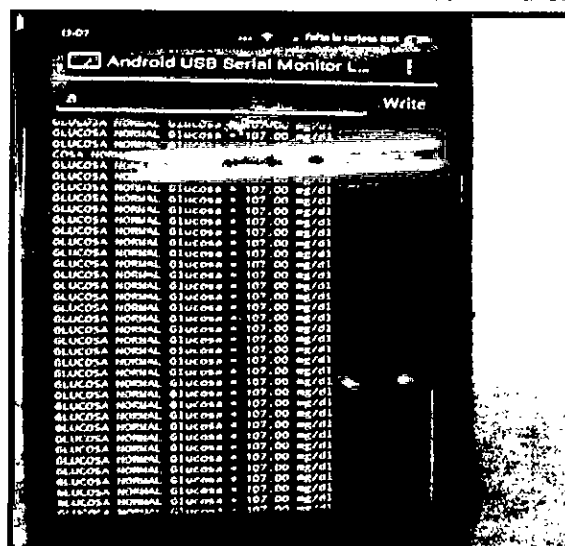
Implementación de la comunicación entre Arduino y celular.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5.60

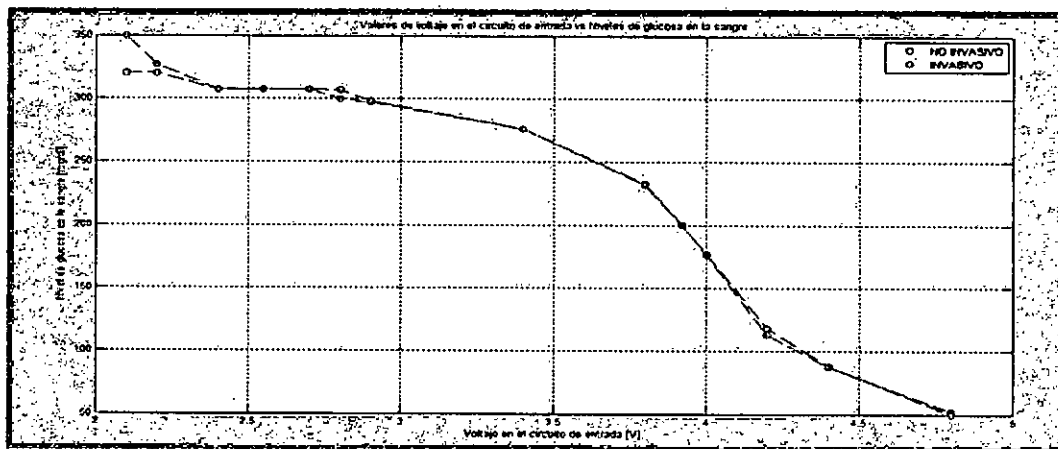
Muestra de resultados en el celular con Android.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se compara los resultados provenientes de la curva de los niveles de glucosa del glucómetro digital invasivo Roche ACCU CHECK ACTIVE con los resultados del proyecto, observándose un nivel de error para el intervalo entre 2V a 3V, manteniendo invariabilidad para el resto. De las fórmulas estadísticas se obtiene un error porcentual de 3% que se aprecian (véase la Figura N° 5.61).

Figura N° 5.61  
Comparación de la curva del glucómetro digital con la obtenida.




Fuente: Elaboración propia.


#### 5.4 Sistema Web del Hospital Virtual Universitario

El portal desarrollado para la centralización de las consultas e información se muestra (véase la Figura N° 5.62), en el que tiene información del Staff, los servicios que se ofrecen, los contactos para algún accidente o emergencias, información sobre cuidados y salud, etc.


Figura N° 5.62  
Portal del Sistema de Gestión.



**HOSPITAL VIRTUAL**  
UNIVERSITARIO




UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FIEE - SECCION DE POS GRADO



0800 0000

HOME
STAFF
NUSTROS SERVICIOS
CONTACTO



**Atencion Medica Integral**  
para adultos y niños

**Consultas en Línea y directas**

Consultas en línea las 24 horas, a través del Especialista de turno.  
También a través de nuestro Call Center 0800 0000  
Otras consultas a través del e-mail:  
Consulta.HVU@unac.edu.pe

**Últimas Noticias**

Nuevas técnicas de cirugía cardiovascular

⊕

Nuevos procedimientos para la consulta a distancia de pacientes con EPOC

⊕

La Depresión. Nueva metodología de consulta a distancia

⊕

**Servicios**

- Tele - Consulta
- Tele - Monitorizacion
- Tele - Educacion
- Consulta por videoconferencia, chat, etc
- Gestion de citas
- Tele - Farmacia
- Biblioteca

⊕

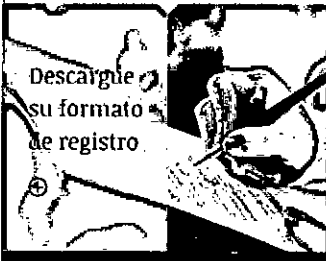
⊕ Pedir una cita

**¿Consultas sobre ENT?**

Vea información en esta página

Cambiar diseño de página    Cambiar Fondo de


**¿Nuevo paciente?**



Descargue su formato de registro

**Portal de pacientes**

**¿Dónde nos encontramos?**



Av. Juan Pablo II  
La Perla - Callao

f    g+


⊕ Para emergencias llame al 911

⊕ Pedir una cita


Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5.63


Pestaña de Sistema de Cuidados a Distancia del Sistema de Gestión.



**HOSPITAL VIRTUAL**  
UNIVERSITARIO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FIEE - SECCION DE POS GRADO



0800 0000

HOME STAFF NUESTROS SERVICIOS CONTACTO

### SEGUROS Y PAGOS





El Hospital Virtual Universitario esta dedicado a proveer la mayor calidad y costo economico para el cuidado de la salud. Aceptamos la mayoría de tarjetas de credito. Tenemos convenio con EsSalud.

#### Sistema de Cuidado a Distancia:

- Enfermedades Cardiacas
- EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Cronica)
- Diabetes
- Depresion

Para una informacion adicional sobre nuestro Sistema de Cuidado a Distancia, consulte con nuestra Clinica directamente:  
Telef. (01) 555 0000




Cambiar diseño de página Cambiar Fondo de



#### Equipos y Accesorios


Puede consultar por los equipos y accesorios necesarios para su control. Así como consultas técnicas

- Equipos y accesorios cardiacos
- Equipos y accesorios EPOC
- Equipos y accesorios Diabetes
- Equipos y accesorios Depresion


Ahorre el tiempo de visita, y descargue todos sus formularios aqui. 

Av. Juan Pablo II  
La Perla - Callao








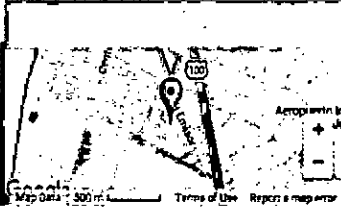


Para emergencias llame al 911



Pedir una cita

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5.64  
Pestaña Contactos del Sistema de Gestión.

|  |   |                                      |  |
|--|---|--------------------------------------|--|
|  <p><b>HOSPITAL VIRTUAL</b><br/>UNIVERSITARIO</p>   |  <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO<br/>FIEE - SECCION DE POS GRADO</p>  <p>0800 0000</p>   |                                      |  |
| <p> <a href="#">HOME</a>    <a href="#">STAFF</a>    <a href="#">NUESTROS SERVICIOS</a>    <a href="#">CONTACTO</a> </p>   |   |                                      |  |
| <p><b>CONTACTO Y DIRECCION</b></p> <p><b>CITAS:</b></p> <p>Contactenos y separe su cita en 0800 0000. Llene el siguiente formulario y nuestro staff le confirmara la primera cita para Ingresar al Sistema de Cuidado a Distancia.</p> <p>Nombre <input type="text"/></p> <p>Email <input type="text"/></p> <p>Asunto <input type="text"/></p> | <p><b>Consultas en Línea y directas</b></p> <p>Consultas en línea las 24 horas. a través del Especialista de turno. También a través de nuestro Call Center 0800 0000<br/>Otras consultas a través del e-mail: Consulta.HVU@unac.edu.pe</p> <p>Nos ubicamos en el distrito de La Perla - Callao<br/>Av. Juan Pablo II</p> |                                      |  |
| <p>Mensaje <input type="text"/></p> <p><b>Send</b></p>   |   |                                      |  |
| <p>Av. Juan Pablo II<br/>La Perla - Callao</p>   |     | <p>Para emergencias llame al 911</p> |  <p><b>Pedir una cita</b></p> |

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación se realizó a través del portal: [www.wix.com](http://www.wix.com), que es una plataforma líder en desarrollo web, basada en el sistema “en la nube”, que tiene millones de usuarios alrededor del mundo. Este portal tiene todo lo que se necesita para crear un portal web totalmente personalizado, gratuito y de alta calidad.

### 5.5 Modelo general del Sistema de Gestión

En este punto se integra cada uno de los módulos que corresponden al diseño de los circuitos que se utilizan para el control y seguimiento de las enfermedades crónicas

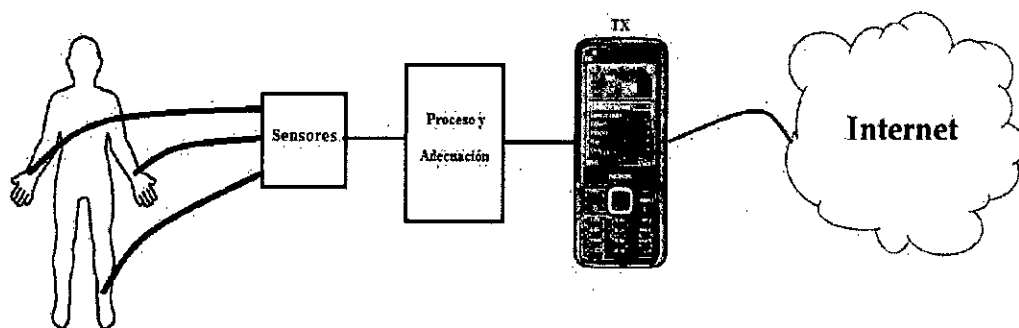


estudiadas, los que a su vez se conectan a través de una plataforma web que se utiliza como entorno de supervisión, control, informativo, seguimiento y consulta con el médico especialista o con el centro de salud, a fin de monitorear el estado del paciente, y de ser el caso prescribir algún procedimiento o prescripción médica.

En el punto 5.1 se desarrolla el modelo que permite capturar las señales cardiacas, que luego de ser procesadas (esto es, amplificadas, acondicionadas y filtradas) se transmitan por Bluetooth hacia un dispositivo móvil que permite colocar la información en la web para el control y supervisión del médico especialista. La Figura N° 5.1 muestra el esquema general. En las Figuras N° 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 y 5.9 se muestran los procesos de diseño así como los circuitos finales para cada sub módulo, quedando el modelo de esta parte, según se muestra:

Figura N° 5.65

Modelo para el control de Enfermedades Cardiacas

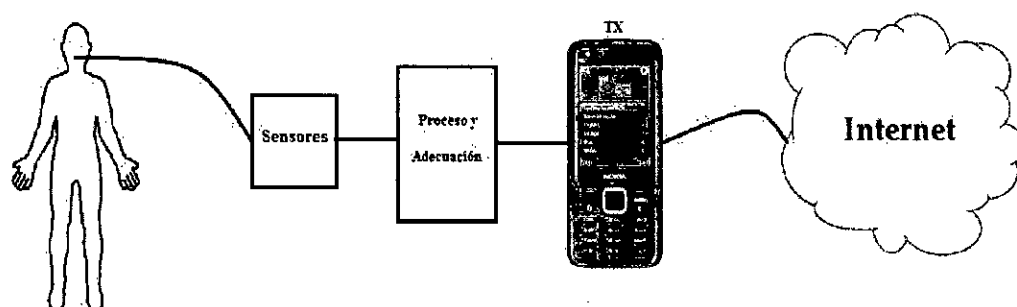


*Fuente: Elaboración propia.*

En el punto 5.2 se aborda el procedimiento de diseño para el circuito de control y seguimiento de EPOC, de modo que la Figura N° 5.22 presenta el diagrama de bloques del espirómetro de flujo, que es el dispositivo que permite realizar mediciones de inspiración y espiración y de esta forma determinar anomalías que pueda presentar el paciente. En las Figuras N° 5.27, 5.28, 5.29, 5.31, 5.32, 5.33, se detalla el diseño de cada sub módulo, la Figura N° 5.36 muestra el esquema general del espirómetro; las Figuras N° 5.37, 5.38, 5.39 muestran las respuestas del circuito a diferentes mediciones. El modelo correspondiente al módulo de EPOC queda:

Figura N° 5.66

Modelo para el control de la EPOC

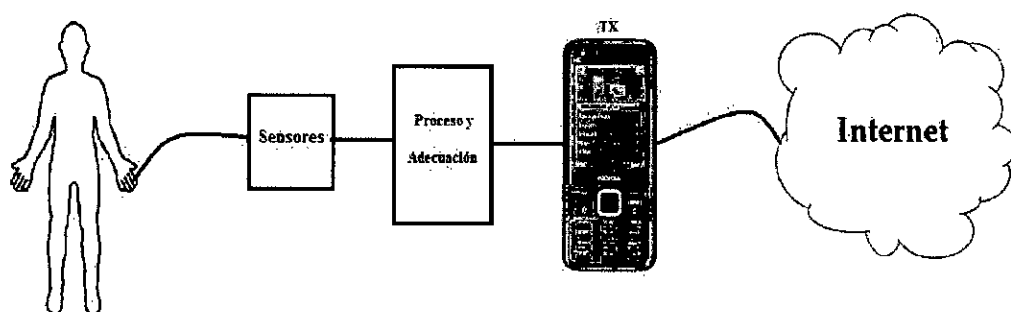


*Fuente: Elaboración propia.*

En el punto 5.3 se aborda el procedimiento de diseño del circuito para el control y seguimiento de Diabetes. La Figura N° 5.40 muestra el procedimiento para la lectura de la Glucosa, mediante un procedimiento no invasivo. La Figura N° 5.44 muestra el esquema general de bloques. Las Figuras N° 5.45, 5.46, 5.47, 5.48, 5.57 muestran los circuitos diseñados, así como en las Figuras N° 5.53, 5.54, 5.55 las curvas que permiten contrastar el funcionamiento y los resultados. El modelo correspondiente al módulo de Diabetes queda:

Figura N° 5.67

Modelo para el control de la Diabetes

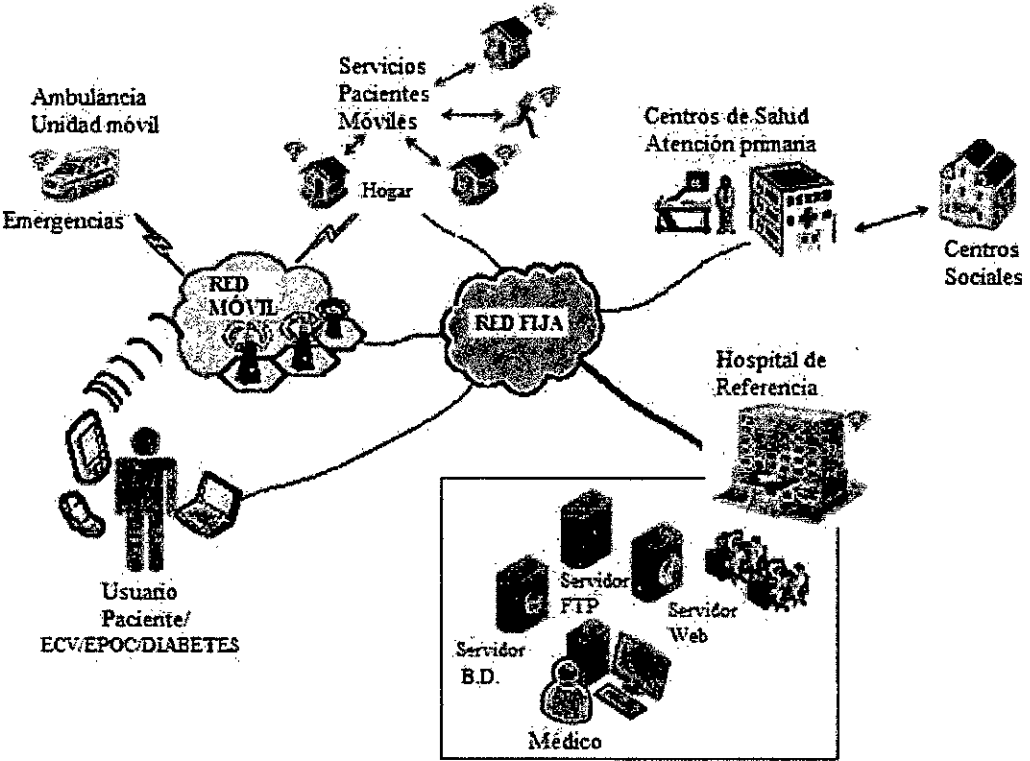


*Fuente: Elaboración propia.*

Finalmente, se integra cada uno de los sub módulos, gestionados a través de un portal web, que se utiliza como medio de enlace entre los pacientes que son supervisados por las aplicaciones mostradas anteriormente, y también por pacientes

que solo necesiten realizar consultas o por público que necesite del servicio o información relevante sobre alguna de las enfermedades crónicas. La Figura N° 5.68 muestra el modelo general para el esquema del Hospital Virtual, que consiste en ensamblar cada uno de los módulos diseñados, así como la página web para la gestión del sistema completo.

Figura N° 5.68  
Modelo general del Sistema de Gestión



Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO VI

### 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1 Contratación de hipótesis con los resultados

| HIPÓTESIS GENERAL  | RESULTADOS  |
|--|---|
| <p>Modelar un Sistema de Gestión para la supervisión de salud de las personas, que están limitados a una atención de salud rápida, de calidad y eficiente, y que permita promover la cultura para el uso de las tecnologías de información y comunicaciones, aplicándolas a diversas áreas, en este caso de salud.</p> | <p>A partir de las características de la señal cardiaca, y de los requerimientos del médico especialista, se estableció los procedimientos de diseño para la adquisición de las señales biológicas, para su procesamiento, así mismo se desarrollaron los algoritmos que permiten la detección de las anomalías que se presentan para la detección de muerte súbita, crisis de EPOC y aumento de la insulina en la sangre. Todo este sistema se conjuga con un sistema de transmisión y el manejo a través de una página Web, que configuran el Sistema de Gestión, que utiliza las tecnologías de la información y comunicaciones como soporte de la medicina, para la atención de personas con enfermedades crónicas.</p> <p>Para este caso, se han considerado:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Enfermedades cardiacas</li><li>• Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)</li><li>• Diabetes</li><li>• Depresión</li></ul> |

| HIPÓTESIS ESPECÍFICAS  | RESULTADOS  |
|--|---|
| <p>Aplicar el sistema de Tele educación permitirá conocer sobre el cuidado de la salud, y asimismo, una mayor comprensión sobre las dolencias del familiar.</p>  | <p>El Sistema de Gestión está orientado al monitoreo, seguimiento y control a distancia, de modo que un requisito es que la familia participe en el cuidado del paciente, y para ello, a través del portal web se dispondrá de información permanentemente actualizada, para que el paciente y los familiares aprendan más sobre la enfermedad.</p> |
| <p>Interacción del profesional médico con el paciente y sus familiares, a través de la plataforma web del sistema.</p>   | <p>El Sistema monitorea permanentemente al paciente, asimismo permite conectar al médico y paciente de manera remota para las consultas o prescripciones que sean necesarias.</p>   |
| <p>Implantar el Sistema de Gestión propuesto en la rutina clínica, por medio del desarrollo de un plan estratégico.</p>  | <p>El concepto de Hospital Virtual, es todavía nuevo en nuestra realidad, pero en sociedades desarrolladas, ya es un concepto que avanza cada día, de modo que es pertinente estar preparados para la asimilación de estos conceptos en los Centros de Salud.</p>   |
| <p>A partir de los aspectos técnicos, clínicos y económico-organizativos, se evaluará el Sistema de Gestión del Hospital Virtual, haciendo uso de encuestas, reportes, opiniones y reuniones de trabajo.</p> | <p>A partir del planteamiento del Sistema de Gestión propuesto, será necesario ir construyendo las bases para la implantación definitiva del Hospital Virtual, a partir de información relevante tal como, encuestas, reportes, etc, con la finalidad de ir generando las</p>   |

|   |  |
|---|--|
|   | bases de datos necesarias para alimentar el Sistema de Gestión.  |
| El Sistema de Gestión permite mejorar la calidad de vida de las personas a través de las políticas de calidad, atención y asesoría respecto al tratamiento y cuidados del paciente. | La finalidad del Sistema de Gestión va dirigida hacia el mejoramiento de la atención de pacientes con enfermedades crónicas, para ello hace uso de sistemas electrónicos para la captura de las señales biológicas, un sistema de comunicaciones y un sistema web de supervisión. Adicionalmente, se desarrollaran las políticas de calidad, dentro de los estándares internacionales, que aseguren que el servicio que se propone sea de calidad y eficiente. |
| La consulta virtual de casos y la evaluación del paciente mediante la Tela salud, permite disminuir los gastos que generan los diferentes traslados.                                | De acuerdo a las estadísticas, se comprueba que casi el 40% de pacientes de cualquier centro de salud, corresponden a pacientes con alguna enfermedad crónica, de modo que, la implantación del Sistema de Gestión, permitirá desplazar estos pacientes fuera del centro de salud, insertándolos en el sistema de monitoreo a distancia, estableciendo una nueva forma del control de la enfermedad.   |
| El Sistema de Gestión realiza charlas educativas con los diferentes grupos de la red social local, dirigidos a adolescentes, adultos mayores, niños                                 | El Sistema de Gestión a través del portal web, dispone de un conjunto de utilidades, tales como, monitoreo en tiempo real de pacientes, información  |

|   |   |
|---|---|
| <p>en edad escolar, o cualquier persona que padezca o no de una enfermedad crónica, utilizando la plataforma de red.</p>  | <p>sobre nuevas técnicas de tratamiento de las enfermedades, capacitación virtual, en la que esta puede orientarse de acuerdo a la edad, genero, nivel de conocimientos, u otro aspecto del auditorio al que va dirigida la charla.</p>   |
| <p>Utilizando los recursos de video conferencia para los grupos sociales organizados, se podrá fortalecer la participación ciudadana, cumpliendo con el proceso de promoción de salud, prevención de enfermedades y educación para la salud, mediante la participación de profesionales especialistas en cada área.</p> | <p>Además de las charlas educativas o informativas que se pueden desarrollar a través del portal web, también se podrán desarrollar conferencias o video conferencias, en las que participaran especialistas que podrán mostrar los últimos avances en medicina, así como los últimos avances tecnológicos aplicados a la medicina.</p> |

## 6.2 Contratación de resultados con otros estudios similares

| ESTUDIOS  | RESULTADOS  |
|---|---|
| <p>El presente trabajo: Modelamiento de un sistema de gestión y monitoreo a distancia para la atención de pacientes crónicos aplicado a un hospital virtual.<br/>Autor: Luis Romero Goytendía</p> | <p>Se consigue a través del diseño electrónico, el uso de las tecnologías de información y comunicaciones, internet y las ciencias de la salud; el desarrollo de un Sistema de Gestión, que permite la supervisión de pacientes con enfermedades crónicas a distancia, permitiendo que el especialista medico pueda supervisar y prescribir, basado en la información que recibe vía web, dando como resultado la optimización de los</p> |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>servicios en los centros de salud, debido a que los pacientes con enfermedades crónicas son “desalojados” del centro de salud, para ser atendidos vía remota.</p>  |
| <p>Sistema inalámbrico para la interconexión de sensores biomédicos basado en sistemas Bluetooth.</p> <p>Autores:<br/>Luis Alberto Rodríguez García, José Alberto Rabadán Borges, Miguel Ángel Bacallado Marrero, Rafael Pérez Jiménez</p> <p>Departamento de Señales y Comunicaciones</p> <p>Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.</p>   | <p>Se presenta el diseño y realización de un sistema de interconexión de sensores biomédicos mediante la tecnología inalámbrica Bluetooth (BT). Con ello se pretende eliminar la conexión física entre paciente y equipo médico, pero sin que para ello sea necesario introducir modificaciones en la instrumentación ya existente: se pretende en definitiva, que el sistema propuesto sustituya los cables por una conexión inalámbrica transparente a los equipos médicos.</p> |
| <p>Análisis y supervisión de la señal cardiaca con transmisión inalámbrica de datos.</p> <p>Autores:<br/>Wilmer h. Rojas V. Ingeniero Electrónico. wirove40@hotmail.com<br/>Jhon f. Herrera D. Ingeniero Electrónico. jfhd39@yahoo.com<br/>Jadir G. Acuña O. Ingeniero Electrónico. gabo_0606@yahoo.com<br/>Pablo A. Muñoz Ingeniero Electrónico, M.Sc. Profesor De Planta Universidad</p> | <p>En este trabajo se describe el diseño y la implementación de un prototipo de transmisión vía RF para el análisis y supervisión de la señal cardiaca. El prototipo consta de un electrocardiógrafo portátil con transmisión inalámbrica y una herramienta computacional para la visualización y análisis de la señal obtenida de las derivaciones DI, DII y DIII, utilizando el método wavelets para eliminar componentes ajenas a la</p>                                       |



|   |  |
|---|--|
| <p>Del Quindío<br/> pabloandresm@yahoo.com<br/> Francisco j. Ibargüen Ingeniero<br/> Electricista, M.Sc. Profesor De Planta<br/> Universidad Del Quindío<br/> <u>fjibarg@yahoo.com</u></p>  | <p>señal electrocardiográfica y métodos basados en derivadas para extraer las características propias de cada onda cardíaca que son introducidas a una SVM (Maquinas de Soporte Vectorial) para su posterior reconocimiento.</p>   |
| <p>Prototipo Funcional de un Sistema de Transmisión de Señales Electrocardiográficas (ECG) utilizando Tecnología Móvil.<br/> Autores:<br/> Hugo Herley Malaver Guzmán, Carlos Andrés Lozano Garzón, Morían Nair Calderón Díaz. <i>Universidad de San Buenaventura, Sede Bogotá, Colombia.</i></p> | <p>Debido a la nueva dinámica establecida en las telecomunicaciones y al aumento en la necesidad de procesos de investigación educacionales y aplicados que generen un impacto social, se propone integrar las tecnologías de la información y la comunicación (information and communications technologies, ICT) dentro de proyectos que fortalezcan las relaciones entre los académicos, la sociedad y las empresas. El objetivo de este proyecto se orienta a implementar un prototipo funcional para mandar señales electrocardiográficas a tiempo real, de forma que use la red de telefonía móvil y la tecnología GPRS para la transmisión entre una unidad móvil y el hospital de destino de modo que se consiga una asistencia integral, eficiente e inmediata para los pacientes.</p> |
| <p>Diagnóstico de Epilepsia a Distancia:</p>  | <p>Este informe describe las etapas de un</p>  |

|   |   |
|---|---|
| <p>Una Aplicación de la Telemedicina.</p> <p>Autores:</p> <p>José L. Gutiérrez, Gustavo F. Neer y<br/>Laura R. de Viñas</p> <p><i>Grupo GENESIS, F.R. Mendoza,<br/>Universidad Tecnológica Nacional,<br/>jlg@gmx.at</i></p> | <p>proyecto de investigación en el área de tele- y biomedicina. El objetivo es que pacientes con desórdenes neurológicos (principalmente epilepsia), quienes viven en zonas alejadas de los centros de alta complejidad en Mendoza, Argentina, sean pre diagnosticados en forma remota por un neurólogo para decidir si necesitan o no un estudio más profundo, justificando así su traslado y evitando el congestionamiento de los mencionados centros. La idea es colocar equipos de adquisición de señales electroencefalográficas y cardíacas en los lugares remotos, un técnico graba tanto las señales como el video del paciente y esta información es analizada en forma offline por un neurólogo a través de Internet. Los resultados en las pruebas de transmisión, de compresión de video y análisis offline de señales fueron satisfactorios y se correlacionaron con la opinión de un neurólogo. Se concluye que este método es muy conveniente para ahorrar tiempo y dinero tanto al paciente como a la institución donde se atiende.</p> |
|---|---|

## CAPÍTULO VII

### 7. CONCLUSIONES

- 7.1 El uso de baterías y amplificadores de instrumentación protegen al paciente ante cualquier aumento de corriente, permitiendo que el equipo empleado cuente con las normas de seguridad requeridas.
- 7.2 Para la etapa de amplificación se debe diseñar para una ganancia de 1000, con la finalidad de observar la señal cardiaca de una manera más precisa.
- 7.3 Para la conexión de los electrodos con el circuito implementado, se utilizó cables UTP ya que estos minimizan el ruido generado por conexiones.
- 7.4 Se verificó todos los patrones que se obtienen en la señal cardiaca, y como estas van variando por enfermedades cardiaca.
- 7.5 La respiración es uno de los procesos biofisicos más importantes que sucede en los seres vivos, ya que gracias a éste se oxigenan las células y se elimina dióxido de carbono hacia la atmósfera. Por lo tanto, que el sistema respiratorio se encuentre sano es de vital importancia para el correcto funcionamiento del cuerpo humano. Las enfermedades de carácter respiratorio tales como el asma, rinitis alérgica y otros desórdenes respiratorios permanentes afectan a más de 400 millones de personas alrededor del mundo. Tal motivo obliga a las entidades del sector salud a contar con equipos médicos que detecten y prevengan este tipo de padecimientos.
- 7.6 El espirómetro de flujo realizado puede ser un auxiliar en la prevención y el diagnóstico temprano de enfermedades respiratorias. Para su desarrollo fue necesario realizar un estudio detallado de la Espirometría con el fin de conocer el proceso para implementar un espirómetro de flujo electrónico que cumpliera con las Normas Internacionales.
- 7.7 La relación entre los valores de voltaje y niveles de glucosa no es lineal, esto se debe a la Ley de Lambert-Beer, que varía de forma exponencial, por lo que se trató de linealizar y compararla con diversos valores de voltaje obtenidos en las etapas anteriores a la etapa de PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL. Por

tanto, se trabajó por tramos, usando el método de mínimos cuadrados donde se obtuvieron 6 rectas de valores de glucosa.

7.8 Los niveles de glucosa se aprecian tanto en el display LCD como en el celular con ANDROID, en este último los datos de los niveles de glucosa se pueden guardar para posteriormente ser enviados vía e-mail al médico de turno.

7.9 La viabilidad del Sistema de Gestión propuesto se refleja mediante el cálculo de gastos unitarios, para el caso de enfermedades cardíacas (que es el procedimiento más complejo), comparado con el procedimiento tradicional, y su proyección en el tiempo.

|  | <b>Método Tradicional</b>      | <b>Sistema de Gestión</b> |
|--|--------------------------------|---------------------------|
| <b>Costos de desplazamiento</b>              | 3 a 10 soles                   | -----                     |
| <b>Tiempos de espera</b>                     | Medio/Alto                     | Mínimo                    |
| <b>Instalaciones</b>                         | Alto costo                     | Mínimo                    |
| <b>Personal de seguridad</b>                 | S/. 1000,00                    | -----                     |
| <b>Personal técnico especializado</b>        | S/. 2000,00                    | S/. 2000,00               |
| <b>Médico especialista</b>                   | S/. 5800,00                    | S/. 5800,00               |
| <b>Equipos/Pruebas/Exámenes</b>              | Con frecuencia                 | Al inicio                 |
| <b>Fichas, recetas, documentos, etc.</b>     | Papel escrito                  | Archivo electrónico       |
| <b>Expendio de Medicinas</b>                 | Colas, demora, desplazamientos | -----                     |
| <b>Equipo Electrónico/Portátil</b>           | -----                          | S/. 350,00 (*)            |
| <b>Equipo móvil</b>                          | -----                          | S/. 300,00 (*)            |
| <b>Servicio Web</b>                          | Común                          | Común                     |
| <b>Servidor + Aplicaciones</b>               | Común                          | Común + App               |
| <b>Tele farmacia</b>                         | -----                          | A domicilio               |
| <b>Tele asistencia, Tele educación, etc.</b> | -----                          | Servicios recibidos       |
| <b>Espacio para el Sistema de Gestión</b>    | -----                          | En el Hospital            |

(\*) Única vez.

7.10 Finalmente, a través del Modelo de Gestión propuesto se demuestra que es viable el control y seguimiento de pacientes crónicos a distancia, utilizando el desarrollo de un Hospital Virtual.

## **CAPÍTULO VIII**

### **8. RECOMENDACIONES**

- 8.1 Se debe conectar correctamente los cables electrocardiógrafos al electrodo, ya que una buena conexión entre estos permite obtener resultados satisfactorios.
- 8.2 Se debe colocar los electrodos correctamente en los lugares de la piel en donde no exista musculo, ya que estos introducen artefactos de movimiento a la señal cardiaca, haciendo que se distorsione.
- 8.3 Es preferible el uso de pilas alcalinas de 10v en vez de fuentes DC, así se evita el ruido generado por conexiones.
- 8.4 Para optimizar este diseño a futuro, se deberá trabajar sobre las siguientes observaciones: contar con una interfaz espirómetro-computadora por medio del protocolo USB, con el fin de observar el trazado en tiempo real de las gráficas Volumen-Flujo y Flujo-Tiempo del aire espirado, además de poder obtener otros parámetro espirométricos especializados, que no se incluyen en este trabajo, como el Volumen Espiratorio Forzado en 1 (VEF1), el Flujo Espiratorio Forzado medido durante la mitad central de la Capacidad Vital Forzada (FEF) y el Flujo Pico Espiratorio Forzado (PEF).
- 8.5 En la implementación del proyecto se observó un error de aproximadamente 3%, que se debe al uso del circuito aproximado y la linealización de la Ley de Lambert-Beer por tramos. Esto se podría mejorar si se trabaja con el circuito original y con una Red Neuronal Artificial.

## CAPÍTULO IX

### 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Americana de Telemedicina <http://www.atmeda.org/>
- Asociación Europea de Telemedicina <http://www.sanidad.net/aet/>
- Bronzino, J. (1995). *The Biomedical Engineering Handbook*. CRC Press.
- Calderón, G. (1997). *Revista de Neuropsiquiatría del Perú*, Tomo LX Jun, N°2.
- Centro de Telemedicina y Tecnología Avanzada <http://www.matmo.org/>
- DeCS BIREME. (2008). *Uso y percepciones hacia las tecnologías de información y comunicación de pacientes con diabetes, en un Hospital público del Perú*.
- Desraj (1980). *Teoría del muestreo*. Fondo de cultura económica. México.
- Fox, D. J. (1981). *El proceso de investigación en Educación*. Eunsa. Pamplona.
- Genuth, S. (1999) *Sistema respiratorio 2º edición*. Valencia: Editorial Mosby.
- Gruber, T. (1993). *A translation approach to portable ontology specifications, Knowledge Acquisition 5* Stanford University, CA.
- Gruber, T., Olsen, R. (1994). *An ontology for engineering mathematics*, Technical report, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, CA.
- Grupo de Telemedicina Universidad de Aragón. (2004). *Telemedicina: Los Nuevos Servicios Sanitarios en la Sociedad de la Información*. Aragón Investiga. [http://www.who.int/cardiovascular\\_diseases/es/](http://www.who.int/cardiovascular_diseases/es/) (Sitio en español de la OMS).
- Inforsalud (SEIS) <http://www.seis.es/inforsalud99/m13/002/index.htm>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), (2012). Estadísticas.
- Instituto Nacional de Estadística INEI (2000). *Encuesta Demográfica y de Salud Familiar ENDES*. Perú.
- Kerlinger, F.N. (1982). *Investigación del comportamiento. Técnicas y metodología*. Ed. Interamericana, México.
- Klejn, W. B., Paliwal, K.K. (1998). *Speech Coding and Synthesis*. Elsevier.
- Loja, D. (2013). *EPOC – Fisiopatología, Evaluación Funcional*. Hospital Arzobispo Loayza.
- Madisetti, V., Williams, D. (1997). *The Digital Signal-Processing Handbook*. CRC Press.

- Marín, R. (1985). *El muestreo*. Tema 6.
- Martín Ibáñez, Pérez Serrano, G. (1985). *Pedagogía Social y Sociología de la Educación*. Unidades Didácticas 1, 2 y 3. UNED, Madrid. (pp. 161-186).
- Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud (2006). *Encuesta nacional de indicadores nutricionales, bioquímicos, socioeconómicos y culturales relacionados con las enfermedades crónicas degenerativas*. Lima-Perú.
- Murphy, R. (2003) *Fisiología humana 3º edición*. Madrid. Editorial Universitas.
- OMS/FAO (2003). *Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas*. Informe de una consulta mixta de expertos OMS/FAO. Serie de Informes técnicos 916. Ginebra.
- Oppenheim, A. (1997). *Señales y Sistemas*. Prentice Hall.
- Organización Mundial de La Salud (2000). *La obesidad en la pobreza: Un nuevo reto para la salud pública*. Publicación científica N° 576, Washington.
- Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. (2006). *Aplicaciones de Telecomunicaciones en Salud en la Subregión Andina*.
- Poliszuk, A., Salazar, A. (2004). *Aplicaciones de Telecomunicaciones En Salud en la Subregión Andina*. Organismo Andino de Salud - Convenio Hipólito Unanue.
- Proakis, J., Manolakis, D. (1996). *Digital Signal Processing*. Prentice Hall.
- Subsecretaría de Innovación y Tecnología. (2007). *Serie Tecnologías de Salud. Volumen 3, Telemedicina*. México.
- Universidad de Córdoba <http://www.uco.es/investiga/grupos/telemed/index.html>
- Webster, J. (1998). *Medical Instrumentation – Application and Design*, John Wiley & Sons, Inc.
- Weiers, R. (1986). *Investigación de mercados*. México, Prentice - Hall Hispanoamericana.

## ANEXO A: Matriz de consistencia

### MODELAMIENTO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN Y MONITOREO A DISTANCIA PARA LA SUPERVISIÓN DE PACIENTES CRÓNICOS APLICADO A UN HOSPITAL VIRTUAL

| Problemas  | Objetivos  | Hipótesis  | Variables   | Métodos  |
|--|--|--|---|--|
| <p><b>Principal:</b><br/>Limitada capacidad de los centros de salud, así como gran población con bajos recursos económicos.</p> <p><b>Específico 1:</b><br/>Personas con enfermedades crónicas tienen un estilo de vida saturado por la enfermedad y su atención de salud.</p> <p><b>Específico 2:</b><br/>Falta de difusión sobre los cuidados para personas con enfermedades crónicas y otras enfermedades.</p> <p><b>Específico 3:</b><br/>La asistencia frecuente del paciente al centro de salud, encarece la dolencia.</p> <p><b>Específico 4:</b><br/>La dificultad de llegar a la población para capacitarla sobre las enfermedades crónicas y como cuidarlas.</p> | <p><b>Principal:</b> Realizar un Modelo de Gestión y Monitoreo a distancia para la supervisión de pacientes crónicos, haciendo uso de lo que nos ofrece la tecnología en el campo de la electrónica y telecomunicaciones aplicado a la medicina.</p> <p><b>Específico 1:</b> Mejorar la calidad de vida de personas con enfermedades crónicas.</p> <p><b>Específico 2:</b> Proveer un sistema de Tele educación.</p> <p><b>Específico 3:</b> Disminuir gastos mediante la consulta virtual.</p> <p><b>Específico 4:</b> Realizar charlas educativas virtuales de prevención y cuidado.</p> | <p><b>Principal:</b> Modelar un Sistema de Gestión para la supervisión de la salud de personas, que están limitados a una atención de salud rápida, de calidad y eficiente, y que permita promover la cultura para el uso de las tecnologías de información y comunicaciones, aplicándolas a diversas áreas, en este caso de salud.</p> <p><b>Específica 1:</b> Mejora de la calidad de vida aplicando políticas de control y calidad.</p> <p><b>Específica 2:</b> Desarrollo de una plataforma para tele educación.</p> <p><b>Específica 3:</b> La aplicación del Sistema de Gestión, permitirá disminuir gastos por traslados.</p> <p><b>Específica 4:</b> El sistema de gestión permitirá realizar charlas de orientación dirigidas a jóvenes, adultos, adultos mayores, etc.</p> | <p><b>Variable X</b><br/>De entrada:<br/>Pacientes.<br/>Profesional médico<br/>Paramédicos<br/>Técnicos</p> <p><b>Variable Y</b><br/>De sistema:<br/>Factor humano<br/>Factor tecnológico<br/>Factor organizativo</p> <p><b>Variable Z</b><br/>De salida:<br/>Servicio de salud<br/>Atención medica<br/>Índices de calidad</p> <p><b>Variable W</b><br/>De realimentación:<br/>Control y mejora de la calidad del servicio medico</p> | <p><b>General:</b><br/>Se revisara los modelos científicos existentes para el diagnóstico de una persona, así mismo se establecerán cuadros comparativos sobre los dispositivos, materiales y sistemas a usar.</p> <p><b>Específico:</b><br/>Se propondrán solo ciertos cuadros de dolencias que serán supervisados a distancia, así como algunos de los signos vitales que serán captados para su posterior transmisión. En suma la propuesta va en el sentido de lograr una propuesta para la implementación de un Hospital Virtual.</p> |



## **ANEXO B: Estándares empleados en Telemedicina**

### **Organismos de estandarización:**

**ISO:** Es una red de institutos nacionales de estandarización en 148 países. Desde 1947 se han publicado más de 13700 en campos como la construcción, la agricultura, la ingeniería mecánica, los dispositivos médicos, la calidad de productos, la seguridad o la codificación digital de señales audiovisuales para aplicaciones multimedia.

**ITU:** Es una organización internacional desde la que gobiernos y el sector privado coordinan redes y servicios globales de telecomunicaciones. También se le considera líder en la publicación de estándares de telecomunicaciones. La ITU trabaja principalmente en tres sectores diferentes: Radiocomunicaciones (ITU-R), Estandarización de telecomunicaciones (ITU-T) y Desarrollo de telecomunicaciones (ITU-D).

**IEC:** Es una organización internacional líder en el desarrollo y publicación de estándares eléctricos y electrónicos.

**IEEE:** Con más de 360 000 miembros colaboradores en 175 países, es una autoridad en áreas técnicas como la ingeniería, biomédica, telecomunicaciones, etc.

**ANSI:** Aparte de promover el uso de los estándares estadounidenses en el resto del mundo y de establecer la conformidad de los mismos, dio lugar al *Healthcare Informatics Standards Planning Panel* con la finalidad de coordinar con el resto de organizaciones, que por todo el país desarrollaban estándares de manera individual.

**HL7 – Health Level 7:** Es un organismo acreditado por ANSI, cuya misión es proveer estándares para el intercambio, gestión e integración de datos para dar soporte a la atención clínica de pacientes y de servicios de salud.

**NEMA:** Es una federación de empresas americanas, cuyos productos abarcan equipos de rayos X, motores y generadores, hasta más de 50 secciones de productos. Provee también un foro para la estandarización de equipos electrónicos y eléctricos.

**DICOM:** Se encarga de mantener el estándar de facto de comunicación de imágenes biomédicas e información asociada. Su principal objetivo es alcanzar la compatibilidad de todos los sistemas de generación, visualización y modificación de imágenes médicas.

**CEN-CENELEC:** Fue fundado en 1961 por los organismos de estandarización de la CEE y la EFTA. Contribuye a los objetivos de la UE con recomendaciones para promover el libre comercio, la seguridad de trabajadores y consumidores, la interoperabilidad de redes y la protección medioambiental. CENELEC es la referencia en estandarización electrónica.

*Aplicados a la Telemedicina:*

**DICOM:** DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) es el estándar reconocido mundialmente para el intercambio de imágenes médicas, pensado para el manejo, almacenamiento, impresión y transmisión de imágenes médicas. Incluye la definición de un formato de fichero y de un protocolo de comunicación de red. El protocolo de comunicación es un protocolo de aplicación que usa TCP/IP para la comunicación entre sistemas. Los ficheros DICOM pueden intercambiarse entre dos entidades que tengan capacidad de recibir imágenes y datos de pacientes en formato DICOM.

DICOM permite la integración de escáneres, servidores, estaciones de trabajo, impresoras y hardware de red de múltiples proveedores dentro de un sistema de almacenamiento y comunicación de imágenes.

**HL7:** Es la sigla de Health Level Seven Inc. La palabra “Health” (Salud) hace relación al área de trabajo de la organización y las palabras “Level Seven” (Nivel Siete) hacen referencia al último nivel del modelo de comunicaciones para interconexión de sistemas abiertos. Es una organización sin fines de lucro que desarrolla estándares para minimizar las incompatibilidades entre sistemas de información en salud, permitiendo la interacción y el intercambio productivo de datos entre aplicaciones heterogéneas, independientemente de su plataforma tecnológica o de su lenguaje de desarrollo.

Diferentes sectores: Prestadores de Servicios de Salud, desarrolladores de software, consultores, usuarios finales, Organizaciones Gubernamentales y No Gubernamentales; participan en forma colaborativa en la discusión y en el desarrollo de estándares por consenso, en un entorno abierto.

Estos estándares ofrecen un marco que permite a los diferentes sistemas de información, comunicarse a través de mensajes estandarizados que viajan por una única interfaz.

Se trata de una iniciativa que comenzó en 1987, en base a la necesidad de normalizar las interfaces entre los múltiples sistemas heterogéneos de información, y rápidamente se convirtió en el estándar de facto para el intercambio electrónico de datos clínicos y administrativos en los Servicios de Salud de los Estados Unidos.

La amplia difusión de los estándares desarrollados, dio origen en los últimos años a filiales internacionales (Canadá, Australia, China, Finlandia, Alemania, India, Japón, Corea, Holanda, Nueva Zelandia, Sudáfrica, Reino Unido, Argentina, Brasil, para mencionar solo algunos), y a un comité internacional, que permite armonizar y discutir las necesidades locales de adaptar los estándares en distintas partes del mundo.

La estructura internacional de la organización, el procedimiento de votación balanceado, y las políticas abiertas de asociación, aseguran que todos los requerimientos sean tenidos en cuenta uniformemente y equitativamente con calidad y consistencia. Además todas las organizaciones HL7 y sus desarrollos, están reconocidas en Estados Unidos por el instituto ANSI (American National Standard Institute) y por la SDO (Standards Developing Organization).

En un mundo donde la demanda de información se está incrementando, los Sistemas de Información aislados no son recomendables. Se necesitan sistemas de informaciones consolidadas e integradas, que permitan exactos obtener datos actualizados y de los pacientes, coordinados entre las diferentes unidades que componen una institución de salud, e incluso entre distintas instituciones.

Para que diferentes sistemas puedan integrar la información de un paciente se necesita la transferencia de un sistema a otro. Esta transferencia generalmente se ejecuta a través de múltiples interfaces adaptadas y personalizadas, modelo que se vuelve incompatible a medida que el número de sistemas aumenta.

Un enfoque para resolver el problema de las interfaces múltiples es el estándar de interoperabilidad Health Level Seven (HL7).

Los estándares HL7 se agrupan en categorías de referencia:

**Sección 1:** Estándares primarios. Las normas primarias se consideran los estándares más populares, integral para las integraciones de sistemas, la interoperabilidad y el cumplimiento. Nuestros estándares de uso más frecuente y de mayor demanda están en esta categoría.

**Sección 2:** Normas Fundamentales. Definen las herramientas fundamentales y los bloques de construcción utilizados para construir los estándares y la infraestructura tecnológica que los implementadores de estándares HL7 deben gestionar.

**Sección 3:** Dominios clínicos y administrativos. Mensajes y documentos estándares para las especialidades clínicas y grupos se encuentran en esta sección. Estas normas se aplican por lo general una vez que los patrones primarios para la organización están en su lugar.

**Sección 4:** Perfiles de HME. Estas normas proporcionan modelos funcionales y perfiles que permiten construcciones para la gestión de registros electrónicos de salud.

**Sección 5:** Guías de aplicación. Esta sección es para guías de implementación o documentos de apoyo creados para ser usados en conjunción con una norma existente. Todos los documentos en esta sección sirven como material complementario para un estándar dado.

**Sección 6:** Normas y Referencias. Las especificaciones técnicas, estructuras de programación y directrices para el desarrollo de software y estándares.

**Sección 7:** Educación y toma de conciencia. Encuentra proyectos de normas de HL7 para el uso a prueba (DSTUs) y los proyectos en curso aquí, así como recursos útiles y herramientas para complementar aún más el entendimiento y la adopción de estándares HL7.

**13606 CEN251:** Norma europea para la comunicación de historias clínicas electrónicas interoperables (siguiendo una aproximación de doble modelo- modelo de referencia/modelo de arquetipos) y que cubriera los requerimientos que debe presentar un registro electrónico de la carpeta del paciente, recogidos en la norma ISO/TS 18308. La norma está dividida en cinco partes:

1. Modelo de referencia.
2. Especificación para el intercambio de arquetipos.

3. Referencia de arquetipos y lista de términos.

4. Características de seguridad.

5. Modelos de intercambio.

**X73-PHD:** El concepto de métrica persistente (Persistent Metric, PM) de x73-PHD proporciona un método para representar, acceder y enviar datos médicos almacenados de manera jerárquica en el Agente. Un almacén de métrica persistente consta de las siguientes partes:

1. PM-Store: Este es el objeto más alto en la jerarquía y contiene atributos referentes al propio almacén de datos así como cero o más PM-Segments.
2. PM-Segment: Este objeto contiene atributos que describen al segmento así como cero o más Entries.
3. Entry: Cada Entry consta de una cabecera opcional y de uno o más Elementos. Una Entry contiene típicamente una medida (en x73-PHD, esos objetos son Numeric, Enumeration, Real Time Sample Array (RT-SA), etc...).
4. Element: Cada Elemento contiene uno o más datos provenientes de medidas mediante dispositivos médicos. Este último se conecta con SCP-ECG (Secure Copy). Protocolo para envío de forma segura de datos informáticos en este caso de ECG. Ambos forman parte de ISO/IEEE 11073 (x73), estándar de referencia en el marco de la interoperabilidad de dispositivos médicos.