

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERÍA**

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL LABORATORIO DE  
INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA PARA EL  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**MARJORIE VANESSA ARELLANO CUJI**

**SANGOLQUÍ – ECUADOR**

**2012**

*Declaración de Responsabilidad*

## **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

### **INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

#### **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

MARJORIE VANESSA ARELLANO CUJI

#### **DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado “Estudio y diseño del laboratorio de Instrumentación Biomédica para el departamento de Eléctrica y Electrónica”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie, de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 21 de junio de 2011

---

Marjorie Vanessa Arellano Cuji

*Autorización de publicación*

## **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

### **INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

#### **AUTORIZACIÓN**

Yo, Marjorie Vanessa Arellano Cuji

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Estudio y diseño del laboratorio de Instrumentación Biomédica para el departamento de Eléctrica y Electrónica”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría

Sangolquí, 21 de junio de 2011

---

Marjorie Vanessa Arellano Cuji

*Certificado de tutoría*

## **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

### **INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

#### **CERTIFICADO**

Ing. Flavio Pineda  
Ing. Derlin Morocho

#### **CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado “Estudio y diseño del laboratorio de Instrumentación Biomédica para el departamento de Eléctrica y Electrónica”, realizado por Marjorie Vanessa Arellano Cuji, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que se trata de un trabajo de investigación recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Marjorie Vanessa Arellano Cuji que lo entregue al Coronel Edwin Chávez, en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Sangolquí, 21 de junio de 2011

---

Ing. Flavio Pineda

DIRECTOR

---

Ing. Derlin Morocho

CODIRECTOR

## RESUMEN

En el presente proyecto se realizó el diseño del laboratorio de Instrumentación Biomédica, en la parte mobiliaria, equipos informáticos y estructura tecnológica especializada para el desarrollo de las prácticas. Se tomó en cuenta las normas que permitirán que el laboratorio se maneje de una manera segura, brindando a los estudiantes el mejor ambiente de trabajo.

Una vez realizado el diseño, se trabajó en la implementación del laboratorio, empezando por la preparación del espacio físico, la contratación con la empresa para la fabricación y ensamblaje del mobiliario.

Se elaboró las bases técnicas para la adquisición del equipo informático, el mismo que fue comprado a través de la UTIC, se instaló el sistema operativo y software especializado en los equipos. Se trabajó en el diseño del cableado estructurado e implementación, dotando al laboratorio de siete puntos de red certificados, para proveer Internet.

Para la adquisición del equipamiento técnico especializado, se realizaron las bases técnicas y se elaboró un comparativo tecnológico para determinar los más óptimos, quedando pendiente el proceso de compra para el año 2012.

Dentro del proyecto también se trabajó en el desarrollo de guías de laboratorio, que permitan el empleo adecuado de los equipos en beneficio de los estudiantes de acuerdo a los conceptos teóricos que se imparten en la materia de Instrumentación Biomédica.

## **DEDICATORIA**

A mi padre Galo, mi madre Marcia, mi  
hermana Cathy y mi sobrina Martina,  
gracias por el apoyo brindado  
en esta etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia, quienes son el pilar fundamental en mi vida, quienes con su ejemplo de esfuerzo y trabajo me han enseñado que para cumplir una meta se necesita de mucho esfuerzo y sacrificio, ya que van a ver obstáculos que hay que superarlos y seguir adelante.

A mi enamorado Juank, por el apoyo incondicional que me brinda, ha estado conmigo en las buenas y en las malas; siempre apoyándome y dándome ánimos para que siga adelante en cada meta que me proponga.

A mis amigos, por la ayuda brindada durante esta larga etapa y a mis profesores en especial al Ing. Flavio Pineda e Ing. Derlín Morocho por su ayuda para alcanzar mi título y por los conocimientos impartidos que me ayudaran en mi vida profesional.

## **PRÓLOGO**

Actualmente la Biomédica juega un papel muy importante en la salud, ya que gracias al estudio de la Biomédica ha permitido dar una solución tecnológica a los problemas de salud, ayudando a los doctores a detectar enfermedades de una manera más rápida y confiable mediante equipos especializados.

Es por esto que la Biomédica tiene una gran importancia en el mundo, y esto se ve reflejado en que varias universidades han implementado la carrera de Ingeniería Biomédica.

Este es el motivo principal por el cual se realiza el presente proyecto, ya que es importante que el Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército tenga un laboratorio de Instrumentación Biomédica en la cual los estudiantes puedan profundizar sus conocimientos teóricos mediante prácticas de laboratorio con equipos especializados y adicional a esto, dar un paso para que en un futuro se cree la especialización de Ingeniería Electrónica en Biomédica.



# ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
PRÓLOGO .....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
GLOSARIO .....	xix
CAPÍTULO 1 .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	3
1.3. ALCANCE DEL PROYECTO .....	4
1.4. OBJETIVOS .....	4
1.4.1. Generales .....	4
1.4.2. Específicos .....	5
CAPÍTULO 2 .....	6
INTRODUCCIÓN A LA BIOMÉDICA .....	6
2.1. HISTORIA .....	6
2.2. ¿QUÉ ES LA BIOMÉDICA? .....	8
2.3. IMPORTANCIA .....	8
2.4. ESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE LOS LABORATORIOS PARA INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA EN AMÉRICA LATINA .....	9
CAPÍTULO 3 .....	15
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA FÍSICA .....	15
3.1. NORMATIVA BAJO LA CUAL SE DEBE IMPLEMENTAR EL LABORATORIO .....	15
3.2. DISEÑO DE LA DISPOSICIÓN FÍSICA DE LAS MESAS DE TRABAJO EN EL LABORATORIO .....	23

3.3. CABLEADO ESTRUCUTRADO .....	56
Figura. 3.89. Certificación puntos de red del laboratorio .....	75
3.4. ACOMETIDA ELÉCTRICA .....	84
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	90
<b>DISEÑO DEL EQUIPAMIENTO TECNOLÓGICO</b> .....	90
4.1. REQUERIMIENTOS EQUIPOS INFORMÁTICOS.....	90
4.2. REQUERIMIENTOS EQUIPOS TÉCNICOS.....	95
4.2.1. Osciloscopio .....	99
4.2.2. Generador de señal .....	104
4.2.3. Fuente de Alimentación.....	106
4.2.4. Multímetro.....	109
4.2.5. Tarjeta de adquisición .....	113
4.2.6. Sensor de presión arterial.....	116
4.2.7. Sensor de temperatura corporal.....	118
4.2.8. Amplificador de Instrumentación .....	120
4.2.9. Tarjeta de desarrollo DSPIC.....	121
4.3. COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS .....	123
4.3.1. Osciloscopio .....	126
4.3.2. Generador de señal .....	127
4.3.3. Fuente de alimentación .....	128
4.3.4. Multímetro.....	129
4.3.5. Tarjeta de adquisición .....	131
4.3.6. Sensor de presión arterial.....	132
4.3.7. Sensor de temperatura corporal.....	133
4.3.8. Tarjeta de desarrollo DSPIC.....	134
4.4. NORMATIVA PARA LA INSTALACIÓN DE EQUIPOS.....	135
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	140
<b>VALIDACIÓN DEL DISEÑO</b> .....	140
5.1. FUNCIONAL.....	140
5.2. OPERATIVO .....	146
5.3. LOGÍSTICA .....	165
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	166

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	166
<b>6.1. CONCLUSIONES</b> .....	166
<b>6.2. RECOMENDACIONES</b> .....	168
<b>ANEXO A1</b> .....	169
<b>IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO</b> .....	169
<b>ANEXO A2</b> .....	172
<b>INSTALACION FLUID SIM</b> .....	172
<b>ANEXO A3</b> .....	178
<b>EQUIPO PARA ADQUISICION POSTERIORMENTE</b> .....	178
<b>ANEXO A4</b> .....	184
<b>MANUAL DE USUARIO DE LAS COMPUTADORAS DE ESCRITORIO</b> .....	184
<b>ANEXO A5</b> .....	189
<b>MANTENIMIENTO DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACION BIOMÉDICA</b> .....	189

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 3.1. Requerimiento mesa de trabajo .....	50
Tabla. 3.2. Requerimiento sillas .....	50
Tabla. 3.3. Requerimiento escritorio .....	50
Tabla. 3.4. Requerimiento sillón de oficina .....	51
Tabla. 3.5. Requerimiento armario .....	51
Tabla. 3.6. Requerimiento pizarrón .....	51
Tabla. 3.7. Presupuesto parte mobiliaria .....	52
Tabla. 3.8. Niveles de iluminación .....	54
Tabla. 3.9. Canalización .....	62
Tabla. 3.10. Requerimiento canaletas .....	68
Tabla. 3.11. Requerimiento cajetines .....	69
Tabla. 3.12. Requerimiento cable UTP .....	69
Tabla. 3.13. Requerimiento plug .....	69
Tabla. 3.14. Requerimiento switch .....	69
Tabla. 3.15. Requerimiento rack .....	69
Tabla. 3.16. Requerimiento patch panel .....	70
Tabla. 3.17. Cuadro comparativo de los materiales para el cableado estructurado .....	70
Tabla. 3.18. Cuadro comparativo de los materiales para el cableado estructurado .....	70
Tabla. 3.19. Cuadro comparativo para la certificación .....	73
Tabla. 3.20. Puntos de red .....	74
Tabla. 3.21. Cable AWG 11 .....	86
Tabla. 3.22. Potencia que se consumirá en cada mesa de trabajo .....	86
Tabla. 3.23. Modelos de UPS .....	89
Tabla. 4.1. Requerimientos computadora portátil .....	93
Tabla. 4.2. Requerimientos computadora de escritorio .....	94
Tabla. 4.3. Requerimientos impresora multifunción .....	94
Tabla. 4.4. Cotización equipos informáticos .....	95
Tabla. 4.5. Presupuesto equipos informáticos .....	95
Tabla. 4.6. Señales que se van a utilizar en el laboratorio .....	103
Tabla. 4.7. Requerimiento osciloscopio .....	123
Tabla. 4.8. Requerimiento generador de señal .....	123
Tabla. 4.9. Requerimiento fuente de alimentación .....	124
Tabla. 4.10. Requerimiento multímetro .....	124
Tabla. 4.11. Requerimiento tarjeta de adquisición .....	124
Tabla. 4.12. Requerimiento sensor de presión arterial .....	125
Tabla. 4.13. Requerimiento sensor de temperatura corporal .....	125
Tabla. 4.14. Requerimiento tarjeta DSPIC .....	125
Tabla. 4.15. Requerimiento amplificador de instrumentación .....	126
Tabla. 4.16. Presupuesto equipos .....	126
Tabla. 4.17. Análisis osciloscopio .....	127
Tabla. 4.18. Análisis generador de señal .....	128
Tabla. 4.19. Análisis fuente de alimentación .....	129
Tabla. 4.20. Análisis multímetro .....	130
Tabla. 4.21. Análisis tarjeta de adquisición .....	131
Tabla. 4.22. Análisis sensor de presión arterial .....	132
Tabla. 4.23. Análisis sensor de temperatura corporal .....	133

<b>Tabla. 4.24. Análisis tarjeta de desarrollo DSPIC .....</b>	<b>134</b>
<b>Tabla. A3.1. Análisis dispositivo digital de ultrasonido (Ecógrafo).....</b>	<b>183</b>
<b>Tabla. A5.1. Cronograma de mantenimiento.....</b>	<b>191</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 2.1. Prótesis de madera .....	6
Figura. 2.2. Laboratorio de Instrumentación Biomédica.....	10
Figura. 2.3. Experimentación in vitro.....	11
Figura. 2.4. Quirófano experimental .....	11
Figura. 2.5. Laboratorio Universidad Manuela Beltrán.....	12
Figura. 2.6. Laboratorio Universidad Manuela Beltrán.....	12
Figura. 2.7. Laboratorio Universidad Manuela Beltrán.....	12
Figura. 2.8. Laboratorio Universidad Manuela Beltrán.....	13
Figura. 2.9. Laboratorio Universidad Manuela Beltrán.....	13
Figura. 2.10. Laboratorio Universidad Iberoamericana.....	13
Figura. 2.11. Laboratorio Universidad de Pamplona - Electromiografía.....	14
Figura. 3.1. Laboratorios de Electrónica .....	23
Figura. 3.2. Laboratorios de Electrónica .....	24
Figura. 3.3. Ubicación del laboratorio de Instrumentación Biomédica .....	24
Figura. 3.4. Entrada principal .....	24
Figura. 3.5. Espacio físico .....	26
Figura. 3.6. Espacio físico .....	26
Figura. 3.7. Mesas de trabajo .....	27
Figura. 3.8. Medidas del laboratorio .....	28
Figura. 3.9. Mesas de trabajo – Medidas .....	29
Figura. 3.10. Mesas de trabajo con equipos .....	30
Figura. 3.11. Distribución mesas de trabajo .....	30
Figura. 3.12. Espacio disponible sillas .....	31
Figura. 3.13. Silla .....	32
Figura. 3.14. Silla – Medida.....	32
Figura. 3.15. Distribución de mesas y sillas en el laboratorio.....	32
Figura. 3.16. Ubicación para escritorio y sillón para el profesor .....	33
Figura. 3.17. Medida disponible para el escritorio y sillón del profesor .....	34
Figura. 3.18. Sillón de oficina .....	34
Figura. 3.19. Sillón de oficina – Medidas.....	34
Figura. 3.20. Medida disponible para el escritorio del profesor .....	35
Figura. 3.21. Escritorio.....	35
Figura. 3.22. Escritorio - Medidas .....	35
Figura. 3.23. Distribución de mesas, sillas, escritorio y sillón en el laboratorio .....	36
Figura. 3.24. Medida disponible para el armario.....	37
Figura. 3.25. Armario.....	37
Figura. 3.26. Armario – Medidas .....	38
Figura. 3.27. Armario con equipos.....	38
Figura. 3.28. Distribución de mesas, sillas, escritorio, sillón y armario en el laboratorio .....	39
Figura. 3.29. Pizarrón .....	39
Figura. 3.30. Medida disponible para el pizarrón.....	40
Figura. 3.31. Pizarrón – Medidas.....	40
Figura. 3.32. Distribución de mesas, sillas, escritorio, sillón, armario y pizarrón en el laboratorio .....	41
Figura. 3.33. Isometría vista superior renderizada .....	42

<b>Figura. 3.34. Isometría vista superior renderizada .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura. 3.35. Vista superior renderizada .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura. 3.36. Isometría vista superior renderizada .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura. 3.37. Isometría vista superior renderizada .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura. 3.38. Vista posterior renderizada .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura. 3.39. Isometría vista posterior renderizada .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura. 3.40. Vista frontal renderizada .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura. 3.41. Isometría vista frontal renderizada .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura. 3.42. Vista lateral izquierda renderizada .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura. 3.43. Isometría vista lateral izquierda renderizada .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura. 3.44. Vista lateral derecha renderizada .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura. 3.45. Isometría vista lateral derecha renderizada .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura. 3.46. Mesa de trabajo .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura. 3.47. Silla .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura. 3.48. Escritorio .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura. 3.49. Sillón de oficina .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura. 3.50. Armario .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura. 3.51. Pizarrón .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura. 3.52. Proforma parte mobiliaria .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura. 3.53. Iluminación del laboratorio .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura. 3.54. Ventana del laboratorio .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura. 3.55. Rack .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura. 3.56. Patch panel .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura. 3.57. Switch .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura. 3.58. Cajetín .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura. 3.59. Jacks .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura. 3.60. Plugs .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura. 3.61. Patch cord .....</b>	<b>61</b>
<b>Figura. 3.62. Cable UTP .....</b>	<b>61</b>
<b>Figura. 3.63. Canaletas .....</b>	<b>61</b>
<b>Figura. 3.64. Esquema cableado estructurado .....</b>	<b>63</b>
<b>Figura. 3.65. Ubicación puntos de red .....</b>	<b>64</b>
<b>Figura. 3.66. Ubicación del rack, switch y patch panel .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura. 3.67. Vista superior .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura. 3.68. Vista superior .....</b>	<b>66</b>
<b>Figura. 3.69. Parte lateral izquierda .....</b>	<b>66</b>
<b>Figura. 3.70. Parte lateral izquierda vista de otro ángulo .....</b>	<b>66</b>
<b>Figura. 3.71. Parte lateral derecha .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura. 3.72. Parte lateral derecha vista de otro ángulo .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura. 3.73. Canaletas en el laboratorio .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura. 3.74. Canaletas en el laboratorio .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura. 3.75. Canaletas .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura. 3.76. Cajetines .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura. 3.77. Cable UTP .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura. 3.78. Plug .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura. 3.79. Switch .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura. 3.80. Rack .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura. 3.81. Patch panel .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura. 3.82. Factura de materiales para cableado estructurado .....</b>	<b>71</b>
<b>Figura. 3.83. Factura materiales para cableado estructurado .....</b>	<b>72</b>

Figura. 3.84. Factura materiales para cableado estructurado .....	72
Figura. 3.85. Factura materiales para cableado estructurado .....	72
Figura. 3.86. Certificador Fluke DTX-1800.....	74
Figura. 3.87. Ubicación de las mesas .....	75
Figura. 3.88. Patch panel .....	75
Figura. 3.89. Certificación puntos de red del laboratorio .....	75
Figura. 3.90. Certificación puntos de red #2 .....	76
Figura. 3.91. Certificación puntos de red #3 .....	77
Figura. 3.92. Certificación puntos de red #4 .....	78
Figura. 3.93. Certificación puntos de red #5 .....	79
Figura. 3.94. Certificación puntos de red #6 .....	80
Figura. 3.95. Certificación puntos de red #7 .....	81
Figura. 3.96. Certificación puntos de red #8 .....	82
Figura. 3.97. Ancho de banda.....	83
Figura. 3.98. Rack.....	84
Figura. 3.99. Punto de red.....	84
Figura. 3.100. Breaker .....	85
Figura. 3.101 Plano eléctrico – Circuito de fuerza.....	87
Figura. 3.102. Regletas .....	88
Figura. 3.103. UPS .....	88
Figura. 3.104. Ubicación de las regletas o UPS .....	88
Figura. 4.1. Osciloscopio .....	99
Figura. 4.2. Punta de prueba .....	101
Figura. 4.3. Disparo (Trigger) .....	102
Figura. 4.4. Tipos de voltajes .....	102
Figura. 4.5. Generador de señal .....	104
Figura. 4.6. Fuente de alimentación.....	106
Figura. 4.7. Multímetro .....	109
Figura. 4.8. Medición corriente.....	110
Figura. 4.9. Medición voltaje.....	111
Figura. 4.10. Medición resistencia .....	112
Figura. 4.11. Tarjeta de adquisición.....	113
Figura. 4.12. Sensor de presión arterial .....	116
Figura. 4.13. Sensor de temperatura corporal .....	118
Figura. 4.14. Tarjeta DSPIC.....	121
Figura. 4.15. Opción A Osciloscopio .....	127
Figura. 4.16. Opción B Osciloscopio .....	127
Figura. 4.17. Opción A Generador Señal .....	128
Figura. 4.18. Opción B Generador Señal .....	128
Figura. 4.19. Opción A Fuente de A. ....	129
Figura. 4.20. Opción B Fuente de A. ....	129
Figura. 4.21. Opción A Multímetro .....	130
Figura. 4.22. Opción B Multímetro .....	130
Figura. 4.23. Opción A T. de Adquisición.....	131
Figura. 4.24. Opción B T. de Adquisición.....	131
Figura. 4.25. Opción A Presión Arterial .....	132
Figura. 4.26. Opción B Presión Arterial .....	132
Figura. 4.27. Opción A Sensor Temperatura.....	133
Figura. 4.28. Opción B Sensor Temperatura.....	133
Figura. 4.29. Opción A Tarjeta DSPIC .....	134



Figura. 4.30. Opción B Tarjeta DSPIC .....	134
Figura. 4.31. Aislamiento inadecuado de las partes en contacto con el usuario .....	135
Figura. 4.32. Mal uso de los tomacorrientes .....	136
Figura. 5.1. Mesas de trabajo .....	141
Figura. 5.2. Mesas de trabajo laboratorio Instrumentación Biomédica .....	141
Figura. 5.3. Distancias y alcances – Puesto de trabajo (mujer-izq, hombre-der) .....	142
Figura. 5.4. Área de trabajo .....	143
Figura. 5.5. Área de trabajo cuando se encuentra sentado .....	144
Figura. 5.6. Área para movilizarse alrededor de la mesa .....	144
Figura. 5.7. Área de visualización .....	145
Figura. 5.8. Área de movilización del profesor .....	146
Figura. 5.9. Aplicación de Matlab .....	147
Figura. 5.10. Medición con osciloscopio .....	148
Figura. 5.11. Alimentación con la fuente .....	148
Figura. 5.12. Funcionamiento generador de señales .....	149
Figura. 5.13. Mediciones con multímetro .....	149
Figura. 5.14. Funcionamiento sensor de temperatura .....	150
Figura. 5.15. Funcionamiento sensor de temperatura .....	150
Figura. 5.16. Funcionamiento tarjeta DSPIC .....	151
Figura. 5.17. Funcionamiento tarjeta de adquisición .....	151
Figura. 5.18. Sistema Cardiovascular .....	154
Figura. 5.19. Simulación sistema Cardiovascular .....	154
Figura. 5.20. Simulación sistema Cardiovascular .....	155
Figura. 5.21. Sistema Respiratorio .....	157
Figura. 5.22. Simulación sistema respiratorio .....	157
Figura. 5.23. Simulación sistema respiratorio .....	158
Figura. A1.1. Laboratorio Instrumentación Biomédica .....	170
Figura. A1.2. Laboratorio Instrumentación Biomédica .....	170
Figura. A1.3. Laboratorio Instrumentación Biomédica .....	171
Figura. A1.4. Laboratorio Instrumentación Biomédica .....	171
Figura. A2.1. Festo_Fluidsim_Full_Version .....	173
Figura. A2.2. Mensaje para aceptar instalación .....	173
Figura. A2.3. Inicio de la instalación .....	174
Figura. A2.4. Seleccionar lugar donde se instalara el programa .....	174
Figura. A2.5. Directorio .....	175
Figura. A2.6. Creación del acceso directo .....	175
Figura. A2.7. Creación del acceso directo en el escritorio .....	176
Figura. A2.8. Inicia la instalación .....	176
Figura. A2.9. Proceso de instalación .....	177
Figura. A2.10. Fin de la instalación .....	177
Figura. A3.1. Dispositivo digital de ultrasonido (Ecógrafo) .....	179
Figura. A3.2. Ultrasonido .....	180
Figura. A3.3. Transductor .....	181
Figura. A3.4. Opción A Ecógrafo .....	183
Figura. A3.5. Opción B Ecógrafo .....	183
Figura. A3.6. Opción C Ecógrafo .....	183
Figura. A4.1. CPU .....	185
Figura. A4.2. Teclado .....	186

<b>Figura. A4.3. Mouse</b> .....	186
<b>Figura. A4.4. Pantalla</b> .....	186
<b>Figura. A4.5. Pantalla de bienvenida</b> .....	187
<b>Figura. A4.6. Cerrar el programa</b> .....	188
<b>Figura. A4.7. Apagar equipo</b> .....	188

## GLOSARIO

**Instrumentación biomédica:** se refiere a todos aquellos dispositivos que proporcionan información del organismo. Su principal objetivo es, la captura de señales biológicas.

**Transductores bioeléctricos:** son aquellos que ofrecen, a su salida, una señal eléctrica en respuesta a una señal de entrada originada en un ser vivo.

**Señales bioeléctricas:** la señal bioeléctrica es propia de los sistemas biológicos. Su fuente es el potencial transmembrana, el cual ante ciertas condiciones puede variar para generar una diferencia de potencial. La señal bioeléctrica requiere un transductor relativamente simple para su adquisición. Se necesita un transductor porque la conducción eléctrica en el medio biológico se produce a través de iones, mientras que en el sistema de medición la conducción es mediante electrones.

**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 mediante un equipo de electroencefalografía.

**Electrocardiograma (ECG):** es la representación gráfica de la actividad eléctrica del corazón, que se obtiene con un electrocardiógrafo en forma de cinta continua en el cual se muestra los cambios que ocurren en las pequeñas corrientes eléctricas que se producen en el corazón con cada latido.

**Electrooculograma (EOG):** es un examen que consiste en colocar pequeños electrodos cerca de los músculos de los ojos para medir el movimiento de éstos, se basa en el registro de la diferencia de potencial existente entre la cornea y la retina.

**Electromiografía (EMG):** es una técnica para la evaluación y registro de la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos.

**Medidas antropométricas:** se refieren a las mediciones que se realizan en diferentes partes del organismo.

**Lux:** es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación.

**Acometida eléctrica:** es una derivación desde la red de distribución de la empresa de servicio eléctrico hacia la edificación.

**Voltaje:** es la diferencia que hay entre dos puntos en el potencial eléctrico, refiriéndonos a potencial eléctrico como el trabajo que se realiza para trasladar una carga positiva de un punto a otro. La unidad de voltaje es el V.

**Corriente:** es la tasa de flujo de la carga eléctrica por un punto dado.

**Potencia:** es la cantidad de energía entregada o absorbida en cierto tiempo.

**Tubería conduit:** es una tubería que se ha diseñado específicamente para la instalación confiable y rápido de cableado. Trabaja perfectamente con cableado eléctrico, de fibra óptica, telefónica o similar.

**Breaker o disyuntor:** un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

**Frecuencia:** es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo.

**Periodo:** es el tiempo transcurrido entre dos puntos equivalentes de la onda.

**Cross talk:** se debe a la interferencia electromagnética de cada par de transmisión sobre los pares cercanos. Dado que el cableado horizontal consiste en cables de 4 pares, la mayor fuente de “ruido” de estos pares proviene de los pares adyacentes.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

El Departamento de Eléctrica y Electrónica (Antigua Facultad de Ingeniería Electrónica) fue creada por orden No. 77027-OGE-1, el 25 de abril de 1977 e inicia sus labores en octubre del mismo año en la modalidad presencial, con sus planes y programas de estudio encaminados a la formación del Ingeniero Electrónico. <sup>1</sup>

Actualmente el Departamento de Eléctrica y Electrónica ofrece las siguientes carreras: Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones, Ingeniería Electrónica en Automatización y Control, Ingeniería Electrónica en Redes y Comunicación de Datos.

Desde el año 1997 se imparte la materia de Biomédica para las tres carreras de Ingeniería Electrónica, esta materia integra los conocimientos propios de la medicina y la ingeniería, aplicando los principios ingenieriles y herramientas para resolver problemas en el cuidado de la salud y medicina. <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Departamento de Eléctrica y Electrónica, <http://www.deee.espe.edu.ec/portal/>, 29 abril 2011

<sup>2</sup> CHRISTENSEN, D., *Intro to Biomedical Engineering Biomechanics and Bioelectricity*, Part 1, Morgan&Claypool, Connecticut, 2009

El objetivo de estudio de la biomédica es el ser humano, su comportamiento fisiológico, anatómico y bioquímico normal, para hacer frente a cualquier anomalía, dando una solución tecnológica de tipo informático, mecánico o electrónico que pueda ayudar a solucionar el problema.

Se dedica fundamentalmente al diseño y construcción de equipos médicos, prótesis, dispositivos médicos, dispositivos de diagnóstico y de terapia.<sup>3</sup>

La biomédica tiene un gran campo de acción tanto en nuestro país como alrededor del mundo. Esta necesidad de conocimientos biomédicos se agrava por la poca oferta de programas en esta área, capaces de formar ingenieros con competencias específicas.

El Departamento de Eléctrica y Electrónica tiene previsto a futuro proponer la creación de la nueva carrera de Ingeniería Electrónica en Biomédica, para lo cual se requiere el diseño de un laboratorio, que sirva de fundamento para la propuesta de la nueva carrera.

Dentro de los contenidos de la materia de Instrumentación Biomédica<sup>4</sup> se abarcan temas relacionados con los potenciales bioeléctricos, transductores bioeléctricos<sup>5</sup> y equipos para la obtención de imágenes médicas. Este laboratorio se requiere para complementar los conocimientos, mediante la ejecución de prácticas con equipos especializados en el área de la Biomédica.

El ingeniero Flavio Pineda catedrático de la materia de Instrumentación Biomédica presentó el proyecto “Implementación del laboratorio de Instrumentación Biomédica” en marzo del 2010 para que sea aprobado en el Plan

---

<sup>3</sup> Orduna Y., Quiroga F., Biomédica, <http://www.slideshare.net/zulith93/biomedica-3115735>, 25 abril 2011

<sup>4</sup> Instrumentación Biomédica: ver glosario

<sup>5</sup> Transductores bioeléctricos: ver glosario

Operativo Anual (POA) 2011. El mismo que luego de la justificación necesaria fue aprobado en julio del 2010.

El 25 de Marzo del 2011, se realiza un detalle pormenorizado de los requerimientos para la implementación del laboratorio de Instrumentación Biomédica en el Plan de Adquisición de Compras (PAC) 2011 de la ESPE, por lo que mediante la ejecución de este proyecto, se elaborarán las bases técnicas para la adquisición de los equipos, se realizará el estudio y diseño del laboratorio.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Esta investigación tiene como objetivo establecer la caracterización de la biomédica, la cual juega un papel muy relevante que permitirá conocer el grado de eficiencia y la solución de problemas en el área de la salud. Contará con instrumentos, guías, para atender los requerimientos de la comunidad universitaria de manera óptima, razón por la cual es importante la creación de un laboratorio de Instrumentación Biomédica, ya que actualmente el Departamento de Eléctrica y Electrónica no dispone de un laboratorio especializado para la enseñanza de la materia.

La materia de Instrumentación Biomédica la toman cuarenta y ocho estudiantes de las tres carreras del DEEE, distribuidos en dos paralelos de veinte y cuatro alumnos cada uno. El desarrollo de las prácticas de laboratorio se hace difícil ya que no se dispone de equipos especializados para las mediciones de señales bioeléctricas<sup>6</sup> en el cuerpo humano, teniéndose que apoyar la enseñanza en laboratorios improvisados que ponen en riesgo la integridad de los estudiantes.

Por lo que se hace indispensable el diseño de un nuevo laboratorio y posteriormente su implementación para el tratamiento de señales bioeléctricas

---

<sup>6</sup> Señales bioeléctricas: ver glosario



tomadas del cuerpo humano que mejore el proceso de aprendizaje de la materia de Instrumentación Biomédica y que sirva de base para la creación de la nueva carrera de Ingeniería Electrónica en Biomédica.

### **1.3. ALCANCE DEL PROYECTO**

- El presente proyecto busca la determinación de bases técnicas para la adquisición del equipamiento adecuado para la implementación del laboratorio de Instrumentación Biomédica en su segunda fase, que brinde a los estudiantes las facilidades para la realización de las prácticas.
- Se realizará un estudio de los equipos para determinar cuáles son los más óptimos para el laboratorio de Instrumentación Biomédica, y de esta manera mejorar los contenidos dados en clases mediante prácticas en el laboratorio con equipos especializados.
- Se diseñará la ubicación apropiada de los equipos en el laboratorio, así como la acometida eléctrica y sistemas de protección.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Generales**

- Realizar el estudio y diseño del laboratorio de Instrumentación Biomédica para el departamento de Eléctrica y Electrónica a través de un nuevo laboratorio para mejorar el aprendizaje en el área de Instrumentación Biomédica.

### **1.4.2. Específicos**

- Investigar sobre la estructura y equipamiento de los laboratorios para Instrumentación Biomédica en América Latina.
- Diseñar la estructura física del laboratorio de Instrumentación Biomédica, de acuerdo a las normas técnicas establecidas en este proyecto.
- Diseñar la estructura tecnológica del laboratorio, que permita determinar el equipamiento y las especificaciones técnicas básicas que deben cumplir los equipos que formarán parte del laboratorio.
- Establecer las bases técnicas para el proceso de adquisición y elaborar un cuadro comparativo de las tecnologías disponibles en el mercado para determinar la más óptima.
- Verificar la propuesta de diseño referente a la parte funcional, operativa y logística en la estructura física y tecnológica para establecer su utilidad, flexibilidad y confiabilidad.

## CAPÍTULO 2

### INTRODUCCIÓN A LA BIOMÉDICA

#### 2.1. HISTORIA

La Biomédica ha estado en el mundo por cientos de años, quizás más de 1000 años. En el 2000, arqueólogos alemanes descubrieron momias con 3000 años de antigüedad en Tebes, con una prótesis de madera unida a su pie con la finalidad de reemplazar el dedo grande de la persona como se muestra en la figura 2.1., esta fue descubierta en una tumba egipcia. Los investigadores informaron que el desgaste en la superficie inferior sugiere que podría ser la prótesis más antigua de un miembro conocido.



Figura. 2.1. Prótesis de madera

Otros autores mencionan el inicio de la biomédica en los dibujos anatómicos de Leonardo Da Vinci y sus aproximaciones a brazos de palanca o los

trabajos de Luigi Galvani y de Lord Kelvin sobre la conducción eléctrica en los seres vivos.

Sin embargo, el desarrollo de la instrumentación eléctrica y electrónica produjo una explosión de resultados y se puede considerar como uno de los orígenes más cercanos de la biomédica, esto se produce principalmente entre los años de 1890 y 1930.

En sus inicios, esta disciplina estuvo basada fundamentalmente en la aplicación de técnicas de ingeniería eléctrica y electrónica para la construcción de equipos médicos, así como al diseño de prótesis. Posteriormente, una parte muy importante de las aplicaciones de la ingeniería en la medicina estuvo constituida por la instrumentación para la adquisición de imágenes del cuerpo humano.<sup>7</sup>

A partir del desarrollo de las computadoras, la importancia de la instrumentación se fue reduciendo, mientras que el procesamiento de las señales tuvo mayor impulso ya que fue posible obtener información adicional a partir de las señales que la instrumentación proporcionaba, y que no era visible directamente a partir del procesamiento de señales biomédicas.

Sin importar las fechas, la Biomédica ha provisto de avances en la tecnología médica para mejorar la salud del ser humano. Los logros de la Biomédica van desde los dispositivos más sencillos como las muletas, zapatos de plataforma, dientes de madera, hasta las maravillas más modernas incluyendo: marcapasos, máquinas del corazón y pulmón, máquinas de diálisis, equipos de diagnóstico, tecnologías de proyección de imagen de todo tipo, órganos artificiales y las prótesis más avanzadas.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Dyro, Joseph F., Elsevier. ed. *Clinical Engineering Handbook*, 2004

<sup>8</sup> Biomédica, <http://www.slideshare.net/zulith93/biomedica-3115735>, 8 noviembre 2011

## **2.2. ¿QUÉ ES LA BIOMÉDICA?**

La Biomédica es una disciplina que se basa en la aplicación de los avances de la ciencia, la tecnología, la biología, la medicina y la ingeniería; contribuyendo tanto al desarrollo científico, económico y social como al bienestar de las personas y la comunidad en general.

La Biomédica ayuda a facilitar y mejorar la atención en la salud ya que aplica los principios y métodos de la ingeniería con el objetivo de atender importantes retos en el sector de la salud, en el cual aún subsisten grandes necesidades e insuficiencias tecnológicas que se deben resolver tanto en nuestro país como en el mundo.

La Biomédica se encarga del desarrollo, implementación y gestión de los recursos médicos que apoyan a la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de la población. Además, se dedica fundamentalmente al diseño y construcción de productos y tecnologías sanitarias tales como: los equipos médicos, prótesis, dispositivos de diagnóstico, monitorización, electrocirugía, rehabilitación y de terapia. Así como de la administración de los recursos técnicos relacionados a los sistemas hospitalarios.

Facilita el quehacer médico para que a través de la utilización de herramientas biomédicas realicen su trabajo de manera idónea, confiable, precisa y facilita la detección de enfermedades, así los pacientes están a tiempo para el tratamiento de las mismas.

## **2.3. IMPORTANCIA**

En los últimos años los avances tecnológicos en muchas áreas han facilitado el desenvolvimiento de las actividades cotidianas, y muchos de estos

avances se realizaron en el área electrónica que es la rama científico-técnica que ha hecho las aportaciones más espectaculares en la instrumentación biomédica, alcanzado un desarrollo impresionante en las tres últimas décadas. Es por ello que su apoyo a la Medicina ha permitido la consecución de metas, tanto en el diagnóstico de enfermedades y en terapias.<sup>9</sup>

Debido a este rápido progreso, actualmente es inconcebible que en un hospital no tengan equipos electrónico-médicos con cierto nivel de sofisticación, siendo las áreas de diagnóstico por imágenes, cardiología, laboratorio, cirugía y terapia intensiva, las muestras evidentes de ello.

Contribuye al tratamiento por restauración, mejoramiento o sustitución, de las funciones fisiológicas y corporales, así como previene su deterioro y el dolor del individuo, garantizándole el disfrute de una adecuada calidad de vida. Gracias a su empleo la tecnología permite acortar el periodo de enfermedad o recuperación de los individuos y su reincorporación a la sociedad.

La gran importancia que tiene la biomédica actualmente en nuestro país y en el mundo entero, se debe a que, ha permitido mejorar de manera evidente los diagnósticos de enfermedades.

#### **2.4. ESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE LOS LABORATORIOS PARA INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA EN AMÉRICA LATINA**

- Universidad Cristiana Latinoamericana                      Quito, Ecuador
- Instituto Tecnológico Metropolitano                      Medellín, Colombia
- Universidad Nacional de Tucumán                      Tucumán, Argentina

---

<sup>9</sup> Revista Tecnológica. Vol. 16, No. 1, Junio 2003

- Universidad Nacional de Córdoba Córdoba, Argentina
- Universidade do Vale do Paraíba Sao Paulo, Brasil
- Escuela de Ingeniería de Antioquia Córdoba, Colombia
- Universidad Don Bosco Soyapango, San Salvador
- Universidad La Salle Distrito Federal, México
- Tecnológico de Monterrey Monterrey, México
- Universidad Favaloro Caba, Argentina

La universidad Favaloro cuenta con un plantel multidisciplinario entrenado para realizar la gestión del equipamiento médico del Hospital Universitario como se observa en la figura 2.2.



**Figura. 2.2. Laboratorio de Instrumentación Biomédica**

El departamento posee amplia experiencia en la administración de Tecnologías Biomédicas y ofrece servicios de consultoría en las diversas etapas de conformación de una institución de salud, desde la construcción hasta la operación.

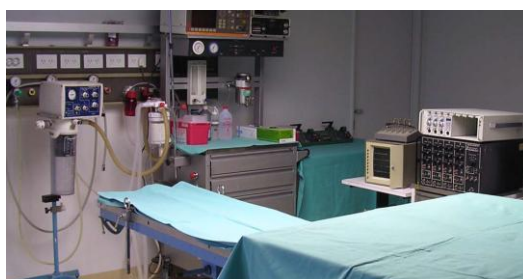
El objetivo de esta área es promover y ejecutar proyectos de investigación y desarrollo aplicados, con el fin de lograr su transferencia a la industria en lo que se refiere a propiedad intelectual y dispositivos para la comercialización.

Dentro de sus funciones, se pueden mencionar el desarrollo de dispositivos biomédicos y ensayo de tecnologías mediante bancos de testeo in-vitro, que es una técnica para realizar un determinado experimento en tubo de ensayo, o generalmente en un ambiente controlado fuera de un organismo vivo, como se muestra en la figura 2.3. e in-vivo que promueve la experimentación hecha dentro o en el tejido vivo de un organismo.



**Figura. 2.3. Experimentación in vitro**

Para la experimentación animal, el laboratorio cuenta con un bioterio, lugar físico donde se crían, mantienen y utilizan animales de laboratorio, dos quirófanos experimentales como se ilustra en la figura 2.4. y un área para ensayos y experiencias crónicas.<sup>10</sup>



**Figura. 2.4. Quirófano experimental**

<sup>10</sup>Instituto de Ingeniería Biomédica, [http://www.favaloro.edu.ar/pdf/I2B\\_web.pdf](http://www.favaloro.edu.ar/pdf/I2B_web.pdf), 15 Noviembre 2011



- Universidad Manuela Beltrán Bogotá, Colombia

En la figura 2.5., 2.6., 2.7., 2.8., y 2.9. se pueden observar algunos de los equipos que posee el laboratorio de Instrumentación Biomédica en la Universidad Manuela Beltrán donde se obtiene el título de Ingeniero Biomédico.



Figura. 2.5. Laboratorio Universidad Manuela Beltrán

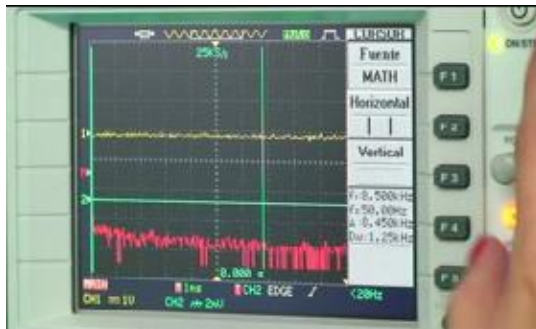


Figura. 2.6. Laboratorio Universidad Manuela Beltrán



Figura. 2.7. Laboratorio Universidad Manuela Beltrán



**Figura. 2.8. Laboratorio Universidad Manuela Beltrán**



**Figura. 2.9. Laboratorio Universidad Manuela Beltrán**

- Universidad Iberoamericana Distrito Federal, México

En la figura 2.10. se puede observar una pequeña parte de lo que es el laboratorio de Instrumentación Biomédica en la Universidad Iberoamericana.



**Figura. 2.10. Laboratorio Universidad Iberoamericana**

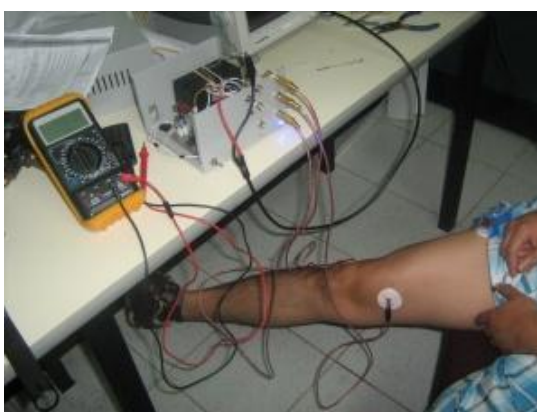
- Universidad de Chile Santiago, Chile

El objetivo de este laboratorio es desarrollar investigaciones en el ámbito de aplicaciones de la ingeniería a la medicina y la biología. Basado en el procesamiento, análisis, detección de patrones y clasificación de señales fisiológicas provenientes de electroencefalografía (EEG)<sup>11</sup>, electrocardiograma (ECG)<sup>12</sup>, electrooculograma (EOG)<sup>13</sup>, electromiografía (EMG)<sup>14</sup> y en reconstrucción, fusión y detección de patrones en imágenes médicas en 2D y 3D.

Por otro parte, se investigan aspectos de resolución espacial, parámetros de estimulación y eficiencia energética en interfaces táctiles.

- Universidad de Pamplona Colombia

En la figura 2.11. se visualiza la práctica que se realiza en el laboratorio de Instrumentación Biomédica en la Universidad de Pamplona, se trata de un sistema electromiográfico el cual es capaz de capturar los potenciales eléctricos emitidos por músculos.



**Figura. 2.11. Laboratorio Universidad de Pamplona - Electromiografía**

---

<sup>11</sup> EEG: ver glosario

<sup>12</sup> ECG: ver glosario

<sup>13</sup> EOG: ver glosario

<sup>14</sup> EMG: ver glosario

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO DE LA ESTRUCTURA FÍSICA

#### 3.1. NORMATIVA BAJO LA CUAL SE DEBE IMPLEMENTAR EL LABORATORIO

Debido a que el laboratorio que se desea implementar está compuesto por maquinaria y equipos ya listos para trabajar, no se deben tomar en cuenta muchas consideraciones para la implementación del laboratorio de Instrumentación Biomédica, ya que es para uso didáctico (educativo), sin embargo la norma ISO/IEC 17025 da una guía de referencia para todos los laboratorios que realizan actividades de ensayo (pruebas) y calibración y es utilizada a nivel mundial para propósitos de acreditación.

La norma ISO/IEC 17025: “*General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*”, o su nombre en español “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo (prueba) y calibración” aplica cualquier tipo de laboratorio de calibración o ensayos (pruebas), independiente de su tamaño o actividad, y se integra por una serie de requisitos relativos a la gestión (administrativos) y requisitos que el laboratorio debe cumplir para demostrar su competencia técnica y asegurar la validez de sus resultados.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> La Norma ISO/IEC 17025, <http://www.gestion-calidad.com/iso-iec-17025.html>, 18 de noviembre 2011

La norma ISO/IEC 17025 surgió como una guía genérica de referencia para aquellos laboratorios que realizan actividades de ensayo (prueba) o calibración y que pretenden demostrar:

- Que operan un sistema de gestión de la calidad eficaz y en mejora continua. El laboratorio implementa un sistema de gestión de la calidad que le permite administrar y utilizar la documentación del laboratorio, tanto de gestión como técnica
- Que son técnicamente competentes demuestra competencia técnica del personal, instalaciones y condiciones ambientales adecuadas, métodos validados, equipo y patrones confiables.
- Que son capaces de producir resultados de ensayo (prueba) o calibración confiables, implementan programas de aseguramiento de la calidad de sus resultados, generar resultados técnicamente válidos

Para poder ser acreditado con dicha norma el laboratorio debe cumplir con las condiciones de gestión del sistema de calidad que un laboratorio de ensayo, prueba y calibración debe tener, para asegurar su competencia técnica.

Los requisitos que debe cumplir el laboratorio para lograr dicha acreditación son los siguientes:

- Requisitos de gestión: relacionados con la gestión de la calidad del laboratorio.
- Requisitos técnicos: relacionados con aspectos de influencia directa sobre el resultado de las actividades de ensayo (prueba) y calibración del laboratorio.

## REQUISITOS DE GESTIÓN

### **Organización**

- Debe realizar sus actividades de ensayo (prueba) y calibración, de acuerdo con esta norma internacional.
- Deben identificarse las responsabilidades del personal clave, para evitar conflictos.
- Se debe disponer del personal directivo y técnico competente para desempeñar sus funciones y responsabilidades frente al sistema de calidad.
- Disponer de políticas y procedimientos.
- Especial atención a la protección de datos y confidencialidad.
- Designación de un responsable de calidad.

### **Sistema de Gestión de la Calidad**

- El laboratorio debe contar con un sistema de calidad correctamente implantado, apropiado a sus actividades.
- Debe contar con política, procedimientos, programas e instrucciones documentadas para garantizar el adecuado cumplimiento de los requisitos de calidad.
- Debe existir un manual de calidad.
- Deben establecerse objetivos de calidad.
- Implicación de todo el personal con el sistema de gestión implantado.

## REQUISITOS TÉCNICOS

Los requisitos técnicos se dirigen a aquellos factores, que en el caso de un laboratorio, contribuyen a la exactitud, fiabilidad y validez de los ensayos (prueba) y calibraciones que realiza.

### **Personal**

- Se deben plantear objetivos en educación y programarse la formación en función de las necesidades detectadas.
- Plantear los diferentes puestos de trabajo, las funciones y responsabilidades para cada uno de ellos.

### **Locales y condiciones ambientales**

- Las instalaciones donde se realicen los ensayos, pruebas y/o calibraciones, incluidas las condiciones ambientales, luz y fuentes de energía, deben permitir realizarlos de un modo adecuado.
- Se deben adoptar medidas de mantenimiento y conservación del laboratorio y en caso necesario se elaborarán manuales de procedimiento para tal efecto.

### **Métodos para pruebas y validación de los métodos**

- En caso de emplear, como suele ser habitual, equipos informáticos o automatizados para la obtención y procesamiento de datos en las prácticas, han de asegurarse que:
  - El software empleado esté documentado y validado para su uso.

- Debe asegurarse la protección de datos.
- Mantenimiento de las computadoras y equipos automatizados.

## **Equipos**

- El laboratorio debe contar con todos los equipos y medios necesarios para la adecuada realización de las prácticas.

Estos aspectos anteriormente mencionados son muy importantes para contar con un laboratorio acreditado con alto nivel de competencia técnica y administrativa, para ello el personal encargado de la administración del laboratorio y de la parte técnica debe llevar los procedimientos necesarios para lograr dicha acreditación.

Es necesario implementar un reglamento para el laboratorio de Instrumentación Biomédica, a fin de lograr el adecuado y máximo aprovechamiento de equipos, manuales, herramientas, componentes e instalaciones con que cuenta el laboratorio, buscando obtener los mejores resultados individuales y de conjunto en el aspecto educativo.

## **REGLAMENTO DE USO Y SERVICIO DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA**

1. En el laboratorio debe tener un encargado, quien es responsable del funcionamiento del laboratorio.
2. El encargado del laboratorio será responsable del control de los equipos, así como de su mantenimiento preventivo y correctivo.



3. Las sesiones de práctica deberán ser coordinadas, supervisadas y realizadas, por el profesor de la materia.
4. Se debe indicar los horarios de servicio del laboratorio.
5. Para el uso de instalaciones del laboratorio, fuera de los días y horarios de servicio, es necesario realizar una solicitud al encargado del laboratorio, en la que se especifique el periodo que trabajará, así como los equipos que utilizará durante ese mismo periodo.
6. Queda estrictamente prohibida la entrada a los laboratorios de personas que no sean alumnos, profesores o que no cuenten con la autorización correspondiente del encargado del laboratorio.
7. El usuario se hace responsable del buen y correcto uso de los equipos que utilice, solicitando de ser necesario los manuales e instructivos correspondientes.
8. Es responsabilidad del usuario reportar cualquier desperfecto o malfuncionamiento de los equipos al encargado del laboratorio.
9. En caso de que el equipo presentara alguna descompostura durante la realización de la práctica y ésta sea por alguna causa ajena al alumno, como deterioro de los componentes, picos de voltaje en la línea, etc., el usuario deberá reportar el problema y pedir un reemplazo de equipo. En cuyo caso no se hará cargo alguno al estudiante.
10. Desde el momento en que es entregado el equipo y hasta que éste sea devuelto, queda bajo la responsabilidad del usuario.
11. En caso de que el equipo sufra de algún desperfecto por causas directamente imputables al usuario, éste será responsable de liquidar el monto de su reparación e incluso la reposición total del equipo si no tuviera reparación.

12. Queda estrictamente prohibido abrir los equipos e instrumentos propiedad de los laboratorios.
13. Las computadoras del laboratorio no pueden ser usadas para juegos, ni oír música, se usaran estrictamente para la realización de las practicas del laboratorio.
14. El usuario no debe dejar abandonados los accesorios de los equipos, como puntas de osciloscopios, multímetros, cables de alimentación, etc., así como los equipos de dimensiones pequeñas.
15. Al terminar la sesión de prácticas, se devolverán los equipos de prueba y medición según sea el caso, las herramientas y los manuales que se hayan solicitado, además dejar limpia el área de trabajo.
16. El usuario que incurra en una falta a los puntos del presente reglamento será acreedor a una sanción que se estipula en el reglamento de la Escuela Politécnica del Ejército.

## **REGLAMENTO DE HIGIENE Y SEGURIDAD DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA**

1. El laboratorio debe estar equipado con botiquín de primeros auxilios y extinguidores colocados en lugares accesibles.
2. Toda persona que se introduzca a las áreas de trabajo, deberá abstenerse de ingerir alimentos, bebidas y fumar durante su permanencia en éstas.
3. Se abstendrán de arrojar papeles, colocar material o equipo en el piso del laboratorio que pueda obstaculizar la libre circulación o ser causa de accidente.

4. Todos los objetos de desperdicio, deberán depositarse en los recipientes destinados para tal fin.
5. El encargado del laboratorio dará instrucciones precisas para el manejo, cuidado y transporte de los equipos.
6. Mantener el área de trabajo limpia y ordenada.
7. Todos los equipos deberán ser instalados en lugares apropiados, con buena iluminación, ventilación y los sistemas de seguridad correspondientes.
8. No dejar cerca de los equipos eléctricos o electrónicos ningún tipo de sustancias líquidas, tales como agua, refresco, alcohol, gaseosas, etc.
9. Asegurarse que la terminal de tierra de un equipo esté conectada y que la tensión de alimentación de tal equipo corresponda a lo especificado en su entrada de energía de corriente alterna (C.A.).
10. No utilizar un equipo o aparato sin estar familiarizado con su uso, funcionamiento y normas de seguridad. Cuando se tengan dudas sobre las precauciones de manipulación de algún equipo electrónico debe consultarse al profesor antes de proceder a su uso o solicitar los manuales de usuario.

### **NORMAS PARA INGRESAR AL LABORATORIO Y PARA EL DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS**

1. Llegar puntual a la sesión de laboratorio. Es sumamente importante aprovechar el tiempo disponible para el trabajo en el laboratorio.
2. Realizar el preparatorio, permitirá a los estudiantes tener un conocimiento más profundo de lo que se realizará en el laboratorio. El cual es un documento indispensable para el ingreso al laboratorio.

3. Antes de realizar una práctica, debe leerse la guía de práctica detenidamente para adquirir una idea clara de su objetivo, fundamento y técnica.
4. Los resultados deben ser siempre anotados cuidadosamente apenas se conozcan.
5. El orden y la limpieza deben presidir todas las experiencias de laboratorio. En consecuencia, al terminar cada práctica se procederá a limpiar el puesto de trabajo y guardar los instrumentos que se han utilizado.
6. Cada grupo de prácticas es responsable de su área de trabajo y de los equipos.

### **3.2. DISEÑO DE LA DISPOSICIÓN FÍSICA DE LAS MESAS DE TRABAJO EN EL LABORATORIO**

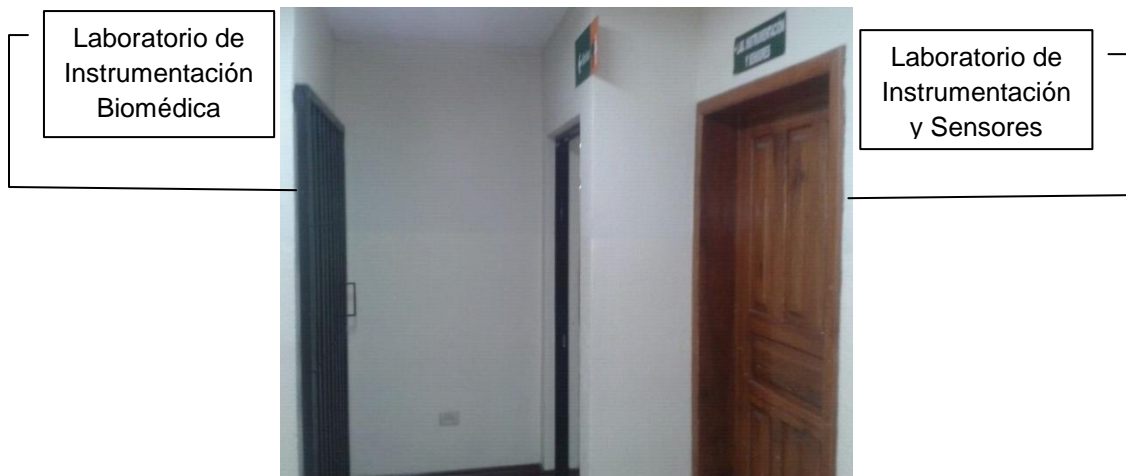
El laboratorio de Instrumentación Biomédica, se encuentra ubicado en los laboratorios del Departamento de Eléctrica y Electrónica en la parte baja diagonal al laboratorio de Instrumentación y Sensores como se muestra en la figura 3.1., 3.2., 3.3. y 3.4.



**Figura. 3.1. Laboratorios de Electrónica**



**Figura. 3.2. Laboratorios de Electrónica**



**Figura. 3.3. Ubicación del laboratorio de Instrumentación Biomédica**



**Figura. 3.4. Entrada principal**

La materia de Instrumentación Biomédica la toman un promedio de cuarenta y ocho alumnos de las tres carreras del Departamento de Eléctrica y Electrónica como materia optativa. Esta asignatura es de cuatro créditos, conformada por dos sesiones de dos horas diarias cada una, una sesión para la parte teórica y la otra para la parte práctica.

La sesión para la parte práctica se realizará en grupos de doce alumnos, de esta forma el aprendizaje será mejor ya que en cada mesa de trabajo se ubicarán tan solo dos alumnos. Es por este motivo, que se requiere colocar seis mesas de trabajo en el laboratorio de Instrumentación Biomédica.

Asimismo, se debe contar con un tendido eléctrico, que permita que cada mesa de trabajo disponga de un tomacorriente. Por esta razón, en el laboratorio se colocara siete tomacorrientes dobles.

Al requerir de conectividad entre las computadoras, es necesario disponer del cableado estructurado para cada mesa.

De acuerdo a estas consideraciones y tomando en cuenta que el espacio físico es de  $20\text{m}^2$ , como se muestra en la figura 3.5. y 3.6. se procede a realizar el diseño de la parte mobiliaria tomando en cuenta que lo que se requiere para el laboratorio es lo siguiente:

- Mesas de trabajos para los estudiantes
- Sillas
- Escritorio
- Sillón de oficina
- Armario
- Pizarra



Figura. 3.5. Espacio físico

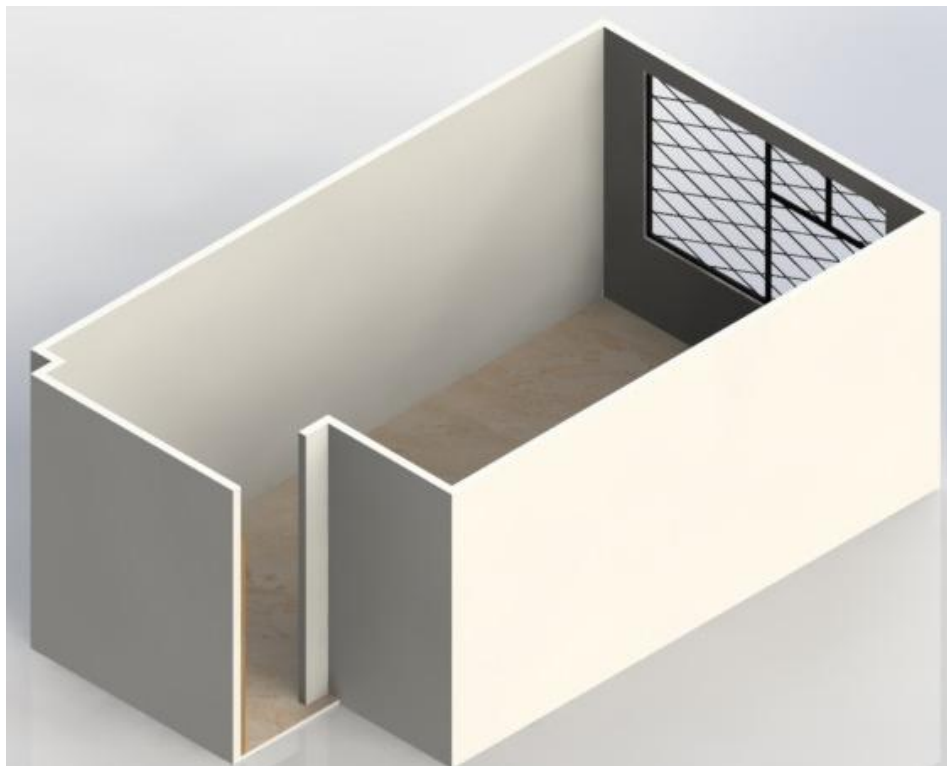


Figura. 3.6. Espacio físico

Una vez que se conoce las medidas del laboratorio, se procede a realizar los diseños de la parte mobiliaria de acuerdo a las necesidades.

Con respecto a las mesas de trabajo para los estudiantes, se realizó un diseño de acuerdo al espacio físico del laboratorio y a la funcionalidad.

Para optimizar el espacio establecido para el laboratorio, en el diseño de las mesas de trabajo se colocó en la parte superior sobre la mesa una estantería con divisiones en donde se ubicarán los equipos (generador de señal, osciloscopio, fuente de alimentación), dejando la parte inferior libre para la realización de las prácticas, de esta manera se brinda a los estudiantes mayor espacio y comodidad al momento de efectuar la práctica, como se observa en la figura 3.7.

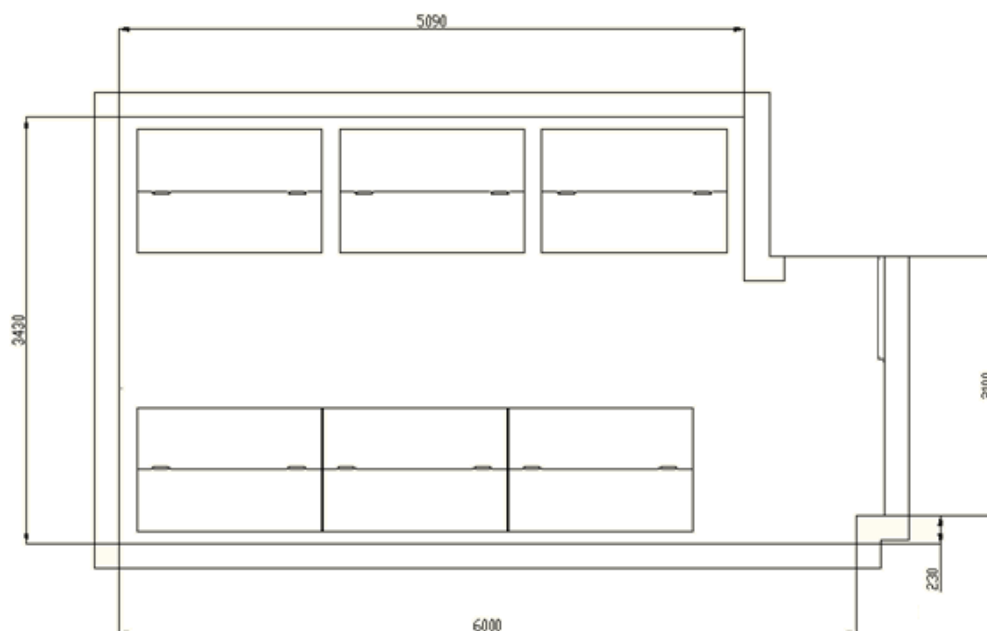


**Figura. 3.7. Mesas de trabajo**

Para establecer las medidas que se requieren para las mesas de trabajo, se debe tomar en cuenta el espacio disponible en el laboratorio y la cantidad de



mesas que se desean colocar, en este caso seis mesas, por lo que la opción más viable se muestra en la figura 3.8.



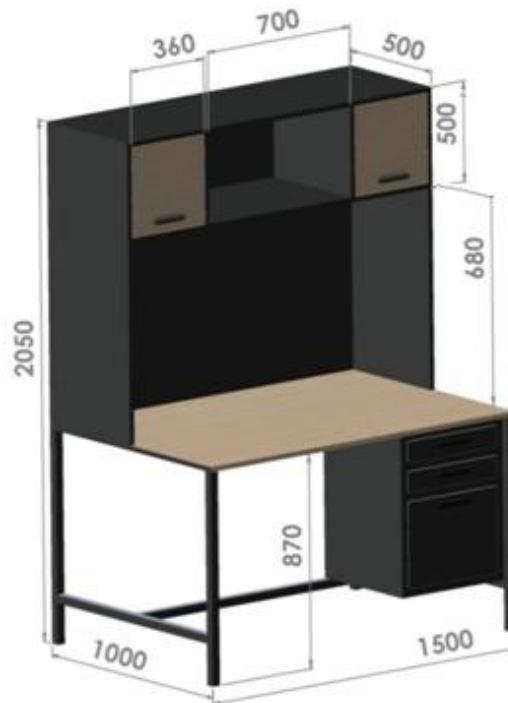
**Figura. 3.8. Medidas del laboratorio**

Al requerir seis mesas de trabajo, se colocarán tres mesas en el lado lateral izquierdo y tres en el lado lateral derecho. El lado más corto es el izquierdo que mide 5.09 metros, con respecto a este lado se dimensionará el tamaño de las mesas de trabajo.

Ya que se requieren colocar tres mesas, se determina que el ancho de las mesas de trabajo será de 1.50 metros, dejando un espacio libre por mesa de 15 centímetros aproximadamente para el lado lateral izquierdo del espacio físico del laboratorio, y para el lado lateral derecho la separación será de 10 centímetros aproximadamente, porque aquí se ubicará el escritorio y el sillón del profesor.

La altura desde la mesa hacia el estante es de 68 centímetros permitiendo a los estudiantes manipular fácilmente los equipos que se encuentran en la parte superior, el ancho de la repisa es de 50 centímetros espacio adecuado para

colocar los equipos. Las medidas de la mesa de trabajo se visualizan en la figura 3.9.



**Figura. 3.9. Mesas de trabajo – Medidas**

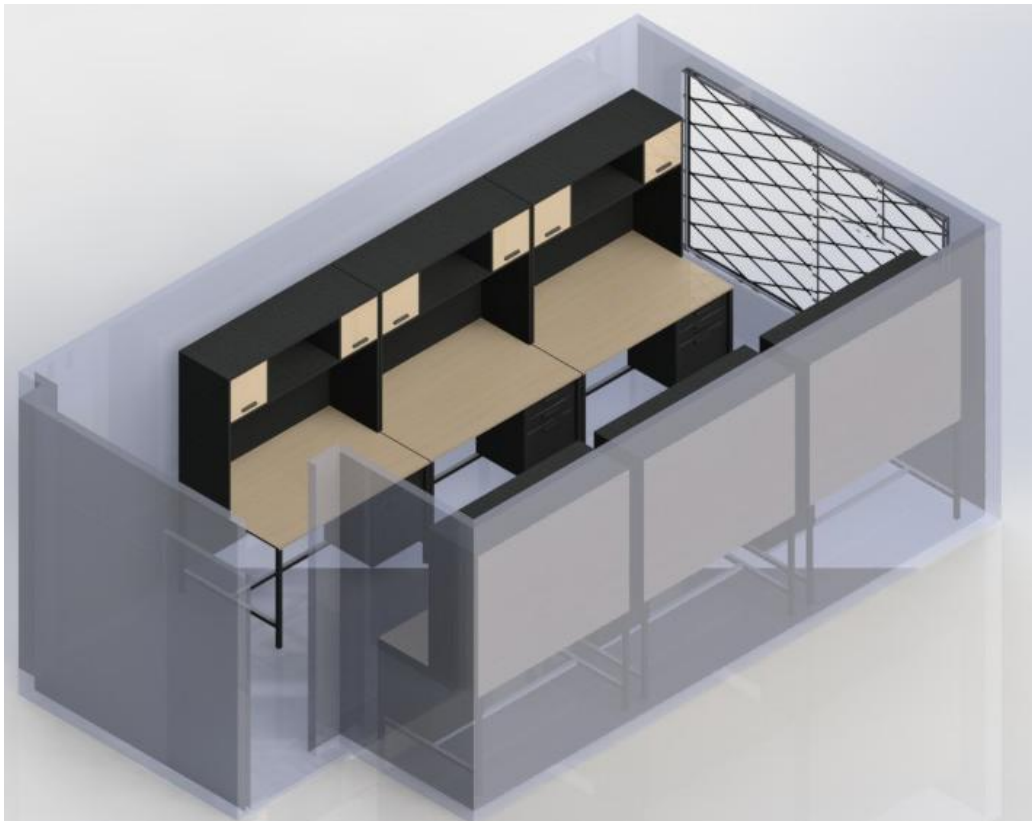
En la división superior central de la estantería queda un espacio de 70 centímetros de ancho con una profundidad de 50 centímetros y alto de 50 centímetros, espacio apropiado para colocar el osciloscopio y el generador de señal como se muestra en la figura 3.10., cuyas medidas promedio son:

- Osciloscopio: 30 centímetros de ancho x 15 centímetros de alto
- Generador de señal: 23 centímetros de ancho x 10 centímetros de alto

Se logro cumplir con los requerimientos antes mencionados, ya que se coloco las seis mesas de trabajo en el laboratorio de Instrumentación Biomédica, la distribución se observa en la figura 3.11.



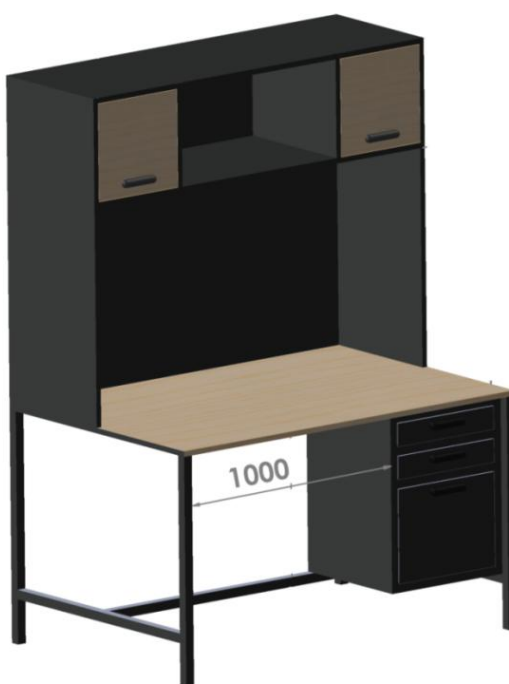
**Figura. 3.10. Mesas de trabajo con equipos**



**Figura. 3.11. Distribución mesas de trabajo**

Acorde a la mesa de trabajo, se eligió el modelo de las sillas, la cual permite comodidad a los estudiantes al momento de realizar las prácticas.

El espacio disponible para la ubicación de las sillas es de un metro entre los cajones de la mesa y el soporte de la misma como se muestra en la figura 3.12.



**Figura. 3.12. Espacio disponible sillas**

Debido a que el ancho de la silla común es de 43 centímetros y la profundidad es de 40 centímetros como se observa en la figura 3.14. se tiene un área para sentarse de  $17.2 \text{ centímetros}^2$ , brindando al alumno suficiente comodidad para realizar las practicas.

De acuerdo al espacio disponible que es de un metro se puede colocar dos sillas como se tiene planificado, para que las prácticas las realicen dos alumnos por mesa. La ubicación de las sillas en el laboratorio para los estudiantes, se observa en la figura 3.15.



Figura. 3.13. Silla

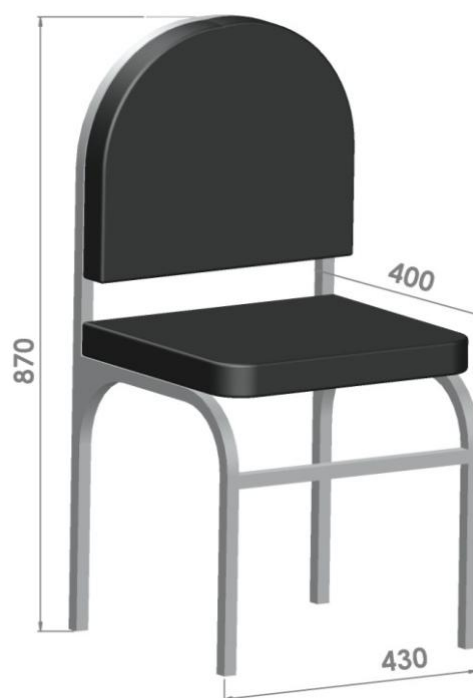


Figura. 3.14. Silla – Medida

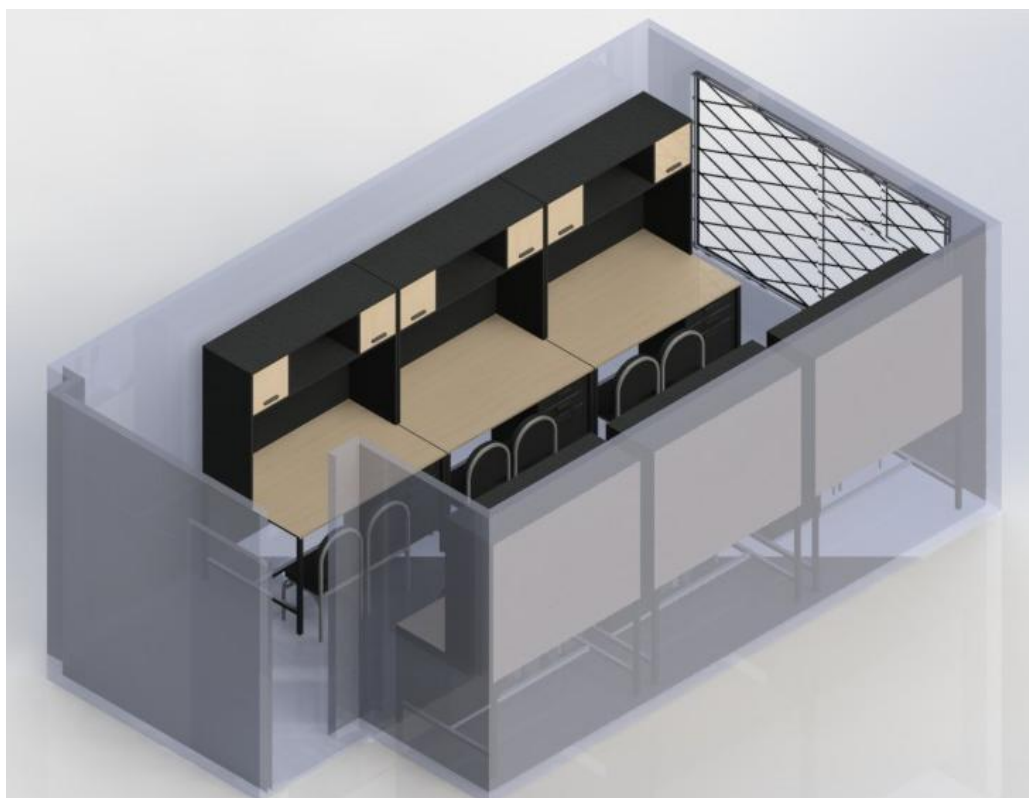
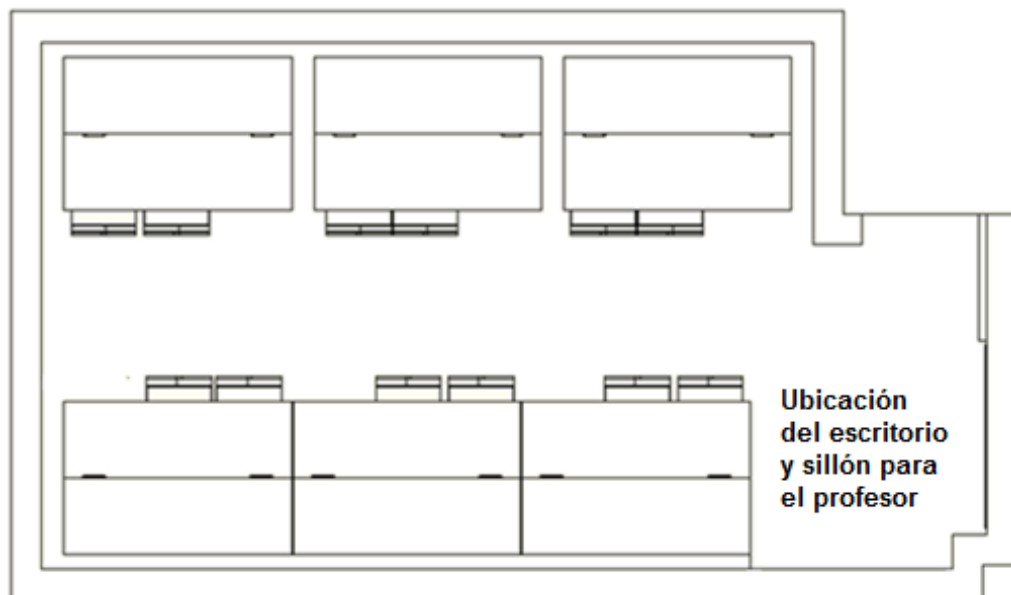


Figura. 3.15. Distribución de mesas y sillas en el laboratorio

Una vez determinada las dimensiones y la ubicación de las mesas de trabajo y las sillas, se debe determinar el tamaño del escritorio y el sillón para el profesor.

El escritorio y sillón del profesor se ubicarán en el lado lateral derecho en la parte frontal como se visualiza en la figura 3.16., permitiendo que desde ahí el profesor pueda observar a todos los estudiantes mientras realizan las prácticas de laboratorio.



**Figura. 3.16. Ubicación para escritorio y sillón para el profesor**

Puesto que las mesas de trabajo poseen un ancho de 1.50 metros y una separación de 10 centímetros por mesa el espacio que se tiene para el escritorio y el sillón es de 1.30 metros como se señala en la figura 3.17.

Se debe seleccionar el escritorio y sillón del profesor. Lo primero que se elegirá es el sillón ya que tiene medidas estándar, el modelo elegido se puede visualizar en la figura 3.18., el cual es neumático permitiendo adaptarse a la altura de la persona que use y las medidas se muestran en la figura 3.19.

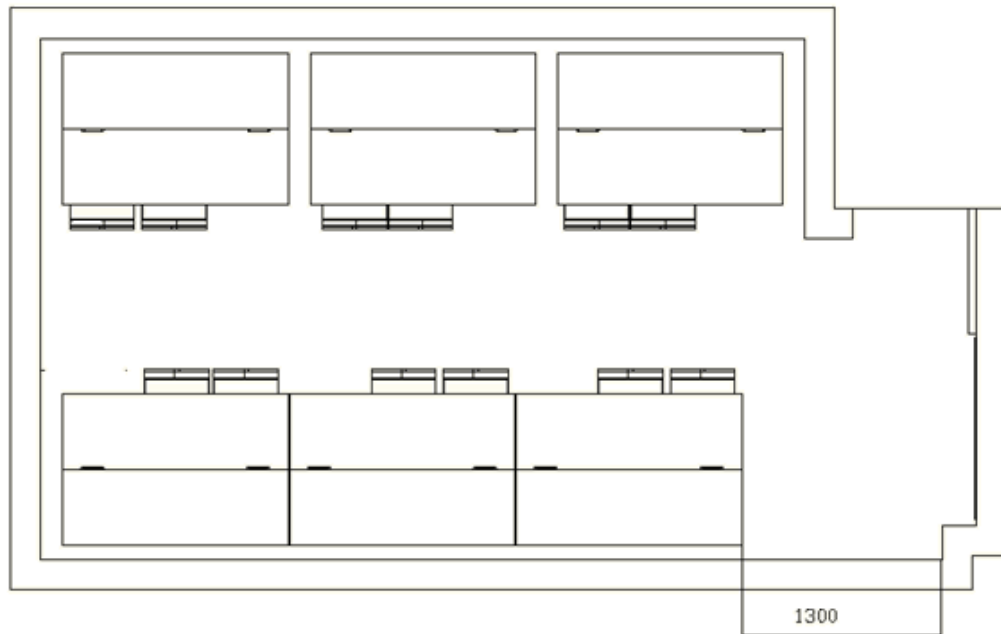


Figura. 3.17. Medida disponible para el escritorio y sillón del profesor



Figura. 3.18. Sillón de oficina



Figura. 3.19. Sillón de oficina – Medidas

Una vez determinado el sillón, se seleccionará el escritorio tomando en cuenta el ancho del sillón, el espacio restante es de 77 centímetros como se señala en la figura 3.20.

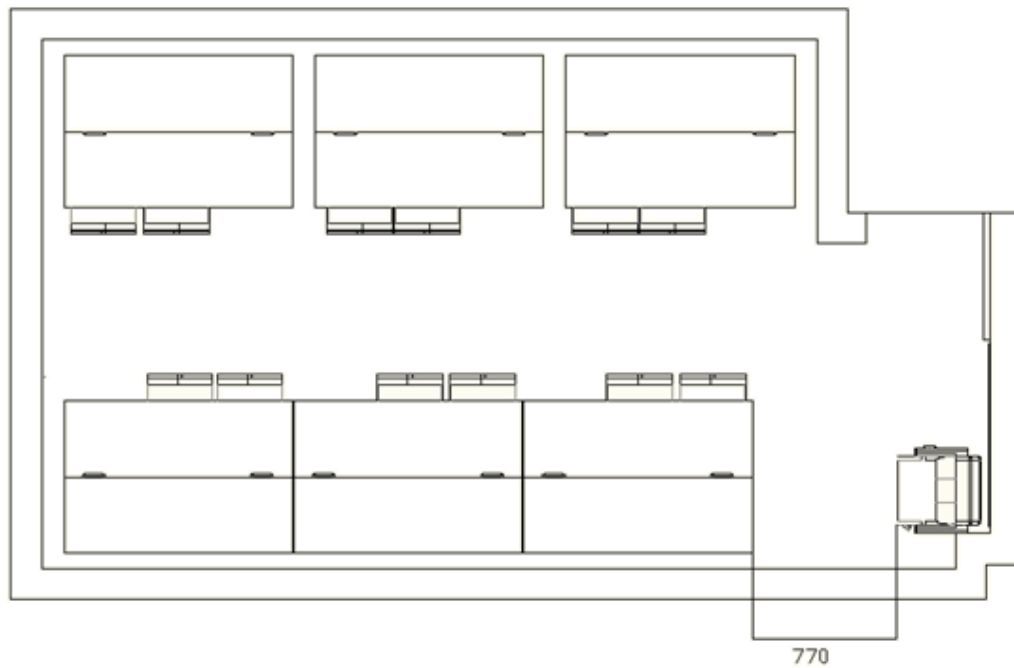


Figura. 3.20. Medida disponible para el escritorio del profesor

El modelo de escritorio elegido, brinda comodidad al profesor durante las horas de clases y espacio para guardar sus pertenencias ya que dispone de tres cajones como se muestra en la figura 3.21.



Figura. 3.21. Escritorio



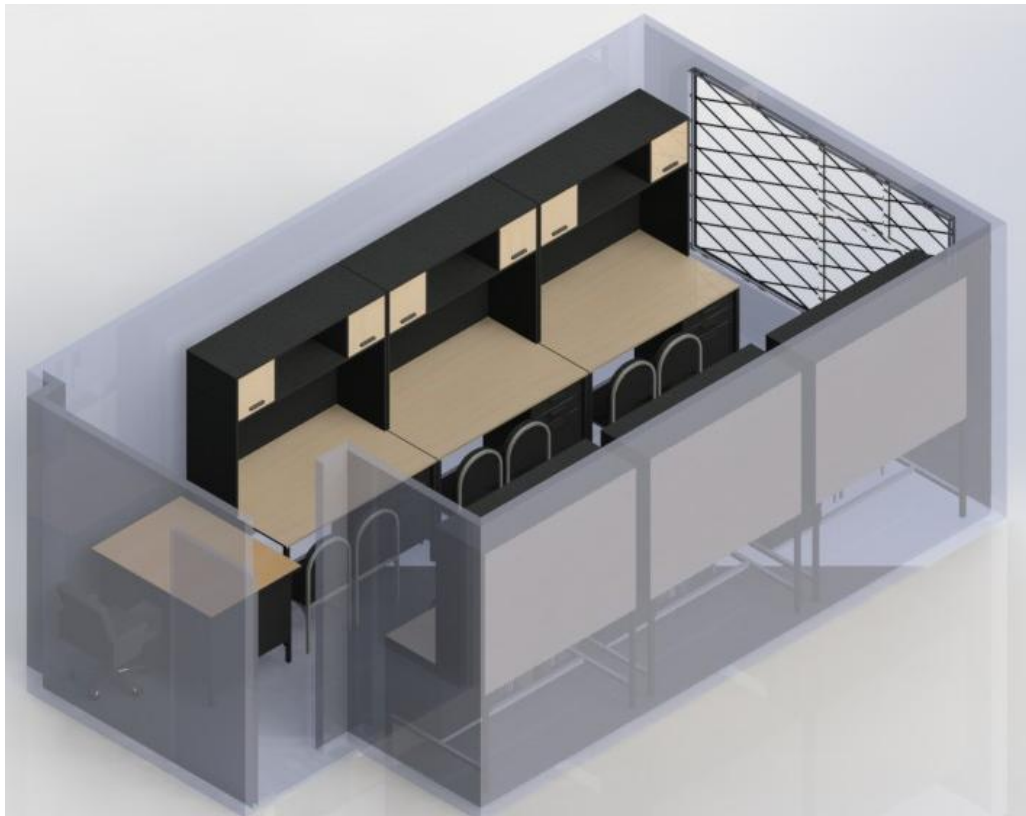
Figura. 3.22. Escritorio - Medidas

De acuerdo al espacio establecido, se determina que el escritorio del profesor no será muy grande por lo que se fijó las medidas de 65 centímetros de ancho x 110 centímetros de largo proporcionando un área de  $71.5 \text{ cm}^2$  adecuado para las necesidades, permitiéndole movilidad ya que existirá un



espacio de 12 centímetros entre el escritorio y sillón, como se mira en la figura 3.22.

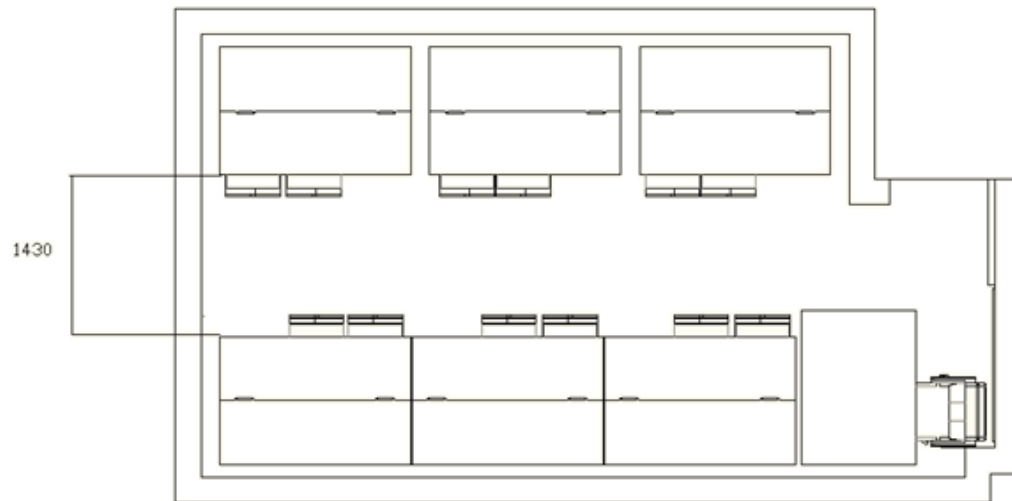
En la imagen 3.23. se visualiza la ubicación del escritorio y sillón del profesor en el laboratorio.



**Figura. 3.23. Distribución de mesas, sillas, escritorio y sillón en el laboratorio**

Es importante ubicar un armario en el laboratorio, ya que aquí se colocarán algunos equipos como tarjetas de adquisición, tarjetas DSPIC, multímetros, etc. como se muestra en la figura 3.27.

Se colocara el armario es en la parte posterior del laboratorio entre las dos mesas en donde se tiene una distancia de 1.43 metros como se indica en la figura 3.24.



**Figura. 3.24. Medida disponible para el armario**

De acuerdo a esta distancia se determino el modelo del armario debe tener una altura suficiente para aprovechar el espacio como se observa en la figura 3.25.



**Figura. 3.25. Armario**

Las medidas del armario, se indican en la figura 3.26. para las cuales se tomo en cuenta las siguientes consideraciones, ya que se requiere colocar los equipos del laboratorio la profundidad será de 57 centímetros, medida apropiado para colocar los mismo; el ancho del armario será de 84 centímetros dejando un espacio entre las mesas aproximadamente de 30 centímetros.



**Figura. 3.26. Armario – Medidas**



**Figura. 3.27. Armario con equipos**

Como se visualiza en la figura 3.28., el armario está ubicado en la parte posterior, para que así el profesor tenga una visión más clara de los equipos que tomen los estudiantes.



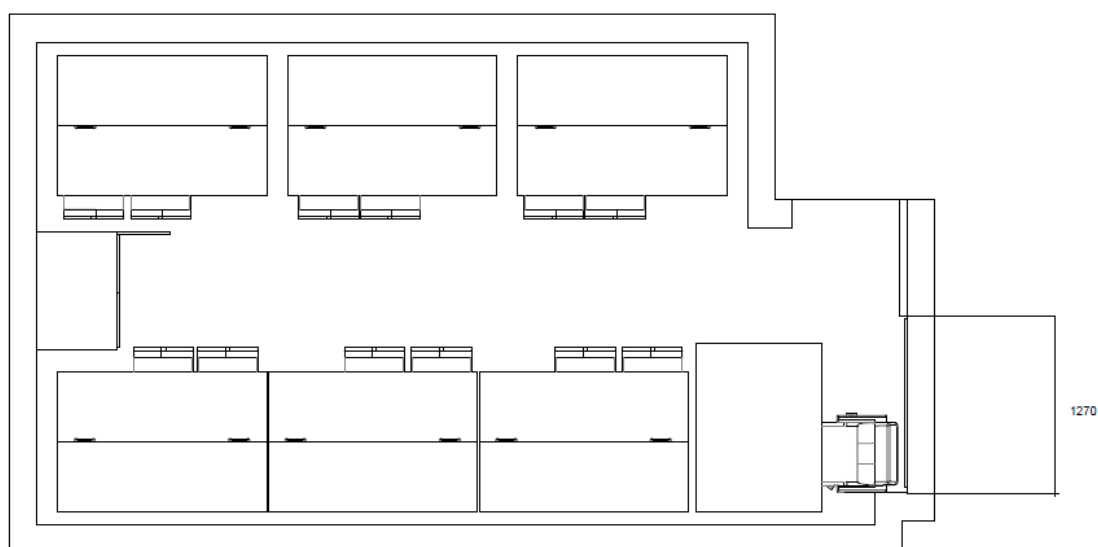
**Figura. 3.28. Distribución de mesas, sillas, escritorio, sillón y armario en el laboratorio**

Es indispensable tener un pizarrón en el laboratorio de Instrumentación Biomédica, el modelo que se determino es de tiza líquida y sirve para proyectar como se muestra en la figura 3.29.

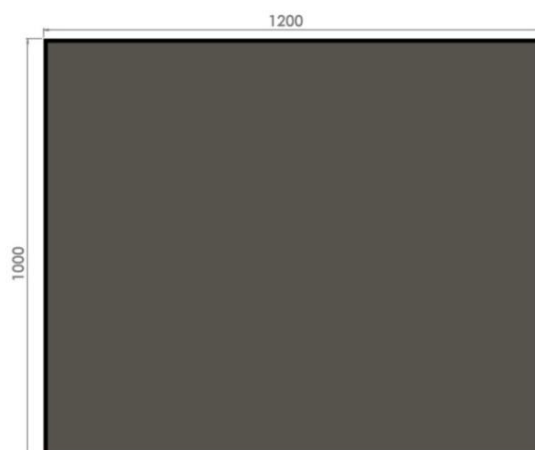


**Figura. 3.29. Pizarrón**

El pizarrón se colocará en la parte frontal del laboratorio, en la pared cuya distancia es de 2.10 metros. Debido a que el ancho de la puerta es de 83 centímetros se dispone de un espacio para el pizarrón de 1.27 metros como se indica en la figura 3.30., de esta manera sin importar si la puerta está abierta o cerrada, los alumnos podrán observar todo el pizarrón, por lo cual se determino que las medidas del pizarrón sean de 1.20 metros x 1 metro como se señala en la figura 3.31.

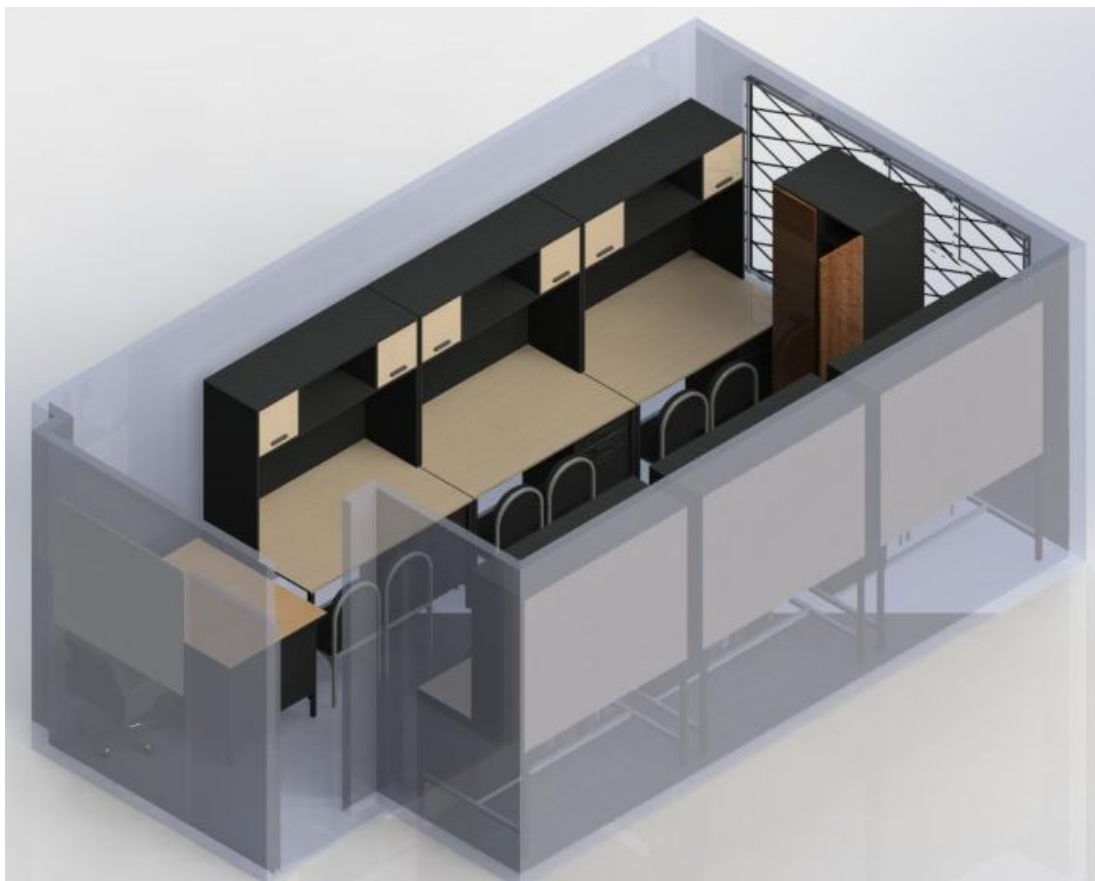


**Figura. 3.30. Medida disponible para el pizarrón**



**Figura. 3.31. Pizarrón – Medidas**

Se ubico el pizarrón en un lugar donde es posible la visualización para todos los alumnos como se observa en la figura 3.32.



**Figura. 3.32. Distribución de mesas, sillas, escritorio, sillón, armario y pizarrón en el laboratorio**

De esta forma se ha realizado el diseño de la parte mobiliaria de la manera más funcional posible en laboratorio, para que los estudiantes tengan toda la facilidad de realizar las prácticas sin ningún inconveniente.

El diseño se muestra a continuación en 3D con varias vistas, mediante el cual se tendrá una visión más clara de cómo se verá el laboratorio luego de ser implementado desde la figura 3.33 hasta la figura 3.45.



Figura. 3.33. Isometría vista superior renderizada

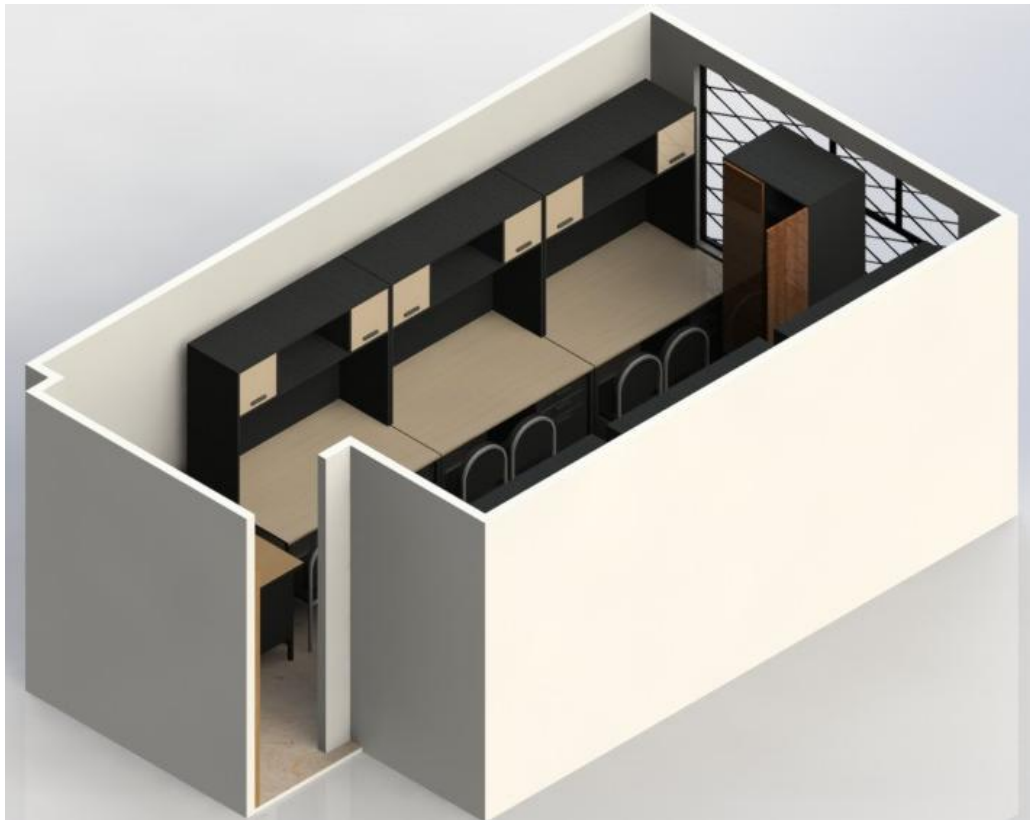


Figura. 3.34. Isometría vista superior renderizada





Figura. 3.35. Vista superior renderizada



**Figura. 3.36. Isometría vista superior renderizada**



**Figura. 3.37. Isometría vista superior renderizada**



Figura. 3.38. Vista posterior renderizada

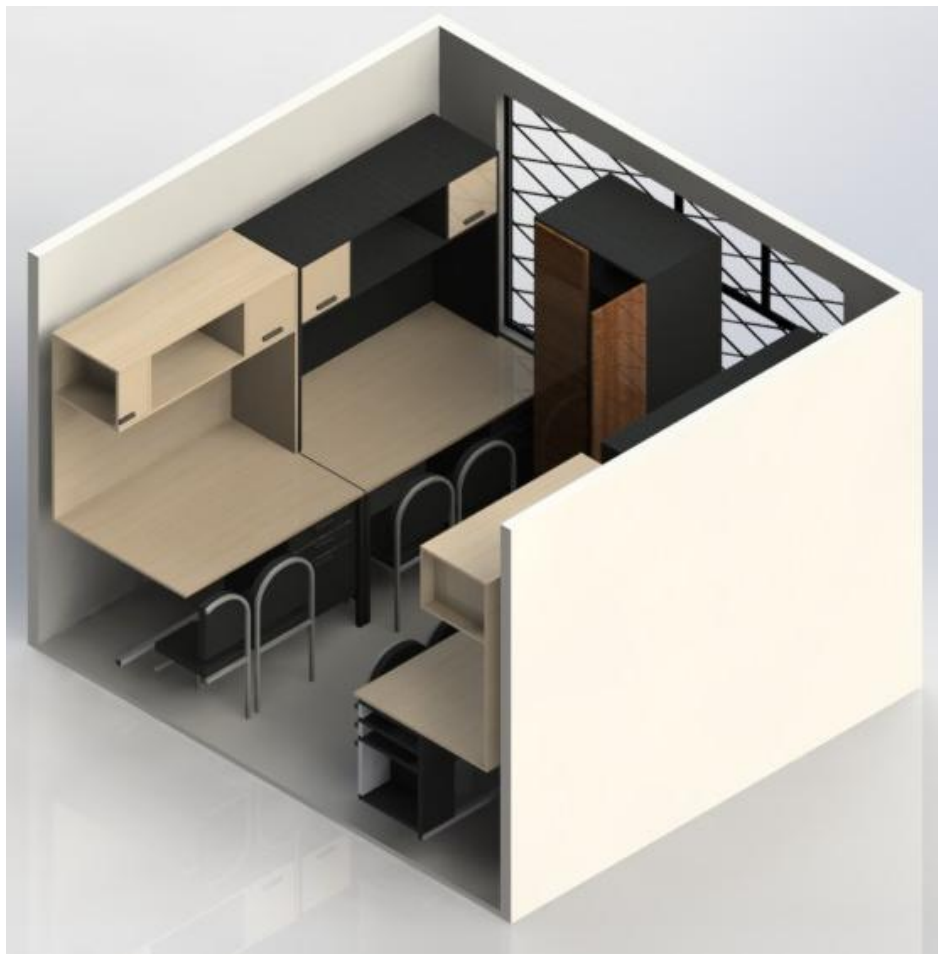


Figura. 3.39. Isometría vista posterior renderizada



Figura. 3.40. Vista frontal renderizada

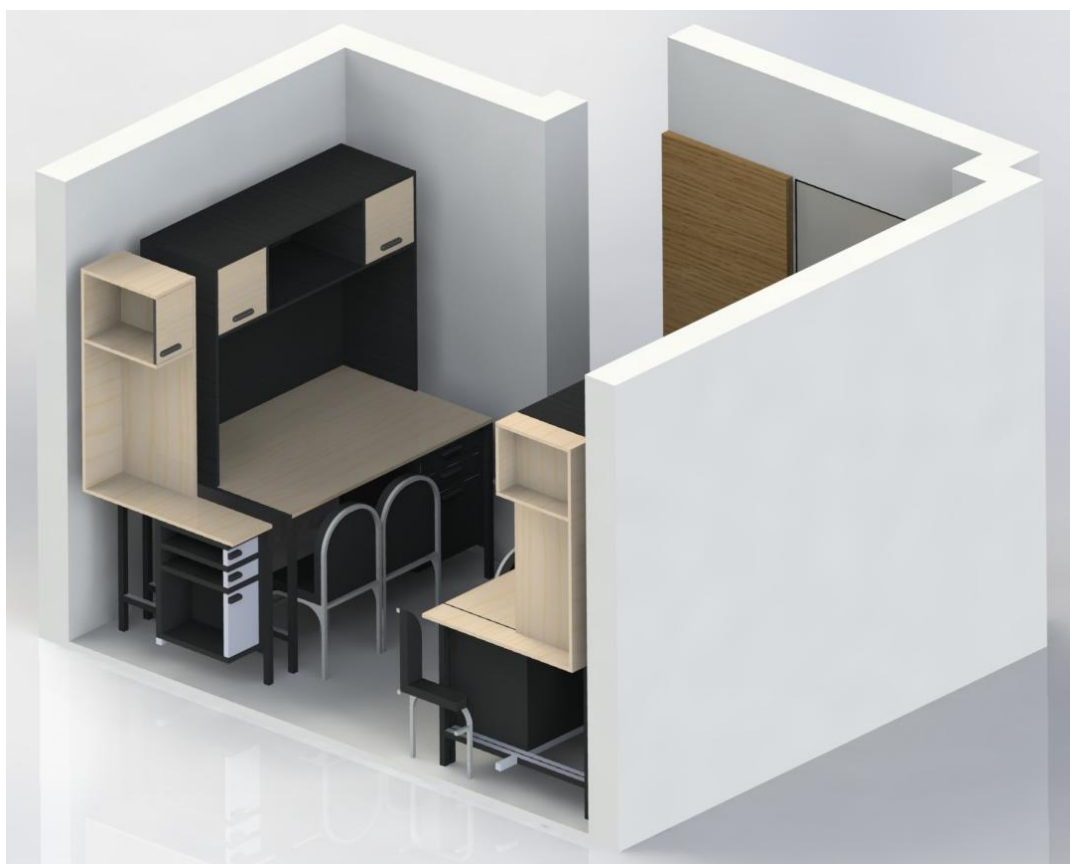


Figura. 3.41. Isometría vista frontal renderizada



Figura. 3.42. Vista lateral izquierda renderizada



Figura. 3.43. Isometría vista lateral izquierda renderizada



**Figura. 3.44. Vista lateral derecha renderizada**



**Figura. 3.45 Isometría vista lateral derecha renderizada**

Una vez finalizado el diseño del laboratorio, se determina los requerimientos para solicitar la proforma a los proveedores.

De acuerdo al diseño realizado, los requerimientos básicos de la parte mobiliaria solicitados se muestran desde la tabla 3.1 hasta la tabla 3.6, en donde se indica las características de cada uno.

**Tabla. 3.1. Requerimiento mesa de trabajo**

<b>6 MESAS DE TRABAJO</b>
Alto total: 2.05 metros
Ancho: 1.5 metros
Profundidad: 1 metro
Alto de la mesa: 0.87 metros
Ancho de la repisa: 0.50 metros
Alto de la repisa: 0.50 metros
Alto de la repisa desde el tablero de la mesa: 1.18 metros
Divisiones en la repisa: las laterales de 0.36 metros y la del medio de 0.70 metros
Tablero de madera
Base metálica



**Figura.3.46. Mesa de trabajo**

**Tabla. 3.2. Requerimiento sillas**

<b>12 SILLAS</b>
Alto: 0.87 metros
Ancho: 0.43 metros
Profundidad: 0.40 metros
Tubo cuadrado
Espaldar de trípex, formado con esponjas y corosil



**Figura. 3.47. Silla**

**Tabla. 3.3. Requerimiento escritorio**

<b>1 ESCRITORIO</b>
Alto: 0.75 metros
Ancho: 1.1 metros
Profundidad: 0.65 metros
Tablero de madera
Base metálica



**Figura. 3.48. Escritorio**

Tabla. 3.4. Requerimiento sillón de oficina

<b>1 SILLON DE OFICINA</b>
Alto: 0.94 metros
Ancho: 0.68 metros
Profundidad: 0.53 metros
Neumatico
Tapiceria de cuerina



Figura. 3.49. Sillón de oficina

Tabla. 3.5. Requerimiento armario

<b>1 ARMARIO</b>
Alto: 2.2 metros
Ancho: 0.84 metros
Profundidad: 0.57 metros
Metálico
Puertas de madera



Figura. 3.50. Armario

Tabla. 3.6. Requerimiento pizarrón

<b>1 PIZARRÓN</b>
Alto: 1 metro
Ancho: 1.2 metros
Tiza líquida
Marco de tol



Figura. 3.51. Pizarrón

De acuerdo a los requerimientos se solicitó una proforma a ESPE-Latacunga, la cual se muestra en la figura 3.52.

Conforme al presupuesto otorgado por la Escuela Politécnica del Ejército que consta en el PAC 2011 para la parte mobiliaria, el cual se indica detalladamente en la tabla 3.7, se realizó el análisis con respecto a la proforma enviada y se realizó los trámites para la compra.



PROFORMA C-0204 - A

RUC ESPE SEDE LATACUNGA: 0560011230001  
 CLIENTE: LABORATORIO BIOMEDICA

TELÉFONO O FAX :  
 FECHA : 13 DE SEPTIEMBRE DE 2011  
 PROFORMA VÁLIDA: 15 días laborables  
 FORMA DE PAGO: 50% DE CONTADO 50% CONTRAENTREGA  
 NO INCLUYE TRANSPORTE  
 GARANTÍA : 1 año contra defectos de fabricación.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO	TOTAL
<b>OPCION 2</b>			
6	MESAS DE TRABAJO MIXTAS S/DISEÑO	200,00	1200,00
1	ESCRITORIO MIXTO ESTUDIANTE	150,00	150,00
12	SILLA TUBO CUADRADO TAPIZADA	33,15	397,80
1	ARMARIO MIXTO TIPO CLOSET	236,09	236,09
1	SILLONES GERENTE 8012 BRAZOS CROMADO, CUERIN NEGRO	149,09	149,09
1	PIZARRON TIZA LIQUIDA FIJO	78,47	78,47
<b>TOTAL</b>			<b>2211,45</b>
<b>I.V.A 12%</b>			<b>265,37</b>
<b>TOTAL</b>			<b>2476,82</b>

Figura. 3.52. Proforma parte mobiliaria

Tabla. 3.7. Presupuesto parte mobiliaria

Cantidad	Nombre	Precio Unitario	Precio Total
6	Mesas	200,00	1.200,00
12	Sillas	50,00	600,00
1	Escritorio	150,00	150,00
1	Sillon de oficina	150,00	150,00
1	Armarios	250,00	250,00
1	Pizarra	200,00	200,00
		<b>TOTAL</b>	<b>2.550,00</b>

## **Color del techo, paredes, suelo y mobiliario**

Los aspectos más importantes que deben considerarse al elegir los colores para el laboratorio son las interferencias que pueden ejercer al efectuar comprobaciones del color de un determinado proceso, el factor de reflexión de la pintura elegida y la armonía entre los colores.

A modo de recomendación general, en un laboratorio se debe elegir el color blanco o crema para las paredes y mobiliario. La elección de tonos claros tiene el efecto beneficioso de aumentar la sensación de amplitud del espacio físico.

Para el laboratorio el color que se eligió el blanco hueso para las paredes, blanco para el techo y color café para los muebles.

## **Iluminación**

El nivel de iluminación del laboratorio debe adaptarse a las exigencias visuales de los trabajos que se realicen en él. Siempre que sea posible se recomienda disponer de iluminación natural complementada con iluminación artificial para garantizar las condiciones de visibilidad adecuadas durante la jornada laboral. En aquellas tareas en que se precisen niveles de iluminación específicos se colocarán puntos de iluminación localizada.

De acuerdo con el RD 486/1997 y normas UNE 72163:84y 72112:85, se considera que el nivel de iluminación general adecuado para el laboratorio es de 500 lux<sup>16</sup>. Cuando los niveles de exigencia visual de la tarea sean muy altos el nivel de iluminación mínimo es de 1000 lux.

---

<sup>16</sup> Lux: Ver glosario

Tabla. 3.8. Niveles de iluminación

R. D. 486/97		NORMAS UNE 72163:84 y 72112:85	
Exigencias de la tarea	Nivel mínimo requerido(Lux)	Categoría de la tarea	Nivel mínimo recomendado
Bajas	100	D (fácil)	200
Moderadas	200	E (normal)	500
Altas	500	F (difícil)	1000
Muy altas	1000	G (muy difícil) H (complicada)	2000 5000

En el laboratorio se han colocado tres lámparas con dos tubos fluorescentes cada una como se visualiza en la figura 3.53. Por esta razón, se tiene un nivel de iluminación de 516 lux, ya que cada tubo fluorescente emite 86 lux. De esta forma se determina el nivel de iluminación está de acuerdo a las normas mencionadas anteriormente.



Figura. 3.53. Iluminación del laboratorio

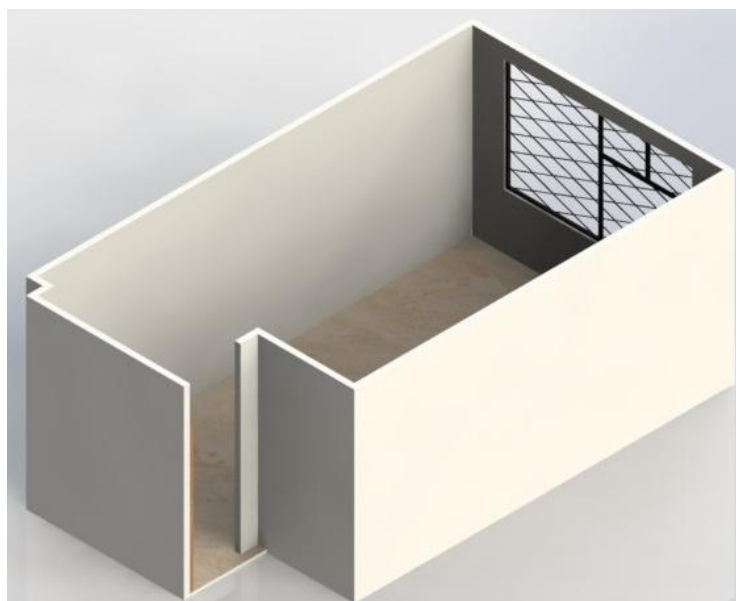
## Temperatura, humedad y ventilación

Un control adecuado de la temperatura, humedad y el polvo es importante para el bienestar de los estudiantes, el funcionamiento de los instrumentos y la seguridad en el laboratorio.

La exposición de los estudiantes a las condiciones ambientales del laboratorio no debe suponer un riesgo para su seguridad y salud, ni debe ser una fuente de incomodidad o molestia. Debe evitarse:

- Humedad y temperaturas extremas
- Cambios bruscos de temperatura
- Corrientes de aire molestosas
- Olores desagradables

Tomando en cuenta estas consideraciones, el laboratorio dispone de una ventolera de 40 centímetros de ancho x 50 centímetros de largo, permitiendo el ingreso del aire al laboratorio, como se muestra en la figura 3.54.



**Figura. 3.54. Ventana del laboratorio**

### 3.3. CABLEADO ESTRUCTURADO

Debido a que se necesita conectividad entre las computadoras que formaran parte del laboratorio de Instrumentación Biomédica, es necesario realizar el cableado estructurado.

El cableado estructurado es físicamente una red de cable única y completa, está formada por un sistema colectivo de cables, canalizaciones, conectores, etiquetas, espacios y demás dispositivos que deben ser instalados para establecer una infraestructura de telecomunicaciones en un edificio, oficina, hogar o campus.

Para garantizar la efectividad y eficiencia en el diseño de un cableado estructurado se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones.

- Buscar una solución completa de conectividad. Una solución óptima para lograr la conectividad de redes abarca todos los sistemas que han sido diseñados para conectar, tender, administrar e identificar los cables en los sistemas de cableado estructurado. La implementación basada en estándares está diseñada para admitir tecnologías actuales y futuras. La implementación basada en estándares está diseñada para admitir tecnologías presentes y futuras y garantiza el correcto funcionamiento.
- Garantizar un ancho de banda aceptable que permita a los estudiantes y profesor de la materia tener un ancho de banda adecuado para las aplicaciones que se utilice. En el laboratorio se dispone de un acceso desde el switch principal ubicado en el laboratorio de PLC, el cual suministra un ancho de banda de 4Mbps adecuado para el laboratorio, que se compartirá con las computadoras disponibles en el laboratorio.
- Conservar la libertad de elección de proveedores.

Organismos y normas que rigen el cableado estructurado:

- **TIA/EIA-568-A:** Este antiguo Estándar para Cableado de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales especificaba los requisitos mínimos de cableado para telecomunicaciones, la topología recomendada y los límites de distancia, las especificaciones sobre el rendimiento de los aparatos de conexión y medios, y los conectores y asignaciones de pin.
- **TIA/EIA-568-B:** El actual Estándar de Cableado especifica los requisitos sobre componentes y transmisión para los medios de telecomunicaciones. El estándar TIA/EIA-568-B se divide en tres secciones diferentes: 568-B.1, 568-B.2 y 568-B.3.
  - TIA/EIA-568-B.1: especifica un sistema genérico de cableado para telecomunicaciones para edificios comerciales que admite un entorno de múltiples proveedores y productos.
  - TIA/EIA-568-B.1.1: es una enmienda que se aplica al radio de curvatura del cable de conexión UTP de 4 pares y par trenzado apantallado de 4 pares.
  - TIA/EIA-568-B.2: especifica los componentes de cableado, transmisión, modelos de sistemas y los procedimientos de medición necesarios para la verificación del cableado de par trenzado.
  - TIA/EIA-568-B.2.1: es una enmienda que especifica los requisitos para el cableado de Categoría 6.
  - TIA/EIA-568-B.3: especifica los componentes y requisitos de transmisión para un sistema de cableado de fibra óptica.
- **TIA/EIA-569-A:** El Estándar para Recorridos y Espacios de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales especifica las prácticas de diseño y construcción dentro de los edificios y entre los mismos, que admiten equipos y medios de telecomunicaciones.
- **TIA/EIA-606-A:** El Estándar de Administración para la Infraestructura de Telecomunicaciones de Edificios Comerciales incluye estándares para la rotulación del cableado. Los estándares especifican que cada unidad de

terminación de hardware debe tener una identificación exclusiva. También describe los requisitos de registro y mantenimiento de la documentación para la administración de la red.

- **TIA/EIA-607-A:** Los estándares sobre Requisitos de Conexión a Tierra y Conexión de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales admiten un entorno de varios proveedores y productos diferentes, así como las prácticas de conexión a tierra para varios sistemas que pueden instalarse en las instalaciones del cliente. El estándar especifica los puntos exactos de interfaz entre los sistemas de conexión a tierra y la configuración de la conexión a tierra para los equipos de telecomunicaciones. El estándar también especifica las configuraciones de la conexión a tierra y de las conexiones necesarias para el funcionamiento de estos equipos.
- **ISO/IEC 11801:** Cableado de sistemas de TI para las instalaciones del cliente.
- **ISO/IEC 14763-1:** Administración, documentación y registros.
- **ISO/IEC 14763-2:** Prácticas de planeación y de instalación.
- **ISO/IEC 14763-3:** Pruebas de cables de fibra óptica.
- **IEC 61935-1:** Pruebas de cables de cobre.

Los dispositivos que se necesitan para realizar el cableado estructurado son los siguientes:

- **Rack:** es un gabinete necesario y recomendado para instalar el patch panel y los equipos activos proveedores de servicios. El objetivo principal de rack es brindar una plataforma para centralizar y organizar el cableado, los elementos activos de la red y sus interconexiones.



**Figura. 3.55. Rack**

- Patch panel: son estructuras metálicas con placas de circuitos que permiten interconexión entre equipos. La idea del patch panel es de estructurar o manejar los cables que interconectan equipos en una red, de mejor manera.



**Figura. 3.56. Patch panel**

- Switch: es un elemento activo de la red cuya función es regenerar la señal y permitir una red amplia, se le considera como el núcleo de la red.



**Figura. 3.57. Switch**



- Cajetín puntos de red



**Figura. 3.58. Cajetín**

- Jacks: son los conectores que se utilizan en la salida de telecomunicaciones, en el patch panel y los equipos activos. Es el conector hembra del sistema de cableado.



**Figura. 3.59. Jacks**

- Plug: es el conector macho del sistema de cableado estructurado. Su utilización está orientada principalmente hacia los patch cord.



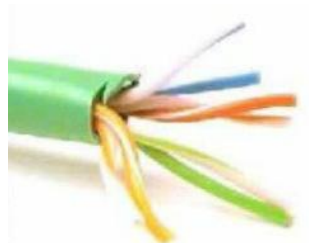
**Figura. 3.60. Plugs**

- Patch Cord: es el cable que une a la estación de trabajo o Workstation al punto de red y del switch al patch panel. No debe tener una distancia mayor a cinco metros.



**Figura. 3.61. Patch cord**

- Cables UTP: consiste en 4 pares torcidos y existen varias categorías siendo las tres más importante (5E y 6) utilizadas en transmisión de datos.



**Figura. 3.62. Cable UTP**

- Canaletas: es el medio por el cual los cables de red son llevados y protegidos, de acuerdo a su trayectoria.



**Figura. 3.63. Canaletas**

Las secciones de las canalizaciones horizontales dependen de la cantidad de cables que deben alojar y el diámetro de los mismos. En la tabla 3.9 se muestra las secciones de canalización necesaria en función de la cantidad de cables y el diámetro.

**Tabla. 3.9. Canalización**

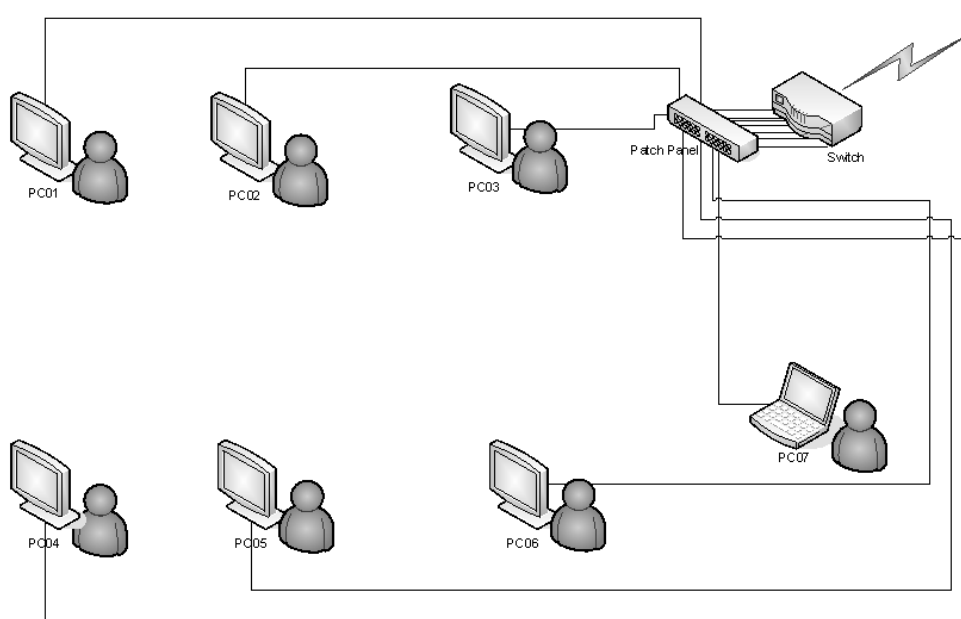
Diámetro interno de la canalización		Diámetro externo del cable (mm)				
(mm)	Denominación del ducto (pulgadas)	3,3	4,6	5,6	6,1	7,4
15,8	1/2	1	1	0	0	0
20,9	3/4	6	5	4	3	2
26,6	1	8	8	7	6	3
35,1	1 1/4	16	14	12	10	6
40,9	1 1/2	20	18	16	15	7
52,5	2	30	26	22	20	14
62,7	2 1/2	45	40	36	30	17
77,9	3	70	60	50	40	20

De acuerdo a los estándares anteriormente mencionados, el que se va a utilizar para realizar el cableado estructurado del laboratorio de Instrumentación Biomédica es el estándar TIA/EIA 568B, el cual tiene las siguientes características:

- La distancia horizontal máxima es de 90 metros independiente del cable utilizado, esta es la distancia desde el área de trabajo de telecomunicaciones hasta el cuarto de telecomunicaciones.
- El cable a utilizar es cable UTP de cuatro pares sólidos de 24 AWG con una cubierta termo plástica o de teflón donde los pares están trenzados sin blindaje, que cumpla con los requerimientos de transmisión y desempeño del canal de comunicaciones establecidas en los estándares TIA/EIA 568 B.2 para categoría 5E o TIA/EIA 568 B.2-1 para categoría 6, pero manteniendo en toda la instalación una homogeneidad en cuanto a la categoría de todos los elementos que integran el cableado estructurado.

- Las tomas de energía deberán estar lo más próximas al área de trabajo.
- La localización de todos los puntos de red serán acorde al mobiliario del área de trabajo.
- Las vías de acceso del cableado podrán ir por paredes, columnas, techos y pisos.
- Se utilizarán patchcords para conectar los equipos de telecomunicaciones al cableado horizontal. Estos patchcords deberán tener la misma categoría que el cable horizontal.
- Distancia mínima desde el piso a los puntos de red, 30cm.
- Las canales deben tener un espacio para prever futuras ampliaciones.

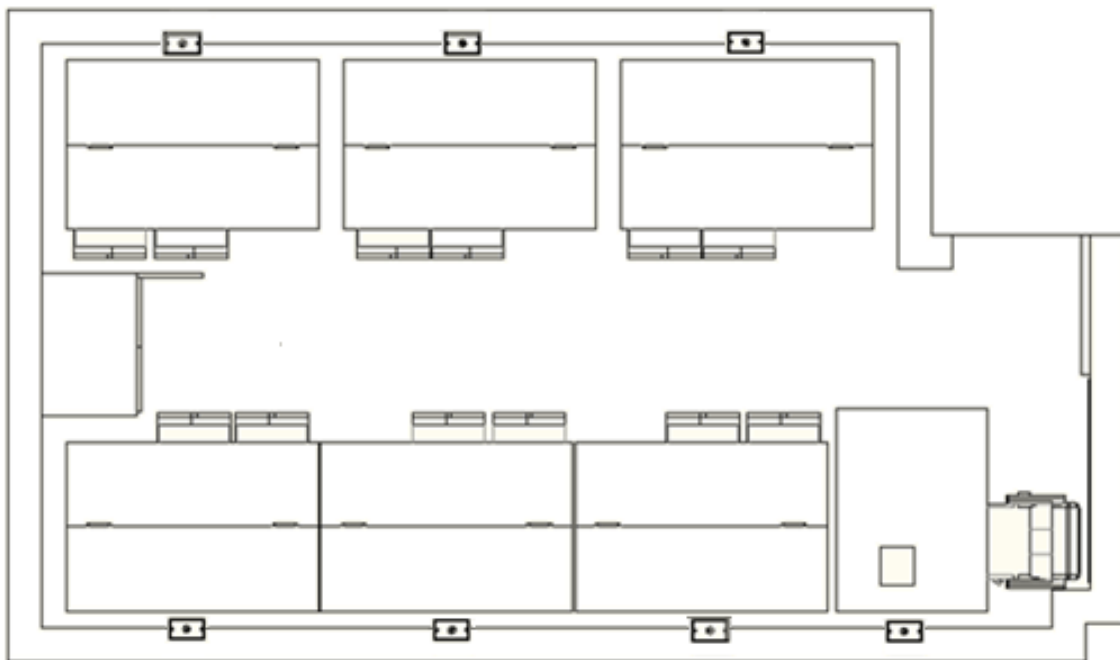
Para el diseño primero se debe elegir el tipo de topología que se va a utilizar, en este caso será tipo estrella en donde las estaciones se conectarán directamente a un punto central, como se muestra en la figura 3.64.



**Figura. 3.64. Esquema cableado estructurado**

Esta configuración permite una buena flexibilidad a la hora de aumentar estaciones; además, la caída de una estación no repercute en el comportamiento general de la red.

Como se dispone en el laboratorio de seis mesas de trabajo cada una con su correspondiente computadora, se ha visto conveniente ubicar en cada mesa un punto de red y adicional situar un punto de red en el escritorio del profesor. De esta manera se ubicará en el centro de cada mesa de trabajo y en el escritorio del profesor un punto de red como se indica en la figura 3.65.



**Figura. 3.65. Ubicación puntos de red**

Una vez ubicado los puntos de red en el laboratorio, se debe colocar el rack en donde se pondrá el switch y el patch panel. La ubicación establecida para el mismo se muestra en la figura 3.66., se colocara una altura de dos metros para que no interfiera a los estudiantes al momento de realizar las prácticas.

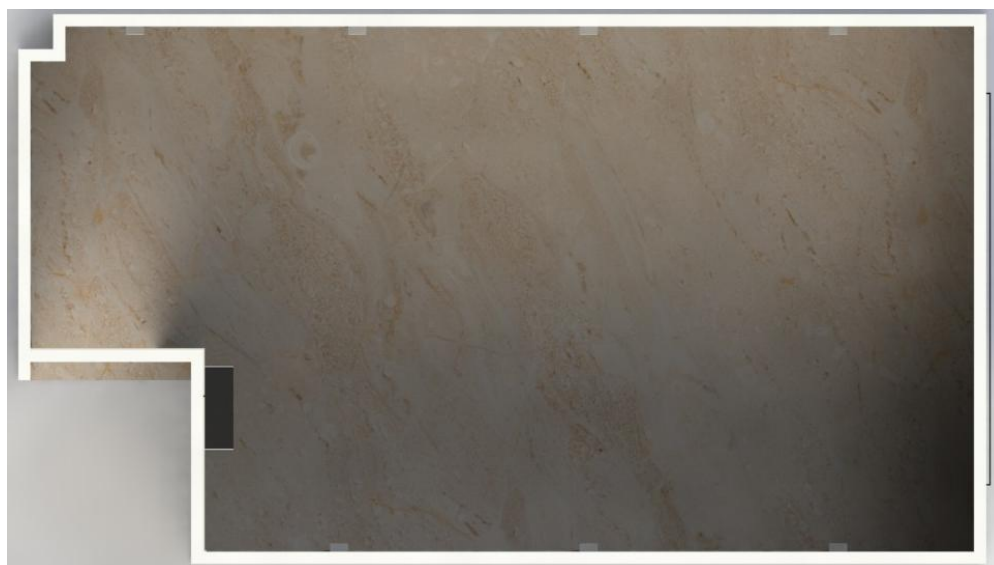


**Figura. 3.66. Ubicación del rack, switch y patch panel**

A continuación se debe establecer el trayecto de las canaletas desde el patch panel hacia cada punto de red, el cual se muestra desde la figura 3.67 hasta la figura 3.74.



**Figura. 3.67. Vista superior**



**Figura. 3.68. Vista superior**



**Figura. 3.69. Parte lateral izquierda**



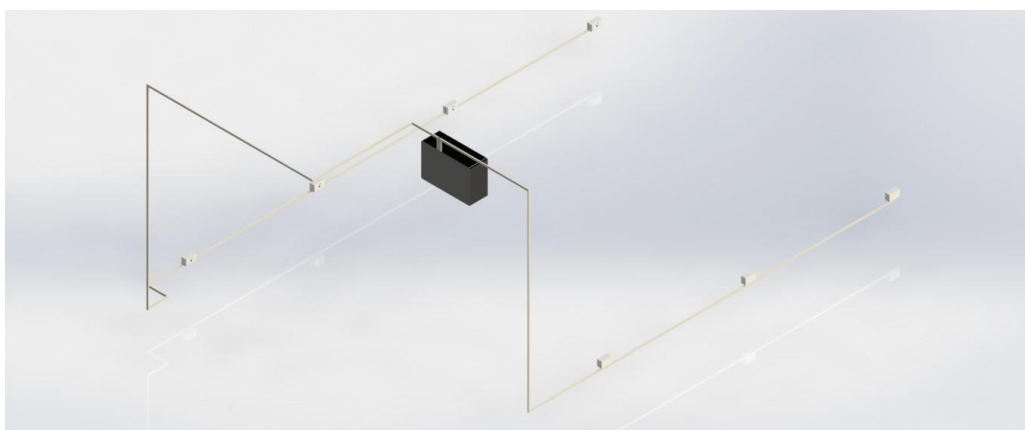
**Figura. 3.70. Parte lateral izquierda vista de otro ángulo**



**Figura. 3.71. Parte lateral derecha**



**Figura. 3.72. Parte lateral derecha vista de otro ángulo**



**Figura. 3.73. Canaletas en el laboratorio**





**Figura. 3.74. Canaletas en el laboratorio**

Para determinar el ancho de las canaletas se debe determinar la cantidad de cables que van a pasar por la misma, en el laboratorio pasaran cuatro cables por lo tanto las dimensiones son 32mm x 12mm, permitiendo colocar mas cables por la misma.

Para el laboratorio el sistema de cableado que se va a utilizar es Categoría 5e que puede transmitir a velocidades de 10/100 Mbps.

Una vez determinado los elementos que se necesitan para el cableado estructurado, la ubicación de los puntos de red y la trayectoria de las canaletas se establecen los requerimientos necesarios para implementar el cableado estructurado en el laboratorio, los cuales se muestran desde la tabla 3.10 hasta la tabla 3.16.

**Tabla. 3.10. Requerimiento canaletas**

<b>24 CANALETAS</b>
Ancho: 32mm
Profundidad: 12mm
Largo: 2 metros
Lisa



**Figura. 3.75. Canaletas**

Tabla. 3.11. Requerimiento cajetines

<b>7 CAJETINES</b>
Simple
Categoría 5e
Contiene: Face plate, jack cat 5e



Figura. 3.76. Cajetines

Tabla. 3.12. Requerimiento cable UTP

<b>100 metros CABLE UTP</b>
Categoría 5e
Velocidad 10/100Mbps



Figura. 3.77. Cable UTP

Tabla. 3.13. Requerimiento plug

<b>24 PLUGS</b>
Conector RJ45
Categoría 5



Figura. 3.78. Plug

Tabla. 3.14. Requerimiento switch

<b>1 SWITCH</b>
8 puertos
Velocidad 10/100/1000Mbps



Figura. 3.79. Switch

Tabla. 3.15. Requerimiento rack

<b>1 RACK</b>
De pared
5 unidades



Figura. 3.80. Rack

Tabla. 3.16. Requerimiento patch panel

<b>1 PATCH PANEL</b>
16 puertos
Categoría 5e



Figura. 3.81. Patch panel

De acuerdo a estos requerimientos se solicito proformas a proveedores, y se realizo un cuadro comparativo para determinar la mejor opción, esto se muestra en la tabla 3.17 y 3.18.

Tabla. 3.17. Cuadro comparativo de los materiales para el cableado estructurado

<b>Materiales</b>	<b>Características</b>	<b>R&amp;G System</b>	<b>Kywi</b>	<b>Tecompartes</b>
<b>Cable UTP</b>	Categoría 5e	0,60	0,49	0,51
<b>Plug RJ45</b>	Categoría 5		0,39	0,28
<b>Canaletas</b>	Lisa 32x12 marfil		3,09	3,50
	<b>TOTAL</b>	<b>0,60</b>	<b>3,97</b>	<b>4,29</b>

Dos empresas disponen del 100% de los materiales que se requieren para el cableado estructurado, por lo cual la opción elegida de acuerdo a los costos es la empresa Kywi.

Tabla. 3.18. Cuadro comparativo de los materiales para el cableado estructurado

<b>Materiales</b>	<b>Características</b>	<b>R&amp;G System</b>	<b>Delcom</b>	<b>Tecompartes</b>
<b>Switch</b>	Switch de 8 puertos 10/100 Mbps		45,00	45,00
<b>Rack</b>	De pared, 5 unidades	45,00	90,00	38,51
<b>Patch panel</b>	16 puertos, categoría 5e		95,00	50,40
<b>Cajetines</b>	Face plate de 1 port, Jack RJ45, Cat 5e	8,00		4,10
	<b>TOTAL</b>	<b>53,00</b>	<b>230,00</b>	<b>138,01</b>

De acuerdo al cuadro realizado, solo una empresa dispone de todos los dispositivos que se requieren para el cableado estructurado, por lo cual se adquirirá en Tecompartes la otra parte de materiales para cableado estructurado.

Las facturas de los materiales comprados se muestran en la figura 3.82., 3.83., 3.84., y 3.85.

AGENCIA 015 (MEGAKYWI)		AGENCIA 008 (SAN RAFAEL)																																																	
AV. ELOY ALFARO N52-468 Y PASAJE GUILLERMO MENSI		AV. RUMINIAHUI 211 Y SEPTIMA TRANSVERSAL																																																	
Telf: 022403594-022403591 Quito		Telf: 022864908-022864909 San Rafael																																																	
ORIGINAL ADQUIRIENTE		ORIGINAL ADQUIRIENTE																																																	
FACTURA 015-010-000097423 S-150		FACTURA 008-002-000107455 S-880																																																	
Sr(s). GALD ARELLANO		Sr(s). GALD ARELLANO																																																	
Cliente : 888885-000000		Cliente : 888885-000000																																																	
Ruc : 1703469443001		Ruc : 0001703469443																																																	
Direc : CALLE 5 N67-138 FRANCISCO DAL MAU		Direc : PONCIANO ALTO																																																	
Telf. : 2485451 QUITO		Telf. : 2485451 SAN RAFAEL																																																	
Fecha de Emision : 02/MAY/2012		Fecha de Emision : 19/ABR/2012																																																	
Vend: JESUS ROSADO		Vend: LUIS ZUNIGA																																																	
<table border="1"> <tr><td>CABLE DE RED UTP NIVEL 5E C/M GEN.</td><td></td></tr> <tr><td>299464 \$0,437500 30</td><td>\$13,13</td></tr> <tr><td>CONECTOR RJ45 CAT5 P/CABLE DE RED</td><td></td></tr> <tr><td>304824 \$0,348214 6</td><td>\$2,09</td></tr> <tr><td>ANGULO PLANO 32X12 MARFIL</td><td></td></tr> <tr><td>312142 \$0,553571 4</td><td>\$2,21</td></tr> <tr><td>DERIVACION EN T 32X12 MARFIL</td><td></td></tr> <tr><td>312150 \$0,553571 7</td><td>\$3,87</td></tr> <tr><td>TAPA FINAL 32X12 MARFIL</td><td></td></tr> <tr><td>312215 \$0,392857 2</td><td>\$0,79</td></tr> </table>		CABLE DE RED UTP NIVEL 5E C/M GEN.		299464 \$0,437500 30	\$13,13	CONECTOR RJ45 CAT5 P/CABLE DE RED		304824 \$0,348214 6	\$2,09	ANGULO PLANO 32X12 MARFIL		312142 \$0,553571 4	\$2,21	DERIVACION EN T 32X12 MARFIL		312150 \$0,553571 7	\$3,87	TAPA FINAL 32X12 MARFIL		312215 \$0,392857 2	\$0,79	<table border="1"> <tr><td>TACO FIJER F6 C/U</td><td></td></tr> <tr><td>055638 \$0,017857 24</td><td>\$0,43</td></tr> <tr><td>TORNILLO AUTOROS C/HIX 1"XB RG</td><td></td></tr> <tr><td>060143 \$0,026786 24</td><td>\$0,64</td></tr> <tr><td>CABLE DE RED UTP NIVEL 5E C/M GEN.</td><td></td></tr> <tr><td>299464 \$0,437500 (70</td><td>\$30,63</td></tr> <tr><td>CONECTOR RJ45 CAT5 P/CABLE DE RED</td><td></td></tr> <tr><td>304824 \$0,348214 (24</td><td>\$8,36</td></tr> <tr><td>CANALETA LISA 32X12 MARFIL S/DDEKSO</td><td></td></tr> <tr><td>312002 \$2,758929 14</td><td>\$38,63</td></tr> <tr><td>ANGULO INTERNO 32X12 MARFIL</td><td></td></tr> <tr><td>312126 \$0,553571 6</td><td>\$3,32</td></tr> <tr><td>ANGULO EXTERNO 32X12 MARFIL</td><td></td></tr> <tr><td>312134 \$0,553571 3</td><td>\$1,66</td></tr> </table>		TACO FIJER F6 C/U		055638 \$0,017857 24	\$0,43	TORNILLO AUTOROS C/HIX 1"XB RG		060143 \$0,026786 24	\$0,64	CABLE DE RED UTP NIVEL 5E C/M GEN.		299464 \$0,437500 (70	\$30,63	CONECTOR RJ45 CAT5 P/CABLE DE RED		304824 \$0,348214 (24	\$8,36	CANALETA LISA 32X12 MARFIL S/DDEKSO		312002 \$2,758929 14	\$38,63	ANGULO INTERNO 32X12 MARFIL		312126 \$0,553571 6	\$3,32	ANGULO EXTERNO 32X12 MARFIL		312134 \$0,553571 3	\$1,66
CABLE DE RED UTP NIVEL 5E C/M GEN.																																																			
299464 \$0,437500 30	\$13,13																																																		
CONECTOR RJ45 CAT5 P/CABLE DE RED																																																			
304824 \$0,348214 6	\$2,09																																																		
ANGULO PLANO 32X12 MARFIL																																																			
312142 \$0,553571 4	\$2,21																																																		
DERIVACION EN T 32X12 MARFIL																																																			
312150 \$0,553571 7	\$3,87																																																		
TAPA FINAL 32X12 MARFIL																																																			
312215 \$0,392857 2	\$0,79																																																		
TACO FIJER F6 C/U																																																			
055638 \$0,017857 24	\$0,43																																																		
TORNILLO AUTOROS C/HIX 1"XB RG																																																			
060143 \$0,026786 24	\$0,64																																																		
CABLE DE RED UTP NIVEL 5E C/M GEN.																																																			
299464 \$0,437500 (70	\$30,63																																																		
CONECTOR RJ45 CAT5 P/CABLE DE RED																																																			
304824 \$0,348214 (24	\$8,36																																																		
CANALETA LISA 32X12 MARFIL S/DDEKSO																																																			
312002 \$2,758929 14	\$38,63																																																		
ANGULO INTERNO 32X12 MARFIL																																																			
312126 \$0,553571 6	\$3,32																																																		
ANGULO EXTERNO 32X12 MARFIL																																																			
312134 \$0,553571 3	\$1,66																																																		
<table border="1"> <tr><td>SUBTOTAL</td><td>\$22,09</td></tr> <tr><td>DESCUENTO Tarifa 12</td><td>\$0,00</td></tr> <tr><td>DESCUENTO Tarifa 0</td><td>\$0,00</td></tr> <tr><td>TOTAL SIN IVA</td><td>\$22,09</td></tr> </table>		SUBTOTAL	\$22,09	DESCUENTO Tarifa 12	\$0,00	DESCUENTO Tarifa 0	\$0,00	TOTAL SIN IVA	\$22,09	<table border="1"> <tr><td>SUBTOTAL</td><td>\$83,67</td></tr> <tr><td>DESCUENTO Tarifa 12</td><td>\$0,00</td></tr> <tr><td>DESCUENTO Tarifa 0</td><td>\$0,00</td></tr> <tr><td>TOTAL SIN IVA</td><td>\$83,67</td></tr> </table>		SUBTOTAL	\$83,67	DESCUENTO Tarifa 12	\$0,00	DESCUENTO Tarifa 0	\$0,00	TOTAL SIN IVA	\$83,67																																
SUBTOTAL	\$22,09																																																		
DESCUENTO Tarifa 12	\$0,00																																																		
DESCUENTO Tarifa 0	\$0,00																																																		
TOTAL SIN IVA	\$22,09																																																		
SUBTOTAL	\$83,67																																																		
DESCUENTO Tarifa 12	\$0,00																																																		
DESCUENTO Tarifa 0	\$0,00																																																		
TOTAL SIN IVA	\$83,67																																																		
<table border="1"> <tr><td>Vta.tarifa 12</td><td>\$22,09</td></tr> <tr><td>Vta.tarifa 0</td><td>\$0,00</td></tr> <tr><td>Tot.Vta.Neta</td><td>\$22,09</td></tr> <tr><td>+ IVA Tar. 12</td><td>\$2,65</td></tr> <tr><td>+ IVA Tar. 0</td><td>\$0,00</td></tr> <tr><td>TOTAL A PAGAR</td><td>\$24,74</td></tr> </table>		Vta.tarifa 12	\$22,09	Vta.tarifa 0	\$0,00	Tot.Vta.Neta	\$22,09	+ IVA Tar. 12	\$2,65	+ IVA Tar. 0	\$0,00	TOTAL A PAGAR	\$24,74	<table border="1"> <tr><td>Vta.tarifa 12</td><td>\$83,67</td></tr> <tr><td>Vta.tarifa 0</td><td>\$0,00</td></tr> <tr><td>Tot.Vta.Neta</td><td>\$83,67</td></tr> <tr><td>+ IVA Tar. 12</td><td>\$10,04</td></tr> <tr><td>+ IVA Tar. 0</td><td>\$0,00</td></tr> <tr><td>TOTAL A PAGAR</td><td>\$93,71</td></tr> </table>		Vta.tarifa 12	\$83,67	Vta.tarifa 0	\$0,00	Tot.Vta.Neta	\$83,67	+ IVA Tar. 12	\$10,04	+ IVA Tar. 0	\$0,00	TOTAL A PAGAR	\$93,71																								
Vta.tarifa 12	\$22,09																																																		
Vta.tarifa 0	\$0,00																																																		
Tot.Vta.Neta	\$22,09																																																		
+ IVA Tar. 12	\$2,65																																																		
+ IVA Tar. 0	\$0,00																																																		
TOTAL A PAGAR	\$24,74																																																		
Vta.tarifa 12	\$83,67																																																		
Vta.tarifa 0	\$0,00																																																		
Tot.Vta.Neta	\$83,67																																																		
+ IVA Tar. 12	\$10,04																																																		
+ IVA Tar. 0	\$0,00																																																		
TOTAL A PAGAR	\$93,71																																																		

Figura. 3.82. Factura de materiales para cableado estructurado

**TECOMPARTES** Cía. Ltda.  
EXCLUSIVE DISTRIBUTOR FOR JENVEN YORK S.A.S.  
AUTHORIZED IMPORTER FOR JENVEN YORK S.A.S.  
R.U.C. 1703469443

QUITO: Plaza N21-202 y Avenida Pizarro  
Tel: 246 171 2248-899  
Fax: 246 181 2221-177 - Cel: 098335542  
e-mail: tecompertes@comcast.net  
www.tecompertes.com.ec

**FACTURA**  
001-001 000150013  
Aut. SRI: 1110964097

CLIENTE: GALO ARELLANO  
DIRECCIÓN: PUNCIANO ALTO  
R.U.C.I.: RUC 1703469443  
TELEFONO: 2465451

FECHA: 7 de mayo de 2012  
PEDIDO:   
VENDEDOR: M. MORALES BRILLANTE  
FORMA DE PAGO: CONTADO

CANT.	DESCRIPCION	V.UNIT.	V. TOTAL
1	SOPORTE DE PARED 50	34,38	34,38

Debo y Pagare a la orden de TECOMPARTES Cía. Ltda. la suma de: **38,51**

SUB TOTAL \$ 34,38  
I2 % I.V.A. \$ 4,13  
TOTAL \$ 38,51

Valido hasta 12 Abril 2013

Chetonge Alvarez de Echevarria BRUFFONHA RUC: 11101030001 Aut. SRI: 11101030001 Aut. SRI: 12 Abril 2012 del 100001 al 100000  
NOTA: SALIDA LA MERCADERIA, NO SE ADMITE RECLAMO.

**TECOMPARTES** Cía. Ltda.  
EXCLUSIVE DISTRIBUTOR FOR JENVEN YORK S.A.S.  
AUTHORIZED IMPORTER FOR JENVEN YORK S.A.S.  
R.U.C. 1703469443

QUITO: Plaza N21-202 y Avenida Pizarro  
Tel: 246 171 2248-899  
Fax: 246 181 2221-177 - Cel: 098335542  
e-mail: tecompertes@comcast.net  
www.tecompertes.com.ec

**FACTURA**  
001-001 00148857  
Aut. SRI: 1109672533

CLIENTE: GALO ARELLANO  
DIRECCIÓN: PUNCIANO ALTO  
R.U.C.I.: RUC 1703469443001  
TELEFONO:   
VENDEDOR: M. MORALES BRILLANTE  
FORMA DE PAGO: CONTADO

FECHA: 26 de Abril de 2012  
PEDIDO:   
VENDEDOR: M. MORALES BRILLANTE  
FORMA DE PAGO: CONTADO

CANT.	DESCRIPCION	V.UNIT.	V. TOTAL
7	CABLES SOBREPUESTO A445 CATEGORIA 5E	4,10	28,70

Debo y Pagare a la orden de TECOMPARTES Cía. Ltda. la suma de: **32,14**

SUB TOTAL \$ 28,70  
I2 % I.V.A. \$ 3,44  
TOTAL \$ 32,14

Valido hasta 20 Julio 2012

Chetonge Alvarez de Echevarria BRUFFONHA RUC: 11101030001 Aut. SRI: 1206 04 2008 RUC: 11101030001 Aut. SRI: 20 Julio 2011 del 140001 al 100000  
NOTA: SALIDA LA MERCADERIA, NO SE ADMITE RECLAMO.

Figura. 3.83. Factura materiales para cableado estructurado

**TECOMPARTES** Cía. Ltda.  
EXCLUSIVE DISTRIBUTOR FOR JENVEN YORK S.A.S.  
AUTHORIZED IMPORTER FOR JENVEN YORK S.A.S.  
R.U.C. 1703469443

QUITO: Plaza N21-202 y Avenida Pizarro  
Tel: 246 171 2248-899  
Fax: 246 181 2221-177 - Cel: 098335542  
e-mail: tecompertes@comcast.net  
www.tecompertes.com.ec

**FACTURA**  
001-001 000150273  
Aut. SRI: 1110964097

CLIENTE: GALO ARELLANO  
DIRECCIÓN: PUNCIANO ALTO  
R.U.C.I.: RUC 1703469443  
TELEFONO: 246-5451

FECHA: 11 de mayo de 2012  
PEDIDO:   
VENDEDOR: M. MORALES BRILLANTE  
FORMA DE PAGO: CONTADO

CANT.	DESCRIPCION	V.UNIT.	V. TOTAL
1	PATCH PANEL DE 16 PORTS CAT 6 (E)	19,62	19,62

Debo y Pagare a la orden de TECOMPARTES Cía. Ltda. la suma de: **11,89**

SUB TOTAL \$ 19,62  
I2 % I.V.A. \$ 3,27  
TOTAL \$ 11,89

Valido hasta 12 Abril 2013

Chetonge Alvarez de Echevarria BRUFFONHA RUC: 11101030001 Aut. SRI: 1206 04 2008 RUC: 11101030001 Aut. SRI: 12 Abril 2012 del 100001 al 100000  
NOTA: SALIDA LA MERCADERIA, NO SE ADMITE RECLAMO.

Figura. 3.84. Factura materiales para cableado estructurado

**HENTEL**  
YANEZ AVALOS CIA. LTDA.

Producto para telecomunicaciones, fibra óptica, cables UTP, coaxiales, soluciones para cableado estructurado y soluciones para cableado estructurado

QUITO: Buzón Av. 10 de Agosto N21-108 y Av. Naciones Unidas TUBO (02) 3107950 / 3107951 / 2408 274 / 2408 769 / 2271 878  
CIENFUEBAS: Ciudadela Comendador Nolasco Rodríguez y Av. 14 de Julio (05) 2401 960 / 2401 961 / 0413 700 / 0413 701  
CUENCA: Av. Gran Colombia 24-452 y Av. Unidad Nacional • Telf: (07) 2423 507 • E-mail: ventas@hental.com.ec

RUC: 1792009863001  
**FACTURA** 001-001  
000022025  
AUT. S.R.L. # 1110366630

CLIENTE: GALO ARELLANO  
DIRECCIÓN: PUNCIANO ALTO  
FECHA: 17-May-12  
VENCIAMIENTO: 21-May-12

TELÉFONO: 2465451

DESCRIPCION	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1 UNO CONNECTION. S&B. S&MS T109 43	131,20500	6,402	131,21
Subtotal:			131,21
DISEÑO CLIENTE I.O.S			0,00
I.V.A. 12%			15,75
Total:			146,96

Sin CIENTO CUARENTA Y SEIS con 10/100

Nombre: Galo Arellano  
C.I.:   
RECIBI: CONFORME

3COM QUEST DEKSD CONNECTION HENTEL FLIKE FIBROPTIC YODIT

Jaramila Velasco Jenny Samanie - Cuenca - Ecuatoria - 2598 363 - RUC: 01013370001 - Autorizado SRI 1208 / Fecha AL: 21/NOVIEMBRE/2011 del 20001 al 20000  
FECHA DE CADUCIDAD 21/NOVIEMBRE/2012 - ORIGINAL CLIENTE - Una COPIA CELESTE EMISOR - Dos COPIA AMARILLA SIN CREDITO TRIBUTARIO - Guineas

Figura. 3.85. Factura materiales para cableado estructurado

Cuando se ha terminado la instalación se comprueba cada una de las líneas con un equipo de certificación. El equipo prueba el funcionamiento de cada línea respecto a la longitud en metros, resistencia, impedancia en Ohm, atenuación total en dB y cross talk<sup>17</sup>.

El equipo informa al momento si la línea cumple o excede los requerimientos de la norma, y graba en su memoria los datos obtenidos de cada línea para después volcarlos en un informe para la memoria técnica.

La certificación de la instalación del cableado estructurado se utiliza para comprobar que esta es adecuada para las necesidades de comunicación del laboratorio. Permite comprobar que todas las conexiones se han realizado correctamente. La certificación tiene un costo, por lo cual se realizó consulta con proveedores para determinar cuál es la mejor opción.

**Tabla. 3.19. Cuadro comparativo para la certificación**

	<b>Empresa</b>	<b>Precio</b>
<b>Certificación</b>	Delcom	10,00
<b>Certificación</b>	R&G System	10,00
<b>Certificación</b>	ESPE	0,00

De acuerdo con el cuadro comparativo realizado, la certificación se la realizara con el dispositivo que se dispone en el Departamento de Eléctrica y Electrónica, ya que el costo es nulo.

El dispositivo que se utilizo para la certificación es Fluke DTX-1800 el cual se muestra en la figura 3.86.

---

<sup>17</sup> Cross talk: ver glosario



**Figura. 3.86. Certificador Fluke DTX-1800**

Se realizó la certificación desde el patch panel hacia cada punto de red, y todos los puntos pasaron la certificación. En la tabla 3.20 se indica la ubicación y nomenclatura en el patch panel de cada punto de red.

El punto 1 del patch panel se utilizó para conectar el cable de red que viene desde el laboratorio de PLC, para proveer de Internet al laboratorio de Instrumentación Biomédica.

**Tabla. 3.20. Puntos de red**

<b>Puntos de red</b>	<b>Ubicación de las mesas</b>	<b>Nomenclatura en el patch panel</b>
1	Parte lateral izquierda, mesa que se encuentra a lado del rack	2
2	Parte lateral izquierda, mesa del centro	3
3	Parte lateral izquierda, mesa cerca del armario	4
4	Escritorio del profesores, frente a la puerta	7
5	Parte lateral derecha, mesa a lado del escritorio del profesor	8
6	Parte lateral derecha, mesa del centro	6
7	Parte lateral derecha, mesa mesa cerca del armario	5

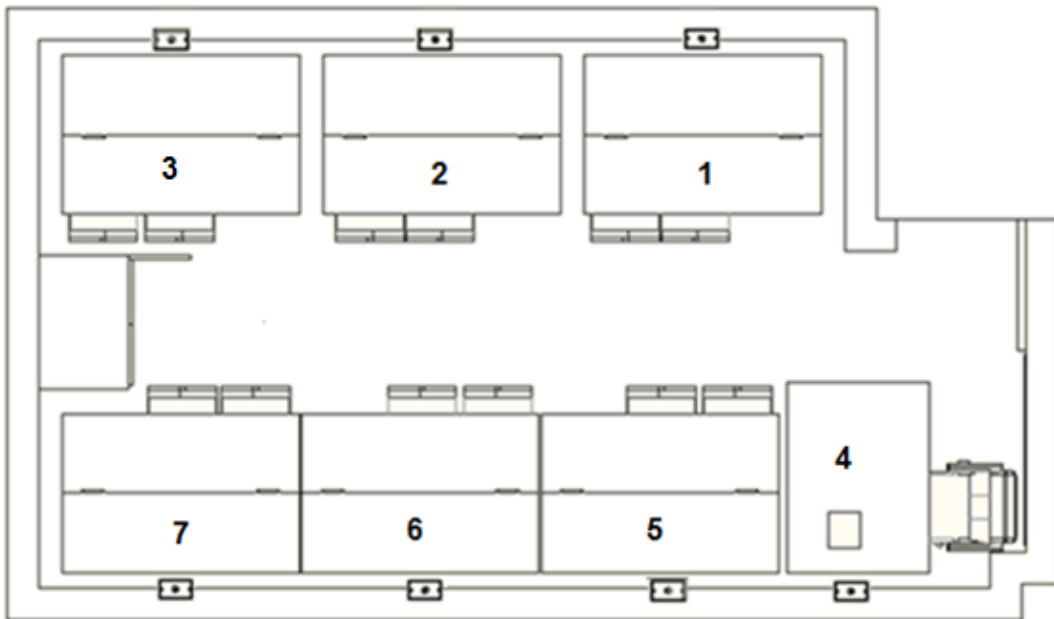


Figura. 3.87. Ubicación de las mesas



Figura. 3.88. Patch panel

Desde la figura 3.89 hasta la figura 3.96 se indica la certificación de los puntos de red del laboratorio de Instrumentación Biomédica; en donde se muestra que todos los puntos de red pasaron la certificación.



Cable ID	Summary	Test Limit	Length	Headroom	Date / Time:
8	PASS	TIA Cat 5e Channel	35 ft	5.6 dB (NEXT)	06/12/2012 02:59
7	PASS	TIA Cat 5e Channel	31 ft	5.6 dB (NEXT)	06/12/2012 03:01
6	PASS	TIA Cat 5e Channel	40 ft	7.3 dB (NEXT)	06/12/2012 03:03
5	PASS	TIA Cat 5e Channel	46 ft	8.0 dB (NEXT)	06/12/2012 03:05
3	PASS	TIA Cat 5e Channel	24 ft	5.8 dB (NEXT)	06/12/2012 03:11
2	PASS	TIA Cat 5e Channel	29 ft	6.4 dB (NEXT)	06/12/2012 03:14
4	PASS	TIA Cat 5e Channel	34 ft	6.5 dB (NEXT)	06/12/2012 03:15

Figura. 3.89. Certificación puntos de red del laboratorio



- Certificación del punto de red # 2 de acuerdo a la nomenclatura del patch panel:

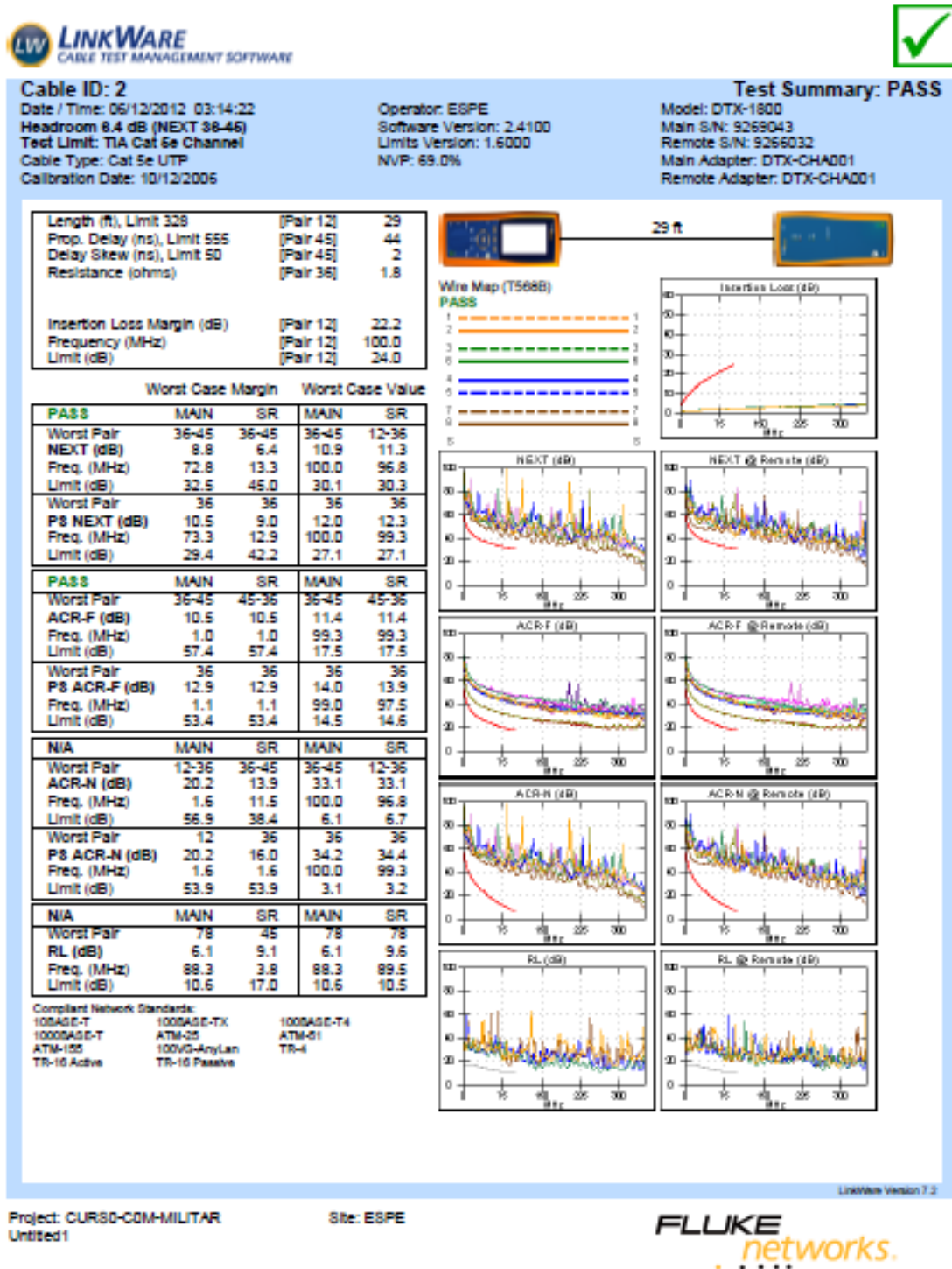


Figura. 3.90. Certificación puntos de red #2

- Certificación del punto de red # 3 de acuerdo a la nomenclatura del patch panel:

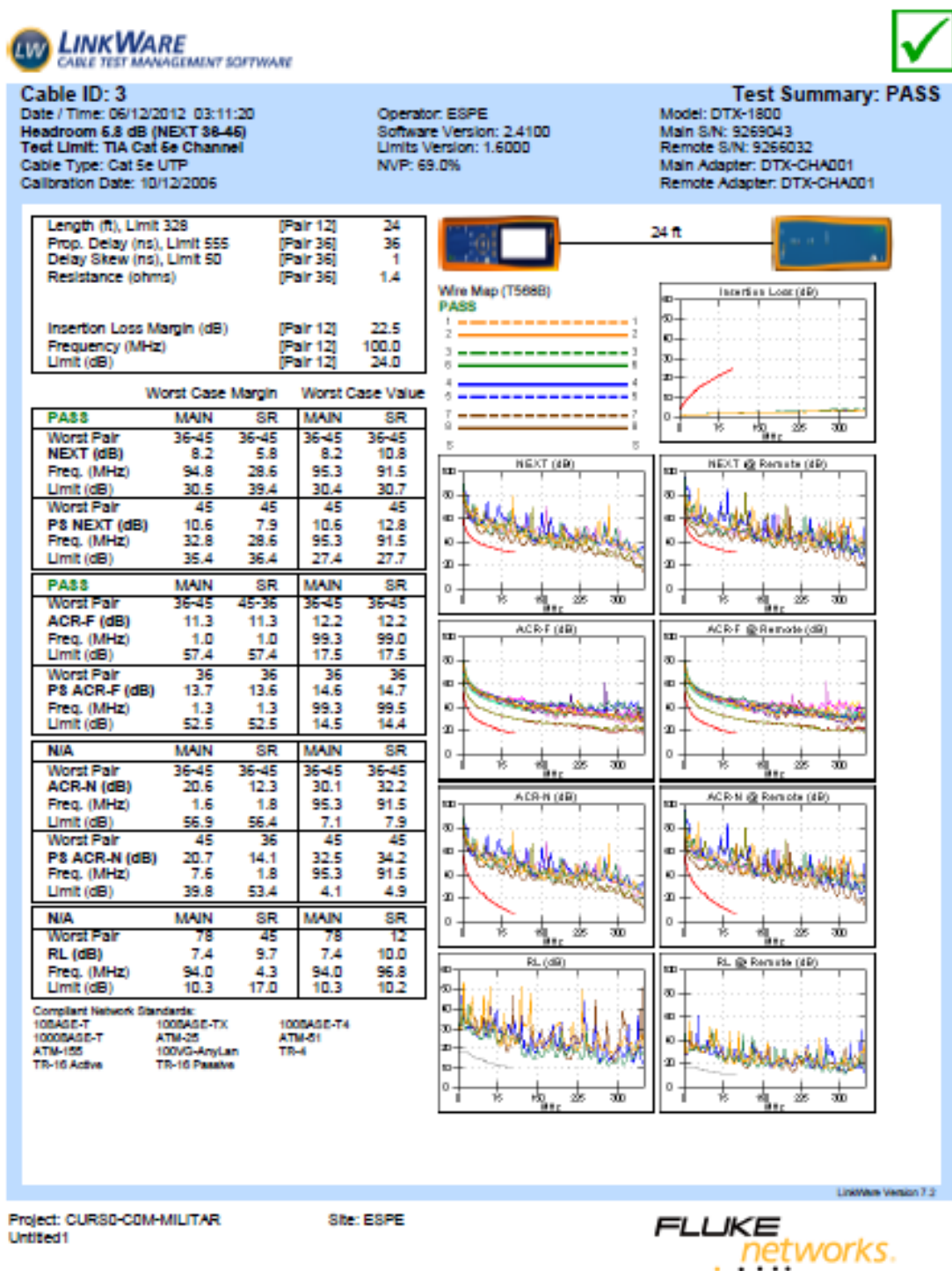


Figura. 3.91. Certificación puntos de red #3

- Certificación del punto de red # 4 de acuerdo a la nomenclatura del patch panel:

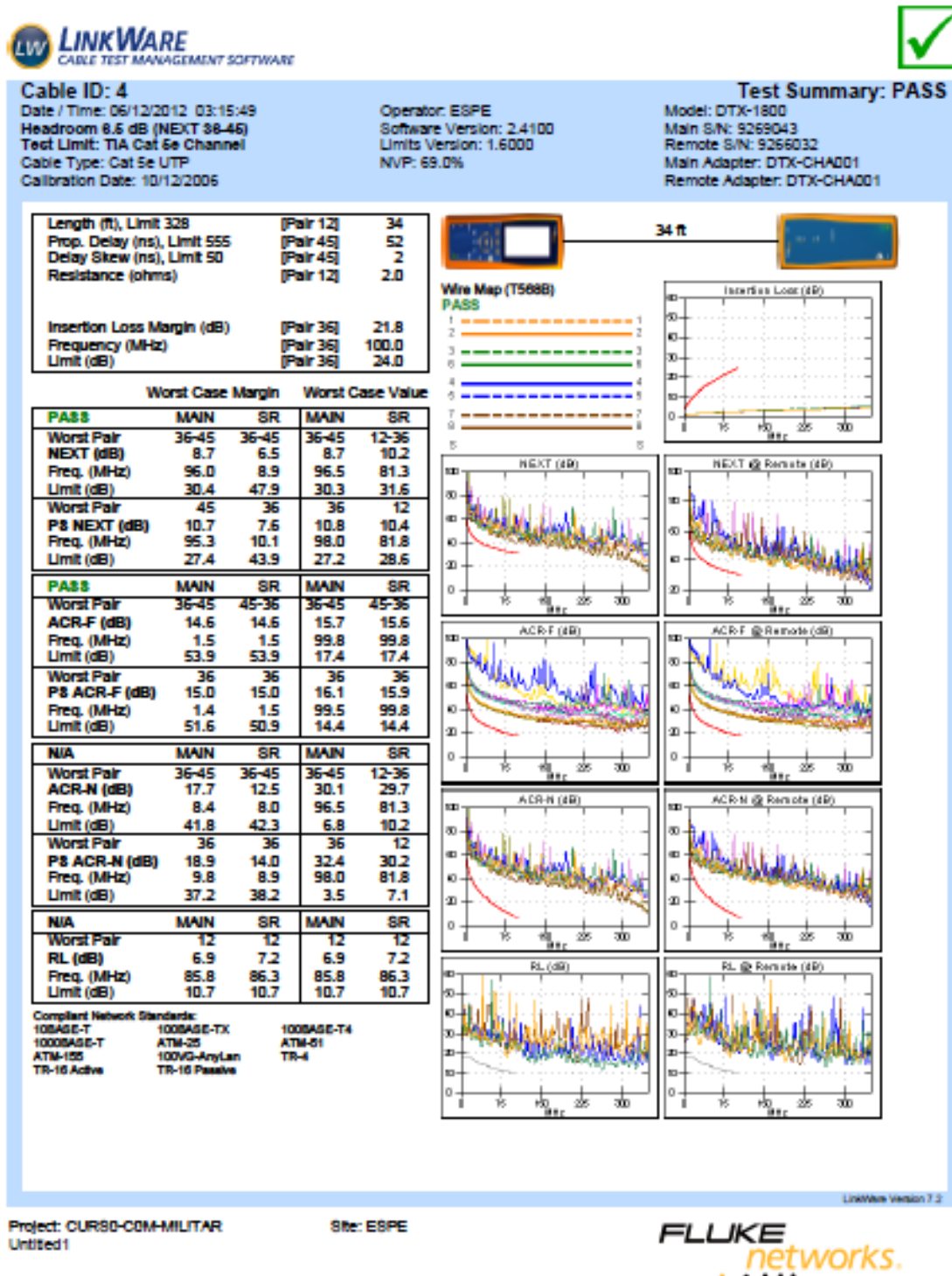


Figura. 3.92. Certificación puntos de red #4

- Certificación del punto de red # 5 de acuerdo a la nomenclatura del patch panel:

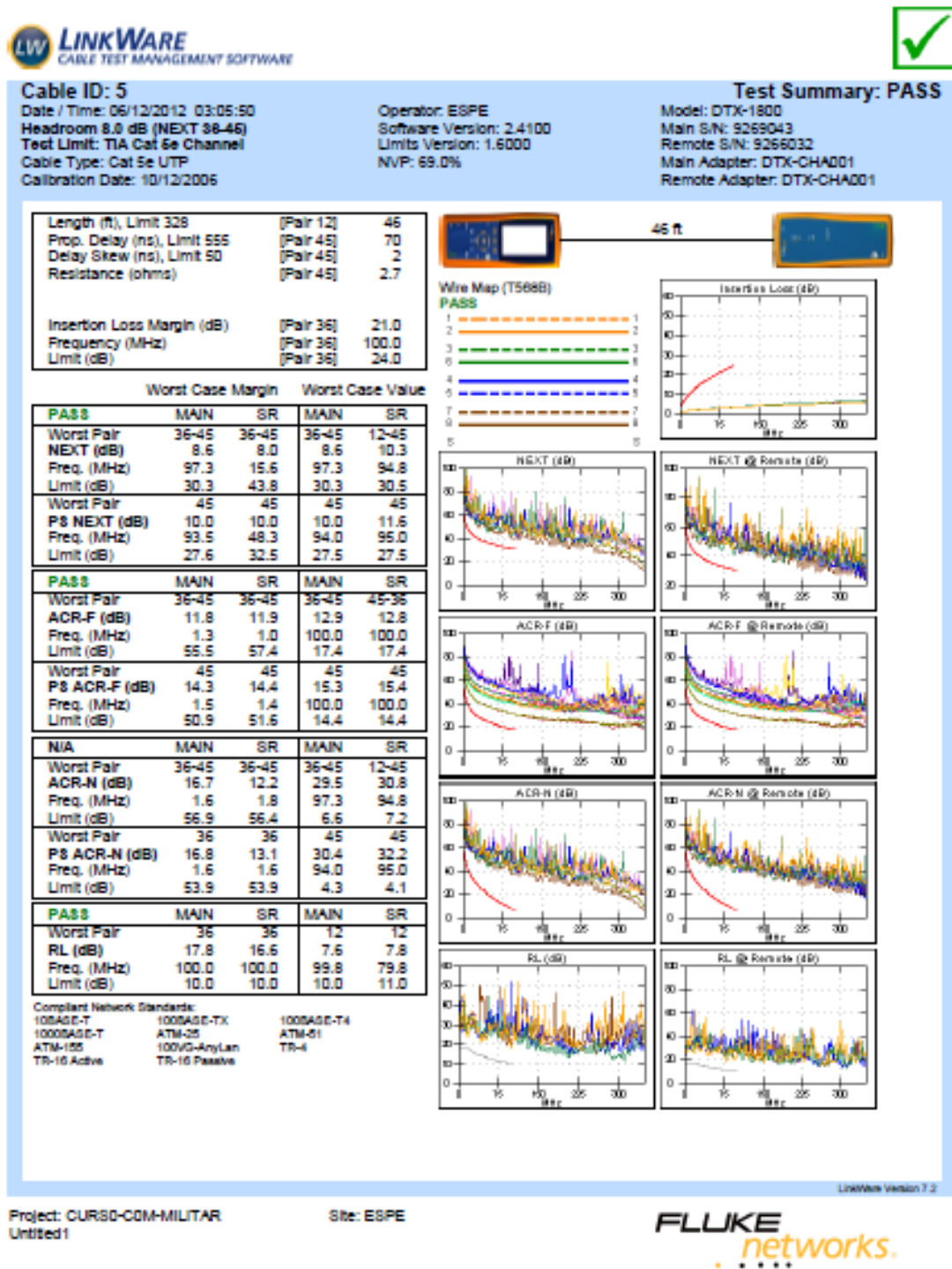


Figura. 3.93. Certificación puntos de red #5

- Certificación del punto de red # 6 de acuerdo a la nomenclatura del patch panel:

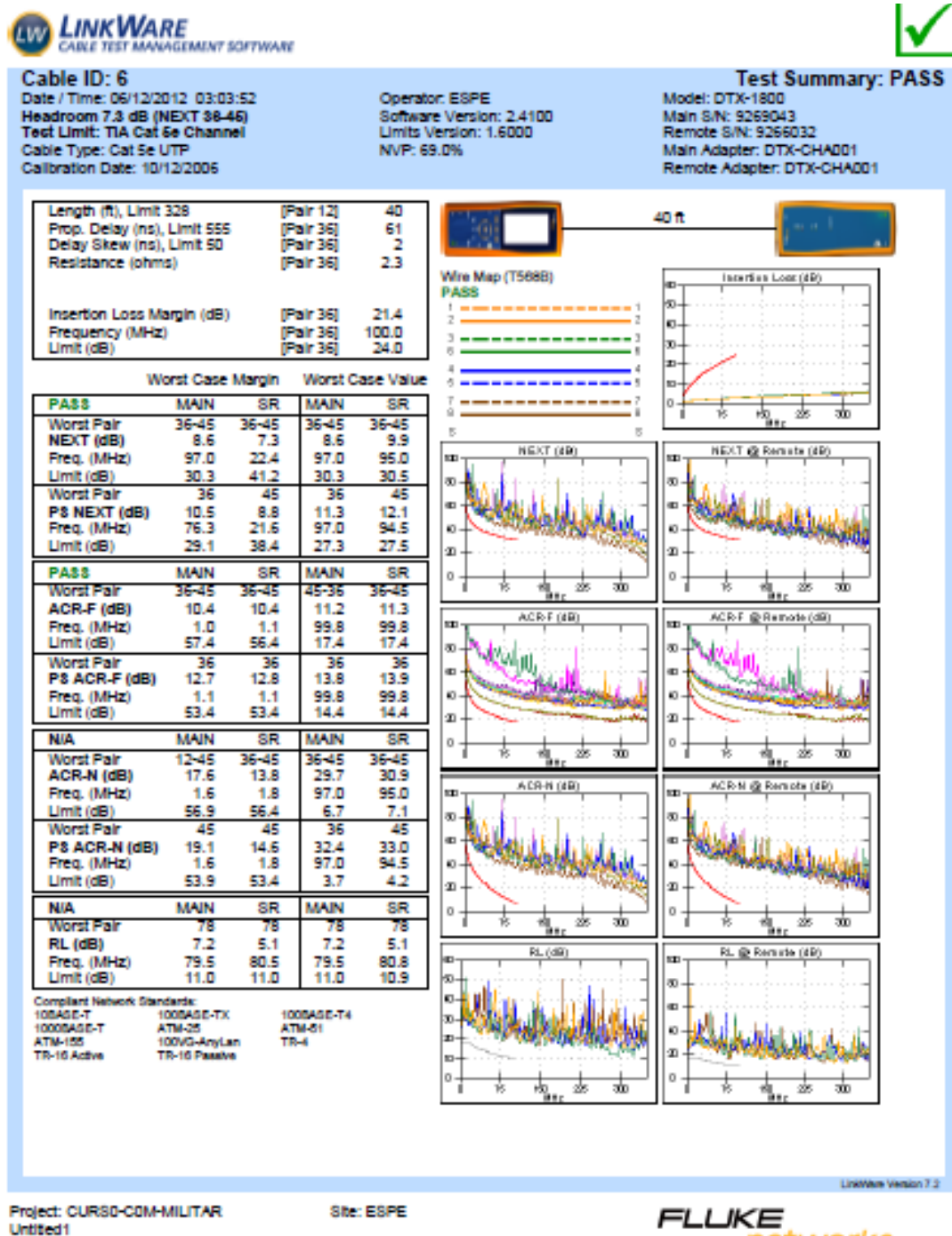


Figura. 3.94. Certificación puntos de red #6

- Certificación del punto de red # 7 de acuerdo a la nomenclatura del patch panel:

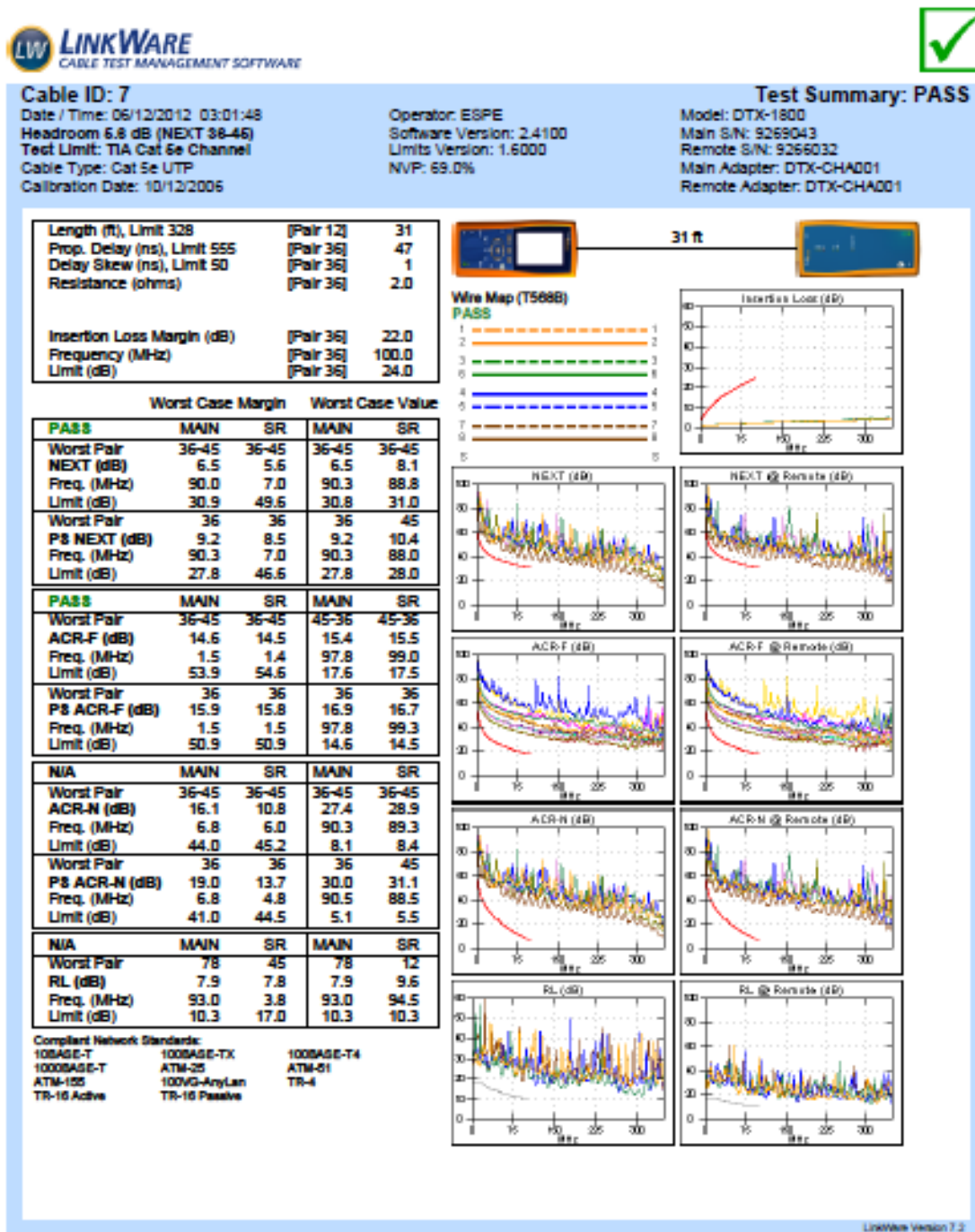


Figura. 3.95. Certificación puntos de red #7

- Certificación del punto de red # 8 de acuerdo a la nomenclatura del patch panel:

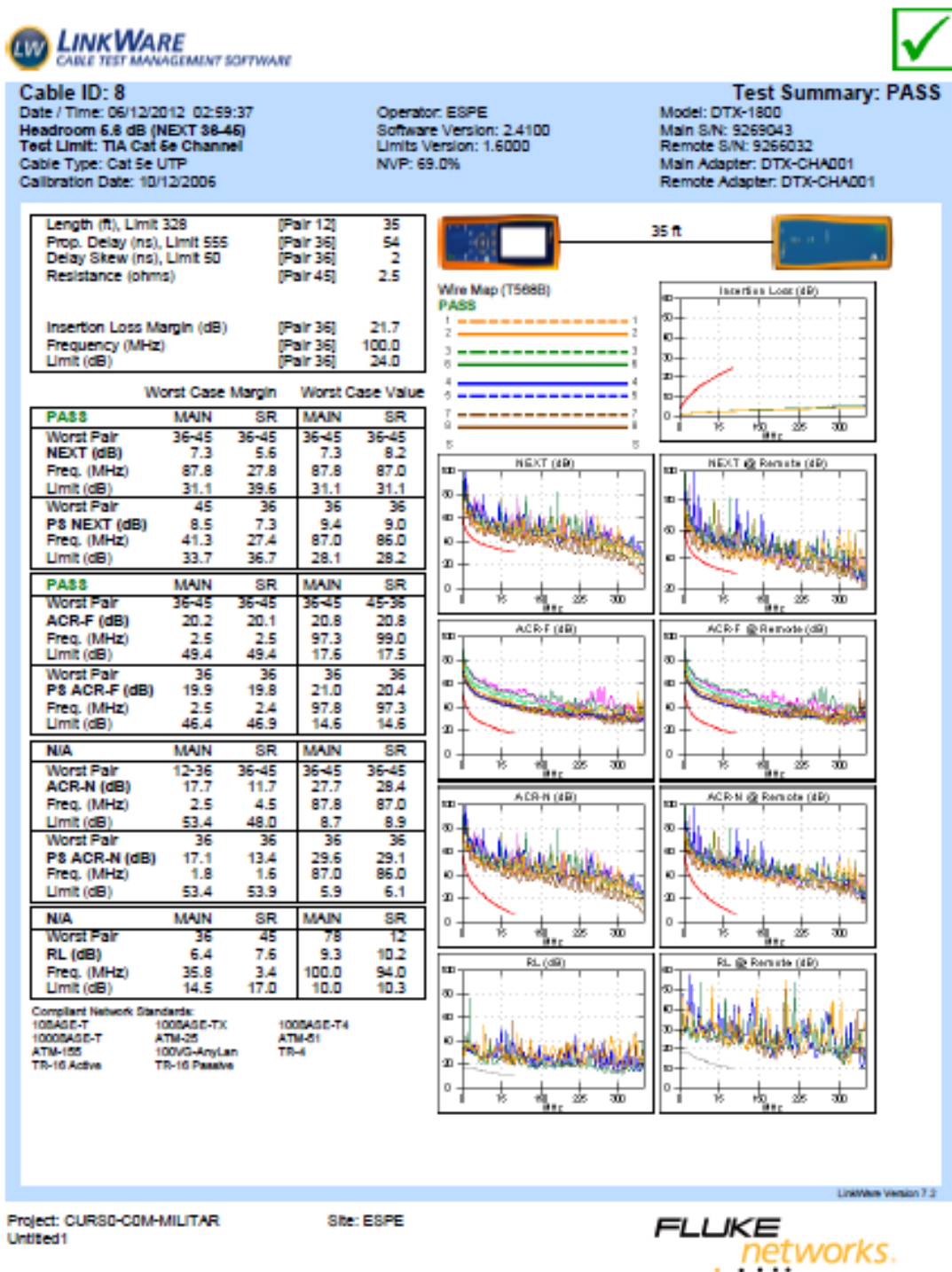


Figura. 3.96. Certificación puntos de red #8

Se hicieron las pruebas de ancho de banda utilizando el programa de Andinadatos que se encuentra en la página web [http://www.andinadatos.com.ec/components/com\\_bandwidthmeter/meter.php?kpbs=9039.4&lang=spanish](http://www.andinadatos.com.ec/components/com_bandwidthmeter/meter.php?kpbs=9039.4&lang=spanish), mediante el cual se determina que al conectarse un sola computadora el ancho de banda es de 4Mbps.

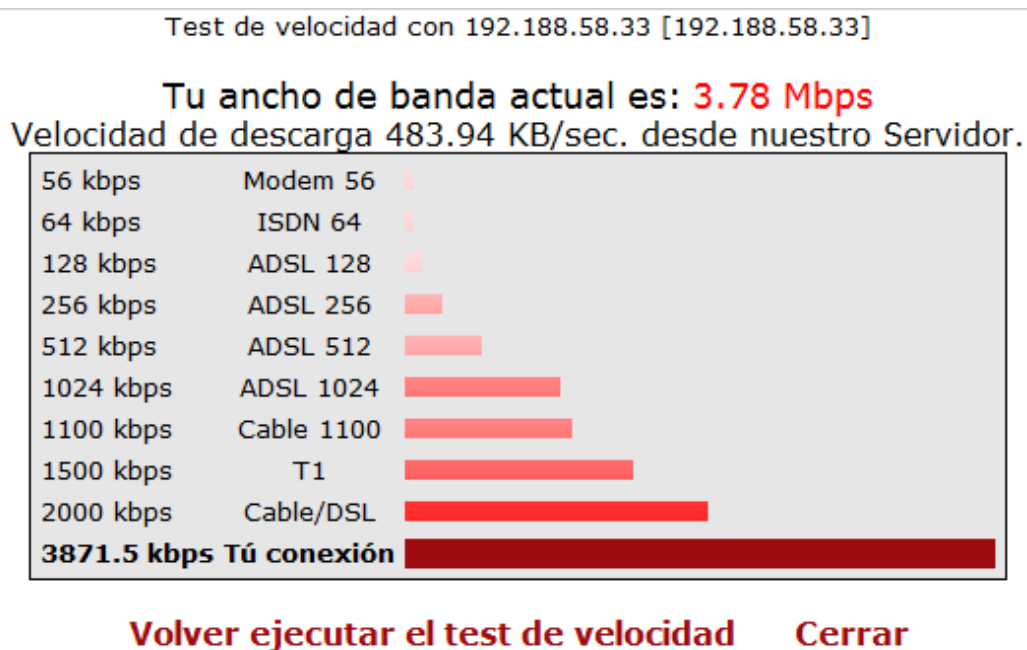


Figura. 3.97. Ancho de banda

Como el acceso del switch principal es único este ancho de banda tiene que dividirse para el número de computadoras, de esta manera se garantiza un ancho de banda 512kbps cuando estén en uso todas las computadoras.

Una vez implementado el cableado estructurado se puede visualizar en la figura 3.98. la ubicación del rack donde se colocó el switch y patch panel y en la figura 3.99. la ubicación de un punto de red.





Figura. 3.98. Rack



Figura. 3.99. Punto de red

### 3.4. ACOMETIDA ELÉCTRICA

Para realizar el análisis de la acometida eléctrica<sup>18</sup> que se necesita para el laboratorio de Instrumentación Biomédica, es necesario determinar el valor de voltaje<sup>19</sup> y corriente<sup>20</sup> que requieren los equipos para su correcto funcionamiento.

---

<sup>18</sup> Acometida eléctrica: ver glosario

<sup>19</sup> Voltaje: ver glosario

<sup>20</sup> Corriente: ver glosario

▪ Generador de señal	110 [VAC]	2.00[A]
▪ Osciloscopio digital	110 [VAC]	2.00[A]
▪ Fuente de alimentación	110 [VAC]	2.50[A]
▪ Dispositivo digital de ultrasonido (Ecógrafo)	110 [VAC]	1.50[A]
▪ Computadora de escritorio (CPU)	110 [VAC]	2.00[A]
▪ Computadora de escritorio (Monitor)	110 [VAC]	2.00[A]
▪ Impresora multifunción	110 [VAC]	1.07[A]
▪ Switch	110 [VAC]	0.50[A]

Una vez determinado el voltaje y la corriente que se necesita para cada uno de los equipos que formarán parte del laboratorio de Instrumentación Biomédica, se determina que las líneas de suministro eléctrico hacia el laboratorio deben ser dimensionadas por encima de la corriente normal de consumo de los equipos.

Se puede dimensionar el breaker o disyuntor, el cual protegerá a los equipos cuando la corriente eléctrica que por el circula exceda de un determinado valor o si se ha producido un corto circuito. Para el laboratorio se utiliza tres breakers de 30 amperios cada uno, como se muestra en la figura 3.100.



**Figura. 3.100. Breaker**

Adicionalmente, se determinará el cable que se debe utilizar para el laboratorio se usará el clave AWG 11 cuyos datos se muestran en la tabla 3.21.

**Tabla. 3.21 Cable AWG 11**

<b>Número AWG</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Capacidad (A)</b>
11	2,305	12

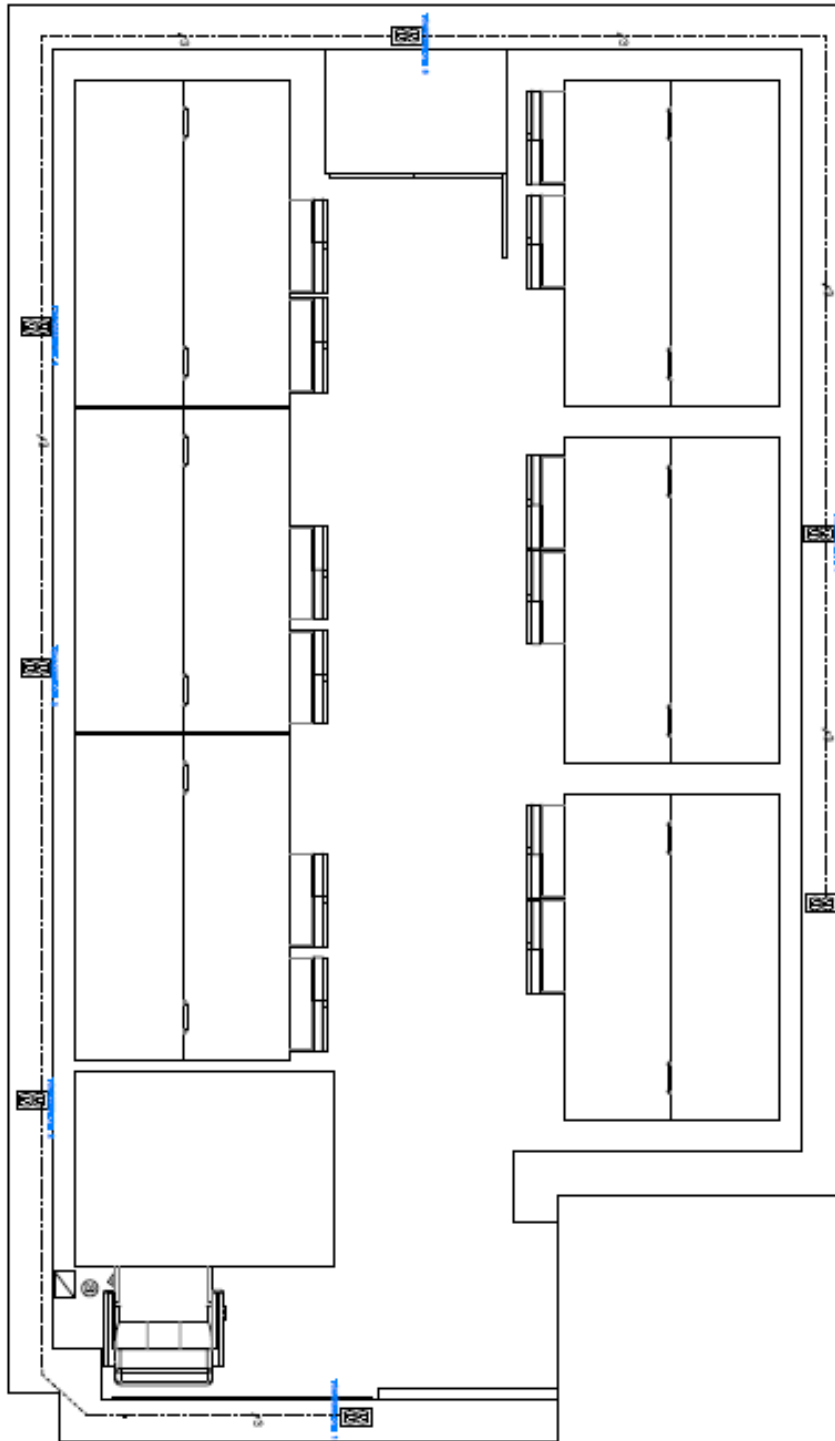
Según la norma NTC 2050 señala que cada tomacorriente debe estar a una distancia de 1.80 metros. Tomando en cuenta esta norma y el tamaño del laboratorio, se coloco siete tomacorrientes en el laboratorio de Instrumentación Biomédica, de tal manera se dispondrá de un tomacorriente por mesa y un tomacorriente para uso del profesor de la materia, como se ilustra en la figura 3.101.

Debido a que se va a disponer de varios equipos por mesa, se debe colocar regletas como se observa en la figura 3.102. o UPS como se indica en la figura 3.103.

Para dimensionar las características que deben tener dichos dispositivos se debe conocer la potencia que se va a consumir en cada mesa de trabajo, la cual se indica en la tabla 3.22.

**Tabla. 3.22. Potencia que se consumirá en cada mesa de trabajo**

<b>Equipos</b>	<b>Potencia [W]</b>
Generador de señal	50,00
Osciloscopio digital	30,00
Fuente de alimentación	285,00
Computadora de escritorio	150,00
	<b>515,00</b>



**Figura. 3.101. Plano eléctrico – Circuito de fuerza**

— Tubería conduit<sup>21</sup>

3 — Número de conductores que pasan por la tubería eléctrica

⊙ Breaker o disyuntor<sup>22</sup>

◻ Caja secundaria del breaker

<sup>21</sup> Tubería conduit: ver glosario

<sup>22</sup> Breaker o disyuntor: ver glosario



Figura. 3.102. Regletas



Figura. 3.103. UPS

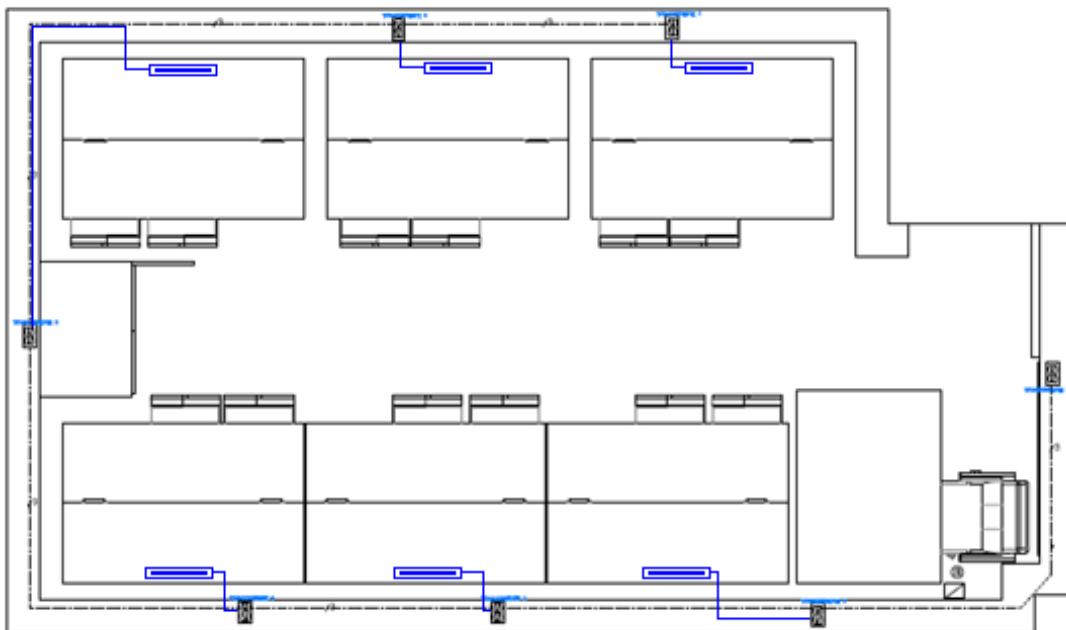


Figura. 3.104. Ubicación de las regletas o UPS

Se colocara cinco equipos en cada mesa por lo que el UPS debe tener mínimo seis tomas en caso que se requiera conectar un equipo adicional y la potencia mínima que debe tener es de 515[W].

En la tabla 3.23. se indican algunos tipos de UPS que pueden ser usados en la laboratorio, las características y precios de cada uno.

Tabla. 3.23. Modelos de UPS

<b>Modelo</b>	<b>Características</b>	<b>Garantía</b>	<b>Costo unitario</b>
THOR1000	6 tomas 600 watts 15 minutos de respaldo	1 año	119,00
BR1500G	10 tomas 865 watts 30 minutos de respaldo	1 año	279,00
BR1000G	8 tomas 600 watts 15 minutos de respaldo	1 año	199,00
THOR-1500LCD	8 tomas 840 watts 15 minutos de respaldo	1 año	179,00

Se recomienda la adquisición del modelo THOR-1500LCD ya que cumple con las características que se requieren en el laboratorio, dispone de más tomas y una potencia mayor en caso de conectar otros equipos.

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO DEL EQUIPAMIENTO TECNOLÓGICO**

Para la adquisición de los equipos se realizaron dos tipos de bases técnicas; una para la parte informática y otra para la parte técnica (electrónica y biomédica).

#### **4.1. REQUERIMIENTOS EQUIPOS INFORMÁTICOS**

En vista que en el laboratorio se van a realizar prácticas, es necesario disponer de computadoras de escritorio, una computadora portátil para el profesor de la materia e impresora multifunción.

Es muy importante tener computadoras de escritorio aptas para el laboratorio, ya que para las prácticas de la materia de Instrumentación Biomédica se va a utilizar un software llamado Fluid Sim el cual permitirá realizar simulaciones, una base de datos disponible en Physionet en donde se puede encontrar registros de exámenes tomados en pacientes sanos y con diversas patologías, registros con los cuales con la ayuda de Matlab se realizan diversos procesamientos básicos con las señales digitales. Debido a que se va a utilizar varios programas se debe tomar muy en cuenta el procesador que se requiere, la memoria RAM y el disco duro, basado en esto se realizo las bases técnicas.

Algunas de las prácticas que se van a realizar utilizando los programas anteriormente mencionados son las siguientes:

- Simulación del Sistema Cardiovascular por computador
- Simulación del Sistema Respiratorio por computador

Tomando en cuenta el procesamiento que se va a realizar en el desarrollo de prácticas e investigaciones relacionadas con la Instrumentación Biomédica, se ha determinado que el procesador debe ser mínimo Core i5, velocidad mínima de 2.4GHz, memoria RAM mínima de 4Gb ya que permitirá ejecutar más programas de manera simultánea, mejorar la velocidad y el rendimiento del sistema y mínimo un disco duro de 500Gb.

Por lo tanto la computadora de escritorio debe tener las siguientes características:

- Procesador Intel Core i5, 2.4GHz
- Acelerador de medios gráficos Intel 2da. Generación
- 4Gb de memoria RAM
- Disco duro de 500Gb SATA
- DVD Writer
- Lector de tarjetas
- Teclado
- Mouse
- Mínimo 4 entradas USB
- Salida de video VGA
- Puerto serial
- Monitor LCD mínimo de 18.5"



Es necesario disponer de una computadora de escritorio durante las prácticas del laboratorio para que los estudiantes puedan realizar las simulaciones y adquirir señales bioeléctricas mediante la computadora utilizando las tarjetas de adquisición que se van a adquirir, por tal motivo es indispensable que en el laboratorio se coloquen seis computadoras una en cada mesa de trabajo.

Siendo el profesor quien va a dictar la materia de Instrumentación Biomédica y dirigir las prácticas en el laboratorio, es necesario que disponga de una computadora que le permita preparar sus clases en la oficina e impartir la materia en el aula y en el laboratorio, por tal razón la computadora debe ser portátil, procesador mínimo Core i5, velocidad mínima de 2.4Ghz, memoria RAM mínima de 4GB y mínimo un disco duro de 500Gb y debe tener conexión inalámbrica para que puede conectarse a las redes inalámbricas del edificio central y de los laboratorios. Tomando en cuenta estas consideraciones, las características que debe tener son:

- Procesador Intel Core i5, 2.4Ghz
- Pantalla 14"
- Memoria RAM 4GB
- Disco duro 600GB
- Tarjeta de video 1Gb o más
- Wireless 802.11b/g

Para la materia de Instrumentación Biomédica, se va a trabajar con varias imágenes del cuerpo humano por lo cual se necesita tener una buena resolución, por este razón se requiere una impresora multifunción que tenga una resolución de impresión en negro mínimo de 2400x1200ppp, para impresión a color mínimo de 4800x1220ppp; adicionalmente, que permita aumentar y disminuir la imagen en un rango mínimo de 25-400%.

Tomando en cuenta estas consideraciones, se estableció que las características básicas que debe tener la impresora son las siguientes:

- Multifunción inyección
- Pantalla táctil
- Función: copia en color, impresión en color, digitalización en color y fax
- Velocidad de impresión mínima (Normal, Negro): Hasta 16 ppm
- Velocidad de impresión mínima (Normal, Color): Hasta 10 ppm
- Velocidad de copiado mínima (Normal, Negro): Hasta 15 ppm
- Velocidad de copiado mínima (Normal, Color): Hasta 8 cpm
- Resolución de impresión en negro: Mínimo 2400 x 1200 ppp
- Resolución de impresión en color: Mínimo 4800 x 1200 ppp
- Memoria estándar y mínima 64 MB
- Puertos estándar Fast Ethernet
- Puerto USB 2.0
- Conexión USB vía puerto PictBridge
- Wireless 802.11b/g/n inalámbrico
- Lector de tarjetas de memoria
- Rango de reducción/aumento 25 - 400 %
- Ciclo de explotación mensual máximo: Hasta 10000 páginas por mes

Los requerimientos para la parte informática se indican desde la tabla 4.1 hasta la tabla 4.3, señalando las características básicas de cada uno de los equipos y la cantidad de equipos que se necesitan.

**Tabla. 4.1. Requerimientos computadora portátil**

<b>1 Computadora portátil</b>
Procesador Intel Core i5, 2.4GhZ
Pantalla 14"
Memoria RAM 4GB
Disco duro 600GB
Tarjeta de video 1Gb o más
Wireless 802.11b/g

Tabla. 4.2. Requerimientos computadora de escritorio

<b>6 Computadoras de escritorio</b>
Procesador Intel Core i5, 2.4GHz
Acelerador de medios gráficos Intel 2da. Generación
4Gb de memoria RAM
Disco duro de 500Gb SATA
DVD Writer
Lector de tarjetas
Teclado
Mouse
4 entradas USB
Salida de video VGA
Puerto serial
Monitor LCD mínimo de 18.5"

Tabla. 4.3. Requerimientos impresora multifunción

<b>1 Impresora multifunción</b>
Multifunción inyección
Pantalla táctil
Función: copia en color, impresión en color, digitalización en color y fax
Velocidad de impresión mínima (Normal, Negro): Hasta 16 ppm
Velocidad de impresión mínima (Normal, Color): Hasta 10 ppm
Velocidad de copiado mínima (Normal, Negro): Hasta 15 ppm
Velocidad de copiado mínima (Normal, Color): Hasta 8 cpm
Resolución de impresión en negro: Mínimo 2400 x 1200 ppp
Resolución de impresión en color: Mínimo 4800 x 1200 ppp
Memoria estándar y mínima 64 MB
Puertos estándar Fast Ethernet
Puerto USB 2.0
Conexión USB vía puerto PictBridge
Wireless 802.11b/g/n inalámbrico
Lector de tarjetas de memoria
Rango de reducción/aumento 25 - 400 %
Ciclo de explotación mensual máximo: Hasta 10000 páginas por mes

De acuerdo a las bases técnicas para la parte informática se solicito cotizaciones para tener una idea de cuál sería el costo de cada uno de los equipos, la cual se indica en la tabla 4.4.

Tabla. 4.4. Cotización equipos informáticos

<b>Cantidad</b>	<b>Nombre</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
6	Computador tipo escritorio	850,00	5.100,00
1	Impresora multifunción tipo copiadora	400,00	400,00
1	Computador portatil	1.000,00	1.000,00
		<b>TOTAL</b>	<b>6.500,00</b>

Con referencia a la cotización y el presupuesto otorgado por la Escuela Politécnica del Ejército para la parte informática, el cual se muestra en la tabla 4.5, se determina que el presupuesto esta de acorde a los precios del mercado.

Tabla. 4.5. Presupuesto equipos informáticos

<b>Cantidad</b>	<b>Nombre</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
6	Computador tipo escritorio	970,00	5.820,00
1	Impresora multifunción tipo copiadora	500,00	500,00
1	Computador portatil	1.200,00	1.200,00
		<b>TOTAL</b>	<b>7.520,00</b>

Se entrego las bases técnicas a la Unidad de Tecnologías de Información y Comunicaciones (UTIC), quienes serán los encargados de la compra de los mismos.

## 4.2. REQUERIMIENTOS EQUIPOS TÉCNICOS

La parte técnica (electrónica y biomédica) es muy elemental en el laboratorio ya que permitirá analizar el comportamiento de los sistemas fisiológicos del cuerpo humano y medir los principales parámetros de cada uno de ellos.

De acuerdo con el contenido de la materia de Instrumentación Biomédica se van a realizar prácticas en donde es necesario disponer de amplificadores de

instrumentación con los cuales en un protoboard se van a diseñar circuitos que necesitan alimentación por lo cual es importante tener fuentes de alimentación, y al requerir conocer ciertos parámetros como voltaje, corriente es necesario tener un multímetro.

Posteriormente, se necesitará generar señales para ciertos circuitos, por lo cual se requiere un generador de señales que permita inyectar señales a determinadas frecuencias a los circuitos y mediante un osciloscopio se podrá observar la señal resultante.

Una vez realizada las practicas en el protoboard, se requiere una tarjeta DSPIC, que permita programar al estudiante algoritmos de procesamientos básicos de señales.

A continuación, utilizando las computadoras y las tarjetas de adquisición se podrá obtener señales bioeléctricas del cuerpo humano, y mediante programas especializados se podrán observar, registrar, almacenar y analizar dichas señales.

Para finalizar, es importante que los alumnos conozcan el funcionamiento de equipos médicos por lo cual se utilizara sensores de presión arterial y sensores de temperatura corporal y posteriormente se adquirirá un ecógrafo, permitiendo a los alumnos analizar los datos y señales que se obtienen de cada uno de ellos.

Mediante la utilización de estos equipos, permitirá a los estudiantes estar al tanto de los conocimientos fisiológicos básicos del ser humano, la forma de evaluar sus principales parámetros y tener una idea básica de los principios de funcionamiento de cada uno de los equipos.

Para fortalecer el aprendizaje, algunas de las prácticas que se van realizar se indican a continuación y se detallan los equipos que se utilizaran en cada una de ellas:

▪ Tema: Amplificadores de instrumentación

Objetivos:

- Analizar la estructura interna de los amplificadores de instrumentación.
- Analizar la circuitería externa para configurar el funcionamiento de los amplificadores de instrumentación para tratamiento de señales EEG, ECG.
- Establecer las ventajas de los amplificadores de instrumentación de un fabricante con respecto a otro.

Materiales y equipos:

- Multímetro
- Fuente de alimentación 5 [V]
- Amplificadores de instrumentación

▪ Tema: Filtros para señales bioeléctricas

Objetivos:

- Analizar la estructura de los filtros Chebyshev pasabajos, pasaaltos, y rechaza banda.
- Analizar la estructura de los filtros Butherwork pasabajos, pasaaltos, y rechaza banda.
- Establecer las ventajas de un tipo de filtros con respecto a otro.

Materiales y equipos:

- Multímetro
- Fuente de alimentación 5 [V]
- Osciloscopio

- Amplificadores de instrumentación
  
- Tema: Implementación de un Equipo de Instrumentación Biomédica Básico para Señales ECG

Objetivos:

- Analizar la arquitectura de un equipo de instrumentación para señales ECG.
- Diseño de las diferentes etapas de un equipo de instrumentación Biomédica.
- Implementar el equipo de instrumentación con interface grafica de visualización tipo LED.

Materiales y equipos:

- Multímetro
  - Fuente de alimentación 5 [V]
  - Amplificador de instrumentación
  - LCD grafico
- 
- Tema: Implementación de un Equipo de Instrumentación Biomédica Básico para Señales EEG

Objetivos:

- Analizar la arquitectura de un equipo de instrumentación para señales EEG.
- Diseño de las diferentes etapas de un equipo de instrumentación Biomédica.
- Implementar el equipo de instrumentación con interface grafica de visualización tipo LED.

Materiales y equipos:

- Multímetro

- Fuente de alimentación 5 [V]
  - Amplificador de operación
  - LCD grafico
- 
- Tema: Manejo del sensor de temperatura y del sensor de presión arterial

Objetivo:

- Conocer el funcionamiento del sensor de temperatura y sensor de presión arterial

Equipo:

- Sensor de temperatura corporal
- Sensor de presión arterial

Para conocer un poco más sobre los equipos que se usaran en el laboratorio de Instrumentación Biomédica, se dará una breve explicación y las características técnicas para su adquisición.

#### 4.2.1. Osciloscopio

- Descripción del osciloscopio



Figura. 4.1. Osciloscopio



El osciloscopio es un dispositivo muy útil de medición electrónica para la visualización gráfica que permite representar señales eléctricas variables en el tiempo.

Presenta los valores de las señales eléctricas en forma de coordenadas en una pantalla. El eje vertical, denominado Y, representa el voltaje; mientras que el eje horizontal, denominado X, representa el tiempo. La imagen así obtenida se denomina oscilograma.

Los osciloscopios, clasificados según su funcionamiento interno, pueden ser tanto analógicos como digitales, siendo el resultado mostrado, idéntico en cualquiera de los dos casos.

El osciloscopio puede medir un gran número de fenómenos, provisto del transductor adecuado, un elemento que convierte una magnitud física en señal eléctrica, será capaz de dar el valor de una presión, ritmo cardíaco, potencia de sonido, etc.<sup>23</sup>

El osciloscopio permite:

- Determinar directamente el período<sup>24</sup> y el voltaje de una señal.
- Establecer indirectamente la frecuencia de una señal.
- Definir que parte de la señal es DC y cual AC.
- Localizar averías en un circuito.
- Medir la fase entre dos señales
- Determinar que parte de la señal es ruido y como varía este en el tiempo.

---

<sup>23</sup> El osciloscopio, <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Uso-del-osciloscopio.php>, 29 diciembre 2011

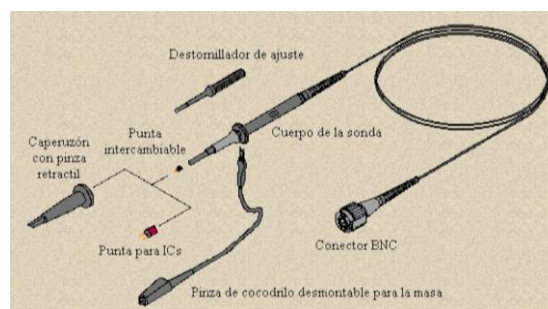
<sup>24</sup> Período: ver glosario

Algunas características que poseen los osciloscopios son:

- Base de tiempos: determina la cantidad de tiempo que se representa en pantalla. Puede variar desde pocos microsegundos hasta algunos segundos.
- Regulador de amplitud: indica los voltios a los que equivale cada división de la pantalla. La tensión de la señal será el resultado de multiplicar la escala seleccionada por el número de divisiones que ocupa la gráfica.
- Canales de entrada: por norma general los osciloscopios poseen varias entradas de señal de alta impedancia lo que permite realizar comparaciones de fase, amplitud o retardo en diferentes partes del circuito.

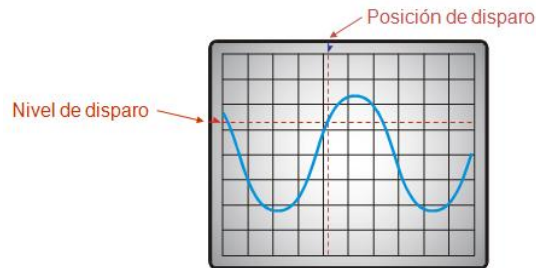
*Funcionamiento del osciloscopio:*

Conectar la punta de prueba al conector de entrada del canal, se recomienda usar la punta de prueba que se muestra en la figura 4.2.



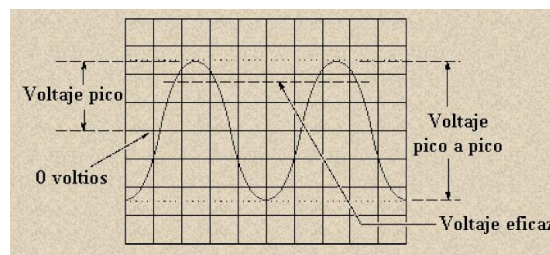
**Figura. 4.2. Punta de prueba**

Antes de realizar las mediciones, es necesario configurar el disparo ya que marca un punto de referencia para la representación de la forma de onda en la pantalla. Tanto el nivel como la posición de disparo se pueden ajustar.



**Figura. 4.3. Disparo (Trigger)**

Al realizar la medida del voltaje, es muy importante que se especifique el tipo de voltaje que se está midiendo como se muestra en la figura 4.4. y que la señal ocupe el máximo espacio de la pantalla para realizar medidas fiables.



**Figura. 4.4. Tipos de voltajes**

Para realizar medidas de tiempo y frecuencia se utiliza la escala horizontal del osciloscopio. La medida de tiempos será más precisa si el tiempo ocupa la mayor parte de la pantalla.

Tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Escala y posición de las formas de onda: se puede cambiar la visualización de las formas de onda ajustando su escala y posición. Al cambiar la escala, la representación de la forma de onda aumenta o reduce su tamaño. Al cambiar la posición, la forma de onda se desplaza hacia arriba, hacia abajo, hacia la derecha o hacia la izquierda.

- Medición de formas de onda: hay varias maneras de tomar medidas.
  - Medida directa en pantalla: para tomar medidas de tensión solo se debe multiplicar el número de divisiones verticales por la escala vertical, y para tomar medidas de tiempo hay que multiplicar el número de divisiones horizontales por la escala horizontal.
  - Cursores: este método permite realizar medidas moviendo los cursores, y tomar sus valores numéricos en las lecturas de la pantalla.
  
- **Determinación de características técnicas**

Para determinar las características técnicas que debe tener el osciloscopio se debe considerar las frecuencias de las señales que se van a utilizar para las prácticas en el laboratorio, las cuales se detallan en la tabla 4.6.

**Tabla. 4.6. Señales que se van a utilizar en el laboratorio**

Señal	Ancho de banda	Unidad	Voltaje	Unidad
ECG	0,01 a 150	Hz	0,5 a 4	mV
EEG	0.5 a 150	Hz	5 a 300	uV
Señales del ecógrafo	2 a 10	Mhz		

Tomando en cuenta estas consideraciones el osciloscopio debe tener un ancho de banda mínimo de 20Mhz, amplitud mínima de 2mV/div – 5mV/div y tiempo mínimo de 2ns/div – 50 ns/div mediante lo cual se tendrá una medición más clara de la señal que se desea observar y se requiere al menos cuatro canales de entrada, ya que se realizara medidas en varias partes del circuito simultáneamente.

Como se colocó seis mesas de trabajo en el laboratorio, se requiere de seis osciloscopios que permitan a los estudiantes la visualización gráfica de las

señales. Las características mínimas que debe tener el osciloscopio son las siguientes:

- Display a color
- Mínimo 4 canales de entrada
- Ancho de banda mínimo: DC 200 MHz
- Funciones matemáticas: suma, resta, producto, FFT (Transformada rápida de Fourier)
- Voltaje de entrada: mínimo 300 Vrms
- Tasa de muestreo en tiempo real: Mínimo 1 GSa/s, 2 GSa/s intercalados
- Sensibilidad
- Amplitud: mínima de 2mV/div – 5mV/div
- Tiempo: mínimo 2ns/div – 50ns/div
- Puerto USB para guardar información en memoria externa FLASH e impresora
- Accesorios: Mínimo dos puntas de prueba, cable de poder, manual de usuario y manual de servicio.

#### 4.2.2. Generador de señal

- Descripción del generador de señal



Figura. 4.5. Generador de señal

Un generador de señal es un dispositivo electrónico que genera señales eléctricas periódicas o no periódicas tanto analógicas como digitales de distintas formas de onda y cuya frecuencia y amplitud pueden seleccionarse.

Las formas de ondas más habituales son la sinusoidal, triangular y cuadrada, aunque existen generadores que proporcionan otro tipo de ondas como rampa, pulso, ruido, etc.

Las frecuencias suelen cubrir un margen que se extiende desde las decimas de Hz hasta las unidades de MHz; además, las amplitudes máximas acostumbran alcanzar unas pocas decenas de voltios.

La función de un generador de señal es producir una señal dependiente del tiempo con características determinadas de frecuencia, amplitud, forma, margen y polaridad. Para usar el generador de señales se debe seleccionar la forma de onda y el rango de frecuencias.

- **Determinación de características técnicas**

Para determinar las características técnicas del generador de señal, se debe tomar en cuenta la forma de onda que se necesita para las prácticas de laboratorio y el rango de frecuencia. Considerando la información detallada en la tabla 4.6 el rango de frecuencias mínimo debe ser de 1uHz a 20Mhz con una resolución de 1uHz y las formas de onda necesarios son senoidal, cuadrada, pulso y cardiaca.

Se requiere seis generadores de señales para el laboratorio de Instrumentación Biomédica, uno para cada mesa de trabajo, los cuales deben tener las siguientes características:

- Cuatro interfaces estándar: USB (Bus universal en serie USB), LAN (Red de área local), RS-232.
- Forma de onda: Senoidal, cuadrada, rampa, pulso, ruido,  $\text{Sen}(x)/x$ , dc, exponencial hacia arriba, exponencial hacia abajo, Cardíaca
- Rango de frecuencia: mínimo de 1 uHz – 40 MHz
- Resolución de frecuencia: 1 uHz
- Amplitud con carga: mínimo 0 – 10 Vpp
- Atenuador: 10 – 20 dB
- Impedancia 50 ohmios
- Voltaje offset dc: mínimo + 5 V
- Ciclo de trabajo variable
- LCD display
- Modulación AM, FM, PM, PWM, FSK
- Conexión de energía AC 110- 120 Vrms, 60 Hz
- Tasa de muestreo: mínimo 100 MSa/s
- Canal de salida: mínimo 1
- Accesorios: cable de poder, manual de usuario y manual de servicio.

#### 4.2.3. Fuente de Alimentación

- Descripción de la fuente de alimentación



Figura. 4.6. Fuente de alimentación

Una fuente de alimentación es un dispositivo electrónico modificador de la electricidad que convierte la tensión alterna de la red del suministro, en una o varias tensiones continuas lo más estables posibles, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta, la tensión de salida puede variarse a través de un mando de control dentro de un determinado margen de valores.

La mayoría de fuentes de alimentación presentan una limitación de la intensidad máxima que pueden proporcionar con la finalidad de proteger los circuitos que se conecten a la fuente. Cuando alcanza este valor máximo, la tensión que proporciona la fuente disminuye de forma que no se supere la intensidad que entrega la misma.<sup>25</sup>

Las especificaciones de una fuente de alimentación son:

- Margen de la tensión de salida: intervalo de valores de la tensión de salida que puede proporcionar la fuente.
- Margen de la corriente de salida: intervalo de corriente que puede suministrar el instrumento.
- Rizado: es la componente alterna presente en la tensión de salida.
- Regulación de la tensión de salida: es la capacidad de la fuente de mantener constante la tensión de salida, con independencia de las variaciones de la corriente que suministra y de las fluctuaciones de la tensión de la red.

---

<sup>25</sup> Viñas, Lluís. Cardona, Josep. Etc. Laboratorio de Electrónica, Curso básico, 3ro edición, Mexico, Alfaomega Grupo Editor, 1997, p. 37 - 41



- Estabilidad: es la capacidad de la fuente de mantener la tensión de salida constante, con independencia del tiempo de funcionamiento y de las condiciones ambientales.

- **Determinación de características técnicas**

La fuente de alimentación se utilizará para energizar los circuitos que se realicen en el laboratorio, la mayoría de integrados requieren alimentación de 5 a 18 V. Con respecto a esto, se señala que el rango de voltaje mínimo debe ser de 0 a 18 V, corriente mínima de 0 a 3.3 A; es indispensable que la fuente disponga de dispositivos de protección para sobrecarga y cortocircuitos.

Para cada grupo de trabajo se requiere una fuente de alimentación, por lo tanto en el laboratorio se debe colocar seis fuentes de alimentación que posean las siguientes características:

- Salida de Voltaje: 1 – 60 V DC
- Salida de corriente: 0 – 3.3 A
- Salida de Potencia nominal: 180W
- Rizado y Ruido (P-P): 30 mV p-p
- Tensión de entrada: 110-240 VAC, 60 Hz
- Tipo de medidor: Display de mínimo 4 dígitos LCD amperímetro, voltímetro y medidor de potencia
- Precisión del Medidor: de  $\pm 1\%$  +2 dígitos
- Dispositivos de protección: Sobrecarga y cortocircuito.
- Accesorios: cable de poder, manual de usuario y manual de servicio.

#### 4.2.4. Multímetro

- Descripción del multímetro



Figura. 4.7. Multímetro

El multímetro, es un instrumento electrónico de medida que combina varias funciones en una sola unidad.<sup>26</sup> Tiene un selector y según su posición permite medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y potenciales (tensiones) o pasivas como resistencias, capacidades y otras. Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una.

Las características principales de un multímetro son:<sup>27</sup>

- Funciones: son las magnitudes que pueden medir.
- Escalas: margen de medida.

<sup>26</sup> Tecnología Básica Central, <http://es.scribd.com/doc/3598472/Multimetro->, 5 de enero 2012

<sup>27</sup> Viñas, Lluís. Cardona, Josep. Etc. Laboratorio de Electrónica, Curso básico, 3ro edición, Mexico, Alfaomega Grupo Editor, 1997, p. 41 - 48

- Resolución: se define como el mínimo incremento detectable de la magnitud de entrada, relativo al mayor valor representable, esta se relaciona con el número de dígitos.
- Sensibilidad: es el mínimo incremento o decremento de la señal de entrada, que produce la variación del valor del dígito menos significativo en una unidad, esta depende de la resolución y de la escala.
- Resistencia de entrada: es la resistencia que presenta el multímetro.
- Errores: el error es inherente al multímetro cometido en un medida suele tener dos componentes: una proporcional al valor medido, que el fabricante da como porcentaje de la lectura, y otra dependiente de la escala elegida, dado como porcentaje el valor de fondo de escala o bien como número de cuentas.

*Para medir la corriente:* El multímetro debe estar en la posición de medición de corrientes, la sonda negra de prueba deberá de estar conectada en la clavija COM, y la sonda roja se conecta en la clavija de amperios de acuerdo a la escala de corriente que se desea utilizar como se muestra en la figura 4.8.

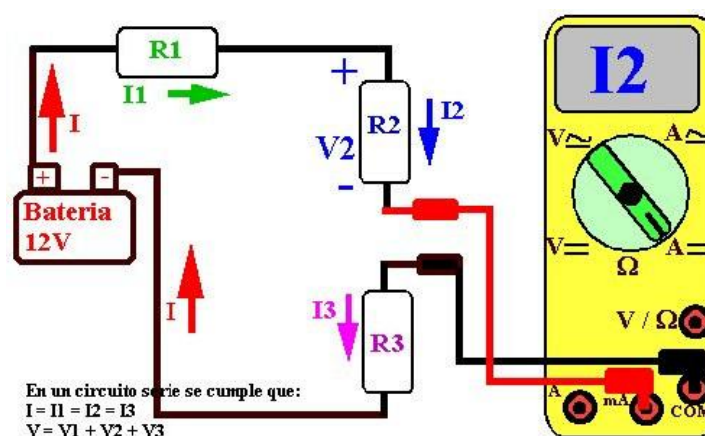


Figura. 4.8. Medición corriente

Para medir corrientes por un circuito se debe intercalar el multímetro dentro del circuito (en serie con los demás elementos). Si no se está seguro de la intensidad que circula, se debe colocar la sonda roja en la clavija A (corrientes grandes).

*Para medir el voltaje:* El multímetro debe de estar en la posición de medición de tensiones, la sonda negra de prueba deberá de estar conectada en la clavija COM, y la sonda roja se conecta en la clavija de  $V\Omega$  como se indica en la figura 49.

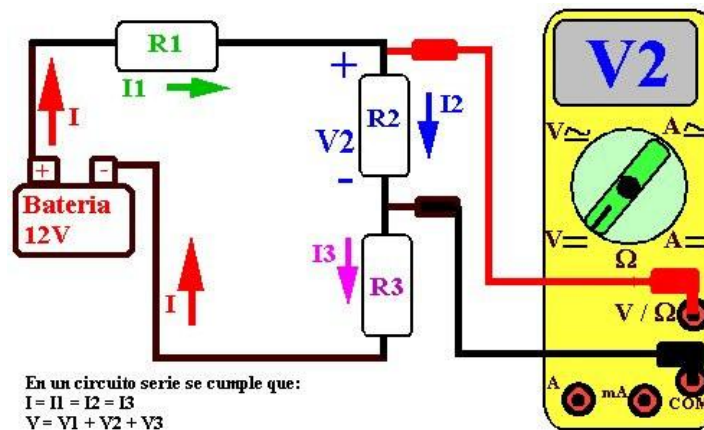


Figura. 4.9. Medición voltaje

Para medir tensiones por un circuito se debe poner las puntas de prueba en paralelo con el elemento a comprobar, de esta forma se obtiene la caída de tensión que se produce en él. Si no se está seguro de la tensión que se va a medir seleccionar la escala de tensiones más grande, disminuyendo la escala hasta que la medida se muestre con todos los dígitos de la pantalla del multímetro.

*Para medir la resistencia:* El multímetro debe de estar en la posición de medición de ohmios, la sonda negra de prueba deberá de estar conectada en la

clavija COM, y la sonda roja se conecta en la clavija V $\Omega$  como se ilustra en la figura 4.10.

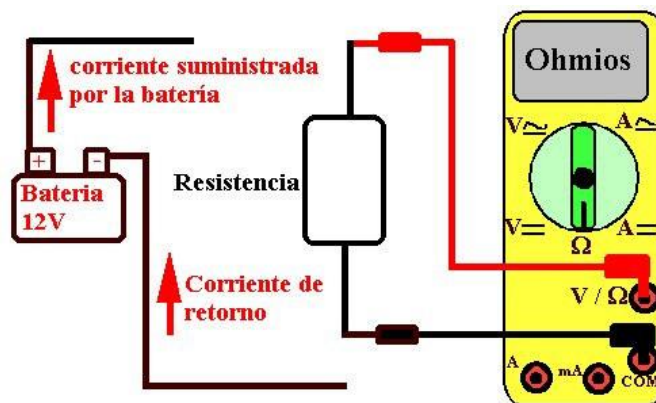


Figura. 4.10. Medición resistencia

Para medir la resistencia de un elemento de un circuito, primero se debe desconectarlo, ya que para medir resistencias el elemento no debe de estar alimentado a ninguna fuente de alimentación.

Se usará una escala intermedia, y se irá subiendo o bajando de escala hasta conseguir que el valor obtenido se muestre en la pantalla con el mayor número de dígitos para que la precisión de la medida sea máxima.

*Para verificar continuidad:* El multímetro debe de estar en la posición de medición continuidad, la sonda negra de prueba deberá de estar conectada en la clavija COM, y la sonda roja se conecta en la clavija V $\Omega$ . Si existe continuidad, se emitirá una señal audible. Si el circuito está abierto, la pantalla indicará "1".

#### ▪ **Determinación de características técnicas**

Para elegir el multímetro apropiado, se debe tomar en cuenta que las mediciones deben ser casi exactas, por lo cual se necesita un multímetro que tenga una gran precisión, que permita medir tensión CC y CA máximo 600V con una resolución máximo de 1mV, corriente CC y CA máximo 10 A con una resolución máxima de 1A, frecuencia máximo 50Hz con una resoluciones máxima de 0.01Hz. Se requieren seis multímetros uno para cada mesa y deben tener las características que se indican a continuación:

- Tensión CC: Rango máximo 600 V, resolución máxima 1mV, precisión 0,5%
- Tensión CA: Rango máximo 600V, resolución 1mV
- Resistencia: máximo 40M $\Omega$ , resolución máxima 0,1 $\Omega$ , precisión 0,9%
- Corriente CC: máximo 10 A, resolución 1A
- Corriente CA: máximo 10 A, resolución 0,01A
- Rango de frecuencia: máximo 50Khz, resolución 0.01Hz
- Rango de capacitancias: máximo 10000uF, resolución 1nF, precisión 1.9%
- Pruebas de continuidad/diodos: Si
- Accesorios: manual de usuario, manual de servicio y puntas de prueba.

#### 4.2.5. Tarjeta de adquisición

##### ▪ **Descripción de la tarjeta de adquisición**

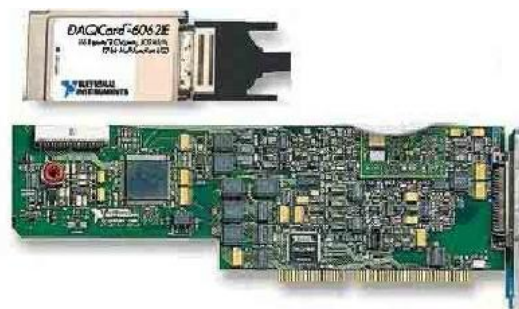


Figura. 4.11. Tarjeta de adquisición

Actualmente, las computadoras digitales y otros dispositivos basados en microprocesadores han reemplazado las tecnologías de despliegue y registro analógicas hasta las más simples aplicaciones de adquisición de datos.

Una vez obtenida la señal en un intervalo adecuado de voltaje, ésta pasa a través de una puerta electrónica que la reconoce y la transfiere al medio de control para la visualización, registro y almacenamiento. Esta puerta es la tarjeta de adquisición, que puede manejar tanto entradas analógicas como digitales, dependiendo de sus características de fabricación.

Las especificaciones básicas de una tarjeta de adquisición incluyen:

- Número de canales: el número de puertas de entrada para las señales proveniente de los transductores.
- Resolución: correspondiente al número de bits con que se puede representar un valor.
- Velocidad de muestreo: relacionada con el número de datos adquiridos en un segundo.
- Intervalo de entrada de voltaje permitido: es decir, los ajustes a los valores mínimos y máximos de la amplitud de la vibración.<sup>28</sup>

Aunque la tarjeta de adquisición recibe sólo valores de voltaje, ésta puede ser configurada para hacer compatibles los valores de entrada con las unidades propias del fenómeno medido, con objeto de preparar la etapa de análisis de los datos.

---

<sup>28</sup> Tarjeta de adquisición, <http://es.scribd.com/doc/56601841/7/Tarjeta-de-adquisicion>, 6 de enero 2012

La tarjeta de adquisición puede colocarse dentro o fuera de una computadora, o ser parte integral de la misma, en el caso de un equipo especializado.

#### ▪ **Determinación de características técnicas**

Para la adquisición de señales bioeléctricas se va a utilizar la tarjeta de adquisición que debe contar mínimo con 16 entradas análogas con una resolución mínima de 16 bits, mínimo 2 salidas análogas y mínimo 24 E/S digitales bidireccionales. Para poder utilizar la tarjeta de adquisición en varias computadoras para mayor facilidad el tipo de conexión debe ser mediante puerto USB.

Las características básicas que debe tener son las siguientes:

- Tipo de conexión a la PC: Mediante puerto USB
- Mínimo 16 entradas análogas, tasas de muestreo mínimo 500 kS/s, resolución mínima 16 bits de resolución, rango amplitud mínima de entrada  $\pm 10V$
- Mínimo 2 salidas análogas, tasa de muestreo mínimo 900 kS/s, resolución mínima de 16 bits, rango amplitud mínima de salida  $\pm 10 V$
- Mínimo 24E/S digitales bidireccionales (8 temporizadores por hardware de hasta 1MHz)
- Mínimo 4 contadores/temporizadores de 32 bits para frecuencia, codificador, PWM, contador de eventos y mas
- Soporte para Windows 7/XP/Vista
- Accesorios: Manual de operación, CD-ROM con software y cable



#### 4.2.6. Sensor de presión arterial

- **Descripción del sensor de presión arterial**



**Figura. 4.12. Sensor de presión arterial**

En la actualidad se han desarrollado sistemas automáticos o semiautomáticos para medir la presión sanguínea. La mayoría utiliza un transductor de presión conectado al brazalete del esfigmomanómetro, un micrófono que se encuentra debajo del brazalete sobre la arteria, y un sistema de registro de variables fisiológicas en el cual se registran la presión del brazalete y los sonidos de Korotkoff, sonidos producidos por la turbulencia que se produce cuando se hincha el brazalete hasta una presión que se mantiene solo parcialmente la arteria braquial.

El brazalete de presión se hincha automáticamente hasta aproximadamente 200 mm de Hg y luego se deja desinflar lentamente. El micrófono capta los sonidos de Korotkoff de la arteria cerca de la superficie, justo por debajo del brazalete de compresión.

Los aparatos automatizados utilizan un circuito de detección de señal para determinar la aparición del primer sonido de Korotkoff y del último, y conservar y

presentar la presión del brazalete medida en estos puntos, de manera electrónica. Estos aparatos son más susceptibles a indicaciones falsas producidas por perturbaciones.

Muchos de los medidores de presión sanguínea comercializados funcionan bien cuando se prueban con una persona sana, en reposo, pero fallan cuando se utilizan para medir la presión sanguínea durante una actividad o cuando se emplean pacientes con un shock circulatorio.

#### ▪ **Determinación de características técnicas**

Para las prácticas de laboratorio se necesita que el sensor de presión arterial sea de muñeca para facilitar al alumno al momento de realizar la medición y que el método de medición sea oscilométrico, sus rangos de presión mínimo de 0 a 299mmHg y de pulso mínimo de 40 a 180 latidos/min; es importante que disponga de conectividad a la PC mediante puerto USB para almacenar los datos de cada persona, para luego analizarlos.

Se necesitan seis sensores de presión arterial uno para cada grupo de trabajo, que tenga estas características:

- Sensor de presión arterial de muñeca
- Pantalla LCD Dot Matrix gráfico mínimo de 64x32 pixeles
- Medición: Método oscilométrico
- Rango de Medición: Presión: mínimo 0 a 299 mmHg  
Pulso: mínimo 40 – 180 latidos/min
- Precisión: Presión: Máximo  $\pm 3$  mmHg  
Pulso: Máximo de  $\pm 5\%$  de la lectura
- Inflado: Automático con bomba
- Desinflado: Automático rápido

- Conectividad a la PC mediante puerto USB
- Accesorios: Manual de operación, CD-ROM con software y cable USB

#### 4.2.7. Sensor de temperatura corporal

- Descripción del sensor de temperatura corporal



Figura. 4.13. Sensor de temperatura corporal

Existen termómetros infrarrojos para el margen de temperaturas fisiológicas y se pueden utilizar para localizar cáncer de mama y otras fuentes de calor ocultas. Se pueden emplear además para detectar zonas de circulación disminuida y otras fuentes de enfriamiento, así como para medir las variaciones de la temperatura cutánea que reflejan los efectos de cambios circulatorios en el organismo.

Por lo general la temperatura de la piel puede oscilar varios grados de un punto a otro, el margen va de 29.4 a 35 °C. Los factores pueden ser la exposición a la temperatura ambiente, capa de grasa sobre las zonas capilares, y las distribuciones circulatorias locales entre otros. Las medidas de la temperatura de la piel se emplean frecuentemente para detectar o localizar defectos en el sistema

circulatorio mediante la aparición de diferencias en su distribución entre las dos mitades del cuerpo.

Se ha encontrado que la piel humana es un emisor casi perfecto de rayos infrarrojos. Es capaz de emitir energía infrarroja proporcionalmente a la temperatura superficial en cualquier punto del cuerpo, un instrumento sensible a la radiación infrarroja puede obtener con precisión la temperatura superficial.

- **Determinación de características técnicas**

El sensor de temperatura corporal la medición la debe realizar sin contacto al cuerpo por lo cual se requiere un sensor infrarrojo, debido a que la temperatura normal del cuerpo va de 35.0°C a 37.5°C, se necesita un rango mínimo de medición de 32.0°C a 42.5°C, con una precisión de  $\pm 0.3^\circ\text{C}$  y una respuesta máxima de 1 segundo.

Para que las prácticas donde sea necesario utilizar el sensor de temperatura corporal se realicen de la mejor manera, es indispensable disponer de seis equipos, uno para cada mesa de trabajo con las siguientes características:

- Termómetro infrarrojo medición sin contacto corporal
- Pantalla LCD grafica minimo de 32x16 pixeles
- Rango de medición: minimo de 32.0°C a 42.5°C
- Rango de temperatura superficial: minimo de 0 a 60°C
- Indicación del valor de la medición en C y F
- Resolución de pantalla: máximo de 0.1°C
- Precisión:  $\pm 0.3^\circ\text{C}$
- Tiempo de respuesta máxima de 1 segundo

#### 4.2.8. Amplificador de Instrumentación

- **Descripción del amplificador de instrumentación**

Los amplificadores de instrumentación tienen la ventaja de que se los puede obtener por separado, las unidades del amplificador están diseñadas para la amplificación de banda ancha, desde corriente continua hasta 10 kHz. El amplificador es del tipo aislado de masa que elimina un posible peligro de shock para el paciente aislándolo de manera que la corriente a través de su organismo no exceda 2  $\mu$ A.

El amplificador da una señal de excitación de salida separada para el equipo de monitorización periférico, como son los registradores de cinta, osciloscopios y computadores.

- **Determinación de características técnicas**

Los amplificadores de instrumentación son muy importantes dentro de las prácticas de laboratorio, ya que permitirán diseñar circuitos que luego serán implementados en un protoboard, por esta razón se requieren amplificadores de 8 pines, con empaquetado tipo DIP. Se dispondrá un amplificador de operación por cada grupo de trabajo que tenga las siguientes características básicas:

- Cerámico de 8 pines
- Empaquetado tipo DIP
- Rango mínimo de alimentación de voltaje:  $\pm 18$  V
- Mínima diferencia de voltaje de entrada:  $\pm 25$  V

### 4.2.9. Tarjeta de desarrollo DSPIC

- Descripción de la tarjeta DSPIC

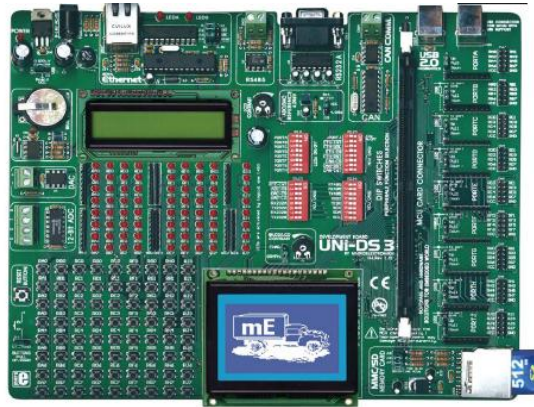


Figura. 4.14. Tarjeta DSPIC

El sistema de desarrollo dsPIC es una placa de desarrollo completo para microcontroladores dsPIC. Está diseñado para poner a prueba con facilidad y explorar las capacidades de los microcontroladores dsPIC. También permite a los microcontroladores dsPIC una interfaz con circuitos externos independientes y una amplia gama de dispositivos periféricos. Para que el usuario pueda concentrarse en el desarrollo de software.

La tarjeta de entrenamiento tiene implementado, diversos periféricos y salidas por conectores que pueden ser usados para diferentes aplicaciones y serán controladas según el código del programa desarrollado por el usuario y que ha sido grabado en el dsPIC de la tarjeta. La tarjeta viene provista de conectores apropiados para salidas de las señales de control para diferentes aplicaciones.

Para poder trabajar con la tarjeta de entrenamiento primero se deben configurar adecuadamente los puentes de habilitación para los periféricos que requiera usarse.

- **Determinación de características técnicas**

Para las prácticas de laboratorio se utilizara la tarjeta DSPIC cuando sea de programar para lo cual debe soportar microcontroladores 64-80 pines de la familia dsPIC30F, se requiere que tenga mínimo dos conectores RS232, mínimo un modulo Ethernet, un conector para sensor de temperatura, dips switchs que permitan habilitar leds de prueba y pulsadores.

Se dispondrá de una tarjeta DSPIC por cada grupo de trabajo con las siguientes características:

- Fuente de Alimentación externa 110V/220V con salida mínimo de 9-32 V AC/DC
- Programador USB 2.0 incluido
- Conector RS232 mínimo dos
- Referencia del voltaje de la fuente: mínimo 4.1 V
- Mínimo un Módulo Ethernet incluido
- LCD mínimo de 2x16
- Mínimo un conector para sensor de temperatura
- Reloj a tiempo real
- Mínimo un Módulo DAC
- Módulo RS485
- Módulo CAN
- Mínimo 4 DIP switch para habilitar/deshabilitar Leds de prueba
- Soporte para microcontroladores de 64-80 pines de la familia dsPIC30F
- Mínimo una ranura para tarjeta multimedia MMC/SD
- Mínimo 10 pulsadores
- Disponga de un controlador para panel táctil
- Accesorios: 2x16 LCD con modo de 4 bits, dsPIC 30F6014A, LCD gráfico de 128x64 pixeles, tarjeta MMC/SD de 128MB.

### 4.3. COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS

Para realizar el comparativo de tecnologías, es necesario determinar los requerimientos para cada uno de los equipos los cuales se señalan desde la tabla 4.7 a la 4.15, y el presupuesto que se tiene para los equipos, el cual se muestra en la tabla 4.16.

**Tabla. 4.7. Requerimiento osciloscopio**

<b>6 Osciloscopio</b>
Display a color
Mínimo 4 canales de entrada
Ancho de banda mínimo: DC 200 MHz
Funciones matemáticas: suma, resta, producto, FFT
Voltaje de entrada: mínimo 300 Vrms
Tasa de muestreo en tiempo real: Mínimo 1 GSa/s, 2 GSa/s
Sensibilidad
Amplitud: mínima de 2mV/div – 5mV/div
Tiempo: mínimo 2ns/div – 50ns/div
Puerto USB para guardar información en memoria externa FLASH e impresora
Puerto serial
Monitor LCD mínimo de 18.5"

**Tabla. 4.8. Requerimiento generador de señal**

<b>6 Generador de señales</b>
Cuatro interfaces estándar: USB (Bus universal en serie USB), LAN (Red de area local), RS-232.
Forma de onda: Senoidal, cuadrada, rampa, pulso, ruido, Sen(x)/x, dc, exponencial hacia arriba, exponencial hacia abajo, Cardíaca
Rango de frecuencia: mínimo de 1 uHz – 40 MHz
Resolución de frecuencia: 1 uHz
Amplitud con carga: mínimo 0 – 10 Vpp
Atenuador: 10 – 20 dB
Impedancia 50 ohmios
Voltaje offset dc: mínimo + 5 V
Ciclo de trabajo variable
LCD display
Modulación AM, FM, PM, PWM, FSK
Conexión de energía AC 110- 120 Vrms, 60 Hz
Tasa de muestreo: mínimo 100 MSa/s
Canal de salida: mínimo 1



Tabla. 4.9. Requerimiento fuente de alimentación

<b>6 Fuentes de alimentación</b>
Salida de Voltaje: 1 – 60 V DC
Salida de corriente: 0 – 3.3 A
Salida de Potencia nominal: 180W
Rizado y Ruido (P-P): 30 mV p-p
Tensión de entrada: 110-240 VAC, 60 Hz
Tipo de medidor: Display de mínimo 4 dígitos LCD amperímetro, voltímetro y medidor de potencia
Precisión del Medidor: de $\pm 1\%$ +2 dígitos
Dispositivos de protección: Sobrecarga y cortocircuito.

Tabla. 4.10. Requerimiento multímetro

<b>6 Multímetros</b>
Tensión CC: Rango máximo 600 V, resolución máxima 1mV, precisión 0,5%
Tensión CA: Rango máximo 600V, resolución 1mV
Resistencia: máximo 40M $\Omega$ , resolución máxima 0,1 $\Omega$ , precisión 0,9%
Corriente CC: máximo 10 A, resolución 1A
Corriente CA: máximo 10 A, resolución 0,01A
Rango de frecuencia: máximo 50Khz, resolución 0.01Hz
Rango de capacitancias: máximo 10000uF, resolución 1nF, precisión 1.9%
Pruebas de continuidad/diodos: Si

Tabla. 4.11. Requerimiento tarjeta de adquisición

<b>6 Tarjetas de adquisición</b>
Tipo de conexión a la PC: Mediante puerto USB
Mínimo 16 entradas análogas, tasas de muestreo mínimo
Mínimo 2 salidas análogas, tasa de muestreo mínimo 900 kS/s, resolución mínima de 16 bits, rango amplitud mínima de salida $\pm 10$ V
Mínimo 24E/S digitales bidireccionales (8 temporizadores por hardware de hasta 1MHz)
Mínimo 4 contadores/temporizadores de 32 bits para frecuencia, codificador, PWM, contador de eventos y mas
Soporte para Windows 7/XP/Vista

Tabla. 4.12. Requerimiento sensor de presión arterial

<b>6 Sensores de presión arterial</b>
Sensor de presión arterial de muñeca
Pantalla LCD Dot Matrix gráfico mínimo de 64x32 pixeles
Medición: Método oscilométrico
Rango de Medición: Presión: mínimo 0 a 299 mmHg
Pulso: mínimo 40 – 180 latidos/min
Precisión: Presión: Máximo $\pm 3$ mmHg
Pulso: Máximo de $\pm 5\%$ de la lectura
Inflado: Automático con bomba
Desinflado: Automático rápido
Conectividad a la PC mediante puerto USB

Tabla. 4.13. Requerimiento sensor de temperatura corporal

<b>6 Sensores de temperatura corporal</b>
Termómetro infrarrojo medición sin contacto corporal
Pantalla LCD grafica minino de 32x16 pixeles
Rango de medición: minino de 32.0°C a 42.5°C
Rango de temperatura superficial: minino de 0 a 60°C
Indicación del valor de la medición en C y F
Resolución de pantalla: máximo de 0.1°C
Precisión: $\pm 0.3$ °C
Tiempo de respuesta máxima de 1 segundo

Tabla. 4.14. Requerimiento tarjeta DSPIC

<b>6 Tarjetas DSPIC</b>
Fuente de Alimentación externa 110V/220V con salida mínimo de 9-32 V AC/DC
Programador USB 2.0 incluido
Conector RS232 mínimo dos
Referencia del voltaje de la fuente: mínimo 4.1 V
Mínimo un Módulo Ethernet incluido
LCD mínimo de 2x16
Mínimo un conector para sensor de temperatura.
Reloj a tiempo real
Mínimo un Módulo DAC
Módulo RS485
Módulo CAN
Mínimo 4 DIP switch para habilitar/deshabilitar Leds de prueba
Soporte para microcontroladores de 64-80 pines de la familia dsPIC30F
Mínimo una ranura para tarjeta multimedia MMC/SD
Mínimo 10 pulsadores
Disponga de un controlador para panel táctil

Tabla. 4.15. Requerimiento amplificador de instrumentación

<b>6 Amplificadores de instrumentacion</b>
Cerámico de 8 pines
Empaquetado tipo DIP
Rango mínimo de alimentación de voltaje: $\pm 18$ V
Mínima diferencia de voltaje de entrada: $\pm 25$ V

Tabla. 4.16. Presupuesto equipos

<b>Nombre</b>	<b>Precio Total</b>
Osciloscopio digital	18.000,00
Generador de señales EEG:	6.000,00
Sensor de presión arterial	
Sensor de temperatura corporal	
Tarjeta de desarrollo DSPIC	
Fuente de alimentación	4.800,00
Multímetro	1.399,98
Generador de señales ECG:	6.000,00
Tarjeta para generador	
Generador de señales de audio	10.200,00
	<b>46.399,98</b>

Tomando en cuenta los requerimientos para el laboratorio de Instrumentación Biomédica, se solicito proformas a proveedores con las cuales se realizara un comparativo tecnológico para determinar los equipos más óptimos.

#### 4.3.1. Osciloscopio

Las dos opciones que se tiene para el osciloscopio se muestran en la tabla 4.17., las cuales cumplen con las características anteriormente mencionadas.

Tabla. 4.17. Análisis osciloscopio

	<b>OPCIÓN A</b>	<b>OPCIÓN B</b>
<b>Marca</b>	TEKTRONIX	LECROY
<b>Modelo</b>	TDS2024C	WAVEACE 224
<b>Canales de entrada</b>	4	4
<b>Ancho de banda</b>	200MHz	200MHz
<b>Tasa de muestreo</b>	2.0 GS/s	2 GS/s (intercalados) 1 GS/s (todos los canales)
<b>Amplitud</b>	2 mV a 200 mV/div +2 V >200 mV a 5 V/div +50 V	2 mV/div–5 V/div
<b>Tiempo</b>	2.5 ns a 50 s/div	2.5 ns a 50 s/div
<b>Puerto</b>	2 puertos USB	1 puerto USB
<b>Precio</b>	3.600,00	3.515,00



Figura. 4.15. Opción A Osciloscopio



Figura. 4.16. Opción B Osciloscopio

Tomando en cuenta el presupuesto y los costos de los osciloscopios solo se puede adquirir cinco equipos, ya sea la opción A o B. La única diferencia es la cantidad de puertos USB. Las dos opciones son aptas para el laboratorio.

#### 4.3.2. Generador de señal

Se tiene dos opciones para el generador de señal, que poseen las características adecuadas para el laboratorio. Se muestran en la tabla 4.18.

Tabla. 4.18 Análisis generador de señal

	<b>OPCIÓN A</b>	<b>OPCIÓN B</b>
<b>Marca</b>	BK PRECISION	RIGOL
<b>Modelo</b>	4085	DG3121A
<b>Forma de ondas</b>	Senoidal, cuadrada, rampa, pulso, ruido, logaritmica, dc, exponencial hacia arriba, exponencial hacia abajo, cardiaca, Sen(x)/x	Senoidal, cuadrada, rampa, pulso, ruido, Sen(x)/x, dc, exponencial hacia arriba, exponencial hacia abajo, Cardiaca
<b>Rango de frecuencia</b>	1 $\mu$ Hz - 40MHz	1 uHz – 40 MHz
<b>Resolución de frecuencia</b>	1 $\mu$ Hz	1 uHz
<b>Amplitud con carga</b>	3 Vpp	10 Vpp
<b>Impedancia</b>	50 $\Omega$	50 $\Omega$
<b>Modulacion</b>	AM, FM, PM, PWM, FSK	AM, FM, PM, PWM, FSK
<b>Tasa de muestreo</b>	200MSa/s	100 MSa/s
<b>Canal de salida</b>	1	1
<b>Precio</b>	1.810,00	2.200,00



Figura. 4.17. Opción A Generador Señal



Figura. 4.18. Opción B Generador Señal

Considerando el presupuesto que se tiene que es de 10200 dólares, las dos opciones tienen las características requeridas pero solo se pueden adquirir cinco equipos ya sea la opción A o B.

### 4.3.3. Fuente de alimentación

Para el caso de fuente de alimentación se tiene dos opciones, que cumplen con las características que se requieren para el laboratorio, las cuales se indican en la tabla 4.19.

Tabla. 4.19. Análisis fuente de alimentación

	OPCIÓN A	OPCIÓN B
<b>Marca</b>	BK PRECISION	FULWAT
<b>Modelo</b>	1698	PREMIER-33.1
<b>Salida de voltaje</b>	1-60V	1-60V
<b>Salida de corriente</b>	0-3.3A	0-3.3A
<b>Rizado y Ruido</b>	25mV	30mV
<b>Tipo de medidor</b>	Display de mínimo 4 dígitos LCD amperímetro, voltímetro y medidor de potencia	Display de mínimo 4 dígitos LCD amperímetro, voltímetro y medidor de potencia
<b>Precisión del medidor</b>	±1.5% + 2 dígitos	±1% +2 dígitos
<b>Precio</b>	472,00	550,00



Figura. 4.19. Opción A Fuente de A.



Figura. 4.20. Opción B Fuente de A.

La opción A y B son adecuadas para el laboratorio de Instrumentación Biomédica. La única diferencia entre las dos es la precisión del medidor la opción A tiene ±1.5%, en cambio la opción B tiene ±1%, tiene una diferencia de ±0.5% que no es considerable. Se dispone de un presupuesto de 4800 dólares para la adquisición de las fuentes, por tal motivo se puede adquirir seis fuentes de alimentación.

#### 4.3.4. Multímetro

Con respecto al multímetro se tiene dos opciones que se adaptan a las características requeridas, se muestran en la tabla 4.20.

Tabla. 4.20. Análisis multímetro

	OPCIÓN A	OPCIÓN B
<b>Marca</b>	PROSKIT	FLUKE
<b>Modelo</b>	MT1232	115
<b>Voltaje DC</b>	400mV/4V/40V/400V ±0.5% 600V ±1.0%	600V±0.5%
<b>Voltaje AC</b>	4V/40V/400V ±0.8% 600V ±1.0%	600V ±1.0%
<b>Corriente DC</b>	400µA/4000µA ±1.0% 40mA/400mA ±1.0% 10A ± 1.2%	10A ± 1.0%
<b>Corriente AC</b>	400µA/4000µA ±1.5% 40mA/400mA ± 1.5% 10A ± 2.5%	10A ± 1.5%
<b>Resistencia</b>	400Ω ±0.8% 4kΩ/40 kΩ/400kΩ/4MΩ ±0.8% 40MΩ ±1.2%	40MΩ ±0.9%
<b>Frecuencia</b>	1Hz/10Hz/100Hz ±0.5% 1kHz/10kHz/100kHz ± 0.5% 1MHz/10MHz ± 0.5%	50KHz ±0.1%
<b>Capacitancia</b>	4nF ± 0.5% 40nF/400nF/4µF/40µF ± 3.5% 100µF ± 5.0%	10000 µF ±1.9%
<b>Precio</b>	80,00	223,00



Figura. 4.21. Opción A Multímetro



Figura. 4.22. Opción B Multímetro

La opción más apropiada para el laboratorio de Instrumentación Biomédica, es la opción B, ya que el rango de error es mucho menor, de esta manera las medidas que se realicen serán más correctas y se asemejaran más a la realidad. Se pueden adquirir seis multímetros con el presupuesto que se tiene.

### 4.3.5. Tarjeta de adquisición

Tomando en cuenta las características básicas que se requieren, se dispone de dos opciones que se detallan en la tabla 4.21.

Tabla. 4.21. Análisis tarjeta de adquisición

	<b>OPCIÓN A</b>	<b>OPCIÓN B</b>
<b>Marca</b>	National Instruments	National Instruments
<b>Modelo</b>	USB-6341	USB-6341
<b>Tipo de conexión</b>	USB	USB
<b>Entradas analógicas</b>	16	16
<b>Salidas analógicas</b>	2	2
<b>E/S digitales bidireccionales</b>	24	24
<b>Contadores/ Temporizadores</b>	4	4
<b>Sistema Operativo</b>	Windows 7/XP/Vista	Windows 7/XP/Vista
<b>Precio</b>	2.000,00	2.500,00



Figura. 4.23. Opción A T. de Adquisición

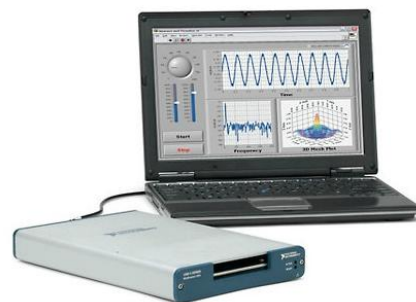


Figura. 4.24. Opción B T. de Adquisición

Las dos tienen las características requeridas, pero debido al costo se elegirá la opción A y se podrá adquirir tres tarjetas para el laboratorio.



### 4.3.6. Sensor de presión arterial

Con respecto al sensor de presión arterial se considero dos opciones que cumplen con las características que se requieren para la realización de las prácticas, se señala en la tabla 4.22.

Tabla. 4.22. Análisis sensor de presión arterial

	OPCIÓN A	OPCIÓN B
<b>Marca</b>	ROSSMAX	ADC
<b>Modelo</b>	S150	6015
<b>Método de medición</b>	Oscilometrico	Oscilometrico
<b>Rango de presión</b>	40-250 mmHG	20 - 280 mmHg
<b>Rango de pulso</b>	40-199 latidos	40 - 180 latidos
<b>Precisión presión</b>	±3mmHg	±3mmHg
<b>Precisión pulso</b>	±5%	±5%
<b>Inflado</b>	Automático	Automático
<b>Desinflado</b>	Válvula de purga de aire automática	Automático
<b>Mediciones</b>	30 últimas mediciones	30 últimas mediciones
<b>Precio</b>	40,00	60,00



Figura. 4.25. Opción A Presión Arterial



Figura. 4.26. Opción B Presión Arterial

Las dos opciones son adecuadas para usar en el laboratorio de Instrumentación Biomédica, pero la más óptima es la opción B ya que tiene un mayor rango de presión. Se dispondrá de un sensor para cada mesa de trabajo.

### 4.3.7. Sensor de temperatura corporal

Se considero dos opciones para el sensor de temperatura corporal, las cuales se muestran en la tabla 4.23.

Tabla. 4.23. Análisis sensor de temperatura corporal

	OPCIÓN A	OPCIÓN B
<b>Marca</b>	ADC	Riester
<b>Modelo</b>	424	Ri-Thermo
<b>Parte del cuerpo</b>	Oido	Oido
<b>Rango</b>	32° C - 42,2 ° C	0° C - 100° C
<b>Precisión</b>	±0.1°C	±0.2°C
<b>Escala</b>	°C°/F	°C°/F
<b>Pantalla</b>	6mm con Nite glow	LCD
<b>Tiempo de respuesta</b>	1 segundo	1 - 2 segundos
<b>Memoria</b>	Última lectura	12 últimas medidas
<b>Precio</b>	42,00	97,50



Figura. 4.27. Opción A Sensor Temperatura    Figura. 4.28. Opción B Sensor Temperatura

Las dos opciones son apropiadas para el laboratorio, ya que poseen rangos de medición similares al igual que la precisión y tiempo de respuesta, la diferencia no es muy amplia. Se tendrá para cada grupo de trabajo un sensor de temperatura para que realicen las prácticas de la mejor manera.

### 4.3.8. Tarjeta de desarrollo DSPIC

Con respecto a la tarjeta de adquisición se tiene dos opciones, que se adaptan a las características antes mencionadas. Las opciones se observan en la tabla 4.24.

Tabla. 4.24. Análisis tarjeta de desarrollo DSPIC

	OPCIÓN A	OPCIÓN B
<b>Marca</b>	MIKROELETRONICA	MIKROELETRONICA
<b>Modelo</b>	UNI-DS3	dsPICPRO4
<b>Programados USB</b>	Incluido	Incluido
<b>Sensor de temperatura</b>	Si	Si
<b>Conector RS232</b>	2	2
<b>Modulo ethernet</b>	1	1
<b>GRAPHIC LCD</b>	128x64	128x64
<b>Modulo RS485</b>	Si	Si
<b>Modulo CAN</b>	Si	1
<b>DIP switch</b>	32	32
<b>Microcontroladores</b>	64-80 pines	64-80 pines
<b>Ranura tarjeta MMC/SD</b>	1	1
<b>Pulsadores</b>	63	67
<b>Panel Tactil</b>	1	1
<b>Precio</b>	500,00	650,00



Figura. 4.29. Opción A Tarjeta DSPIC



Figura. 4.30. Opción B Tarjeta DSPIC

Las dos opciones son indicadas para el laboratorio. Se adquirirán seis tarjetas DSPIC.

#### 4.4. NORMATIVA PARA LA INSTALACIÓN DE EQUIPOS

Para la instalación de equipos es necesario tomar en cuenta ciertas normas de seguridad:

- Aislamiento adecuado de las partes en contacto con el usuario.
- Respetar las capacidades de corriente de cada dispositivo.
- Preferir adquirir aquellos dispositivos que cumplen con normas de seguridad y/o que tengan sellos de calidad.

##### Aislamiento adecuado de las partes en contacto con el usuario

Evitar:

- Cableados en el aire, con posibilidad de contacto ante el tránsito de personas.
- Empotramientos de conductores sin tubería conduit.
- Placas rotas o colgando fuera del soporte.
- Conexión al tomacorriente utilizando cables sin enchufes.



Figura. 4.31. Aislamiento inadecuado de las partes en contacto con el usuario

## Respetar la máxima capacidad de corriente en los dispositivos

Implica:

- Tomar en cuenta los datos nominales del interruptor o tomacorriente dados por el fabricante.

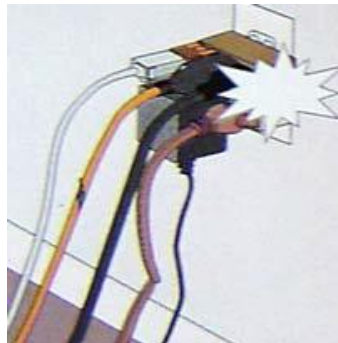


Figura. 4.32. Mal uso de los tomacorrientes

Para la instalación de los equipos es necesario leer los manuales de cada uno de ellos, en los cuales se indicará paso a paso lo que se debe realizar para su correcta instalación.

Algunos aspectos que se encontrarán en los mismos son:

- Normas que se deben seguir:
  - Usar el cable de alimentación apropiado designado para cada equipo
  - Conectar a tierra el instrumento
- Requisitos de alimentación de los equipos
  - Voltaje de línea
  - Frecuencia<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Frecuencia: ver glosario

- Potencia
- Requisitos de ventilación
  - Las áreas de entrada y salida deben estar libres de obstrucciones.
  - Se precisa un flujo de aire sin restricciones para una buena refrigeración.
- Pasos para empezar a utilizar cada uno de los equipos e instalar el software correspondiente

### **Seguridad eléctrica en los equipos médicos**

La tecnología médica ha aumentado considerablemente la seguridad de los equipos y ha reducido los riesgos debidos al manejo y utilización. En la actualidad, en las aplicaciones médicas los niveles de seguridad que deben reunir los sistemas de instrumentación están normalizados. Resulta obvio que no puede asegurarse un riesgo nulo en el uso del equipo, sin embargo, una adecuada utilización de los mismos por usuarios instruidos minimiza los riesgos eléctricos y aumenta la seguridad del paciente.

De todas formas, el aumento de la complejidad de los dispositivos médicos y su manejo provoca un número considerable de daños a pacientes. La mayoría de estos daños se pueden atribuir a un uso inadecuado del equipo o falta de experiencia en su manejo. Por lo tanto, suponiendo que el equipo puede fallar, deben desarrollarse sistemas de seguridad lo más fiables posibles.

- Principales accidentes
  - Equipos en mal estado
  - Cableado defectuoso

- Corrientes de fuga en los equipos se pueden ocasionar por las siguientes causas:
  - ✓ Fallas de aislamiento en cables
  - ✓ Acoplamientos electromagnéticos
  - ✓ Fallas del sistema eléctrico y las propias de los equipos electrónicos, así éstos trabajen perfectamente.
  
- Accidentes debido al error humano
  - Falsa maniobra
  - Error en la manipulación de los contactos y protección de los equipos mal puestos o mal protegidos.

Cuando se desea adquirir o diseñar un equipo biomédico, no sólo deben tenerse en cuenta especificaciones relacionadas con el objetivo de la medida a realizar, sino también que desde el punto de vista de la seguridad debe evitarse o minimizarse el peligro de descarga eléctrica o choque eléctrico por parte del paciente o del personal que pueda utilizarlo o entrar en contacto con él.

Existen varios organismos e instituciones que se dedican a establecer los niveles de seguridad y comprobar que estos se cumplan antes de homologarlos. Entre ellos:

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación)
- IEC (International Electrotechnical Commission)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

Del estudio realizado sobre riesgos de los pacientes puede observarse que existen dos métodos principalmente para protegerlos y aumentar su seguridad.

- Principio de aislamiento del paciente: tiene como objeto evitar que se pueda cerrar cualquier lazo de corriente a través del paciente, manteniéndolo completamente aislado.
  
- Principio de equipotencialidad: tiene como objetivo que los equipos que pueden entrar en contacto con el paciente no puedan tener una diferencia de potencial entre masas superior a 40mV en las zonas de cuidados (cuidados intensivos, quirófanos, habitaciones, etc) o 500mV en las áreas generales.



## **CAPÍTULO 5**

### **VALIDACIÓN DEL DISEÑO**

#### **5.1. FUNCIONAL**

El laboratorio es importante para el mejor aprendizaje, ya que permitirá a los estudiantes resolver problemas médicos utilizando la ingeniería electrónica. Es por este motivo que para realizar el diseño, se tomaron en cuenta todos los detalles para que sea lo más funcional posible, de acuerdo con las necesidades del mismo, predominando la seguridad, la funcionalidad y la eficacia.

Para el diseño del laboratorio uno de los aspectos que se tomó en cuenta fue, que los estudiantes puedan realizar las prácticas cómodamente, y que puedan desplazarse dentro del mismo.

Luego de realizar algunos diseños, se eligió el más funcional, de acuerdo al diseño que se eligió se logró colocar seis mesas de trabajo. En cada mesa de trabajo, trabajarán dos personas, permitiendo que el aprendizaje sea eficiente, por este motivo se colocarán dos sillas por cada mesa de trabajo, las cuales proporcionan un equilibrio y confort al estudiante.

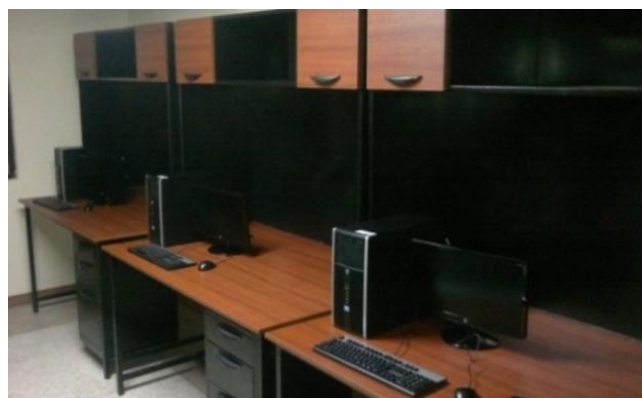
Actualmente las mesas de trabajo en los laboratorios del departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército, están formadas por una sola área de trabajo por ello todos los equipos (multímetro, generador de

señales, fuentes de alimentación, computadoras, etc.) se deben colocar sobre la misma ocupando mucho espacio y reduciendo el área para la práctica de los estudiantes como se muestra en la figura 5.1.



**Figura. 5.1. Mesas de trabajo**

Basado en este análisis se realizó un diseño mejorado que involucra una distribución vertical creando espacios para ubicar los equipos en la parte superior. Por este motivo al trabajar en este nuevo modelo de mesas se dispondrá de mayor espacio para la realización de las prácticas ya que los equipos se ubicarán en la estructura vertical, lo único que se colocará en las mesas serán las computadoras como se muestra en la figura 5.2.



**Figura. 5.2. Mesas de trabajo laboratorio Instrumentación Biomédica**

Para el diseño de las mesas de trabajo se tomó en cuenta las medidas antropométricas<sup>30</sup>. Para poder realizar el trabajo sentado se recomiendan sillas con respaldo, siendo preferibles a los clásicos taburetes, así como disponer de espacio suficiente para colocar los pies debajo del tablero de la mesa.

Tomando en cuenta que se trata de puestos de trabajo de postura sentada, se tomo en cuenta las medidas que se muestran en la figura 5.3.<sup>31</sup>

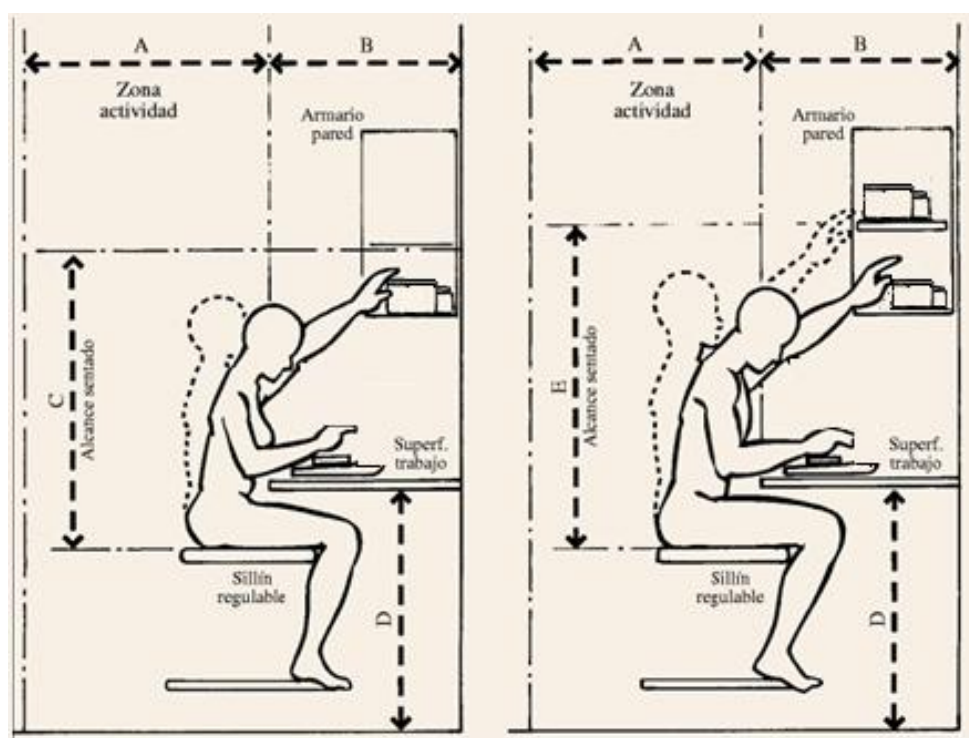


Figura. 5.3. Distancias y alcances – Puesto de trabajo (mujer-izq, hombre-der)

A	Zona de actividad	60-70 cm
B	Anchura de mesa	60-100 cm
C	Alcance sentado	100 cm
D	Altura mesa	75-100 cm
E	Alcance sentado	110 cm

<sup>30</sup> Medidas antropométricas: ver glosario

<sup>31</sup> Guardino, X., Laboratorio de Electrónica: Ubicación, distribución y diseño de los laboratorios, Barcelona

De acuerdo al diseño de la mesa de trabajo, cada uno de los estudiantes tendrá un espacio libre para trabajar de  $50\text{ cm}^2$  pero como se trabaja en grupo en un solo proyecto que generalmente involucra un solo protoboard, se dispondrá de un área de trabajo para el grupo de  $1\text{ m}^2$  (área 1), considerando que la computadora también está a disposición del grupo la misma ocupa un área de  $50\text{ cm}^2$  (área 2). Por lo que incluyendo el espacio que ocupa la computadora y el espacio libre de la mesa se puede decir que el área total para el grupo es de  $1.50\text{ m}^2$ , permitiendo colocar herramientas como protoboard, cables, multímetros como se mira en la figura 5.4.

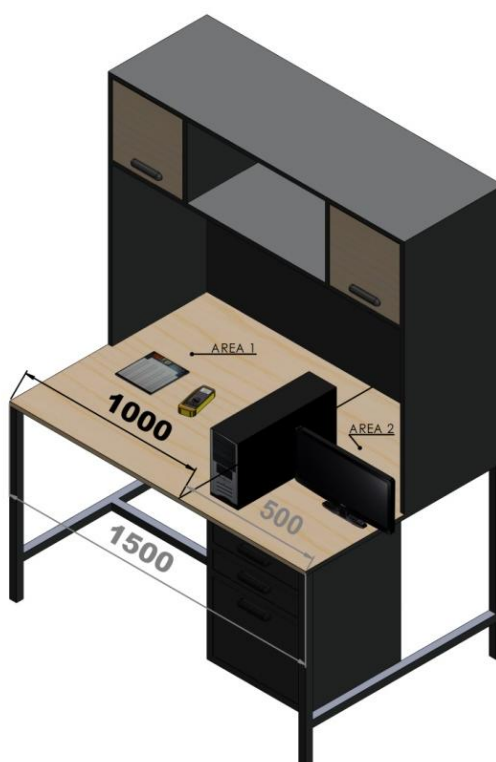


Figura. 5.4. Área de trabajo

Durante la realización de las prácticas cada grupo dispone de un área de trabajo para movilizarse sentado de  $1.25\text{ m}^2$  como se muestra en la figura 5.5, esta área se obtiene de sumar el área que se dispone para colocar los pies debajo de la mesa que es de  $50\text{ cm}^2$  y el área fuera de la mesa que es de  $75\text{ cm}^2$ .



Figura. 5.5. Área de trabajo cuando se encuentra sentado

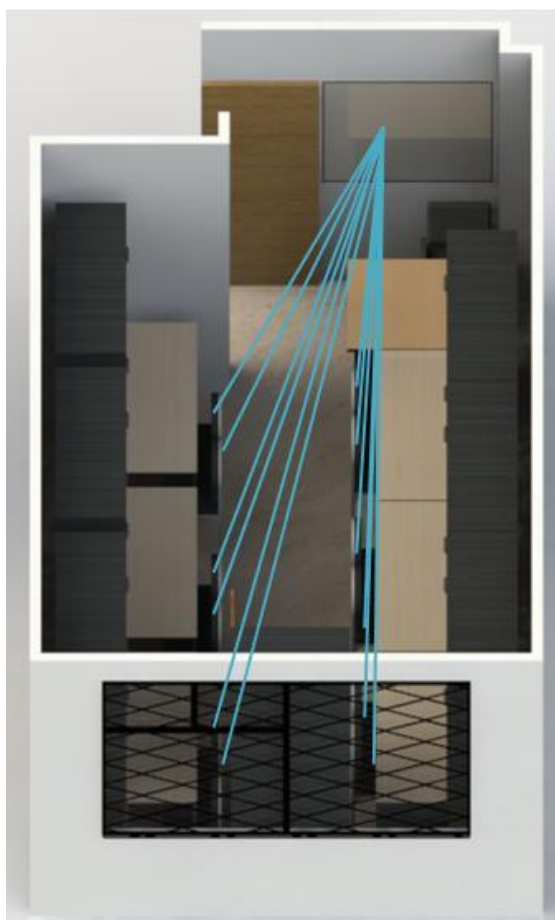
Se analiza el área que dispone cada grupo para movilizarse alrededor de la mesa de trabajo, la cual es de  $1.13\text{m}^2$  como se indica en la figura 5.6.



Figura. 5.6. Área para movilizarse alrededor de la mesa

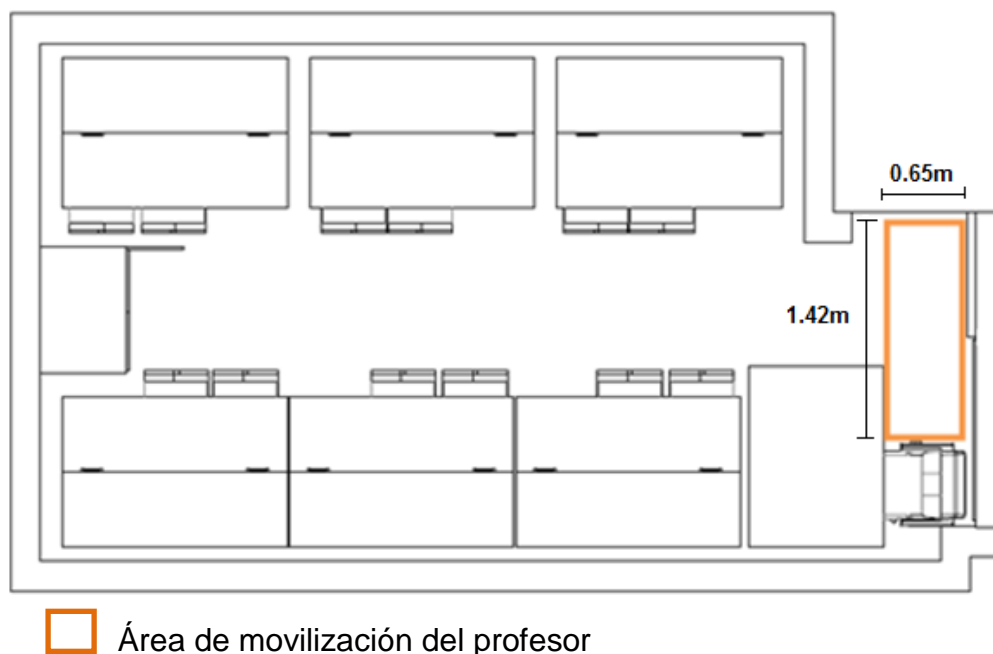
De acuerdo al diseño se ha optado por colocar tan solo un armario para todo el laboratorio, pues cada puesto de trabajo dispone de tres cajones por lo cual los dispositivos (sensor de temperatura, sensor de presión arterial, multímetro, etc.) o puntas de prueba se pueden colocar ya sea en el armario o en los cajones de cada uno de los puestos de trabajo, suficiente espacio para dar seguridad a los equipos.

La ubicación del pizarrón en la parte posterior del laboratorio, permite que desde cualquier puesto de trabajo se pueda observar correctamente las anotaciones realizadas en el pizarrón por el profesor como se visualiza en la figura 5.7. Generalmente el profesor utiliza el pizarrón para apuntar mayor información sobre la realización de la práctica o explicar cómo se debe presentar el informe final.



**Figura. 5.7. Área de visualización**

El área que dispone el profesor es de  $92\text{cm}^2$  permitiendo movilidad al momento de utilizar la pizarra, como se observa en la figura 5.8.



**Figura 5.8. Área de movilización del profesor**

El objetivo principal de la implementación del laboratorio de Instrumentación Biomédica, es permitir a los futuros profesionales tener un conocimiento más amplio de los sistemas fisiológicos básicos del ser humano, evaluar los principales parámetros, conocer los criterios necesarios para diseñar e implementar equipos de instrumentación biomédica y aprender el funcionamiento de los equipos de instrumentación biomédica disponibles en el mercado y las normas de operación en los hospitales.

## 5.2. OPERATIVO

Es importante el trabajo en el laboratorio ya que es un componente fundamental de la enseñanza/aprendizaje, es por esto que es imprescindible poseer equipos especializados para la materia de Instrumentación Biomédica.

En cada mesa de trabajo se colocará una computadora con software especializado en el área de conocimiento para el desarrollo de las prácticas de laboratorio, las cuales son tan solo para uso educativo más no recreativo (jugar, escuchar música, etc.). Estas se utilizarán para la adquisición de datos de los amplificadores de instrumentación desarrollados por los estudiantes y para realizar simulaciones.

Para validar la computadora seleccionada se realizó una simulación en Matlab, para determinar el tiempo que se demora en procesar la operación con matrices de 1024x1024 ya que se trabaja con señales digitales ECG o EEG que suelen tener estos tamaños, para de esta forma evaluar el tiempo de desempeño de la computadora el cual fue de 5 segundos, de tal forma se determina que las computadoras elegidas son aptas para el laboratorio de Instrumentación Biomédica.

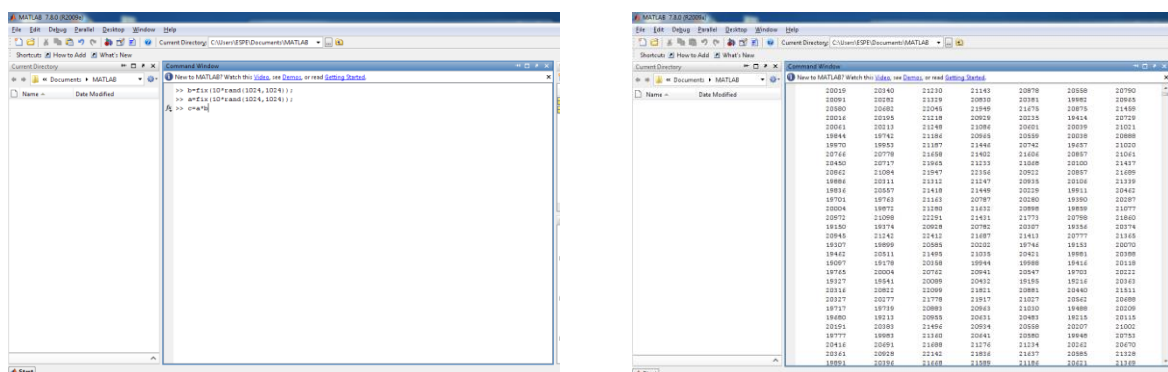


Figura. 5.9. Aplicación de Matlab

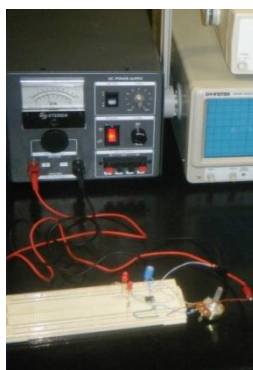
El osciloscopio seleccionado de acuerdo al estudio realizado tiene cuatro entradas por lo cual permite realizar hasta cuatro mediciones simultáneamente esto es importante ya que cuando se desarrolla hardware para instrumentación biomédica es necesario ver el comportamiento de la señal en diferentes partes del circuito implementado como se muestra en la figura 5.10.





**Figura. 5.10. Medición con osciloscopio**

La fuente de alimentación elegida tiene una salida máxima de 60V, que se considera apropiada para la implementación de circuitos ya que se puede energizar circuitos TTL de 5V u otros con voltaje máximo de 60V y con una corriente máxima de 3.3A que es adecuada para el laboratorio ya que generalmente estos circuitos trabajan con corrientes en el orden de varios microamperios.



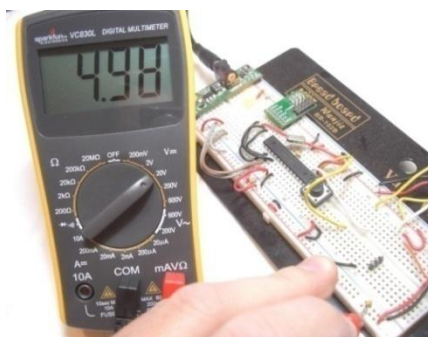
**Figura. 5.11. Alimentación con la fuente**

El generador de señales seleccionado permitirá generar señales de varias formas de onda a frecuencias de 1uHz a 20Mhz con una resolución de 1uHz, cuyo rango es adecuado para las aplicaciones de ECG, EEG y de ultrasonido que van desde 10mHz a 10MHz ya que el generador permitirá inyectar señales con diferentes tipos de onda a los circuitos desarrollados por los estudiantes y observar el comportamiento en el osciloscopio como se indica en la figura 5.12.



**Figura. 5.12. Funcionamiento generador de señales**

El multímetro seleccionado permitirá realizar medidas eléctricas activas como corrientes alternas y continuas con un rango máximo de 10A y tensiones continuas y alternas con un rango máximo de 600V o pasivas como resistencias, capacidades. Además, la resolución del multímetro con respecto a la tensión CA y CC es de 1mV; con relación a la corriente CA es de 0,01A y corriente CC de 1A de esta manera garantiza una medición exacta de los parámetros biomédicas que están en el orden de los  $\mu\text{V}$  y  $\mu\text{A}$ .



**Figura. 5.13. Mediciones con multímetro**

El sensor de temperatura seleccionado tiene un rango de medición de  $32.0^{\circ}\text{C}$  a  $42.5^{\circ}\text{C}$  este facilitará a los estudiantes las mediciones de la temperatura, dispone de un sensor infrarrojo por lo cual no existe contacto con el cuerpo al realizar las tomas y la temperatura se mostrara en una pantalla ya sea en C o F como se señala en la figura 5.14



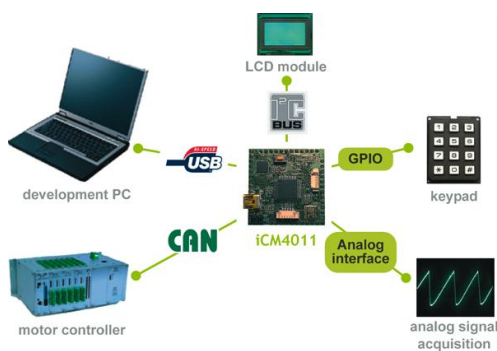
**Figura. 5.14. Funcionamiento sensor de temperatura**

Con respecto al sensor de presión arterial, se eligió uno de muñeca que permita medir presión y pulso, con inflado y desinflado automático ya que proporcionara comodidad y seguridad a los estudiantes al realizar las prácticas debido a su fácil funcionamiento como se visualiza en la figura 5.15. El rango de presión que dispone es de 0 a 299 mmHg y de pulso de 40 – 180 latidos/min por lo que cumple el rango de presión y pulso de un paciente sano y enfermo.



**Figura. 5.15. Funcionamiento sensor de presión arterial**

La tarjeta DSPIC ayudará a los estudiantes a programar procesamientos básicos de las señales y visualizarlos sobre dispositivos gráficos que vienen incorporados para luego ser analizados, evitando el uso de protoboard para el diseño de los circuitos.



**Figura. 5.16. Funcionamiento tarjeta DSPIC**

La tarjeta de adquisición que se selecciono tiene una conexión mediante USB para poder utilizar en distintas computadoras permitiendo obtener las señales tanto análogas como digitales y así analizarlas en la computadora con programas especializados como Matlab, como se indica en la figura 5.17.



**Figura. 5.17. Funcionamiento tarjeta de adquisición**

El equipamiento del laboratorio ha de permitir que los estudiantes realicen actividades que les permita afianzar sus conocimientos teóricos, permitiéndoles realizar las prácticas de laboratorio con equipos totalmente nuevos.

El diseño del laboratorio se realizo de tal manera que permita que los diferentes grupos reducidos de estudiantes trabajen con la misma o distinta tecnología de forma simultánea e independiente, de forma que no exista intrusiones entre grupo.

La implementación del laboratorio de Instrumentación Biomédica, tiene un objetivo, que los estudiantes puedan realizar las prácticas que se consideren oportunas con su formación ya que disponen de varios equipos.

Una vez realizada la implementación del laboratorio los estudiantes tienen los equipos necesarios para reforzar su aprendizaje de la materia de Instrumentación Biomédica. Pueden diseñar e implementar sistemas de adquisición de señales bioeléctricas del cuerpo humano, visualizar señales ECG, EEG en dispositivos gráficos como osciloscopios.

Para un mejor aprendizaje, se ha dividido la materia en tres unidades, en cada una de ellas se realizan prácticas de laboratorio las cuales se detallan a continuación:

#### Unidad 1: Sistemas fisiológicos del cuerpo humano

- Simulación del Sistema Cardiovascular por computador
- Simulación del Sistema Respiratorio por computador

#### Unidad 2: Sistemas de adquisición de señales bioeléctricas

- Amplificadores de instrumentación
- Filtros para señales bioeléctricas

#### Unidad 3: Equipos de instrumentación biomédica

- Implementación de un Equipo de Instrumentación Biomédica Básico para Señales ECG
- Implementación de un Equipo de Instrumentación Biomédica Básico para señales EEG
- Manejo del sensor de temperatura
- Manejo del sensor de presión arterial
- Obtención de imágenes mediante ultrasonidos

## GUÍA DE PRACTICA No. 1.1

### Tema

- Simulación del Sistema Cardiovascular por computador

### Objetivo(s)

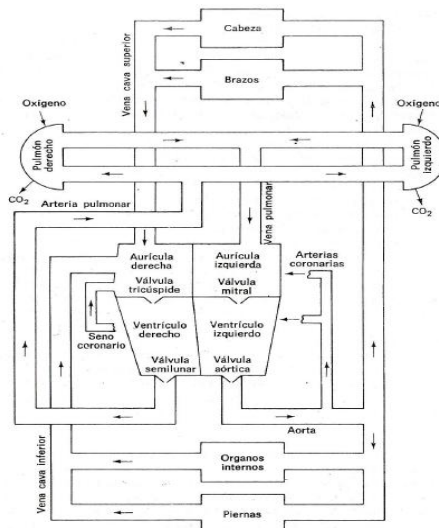
- Analizar el funcionamiento del sistema cardiovascular
- Determinar los parámetros más significativos del sistema cardiovascular
- Establecer la equivalencia con sistemas hidráulicos.

### Materiales y Equipos

- PC con sistema operativo Windows Xp o Windows 7
- Software de Simulación FluidSIM

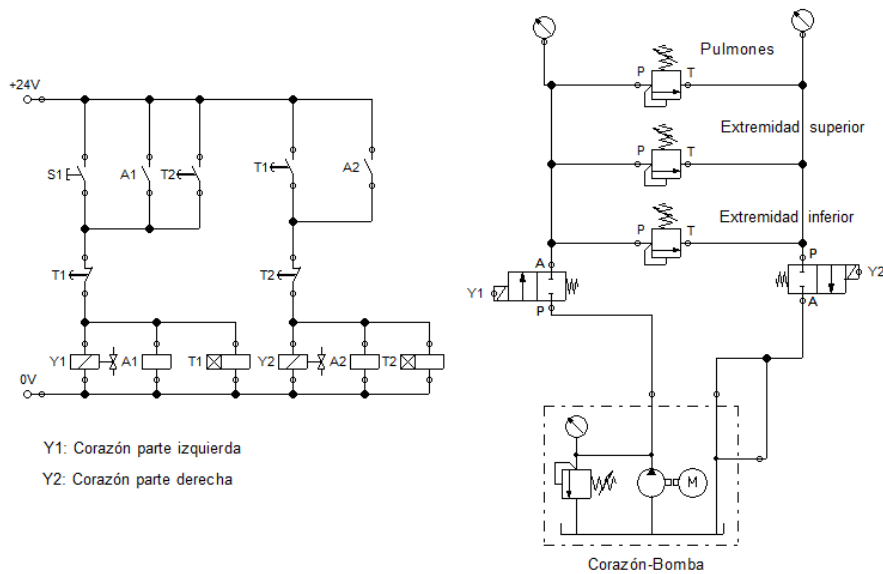
### Procedimiento

- Implementar el circuito de la Figura 5.18 en el software Fluid SIM estableciendo como parámetro de entrada un total de fluido de 5 litros y una bomba de dos cámaras y una frecuencia de bombeo de 80 latidos por minuto.
- Medir los parámetros de salida como presión en la tubería
- Rediseñe el circuito considerando unas resistencias mecánicas y el comportamiento de la bomba ante estos cambios.



**Figura. 5.18. Sistema Cardiovascular**

El circuito hidráulico que se muestra en la figura 5.19. representa la simulación del sistema cardiovascular.



**Figura. 5.19. Simulación sistema Cardiovascular**

En donde Y1 representa la parte izquierda del corazón y Y2 la parte derecha del corazón, de esta manera se puede observar como la sangre circula desde la parte izquierda hacia el lado derecho llegando hacia los pulmones, extremidades superiores e inferiores.

Mediante la simulación que se muestra en la figura 5.20. se muestra el funcionamiento del sistema cardiovascular.

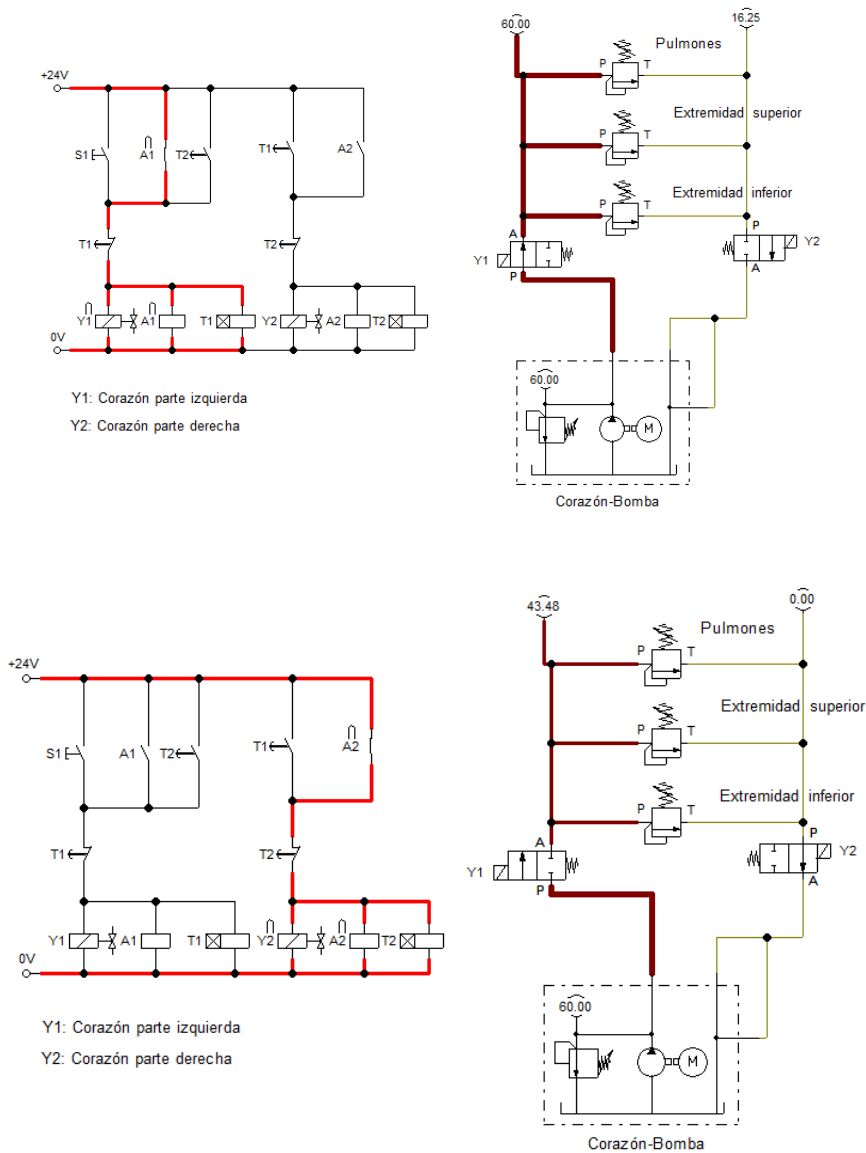


Figura. 5.20. Simulación sistema Cardiovascular

**Bibliografía**

- Fisiología: Células Órganos y Sistemas J. Muñoz, X. Garcia
- Instrumentación y Medidas Biomédicas, Cromwell Leslie, Weibell Ferd J., Pfeiffer Erich A.



## GUÍA DE PRACTICA No. 1.2

### Tema

- Simulación del Sistema Respiratorio por computador.

### Objetivo(s)

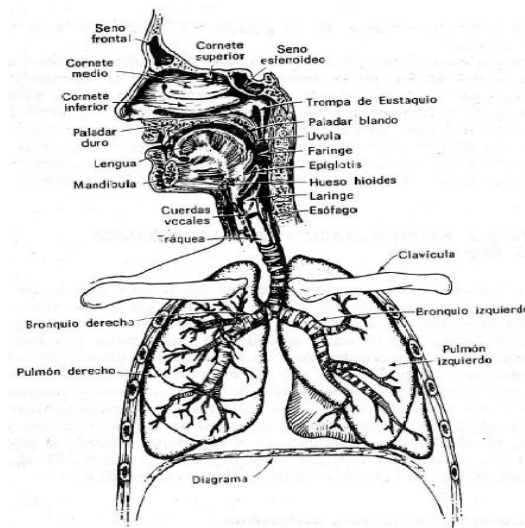
- Analizar el funcionamiento del sistema respiratorio.
- Determinar los parámetros más significativos del sistema respiratorio
- Establecer la equivalencia con sistemas neumáticos.

### Materiales y Equipos

- PC con sistema operativo Windows Xp o Windows 7.
- Software de Simulación FluidSIM

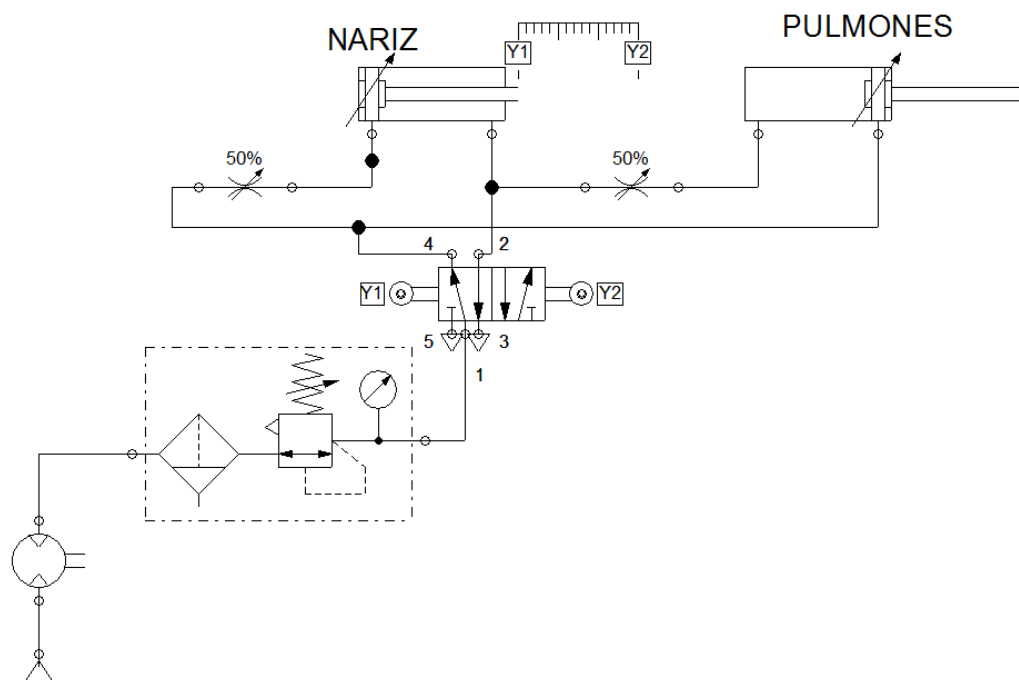
### Procedimiento

- Implementar el circuito de la figura. 5.21 en el software Fuid SIM estableciendo como parámetro de entrada un flujo de aire equivalente a la entrada de aire en el cuerpo.
- Medir los parámetros de salida en el sistema neumático.
- Rediseñar el circuito considerando una mayor capacidad de almacenamiento en los pulmones.



**Figura. 5.21. Sistema Respiratorio**

El circuito neumático que se muestra en la figura 5.22 representa la simulación del sistema respiratorio.



**Figura. 5.22. Simulación sistema respiratorio**

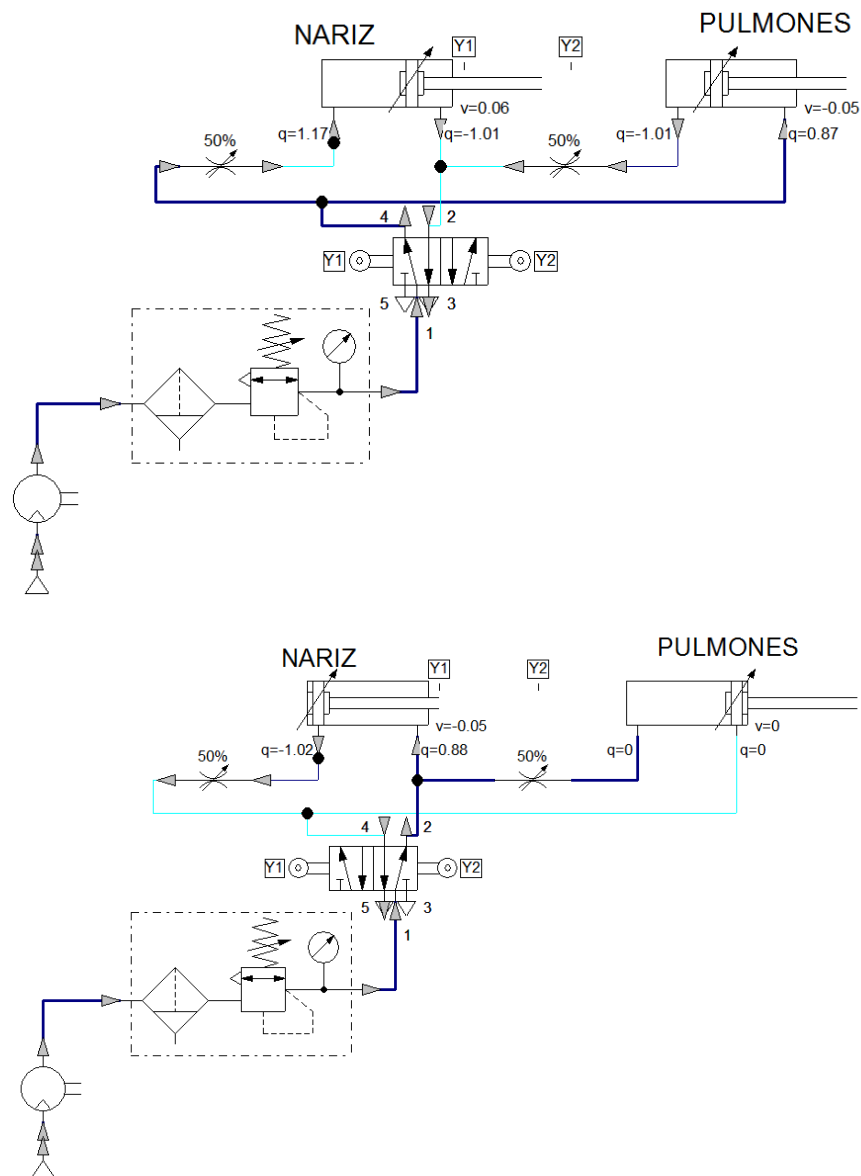


Figura. 5.23. Simulación sistema respiratorio

Cuando se inhala, los pulmones tienden a agrandarse; en cambio cuando se exhala ocurre lo contrario. Mediante el movimiento de los cilindros nos podemos dar cuenta sobre este suceso.

## Bibliografía

- Fisiología: Células Órganos y Sistemas J. Muñoz, X. Garcia
- Instrumentación y Medidas Biomédicas, Cromwell Leslie, Weibell Ferd J., Pfeiffer Erich A.

## GUÍA DE PRACTICA No. 2.1

### Tema:

- Amplificadores de instrumentación

### Objetivo(s)

- Analizar la estructura interna de los amplificadores de instrumentación.
- Analizar la circuitería externa para configurar el funcionamiento de los amplificadores de instrumentación para tratamiento de señales EEG, ECG.
- Establecer las ventajas de los amplificadores de instrumentación de un fabricante con respecto a otro.

### Materiales y Equipos

- Amplificadores de instrumentación ADG620
- Amplificadores AD705J
- Amplificador de instrumentación INA104
- Protoboard
- Cables
- Pinzas
- Cortador de cables
- Multímetro
- Fuente de 5[V]

## Procedimiento

- Utilizando el datasheet del amplificador de instrumentación AD620, implementar el circuito para adquirir las señales de ECG, empleando los amplificadores operacionales adicionales recomendados.
- Utilizando el datasheet del amplificador de instrumentación INA104, implementar el circuito para adquirir las señales de ECG, empleando los amplificadores operacionales adicionales recomendados.
- Utilizando el simulador de señales ECG inyecte las señales del simulador en la entrada del circuito de adquisición y observe la salida en el osciloscopio.
- Repita el proceso con el circuito implementado con el amplificador INA104.

## Bibliografía

- Datasheet, del amplificador AD620.
- Datasheet, del amplificador INA104.
- Instrumentación y Medidas Biomédicas, Cromwell Leslie, Weibell Ferd J., Pfeiffer Erich A.

## GUÍA DE PRACTICA No. 2.2

### Tema

- Filtros para señales bioeléctricas

### Objetivo(s)

- Analizar la estructura de los filtros Chebyshev pasabajos, pasaaltos, y rechaza banda.

- Analizar la estructura de los filtros Butherwork pasabajos, pasaaltos, y rechaza banda.
- Establecer las ventajas de un tipo de filtros con respecto a otro.

### **Materiales y Equipos**

- Amplificadores de instrumentación ADG620
- Amplificadores AD705J
- Amplificador de instrumentación INA104
- Protoboard
- Cables
- Pinzas
- Cortador de cables
- Multímetro
- Fuente de 5[V]

### **Procedimiento**

- Utilizando la teoría de los filtros Chebyshev implementar los filtros pasabajos, pasaaltos, y rechazabanda en el protoboard considerando que la señal a ser tratada es señal ECG.
- Utilizando la teoría de los filtros Butherwork implementar los filtros pasabajos, pasaaltos, y rechazabanda en el protoboard considerando que la señal a ser tratada es señal ECG.
- Utilizando la teoría de los filtros Chebyshev implemente los filtros pasabajos, pasaaltos, y rechazabanda en el protoboard considerando que la señal a ser tratada es señal EEG.
- Utilizando la teoría de los filtros Butherwork implemente los filtros pasabajos, pasaaltos, y rechazabanda en el protoboard considerando que la señal a ser tratada es señal EEG.

## **Bibliografía**

- Datasheet, del amplificador 741
- Instrumentación y Medidas Biomédicas, Cromwell Leslie, Weibell Ferd J., Pfeiffer Erich A.

## **GUÍA DE PRACTICA No. 3.1**

### **Tema**

- Implementación de un Equipo de Instrumentación Biomédica Básico para Señales ECG

### **Objetivo(s)**

- Analizar la arquitectura de un equipo de instrumentación para señales ECG.
- Diseño de las diferentes etapas de un equipo de Instrumentación Biomédica.
- Implementar el equipo de instrumentación con interface gráfica de visualización tipo LED.

### **Materiales y Equipos**

- Amplificadores de instrumentación ADG620
- Amplificadores AD705J
- Amplificador operacional 741
- Protoboard
- LCD gráfico
- Cables
- Pinzas
- Cortador de cables

- Multímetro
- Fuente de 5[V]

### **Procedimiento**

- Armar el circuito del equipo de instrumentación para ECG de acuerdo al diseño realizado en el trabajo preparatorio.
- Energizar el circuito implementado.
- Cargar el programa a ser ejecutado por el circuito empleando la computadora.
- Realizar las pruebas colocando una señal ECG proveniente del simulador y realizar las correcciones al programa hasta poder visualizar en el LCD la gráfica de la señal de entrada.

### **Bibliografía**

- Datasheet, del amplificador AD620
- Datasheet, del amplificador 741
- Instrumentación y Medidas Biomédicas, Cromwell Leslie, Weibell Ferd J., Pfeiffer Erich A.

## **GUÍA DE PRACTICA No. 3.2**

### **Tema**

- Implementación de un Equipo de Instrumentación Biomédica Básico para señales EEG

### **Objetivo(s)**

- Analizar la arquitectura de un equipo de instrumentación para señales EEG.



- Diseño de las diferentes etapas de un equipo de instrumentación Biomédica.
- Implementar el equipo de instrumentación con interface grafica de visualización tipo LED.

### **Materiales y Equipos**

- Amplificadores de instrumentación ADG620
- Amplificadores AD705J
- Amplificador operacional 741
- Protoboard
- LCD gráfico
- Cables
- Pinzas
- Cortador de cables
- Multímetro
- Fuente de 5[V]

### **Procedimiento**

- Armar el circuito del equipo de instrumentación para EEG de acuerdo al diseño realizado en el trabajo preparatorio.
- Energizar el circuito implementado.
- Cargar el programa a ser ejecutado por el circuito empleando el PC.
- Realizar las pruebas colocando una señal EEG proveniente del simulador y realice las correcciones al programa hasta poder visualizar en el LCD la gráfica de la señal de entrada.

### **Bibliografía**

- Datasheet del amplificador AD620.

- Datasheet del amplificador 741.
- Instrumentación y Medidas Biomédicas, Cromwell Leslie, Weibell Ferd J., Pfeiffer Erich A.

### **5.3. LOGÍSTICA**

Al referirnos a la logística en el laboratorio, se hablara sobre el conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización del mismo.

En este proyecto se ha detallado las normas que se deben seguir para la implementación del laboratorio, el cual permitirá que los estudiantes y profesores dispongan de un laboratorio totalmente nuevo, con tecnología de punta. Si se siguen las normas indicadas para la implementación, no existirán problemas a futuro.

Adicionalmente, se creó un reglamento de uso y servicio, higiene y seguridad del laboratorio de Instrumentación Biomédica el cual debe ser ejecutado por estudiantes y profesores que utilicen el laboratorio. Al llevar acabo correctamente estos reglamentos se tendrá un laboratorio en buen estado, con equipos que funcionen de una manera correcta.

Se determino normas para ingresar al laboratorio y para el desarrollo de las prácticas esto permitirá al profesor que la organización en el laboratorio sea la correcta y los estudiantes aprovechen al máximo su práctica de laboratorio.

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1. CONCLUSIONES**

- Para el diseño de la plataforma tecnología básica que debe disponer el laboratorio, se ha considerado las practicas a desarrollarse dentro de la materia de Instrumentación Biomédica y los equipos de medidas que se requieren para las mismas. Por lo que se ha considerado equipos que dispongan de parámetros técnicos acorde a la señales a trabajar para no sobredimensionar el equipamiento básico del laboratorio.
- En la materia de Instrumentación Biomédica se requiere simular sistemas fisiológicos del cuerpo humano y procesar señales bioeléctricas considerando esto, se coloco en cada mesa de trabajo una computadora con un procesador Core i5 de 2.4Ghz, memoria RAM de 4GB y disco duro de 500GB.
- En las prácticas de la materia de Instrumentación Biomédica, los estudiantes desarrollaran sus propios circuitos de instrumentación, por lo cual se ha considerado adecuado dotarle al laboratorio de tarjetas de adquisición que permitan evaluar el desempeño de los circuitos implementados. Las cuales deben tener E/S análogas y digitales con un

rango de  $\pm 10V$ , que garanticen una adquisición adecuada de las señales generadas en el circuito.

- Es importante que los estudiantes tengan un conocimiento más profundo de los equipos médicos que se utilizan en la medición de los parámetros fisiológicos del cuerpo humano, por esta razón que el laboratorio contara con sensores de presión arterial, sensores de temperatura corporal y en el futuro un ecógrafo. De esta manera, los estudiantes conocerán el funcionamiento de los mismos y podrán analizar los datos o señales que se adquieren.
- Tomando en cuenta que se trabajara con registros de la base de datos de Physionet que se encuentran disponibles en la página web, se ha considerado adecuado dotar de internet a cada mesa de trabajo, por lo que se instalo el cableado estructurado de acuerdo a la norma TIA/EIA 568B y utilizando el equipo que se dispone en el departamento de Eléctrica y Electrónica se certifico los puntos para garantizar un optimo desempeño de la red.
- Se realizo la evaluación del diseño físico y tecnológico de acuerdo a la normas que se indican en el presente proyecto, verificando que el diseño es propicio para la realización de las practicas de la materia de Instrumentación Biomédica y proyectos de investigación relacionados con el área de la biomédica y el procesamiento digital de señales, garantizando un laboratorio seguro, manejado por el personal idóneo y con equipos de muy buena tecnología.
- En el presente proyecto se ha implementado en la parte mobiliaria, en la adquisición de equipos informáticos y en el tendido del cableado estructurado verificándose que el diseño realizado es optimo ya que las pruebas realizadas de conectividad a la red, operatividad de las mesas de trabajo y desempeño de las computadoras, garantizan que los estudiantes puedan realizar las practicas de la mejor manera.

- Una vez terminado el proyecto se concluye que el diseño del laboratorio realizado es el más conveniente ya que se adapta al espacio físico establecido para el mismo y a la norma ISO/IEC 17025 que garantiza un ambiente adecuado y un equipamiento óptimo para el mejor aprendizaje de los estudiantes.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- Para el correcto funcionamiento de las computadoras se recomienda correr el antivirus Kaspersky que está instalado en las computadoras una vez a la semana y verificar que este actualizado.
- En futuras mejoras del laboratorio se recomienda estabilizar los niveles de tensión de la red eléctrica mediante el aprovisionamiento de UPS que garanticen que en cortes de energía eléctrica de la red pública no se pierda la información de las computadoras o equipos de medición, ya que estos UPS proveerán el tiempo suficiente hasta que se grave la información o se encienda la planta de emergencia de la ESPE.
- Con la finalidad de precautelar los equipos se recomienda que se ejecute la planificación de mantenimiento anual planificada conjuntamente con el jefe del laboratorio y el personal de mantenimiento del departamento de Eléctrica y Electrónica que se anexa a este proyecto.
- Se recomienda que los docentes que van a utilizar el laboratorio reciban una instrucción rápida del manejo de los equipos por parte del jefe de laboratorio para que sean quienes impartan las instrucciones de manejo adecuado de los equipos a los estudiantes que van a realizar las prácticas en este laboratorio, para prevenir daños.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ingeniería Biomédica, <http://www.ecci.edu.co/>, 15 diciembre 2011
- Gestión de la Calidad, ISO/IEC 17025, <http://www.gestion-calidad.com/iso-iec-17025.html>, 4 de enero 2012
- Clasificación De La Ins. Biomédica, <http://www.buenastareas.com/ensayos/>, 5 de enero 2012
- Historia de Biomédica, <http://biomedicajdt.wikispaces.com/>, 10 enero 2012
- Biomédica, <http://www.slideshare.net/zulith93/biomedica-3115735>, 12 de enero 2012
- Historia de la Biomédica, <http://electromedicinacr.wordpress.com/historia-de-la-ingenieria-biomedica/>, 22 de enero 2012
- Tuberías conduit, <http://www.durman.com/>, 12 de febrero 2012
- Requisitos Técnicos ISO 17025, <http://www.gestion-calidad.com/requisitos-tecnicos-iso-17025.html>, 22 de febrero 2012
- Gestión de Calidad ISO 17025, <http://www.gestion-calidad.com/iso-17025.html>, 5 de marzo 2012
- Ingeniería Biomédica en Perú, <http://www.ingenieriabiomedicaperu.com/> , 20 de marzo 2012
- Ingeniería Biomédica, <http://www.itm.edu.co/ingenieria-biomedica.aspx>, 1 de abril 2012
- Ingeniero Biomédico, <http://www.unt.edu.ar/archivos/files/carreras/>, 2 de abril 2012
- Universidad Nacional de Cordova, <http://www.unc.edu.ar/>, 2 de abril 2012
- Biomédica, [http://www.univap.br/graduacao/feau/eng\\_biome/](http://www.univap.br/graduacao/feau/eng_biome/), 2 de abril 2012
- Ingeniería Biomédica, <http://www.autonoma.edu.co/index.php/programas/>, 3 de abril 2012
- Ingeniería Biomédica, <http://www.udb.edu.sv/Admisiones/carreras/ingenieria/>, 3 de abril 2012
- Ingeniera Biomédica, <http://www.uia.mx/web/site/tpl>, 4 de abril 2012
- Ingeniería Biomédica, <http://www.ulsa.edu.mx/educativa/licenciaturas/>, 7 de abril 2012

- Fuente de alimentación, [http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_voltaje/](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_voltaje/), 10 de abril 2012
- Norma cable, [http://www.santacruz.gov.ar/informatica/norma\\_cable\\_0905.pdf](http://www.santacruz.gov.ar/informatica/norma_cable_0905.pdf), 27 de abril 2012
- Cableado estructurado, <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10009/1/>, 2 de mayo 2012
- Biomédica, [http://www.angelfire.com/un/biomedicafime/CLASE\\_5.pdf](http://www.angelfire.com/un/biomedicafime/CLASE_5.pdf), 19 de mayo 2012
- Cableado Categoría 5, <http://alumnos.elo.utfsm.cl/~jespoz/cat5man.pdf>, 23 de mayo 2012
- Viñas, Lluís, *Laboratorio de Electrónica*, Curso básico, 3ro edición, Alfaomega Grupo Editor, 1997

## **FECHA DE ENTREGA**

El día 21 de junio del 2012, en la ciudad de Sangolquí, firman en constancia de la entrega del presente Proyecto de Grado titulado “ESTUDIO Y DISEÑO DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA PARA EL DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA”, en calidad de Autor la Srta. Marjorie Vanessa Arellano Cuji, estudiante de la carrera de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones, y recibe por parte del Departamento de Eléctrica y Electrónica el Director de Carrera de Telecomunicaciones, el Señor Coronel Edwin Chávez.

---

Marjorie Vanessa Arellano Cuji

CC: 1714864285

---

Crnl. Edwin Chávez

Director de Carrera de Telecomunicaciones