



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRICA Y ELECTRÓNICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

## **PROPUESTA DE DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA MÉDICA**

**PRESENTADO POR:**

**AGUILAR PÉREZ, LUIS ENRIQUE**

**CRUZ PABLO, LUIS ALBERTO**

**CUCHULA OZEJO, EVELYN LADY**

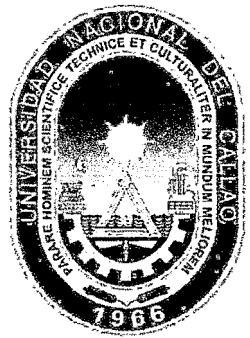
**PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO  
ELECTRONICO**

**ASESOR:**

**MSC. ING. NICANOR RAÚL BENITES SARAIVIA**

**CALLAO - PERÚ**

**AGOSTO - 2013**



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO**

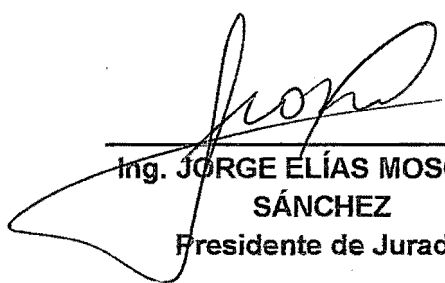
**“PROPUESTA DE DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL  
LABORATORIO DE ELECTRÓNICA MÉDICA”**

**PRESENTADO POR LOS BACHILLERES:  
AGUILAR PÉREZ, LUIS ENRIQUE  
CRUZ PABLO, LUIS ALBERTO  
CUCHULA OZEJO, EVELYN LADY**

**ASESOR:  
MSC. ING. JACOB ASTOCONDOR**

**CALIFICACIÓN**

**14 (CATORCE)**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. JORGE ELÍAS MOSCOSO  
SÁNCHEZ**  
Presidente de Jurado

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. ROBERTO ENRIQUE SOLÍS  
FARFÁN**  
Secretario de Jurado

## **DEDICATORIA**

Dedicado a nuestros padres y hermanos que nos apoyan de forma incondicional, para realizar nuestros sueños y cumplir nuestras metas.

Gracias por saber esperar y cuidar de nosotros todo este tiempo para que podamos culminar esta tesis.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestros padres, que gracias a ellos estamos aquí presentes.

- Jorge Luis Aguilar Cabello
- Marycella Consuelo Pérez Marchán
  
- Leoncio Cruz Gutierrez
- Maria Pablo Cervantes
  
- Cirilo Cuchula Cordova
- Marcia Ozejo Ludeña

Agradecemos también al M.SC. Ing. Raúl Benites Saravia nuestro asesor, quien nos ha sabido guiar en el desarrollo de la tesis, desde su inicio hasta su fin.

## ÍNDICE GENERAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN .....	2
DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
ÍNDICE GENERAL .....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
PROLOGO.....	12
RESUMEN .....	14
ABSTRACT .....	15
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	18
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	19
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	20
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	20
1.5 LIMITACIONES Y FACILIDADES .....	21
1.6 HIPÓTESIS.....	21
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	22
2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO.....	23
2.2.1 <i>Equipamiento de laboratorio biomédico</i> .....	23
a) Bioingeniería.....	23
b) Ingeniería Biomédica.....	24
c) Clasificación de equipos biomédicos.....	25
d) Parámetros fisiológicos principales.....	30
2.2.2 <i>Evaluación y certificación de equipamiento médico</i> .....	38
a) Breve descripción de las normas.....	39
b) Principales normas para los equipos .....	41
2.2.3 <i>Instalaciones Eléctricas Industriales</i> .....	41
a) Instalación Eléctrica.....	41
b) Símbolos Electrotécnicos .....	42
c) Normas Electrotécnicas.....	44
d) Esquemas Eléctricos .....	45
e) Seguridad en las Instalaciones Eléctricas .....	72
2.2.4 <i>Módulos Didácticos para la enseñanza</i> .....	73
a) Aplicaciones biomédicas para arduino/netduino/raspberry .....	73
b) Aplicaciones del software LabVIEW, en el campo de la electromedicina.....	75
c) Adquisición de datos .....	78
2.2.5 <i>Aportes de la ingeniería biomédica en la educación</i> .....	87

<b>CAPÍTULO III: Metodología.....</b>	<b>89</b>
3.1 RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	89
3.1.1 <i>Variables independientes e indicadores</i> .....	89
a) Variable X1.....	89
b) Variable X2.....	89
c) Variable X3.....	90
3.1.2 <i>Variables dependientes e indicadores</i> .....	90
a) Variable Y1.....	90
b) Variable Y2.....	90
c) Variable Y3.....	91
d) Variable Y4.....	91
3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	91
3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	92
3.3.1 <i>Cuantitativa</i> .....	92
3.3.2 <i>Descriptiva</i> .....	92
3.3.3 <i>Explicativo y de campo</i> .....	92
3.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	93
3.5 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	93
• PLANTEAMIENTO DE LA “PROPUESTA DE DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA MÉDICA”.....	93
• PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	94
• REVISIÓN DE LOS CONCEPTOS PERTINENTES Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO.....	94
• VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL PRESENTE TRABAJO.....	94
• ELABORACIÓN DE LA HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES.....	94
• DESARROLLO Y DISEÑO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	94
• DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	94
• RECOLECCIÓN DE LOS DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA.....	94
• REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE LOS DATOS, ASÍ COMO LAS GRÁFICAS CORRESPONDIENTES.....	94
• ELABORACIÓN DE LA ENTREGA DEL TRABAJO DE TESIS.....	94
3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	95
3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	95
3.7.1 <i>Encuesta</i> .....	95
3.8 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	95
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>96</b>
4.1 RESULTADOS PARCIALES.....	96
4.1.1 <i>Análisis FODA</i> .....	96
a) <i>Ambiente externo</i> .....	96
b) <i>Ambiente interno</i> .....	97
4.1.2 <i>Matriz de prioridades</i> .....	98
4.1.3 <i>Control de equipamiento biomédico</i> .....	102
a) <i>Introducción</i> .....	102
b) <i>Inventario</i> .....	103
c) <i>Clasificación de equipos biomédicos</i> .....	108
d) <i>Análisis de los datos obtenidos</i> .....	109
4.1.4 <i>Mantenimiento de equipos o instrumentos médicos</i> .....	113
a) <i>Objetivo del Mantenimiento</i> .....	114
b) <i>Importancia del mantenimiento predictivo, mantenimiento correctivo, y mantenimiento preventivo</i> .....	115
c) <i>Diferencia entre los tipos de mantenimiento</i> .....	117
4.1.5 <i>Distribución Eléctrica</i> .....	119

a) Tablero de distribución del Laboratorio de Electrónica Médica.....	121
4.2 RESULTADOS FINALES.....	125
4.2.1 Encuesta.....	125
4.2.2 Presupuesto.....	138
<b>CAPÍTULO V: discusión de resultados .....</b>	<b>139</b>
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES .....</b>	<b>143</b>
<b>CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES.....</b>	<b>144</b>
<b>CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>145</b>
<b>CAPÍTULO IX: ANEXOS .....</b>	<b>147</b>
ANEXO A: PRINCIPALES NORMAS IEC 60601 PARA EQUIPOS MEDICOS.....	147
ANEXO B: INVENTARIO DE EQUIPOS MÉDICOS DONADOS POR EL HOSPITAL NACIONAL DOS DE MAYO.....	155
ANEXO C: SIMBOLOS ELECTROTECNICOS .....	162
ANEXO D: NORMAS IEC .....	206

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Principales parámetros en medición de ECG Según Fig. 2.6 .....	32
Tabla 2. 2: Principales parámetros en medición de PANI .....	33
Tabla 2. 3: Principales parámetros en medición de SpO2 .....	34
Tabla 2. 4: Principales parámetros en medición de Respiración y FR .....	36
Tabla 2. 5: Principales parámetros en medición de temperatura .....	36
Tabla 2. 6: Principales parámetros en medición de CO2 .....	37
Tabla 2. 7: Formatos más utilizados en proyectos de instalaciones eléctricas .....	59
Tabla 2. 8: Letras indicativas para designar la clase de elemento .....	63
Tabla 2. 9: Letras que indican designación de funciones generales .....	66
Tabla 4. 1: Fortalezas .....	100
Tabla 4. 2: Oportunidades .....	101
Tabla 4. 3: Debilidades .....	101
Tabla 4. 4: Amenazas .....	102
Tabla 4. 5: Clasificación de equipos médicos .....	108
Tabla 4. 6: Respuesta de seguridad eléctrica .....	125
Tabla 4. 7: Respuesta importancia de un laboratorio .....	126
Tabla 4. 8: Respuesta sobre implementación de los laboratorios .....	127
Tabla 4. 9: Respuesta de preferencia de la carrera electrónica .....	128
Tabla 4. 10: Respuesta sobre implementación de los laboratorios .....	130
Tabla 4. 11: Respuesta sobre conocimiento de ingeniería biomédica .....	131
Tabla 4. 12: Respuesta falta de profesionales en ingeniería biomédica .....	132
Tabla 4. 13: Respuesta sobre conocimientos de equipos médicos .....	133
Tabla 4. 14: Respuesta sobre contar con equipos médicos .....	134
Tabla 4. 15: Respuesta sobre la idea que la UNAC prepare profesionales .....	135
Tabla 4. 16: Respuesta sobre preferencia sobre ramas de biomédica .....	136
Tabla 4. 17: Presupuesto .....	138
Tabla 9. 1: Código IP –Primer dígito .....	152
Tabla 9. 2: Código IP – Segundo Dígito .....	153
Tabla 9. 3: Código IP – Protección a Personas .....	154
Tabla 9. 4: Letra de protección del equipo .....	154
Tabla 9. 5: Símbolos de conductores, componentes pasivos, elementos de control y protección básicos .....	162
Tabla 9. 6: Símbolos de dispositivos de acoplamiento mecánicos .....	172
Tabla 9. 7: Símbolos de accionadores de dispositivos .....	173
Tabla 9. 8: Símbolos de relés .....	175
Tabla 9. 9: Símbolos de contactores de elementos de control .....	178



Tabla 9. 10: Símbolos de contactos de accionadores de mando manual .....	180
Tabla 9. 11: Símbolos de elementos captadores de campo .....	181
Tabla 9. 12: Símbolos de elementos de potencia .....	183
Tabla 9. 13: Símbolos de instrumentos de medida y señalización.....	184
Tabla 9. 14: Símbolos de transformación y conversión de energía eléctrica .....	192
Tabla 9. 15: Símbolos de semiconductores .....	204

## PROLOGO

La Universidad Nacional del Callao a lo largo de toda su trayectoria en la formación de profesionales de alto nivel, se ha posicionado como una organización a la vanguardia de la investigación y desarrollo, por lo tanto se preocupa de siempre estar en los primeros lugares a nivel nacional, y ofrecer una enseñanza de calidad, para ello desarrolla proyectos de investigación.

La Universidad Nacional del Callao (UNAC), en particular la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (FIEE), se encuentra dentro de un proceso de autoevaluación, en vías a un proceso de acreditación, con lo que busca consolidarse como una de las mejores facultades en la Universidad Nacional del Callao. Es por esto que actualmente se vienen desarrollando proyectos de mejora en los trámites administrativos internos, mejora académica y en innovación tecnológica. Precisamente con el fin de aportar en estas mejoras continuas que viene teniendo nuestra facultad buscamos innovar, proponiendo la creación de un laboratorio de electrónica médica.

En este trabajo se presenta un diseño de un modelo de gestión para el funcionamiento y operación del Laboratorio de Electrónica Médica de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la UNAC, aplicando un diseño de tipo de investigación descriptivo, aplicado, evaluativo y de campo, está orientado a documentar, normalizar y formalizar los procesos existentes y por adquirir en el laboratorio.

Esta investigación es importante porque permite diseñar un modelo de gestión para el funcionamiento y operación del laboratorio de Electrónica Médica, mediante la elaboración de un manual de organización el cual será de gran utilidad para identificar los servicios, funciones, objetivos, procesos, diagrama funcional.

Por otra parte, se realizará la descripción de la unidad, distribución del espacio físico, mapa de relaciones, actualización del inventario de equipos, realizar las fichas técnicas de los equipos.

En esta tesis presentamos el resultado de la investigación realizada en los siguientes capítulos: en el capítulo I se presenta el planteamiento de la investigación, teniendo como principales puntos la identificación y formulación del problema, objetivos, justificación, limitaciones y facilidades, así como también la hipótesis.

Capítulo II se detalla el fundamento teórico de lo involucrado en la creación de un laboratorio de electrónica médica, observando los antecedentes que en general tiene la biomédica en el Perú. En el capítulo III se expone la metodología utilizada en este trabajo de investigación, identificamos las variables del trabajo de tesis y población sobre la que se trabaja para la propuesta de implementación del laboratorio. En el Capítulo IV Se muestran los resultados obtenidos la investigación, dividiendo estos en resultados parciales y resultados finales. El capítulo V muestra la discusión acerca de los resultados obtenidos, siendo esto fundamental para que en el capítulo VI se plasmen las conclusiones.

El capítulo VII planteamos algunas recomendaciones para que en los futuros trabajos que se realicen puedan tener resultados óptimos y así en nuestra Universidad se vea beneficiada y en especial la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

En el capítulo VIII mostramos la bibliografía empleada para el desarrollo de la tesis y por último en el capítulo IX se adjuntan algunos anexos importantes de la tesis.

## **Los autores**

## RESUMEN

Dentro del campo de las carreras profesionales a nivel nacional, el número de profesionales dedicados a la ingeniería biomédica es cada vez mayor. Pero en la actualidad aún las Universidades no cuentan con las condiciones necesarias para desarrollar todas las habilidades necesarias que un ingeniero dedicado a la biomédica debe contar.

Dentro del proceso de innovación constante la Universidad Nacional del Callao, proponemos, a través de este trabajo de titulación, la creación del Laboratorio de Electrónica Médica en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

El presente trabajo evalúa instalaciones eléctricas para el laboratorio, protocolos de control de equipo médico, cotizaciones y/o proformas de módulos didácticos que permitirán el correcto funcionamiento del laboratorio.

**Palabras Claves:** Laboratorio, biomédica, diseño, implementación, clasificación, seguridad eléctrica, inventario.

## ABSTRACT

Within the field of careers nationwide, the number of professionals involved in biomedical engineering is increasing. But today even the universities do not have the necessary conditions to develop all the necessary skills that an engineer dedicated to biomedical must have.

Within the process of constant innovation the National University of Callao, propose, through this diploma work, the creation of the Medical Electronics Laboratory at the Faculty of Electrical Engineering and Electronics.

This paper evaluates electrical installations for laboratory protocols control of medical equipment, quotes and / or proformas of educational modules that will allow the proper functioning of the laboratory.

**Keywords:** Laboratory, biomedic, design, implementation, classification, electric security, inventory.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente capítulo plantea todo lo concerniente a la problemática que impulsó el desarrollo de la investigación, en él se presenta el planteamiento del problema, la formulación del problema, el alcance, las limitaciones, la justificación y los objetivos que se persiguen con la ejecución del presente Plan de Tesis.

### **1.1 Identificación del problema**

La Universidad Nacional del Callao desde su creación viene formando profesionales en diferentes carreras universitarias, altamente capacitados para dar solución a problemas reales de la sociedad en la que vivimos. Actualmente en la FIEE existen dos escuelas profesionales, la Escuela de Ingeniería Eléctrica y la Escuela de Ingeniería Electrónica, esta última con dos especialidades:

- Especialidad en Telecomunicaciones.
- Especialidad en Control y Automatización.

Si bien es cierto que estas especialidades que aborda el Ingeniero Electrónico, son muy solicitadas en la actualidad y no dejarán de estar vigentes por mucho tiempo, existe otra especialidad en la que aún pocos ingenieros están involucrados, estamos refiriéndonos a la especialidad de biomédica.

La Ingeniería Biomédica, viene desarrollándose exitosamente a nivel mundial, y recientemente está siendo un tema de interés para las autoridades y estudiantes de la FIEE, que quieren impulsar el desarrollo de profesionales de esta carrera y así solucionar el déficit de profesionales en los centros de salud.

Se puede observar que en estos centros de salud, existen profesionales que no han sido capacitados para desempeñar la labor de gestión tecnológica, mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo. Todo esto debido a que hasta la fecha de elaboración de esta investigación, solo existe una universidad a nivel nacional que dicta la carrera, pero aún no tiene a su primera promoción de Ingenieros Biomédicos.

Además en los centros de salud, se ha podido constatar la falta de capacitación del personal usuario, llámese técnicas en enfermería, tecnólogos médicos, licenciadas en enfermería e incluso doctores, que no conocen el correcto funcionamiento de los equipos médicos que operan a diario, pudiendo generar un problema serio en los pacientes a los que atienden diariamente.

Entre otras cosas el Ingeniero Electrónico que tenga especialidad en Ingeniería Biomédica, tendrá la visión suficiente para notar estos problemas y dar solución a las mismas.

Por otro lado los equipos médicos trabajan sin una continua verificación de su buen funcionamiento, todo esto porque no existe un ente que fiscalice con mediciones exactas el correcto funcionamiento de los mismos. El problema del equipamiento médico es que debe ser muy preciso en el accionar y en la lectura de parámetros fisiológicos, porque estamos tratando con personas más no con máquinas.

El ingeniero que tenga esta especialidad deberá llevar cursos relacionados a la fisiología, la gestión tecnológica, la instrumentación y el equipamiento médico. Es por esto que se hace necesario contar con un laboratorio donde el estudiante, ya sea de pregrado como de posgrado, vuelque todo lo aprendido en las aulas universitarias.

La falta de este tipo de laboratorios hace difícil el aprendizaje integral de los estudiantes de esta especialidad, por lo que se ven obligados a realizar sus experiencias recién en sus ambientes de trabajo.

Actualmente no existen procedimientos para implementar un Laboratorio de Electrónica Médica, no se encuentran documentos de los procedimientos e instrucciones de trabajo, y tendrían que definirse las funciones y servicios que este ofrece, un manual de organización y atención del laboratorio de Electrónica Médica. Particularmente en la FIEE no existe formalmente un laboratorio de Electrónica Médica; pero si se ha conseguido un ambiente en el que se encuentran los equipos médicos en desuso donados por el Hospital 2 de Mayo. En consecuencia el presente proyecto trata de cubrir esa ausencia, lo que permitirá un conocimiento cabal del personal sobre el potencial y bondades que este laboratorio le ofrecería a la facultad.

## **1.2 Formulación del problema**

Con lo anteriormente descrito la presente investigación pretende satisfacer el siguiente planteamiento: en la actualidad no existe un laboratorio de Electrónica Médica en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, y los laboratorios que se usan provisionalmente para realizar estas tareas no tienen procedimientos normalizados ni documentados y no cumple con los lineamientos planteados por la normas es por esto que en este trabajo se presenta una propuesta para resolver esta situación mediante el diseño de las instalaciones del Laboratorio de Electrónica Médica (a crearse oficialmente), el cual será de gran utilidad para atender en los cursos de estudiantes de pregrado y posgrado, así como en la capacitación de ingenieros, técnicos y tecnólogos médicos, certificación de equipos médicos, y finalmente en servicio de reparación y mantenimiento.



Teniendo en cuenta estas consideraciones, es que se plantea la formulación del problema:

- ¿Las autoridades, los docentes apoyarían este proyecto tecnológico?
- ¿Con la actual estructura curricular de los cursos de pregrado y de posgrado, la implementación del laboratorio complementarían el desarrollo profesional de los estudiantes?
- ¿Se cumpliría con las normas internacionales, que rigen para operar los equipos médicos?
- ¿La implementación del laboratorio beneficiaría al personal asistencial y al personal técnico de los diferentes centros de salud a nivel local?
- ¿Cuánto se invertiría en la implementación de un laboratorio de electrónica médica en la FIEE?

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

Planteamos los objetivos de la tesis en base a la necesidad de un laboratorio de biomédica en nuestra Universidad, ya que a la fecha no se contempló la creación de una manera ordenada.

#### **1.3.1 Objetivo general**

Proponer el diseño para una futura implementación del laboratorio de Electrónica Médica de la FIEE, basado en el diseño de las instalaciones eléctricas, medidas de seguridad para el laboratorio, inventario, clasificación de equipos médicos donados, así como la compra de módulos didácticas para la enseñanza de ingeniería biomédica.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- a) Diagnosticar la situación actual en que se encuentra el ambiente destinado a ser el laboratorio de Electrónica Médica para definir las estrategias de mejora a través de un análisis FODA y un diagrama causa efecto para facilitar el análisis de los problemas y posibles soluciones.
- b) Diseñar las instalaciones eléctricas para que los equipos biomédicos puedan funcionar de forma adecuada.
- c) Realizar un inventario detallado de los equipos biomédicos con los que se cuenta para hacer posible la distribución física del ambiente.
- d) Realizar una distribución de los equipos médicos con los que contamos y de los que se propondrían adquirir, en función de su utilidad y necesidad.
- e) Proponer la adquisición de módulos didácticos para la enseñanza y prácticas de laboratorio en la especialidad de Electrónica Médica.

### **1.4 Justificación**

Este estudio plantea el diseño para la implementación del laboratorio de electrónica médica, en las que se toma en cuenta las condiciones de seguridad eléctrica, condiciones sanitarias para las instalaciones, adquisición de módulos de enseñanza y adquisición de equipos para certificación de equipos médicos.

El estudio también contempla la actualización del inventario de equipos, levantamiento de las fichas técnicas de los equipos, distribución del espacio físico y el diseño de los indicadores para la gestión. Con lo anteriormente descrito nace la necesidad de diseñar un modelo de gestión para optimizar el funcionamiento y operación del laboratorio.

Además se busca que con este primer paso se pueda llegar a implementar el laboratorio de electrónica médica, el cual sería un laboratorio auto sostenible.



Se realizará un estudio en el que se considera la inversión inicial y el tiempo en el que se recuperaría esta inversión.

### **1.5 Limitaciones y facilidades**

Este trabajo está limitado por el tiempo disponible del personal que labora en el área de estudio para suministrar la información necesaria, ya que la misma para la elaboración del trabajo es escasa, debido a que la documentación disponible de los protocolos de Ingeniería Biomédica aún es incipiente en el Perú.

Dentro de las limitaciones debemos mencionar que en el presente trabajo se realizará la investigación de todas las condiciones necesarias para implementar este laboratorio, más por motivo de presupuesto, no se realizará la implementación al menos en el tiempo que dura este trabajo de tesis.

En cuanto a las facilidades que se brindan, es preciso mencionar que el Hospital Nacional Dos de Mayo realizó la donación de equipos biomédicos que fueron dados de baja en esta institución, y que en teoría serviría de base para la futura implementación del laboratorio de Electrónica Médica, en toda su dimensión, al menos de acuerdo a las consideraciones del presente trabajo. Además ya se cuenta con un ambiente que la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, ha designado para estos equipos, el mismo que nosotros propondremos para realizar las instalaciones del laboratorio.

### **1.6 Hipótesis**

“De implementarse el presente trabajo de tesis, se cumplirían con los objetivos planteados, lo que redundaría favorablemente en los usuarios del Laboratorio de Electrónica Médica, así como del prestigio de la Facultad y de la UNAC”.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

En el siguiente capítulo se presenta desde el punto de vista teórico, los aspectos fundamentales a tener en cuenta para la comprensión y realización del presente trabajo.

### **2.1 Antecedentes del estudio**

La Ingeniería Biomédica es la especialidad profesional que integra herramientas técnicas y administrativas para facilitar y mejorar la atención de la salud. La importancia de esta profesión radica en los conocimientos de mecánica, electrónica, instrumentación, medicina, administración etc. que en conjunto permite desempeñar labores de alta especialización. Además, la filosofía con que son preparados los profesionales en las universidades, garantiza un desempeño con altos principios éticos.

En nuestro país ejercen la Ingeniería Biomédica diversas personas:

- Entre los más antiguos, se encuentran personas que no recibieron una preparación profesional en esta especialidad pero por razones diversas laboran en este sector.
- Otros, son profesionales con estudios relacionados al medio, que encontraron espacio para su desenvolvimiento, al tener afinidad personal por estos temas.
- El tercer grupo son personas preparadas profesionalmente en estas labores, su nivel académico varía desde el nivel técnico hasta el nivel de doctorado y despliegan sus esfuerzos en las áreas relacionadas con la atención a la salud.

- Trabajan en empresas particulares que ofrecen mantenimiento, venta y renta de aparatos, accesorios e insumos de uso médico o en hospitales,
- Realizan labores de administración de los recursos tecnológicos con que cuenta el hospital (mantenimiento, supervisión, adquisición, operación, etc.). En la actualidad, participan en la planeación de la evolución hospitalaria, es de primordial interés desarrollar y poner en práctica normas de seguridad y calidad intrahospitalaria que permita una mejor atención a los demandantes de servicio médico.

## **2.2 Fundamento teórico**

### **2.2.1 Equipamiento de laboratorio biomédico**

#### **a) Bioingeniería**

La Bioingeniería es una de las disciplinas más jóvenes de la ingeniería en la que los principios y herramientas de la ingeniería, ciencia y tecnología se aplican a los problemas presentados por la biología y la medicina.

Otra definición es la que sugiere la IEEE que define a la Bioingeniería como:

“La ciencia que estudia y busca la aplicación de principios y métodos de las ciencias exactas, en general, y de la ingeniería, en particular, a la solución de problemas de las ciencias biológicas y médicas”

Entre los más importantes campos que tiene la Bioingeniería a nivel mundial se pueden mencionar:

- Biomateriales
- **Ingeniería Biomédica**
- Ingeniería Hospitalaria

- Biomecánica
- Bioóptica
- Biosensores
- Ingeniería Clínica
- Imágenes Médicas
- Informática Médica
- Órganos Artificiales
- Procesamiento de Señales Biológicas
- Telemedicina, y todo lo que concierne a la Tecnología Médica.

#### **b) Ingeniería Biomédica**

Conforme las actividades humanas se han hecho más diversas, se incrementa su complejidad y aquellos oficios que sustentaban a una comunidad, ahora se transforman en profesiones que exigen una preparación académica elevada para resolver problemas específicos.

El universo en que se desenvuelve el ser humano de esta época, es de gran tecnificación, diverso y a veces increíble, resultado de una evolución científica que da origen a gran variedad de tecnologías, que permiten la existencia de aparatos inimaginables hace poco tiempo y que ahora hacen más "sencilla" la vida del hombre. El campo de la medicina no ha sido la excepción, y para beneficio de la salud, se han aplicado todas las tecnologías creadas. El uso de estas, ha salido del campo de conocimientos tradicional de los médicos y motiva la existencia de profesionales auxiliares que coadyuvan a la atención de la salud.

## **c) Clasificación de equipos biomédicos**

### **a. Dispositivos médicos**

Se entiende por dispositivo médico para uso humano, cualquier instrumento, aparato, máquina, software, equipo biomédico u otro artículo similar o relacionado, utilizado sólo o en combinación, incluyendo sus componentes, partes, accesorios y programas informáticos que intervengan en su correcta aplicación, propuesta por el fabricante para su uso en:

- Diagnóstico, prevención, supervisión, tratamiento o alivio de una enfermedad.
- Diagnóstico, prevención, supervisión, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o de una deficiencia.
- Investigación, sustitución, modificación o soporte de la estructura anatómica o de un proceso fisiológico.
- Diagnóstico del embarazo y control de la concepción.
- Cuidado durante el embarazo, el nacimiento o después del mismo, incluyendo el cuidado del recién nacido.
- Productos para desinfección y/o esterilización de dispositivos médicos.
- Los dispositivos médicos para uso humano, no deberán ejercer la acción principal que se desea por medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos.

### **b. Clasificación**

El equipo biomédico se clasifica según el uso, riesgo, tecnología y clasificación biomédica de la siguiente manera.

Según el riesgo. Esta clasificación permite identificar los equipos de acuerdo con el nivel de riesgo implícito en la atención de los pacientes o el manejo de los mismos por parte de los operadores. Para efectos del inventario se ha asumido la clasificación de riesgo que aceptan o utilizan organismos o asociaciones internacionales, tales como HCA (Hospital Corporation of America), ECRI (Emergency Care Research Institute) y la JCAHO (Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations), las cuales identifican a los equipos médicos según su prioridad de riesgo, en las cuales identifican los equipos médicos.

#### **i. Clasificación según el riesgo**

- **Equipos de muy alto riesgo:** Sin los dispositivos médicos sujetos a controles especiales, destinados a proteger o mantener la vida o para un uso de importancia sustancial en la prevención del deterioro de la salud humana, o si su uso presenta un riesgo potencial de enfermedad o lesión (Clase III).
- **Equipos de alto riesgo:** Son los dispositivos médicos sujetos a controles especiales en el diseño y fabricación para demostrar su seguridad y efectividad (clase IIb)
- **Equipos de moderado riesgo:** Son los dispositivos médicos sujetos a controles especiales en la fase de fabricación para demostrar seguridad y efectividad (Clase IIa).
- **Equipos de bajo riesgo:** Esta categoría incluye los dispositivos médicos de bajo riesgo, sujetos a controles generales, no destinados para proteger o mantener la vida o para un uso de importancia especial en la prevención del deterioro de la salud humana y que no presentan un riesgo potencial no razonable de enfermedad o lesión (Clase I).



## ii. Clasificación biomédica

La clasificación biomédica de los equipos hospitalarios, se basa en la resolución 5039 de 1994 mediante la cual el Ministerio de Salud definió, entre otros aspectos, la tecnología biomédica de acuerdo con su utilización. En dicha resolución se clasificó la tecnología, en cinco grupos:

- **Equipos de diagnóstico:** Los conforman todos aquellos equipos que se utilizan para conocer el estado de salud de un paciente. Normalmente miden señales fisiológicas que se procesan en forma de señales directamente relacionadas con las manifestaciones vitales (estado de salud) de un paciente. Los datos recogidos sirven al médico para definir el tratamiento a seguir con el paciente.
- **Equipo de tratamiento y mantenimiento de la vida:** Lo conforman aquellos equipos que se utilizan para realizar algún procedimiento o tratamiento mediante el cual se pretende mantener controladas las condiciones vitales de un paciente, o corregir anomalías que afectan su estado de salud. Igualmente pertenecen a esta categoría los equipos que son indispensables para la realización de los procedimientos o que son utilizados para ayudar a efectuarlos.
- **Equipos de prevención:** Lo conforman aquellos que se utilizan para evitar que se produzcan condiciones ambientales peligrosas para la salud de los pacientes, pues eliminan tales situaciones.
- **Equipos de rehabilitación:** Son aquellos equipos que se utilizan para devolver las facultades a un paciente que las haya perdido de forma

irreversible, o que por diversas anomalías no las haya logrado desarrollar, siendo viable su recuperación.

- **Equipos de análisis de laboratorio:** Son aquellos equipos que se utilizan en procesos de laboratorio clínico, pertenecen a un subgrupo de equipos de diagnóstico.

### iii. Por tipo de protección contra descargas

- **Clase I:** Equipo en el que la protección contra descargas eléctricas no descansa únicamente en el aislamiento básico, sino que incluye una medida de seguridad adicional consistente en la conexión del equipo al conductor de protección a tierra, que forma parte del cableado fijo de la instalación, en forma que las partes metálicas accesibles no puedan hacerse activas en caso de un fallo de aislamiento básico.
- **Clase II:** Equipo en el que la protección contra descargas eléctricas no descansa únicamente en el aislamiento básico, sino que incluye medidas de seguridad adicional tal como, aislamiento doble o aislamiento reforzado, no existiendo provisión de puesta a tierra y confiando en las condiciones de la instalación.
- **Alimentado internamente:** Equipo alimentado por una fuente interna de energía eléctrica.

### iv. Por grado de protección contra descargas

- **Tipo B:** Componente no aislado adecuado para aplicación intencional interna y externa al paciente, a excepción de la aplicación directa al músculo cardíaco. En la Fig. 2.1 se muestra el símbolo del componente aplicado al tipo B.

**Definición de normas médicas:** componente aplicado que cumple los requisitos estipulados por las normas médicas EN 60601-1/UL 60601-1/CSA 601.1 para proporcionar protección contra las descargas eléctricas, particularmente con respecto a las corrientes de fuga permitidas.



**Fig. 2. 1: Símbolo componente aplicado tipo B**

- **Tipo BF:** Componente aplicado aislado (flotante) apropiado para la aplicación externa e interna intencionada al paciente, excluida la aplicación cardíaca directa. Las "paletas" mostradas en la parte externa de la caja indican que el componente aplicado es resistente a la desfibrilación.

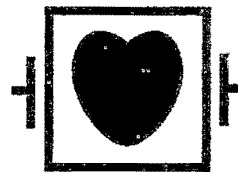
Definición de normas médicas: componente aplicado de tipo F (flotante/aislado) que cumple los requisitos estipulados por las normas médicas EN 60601-1/UL 60601-1/CSA 601.1 para proporcionar un mayor grado de protección contra las descargas eléctricas que el proporcionado por los componentes aplicados de tipo B (ver Fig. 2.2).



**Fig. 2. 2: Símbolo componente aplicado tipo BF**

- **Tipo CF:** Componente aplicado aislado (flotante) apropiado para la aplicación externa e interna intencionada al paciente, incluida la aplicación cardíaca directa. Las "paletas" mostradas en la parte externa de la caja indican que el componente aplicado es resistente a la desfibrilación (ver Fig. 2.3).

Definición de normas médicas: componente aplicado de tipo F (flotante/aislado) que cumple los requisitos estipulados por las normas médicas EN 60601-1/UL 60601-1/CSA 601.1 para proporcionar un mayor grado de protección contra las descargas eléctricas que el proporcionado por los componentes aplicados de tipo BF.

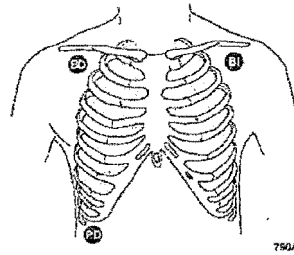


*Fig. 2. 3: Símbolo componente aplicado tipo CF*

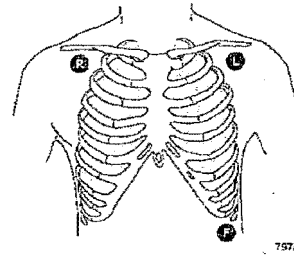
#### **d) Parámetros fisiológicos principales**

##### **a. Electrocardiograma (ECG)**

El ECG es el parámetro principal de monitorización del paciente. Mide la frecuencia cardíaca, analiza las arritmias, detecta la función de un marcapaso. Cuando se conecta al monitor un cable de paciente (ver Fig.2.4 y Fig. 2.5), se presentan en pantalla una ventana de parámetro y una onda (Fig. 2.6). En la Tabla 2.1 se visualiza los principales parámetros que muestran los monitores de ECG



Colocación de electrodos de 3 cables de derivación (se muestra con los códigos de la AHA)



Colocación de electrodos de 3 cables de derivación (se muestra con los códigos de la IEC)

**Fig. 2. 4: Colocación de electrodos en paciente adulto y pediátrico según AHA e IEC**

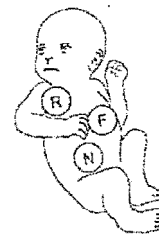


Derivación II



Derivación I

Colocación de los electrodos en recién nacidos (se muestra con los códigos de la AHA)



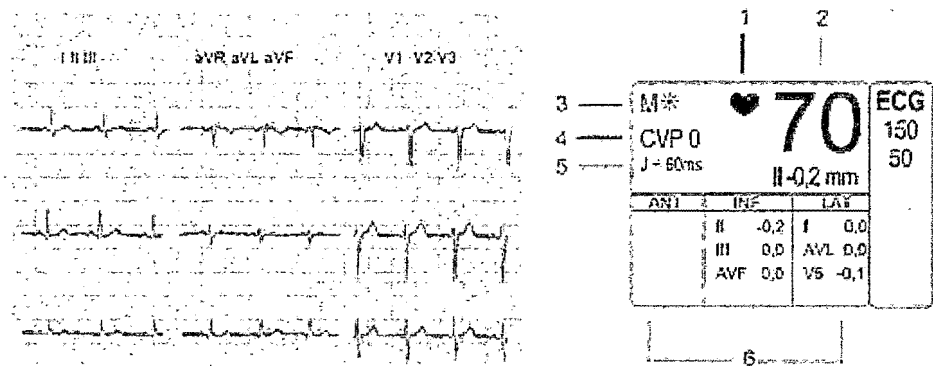
Derivación II



Derivación I

Colocación de los electrodos en recién nacidos (se muestra con los códigos de la IEC)

**Fig. 2. 5: Colocación de electrodos en paciente neonatal según AHA e IEC**



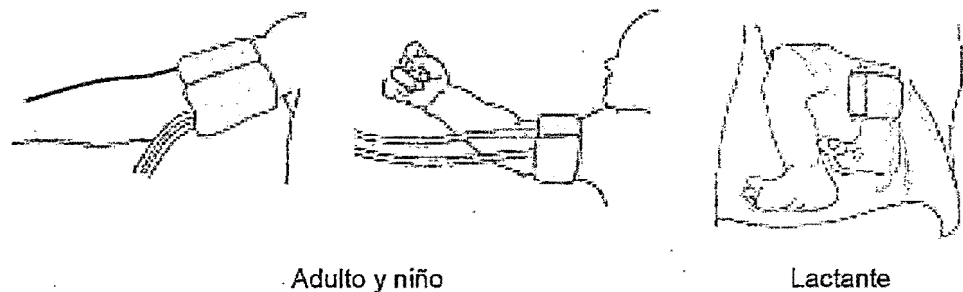
**Fig. 2. 6: Monitorización de ECG (monitor de funciones vitales. Modelo: DASH, marca: GENERAL ELECTRIC)**

**Tabla 2. 1: Principales parámetros en medición de ECG Según Fig. 2.6**

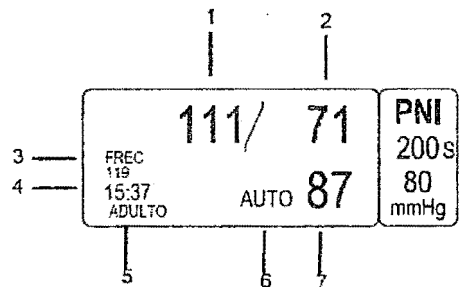
N°	Parámetro
1	Indicador de QRS
2	Frecuencia cardíaca
3	Indicador de la detección de latidos
4	Recuento de extrasístoles ventriculares
5	Punto de medición del segmento ST
6	Datos de análisis del ST

#### **b. Presión Arterial No Invasiva (PANI)**

La monitorización no invasiva y automática de la presión sanguínea sigue el método de medición oscilométrico que utiliza un transductor sensible para medir la presión del brazalete (ver Fig.2.7) y las pequeñas oscilaciones de la presión que se producen en el brazalete para determinar la presión media y calcular las presiones sistólica y diastólica (Ver Fig. 2.8). Los principales parámetros que se visualiza en los monitores de presión se muestran en la Tabla 2.2



**Fig. 2. 7: Colocación de brazalete medición de PANI, adulto, pediátrico y neonatal**



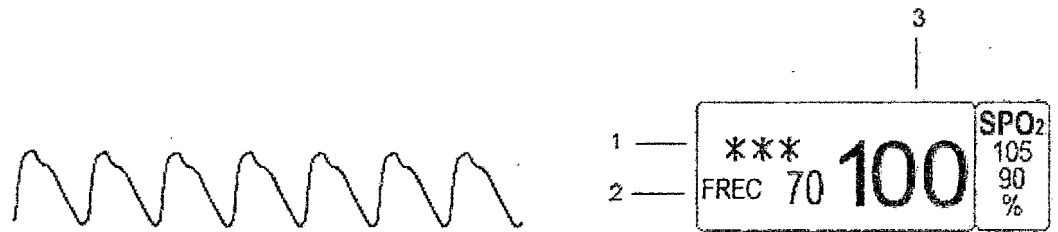
**Fig. 2. 8: Monitorización de PANI (monitor de funciones vitales. Modelo: DASH, marca: GENERAL ELECTRIC)**

**Tabla 2. 2: Principales parámetros en medición de PANI**

Nº	Parámetro
1	Valor sistólico
2	Valor diastólico
3	Valor de la frecuencia de pulso
4	Hora de la última medición
5	Tamaño del brazalete
6	Mensaje de determinación automática
7	Valor medio o presión de inflado del brazalete durante una medición

### c. Saturación de Oxígeno (SPO2)

La monitorización no invasiva de la SpO<sub>2</sub> determina la cantidad de hemoglobina oxigenada y la frecuencia del pulso mediante la medición de la absorción de longitudes de onda de luz específicas. La luz generada en el sensor pasa a través del tejido y es convertida en una señal eléctrica por los fotodetectores del sensor (ver Fig. 2.9). El monitor procesa la señal eléctrica y presenta valores digitales para la SpO<sub>2</sub> y la frecuencia del pulso. Los principales parámetros de SpO<sub>2</sub> que se visualizan se muestran en la tabla 2.3



**Fig. 2. 9: Monitorización de SpO2 (monitor de funciones vitales. Modelo: DASH, marca: GENERAL ELECTRIC)**

**Tabla 2. 3: Principales parámetros en medición de SpO2**

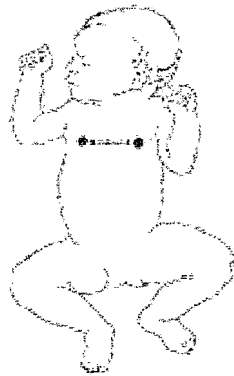
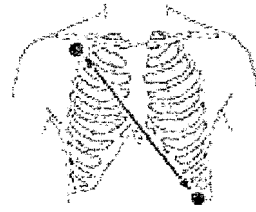
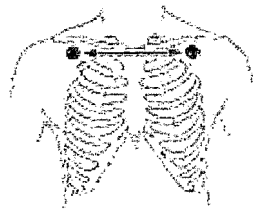
Nº	Parámetro
1	Indicador de la potencia de la señal
2	Valor derivado de la frecuencia del pulso
3	Valor de SpO <sub>2</sub>

#### **d. Respiración y frecuencia respiratoria**

La frecuencia respiratoria se detecta midiendo los cambios de la impedancia torácica a través de las derivaciones I o II del ECG (ver Fig.2.10). Lo que se monitoriza se puede visualizar en la Fig.2.11 y los principales parámetros en la respiración se muestra en la tabla 2.4

- La derivación I proporciona una buena detección de la respiración torácica (región superior del tórax). Sin embargo, la derivación I es más sensible a los artefactos cardiogénicos.
- La derivación II proporciona una buena detección de la respiración torácica y de la respiración abdominal (región inferior del tórax). Sin embargo, la derivación II es más sensible a los artefactos cardiogénicos y al movimiento (cabeza, cuello o brazos)





Derivación I del ECG para la respiración con la región superior del tórax

Derivación II del ECG para la respiración torácica o abdominal superior

Fig. 2. 10: Colocación de electrodos según derivación I y derivación II. Respiración y frecuencia respiratoria

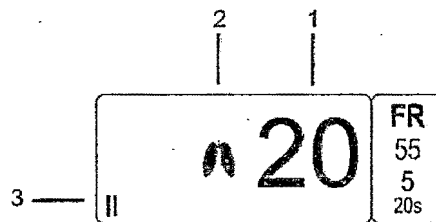


Fig. 2. 11: Monitorización de Respiración y frecuencia respiratoria (monitor de funciones vitales. Modelo: DASH, marca: GENERAL ELECTRIC)

**Tabla 2. 4: Principales parámetros en medición de Respiración y FR**

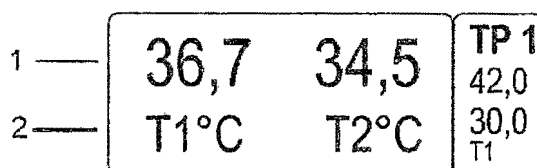
N°	Parámetro
1	Frecuencia respiratoria
2	Indicador de la respiración
3	Derivación monitorizada

**e. Temperatura**

Se hace uso de sensores de temperatura para realizar esta medición.

La temperatura se puede visualizar como en la Fig. 2.12 y los principales parámetros se muestran en la tabla 2.5

- Sensor de piel.
- Sensor esofágico o rectal.



**Fig. 2. 12: Monitorización de Temperatura (monitor de funciones vitales. Modelo: DASH, marca: GENERAL ELECTRIC)**

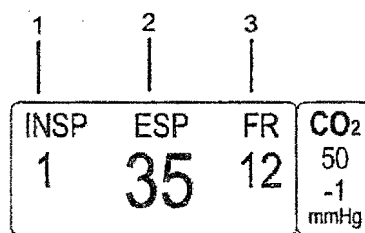
**Tabla 2. 5: Principales parámetros en medición de temperatura**

N°	Parámetro
1	Valor de temperatura
2	Punto de medición de la temperatura y unidad de medida

## f. Capnografía

La monitorización del CO<sub>2</sub> teleespiratorio es una técnica continua y no invasiva que determina la concentración de anhídrido carbónico en el gas respiratorio mediante la medición de la absorción de longitudes de onda específicas de luz infrarroja. La luz generada en el analizador atraviesa el gas respiratorio. El fotodetector mide y digitaliza el grado de absorción por el CO<sub>2</sub>.

La temperatura se puede visualizar como en la Fig. 2.13 y los principales parámetros se muestran en la tabla 2.6



**Fig. 2. 13: Monitorización de ECG (monitor de funciones vitales. Modelo: DASH, marca: GENERAL ELECTRIC)**

**Tabla 2. 6: Principales parámetros en medición de CO<sub>2</sub>**

Nº	Parámetro
1	Valor de la frecuencia respiratoria
2	Valor de CO <sub>2</sub> inspirado
3	Valor de CO <sub>2</sub> espirado

### **2.2.2 Evaluación y certificación de equipamiento médico**

Entre los problemas más relevantes que afronta la ingeniería clínica en el Perú, se tienen:

- Deficiencias en los planes de renovación tecnológica.
- Falta de rigor en la aplicación de planes de mantenimiento.
- Modernización de la infraestructura hospitalaria, entre otros.

En Lima, los Hospitales Nacionales cuentan con una gran cantidad de tecnología biomédica instalada y que actualmente presenta una problemática relacionada con la calidad de atención en servicios de salud, siendo pertinente implementar procesos que contribuyan con el mejoramiento continuo en la prestación de este servicio y una de esas contribuciones se puede dar a partir desde la gestión del equipamiento médico.

Se aprecian problemas en cuanto a la importancia que se le da a los recursos tecnológicos y en los procesos de gestión de los mismos, encontrándose deficiencias en la falta de personal especializado que presten soporte a los equipos, la desactualización del inventario, un bajo nivel de cumplimiento de los planes estratégicos anuales, la falta de mantenimiento preventivo.

Siendo la seguridad eléctrica en el país uno de los temas menos tratados, tal vez por falta de información y entre otras por falta de normas que controlen ciertos parámetros que garanticen una seguridad eléctrica.

En este aspecto el sector estudiantil especialmente si se trabajará con equipos médicos, no se excluye, y en ciertos casos se debe tener mayor cuidado porque son equipos que pueden ser empleados con pacientes en general. Siendo las normas internacionales las que regulan las reglas y protocolos que se tendrán para equipos médicos e instalaciones eléctricas en general.

### **a) Breve descripción de las normas**

Como en toda área, existen ciertas normas que rigen a nivel internacional, estas pretenden brindar la mayor seguridad al paciente y por ende a la institución y a sus equipos. Para alcanzar el objetivo de brindar un servicio de calidad y confianza, estas normas son fundamentales pero de igual forma deben seguirse con severidad. Es por esto que se forman instituciones reconocidas a nivel mundial que se encargan de analizar diferentes circunstancias y factores que puedan brindar tranquilidad a la gente en general en las diferentes áreas de trabajo.

Es así que en el área de la salud las principales instituciones que se encargan de dichos análisis son:

- ISO
- IEC
- FDA
- NEMA
- ASHE
- ANSI
- AHA
- ASE
- AAMI
- OSHA
- IEEE

ISO e IEC forman el sistema especializado para la normalización mundial. Los organismos nacionales miembros de ISO e IEC participan en el desarrollo de las Normas Internacionales a través de comités técnicos establecidos por la organización respectiva, para tratar con campos particulares de la actividad

técnica. Los comités técnicos de ISO e IEC colaboran en campos de interés mutuo. El comité de ISO para evaluación de conformidad, que se encarga del desarrollo de Normas y Guías Internacionales es CASCO. Los Proyectos de Normas Internacionales se circulan a los organismos nacionales para votación. La publicación como Norma Internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos nacionales con derecho a voto.

ANSI es una organización que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. ANSI es miembro de ISO e IEC. La organización también coordina estándares del país estadounidense con estándares internacionales, de tal modo que los productos de dicho país puedan usarse en todo el mundo, como es el caso de nuestro país que adopta la mayoría de normas que rigen en Estados Unidos. Por ejemplo, los estándares aseguran que la fabricación de objetos cotidianos u otros equipos, se realice de tal forma que puedan usar complementos fabricados en cualquier parte del mundo por empresas ajenas al fabricante original; de esta manera, la gente puede comprar repuestos o partes de sus equipos, independientemente del país donde se encuentre y del proveedor del mismo.

ANSI acredita a organizaciones que realizan certificaciones de productos o de personal de acuerdo con los requisitos definidos en los estándares internacionales. Los programas de acreditación ANSI se rigen de acuerdo a directrices internacionales en cuanto a la verificación gubernamental y a la revisión de las validaciones.

Se debe tener principal cuidado en ciertos aspectos, así como los límites de tolerancia de ciertos parámetros, se debe especificar claramente el tiempo máximo dentro del cual el equipo se mantendrá dentro de los límites de tolerancia, es necesario establecer aproximadamente el espacio de tiempo que

tarda un equipo en presentar una “falla aleatoria” es decir, que esta se puede presentar, en ciertos equipos, por motivos de uso, pues en ocasiones el software llega a “fallar” por el alto tiempo de trabajo o “fatiga” del equipo.

## b) Principales normas para los equipos

En el anexo A se citan las principales normas o estándares que rigen sobre los equipos médicos mencionados anteriormente, cabe recalcar que algunas de estas son generales para varios equipos, sin embargo existen otras puntuales que fueron creadas para una clase de equipo en específico.

## 2.2.3 Instalaciones Eléctricas Industriales

### a) Instalación Eléctrica

Una instalación eléctrica es un conjunto de elementos necesarios para generar, conducir y transformar la energía eléctrica, para que sea utilizado por las máquinas y aparatos receptores, como se aprecia en la Fig. 2.14.

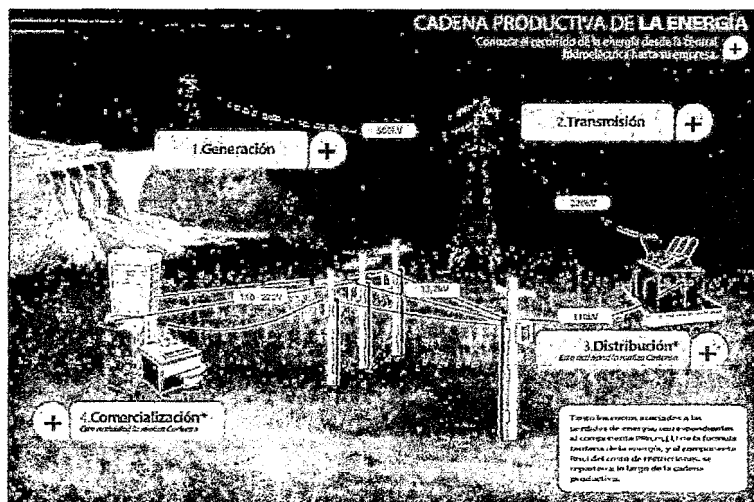


Fig. 2. 14: Recorrido de la electricidad

Las instalaciones eléctricas deben cumplir con los siguientes objetivos:

- Ser seguras contra accidentes e incendios
- Ser eficientes y económicas
- Tener eficiente sistema de protección
- Ser accesibles y de fácil mantenimiento
- Tener una adecuada distribución de elementos, aparatos, equipos.
- Tener la posibilidad de ampliarlas
- Cumplir con las normas nacionales e internacionales

#### **b) Símbolos Electrotécnicos**

Los símbolos electrotécnicos son las representaciones gráficas de los compuestos de una instalación eléctrica que se usan para transmitir un mensaje, para identificar, calificar, instruir, mandar y advertir.

El uso de los símbolos eléctricos tiene las siguientes ventajas:

- Su empleo es universal.
- Ahorro de tiempo y dinero en el mantenimiento y reparación de instalaciones o equipos eléctricos a través de su interpretación de los componentes.
- Facilita la interpretación de circuitos complicados.
- Permite una comunicación universal entre las personas independientes del idioma del país.



Los símbolos eléctricos (ver Fig. 2.15) deben cumplir las siguientes características:

- Deben ser lo más simple posible para facilitar su dibujo y evitar pérdida de tiempo en su representación.
- Deben ser claros y precisos.
- Deben indicar esquemáticamente el funcionamiento del aparato en un circuito.
- Deben evitarse los dibujos de figuras pictóricas porque los símbolos están destinados para diagramar a circuitos eléctricos.
- El nombre del símbolo debe ser claro y preciso.

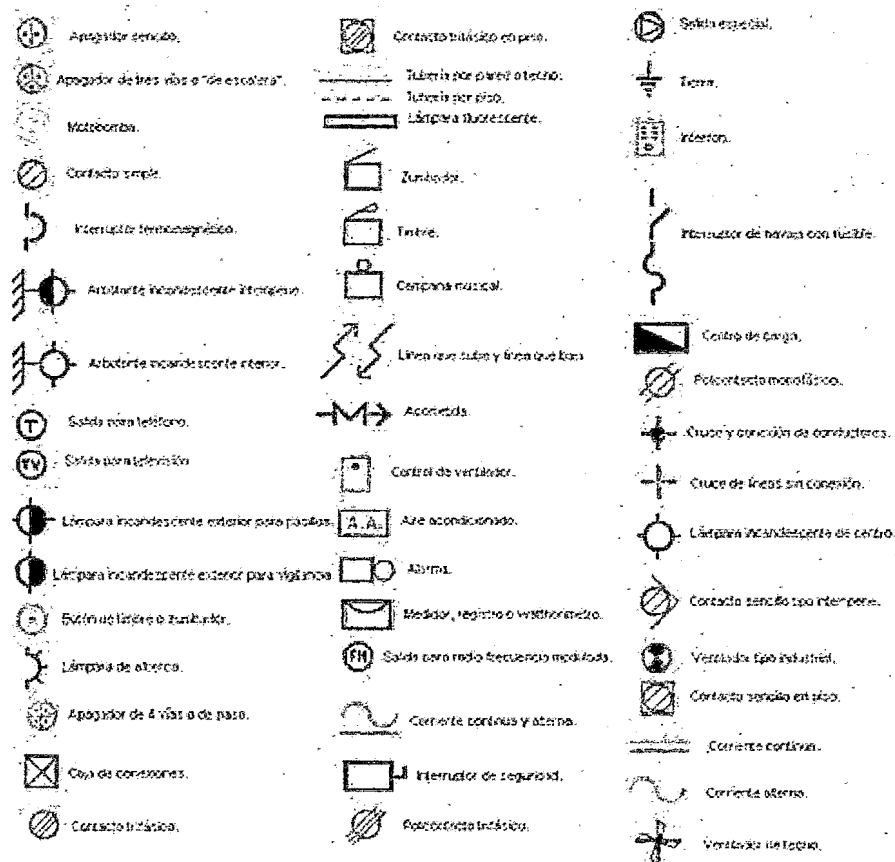


Fig. 2.15: Algunos Símbolos Electrotécnicos

### **c) Normas Electrotécnicas**

En la mayoría de los países las instalaciones eléctricas deberán cumplir diferentes disposiciones legales publicadas por las autoridades nacionales o por organismos privados reconocidos. Es primordial tener en cuenta estas restricciones locales antes de comenzar un diseño, los símbolos eléctricos usados en los diseños deben cumplir con una o varias normas de representación, las más importantes son:

- AEE
- ANSI
- BS
- CNE
- CEI
- CENELEC
- DIN
- IEC
- JIS
- NEMA
- SEN
- VDE
- UNE

Las normas IEC en particular la IEC 60364 ha sido establecida por parte de expertos médicos e ingenieros de todos los países del mundo con una experiencia equiparable en un nivel internacional. En la actualidad, los principios de seguridad de la IEC 60364 y la 60479-1 son los fundamentos de la mayoría de las disposiciones legales del mundo.

#### **d) Esquemas Eléctricos**

Los esquemas eléctricos son las representaciones gráficas de los circuitos e instalaciones eléctricas (ver Fig. 2.16) en los que van las relaciones mutuas que existen entre sus diferentes elementos, así como los sistemas de conexión que los enlazan entre sí.

Para sus representaciones se emplea básicamente una serie de símbolos, trazos, marcas o índices, los cuales han sido unificados por la IEC u otros organismos, los cuales tienden a facilitar en lo posible, a correcta interpretación de los símbolos mencionados.

##### **a. Finalidad**

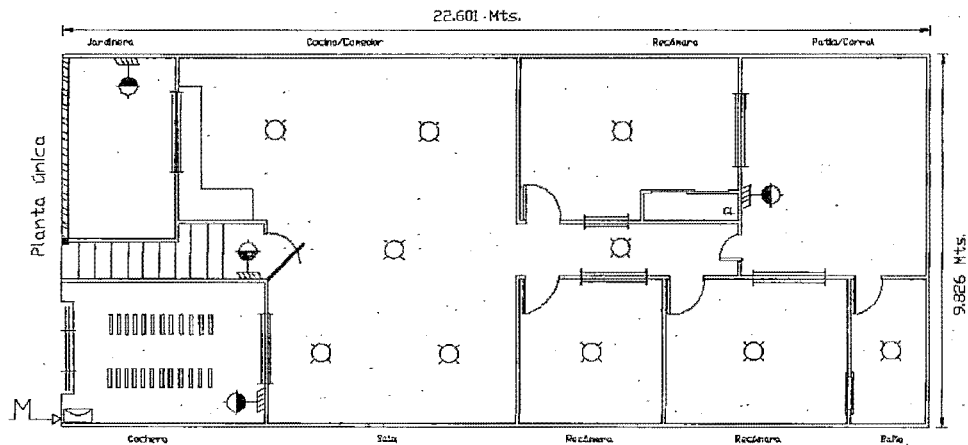
Los esquemas eléctricos se usan con la finalidad de:

- Facilitar la información para poder elegir el equipo más adecuado.
- Facilitar la información necesaria para que se puedan cablear los equipos.
- Permiten realizar tareas de mantenimiento y detectar fallas siguiendo una secuencia lógica.

##### **b. Elementos**

Los elementos de un esquema eléctrico son:

- Símbolos
- Marca que designan dispositivos.
- Señales de los bornes.
- Señales de los conductores.



**Fig. 2. 16: Esquema eléctrico**

### c. Clasificación

Los esquemas eléctricos se clasifican en general en dos grandes grupos:

#### i. Clasificación según el propósito

Se distinguen por:

- **Esquemas y diagramas explicativos**

Están orientados a resolver los problemas propios de la fase de diseño. Están destinados a facilitar el estudio y la comprensión del funcionamiento de una instalación o de una parte de ella.

Los esquemas explicativos son los siguientes:

### - Esquemas funcionales

Es un dibujo relativamente simple (ver Fig.2.17), destinado a hacer comprender el principio de funcionamiento. En él se presenta por símbolos simples, una instalación o parte de ella, así como sus interdependencias funcionales, sin que sea necesario representar todos los enlaces o conexiones materiales.

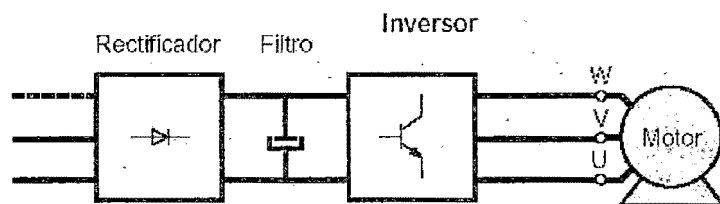


Fig. 2. 17: Esquema funcional

### - Esquema de circuito

Está destinado a hacer comprender todos los detalles de funcionamiento. Representa por símbolos una instalación o parte de ella y todos los enlaces, como se presenta en la Fig. 2.18, particularmente todas las conexiones eléctricas existentes entre los elementos que la constituyen y que intervienen en su funcionamiento.

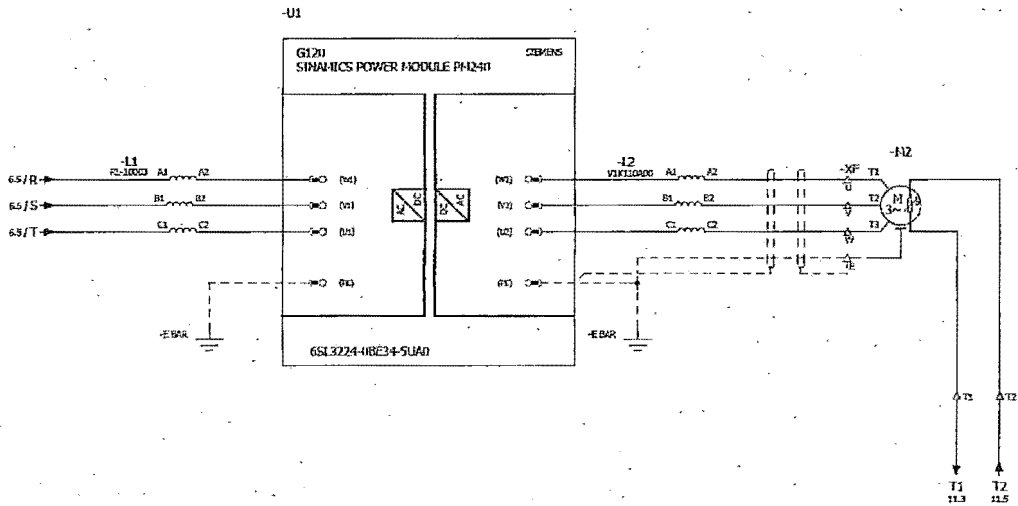


Fig. 2. 18: Esquema de circuito

### - Diagrama de secuencia

Es un diagrama explicativo destinado a facilitar el análisis de las operaciones que se suceden en un orden determinado (ver Fig. 2.19).

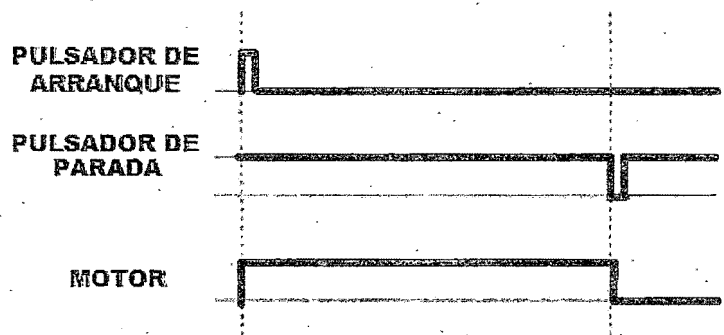


Fig. 2. 19: Arranque de un motor – Diagrama de secuencia

### - Diagrama de secuencia-tiempo

Es un diagrama de secuencia que toma además en cuenta el valor de los intervalos de tiempo entre las operaciones sucesivas (Ver Fig. 2.20).

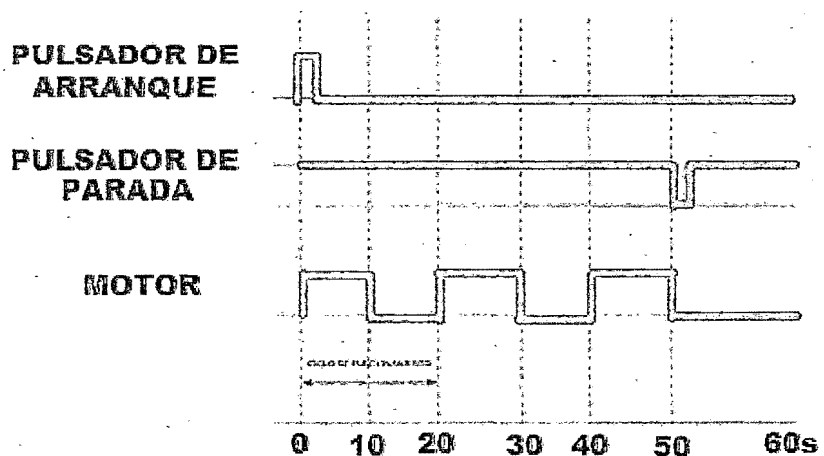


Fig. 2. 20: Arranque de un motor – Diagrama de secuencia- tiempo

### ▪ Esquemas de realización o diagramas de conexiones

Están orientados a resolver los problemas de ejecución material.

Están destinados a guiar en la ejecución y verificación de las conexiones de una instalación o parte de ella, y pueden referirse a las conexiones interiores, exteriores o ambas (ver Fig. 2.21).

Los esquemas de conexión son los siguientes:

### - Esquema de conexiones interiores

Este esquema representa las conexiones en el interior de un aparte de la instalación.

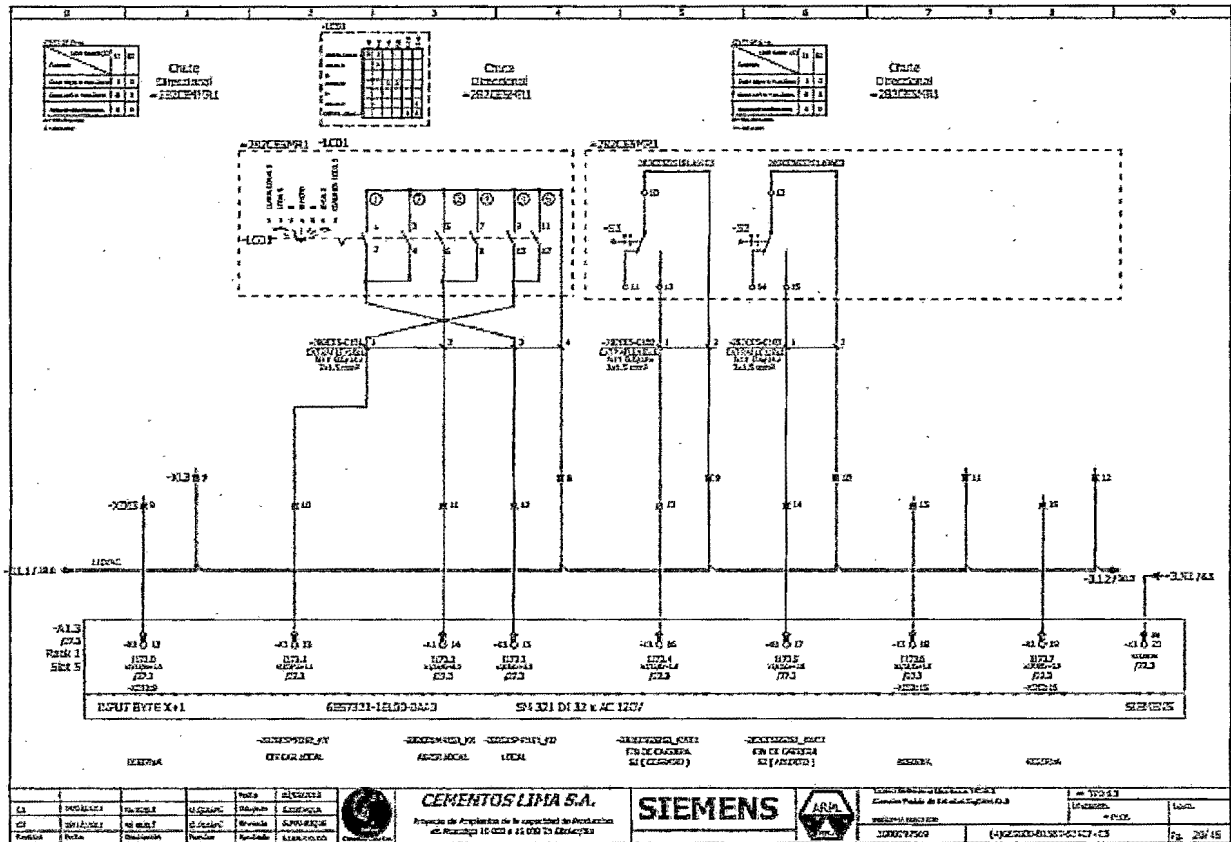


Fig. 2.21: Plano eléctrico (Esquema de conexiones interiores)

- Esquema de conexiones exteriores

Este esquema representa los conductores entre diferentes partes de una instalación, como se aprecia en la Fig. 2.22

- Esquema de bornes

Este esquema solo representa los bornes y los conductores o grupos de conductores que le son conectados (ver Fig.2.23).



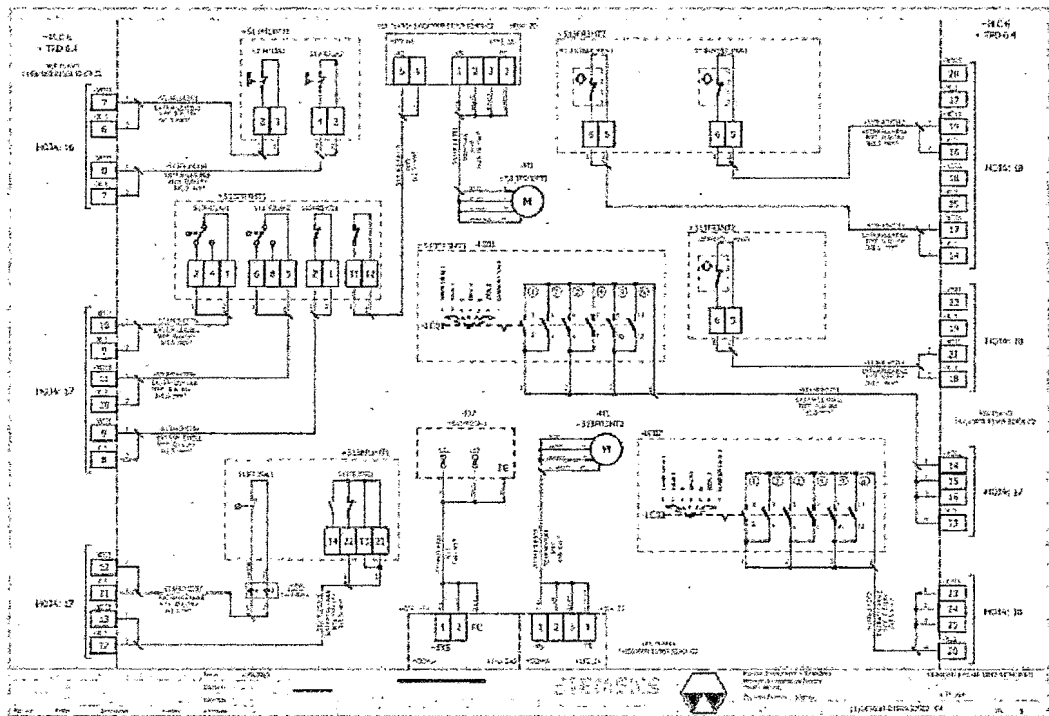


Fig. 2. 22: Plano de interconexión (Esquema de conexiones exteriores)

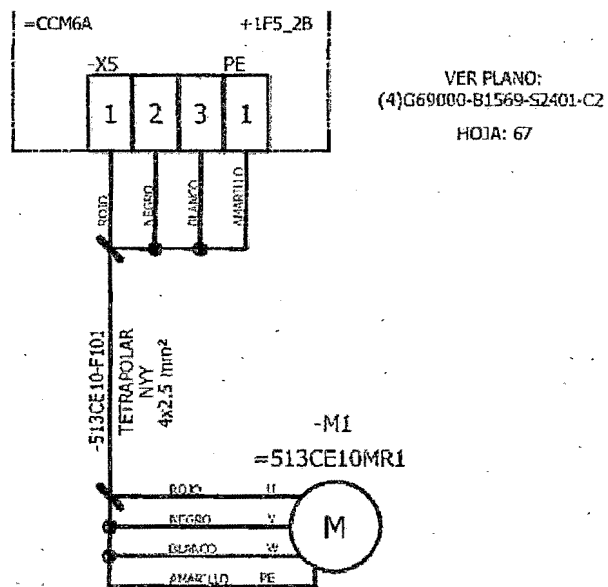


Fig. 2. 23: Alimentación de un motor (Esquema de bornes)

## **ii. Clasificación según el método de representación**

Se distinguen por:

### **▪ Según el número de conductores, aparatos o elementos**

#### **- Representación unifilar**

En la dos o más conductores se representan por un símbolo único (una línea) y un solo símbolo apropiado representa varios elementos similares. En particular, una línea sola puede representar.

- Circuitos que poseen funciones eléctricas equivalentes.
- Circuitos que tienen el mismo trazado físico.
- Conductores cuyo trazado seguiría el mismo trayecto sobre el esquema.

#### **- Representación multifilar**

En la cual cada aparato o elemento está representado por un símbolo y cada conductor por una línea individual (ver Fig.2.24)

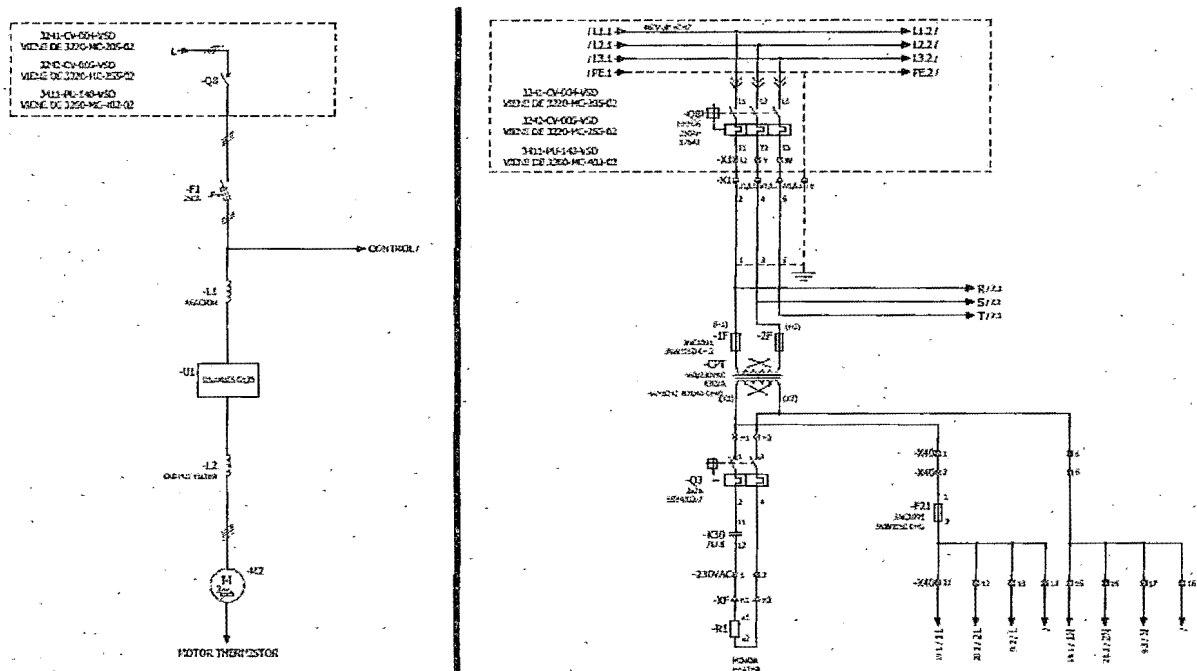


Fig. 2. 24: A la izquierda Diagrama unifilar. A la derecha Diagrama multifilar

iii. Según la ubicación relativa de los símbolos correspondientes a los elementos o materiales.

▪ Representación ensamblada

En la cual los símbolos de los diferentes elementos de un mismo aparato o de una misma instalación quedan próximos sobre el esquema de la Fig. 2.25

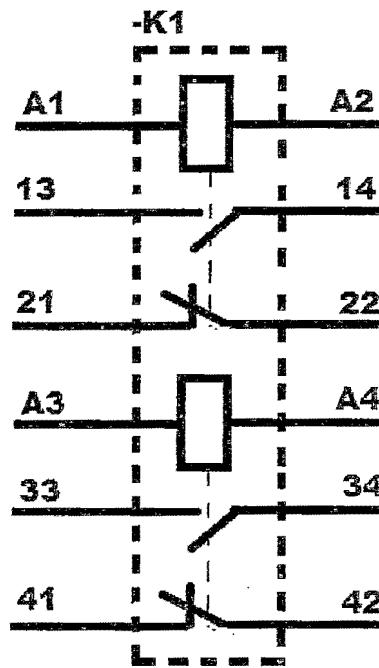


Fig. 2. 25: Contactor KM1 y KM2 (Representación ensamblada)

- **Representación semi-desarrollada**

En la cual los símbolos de los diferentes elementos de un mismo aparato o de una misma instalación quedan separados y dispuestos de tal manera, que pueden trazar fácilmente los símbolos de los enlaces mecánicos entre los diferentes elementos que hacen funcionar el conjunto (ver Fig. 2.26).

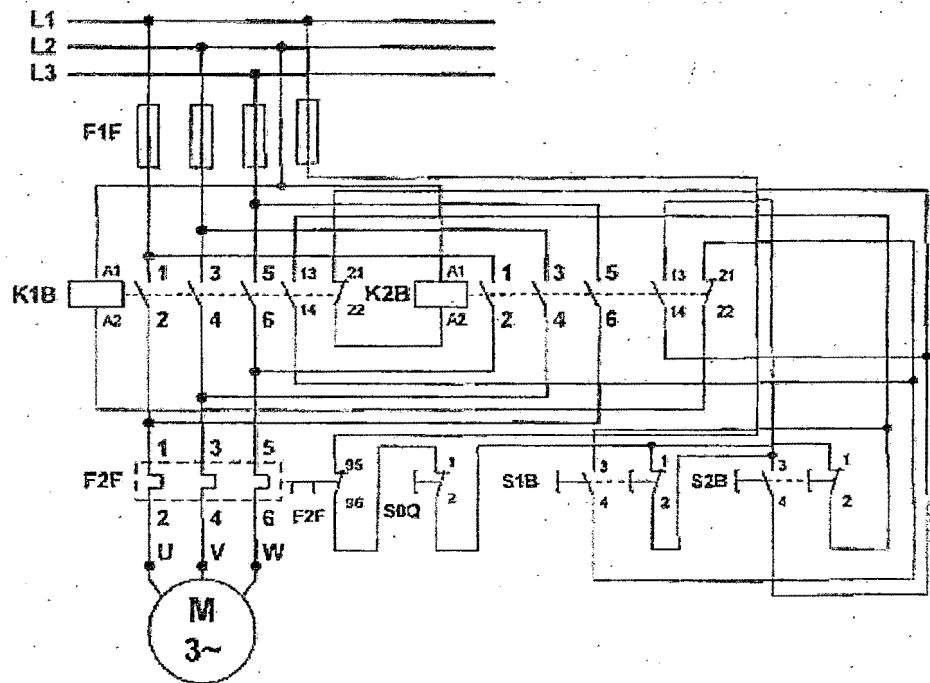


Fig. 2. 26: Contactor KM1 y KM2 (Representación semi-desarrollada)

- **Representación desarrollada**

En la cual los símbolos de los diferentes elementos de una misma de un mismo aparato o de una misma instalación quedan separados y dispuestos de tal manera, que el trazado de cada circuito se aproxime lo más posible a una línea recta, a fin de que se pueda seguir fácilmente su trazado (ver Fig. 2.27).

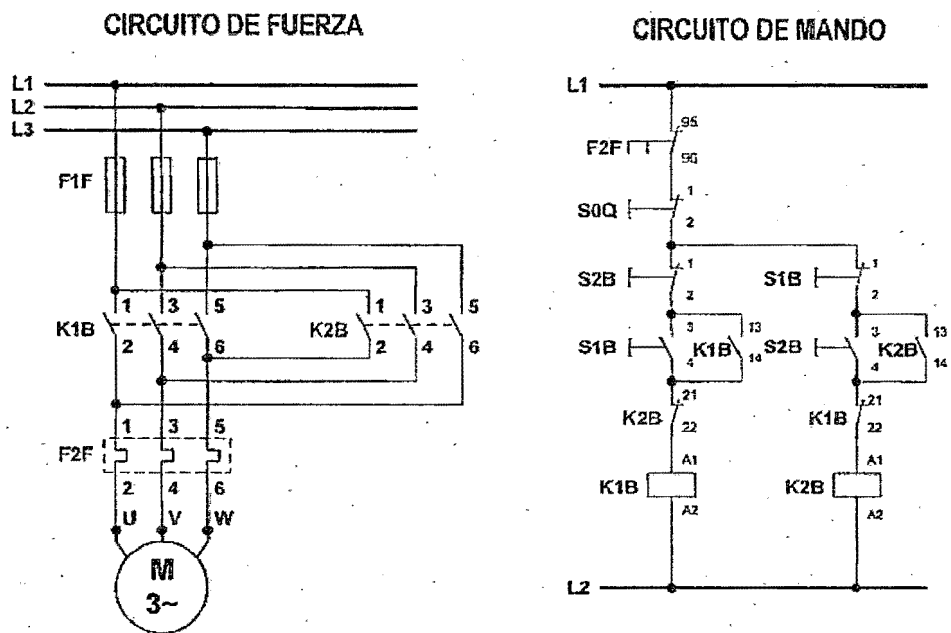


Fig. 2. 27: Contactor KM1 y KM2 (Representación desarrollada)

▪ **Representación topográfica**

La disposición de los elementos sobre el esquema corresponde total o parcialmente a la dispersión topográfica de los objetos representados (ver Fig. 2.28).

La representación topográfica se utiliza normalmente para:

- El esquema arquitectónico
- El esquema de la red
- El mapa de la red

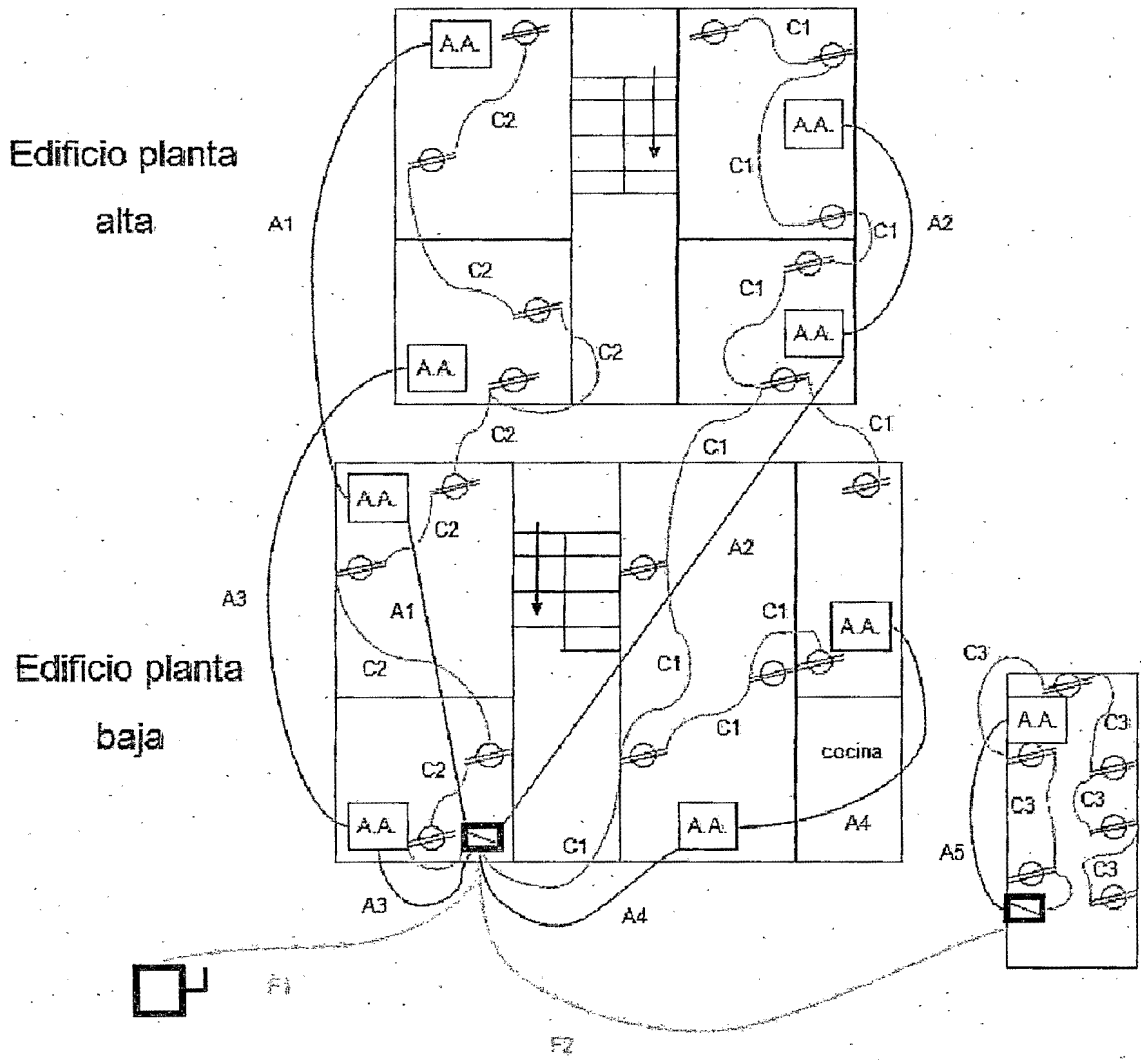


Fig. 2. 28: Representación topográfica

**d. Los planos y esquemas eléctricos se presentan en formatos, marcos y membretes:**

Las normas de INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Individual) establecen los requisitos de dimensiones, especificaciones y calidad de productos. Dentro de las disposiciones de estas normas, están las referidas al formato para la elaboración de esquemas. Estas dimensiones han sido tomadas de las normas DIN ya que su uso es mundial.

El formato de papel de dibujo de la serie-A se basa en los siguientes principios (ver Fig.2.30):

- Los distintos tamaños de papel tienen que tener la misma proporción entre su lado mayor y menor (ver Fig. 2.31)
- Dos tamaños de papel sucesivos tienen que ser uno el doble de superficie que el otro, de modo que cortando un formato se obtienen dos iguales del formato siguiente.
- El A0 tiene una superficie de un metro cuadrado

Para los membretes se puede visualizar en la fig. 2.32. Entonces partiendo de un formato de lados  $a$  y  $b$ , el formato superior tendrá  $2a$  por  $b$  (ver Fig. 2.29), para que la proporción entre sus lados sea la misma tendrá que cumplirse lo anotado en la ecuación 2.1.

$$\frac{b}{a} = \frac{2a}{b} \rightarrow b = \sqrt{2}a \quad (2.1)$$



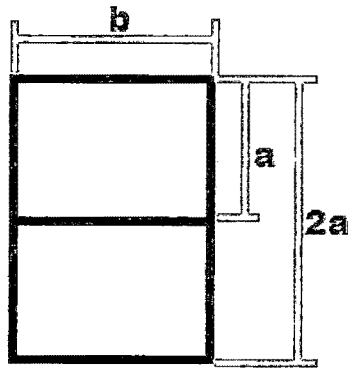


Fig. 2. 29: Hoja A0

Si la proporción entre el lado mayor y menor es raíz de dos, cortando un formato en dos iguales esta proporción se conserva.

Si el formato **A0** tiene una superficie de un metro cuadrado, tendremos la siguiente ecuación 2.2, con lo cual se concluye en la ecuación 2.3.

$$\left. \begin{array}{l} a \cdot b = 1m^2 \\ b = \sqrt{2}a \end{array} \right\} a = 0.841m \quad (2.2)$$

$$\therefore \text{DIN A0} \left\{ \begin{array}{l} \text{ancho} = \frac{1}{\sqrt[4]{2}}m \\ \text{largo} = \sqrt[4]{2}m \end{array} \right. \quad (2.3)$$

Tabla 2. 7: Formatos más utilizados en proyectos de instalaciones eléctricas

FORMATO	DIMENSIONES (mm)	MARGENES	
		IZQUIERDO	OTROS
A0	1189x841	35	10
A1	594x841	30	10
A2	420x594	30	10
A3	297x420	30	10
A4	210x297	30	10

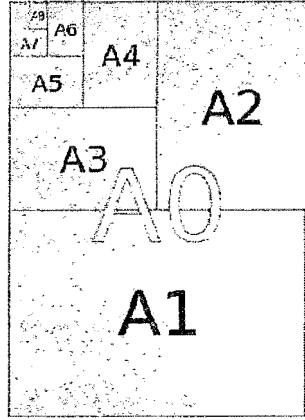


Fig. 2. 30: Tamaño de hojas

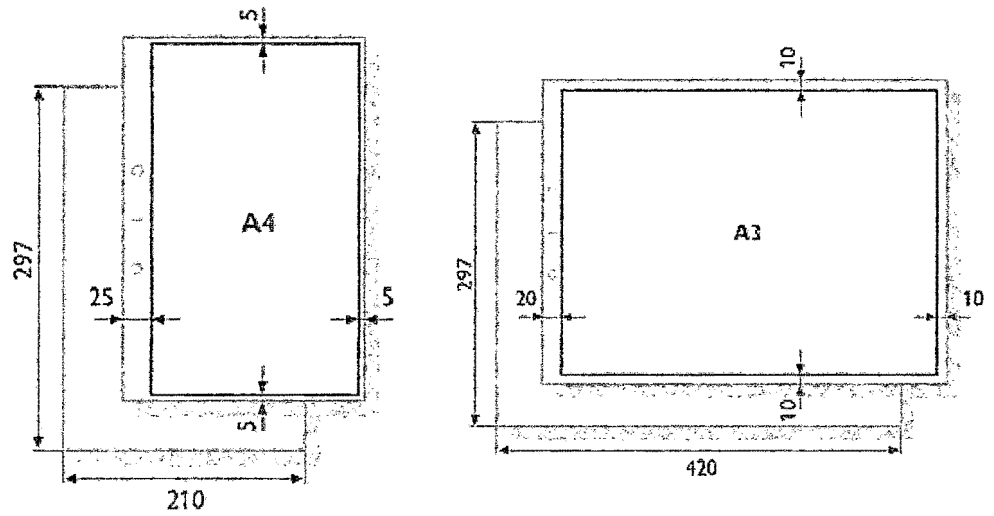


Fig. 2. 31: Márgenes de hojas A4 y A3

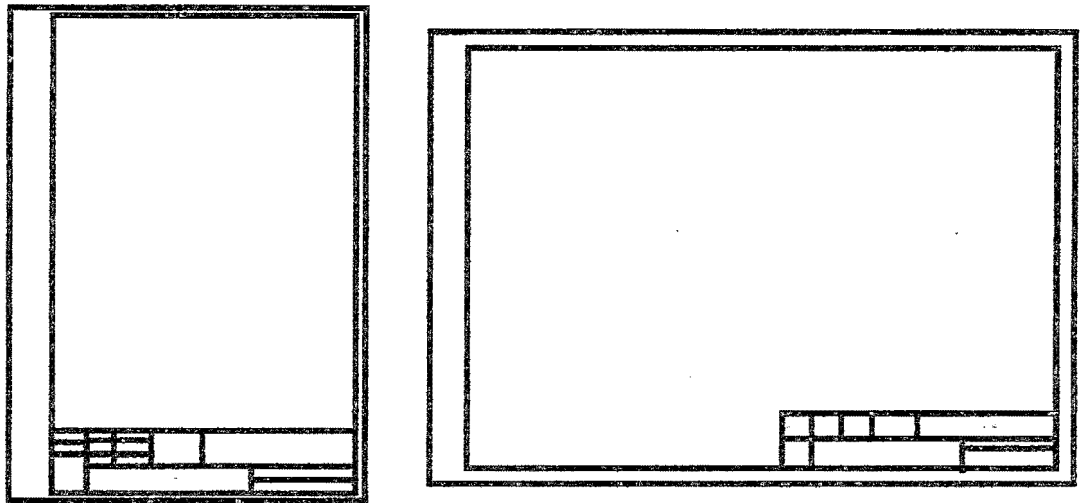


Fig. 2. 32: Membretes de hojas A4 y A3

Los esquemas eléctricos para su lectura e interpretación tienen reglas básicas como:

**i. Bloques informativos, de identificación y marcado de bornes para tableros de control**

Dado la generalidad de las partes que se compone un esquema, resulta esencial la utilización de reglas fijas que nos ayudan a emplear sin confusión posible los signos de identificación de los elementos y equipos.

La identificación completa de un elemento o equipo eléctrico está compuesto por los siguientes bloques (Fig. 2.33):

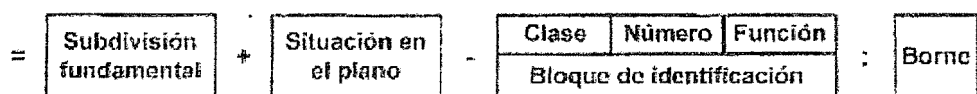


Fig. 2. 33: Bloque 1 Subdivisión fundamental

- **Bloque 1 Subdivisión fundamental**

- Su signo característico es ( = ).
- Nos facilita la relación que hay entre cierto número de elementos respecto a su situación o posición en el esquema.
- Nos puede servir como signo de identificación en el cual se nos indica la situación de determinado elemento de un equipo completo.

- **Bloque 2: Ubicación en el plano**

- Su signo característico es ( + ).
- Nos facilita la situación de un elemento para una rápida identificación del lugar, que ocupa, entre numerosos elementos con múltiples usos de igual o similar presentación, de un conjunto importante.
- El código de signos de identificación de la situación se puede basar en una secuencia de números sucesivos o bien en sus coordenadas, de tal forma que no exista ningún tipo de ambigüedad.

- **Bloque 3: Bloque de identificación**

Este bloque es el más importante y en la mayoría de los casos es suficiente.

- **Clase**

El signo que identifica la clase de aparato o elemento está formado por una sola letra mayúscula que es representativa de toda una serie de elementos. Sería imposible hacer una lista codificada para todos ellos, es por eso que se agrupan en familias de aparatos que llamamos clase de aparato.

A continuación en la tabla 2.8, se especifica las letras codificadas y a su derecha el grupo de aparatos afines.

**Tabla 2. 8: Letras indicativas para designar la clase de elemento**

<b>Letra distintiva</b>	<b>Clase de elemento</b>	<b>Ejemplos</b>
A	Grupos constructivos. Partes de grupos. Constructivos.	Amplificadores, (Partes de grupos constructivos que constituyen una unidad, pero que no pueden asociarse claramente a otras letras; bastidores, conjuntos extraíbles tarjetas enchufables, puestos de control local)
B	Convertidores de magnitudes eléctricas a magnitudes no eléctricas y viceversa. Transductores	Sondas termoelectricas, termocélulas, células fotoeléctricas, dinamómetros, micrófonos, altavoces, aparatos de campo giratorio. (Termómetros de resistencia, fotoresistencias, captadores de presión)
C	Condensadores	
D	Dispositivos de retardo. Dispositivos de memoria. Elementos binarios	Circuitos de retardo, registradores, memorias de disco, aparatos de cinta magnética. (Regulación y cálculo digital, circuitos integrados con funciones digitales, contadores de impulsos).
E	Diversos.	Instalaciones de alumbrado, instalaciones de calefacción, instalaciones que no estén indicadas en otro lugar de esta relación. (Filtros eléctricos, cercados eléctricos, ventiladores).
F	Dispositivos de protección	Fusibles, relés de protección (Automáticos para telecomunicación y protección de

		instalaciones, relés bimetálicos, relés magnéticos).
G	Generadores.	Generadores rotativos, convertidores de frecuencia rotativos, baterías, equipos de alimentación. (Cargadores de baterías, generadores de impulsos).
H	Dispositivos de señalización.	Aparatos de señalización ópticos y acústicos. (Lámparas de señalización)
K	Contactores Relés	Contactores de potencia, contactores auxiliares, relés de tiempo.
L	Inductancias	Bobinas de inducción. Bobinas de bloqueo
M	Motores.	
N	Amplificadores, reguladores	Dispositivos de la técnica analógica de control, regulación y cálculo; reguladores electrónicos y electromecánicos, amplificadores operacionales, amplificadores inversores, amplificadores separadores, transformadores de impedancia, circuitos integrados con funciones analógicas
P	Aparatos de medida. Dispositivos de prueba	Dispositivos de medida, indicadores, registradores y contadores, emisores de impulsos, relojes
Q	Aparatos mecánicos de conexión para circuitos de potencia.	Interruptores de potencia, seccionadores. (Interruptores en circuitos principales de corriente, interruptores con dispositivos de protección, interruptores rápidos, seccionadores en carga, conmutadores estrella triángulo).
R	Resistencia	Resistencias regulables, potenciómetros, resistencias de regulación, resistencias de derivación, resistencias calefactoras. Resistencias fijas, arrancadores, resistencias de frenado, resistencias de medidas, shunts.

S	Aparatos mecánicos de conexión para circuitos de mando	Interruptores de mando, pulsadores, finales de carrera, selectores. (Pulsadores luminosos, conmutadores de medida).
T	Transformadores.	Transformadores de tensión, transformadores de intensidad, transformadores de red.
U	Moduladores. Convertidores de magnitudes eléctricas en otras, también eléctricas.	Codificadores, inversores, decodificadores (Convertidores de intensidad, tensión-frecuencia, convertidores de frecuencia-tensión, convertidores analógico-digitales, convertidores digital-analógicos).
V	Válvulas electrónicas. Semiconductores.	Diodos, transistores, tiristores, diodos zener, diodos capacitivos, puentes rectificadores, triacs.
W	Vías de transmisión. Antenas.	Cables, bornes de distribución. (Fibra óptica, cables coaxiales, conductores para telecomunicación).
X	Bornes, enchufes Bases de enchufe.	Enchufes y cajas de enchufes, enchufes de prueba, regletas de bornes. (Enchufes coaxiales, tomas de corriente, clavijas para medida, enchufes múltiples, distribuidores enchufables).
Y	Dispositivos mecánicos accionado eléctricamente.	Frenos, acoplamientos, accionamiento de regulación, aparatos de elevación, accionamientos de ajuste, electroimanes de cierre, bloqueos mecánicos, potenciómetros motorizados, imanes permanentes.
Z	Filtros. Limitadores (equipo de compensación)	Redes artificiales, reguladores dinámicos, filtros de cristal, filtros R/C y L/C

**- Número**

Esta información es obligatoria, y se usa números naturales desde 1 hasta n. Sirve para diferenciar entre varios elementos designados por las mismas letras en una o las dos partes (clase y/o función).

**- Función**

Análogamente con la diversidad de aparatos existentes, la infinidad de funciones que se realizan con ellos, hace improbable la designación de un código completo para todas ellas, por lo que en la Tabla 2.9 se indica la lista que se utilizará para dar una información general, según la función de los aparatos o elementos.

**Tabla 2. 9: Letras que indican designación de funciones generales**

Letra	Función
A	Función auxiliar.
B	Sentido de movimiento (Adelante, atrás, subir, bajar, sentido horario y sentido antihorario).
C	Contar.
D	Diferenciar.
E	Función "conexión".
F	Protección
G	Prueba. Ensayo
H	Señalización
J	Integración
K	Servicio sensorial. Aproximación
L	Denominación de conductor
M	Función principal
N	Medida



P	Proporcional
Q	Estado (marcha, parada, limitación).
R	Reposición, bloqueo, borrado, reenganche, anulación.
S	Memorizar, registrar
T	Medida de tiempo, retardar. Temporización
V	Velocidad (acelerar, frenar)
W	Sumar
X	Multiplicar.
Y	Analógica
Z	Digital. Numérico

#### e. Método de la cuadrícula

Utilizamos el método de cuadrícula para localizar la situación de los elementos en el plano. En ordenadas, hemos dividido la hoja en 6 espacios delimitados por las letras A, B, C, D, E, F, G, puestos de arriba abajo y en el margen izquierdo del papel, como se puede visualizar en la Fig. 2.34.

En abscisas se ha dividido cada hoja en 8 espacios delimitados por los números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, puestos por orden correlativo de izquierda a derecha y en el margen superior del papel.

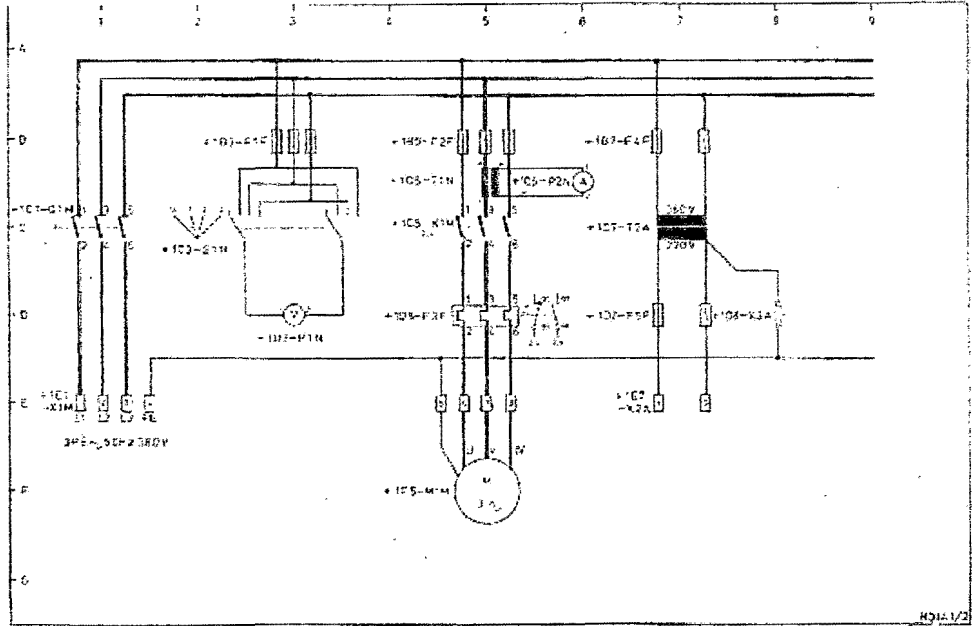
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																	
<b>SIEMENS</b>																																											
Electrical Diagrams																																											
Customer :																																											
Electrical Diagram for VSD : 3241-CV-004-VSD 3242-CV-005-VSD 3411-PU-148-VSD																																											
Power : 37 Kw																																											
Size : FSF																																											
User : HUBBAY PERU S.A.C																																											
Installation : MINA CONSTANCIA																																											
Original signed on project folder																																											
AT	TAREA APROBACION	20/08/13	S. GONZALEZ	Design	G. J. MANCOTE																																						
AI	TAREA APROBACION	20/08/13	S. GONZALEZ	Revised	G. J. MANCOTE																																						
Rev.	Notes	Date	Name	Approved	S. GONZALEZ																																						
Order Number : 3000130398																																											
Date : 20/03/2013																																											
Designation of Documentation :																																											
Manufacturing document No. :																																											
<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Fecha</td> <td>Revisión</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>AI</td> <td>20/08/2013</td> <td>S. GONZALEZ</td> <td>S. GONZALEZ</td> <td>20/08/13</td> <td>1</td> <td>DESIGN</td> <td>G. J. MANCOTE</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>AI</td> <td>20/08/2013</td> <td>S. GONZALEZ</td> <td>S. GONZALEZ</td> <td>20/08/13</td> <td>1</td> <td>REVISIÓN</td> <td>G. J. MANCOTE</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>															Fecha	Revisión						AI	20/08/2013	S. GONZALEZ	S. GONZALEZ	20/08/13	1	DESIGN	G. J. MANCOTE				AI	20/08/2013	S. GONZALEZ	S. GONZALEZ	20/08/13	1	REVISIÓN	G. J. MANCOTE			
				Fecha	Revisión																																						
AI	20/08/2013	S. GONZALEZ	S. GONZALEZ	20/08/13	1	DESIGN	G. J. MANCOTE																																				
AI	20/08/2013	S. GONZALEZ	S. GONZALEZ	20/08/13	1	REVISIÓN	G. J. MANCOTE																																				
<table border="1"> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"><b>HUBBAY MINERALS</b></td> <td colspan="2"><b>SIEMENS</b></td> <td colspan="2"><b>Ausenco</b></td> <td colspan="2"></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">MINERALS</td> <td colspan="2">PERU</td> <td colspan="2">PERU</td> <td colspan="2"></td> <td></td> </tr> </table>													<b>HUBBAY MINERALS</b>		<b>SIEMENS</b>		<b>Ausenco</b>							MINERALS		PERU		PERU															
		<b>HUBBAY MINERALS</b>		<b>SIEMENS</b>		<b>Ausenco</b>																																					
		MINERALS		PERU		PERU																																					

Fig. 2. 34: Caratula de plano

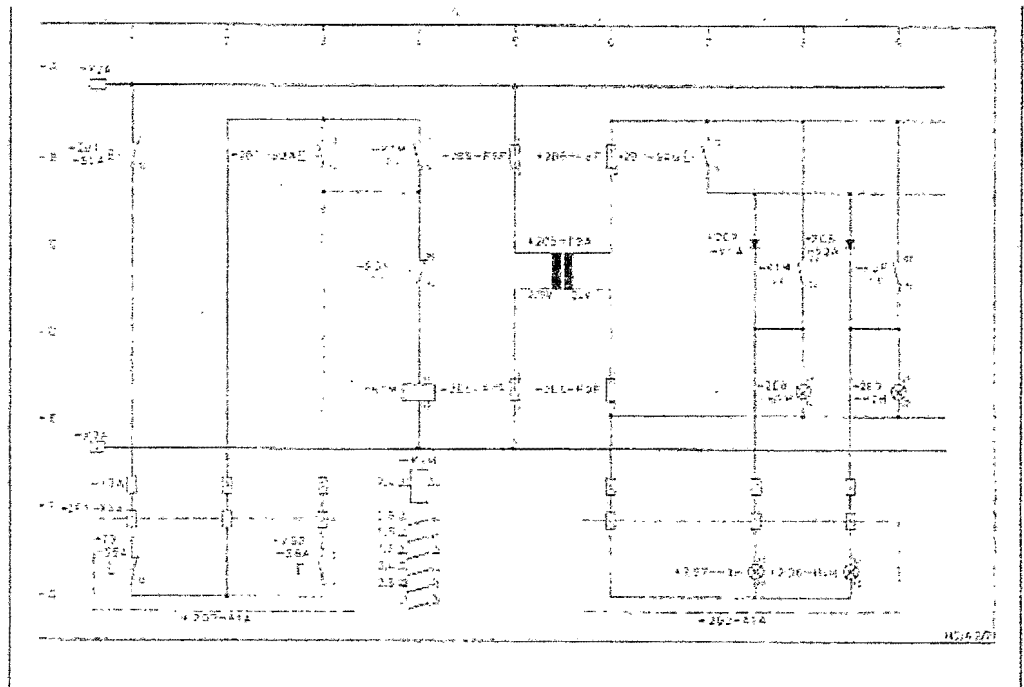
### i. Esquema con más de una hoja

Como se puede apreciar en el margen inferior derecho de la Fig2.35, se han numerado hojas de la siguiente forma: hoja 1/2, hoja 2/2, con lo que sabemos el número de la hoja en la que estamos y el total de ellas. Normalmente, esta numeración se hace en el recuadro del casillero del plano que se utilice en la empresa, consultoría, etc.

Ya sea que se dibujen casilleros en todas las hojas o sólo en la primera, siempre se dibujan los esquemas principales y los esquemas de mando por separado; en forma unifilar o multifilar, el esquema principal y en forma desarrollada el esquema de mando.



(a)



(b)

Fig. 2. 355: Plano de arranque de motor – (a) hoja 1 y (b) hoja 2

ii. Se pueden dar 3 casos

- Que cada esquema principal y de mando ocupe una sola hoja. Es el caso que se indica en el esquema de este ejemplo.
- Que se sitúen en la misma hoja los dos esquemas. En la parte izquierda, el circuito principal y en la parte derecha el esquema del circuito de mando.
- Que se realice primero el esquema completo del circuito principal, utilizando todas las hojas correlativas que hagan falta y se dibuje a continuación todo el circuito de mando, en el que se utilizarán también las hojas necesarias y correlativas. La numeración de las hojas se hace marcando el número de orden y el número total empleado, comenzando por la primera del circuito principal, continuando luego con

los del circuito de mando. De esta forma queda una numeración sucesiva e interrumpida.

## **f. Identificación y localización de los componentes en el esquema**

### **i. Circuito auxiliar anexo**

En el circuito de mando en forma desarrollada, hoja 2/2 sobre la columna de referencia 4 (circuito de control) se coloca el circuito auxiliar anexo formado por la bobina y todos sus contactos, facilitándonos la siguiente información:

- Bloque de identificación (-) que nos indica la clase (K), número 1 y función (M) del elemento de mando.
- Marcado de bornes de la bobina A1 – A2.

### **ii. Signo de identificación completo**

A la izquierda de todo símbolo del esquema que representa un elemento hemos colocado un signo de identificación completo, formado por el bloque de situación más el bloque de identificación de clase, número y función.

Por ejemplo: para el conmutador de voltímetro, el signo de identificación completo, es en este caso: +C3-S1N.

## **e) Seguridad en las Instalaciones Eléctricas**

### **a. Reglas de Oro de la seguridad**

El objetivo fundamental de las siguientes normas de actuación, es determinar las operaciones y comprobaciones que deben ser realizadas en una instalación de Alta tensión, previamente a la realización de los trabajos sin tensión, con el fin de eliminar los posibles riesgos que puedan presentarse.

Para ello presentamos las CINCO REGLAS DE ORO DE LA SEGURIDAD:

1. Abrir con corte visible todas las posibles fuentes de tensión mediante interruptores y seccionadoras que aseguren la imposibilidad de su cierre intempestivo.
2. Enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte.
3. Reconocimiento de la ausencia de tensión.
4. Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.
5. Colocar las señales de seguridad adecuadas delimitando la zona de trabajo.

Estas cinco reglas deben tener siempre presentes a la hora de prepararse para realizar un trabajo en una instalación eléctrica de Alta tensión y durante la ejecución del mismo.

## 2.2.4 Módulos Didácticos para la enseñanza

Existen muchos módulos para la enseñanza entre ellas podemos mencionar la placa de desarrollo, arduino o placas que se pueden implementar con sensores de instrumentación y la utilización de software como LabVIEW y también máquinas con simulador de pacientes. A continuación se da una breve descripción de estos.

### a) Aplicaciones biomédicas para arduino/netduino/raspberry

El Sensor Shield e-Salud (ver Fig. 2.36 y Fig. 2.38) permite que usuarios de Arduino y Raspberry Pi para realizar aplicaciones biométricas y médica donde se necesita supervisión cuerpo mediante el uso de diferentes sensores 9: pulso, el oxígeno en la sangre (SpO2), flujo de aire (respiración), la temperatura corporal, electrocardiograma (ECG), glucómetro, la respuesta galvánica de la piel (GSR - sudoración), presión arterial (esfigmomanómetro) y el paciente de posición (acelerómetro).

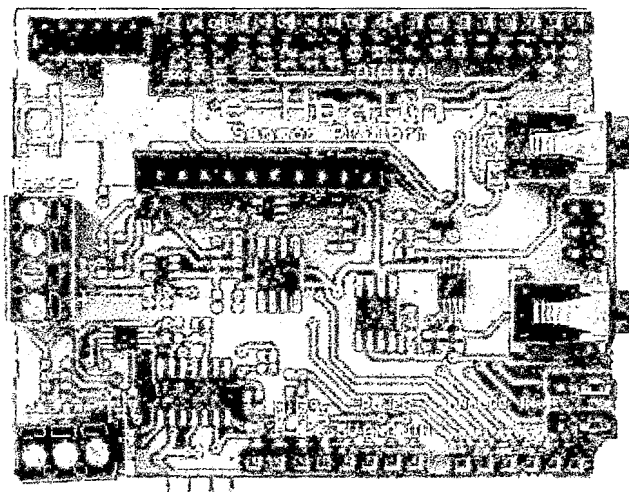
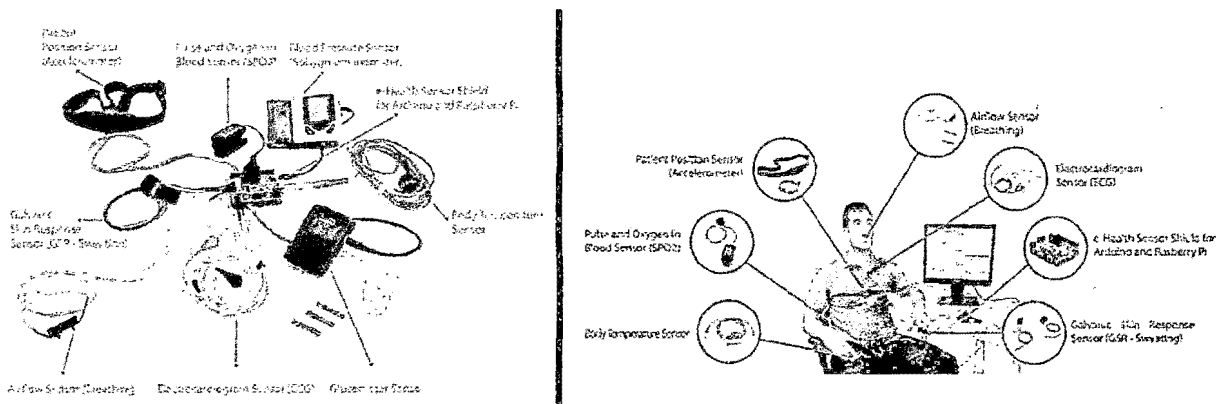


Fig. 2. 36: Sensor Shield e-Salud

Esta información se puede utilizar para monitorizar en tiempo real el estado de un paciente o para obtener datos sensibles para ser posteriormente analizados para el diagnóstico médico. Información biométrica recopilada puede ser enviado de forma inalámbrica utilizando cualquiera de las 6 opciones de conectividad disponibles: Wi-Fi, 3G, GPRS, Bluetooth, ZigBee 802.15.4 y dependiendo de la aplicación.

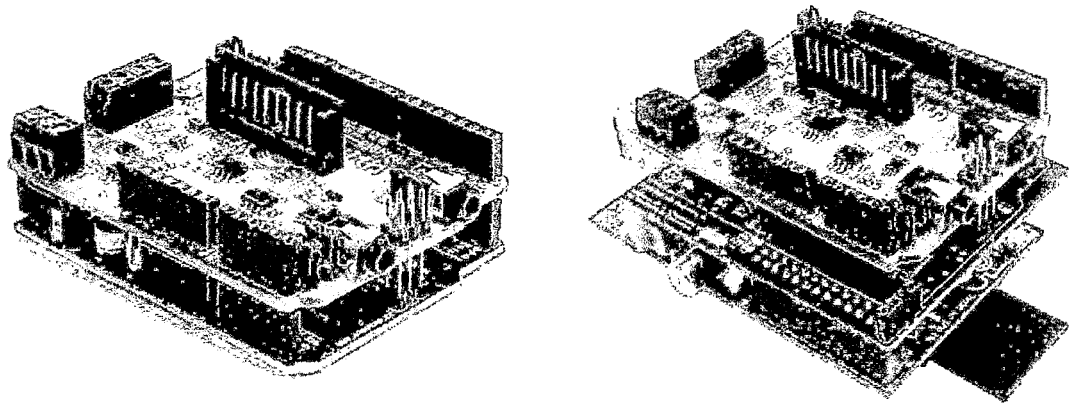
Si el diagnóstico imágenes en tiempo real que se necesita una cámara se puede conectar al módulo 3G para enviar fotos y videos de la paciente a un centro de diagnóstico médico.

Los datos pueden ser enviados a la nube con el fin de realizar el almacenamiento permanente o visualizado en tiempo real mediante el envío de los datos directamente a un ordenador portátil o Smartphone (ver Fig. 2.37). Aplicaciones de iPhone y Android han sido diseñadas con el fin de ver fácilmente la información del paciente.



**Fig. 2. 37: Aplicaciones para dispositivos finales**





**Fig. 2. 38: e-Health Sensor Shield sobre Arduino Pi (izquierda) Frambuesa (derecha)**

**b) Aplicaciones del software LabVIEW, en el campo de la electromedicina**

**a. Electrofonocardiografía y estetoscopio electrónico**

Una de los datos más importantes y primarios que puede tener él médico, al proponer examinar a un paciente, es la auscultación, que es el arte y la ciencia de interpretar los sonidos cardíacos generalmente a través del tórax.

El rango de esos sonidos se encuentra entre 25 a 2000 Hz.

Aprovechando que toda PC tiene incorporada una placa de Audio de alta calidad, generalmente de 16 Bits de resolución, que son de bajo costo, que se les puede incorporar un micrófono adecuado (en la entrada estándar (line-in), se logra implementar un estetoscopio.

El software LabVIEW, contiene los drivers necesarios para manejar los datos provenientes de la placa de Audio, con la opción de poder mostrar la forma de onda como si fuese un osciloscopio y también graficar su espectro de frecuencias en tiempo real.

Igualmente se graba en un archivo de audio las auscultaciones junto a sus gráficas de forma de onda y espectro, como así, cualquier información anexa que el médico quiera destacar.

Las ventajas prácticas que dispone el médico al implementar este método de auscultación, son las siguientes:

- Registro por medio magnético de las auscultaciones con la posibilidad de ver avances o retrocesos de los pacientes según el tratamiento que se les aplique.
- Posibilidad de recuperar en cualquier momento el audio de una auscultación y rever cualquier caso, sin necesidad de recurrir a su memoria personal para recordar cómo sonaba una auscultación dada.

Puede hacer auscultación en tiempo real y en forma remota (sin importar la distancia), entre el paciente y el lugar en donde se encuentre el médico, sea con su PC personal, en el consultorio o en el Centro de Salud, para un diagnóstico primario. La evaluación y evolución del estado del paciente se puede compartir con otros colegas médicos, ubicados en distintos puntos remotos para realizar interconsultas por Internet.

Además de este monitoreo remoto, es posible almacenar toda la información y reproducir los datos y gráficos cuantas veces se requiera.

#### **i. Monitor de sonidos fetales conectado a la PC**

Comercialmente existe un Monitor de Sonidos Fetales que emite un sonido cardíaco del feto en su período de gestación.

Este equipo se basa en el efecto doppler, que con un transductor de ultrasonido y procesamiento adecuado con salida final a un parlante, permite escuchar los latidos.

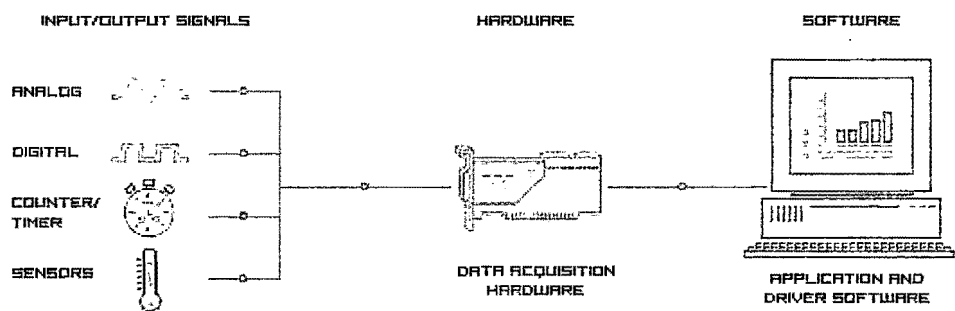
La deficiencia que tiene este equipo, es que no queda ninguna registración del monitoreo realizado in-situ, ni el grabado del audio, ni la graficación.

Todo esto se logra implementar con el Software LabVIEW, tomando la salida de audio del equipo Monitor Fetal, se lo incorpora a la placa de sonido de la PC y es posible graficar el sonido cardíaco fetal, realizar estudios cuantitativos y cualitativos de la señal cardíaca, frecuencia, amplitud, espectro, etc.

Esto es muy útil para caso de embarazos complicados, donde es aconsejable guardar reposo por parte de la madre. Se envía al domicilio de la mujer embarazada un enfermero o técnico a tomar el monitoreo cardíaco fetal, conectándola a una PC y ésta a Internet, para transmitir todos los datos para el diagnóstico a distancia (telediagnóstico).

### c) Adquisición de datos

El propósito de adquisición de datos es medir un fenómeno eléctrico y físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. La adquisición de datos basada en PC utiliza una combinación de hardware modular, software de aplicación y una PC para realizar medidas. Mientras cada sistema de adquisición de datos se define por sus requerimientos de aplicación, cada sistema comparte una meta en común de adquirir, analizar y presentar información. Los sistemas de adquisición de datos incorporan señales, sensores, actuadores, acondicionamiento de señales, dispositivos de adquisición de datos y software de aplicación (ver Fig.2.39).



**Fig. 2. 39: Sistema de adquisición de data**

El proceso a seguir con las señales desde la adquisición de estas, por medio del sensor adecuado, hasta la digitalización consta de tres etapas (ver Fig. 2.40):

- Conversión de la magnitud a una señal eléctrica
- Adaptación de la señal eléctrica para su lectura digital
- Sistema hardware de adquisición de datos, generalmente a través de un computador.

## Proceso de adquisición de datos

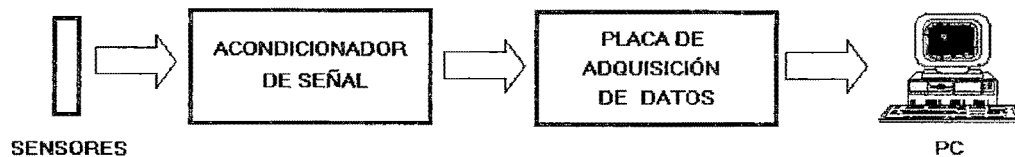


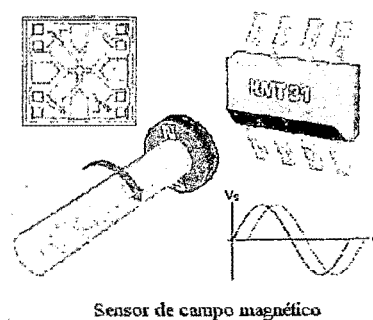
Fig. 2. 40: Proceso de adquisición

### a. Sensores

Una parte fundamental en todo sistema de adquisición de datos es el elemento encargado de percibir la magnitud a medir.

Los sensores son dispositivos capaces de convertir una magnitud física, como puede ser la temperatura, la presión, el valor de pH, etc. en una diferencia de potencial o una variación de intensidad. Es decir, realizan una conversión de energías y suministran información sobre el estado y tamaño de la magnitud.

Los sensores informan de su entorno y además esa información es cuantificable, es decir, medible por algún instrumento como la Fig. 2.41



Sensor de campo magnético

Fig. 2. 41: Sensores

La posibilidad de fabricar un sensor que perciba una determinada magnitud depende de:

- Que exista una propiedad en algún material que cambie en función de esa magnitud.

Preferiblemente esa función debe ser lineal para el rango en el que estemos interesados.

Ejemplo: La relación que se da en los conductores entre su resistencia al paso de la corriente eléctrica y la temperatura.

Todos sabemos que a mayor resistencia, mayor temperatura:

$$R=f(T)$$

- En otras ocasiones existe una relación entre una magnitud y un fenómeno físico.

Si la relación es predecible, suave y estable, el fenómeno se puede usar como base para la determinación de la magnitud.

Ejemplo: En el efecto Hall se genera una tensión cuando un material es atravesado por una corriente en presencia de un campo magnético. La tensión generada es proporcional a la corriente y al campo, de modo que si mantenemos la corriente constante podemos sentir y medir el campo magnético.

$$V=f(B)I=cte$$

En muchas ocasiones la dificultad está en conseguir que la propiedad o fenómeno sea función únicamente de la magnitud que queremos evaluar. Suele ocurrir que la medida es función de varios factores, de tal manera que cualquier variación en alguno de ellos altera el resultado final.

En la actualidad, la mayor parte de los sensores:

- Generan una salida en tensión o corriente, o bien,
- Modifican una propiedad que puede ser evaluada de forma eléctrica.

De esta manera, y con el debido acondicionamiento, la señal de salida puede ser tratada por un equipo automático de adquisición de datos.

Las señales del mundo real son, en general, analógicas y varían de manera continua en el tiempo, para que un computador sea capaz de procesarla se debe convertir a datos digitales.

Cada uno de estos sensores tiene unas características propias y genera una tensión o intensidad determinada, por lo que estas señales tienen que ser adaptadas para ser tratadas en una tarjeta de adquisición de datos.

En el tratamiento de imagen y sonido, los sensores más utilizados son:

- Micrófono: Capta la información sonora que se propaga por el aire.
- Cámara: Capta la información visual.

#### **b. Acondicionador de señal**

El objetivo del acondicionador de señal es generar, a partir de lo obtenido por los sensores, una señal que sea aceptable por las tarjetas de adquisición de datos. Las tarjetas de adquisición de datos suelen admitir niveles de tensión que van entre unos márgenes determinados: -10V a 10V, 0 a 10V, 0 a 5V, etc.

## **i. Funciones**

Las funciones principales que va a tener que realizar el acondicionador de señal son las siguientes:

### **▪ Transformación**

Los sensores pueden proporcionar una diferencia de potencial, o una variable de intensidad. Normalmente las tarjetas de adquisición de datos admiten diferencias de potencial, por lo que si el sensor proporciona una variación de intensidad, esta debe ser convertida en una diferencia de potencial proporcional.

### **▪ Amplificación**

La señal proporcionada por los sensores suele ser de un valor muy pequeño, por lo que debe ser amplificada con el fin de que pueda ser detectada correctamente por la tarjeta de adquisición de datos. La amplificación debe ser tal que las variaciones de la señal recorran todo el margen de la tarjeta de adquisición de datos. La amplificación de las señales, en su origen, reduce el ruido que les puede afectar en su transmisión hasta el computador.

### **▪ Conversión por medio de optoacopladores**

Consiste en la conversión de una señal eléctrica en una señal óptica, de luz. El principal objetivo de esta conversión consiste en aislar los sistemas eléctricos de los sensores de los sistemas eléctricos de la tarjeta de adquisición para que de esta forma, se evite tener que usar masas comunes, que en algunos casos producen problemas de



derivación de corrientes. Conviene que los sensores de calidad realicen esta conversión por medio de optoacopladores.

▪ **Filtrado**

Con el filtrado se pretende eliminar ruidos de alta frecuencia que pueden hacer perder exactitud al sistema de adquisición de datos. Lo ideal es transportar la señal del sensor lo más limpia posible a la tarjeta de adquisición.

▪ **Excitación**

Hay muchos sensores que necesitan de una excitación, bien en corriente, bien en tensión, para producir la variación proporcional a la magnitud a medir.

▪ **Linealización**

No todos los sensores tienen una variación lineal con respecto a las variaciones de la magnitud que se miden; a veces es necesario realizar unos cálculos para convertir la respuesta del sensor en lineal.

**c. Tarjetas de adquisición de datos**

El último paso en un sistema de adquisición de datos son las tarjetas de adquisición de datos, estas tarjetas se encargan de:

- Las conversiones de señales desde analógica a digital. ADC.
- La comunicación con el ordenador.

## **i. Características**

Como características más relevantes de una tarjeta de adquisición de datos están:

### **▪ Número de canales analógicos**

Nos indica la cantidad de magnitudes distintas que podemos adquirir con la misma tarjeta. Generalmente las tarjetas disponen de un único ADC y los diferentes canales se generan por medio de un multiplexor analógico.

### **▪ Velocidad de muestreo**

Cuanto mayor sea la velocidad de muestreo mejor representación obtendremos de la señal analógica, en cualquier caso la velocidad de muestreo debe ser siempre mayor que el doble de la frecuencia de la señal que queremos muestrear. /\*Según el Teorema de Nyquist\*/

- Ejemplo: Si queremos digitalizar una señal de audio cuya frecuencia está comprendida entre 20 Hz y 20KHz, la mínima velocidad de muestreo que necesitamos es de 40.000 muestras por segundo. La reproducción de la señal obtenida, será de mayor fidelidad con velocidades de muestreo superiores.
- La velocidad de muestreo depende de los canales que queramos tener activos. Las especificaciones de las tarjetas suelen indicar la velocidad de muestreo del ADC, a medida que aumenta el número de canales que este debe atender disminuirá el número de muestras por segundo que podemos obtener en cada canal.

#### ▪ **Resolución**

Viene dada por el número de bits del ADC que se utilizan para representar cada muestra, a mayor número de bits del ADC la tarjeta será capaz de detectar variaciones menores en la señal. El número de distintos niveles en que se divide la señal a convertir viene dada por  $2^n$ , siendo  $n$  la longitud de palabra del conversor. Ejemplo: Un conversor de 8 bits tendrá 256 niveles distintos, suponiendo un rango de entrada de 10V proporcionaría una resolución de 39mV es decir, será capaz de detectar variaciones de tensión de hasta 39mV como mínimo.

#### ▪ **Rango de entrada**

Indica los márgenes entre los que debe estar la señal de entrada para que pueda ser convertida. Las tarjetas de adquisición de datos suelen dar varias posibilidades que se pueden seleccionar por hardware o por software.

Estas 4 características vienen a determinar la capacidad y la precisión de la tarjeta de adquisición:

- A mayor número de canales ->Mayor capacidad.
- A mayor velocidad de muestreo ->Mayor capacidad
- A mayor resolución ->Mayor precisión
- A menor rango de entrada ->Mayor precisión, ya que se con los mismos bits de resolución se tendrá que representar un menor rango.

#### ▪ **Capacidad de temporización**

La capacidad de temporización interna en la propia tarjeta de adquisición de datos es una característica interesante en estos sistemas, ya que permite unas funcionalidades adicionales:

- Puede controlar los momentos en los que se debe leer una señal
- Identificar cuantas veces se ha producido un evento
- Generar formas de onda de acuerdo al reloj Etc.

Y de esta forma descarga de estas misiones al computador que podrá usar ese tiempo para otras ocupaciones. También proporciona una forma de trabajo en tiempo real en aquellos casos en los que el computador no puede atenderla debido a sobrecargas o a limitaciones en su sistema operativo.

#### ▪ **Forma de comunicarse con el computador**

Su funcionamiento, como dispositivo periférico se puede realizar de dos formas:

- Mediante entrada-salida por interrupción, lo normal.
- Mediante acceso directo a memoria (DMA). En aquellos casos en los que el flujo de datos puede ser elevado.

### **2.2.5 Aportes de la ingeniería biomédica en la educación**

La Ingeniería Biomédica es un área interdisciplinaria del conocimiento que tiene por objetivo atender la demanda creciente de tecnologías para las Ciencias de la Vida a través de la aplicación de técnicas, métodos y otros recursos propios de la ingeniería. Sus orígenes se remontan un siglo atrás, a finales del siglo XIX cuando los esposos Curié descubren el Radio, Roentgen los Rayos X y Einthoven en 1903 utiliza por primera vez un electrocardiógrafo.

La Ingeniería Biomédica, la Física Médica y la Biofísica nacieron conjuntamente hacia 1930, en diversos laboratorios de Europa y EE.UU. En ellos físicos, ingenieros y médicos empleaban los métodos analíticos de las ciencias físicas y su materialización en instrumentos, a la solución de diversos problemas planteados por las ciencias de la vida. Dichas actividades se multiplicaron en los años 50 y los antiguos laboratorios se transformaron en departamentos universitarios dedicados a la Ingeniería Biomédica. El primer programa oficial de estudio en Ingeniería Biomédica comenzó en 1959 como un Programa de Maestría en la universidad norteamericana de Drexel.

La primera conferencia mundial sobre Ingeniería Biomédica se realizó en París en 1959, en el año 1994 se celebró por primera vez en Latinoamérica, en Río de Janeiro, la decimoquinta conferencia mundial. Durante el año 2000 fue celebrada en Chicago la decimoséptima conferencia mundial.

Existen 109 programas en pregrado, en Ingeniería Biomédica, acreditados ante el Accreditation Board for Engineering and Technology en los países desarrollados. La UE tiene un total de 120 programas en 99 universidades con más de 3000 estudiantes. En los EEUU existen más de 200 programas con más de 6000 estudiantes. De esta manera los países con liderazgo en la rama mantienen estudiando Ingeniería Biomédica a unos 25 estudiantes por cada

millón de habitantes lo que significa el 2 % del total de la matrícula de estudiantes de ingeniería y el 3% de los egresados de ingeniería anualmente, ello explica en buena medida los éxitos de estos países en las investigaciones biomédicas. Desde 1970 los estudios de Ingeniería Biomédica han ocupado la atención de las principales universidades latinoamericanas.

El sistema de salud en Cuba garantiza el libre acceso de toda la población a una atención de primera calidad.

Esto demanda gran cantidad de recursos en tecnologías biomédicas, lo cual ha condicionado que en la red hospitalaria cubana laboren alrededor de 250 ingenieros, dedicados fundamentalmente al mantenimiento de la técnica biomédica y de las instalaciones hospitalarias. Sin embargo la necesaria modernización del sistema hospitalario cubano a mediano plazo, demandará una cifra cercana a los 600 ingenieros biomédicos, a fin de apoyar el trabajo de unos 65000 médicos en la operación de tecnologías biomédicas de manera segura y eficiente.

Un número aún superior de profesionales trabajará vinculado al diseño de equipos y sistemas de aplicaciones médicas en más de 50 entidades, de la industria, centros de investigación y universidades. Tal voluntad política se expresa mediante el Grupo 1 de prioridades, en Ciencia e Innovación Tecnológica, establecidas para el país, en aquellas áreas donde se pretende alcanzar o mantener la excelencia y competitividad internacional, a partir de productos y tecnologías novedosas, como son: nuevas vacunas y fármacos, equipos médicos de alta tecnología, técnicas avanzadas para el diagnóstico y tratamiento médico y el desarrollo de programas, entre otras.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

En el siguiente capítulo se presenta las variables, el tipo de investigación descriptiva para la comprensión y realización del presente trabajo de investigación y diseño.

### **3.1 Relación entre las variables de la investigación**

Las variables consideradas en este trabajo de investigación y diseño son las siguientes:

#### **3.1.1 Variables independientes e indicadores**

##### **a) Variable X1**

Diseño distribución.

- **Indicadores:**
  - Dimensiones del ambiente de laboratorio.
  - Equipamiento del laboratorio.

##### **b) Variable X2**

Diseño eléctrico.

- **Indicadores:**

- Cumplimiento de normas.
- Potencia que consume cada uno de los equipos médicos y módulos a adquirir.

**c) Variable X3**

Diseño e implementación del pozo a tierra.

- **Indicadores:**

- Cumplimiento de normas

### **3.1.2 Variables dependientes e indicadores**

**a) Variable Y1**

Distribución de área física

- **Indicadores:**

- Áreas completas del laboratorio.

**b) Variable Y2**

Instalación eléctrica



- **Indicadores:**

- Equipos funcionando adecuadamente.

**c) Variable Y3**

Seguridad

- **Indicadores:**

- Valor óhmico de la resistencia del pozo de tierra

**d) Variable Y4**

Equipos en buen estado de funcionamiento

- **Indicadores:**

- Protocolos.

### **3.2 Operacionalización de las variables**

Las variables del trabajo de investigación y diseño son cuantificados, lo que permite obtener datos e información de importancia, con los cuales realizamos un análisis de los datos.

### **3.3 Tipo de investigación**

Este trabajo de investigación y diseño es de tipo:

#### **3.3.1 Cuantitativa**

Porque se analizó datos estadístico de una muestra de una población referente a la necesidad de la implementación de este laboratorio, además de una evaluación de costo y beneficio de la posible inversión que implicará en la implementación o no de este proyecto.

#### **3.3.2 Descriptiva**

Para esta investigación se investigó acerca de las características de un laboratorio de biomédica, así mismo se recogió información de manera independiente y de manera conjunta acerca de las variables, y descripción de la mejor manera el diseño del mismo.

#### **3.3.3 Explicativo y de campo**

Está orientado a documentar, normalizar y formalizar los procesos existentes en el laboratorio.

### **3.4 Diseño de investigación**

Primeramente se realizó un inventario y se catalogó los equipos por funciones, anotándose cuales aún son utilizable y cuales se pueden reparar.

Se ha realizado un presupuesto de todo lo requerido, adjuntándose las proformas y cotizaciones de diferentes empresas, que permiten saber el monto aproximado de la inversión de la propuesta de implementación del laboratorio de electrónica médica en la FIEE.

Durante el trabajo de tesis se realizó encuestas con preguntas para saber si las estudiantes, profesionales y autoridades apoyarían este proyecto tecnológico y también si la implementación del laboratorio beneficiaría al personal asistencial y al personal técnico de los diferentes centros de salud a nivel local

Se realizó un análisis de la actual estructura curricular de los cursos de pregrado y de posgrado, para saber si la implementación del laboratorio complementaría el desarrollo profesional de los estudiantes.

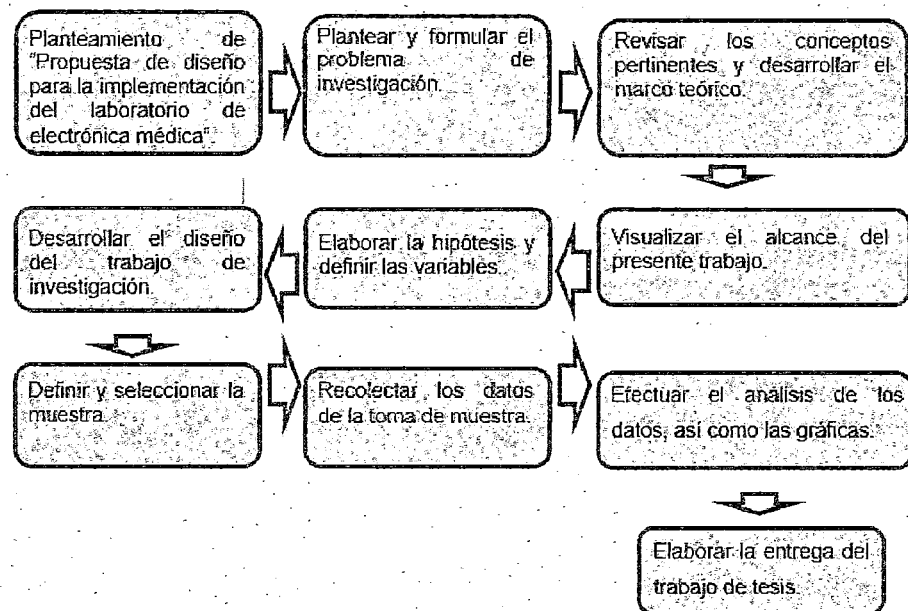
### **3.5 Etapas de la investigación**

Las etapas de la investigación fueron las siguientes:

- Planteamiento de la "Propuesta de diseño para la implementación del laboratorio de electrónica médica".

- Planteamiento y formulación del problema de investigación.
- Revisión de los conceptos pertinentes y desarrollo del marco teórico.
- Visualización del alcance del presente trabajo.
- Elaboración de la hipótesis y definición de las variables.
- Desarrollo y diseño del trabajo de investigación.
- Definición y selección de la muestra.
- Recolección de los datos de la toma de muestra.
- Realización del análisis de los datos, así como las gráficas correspondientes.
- Elaboración de la entrega del trabajo de tesis.

El diagrama de flujo correspondiente de las etapas de la investigación se muestra en la Fig. 3.1



**Fig. 3. 1: Diagrama de flujo de las etapas de la investigación**

### **3.6 Población y muestra**

La población analizada abarca a los profesores y autoridades de la FIEE UNAC, estudiantes de pregrado y posgrado de la FIEE UNAC.

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

La recolección de datos es muy importante en el desarrollo de la investigación, por lo cual los instrumentos que utilizaremos serán:

#### **3.7.1 Encuesta**

Dirigida a docentes, autoridades y estudiantes de la Universidad Nacional del Callao.

### **3.8 Técnicas e instrumentos de análisis y procesamiento de datos**

Cuando se haya realizado la recolección de los datos, estos se deberán procesar y analizar para alcanzar los objetivos planteados en la investigación.

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

### **4.1 Resultados parciales**

#### **4.1.1 Análisis FODA**

##### **a) Ambiente externo**

###### **a. Oportunidades**

- No se cuenta con un laboratorio de biomédica en la FIEE.
- No existen muchos laboratorios de biomédica en las universidades y los que existen no son muy conocidos.
- Al ser una especialidad relativamente nueva en el Perú, la Universidad Nacional del Callao sería una de las pioneras en el país.
- Mejores condiciones para crear una escuela profesional de ingeniería biomédica en la FIEE.
- Las entidades de salud e investigación, tienden a apoyar este tipo de iniciativa que devienen en mejoras para estas mismas.
- De prepararse a mejores profesionales biomédicos, la calidad de atención en salud mejoraría en los hospitales a nivel nacional.
- Creciente avance tecnológico en equipos médicos y equipos de laboratorio que se incorporan en el país.

## **b. Amenazas**

- Ya existen laboratorios de biomédica en algunas universidades privadas.
- Gastos elevados en infraestructura y adquisición de equipos para el laboratorio.
- Falta de difusión de la ingeniería biomédica en los profesionales y estudiantes de la UNAC.
- Falta de apoyo de las autoridades universitarias.
- Actual falta de tecnología en equipos biomédicos en el ámbito nacional.

## **b) Ambiente interno**

### **a. Fortalezas**

- La Universidad Nacional del Callao, se encuentra dentro de las mejores Universidades a nivel Nacional.
- Por el nivel de competitividad en las Universidades Nacionales, este laboratorio le da mayor prestigio a la Universidad Nacional del Callao.
- La inversión realizada para implementar el laboratorio será relativamente pequeña en relación las diferentes ventajas que el laboratorio traerá a la Universidad Nacional del Callao
- La Universidad Nacional del Callao es una institución educativa pública, lo que permite que un mayor número de estudiantes tenga acceso a esta carrera de vanguardia.
- Los ingresos que este laboratorio produzca, podrían generar mayor ingreso de capital para la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- El estudio de las normas que involucran la creación de este laboratorio puede ayudar para implementar otros laboratorios.

- Los estudiantes saldrían con mayor visión de la tecnología a la que se enfrentarían en el mercado laboral.

#### **b. Debilidades**

- Al momento de iniciar posiblemente no se contará con respaldo de normas que aprueben la creación de un laboratorio de biomédica.
- Las ganancias en los primeros años se verán afectadas por la promoción del laboratorio y la recuperación del monto invertido en su creación.
- No existe actualmente en la Universidad Nacional del Callao un personal lo suficientemente preparado como para encargarse del funcionamiento del laboratorio.
- La asignación del presupuesto de la Universidad Nacional del Callao para la implementación del laboratorio.
- Montar una infraestructura apta para los equipos requiere de mayor un gran presupuesto.
- Muchos estudiantes y autoridades en la Universidad Nacional del Callao se resisten a innovar en carreras como la biomédica, sobre todo por tener arraigadas las especialidades de telecomunicaciones y control.

#### **4.1.2 Matriz de prioridades**

Como se puede observar las principales amenazas pueden ser disminuidas con un trabajo responsable, dedicado, de alta calidad.

Es así que los costos elevados en la infraestructura y equipos puede ser superada por el trabajo conjunto de las autoridades de la Facultad de Ingeniería



Eléctrica y Electrónica, en conjunto con las autoridades universitarias de la Universidad Nacional del Callao.

En lo referente a la falta de apoyo de las autoridades, es necesario concientizar acerca de la importancia de un laboratorio de biomédica como mejora e innovación en esta carrera que viene tornándose muy importante.

En cuanto se refiere a la falta de tecnología a nivel nacional, si bien es cierto que actualmente no lideramos, el Perú ha subido tres puestos en el ranking mundial de la Sociedad de la Información (NRI), que anualmente elabora el World Economic Forum.

En la medición, el Perú está encima de seis países latinoamericanos: Paraguay, Venezuela, Honduras, Bolivia, Nicaragua y Haití. De seguir en este proceso de crecimiento en el acceso a la tecnología ya no sería una amenaza tan preocupante.

Lo ideal es lograr que las debilidades que presente la implementación Laboratorio en sus inicios se conviertan en fortalezas y de ellas obtener el mayor beneficio. La principal debilidad que se aprecia es la designación del presupuesto para implementar el Laboratorio por lo que se debe presentar de la mejor forma y persuadir a las autoridades de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y a las autoridades de la Universidad Nacional del Callao con el fin de lograr obtener los recursos necesarios para poner en marcha el presente proyecto.

Trabajando bajo los estándares internacionales y logrando resultados satisfactorios, conseguir trabajar bajo las normas internacionales que reflejarían la calidad del trabajo brindado por quienes conforman el Laboratorio, lo cual seguramente será una gran ventaja competitiva frente a otros laboratorios e inclusive frente a otras Universidades.

Al poner en funcionamiento el Laboratorio y que este empiece a generar recursos económicos, probablemente se mire desde otro punto de vista la implementación de otros laboratorios o la ejecución de más proyectos que enaltezcan el nombre y el prestigio de la Universidad Nacional del Callao.

El hecho de que no existan muchos laboratorios de biomédica hace indispensable su implementación, esto es para aprovechar la poca competencia que facilitaría un posicionamiento en el mercado y por consiguiente mayores posibilidades de crecimiento.

En la tabla 4.1 se muestra las fortalezas, en la tabla 4.2 se muestra las oportunidades, en la tabla 4.3 se muestra las debilidades y en la tabla 4.4 se muestra las debilidades.

**Tabla 4. 1: Fortalezas**

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	Suma	Lugar
F1	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	5,5	1
F2	0,5	0,5	0	0	1	1	0	3	5
F3	0	1	0,5	0	1	1	0,5	4	3
F4	0	1	1	0,5	0,5	1	0	4	4
F5	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0	1,5	6
F6	0	0	0	0	0,5	0,5	0	1	7
F7	0,5	1	0,5	1	1	1	0,5	5,5	2

Tabla 4. 2: Oportunidades

	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	Suma	Lugar
O1	0,5	1	1	0,5	0	0,5	1	4,5	2
O2	0	0,5	0	1	0	1	1	3,5	3
O3	0	1	0,5	0,5	0	0	1	3	4
O4	0,5	0	0,5	0,5	0	0	0	1,5	7
O5	1	1	1	1	0,5	1	1	6,5	1
O6	0,5	0	1	1	0	0,5	0	3	5
O7	0	0	0	1	0	1	0,5	2,5	6

Tabla 4. 3: Debilidades

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Suma	Lugar
D1	0,5	1	1	0,5	0,5	1	4,5	2
D2	0	0,5	0,5	0	0	1	2	4
D3	0	0,5	0,5	0	0	0,5	1,5	5
D4	0,5	1	1	0,5	1	1	5	1
D5	0,5	1	1	0	0,5	1	4	3
D6	0	0	0,5	0	0	0,5	1	6

**Tabla 4. 4: Amenazas**

	A1	A2	A3	A4	A5	Suma	Lugar
A1	0,5	0	0	0	0	0,5	5
A2	1	0,5	1	0,5	1	4	1
A3	1	0	0,5	0	0	1,5	4
A4	1	0,5	1	0,5	1	4	2
A5	1	0	1	0	0,5	2,5	3

### 4.1.3 Control de equipamiento biomédico

#### a) Introducción

En el proceso de mejoramiento de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y con el apoyo de los grupos estudiantiles, específicamente el grupo EMBS-UNAC (Engineering in Medicine and Biology – UNAC), perteneciente a IEEE (Institute Engineer Electric and Electronic), se logró la donación de equipos médicos por parte del Hospital Nacional Dos de Mayo.

Es pertinente resaltar que cada uno de estos equipos donados por el hospital, fueron dados de baja por la institución, por tal motivo nuestra tarea como futuros ingenieros evaluar la situación actual de cada uno de estos equipos.

Como primera instancia de trabajo se realizó un inventario y una clasificación de los equipos donados para reflejar con números la actualidad de la donación y tener una tener una idea clara de que pasos seguir en la propuesta para el diseño y para la propuesta económica que se efectuará en

una futura investigación para la puesta en funcionamiento de los equipos médicos.

## **b) Inventario**

El inventario físico de los equipos biomédicos, es la relación detallada, cuantificada y valorizada de los bienes muebles existentes a una determinada fecha en la entidad, y también de aquellos bienes que se encuentran codificados y controlados internamente por la Universidad.

El inventario de bienes es de importancia para la Universidad, porque mediante este proceso conocerá con exactitud la situación de y estado de los equipos adquiridos por la donación del Hospital Nacional Dos de Mayo.

Este proceso será útil en futuros años para comparar el resultado final del inventario efectuado un año anterior con el inventario actual.

### **a. Actualidad de los equipos donados**

En la actualidad se cuenta con la lista de los equipos donados por el **Hospital Dos de Mayo**, este documento no muestra información importante del equipo, como ficha técnica (año de fabricación, modelo, dimensiones, alimentación), el estado del equipo (operativo, operativo - a reparación, inoperativo - a reparación o inoperativo – dado de baja), servicio perteneciente, entre otros.

Además aún no hay registro de los equipos ingresados a la Universidad, es decir solo se cuenta con la lista de los equipos

proporcionada por el área de control patrimonial del Hospital donante, el cual se encuentra en el anexo B.

## **b. Organización del laboratorio**

Dentro de la organización planteada para el laboratorio, se propone la designación de una comisión y un equipo de inventariado para llevar a cabo la tarea del inventario anual de los equipos.

### **i. Comisión inventario**

- Esquema de comisión (Fig. 4.1)
  - Representante de la Oficina de Control Patrimonial de la Universidad Nacional del Callao, quien presidirá la comisión.
  - Representante docente o ejecutivo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
  - Representante estudiantil de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

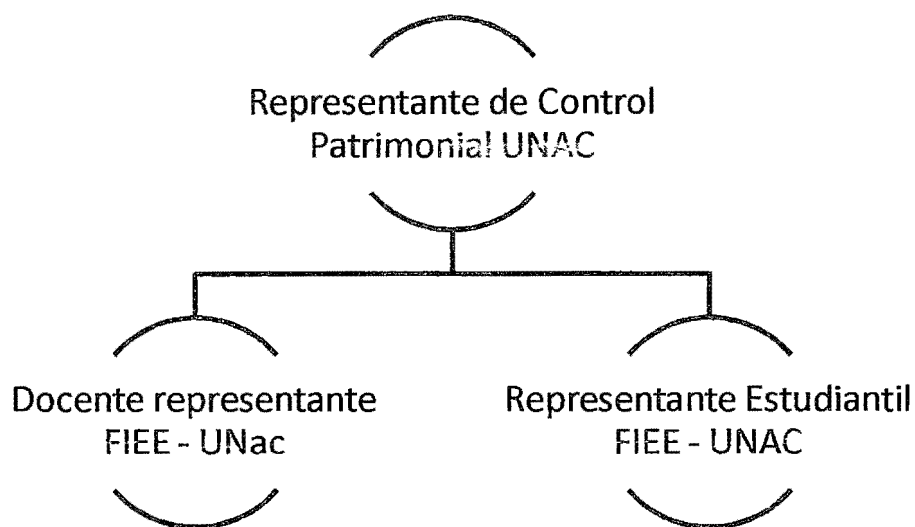


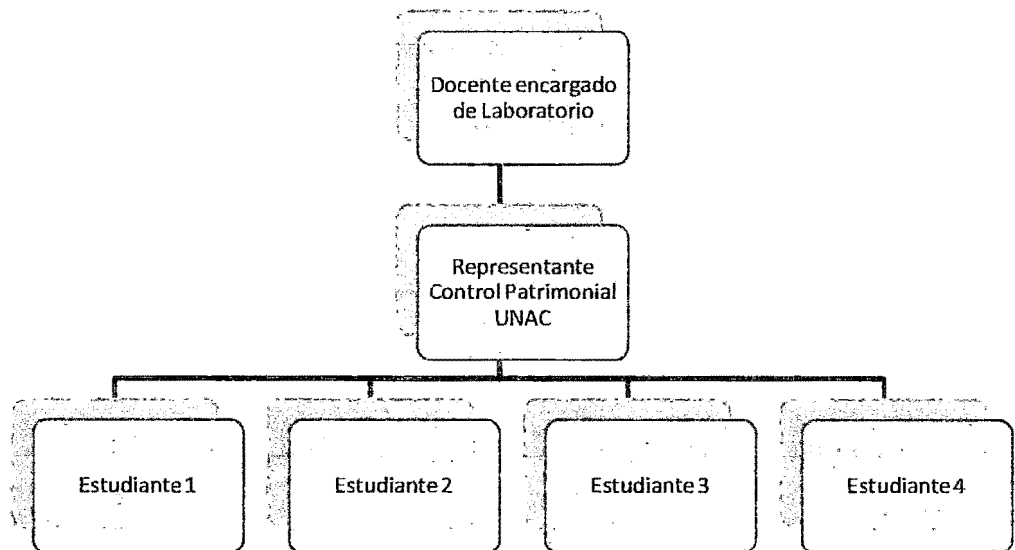
Fig. 4. 1: Esquema de comisión de inventario Laboratorio Biomédica

▪ **Funciones de la comisión**

- Supervisar el trabajo del equipo de asignado para el inventario y resolver problemas que puedan presentarse durante el proceso.
- Verificar en forma muestral los datos tomados en el inventario con los registrados por el equipo inventariador en el formulario correspondiente, y de no estar conforme el equipo inventariador realizará nuevamente la toma de inventario.
- Consolidar la información proporcionada por el equipo de inventarios verificando que no exista duplicidad de bienes inventariados.
- Elaborar el informe final del inventario.

## ii. Equipo inventariador

- Esquema de grupo inventariador (Fig. 4.2)
  - Docente encargado del laboratorio de ingeniería biomédica.
  - Representante de Control Patrimonial de apoyo.
  - Cuatro alumnos pertenecientes al grupo EMBS-UNAC.



**Fig. 4. 2: Esquema de equipo inventariador**

- Funciones del equipo inventariador
  - Realizar el inventario físico de los equipos médicos donados.
  - Comprobación de la existencia física del bien y estado de conservación
  - Condiciones de seguridad
  - Condiciones de utilización



- Con relación al estado de conservación debe tener en cuenta lo siguiente:
  - B= bueno; referido a un bien nuevo, casi nuevo y en buen estado operativo que no ha sufrido ninguna reparación o mantenimiento.
  - R= regular; referido a un bien usado, pero operativo y que solo tiene ligero deterioro externo.
  - M= malo; referido a un bien que tiene fallas en uso o está inoperativo, pero reparable.
  - MM= muy malo; referido a un bien que está inoperativo, cuyo costo de reparación sería muy alto, es irrecuperable. También se le puede denominar "chatarra".
- En caso de que existan bienes particulares, estos deberán ser inventariados e indicados en el rubro de observaciones. El responsable del equipo comunicará a la Comisión sobre la existencia de dichos bienes.
- En caso de que existan bienes prestados de otros laboratorios o ambientes de la FIEE, se deberá verificar la antigüedad de su permanencia a fin de determinar si se registra en el laboratorio de biomédica o se retorna al ambiente de origen.
- Una vez concluida la toma de inventario, los papeles de trabajo serán firmados por los inventariadores y el jefe del laboratorio; considerando la firma, nombres y apellidos correspondientes. Además se deberán tener tres copias del inventario, una para el digitador, otra para el jefe del laboratorio y la última para el inventariador.
- En caso que el jefe de laboratorio, al momento de revisar y firmar el papel de trabajo del inventario tomado, señale que había otros bienes que a la fecha no están físicamente por desconocer su paradero, se deberá anotar estos hechos al pie del papel de trabajo

o en el rubro de observaciones, a fin de que la comisión lo considere en su informe final.

### c) Clasificación de equipos biomédicos

En la Tabla 4.5 se muestra una clasificación de los equipos biomédicos que fueron donados por el Hospital 2 de Mayo.

**Tabla 4. 5: Clasificación de equipos médicos**

<b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>	<b>CLASIFICACIÓN SEGÚN RIESGO</b>	<b>CLASIFICACIÓN BIOMÉDICA</b>
VENTILADOR MECANICO	Muy alto riesgo	Equipo de Tratamiento y mantenimiento de vida
MONITOR DE SIGNOS VITALES	Moderado riesgo	Equipos de Diagnóstico
INCUBADORA NEONATAL	Muy alto riesgo	Equipo de Tratamiento y mantenimiento de vida
ASPIRADOR DE SECRECIONES	Moderado riesgo	Equipo de prevención
ELECTROCARDIOGRAFO	Bajo riesgo	Equipos de Diagnóstico
DEFIBRILADOR	Muy alto riesgo	Equipo de Tratamiento y mantenimiento de vida
FUENTE DE LUZ	Bajo riesgo	Equipo de Tratamiento y mantenimiento de vida
MÁQUINA DE HEMODIALISIS	Muy alto riesgo	Equipo de Tratamiento y mantenimiento de vida
CENTRIFUGA	Bajo riesgo	Equipo de análisis de lab.
INSUFLADOR DE CO2	Muy alto riesgo	Equipo de Tratamiento y mantenimiento de vida
LÁMPARA CIALÍTICA	Bajo riesgo	Equipo de Tratamiento y mantenimiento de vida
MÁQUINA DE ANESTESIA	Muy alto riesgo	Equipo de Tratamiento y mantenimiento de vida

BOMBA DE INFUSION	Moderado riesgo	Equipo de Tratamiento y mantenimiento de vida
SERVOCUNA	Muy alto riesgo	Equipo de Tratamiento y mantenimiento de vida
ESPECTOFOTOMETRO	Bajo riesgo	Equipo de análisis de lab.
DOPLER FETAL	Moderado riesgo	Equipos de Diagnóstico
ELECTRO COLORIMETRO	Bajo riesgo	Equipo de análisis de lab.
DETECTOR DE LATIDOS FETALES	Moderado riesgo	Equipos de Diagnóstico
MICROSCOPIO	Bajo riesgo	Equipo de análisis de lab.
ROTATOR	Bajo riesgo	Equipo de análisis de lab.
TENSIOMETRO	Bajo riesgo	Equipos de Diagnóstico
ANALISADOR DE GAS DE SANGRE	Bajo riesgo	Equipo de análisis de lab.
RESUCITADOR	Muy alto riesgo	Equipo de Tratamiento y mantenimiento de vida
LAPAROSCOPIO	Muy alto riesgo	Equipo de Tratamiento y mantenimiento de vida
LARINGOSCOPIO	Bajo riesgo	Equipos de Diagnóstico
GASTROSCOPIO	Bajo riesgo	Equipos de Diagnóstico
EQUIPO DE BAÑO MARIA	Bajo riesgo	Equipo de análisis de lab.
EQUIPO DE ELECTROCIRUGIA	Muy alto riesgo	Equipo de Tratamiento y mantenimiento de vida

#### **d) Análisis de los datos obtenidos**

En la donación de equipos que realizó el Hospital Nacional Dos de Mayo para la Universidad Nacional del Callao, se realizó una primera clasificación de los equipos, separándose los equipos para uso médico de los equipos para uso general, por ejemplo: proyector.

### a. Clasificación de equipos según el riesgo

De la Fig.4.3 es notable que los equipos de alto riesgo son los que en mayor número han sido donados a la Universidad Nacional del Callao, porque su reparación parcial sea muy costosa y la reparación no garantiza al 100% que trabaje en óptimas condiciones

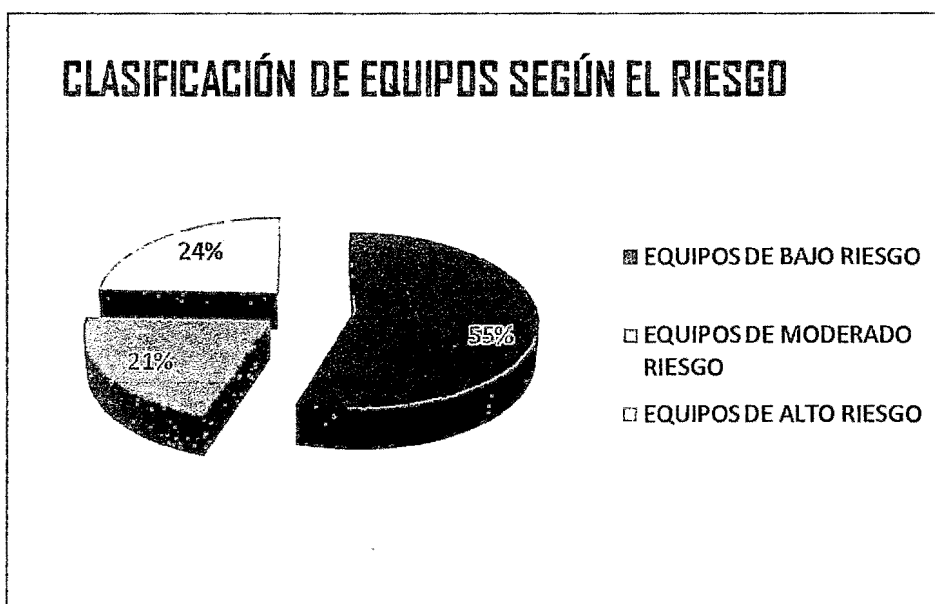


Fig. 4. 3: Clasificación según el riesgo

### b. Clasificación de equipo de Análisis de Laboratorio

En la Fig. 4.4 se aprecia que los microscopios y las centrifugas son los equipos que en mayor cantidad fueron donados, esto se explica dado que la tecnología en microscopios es mucho mejor en la actualidad que con la tecnología de los microscopios donados.

## EQUIPO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

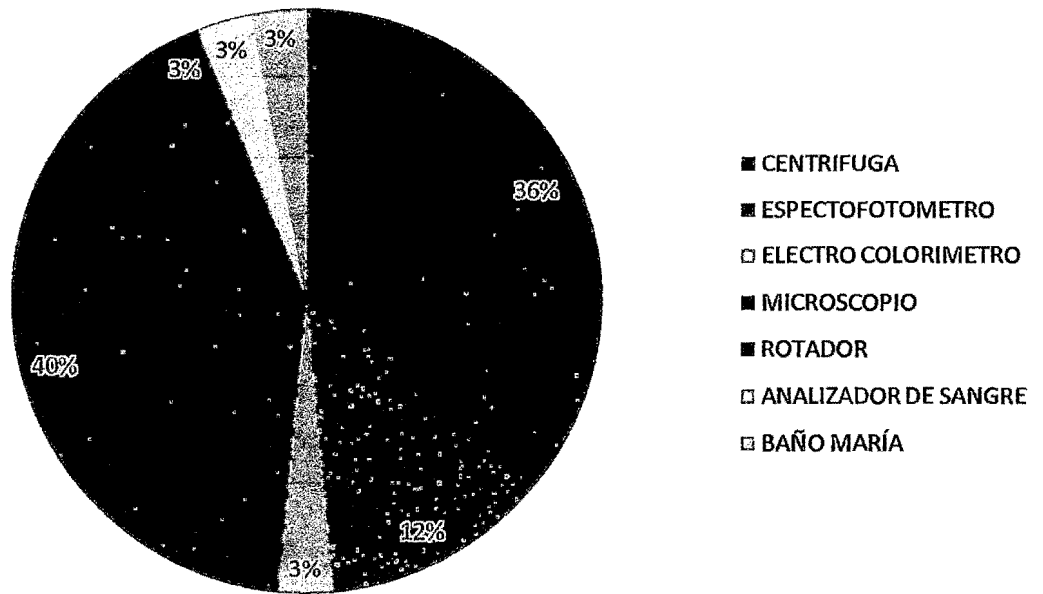
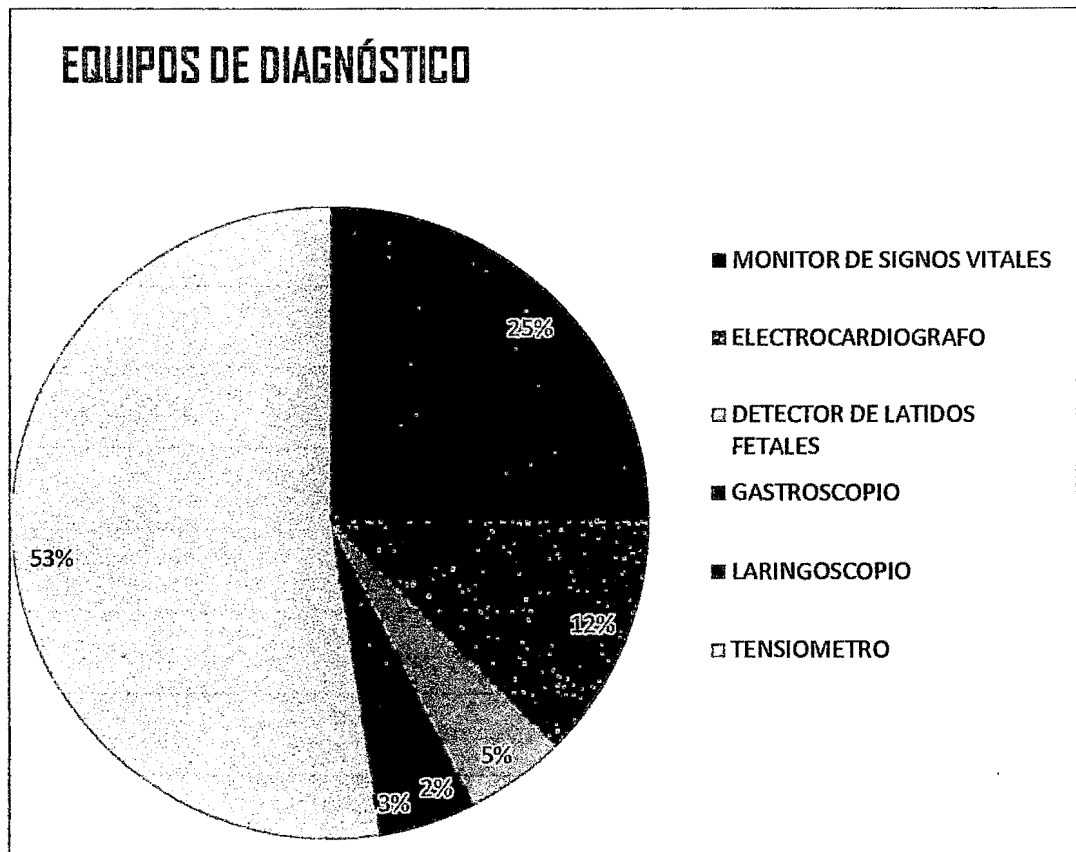


Fig. 4. 4: Clasificación de equipo de Análisis de Laboratorio

### c. Clasificación de equipos de diagnóstico

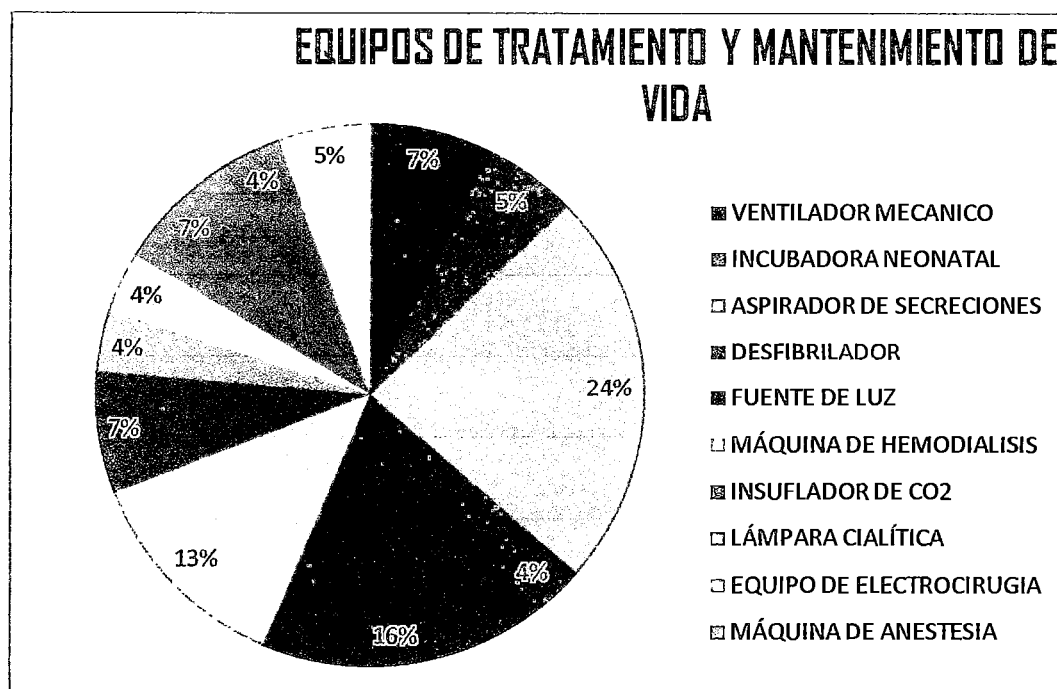
De los equipos de diagnóstico (Fig.4.5) contamos con un gran número de tensiómetros y monitores de signos vitales, ambos en muy mal estado, se puede inferir que estos equipos fueron dados de baja al evaluar que su reparación era demasiado elevada en comparación con la compra de otro equipo.



**Fig. 4. 5: Clasificación de equipos de diagnóstico**

**d. Clasificación de equipos de tratamiento y mantenimiento de vida**

En la Fig. 4.6 se aprecia que los aspiradores de secreción es la mayor cantidad de equipos donados, al evaluar estos equipos se pudo notar que no contaron con un adecuado mantenimiento porque se encontraron obstruidos. Este fue el principal motivo por lo que los dieron de baja.



**Fig. 4. 6: Clasificación de equipos de tratamiento y mantenimiento de vida**

#### 4.1.4 Mantenimiento de equipos ó instrumentos médicos

El Mantenimiento es un proceso mediante el cual se asegura que un activo (equipo) continúe desempeñando las funciones deseadas.

Es una actividad que tiene la finalidad de conservar un equipo médico ó instrumento en condiciones adecuadas de funcionamiento con la finalidad de tener un mayor tiempo de vida para el beneficio del usuario y paciente.

Son acciones y procedimientos encaminados a conservar en óptimas condiciones el equipo de acuerdo a sus especificaciones técnicas con el fin de prestar un buen servicio.

Permite alargar la vida útil del equipo, verificando las condiciones de operación y funcionamiento.

Es un proceso de verificación de condiciones ideales de un equipo.

Permite conservar en óptimas condiciones los equipos para dar buen funcionamiento. Mantener en operación continua, confiable y económica un equipo. Alargar la vida útil de un equipo.

Permite conservar y salvaguardar un bien para mantenerlo en buenas condiciones de operación y funcionamiento con el fin de dar cumplimiento a la normatividad vigente.

Es una actividad que tiene objetivo la conservación y alargamiento de la vida útil del equipo, garantizando su adecuado funcionamiento y que requiere: Personal capacitado, Intelecto, materiales e Infraestructura.

#### **a) Objetivo del Mantenimiento**

- Garantizar disponibilidad
- Satisfacer requisitos de Calidad
- Cumplir Normas de Seguridad
- Maximizar los beneficios
- Evitar riesgos laborales
- Prolonga la vida útil de los equipos
- Prepararse a situaciones de emergencia
- Evitar resultados erróneos por descalibración
- Proteger a los pacientes y al personal de accidentes y daños a la salud.
- Seguir las recomendaciones del fabricante.



## **b) Importancia del mantenimiento predictivo, mantenimiento correctivo, y mantenimiento preventivo**

### **a. Mantenimiento preventivo**

Inspección periódica de máquinas y equipos, para evaluar su estado de funcionamiento e identificar fallas, es la ejecución de acciones programadas que tienden a prevenir disfunciones y averías, para asegurar el rendimiento óptimo de los equipos y garantizar la seguridad y proteger el medio ambiente

#### **i. Ventajas**

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo que se paran los equipos.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en Almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

## **b. Mantenimiento predictivo**

Mantenimiento basado fundamentalmente en detectar la posibilidad de falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc.

Las acciones para esta detección, generalmente se pueden realizar programando las durante el proceso de Mantenimiento.

### **i. Ventajas**

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de equipos en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

### **c. Mantenimiento correctivo**

Conjunto de procedimientos utilizados para reparar un equipo y a deteriorado, en otras palabras es la ejecución de acciones para reparar elementos defectuosos por el mal funcionamiento o rendimiento o imperativo de los equipos.

#### **i. Desventajas**

- Desconfianza en la utilización del equipo.
- Tiempo indefinido de equipo fuera de servicio.
- Menor duración de la vida útil del equipo y sus instalaciones.
- Riesgo de no contar con existencias en almacén.
- Aumento en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento.
- Mayor costo de las reparaciones.
- Complica el análisis de las averías

### **c) Diferencia entre los tipos de mantenimiento**

#### **a. Mantenimiento Preventivo**

- Revisión programada
- Procedimiento que lleva a mantener en óptimo funcionamiento un equipo de acuerdo a la rutina
- Evitar que falle
- Programado, tomando en cuenta una calendarización
- De acuerdo a un historial, manuales o recomendaciones.
- Acción de un servicio programado
- Calendarizado

### **b. Mantenimiento Predictivo**

- Detección de defectos y programación de reemplazo antes de la avería.
- Permite prevenir las futuras fallas del equipo y evita llegar al correctivo.  
Basado más en estadística
- Utilizando equipo de análisis, termografía, vibración y otros.
- Acción de servicio programado producto de reportes estadísticos.
- Calendarizado y utilización de insumos

### **c. Mantenimiento Correctivo**

- Reparación del equipo que se averió
- Conjunto de actividades encaminadas a restablecer la operación del equipo.
- Es una falla imprevista
- Es cuando se presenta un problema de urgencia

#### 4.1.5 Distribución Eléctrica

En la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, en el segundo piso del pabellón de laboratorios hay un ambiente libre, el cual se ha propuesto para la ubicación del futuro Laboratorio de Electrónica Médica.

En la fig. 4.7 se puede visualizar la distribución por áreas que se propone las cuales son:

- Área administrativa
- Área de computo
- Área de pruebas
- Área de pruebas para equipos médicos.

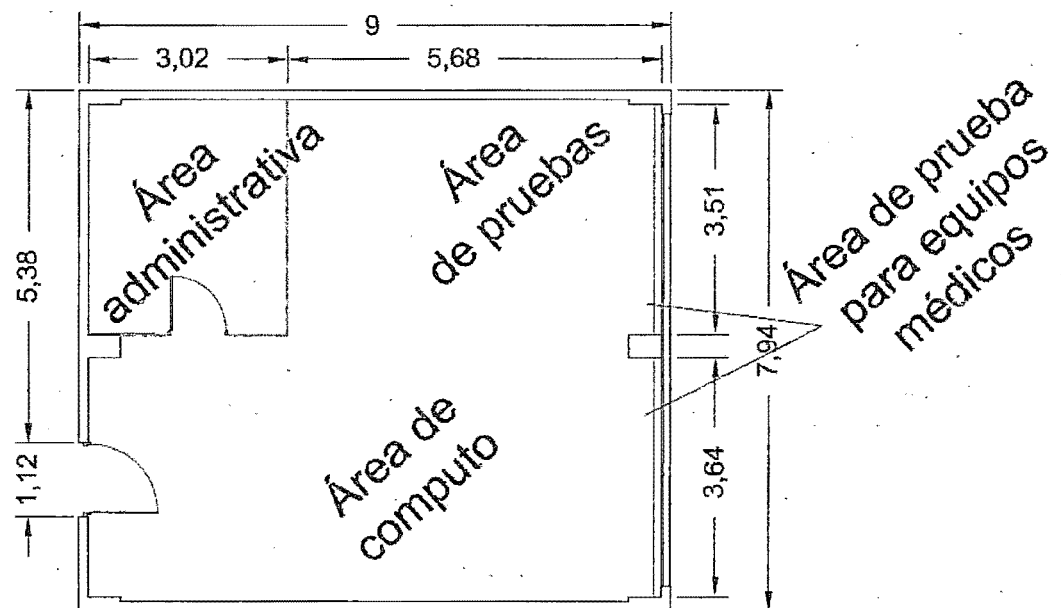


Fig. 4. 7: Plano de distribución de áreas

En la fig. 4.8 se visualiza el Laboratorio de Electrónica Médica implementado.

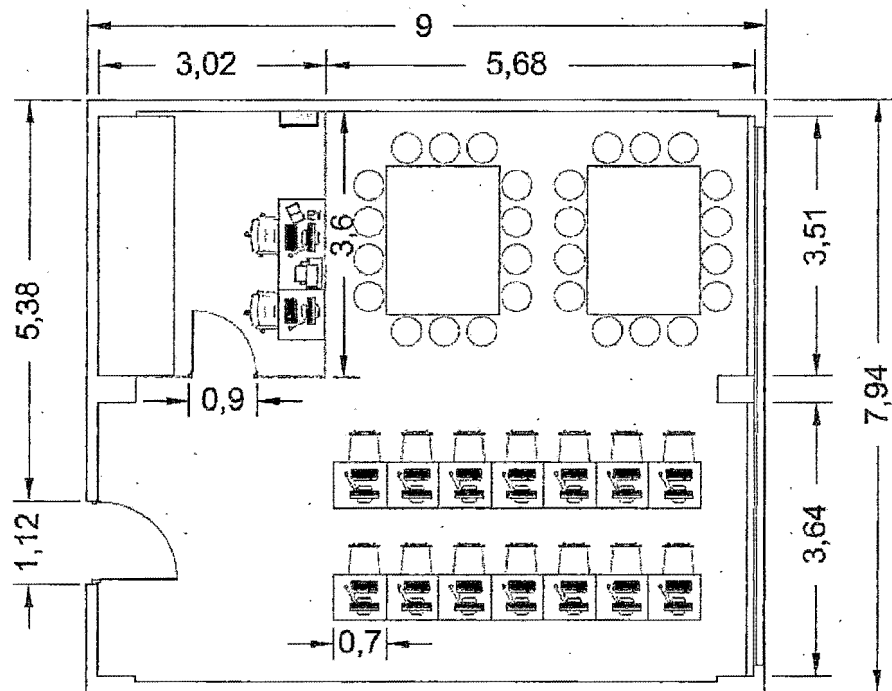


Fig. 4. 8: Plano del Laboratorio de Electrónica Médica

En la fig. 4.8 se visualiza el Laboratorio de Electrónica Médica implementado

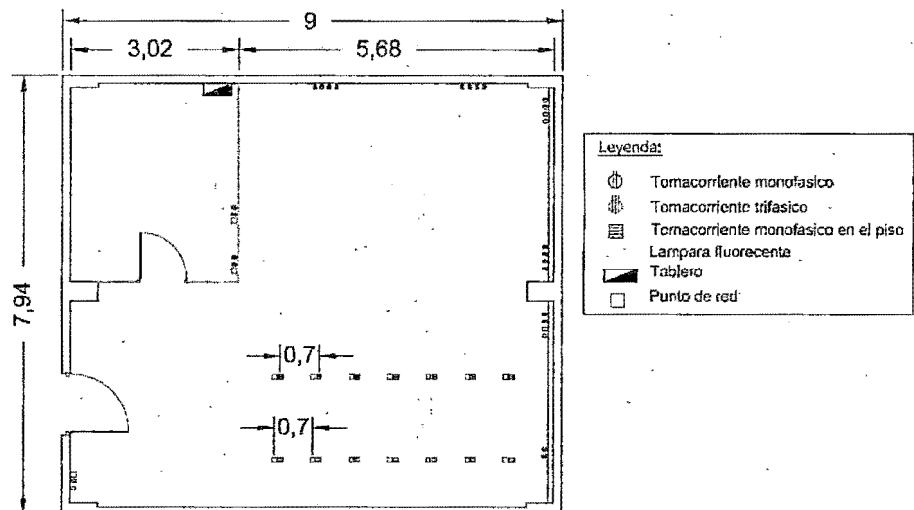


Fig. 4. 9: Plano eléctrico del Laboratorio de Electrónica Médica

### a) Tablero de distribución del Laboratorio de Electrónica Médica

El Laboratorio de Electrónica Médica contará con un tablero de distribución propio, el cual se ha diseñado para cubrir sus necesidades.

Dado que el Laboratorio de Electrónica Médica cuenta con 4 áreas, el tablero de distribución cuenta con un interruptor general, 4 interruptores cada uno con su diferencial.

En la fig. 4.10 se puede ver el plano mecánico del tablero de distribución.

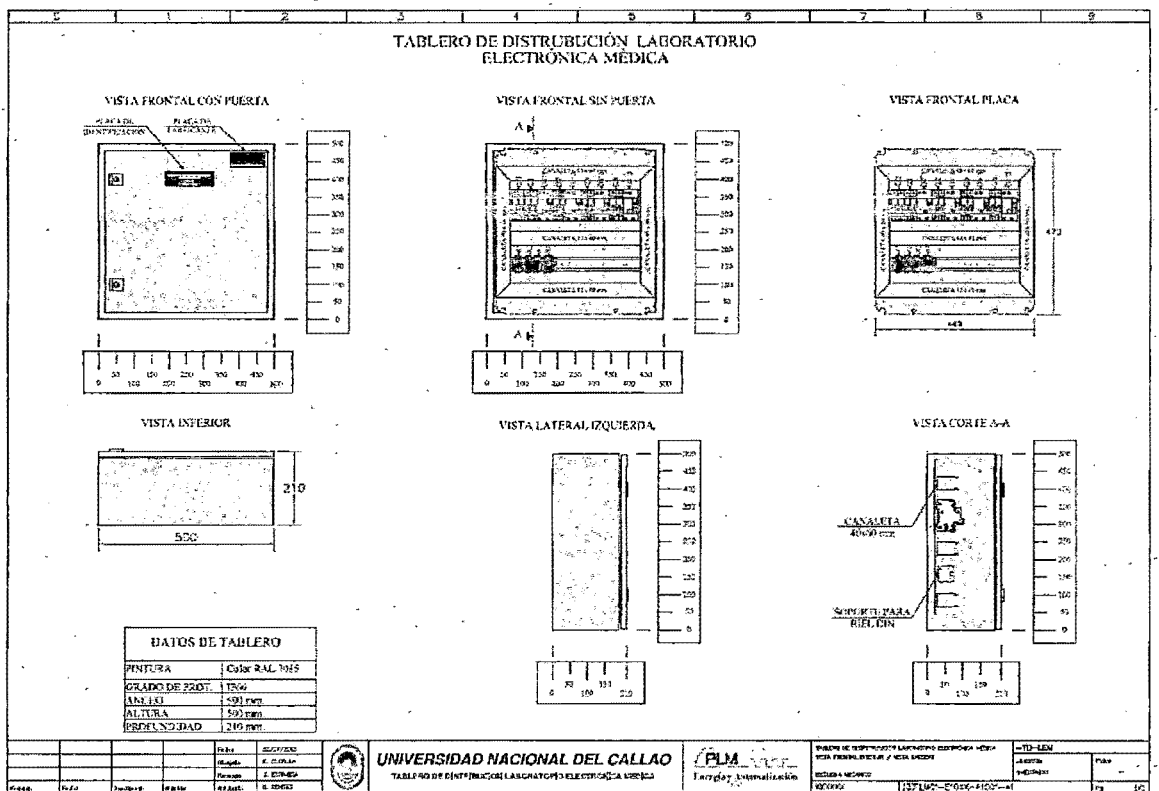


Fig. 4. 10: Plano mecánico del tablero de distribución

En la fig. 4.10 se puede ver el plano eléctrico del tablero de distribución, el cual cuenta con:

- Caratula (ver fig. 4.11)
- Índice (ver fig. 4.12)
- Lista de materiales (ver fig. 4.13)
- Diagrama eléctrico (ver fig. 4.14)

PLM Energía y Automatización		ALTA INGENIERÍA Y AUTOMATIZACIÓN Calle 100 N. 100 E. 100 CALLE 100 N. 100 E. 100 TELÉFONO 051 201 201 201 WWW.PLMEA.COM	
Cliente	: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		
Nombre de Proyecto	: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN LABORATORIO ELECTRÓNICA MÉDICA		
Empresa Fabricante	: PLM ENERGIA Y AUTOMATIZACION	Tipo de Producto	: TABLERO ADOSADO
Responsable	: RAÚL BENTES	Alimentación	: 220 V AC
Descripción del Producto	: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	Nº de Armarios	: 1
Designación Tecnológica	: TD-LEM	Año de Fabricac.	: 2013
Revisión en etapa	: <input checked="" type="checkbox"/> DISEÑO <input type="checkbox"/> FABRICACION <input type="checkbox"/> AS BUILT		
Motivo de Emisión	: <input checked="" type="checkbox"/> PARA APROBACION <input type="checkbox"/> PLANOS CERTIFICADOS		
Cantidad de páginas	: 4		

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		PLM Energía y Automatización	
FABRILADO DE DISTRIBUCIÓN LABORATORIO ELECTRÓNICA MÉDICA		CALLE 100 N. 100 E. 100	
TELÉFONO 051 201 201 201		WWW.PLMEA.COM	
CALLE 100 N. 100 E. 100		CALLE 100 N. 100 E. 100	

Fig. 4. 11: Plano Eléctrico del tablero de distribución - Caratula





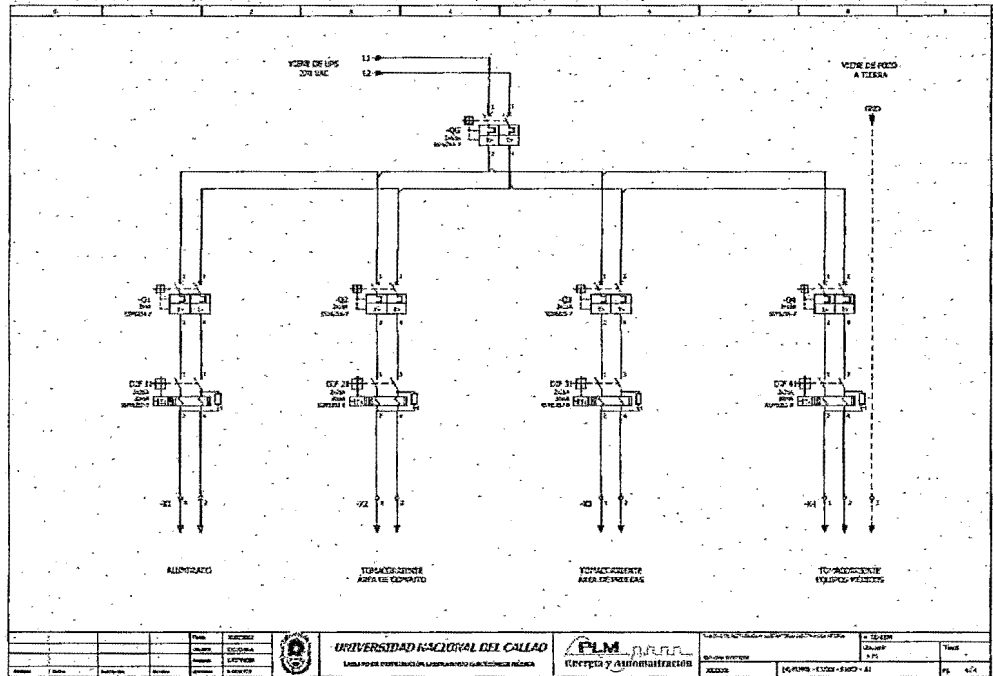


Fig. 4. 14: Plano Eléctrico del tablero de distribución - Diagrama eléctrico

## 4.2 Resultados finales

### 4.2.1 Encuesta

Se hizo una encuesta a un total de 100 alumnos de la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica para medir la aceptación que tendría implementación del laboratorio de electrónica médica y para así tener una idea de lo como creen que se encuentran los laboratorios ya existentes y se obtuvieron resultados interesantes. Lo cual se plasman de la siguiente manera:

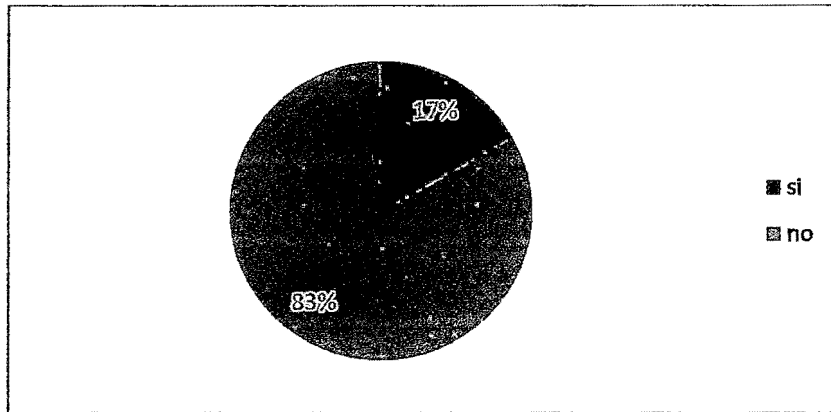
#### Pregunta N°01

**¿Considera usted que la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (FIEE) presta una correcta seguridad eléctrica a sus laboratorios?**

**Tabla 4. 6: Respuesta de seguridad eléctrica**

Opciones	cantidad
Si	17
No	83

En la figura 4.15 se muestra la representación de la tabla 4.6, una gráfica circular el porcentaje de respuesta negativa y positiva a la pregunta de seguridad eléctrica.



**Fig. 4. 15: Respuestas sobres seguridad eléctrica**

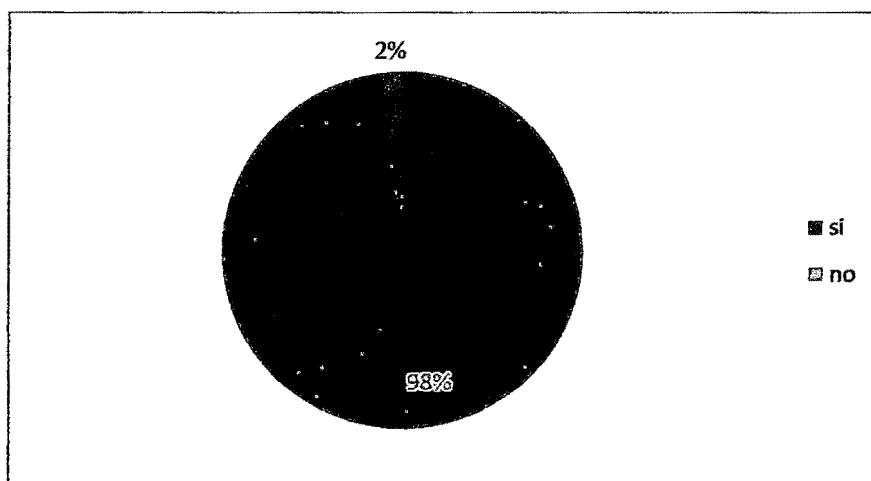
**Pregunta N°02**

**¿Cree que él uso de un laboratorio es importante para el aprendizaje de su carrera?**

**Tabla 4. 7: Respuesta importancia de un laboratorio**

opciones	cantidad
Si	98
No	2

En la figura 4.16 se muestra la representación de la tabla 4.7, una gráfica circular el porcentaje de respuestas negativas y positivas te tuvo la pregunta la importancia de un laboratorio.



**Fig. 4. 16: Porcentaje de respuestas importancia de laboratorio**

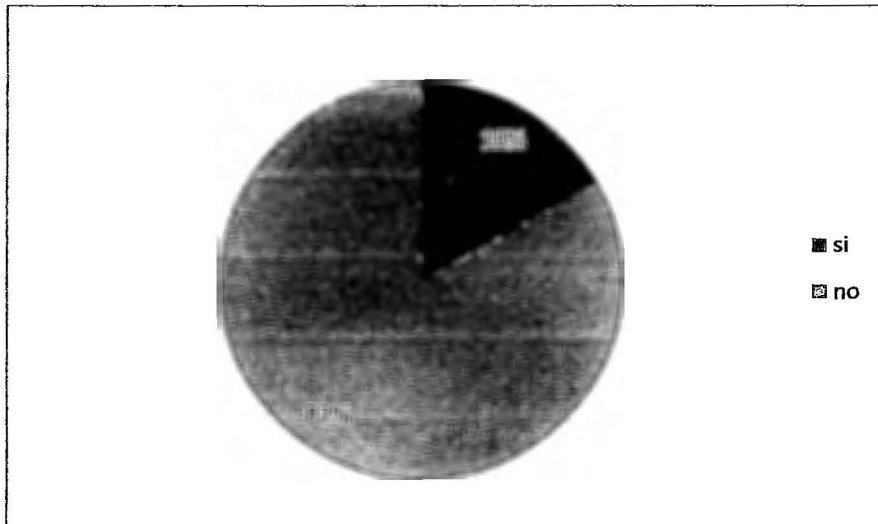
**Pregunta N°03**

**¿Consideras que los laboratorios en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica están bien implementados?**

**Tabla 4. 8: Respuesta sobre implementación de los laboratorios**

opciones	cantidad
Si	18
No	82

En la figura 4.17 se muestra la representación de la tabla 4.8, una gráfica circular el porcentaje de respuestas negativas y positivas que tuvo la pregunta la implementación de los laboratorios.



**Fig. 4. 17: Porcentaje de respuesta sobre implementación**

**Pregunta N°04**

**¿Si tuvieras la oportunidad de elegir tu especialidad en ingeniería electrónica, cual elegirías?**

**Tabla 4. 9: Respuesta de preferencia de la carrera electrónica**

<b>Ramas de electrónica</b>	<b>cantidad</b>
Control y automatización	53
biomédica	19
telecomunicaciones	9
Mecatrónica	15
Aun no se	4

En la figura 4.18 se muestra la representación de la tabla 4.9, una gráfica circular el porcentaje de respuesta tuvo la pregunta sobre la preferencia de la carrera electrónica.

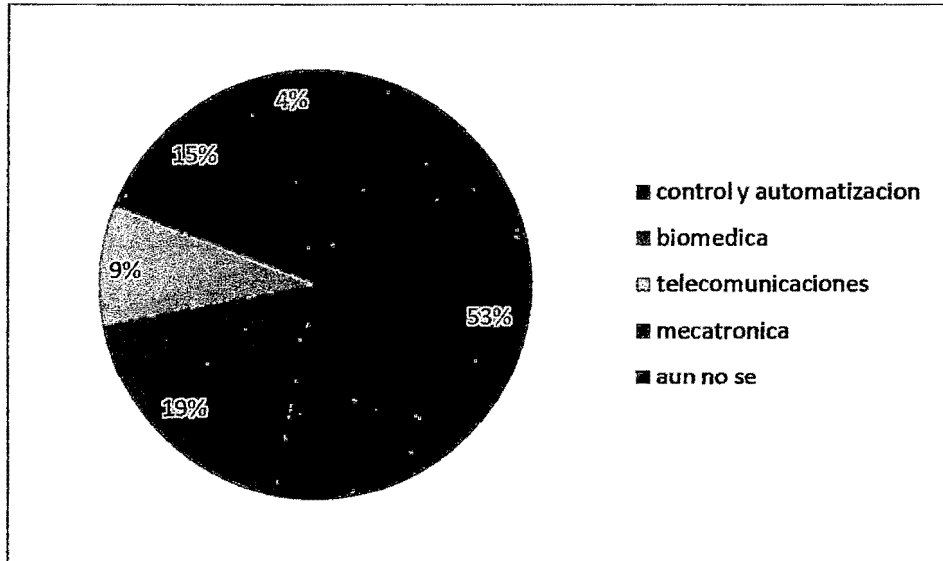


Fig. 4. 18: Porcentaje de respuesta sobre especialidad de electrónica

En la figura 4.19 se muestra en una gráfica de barras la respuesta que tuvo la pregunta.

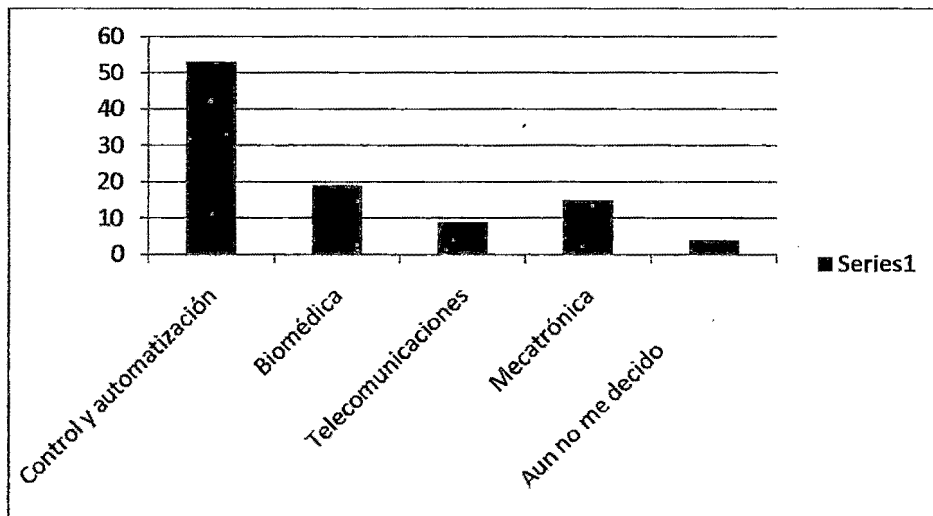


Fig. 4. 19: Grafica de barras de la pregunta 4

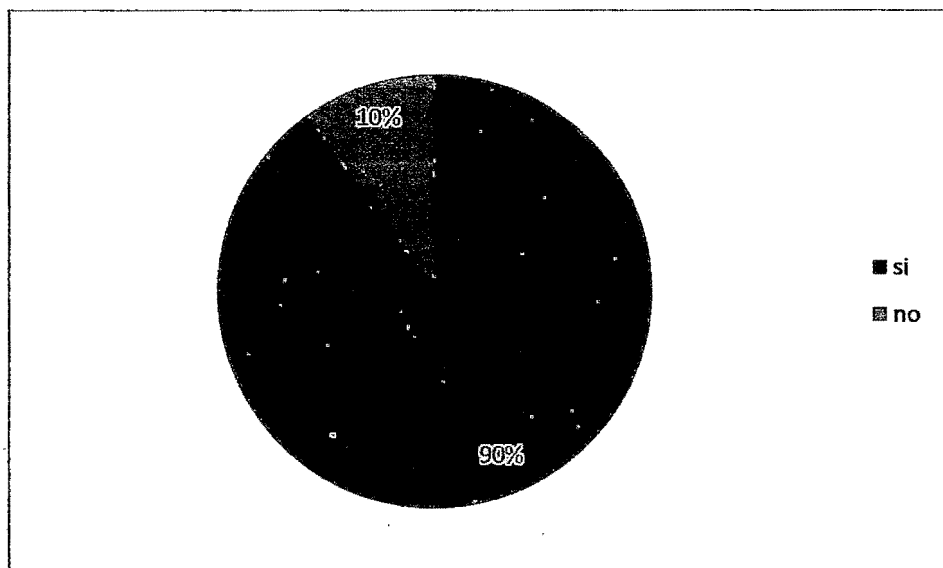
**Pregunta N°05**

**¿Consideras importante la implementación de un laboratorio de Biomédica en la FIEE UNAC?**

**Tabla 4. 10: Respuesta sobre implementación de los laboratorios**

opciones	cantidad
Si	90
No	10

En la figura 4.20 se muestra la representación de la tabla 4.10, una gráfica circular el porcentaje de respuesta tuvo la pregunta sobre la importancia de un laboratorio de biomédica.



**Fig. 4. 20: Porcentaje de respuesta de implementación de laboratorio de médica**



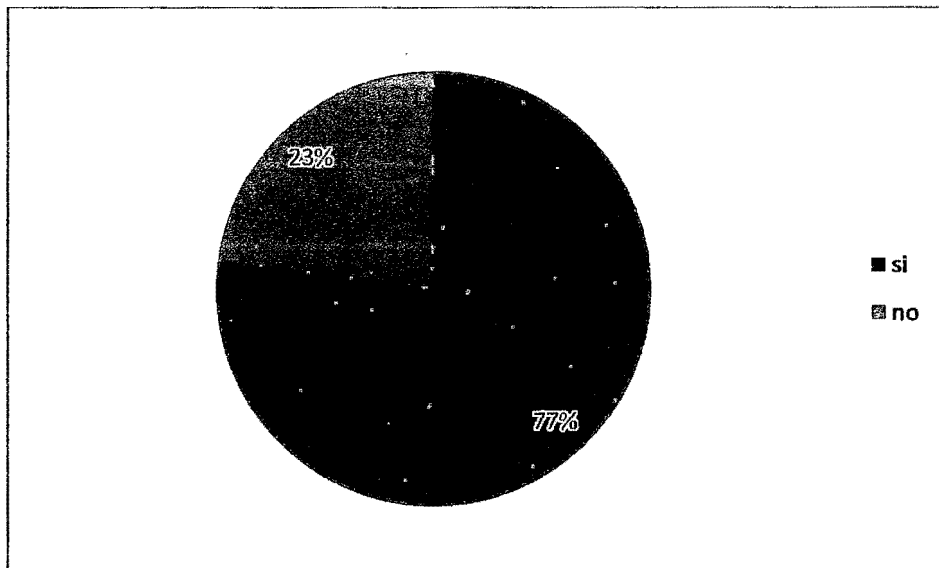
**Pregunta N°06**

**¿Tienes conocimiento de la importancia de la ingeniería biomédica?**

**Tabla 4. 11: Respuesta sobre conocimiento de ingeniería biomédica**

opciones	cantidad
Si	77
No	23

En la figura 4.21 se muestra la representación de la tabla 4.11, una gráfica circular el porcentaje de respuesta tuvo la pregunta sobre conocimientos de ingeniería biomédica.



**Fig. 4. 21: Porcentaje de respuesta sobre conocimiento de ingeniería biomédica**

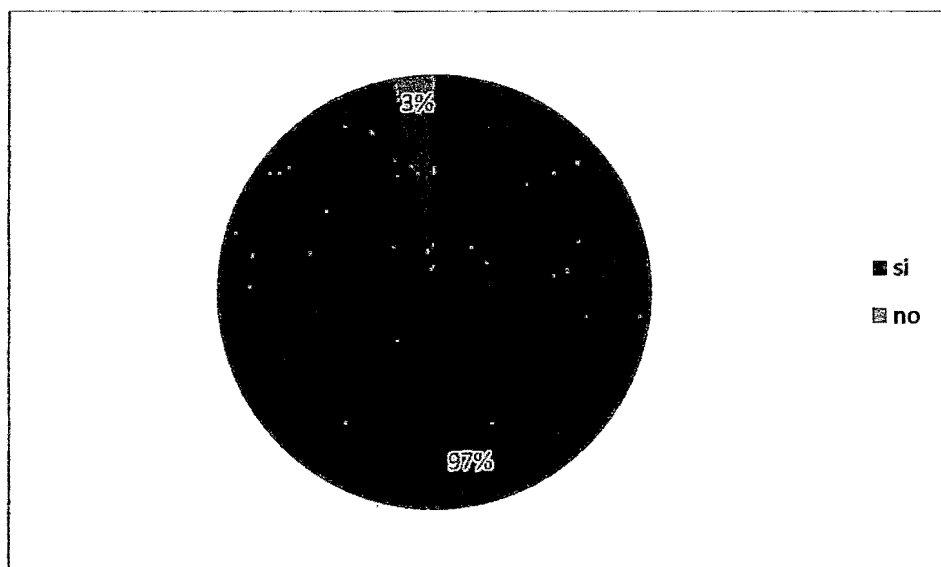
**Pregunta N°07**

**¿Consideras que hace falta de profesionales en ingeniería biomédica en el Perú?**

**Tabla 4. 12: Respuesta falta de profesionales en ingeniería biomédica**

opciones	cantidad
Si	97
No	3

En la figura 4.22 se muestra la representación de la tabla 4.12, una gráfica circular el porcentaje de respuesta tuvo la pregunta sobre falta de profesionales de ingeniería biomédica.



**Fig. 4. 22: Porcentaje de respuesta de profesionales de ingeniería biomédica en el Perú**

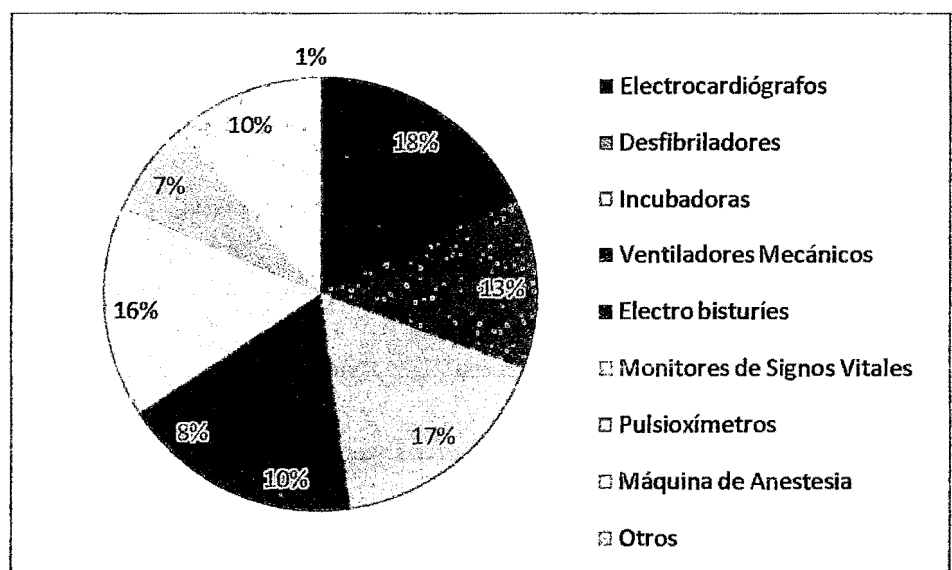
**Pregunta N°08**

**¿Dentro de un hospital que equipos conoce?**

**Tabla 4. 13: Respuesta sobre conocimientos de equipos médicos**

Equipos conocidos	cantidad
Electrocardiógrafos	18
Desfibriladores	13
Incubadoras	17
Ventiladores Mecánicos	10
Electro bisturíes	8
Monitores de Signos Vitales	16
Pulsioxímetros	7
Máquina de Anestesia	10
otros	1

En la figura 4.23 se muestra la representación de la tabla 4.13, una gráfica circular el porcentaje de respuesta tuvo la pregunta sobre conocimientos de equipos médicos en un hospital.



**Fig. 4. 23: Porcentaje de equipos conocidos**

En la figura 4.24 se muestra en una gráfica de barras a la respuesta que tuvo la pregunta.

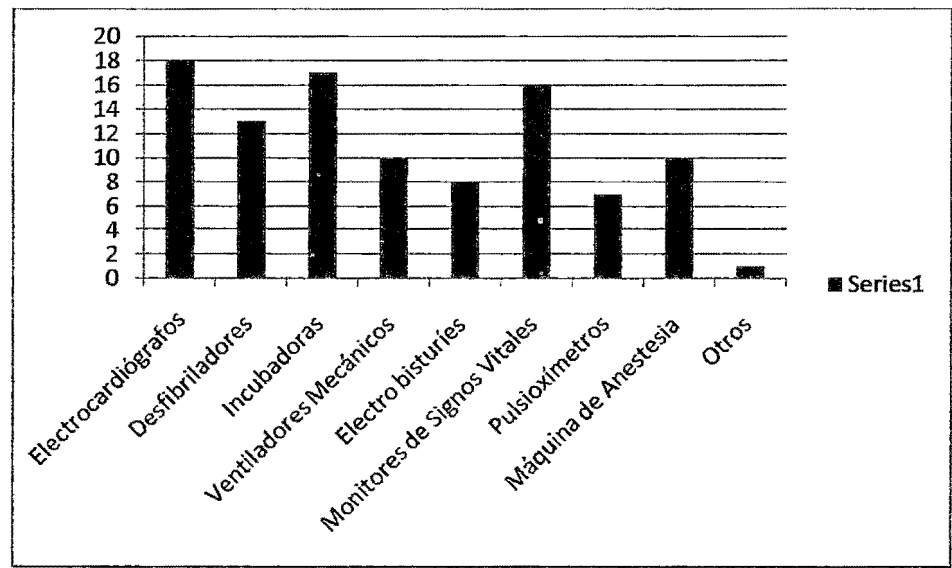


Fig. 4. 24: Grafica de barras de la pregunta 8

#### Pregunta N°09

¿La idea de un Laboratorio que cuente con equipos médicos, que investigue acerca de su funcionamiento y mejoras, le parece?

Tabla 4. 14: Respuesta sobre contar con equipos médicos

Opciones	cantidad
Excelente	59
Buena	33
Mala	4
Le es indiferente	4

En la figura 4.25 se muestra la representación de la tabla 4.14, una gráfica circular a la pregunta la idea de implementación del laboratorio que cuente con equipos médicos para la investigación.

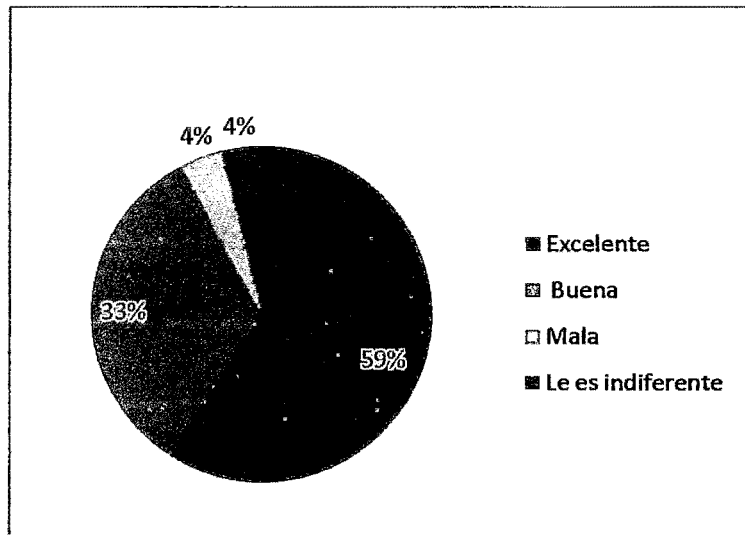


Fig. 4. 25: Aceptación de que la UNAC cuente con equipos médicos

#### Pregunta N°10

¿Le atrae la idea de que en la Universidad Nacional del Callao se prepare a profesionales en biomédica?

Tabla 4. 15: Respuesta sobre la idea que la UNAC prepare profesionales

opciones	cantidad
Si	96
No	2
Le es indiferente	2

En la figura 4.26 se muestra la representación de la tabla 4.15, una gráfica circular a las respuestas que tuvo la pregunta sobre la idea que la universidad del callao prepare profesionales en biomédica.

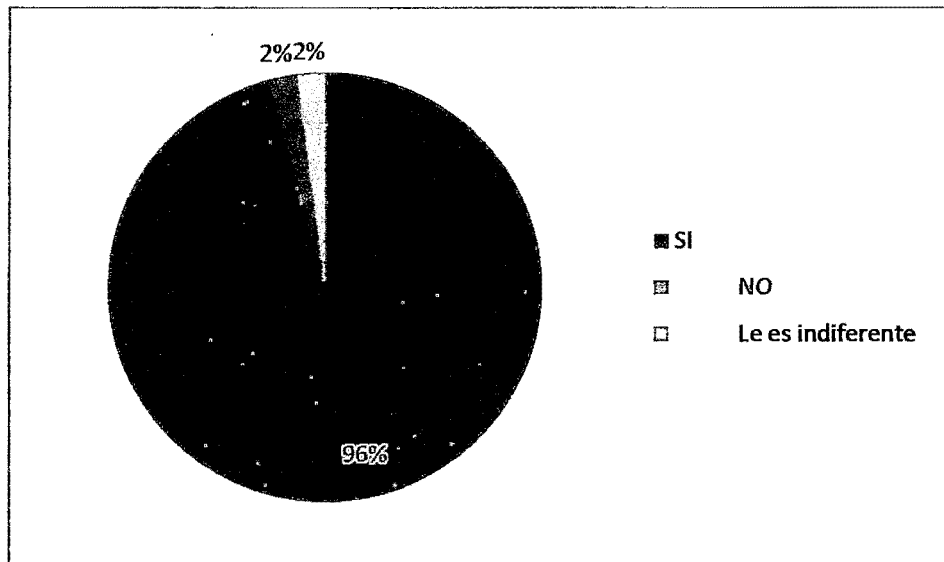


Fig. 4. 26: Aceptación que la UNAC prepare profesionales

**Pregunta N°11**

**¿Qué ramas de la biomédica te interesaría conocer?**

**Tabla 4. 16: Respuesta sobre preferencia sobre ramas de biomédica**

opciones	cantidad
Ingeniería clínica	19
Biomécanica	31
Bioinformática	13
Ingeniería Hospitalaria	4
Telemedicina	19
Imágenes médicas	12
otras	2

En la figura 4.27 se muestra la representación de la tabla 4.16, una gráfica circular a la respuesta que tuvo la pregunta sobre ramas de la ingeniería biomédica que te gustaría conocer.

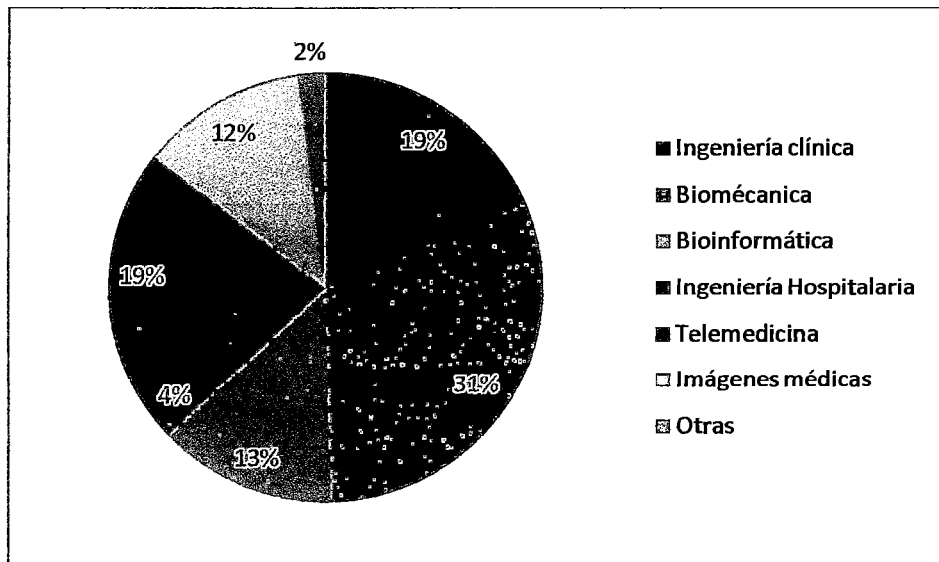


Fig. 4. 27: Porcentaje de interés de ramas de la biomédica

En la figura 4.28 se muestra en una gráfica de barras a la respuesta que tuvo la pregunta 11.

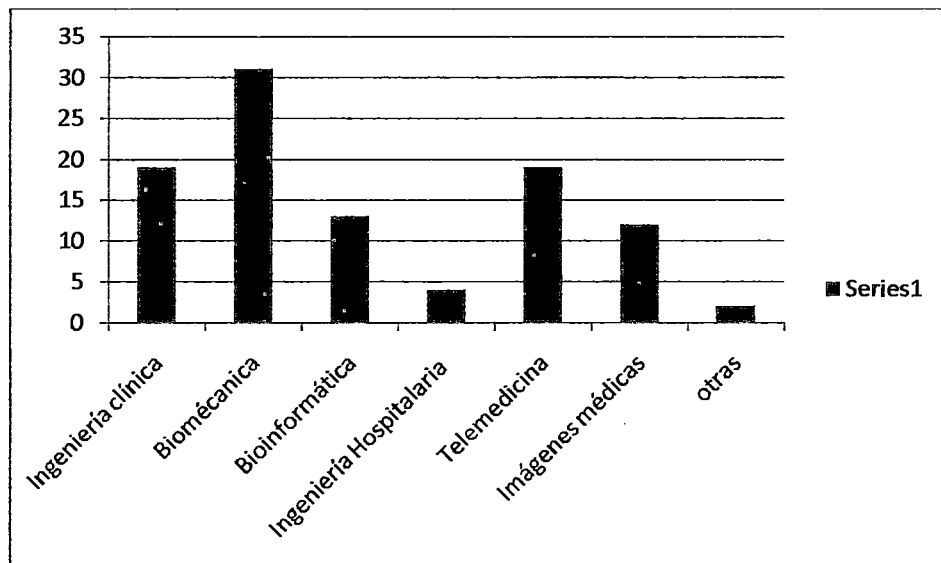


Fig. 4. 28: Diagrama de barras de la pregunta 11

#### 4.2.2 Presupuesto

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto necesario para iniciar el laboratorio de biomédica, para el desarrollo de este laboratorio se está considerando módulos de medicina que ofrece INDUCONTROL SAC y SCITECH así como tarjetas de DSP y FPGA, también las computadoras, un proyector y muebles además puesta a tierra, instalaciones eléctricas y equipo de protección

Tabla 4. 17: Presupuesto

Nº	Cant.	Descripción	Precio Unitario \$.	Precio Total \$
1	4	Grupos modular completo INDUCONTROL SAC	19, 790	79,160
2	4	Grupos modular completo SCITECH	21,600	86.480
3	4	Tarjeta DSP TMS320F2812 VARITEK	482.00	1,930
4	4	Tarjeta FPGA VARITEK	470.00	1.880
5	1	Equipo de protección (UPS)	1,800	1,800
6	5	PC escritorio (i7)	900.00	4,500
7	5	Laptops	1,200	6,000
8	3	Osciloscopio digital	1,200	6,000
9	1	Proyector de video	1,500	1,500
10	1	Instalaciones Eléctricas y cableado	2,000	2,000
13	1	Muebles de escritorio y para los modulo	3,000	3,000
12	1	Pozo a tierra	1,200	1,200
<b>Total</b>				<b>134,250</b>



## **CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Dentro de las principales dificultades que se tuvo en la elaboración del trabajo fue la falta de información técnica de los equipos, así como falta de información específica de biomédica, debido principalmente a dos puntos, el primero fue a que no existe mucha documentación a nivel local acerca de la implementación de un laboratorio biomédico, porque seríamos los pioneros en realizarlo y segundo es debido a que la poca información que existe está en diferentes idiomas, principalmente en inglés y portugués.

Para futuras investigaciones se solicitará el apoyo de las autoridades universitarias para designar recursos para el levantamiento de los equipos y mejora de la infraestructura del actual local (designado para almacenar los equipos médicos donados”).

Involucrar a más estudiantes en este proyecto, a raíz de esta iniciativa muchas personas sobre todo estudiantes se vieron interesados en apoyar, lo cual muestra que futuras investigaciones o en el próximo proyecto que busque implementar el laboratorio se contará con un grupo numeroso de involucrados.

En el diseño de la distribución eléctrica hubiese sido de gran utilidad el plano del ambiente en el cual se ha propuesto la ubicación del laboratorio de electrónica médica, como no se tenía dicho plano se tuvo que realizar un levantamiento de medidas.

El resultado de la encuesta realizada a la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica fue favorable ya que muchos estudiantes ajenos al área de medicina muestran interés en la implementación de dicho laboratorio se puede observar que el área de biomédica ocupa el segundo lugar superando incluso a

telecomunicaciones y mecatrónica siendo superado solamente por ingeniería de control y automatización y también se mostró una inclinación por ingeniería biomecánica que es una rama de ingeniería biomédica además observamos que mucho estudiantes tienen conocimientos básicos de los diversos equipos médicos utilizados en los hospitales.

La parte negativa de la encuesta refleja que muchos estudiantes creen que los laboratorios de la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica no están bien implementados y que no tienen una buena seguridad eléctrica.

Los resultados del presupuesto solo abarcan lo esencial en equipo e infraestructura para poder implementar este laboratorio de biomédica se considera solo cuatro de cada módulo didáctico y tarjeta FPGA y DSP para no elevar mucho los costos y sea más atractivo el presupuesto.

- **Discusión acerca de la encuesta:**

La encuesta nos arroja una serie de datos interesantes, los cuales se detallan a continuación:

**Pregunta N°01:**

Se puede notar que muchos estudiantes consideran que los laboratorios de nuestra facultad no contemplan las medidas de seguridad necesarias para un laboratorio. Esto se requiere cambiar para que el estudiante efectivamente cuente con un laboratorio seguro para sus experiencias académicas.

**Pregunta N°02:**

La respuesta afirmativa para esta pregunta, y los estudiantes tienen claro la importancia que es contar con un laboratorio adecuado para desarrollar sus capacidades, este trabajo tiene como finalidad suplir esta necesidad.

**Pregunta N°03:**

La mayoría de estudiantes sienten que no se cuenta con laboratorios debidamente implementados. Lo cual es importante para el crecimiento académico de los estudiantes

**Pregunta N°04:**

La respuesta a esta pregunta nos da un dato muy curioso, y es el siguiente, si bien la biomédica se encuentra por debajo entre las preferencias de automatización y control, tiene mayor aceptación que telecomunicaciones, esto es en gran medida por la difusión que viene teniendo la carrera.

**Pregunta N°05:**

La respuesta de la mayoría de los encuestados es afirmativa. Estas personas tienen mejor panorama de lo que es la biomédica en la actualidad, y la importancia que tendría para la universidad.

**Pregunta N°06:**

Aquí se refleja la importancia que viene teniendo la carrera, y la difusión que se ha venido realizando junto a los miembros EMBS-UNAC para incentivar a que más personas se involucren en esta ingeniería.

**Pregunta N°07:**

Los encuestados tienen claro que hace falta más profesionales de biomédica, esto a partir del desorden en las instituciones de salud, una mala gestión tecnológica y una serie de problemas relacionadas al desconocimiento de la biomédica en general.

**Pregunta N°08:**

El parámetro fisiológico más conocido en general es la onda ECG, captada por el electrocardiógrafo. La razón de esta pregunta tuvo como finalidad ver que tanto

conocían los estudiantes acerca de equipos médicos, y el resultado es que estos ya tienen conocimientos de los equipos básicos en los hospitales.

**Pregunta N°09**

Aquí apreciamos el interés que tienen los estudiantes por investigar en este nuevo campo. Un interés que parte de la necesidad de dar solución a problemas que carece nuestro sistema de salud pública.

**Pregunta N°10**

Un 96% de los encuestados opina a favor de desarrollar especialistas en biomédica en la UNAC. Lo cual nos alienta a la futura implementación del laboratorio.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Se pudo obtener:

- Tener un inventario físico de todos los equipo donados al laboratorio de la FIEE
- Propuesta de organización del grupo de inventario.
- Se contrastó mediante el análisis FODA todas las Fortalezas y oportunidades contra las debilidades y amenazas con las con tendremos que trabajar y se pudo ver que las en suma el laboratorio de electrónica médica es un proyecto muy interesante y viable para la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- Se pudo evidenciar la importancia que tienen los mantenimientos preventivos para alargar la vida de los equipos médicos en general.
- Se clasificó los equipos médicos según diversos criterios, para que una vez se haya aprobado el proyecto del laboratorio se realizar la distribución de grupos de trabajo para la reparación.
- Se pudo realizar el diseño de la distribución eléctrica del laboratorio.
- Se puede concluir como resultado de la encuesta que muchos estudiantes están interesados en la implementación del laboratorio de electrónica médica y preocupante a la vez observar que los estudiantes creen que los laboratorios actuales no están implementados correctamente y que no cuentan con las adecuadas instalaciones eléctricas.
- Para elaborar el presupuesto necesario para la implementación se consideraron precios aproximados ya que las proformas aún no han sido enviados por las empresas.

## CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- Se propone que se cuente con un mayor número de estudiantes involucrados.
- Incluir mucho más a las autoridades universitarias ya que hasta la fecha han mostrado un interés genuino en la implementación del laboratorio.
- Realizar una distribución de responsabilidades con un grupo de trabajo, en el que existan roles determinados para tareas específicas.
- Involucrar a los docentes de la UNAC, como facilitadores de conocimientos, no solo de biomédica, también docentes de ingeniería eléctrica, telecomunicaciones, automatización, mecánica entre otros.
- Se recomienda para las instalaciones eléctricas considerar equipos de protección y estabilización de voltaje por lo que recomendamos un sistema de alimentación ininterrumpida (ISA o UPS) además un pozo a tierra que proteja los equipos de descargas eléctricas y estáticas para prevenir futuros daños en los equipos.
- Se recomienda realizar cotizaciones periódicamente para poder tener los precios actualizados.

## CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA

- <http://solo-electronicos.blogspot.com/2012/12/aplicaciones-biomedicas-para.html>
- <http://www.ni.com/dataacquisition/esa/whatis.htm>
- Importancia del Mantenimiento a Equipo Médico por: Juan Mercadillo Aguilar Ingeniero Biomédico
- <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19119/1/Sistemas%20de%20adquisici%C3%B3n%20y%20Procesamiento%20de%20datos.pdf>
- <http://electronicabooks.wikispaces.com/file/view/simbologia+electronica+y+automatizacion.pdf>
- [https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP\\_PREVENCION/PG\\_REPOSITARIO/PG\\_DOCUMENTOS/PG\\_DOC\\_MONOGRAFIAS/M-2.pdf](https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_PREVENCION/PG_REPOSITARIO/PG_DOCUMENTOS/PG_DOC_MONOGRAFIAS/M-2.pdf)
- ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN CUBA por: E. Rodríguez-Departamento de Bioingeniería, ISPJAE, La Habana, Cuba
- R. Hernandez S., C. Fernandez S., P. Baptista L. Metodología de la Investigación (2006. Mexico. McGraw-Hill
- A. Ríos R., A. M. Miguel C., L. E. Rodríguez C., J.Chaparro (2010), La ingeniería biomédica en Colombia: Una perspectiva desde la formación del pregrado. Bogotá. Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito"
- G.M.K Curilem, A. Espinosa, R. Sandoval, R. Saupe, F. de Azevedo (2001). Aporte de la Ingeniería Biomédica a la educación en Salud. La Habana. Universidad de la frontera

- H.Jaramillo H., M. A. Velasco P., (2007). "Documentación y protocolo de revisión y seguimiento en la conservación de equipamiento electromédico". Universidad Autónoma Metropolitana.
- J. Garnica Jimenez (2010). "Guía para el diseño de instalaciones eléctricas hospitalarias". Venezuela, Universidad Pontificia Bolivariana.
- E.Rodríguez Denis. (2003). "Ingeniería Clínica". Instituto Superior. Cuba Politécnico José Antonio Echevarría.
- C. Roberty, A. Tena. L. Pérez. (2011). "Propuesta de reestructuración curricular programa ingeniería biomédica". Venezuela. Universidad Nacional Experimental.
- J. L. Celi B. (2008). "Proyecto de implementación de un laboratorio de certificación de equipo biomédico. Quito. Escuela Politécnica Nacional.
- K. E. Muñoz S. (2008) "Manual de protocolos de mantenimiento de equipos biomédicos para el Hospital Susana López de Valencia E.S.E.". Cali. Universidad Autónoma de Occidente.



## **CAPÍTULO IX: ANEXOS**

### **ANEXO A: PRINCIPALES NORMAS IEC 60601 PARA EQUIPOS MEDICOS**

- **IEC 60601-1-1 Ed. 2.0 b: 2000**

Equipo médico eléctrico - Parte 1-1: Requerimientos Generales para la seguridad  
Estándar colateral: Requerimientos de seguridad para sistemas médicos eléctricos.

Edición: 2.0

Comisión Electrotécnica Internacional

14 - Dic - 2000

Aplica a sistemas de seguridad de equipos médicos, tal como se define a continuación: combinación de ítems de equipos, interconexión de al menos un equipo médico eléctrico con otros equipos, o de usar un enchufe de salida múltiple portátil. Describe los requerimientos necesarios de seguridad para brindar protección al paciente, el operador y la gente en general que use dicho equipo.

- **IEC 60601-1-2 Ed. 2.1 b: 2005**

Equipo médico eléctrico - Parte 1-2: Requerimientos Generales para la seguridad  
Estándar colateral:

Compatibilidad electromagnética – Requerimientos y pruebas

Edición Consolidada

Edición: 2.1

Comisión Electrotécnica Internacional

29 - Sep - 2005

Especifica los requerimientos y pruebas para compatibilidad electromagnética de equipos, sistemas y servidores. La existencia de estándares de emisión electromagnética es esencial para la protección de:

- Servicios de Seguridad
- Otros Equipos y Sistemas
- Equipos que no son médicos eléctricos; como el caso de computadores.
- Telecomunicaciones, ya sea telefónica, radio-navegación u otras.
- La existencia de requerimientos de inmunidad electromagnética es esencial para la seguridad tanto de los equipos como de los sistemas.

• **IEC 60601-2-4 Ed. 2.0 b: 2005**

Equipo médico eléctrico - Parte 2-4: Requerimientos particulares para la seguridad desfibriladores cardiacos.

Edición: 2.0

Comisión Electrotécnica Internacional

22 - Sep - 2005

Especifica los requerimientos para la seguridad de desfibriladores cardiacos. Los requerimientos son seguidos de especificaciones para pruebas relevantes.

• **IEC 60601-2-25 Ed. 1.0 b: 1993**

Equipo médico eléctrico - Parte 2-25: Requerimientos particulares para la seguridad de electrocardiógrafos.

Edición: 1.0

Comisión Electrotécnica Internacional

19 - Mar - 1993

Especifica los requerimientos particulares para electrocardiógrafos, propuesto para la producción de electrocardiogramas desmontables para propósitos de diagnóstico. También aplica para equipos de prueba de estrés.

- **IEC 60601-2-27 Ed. 2.0 b: 2005**

Equipo médico eléctrico - Parte 2-27: Requerimientos particulares para la seguridad, incluyendo el funcionamiento esencial de Electrocardiógrafos.

Edición: 2.0

Comisión Electrotécnica Internacional

29 - Ago – 2005

Especifica los requerimientos particulares de seguridad, incluyendo el funcionamiento esencial Electrocardiógrafos (ECG). Este estándar es aplicable a equipos utilizados en un hospital. Si el equipo es usado fuera, como el caso de ambulancias y transporte aéreo, el equipo deberá cumplir con este estándar.

- **IEC 60601-2-30 Ed. 2.0 en: 1999**

Equipo médico eléctrico - Parte 2-30: Requerimientos particulares para la seguridad, incluyendo el funcionamiento esencial de Monitores de Presión Sanguínea No-Invasiva.

Edición: 2.0

Comisión Electrotécnica Internacional

22 - Dic - 1999

Especifica los requerimientos particulares de seguridad, incluyendo el funcionamiento esencial de Monitores de Presión Sanguínea No-Invasiva.

- **IEC 60601-2-34 Ed. 2.0 b: 2005**

Equipo médico eléctrico - Parte 2-34: Requerimientos particulares para la seguridad, incluyendo el funcionamiento esencial de Monitores de Presión Sanguínea Invasiva.

Edición: 2.0

Comisión Electrotécnica Internacional

13 - Oct - 2005

Establece los requerimientos particulares de seguridad, incluyendo el funcionamiento esencial de Monitores de Presión Sanguínea Invasiva. Este estándar en particular toma en cuenta el Estándar Colateral 60601-1-2 (1993) de Compatibilidad Electromagnética y el Estándar Colateral 60601-1-4 (1996) de Equipo Médico Eléctrico incorporando un sistema eléctrico programable. Una sección de alarmas ha sido incluida por la importancia de las mismas en el monitoreo.

- **IEC 60601-2-49 Ed. 1.0 b: 2006**

Equipo médico eléctrico - Parte 2-49: Requerimientos particulares para la seguridad de Equipos de Monitoreo Multiparámetros de Pacientes.

Edición: 1.0

Comisión Electrotécnica Internacional

25 - Jun – 2006

Especifica los requerimientos particulares de seguridad de Equipo de Monitoreo Multiparámetros de Pacientes. El alcance de este estándar está limitado a equipos que tengan más de un parámetro de medida.

- **IEC 60601-2-51 Ed. 1.0 b: 2005**

Equipo médico eléctrico - Parte 2-51: Requerimientos particulares para la seguridad, incluyendo el funcionamiento esencial de grabado y análisis de electrocardiogramas de canal simple y multicanales.

Edición: 1.0

Comisión Electrotécnica Internacional

16 - Dic - 2005

Establece requerimientos particulares, en adición a los requerimientos de la IEC 60601-2-25, para la seguridad, incluyendo el funcionamiento esencial del grabador y analizador de electrocardiógrafos de simple canal y multicanales.

Estos requerimientos deben aplicarse particularmente a los “electrocardiógrafos grabadores”, electrocardiógrafos que son parte de otro equipo médico, electrocardiógrafos que son utilizados como unidades de salida para sistemas de base de datos de ECGs, analizadores de electrocardiógrafos, sistemas, y equipos de computación que sean utilizados para el procesamiento electrónico de datos.

- **IEC 60529**

El Código IP establece los niveles de protección que deben poseer los equipos, así presentan tablas que describen los diferentes dígitos que se encuentren en las normas. Las letras IP son por “Escala de Protección Internacional”.

- **Primer dígito**

Indica el nivel de protección que la carcasa presenta frente al acceso a partes peligrosas y el ingreso de objetos sólidos que no tengan que ver con el funcionamiento del equipo al equipo, ver tabla 9.1.

**Tabla 9. 1: Código IP –Primer dígito**

<b>Nivel</b>	<b>Tamaño de objeto a protección</b>	<b>Efecto de la protección</b>
0	---	No presenta protección frente a contacto o ingreso de objetos.
1	> 50 mm.	Cualquier superficie larga del cuerpo, como la palma de la mano,
2	> 12,5 mm.	Dedos u objetos similares.
3	> 2,5 mm.	Herramientas, alambres gruesos, etc.
4	> 1 mm.	Alambres finos, tornillos, etc.
5	Protegido de polvo	Ingresa pequeña cantidad de polvillo, pero no lo suficiente para afectar el funcionamiento del equipo.
6	Protegido de polvo fino	No ingresa polvo, completa protección ante contacto.

o **Segundo dígito**

Protección del equipo internamente frente a ingreso de agua, ver tabla 9.2.

**Tabla 9. 2: Código IP – Segundo Dígito**

<b>Nivel</b>	<b>Tamaño de objeto A protección</b>	<b>Efecto de la protección</b>
0	No protegido	—
1	gotas de agua	El goteo de agua no debe producir efectos dañinos.
2	gotas de agua con inclinación mayor a 15°	El goteo de agua no debe producir efectos dañinos, cuando la carcasa está inclinada más de 15° de su posición original.
3	Derrame de agua	A Caída de agua en forma de spray con ángulo mayor a 60°, no producirá efectos dañinos.
4	Salpique de agua	Salpicadura de agua no deben provocar daños.
5	Chorro de agua	Agua proyectada contra la carcasa, no producirá daños.
6	Gran chorro de agua	Fuertes chorros de agua sobre la carcasa no provocarán daños.
7	Inmersión de hasta 1m.	Ingreso de agua en cantidades dañinas, no será posible al sumergir en agua bajo ciertos valores de presión y tiempo.
8	Inmersión mayor a 1m.	El equipo es adecuado para inmersión continua en agua bajo las condiciones descritas por el fabricante.*

- **Letras adicionales**

Pueden servir para clasificar equipos frente a la protección que presentan hacia las personas, ver tabla 9.3.

**Tabla 9. 3: Código IP – Protección a Personas**

Letra	Protegido frente al ingreso de
A	Palma de la mano
B	Dedos
C	Herramientas
D	Alambres

Otras letras son utilizadas para brindar información adicional relacionada a la protección del equipo, ver tabla 9.4.

**Tabla 9. 4: Letra de protección del equipo**

Letra	Significado
A	Equipo de Alto Voltaje
B	Equipo en movimiento durante pruebas de agua
C	Equipo sin movimiento durante pruebas de agua
D	Condiciones climáticas



**ANEXO B: INVENTARIO DE EQUIPOS MÉDICOS DONADOS POR EL  
HOSPITAL NACIONAL DOS DE MAYO**

<b>COD.</b>	<b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIE</b>	<b>ESTADO</b>
1	VENTILADOR MECANICO	INFRASONICS	PEDIATRIC ADULT STAR 1500	2111646A-085	MM
2	MONITOR DE SIGNOS VITALES	SPACELABS MEDICAL	90309	309-038335	MM
3	MONITOR DE SIGNOS VITALES	SPACELABS MEDICAL	90309	309-03821	MM
4	VENTILADOR MECANICO	INFRASONICS	PEDIATRIC ADULT STAR 1500	2111644A-085	MM
5	VENTILADOR MECANICO	INFRASONICS	PEDIATRIC ADULT STAR 1500	2111643A-085	MM
6	MONITOR DE SIGNOS VITALES	NIHON KOHDEB	BSM-7105K	001895D	MM
7	INCUBADORA NEONATAL	ISOLETTE	C386H1	VM00096	MM
8	VENTILADOR MECANICO	PB-PURITAN BENNET	7200 SERIES	9871040	MM
9	MONITOR DE SIGNOS VITALES	PHYSIO- CONTROL	VSM-3 CARDIAC MONITOR	NO VISIBLE	MM
11	MONITOR DE SIGNOS VITALES	PHYSIO- CONTROL	VSM-3 CARDIAC MONITOR	NO VISIBLE	MM
12	MONITOR DE SIGNOS VITALES	PHYSIO- CONTROL	VSM-3 CARDIAC MONITOR	NO VISIBLE	MM
14	ASPIRADOR DE SECRECIONES	SCHUCO INC.	230A	1480692	M
15	MONITOR DE SIGNOS VITALES	RGB	OMICROM FT A- 31R	14600	MM
16	MONITOR DE SIGNOS VITALES	RGB	OMICROM FT A- 31R	14800	MM
19	MONITOR DE SIGNOS VITALES	PHYSIO- CONTROL	VSM-3 CARDIAC MONITOR	NO VISIBLE	MM

20	ELECTROCARDIOGRAFO	HP HEWELET PACKARD	78330A	1844A03864	MM
21	ELECTROCARDIOGRAFO	HP HEWELET PACKARD	78330A	1844A03711	MM
22	ELECTROCARDIOGRAFO	HP HEWELET PACKARD	78330A	1619A01304	MM
23	ELECTROCARDIOGRAFO	HP HEWELET PACKARD	78330A	1619A00211	MM
24	ELECTROCARDIOGRAFO	HP HEWELET PACKARD	78330A	1844A03465	MM
25	ASPIRADOR DE SECRECIONES	SCHUCO INC.	230A	NO VISIBLE	M
26	ASPIRADOR DE SECRECIONES	SCHUCO INC.	230A	100400000459	M
27	DESFIBRILADOR	HPART-RATE	G3M11	NO VISIBLE	MM
28	ASPIRADOR DE SECRECIONES	FANEM	CMI	BE7339	M
29	FUENTE DE LUZ	RICHARD WOLF GMBH 7134 KNITTLINGEN	RIWO LP 4003	535	MM
30	DESFIBRILADOR	BURDICK MEDIC		22505	MM
31	MÁQUINA DE HEMODIALISIS	BEXTER	1550	59277	MM
32	PROCESADOR DE VIDEO	FIBER OPTIC	ACMI FCB 1000		MM
33	MÁQUINA DE HEMODIALISIS	COBE	CENTRY SYSTEM 3	37-1300	MM
34	FUENTE DE LUZ	RICHARD WOLF GMBH 7134 KNITTLINGEN	RIWO LP 4003	551	MM
35	CENTRIFUGA	INTERNATIONAL EQUIPMENT	SBV	45421H	M
36	MÁQUINA DE HEMODIALISIS	DRAKE WILLOK	SYSTEM 1000	NO VISIBLE	MM
38	CENTRIFUGA	INTERNATIONAL EQUIPMENT	CCSO	NO VISIBLE	M

39	CENTRIFUGA			723275	M
40	MÁQUINA DE HEMODIALISIS	DRAKE WILLOK	SYSTEM 1000	NO VISIBLE	MM
41	INSUFLADOR DE CO2	RICHARD WOLF GMBH 7134 KNITTLINGEN	LUFTINSUFFTIONS - UND SPULPUMPE 594	1096	MM
42	INSUFLADOR DE CO2	RICHARD WOLF GMBH 7134 KNITTLINGEN	LUFTINSUFFTIONS - UND SPULPUMPE 594	1098	MM
43	FUENTE DE LUZ	RICHARD WOLF GMBH 7134 KNITTLINGEN	RIWO LP 4003	514	MM
44	CENTRIFUGA			723277	M
45	MÁQUINA DE HEMODIALISIS	FRESENIUS	A2008D	NO VISIBLE	MM
46	CENTRIFUGA	DAMON	HN/SII	23557478	M
47	MÁQUINA DE HEMODIALISIS	FRESENIUS	A2008D	NO VISIBLE	MM
48	LÁMPARA CIALÍTICA	NO VISIBLE	NO VISIBLE	NO VISIBLE	MM
49	CENTRIFUGA	DANOM	HNS	347417	M
50	MÁQUINA DE ANESTESIA	TAKAOKA	APARELLO DE ANESTESIA 2604	444	MM
51	MÁQUINA DE ANESTESIA	TAKAOKA	APARELLO DE ANESTESIA 2600	16	MM
52	LÁMPARA CIALÍTICA	NO VISIBLE	NO VISIBLE	NO VISIBLE	MM
53	EQUIPO DE ELECTROCIRUGIA	BOVIE	CSV	11893	M
54	CENTRIFUGA	MLW	T62	NO VISIBLE	M
55	MÁQUINA DE ANESTESIA	UNITROL	OHMEDA	ABRQ01570	MM
56	MÁQUINA DE ANESTESIA	VERNI TROL	OHIO	ABGC 00248	MM
57	CENTRIFUGA	LOURDES CLINICAL CENTRIFUGE	CHT	3535	M

59	BOMBA DE INFUSION	3M	AVI 270	270014077	M
60	CENTRIFUGA	HERMLE LABORATORY	2362	30950188	M
61	ASPIRADOR DE SECRECIONES	GOMCO	600	C2-486	M
62	FUENTE DE LUZ	OLYMPUS	CLK-3	7853395	MM
63	INCUBADORA NEONATAL	PREEMISTAR	205	NO VISIBLE	M
64	ASPIRADOR DE SECRECIONES	GOMCO	600	C2-484	M
65	INCUBADORA NEONATAL	PREEMISTAR	205	NO VISIBLE	M
66	MONITOR DE SIGNOS VITALES	SPACELABS MEDICAL	702R-00	4724	MM
68	CENTRIFUGA	HERMLE LABORATORY	2362	30950191	M
69	ASPIRADOR DE SECRECIONES	GOMCO	3060	P-8758	MM
70	SERVOCUNA	OHIO	NO VISIBLE	NO VISIBLE	M
71	ESPECTOFOTOMETRO	MILTON ROY	SPECTRONIC GENESYS 5	3V97334002	MM
72	ESPECTOFOTOMETRO	COLEMAN	JUNIOR II	T8409	MM
73	FUENTE DE LUZ	RICHARD WOLF GMBH 7134 KNITTLINGEN	RIWO LP 4003	606	MM
74	ASPIRADOR DE SECRECIONES	GOMCO	3060	P-8752	M
75	FUENTE DE LUZ	RICHARD WOLF GMBH 7134 KNITTLINGEN	RIWO LP 4003	583	MM
76	ESPECTOFOTOMETRO	MILTON ROY	SPECTRONIC GENESYS 5	3V97334010	MM
79	LUZ HALOGENA	DENTAMERICA	LITEX 680	144728	M
80	ASPIRADOR DE SECRECIONES	GOMCO	3060	P-8762	M

81	FUENTE DE LUZ	FUJI LIGHT SOURCE	PS2 HP	4421056	M
83	DOPLER FETAL	HUNTLEIGH DIAGNOSTIC	MD200	NO VISIBLE	MM
84	NEBULIZADOR				M
85	ELECTRO COLORIMETRO	COLEMAN	8	A49252	MM
86	DETECTOR DE LATIDOS FETALES	HUNTLEIGH DIAGNOSTIC	MD200	701B01-02-01472	MM
87	ASPIRADOR DE SECRECIONES	GOMCO	3060	p-8755	M
88	ASPIRADOR DE SECRECIONES	STAR	ATAR-VAC RM	NO VISIBLE	M
89	ASPIRADOR DE SECRECIONES	STAR	ATAR-VAC RM	NO VISIBLE	M
90	ESPECTOFOTOMETRO		GENESIS 5	3V97270006	MM
91	INSUFLADOR DE CO2	RICHARD WOLF GMBH 7134 KNITTLINGEN	LUFTINSUFFTIONS - UND SPULPUMPE 594	1102	MM
92	BOMBA DE INFUSION	BDOBBHOFF ENTERAL PUMP	148000	1105	M
93	INSUFLADOR DE CO2	RICHARD WOLF GMBH 7134 KNITTLINGEN	LUFTINSUFFTIONS - UND SPULPUMPE 594	1105	MM
94	ASPIRADOR DE SECRECIONES	GOMCO	910	C-10866	M
95	MICROSCOPIO	CARL ZEISS	JENAVAL		MM
96	MICROSCOPIO	CARL ZEISS	JENAVAL		MM
97	ROTATOR	FISHER SCIENTIFIC	11501TSH	771950803772	M
98	MICROSCOPIO	CARL ZEISS	JENAMED		MM
99	PROCESADOR	VITALAB SCIENTIFIC	NO VISIBLE	06-15	M
100	MICROSCOPIO	CARL ZEISS	JENAVAL	NO VISIBLE	MM
101	TENSIOMETRO	DIPLOMAT		931010441	M

102	MICROSCOPIO	CARL ZEISS	JENAVAL		MM
103	MICROSCOPIO	CARL ZEISS	JENAMED		MM
104	TENSIOMETRO	RENITEC			MM
105	MICROSCOPIO	CARL ZEISS	JENAMED	NO VISIBLE	MM
106	MICROSCOPIO	CARL ZEISS	JENAMED	NO VISIBLE	MM
107	TORRE DE INCUBACION	LINE GS GEPRIPT SICHERHEIT	ST4 RIO	6072326	MM
108	UNIDAD DE SUCCION	MINIC	CD 1500		M
109	MICROSCOPIO	CARL ZEISS	JENAMED	NO VISIBLE	MM
110	TENSIOMETRO	RIESTER			MM
111	TENSIOMETRO	DIPLOMAT			MM
112	TENSIOMETRO	ERKAMETER			MM
113	TENSIOMETRO	DIPLOMAT		870461176	MM
114	MICROSCOPIO	DIALUX			MM
115	TENSIOMETRO			39000094	MM
116	TENSIOMETRO	DIPLOMAT			MM
117	TENSIOMETRO	DIPLOMAT			MM
118	TENSIOMETRO	DIPLOMAT		970961179	MM
119	TENSIOMETRO	DIPLOMAT			MM
120	TENSIOMETRO	DIPLOMAT			MM
121	TENSIOMETRO	DIPLOMAT			MM
122	MICROSCOPIO	CARL ZEISS	JENAMED	NO VISIBLE	MM
123	TENSIOMETRO	DIPLOMAT			MM
124	MICROSCOPIO	CARL ZEISS	JENAMED	NO VISIBLE	MM
125	TENSIOMETRO	DIPLOMAT			MM
126	TENSIOMETRO	DIPLOMAT			MM
127	TENSIOMETRO	DIPLOMAT			MM
128	ANALISADOR DE GAS DE SANGRE	AVL	COMPACT 1	1513	MM
129	RESUCITADOR				MM
130	LAPAROSCOPIO				MM
131	ESOPHAGOSCOPE	EDER HUFFORD			MM
132	GASTROSCOPIO				MM
133	LAPAROSCOPIO				MM

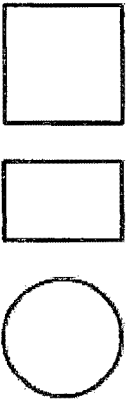
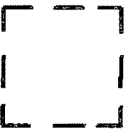

134	PORTASUERO				MM
135	PORTASUERO				MM
136	RESUCITADOR				MM
137	RESUCITADOR				MM
138	EQUIPO DE BAÑO MARIA				MM
139	TENSIOMETRO	TRIMMLINE			MM
140	CENTRIFUGA	CROUZET	70546289		M
141	LUZ HALOGENA	DENTAMERICA	LITEX 680	119200	M
142	EQUIPO DE ELECTROCIRUGIA				MM
143	MICROSCOPIO				MM
144	CENTRIFUGA	SIGMA	SIGMA 101	14550	M
145	NEBULIZADOR	EMS	EUROPE	1183	M
146	ENDOSCOPIO	RICHARD WOLF			MM
147	TENSIOMETRO				MM
148	TENSIOMETRO	TYCOS			MM
149	TENSIOMETRO	RIESTER			MM
150	EQUIPO DE HEMODIALISIS	BAXTER	1550	2657426	MM

## ANEXO C: SIMBOLOS ELECTROTECNICOS

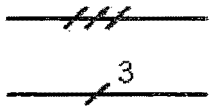


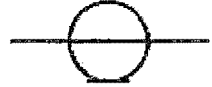
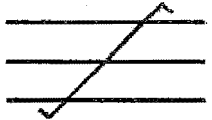


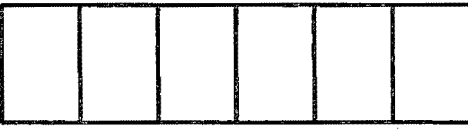

- **Conductores, componentes pasivos, elementos de control y protección básicos**


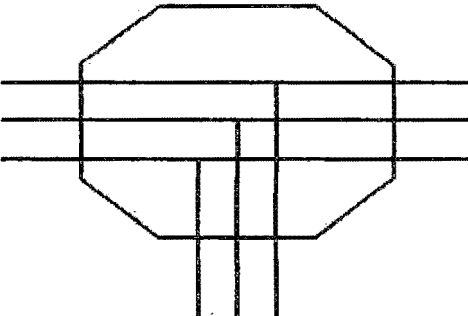
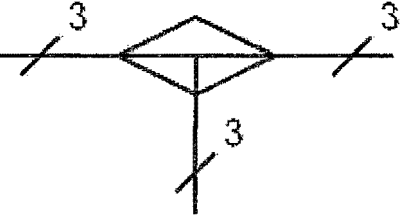
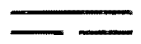

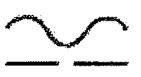




Los símbolos más utilizados en instalaciones eléctricas, ver tabla 9.5.






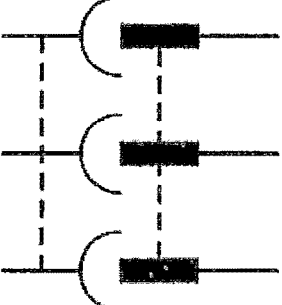

**Tabla 9. 5: Símbolos de conductores, componentes pasivos, elementos de control y protección básicos**



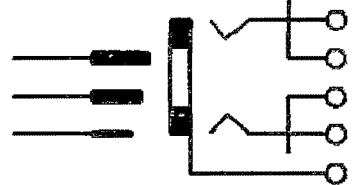

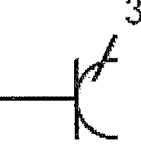




Símbolo	Descripción
	<p><b>Objeto</b> (contorno de un Objeto)</p> <p>Por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipo</li> <li>- Dispositivo</li> <li>- Unidad funcional</li> <li>- Componente</li> <li>- Función</li> </ul> <p>Deben incorporarse al símbolo o situarse en su proximidad otros símbolos o descripciones apropiadas para precisar el tipo de objeto.</p> <p>Si la representación lo exige se puede utilizar un contorno de otra forma</p>
	<p><b>Pantalla , Blindaje</b></p> <p>Por ejemplo, para reducir la penetración de campos eléctricos o electromagnéticos.</p> <p>El símbolo debe dibujarse con la forma que convenga.</p>
	<p><b>Conductor</b></p>



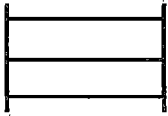
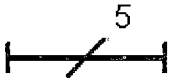
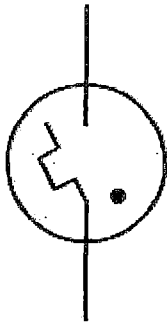



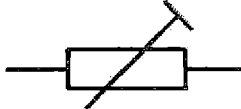



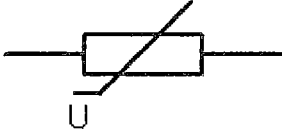
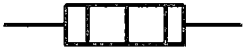

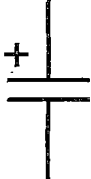
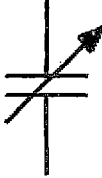
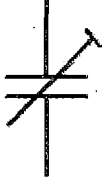




<p>L1 <u>3N~380V,50Hz</u>  L2 _____  L3 _____  N _____  3(1x120)+1x70</p>	<p><b>Conductor</b></p> <p>Se pueden dar informaciones complementarias.  Ejemplo: circuito de corriente trifásica, 380 V, 50 Hz, tres conductores de 120 mm<sup>2</sup>, con hilo neutro de 70 mm<sup>2</sup></p>
	<p><b>Conductores(unifilar)</b></p> <p>Las dos representaciones son correctas  Ejemplo: 3 conductores</p>
	<p><b>Conexión flexible</b></p>
	<p><b>Conductor apantallado</b></p>
	<p><b>Cable coaxial</b></p>
	<p><b>Conexión trenzada</b></p> <p>Se muestran 3 conexiones</p>
	<p><b>Unión</b></p> <p>Punto de conexión</p>
	<p><b>Terminal</b></p>
	<p><b>Regleta de terminales</b></p> <p>Se pueden añadir marcas de terminales</p>
	<p><b>Conexión en T</b></p>





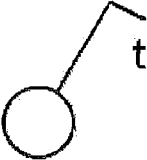

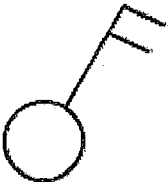

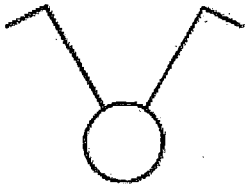
	<p><b>Unión doble de conductores</b></p> <p>La forma 2 se debe utilizar solamente si es necesario por razones de representación.</p>
	<p><b>Caja de empalme</b>, se muestra con tres conductores con T conexiones.</p> <p>Representación multilínea.</p>
	<p><b>Caja de empalme</b>, se muestra con tres conductores con T conexiones.</p> <p>Representación unifilar.</p>
	<p><b>Corriente continua</b></p>
	<p><b>Corriente alterna</b></p>
	<p><b>Corriente rectificada con componente alterna.</b></p> <p>(Si es necesario distinguirla de una corriente rectificada y filtrada)</p>
	<p><b>Polaridad positiva</b></p>
	<p><b>Polaridad negativa</b></p>
	<p><b>Neutro</b></p>
	<p><b>Tierra</b></p> <p>Se puede dar información adicional sobre el estado de la tierra si su finalidad no es evidente.</p>

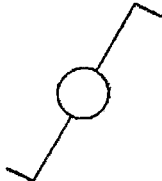
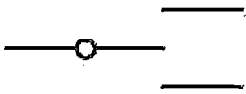
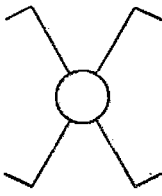




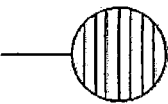
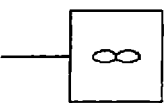
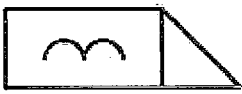
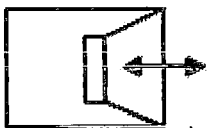
	<p><b>Masa, Chasis</b></p> <p>Se puede omitir completa o parcialmente las rayas si no existe ambigüedad. Si se omiten, la línea de masa debe ser más gruesa.</p>
	<p><b>Equipotencialidad</b></p>
	<p><b>Contacto hembra</b> (de una base o de una clavija). <b>Base de enchufe.</b></p> <p>En una representación unifilar, el símbolo indica la parte hembra de un conector multicontacto.</p>
	<p><b>Contacto macho</b> (de una base o de una clavija). <b>Clavija de enchufe.</b></p> <p>En una representación unifilar, el símbolo indica la parte macho de un conector multicontacto.</p>
	<p><b>Base y Clavija</b></p>
	<p><b>Base y Clavija multipolares</b></p> <p>El símbolo se muestra en una representación multifilar con 3 contactos hembra y 3 contactos macho.</p>
	<p><b>Base y Clavija multipolares</b></p> <p>El símbolo se muestra en una representación unifilar con 3 contactos hembra y 3 contactos macho.</p>

	<b>Conector a presión</b>
	<b>Clavija y conector tipo jack</b>
	<b>Clavija y conector tipo jack con contactos de ruptura</b>
	<b>Base con contacto para conductor de protección</b>
	<b>Toma de corriente múltiple</b> El símbolo representa 3 contactos hembra con conductor de protección
	<b>Base de enchufe con interruptor unipolar</b>
	<b>Base de enchufe (telecomunicaciones). Símbolo general.</b> Las designaciones se pueden utilizar para distinguir diferentes tipos de tomas: TP = teléfono FX = telefax M = micrófono FM = modulación de frecuencia TV = televisión TX = telex  = altavoz
	<b>Punto de salida para aparato de iluminación</b> Símbolo representado con cableado.

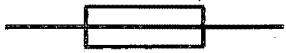


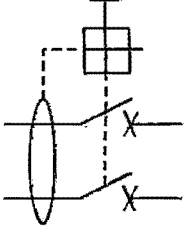
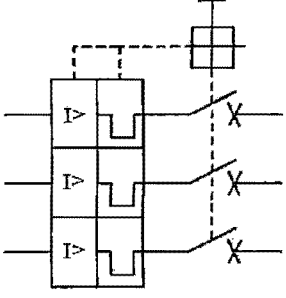
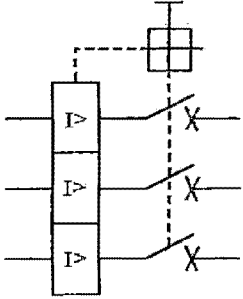
	<p>Lámpara, símbolo general.</p>
	<p>Luminaria, símbolo general. Lámpara fluorescente, símbolo general.</p>
	<p>Luminaria con tres tubos fluorescentes (multifilar)</p>
	<p>Luminaria con cinco tubos fluorescentes (unifilar)</p>
	<p>Cebador, Tubo de descarga de gas con Starter térmico para lámpara fluorescente.</p>
	<p>Resistencia, símbolo general.</p>
	<p>Fotorresistencia</p>
	<p>Resistencia variable</p>
	<p>Resistencia variable de valor preajustado</p>
	<p>Potenciómetro con contacto móvil</p>

	<b>Resistencia dependiente de la tensión</b>
	<b>Elemento calefactor</b>
	<b>Condensador, símbolo general.</b>
	<b>Condensador polarizado, condensador electrolítico.</b>
	<b>Condensador variable</b>
	<b>Condensador con ajuste predeterminado</b>
	<b>Bobina, símbolo general, inductancia, arrollamiento o reactancia</b>
	<b>Bobina con núcleo magnético</b>
	<b>Bobina con tomas fijas, se muestra una toma intermedia.</b>
	<b>Interruptor normalmente abierto (NA).</b> Cualquiera de los dos símbolos es válido.

	<b>Interruptor normalmente cerrado (NC).</b>
	<b>Interruptor automático. Símbolo general.</b>
	<b>Interruptor. Unifilar.</b>
	<b>Interruptor con luz piloto. Unifilar.</b>
	<b>Interruptor unipolar con tiempo de conexión limitado. Unifilar.</b>
	<b>Interruptor graduador. Unifilar.</b> Regulador de intensidad luminosa.
	<b>Interruptor bipolar. Unifilar.</b>
	<b>Conmutador</b>
	<b>Conmutador unipolar. Unifilar.</b> Por ejemplo, para los diferentes niveles de iluminación.


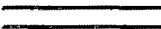
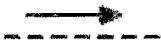




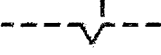

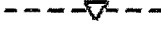
	<p><b>Interruptor unipolar de dos posiciones. Conmutador de vaivén. Unifilar.</b></p>
	<p><b>Conmutador con posicionamiento intermedio de corte.</b></p>
	<p><b>Conmutador intermedio. Conmutador de cruce. Unifilar.</b></p> <p>Diagrama equivalente de circuitos.</p>
	<p><b>Pulsador normalmente cerrado</b></p>
	<p><b>Pulsador normalmente abierto</b></p>
	<p><b>Pulsador. Unifilar.</b></p>
	<p><b>Pulsador con lámpara indicadora. Unifilar.</b></p>
	<p><b>Calentador de agua. Símbolo representado con cableado.</b></p>
	<p><b>Ventilador. Símbolo representado con cableado.</b></p>
	<p><b>Cerradura eléctrica</b></p>
	<p><b>Interfono.</b></p> <p>Por ejemplo: intercomunicador.</p>







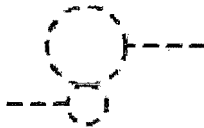


	<p><b>Fusible</b></p>
	<p><b>Fusible-Interruptor</b></p>
	<p><b>Pararrayos</b></p>
	<p><b>Interruptor automático diferencial.</b> Representado por dos polos.</p>
	<p><b>Interruptor automático magnetotérmico o guardamotor.</b> Representado por tres polos.</p>
	<p><b>Interruptor automático de máxima intensidad. Interruptor automático magnético.</b></p>


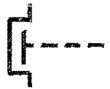
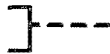


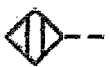

- **Dispositivos de conmutación de potencia, relés, contactos y accionamientos**
  - Símbolos de dispositivos de acoplamiento mecánicos, ver tabla 9.
  - Símbolos de accionadores de dispositivos, ver tabla 9.7.

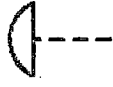
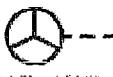

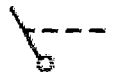
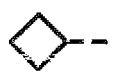

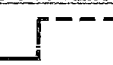

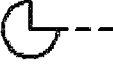
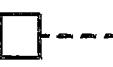
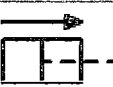


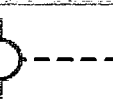

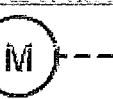
**Tabla 9. 6: Símbolos de dispositivos de acoplamiento mecánicos**

<b>Acoplamiento mecánicos</b>	
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
	<b>Conexión</b> , mecánica, hidráulica, óptica o funcional. La longitud puede ajustarse a lo necesario.
	<b>Conexión</b> , mecánica, hidráulica, óptica o funcional. Sólo se utiliza cuando no puede utilizarse la forma anterior.
	<b>Conexión</b> , con indicación del sentido de la fuerza o movimiento de la translación.
	<b>Conexión</b> , con indicación del sentido del movimiento de la rotación.
	<b>Acción retardada.</b> Forma 1 y forma 2
	<b>Con retorno automático.</b> El triángulo se dirige hacia el sentido del retorno.
	<b>Trinquete, retén o retorno no automático.</b> Dispositivo para mantener una posición dada.
	<b>Trinquete o retén liberado</b>
	<b>Trinquete o retén encajado</b>
	<b>Enclavamiento mecánico entre dos dispositivos.</b>

	<b>Dispositivo de enganche liberado</b>
	<b>Dispositivo de enganche enganchado</b>
	<b>Dispositivo de bloqueo</b>
	<b>Embrague mecánico desembragado</b>
	<b>Embrague mecánico embragado</b>
	<b>Freno</b>
	<b>Engranaje</b>

**Tabla 9.7: Símbolos de accionadores de dispositivos**

<b>Accionadores de dispositivos</b>	
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
	<b>Accionador manual, símbolo general</b>
	<b>Accionador manual protegido contra una operación no intencionada. Pulsador con carcasa de protección de seguridad contra manipulación indebida</b>
	<b>Mando de tirador. Tiradores</b>
	<b>Mando rotatorio. Selectores, interruptores.</b>
	<b>Mando de pulsador. Pulsadores</b>
	<b>Mando por efecto de proximidad. Detectores inductivos de proximidad.</b>
	<b>Mando por contacto. Palpadores</b>

	<b>Accionamiento de emergencia tipo "seta". Pulsador de paro de emergencia</b>
	<b>Mando de volante.</b>
	<b>Mando de pedal.</b>
	<b>Mando de palanca.</b>
	<b>Mando manual amovible.</b>
	<b>Mando de llave.</b>
	<b>Mando de manivela.</b>
	<b>Mando de corredera o roldana. Final de carrera</b>
	<b>Mando de leva . Interruptor de leva</b>
	<b>Mando por acumulación de energía.</b>
	<b>Accionamiento por energía hidráulica o neumática, de simple efecto.</b>
	<b>Accionamiento por energía hidráulica o neumática, de doble efecto.</b>
	<b>Accionamiento por efecto electromagnético. Relé.</b>
	<b>Accionamiento por un dispositivo electromagnético para protección contra sobreintensidad</b>
	<b>Accionamiento por un dispositivo térmico para protección contra sobreintensidad</b>
	<b>Mando por motor eléctrico</b>
	<b>Mando por reloj eléctrico</b>

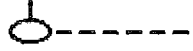
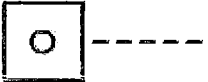

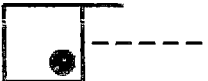
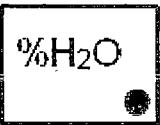
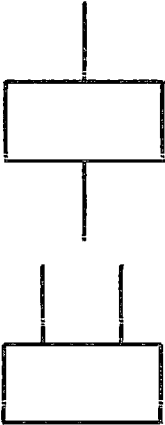
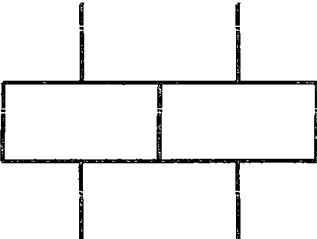
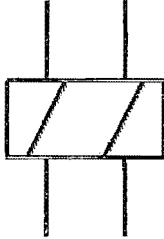
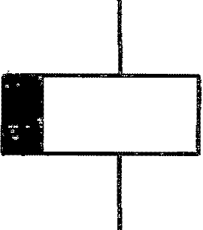
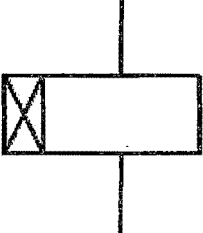
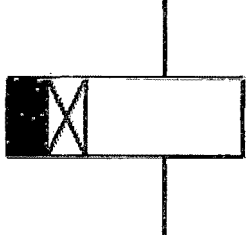
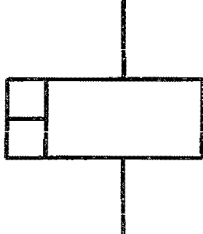
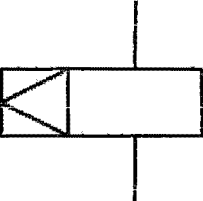
	Accionamiento por el nivel de un fluido. Boya de nivel de agua
	Accionado por un contador. Cuenta impulsos
	Accionado por el flujo de un fluido. Interruptor de flujo de agua
	Accionado por el flujo de un gas. Interruptor de flujo de aire
	Accionado por humedad relativa.

Tabla 9. 8: Símbolos de relés

Relés	
Símbolo	Descripción
	<p><b>Bobina de relé, contactor</b> u otro dispositivo de mando, símbolo general.</p> <p>Cualquiera de los dos símbolos es válido.</p> <p>Si un dispositivo tiene varios devanados, se puede indicar añadiendo el número de trazos inclinados en el interior del símbolo.</p>
	<p>Ejemplo: Dispositivo de mando con dos devanados separados. Forma 1 y forma 2</p>

	
	<p><b>Dispositivo de mando retardado a la desconexión.</b> Desconexión retardada al activar el mando.</p>
	<p><b>Dispositivo de mando retardado a la conexión.</b> Conexión retardada al activar el mando.</p>
	<p><b>Dispositivo de mando retardado a la conexión y a la desconexión.</b> Conexión retardada al activar el mando y también al desactivarlo.</p>
	<p><b>Mando de un relé rápido.</b> Conexión y desconexión rápidas (relés especiales).</p>
	<p><b>Mando de un relé de enclavamiento mecánico.</b> Telerruptor</p>

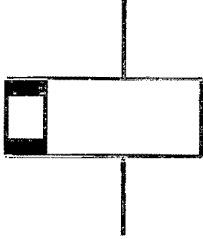
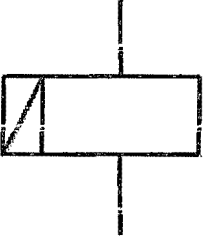
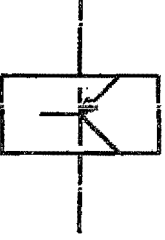
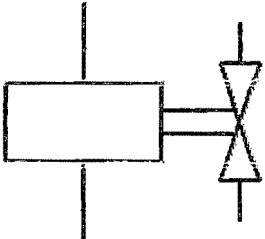

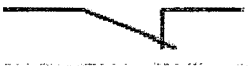


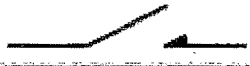
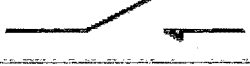
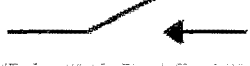





	<p><b>Mando de un relé polarizado.</b></p>
	<p><b>Mando de un relé de remanencia.</b></p>
	<p><b>Mando de un relé electrónico.</b></p>
	<p><b>Bobina de una electroválvula.</b></p>

Tabla 9. 9: Símbolos de contactores de elementos de control

Contactos de elementos de control	
Símbolo	Descripción
	Interruptor normalmente abierto (NA).
	Interruptor normalmente cerrado (NC).
	Conmutador.
	Contacto inversor solapado. Cierra el NO antes de abrir NC
	Contacto de paso, con cierre momentáneo cuando su dispositivo de control se activa.
	Contacto de paso, con cierre momentáneo cuando su dispositivo de control se desactiva.
	Contacto de paso, con cierre momentáneo cuando su dispositivo de control se activa o se desactiva.
	Contacto (de un conjunto de varios contactos) de cierre adelantado respecto a los demás contactos del conjunto.
	Contacto (de un conjunto de varios contactos) de cierre retrasado respecto a los demás contactos del conjunto.
	Contacto (de un conjunto de varios contactos) de apertura retrasada respecto a los demás contactos del conjunto.
	Contacto (de un conjunto de varios contactos) de apertura adelantada respecto a los demás contactos del conjunto.
	Contacto de cierre retardado a la conexión de su dispositivo de mando. Temporizador a la conexión






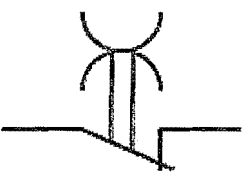
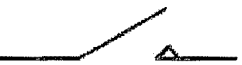
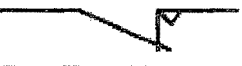
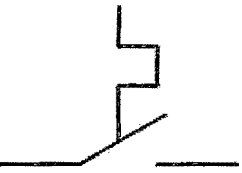
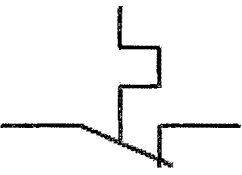
	<p><b>Contacto de cierre retardado a la desconexión de su dispositivo de mando. Temporizador a la desconexión</b></p>
	<p><b>Contacto de apertura retardado a la conexión de su dispositivo de mando. Temporizador a la conexión</b></p>
	<p><b>Contacto de apertura retardado a la desconexión de su dispositivo de mando. Temporizador a la desconexión</b></p>
	<p><b>Contacto de cierre retardado a la conexión y también a la desconexión de su dispositivo de mando.</b></p>
	<p><b>Contacto de cierre con retorno automático.</b></p>
	<p><b>Contacto de apertura con retorno automático.</b></p>
	<p><b>Contacto auxiliar de cierre autoaccionado por un relé térmico.</b></p>
	<p><b>Contacto auxiliar de apertura autoaccionado por un relé térmico.</b></p>

Tabla 9. 10: Símbolos de contactos de accionadores de mando manual

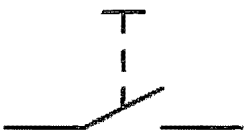

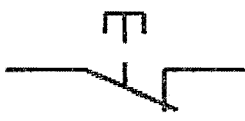


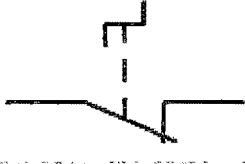
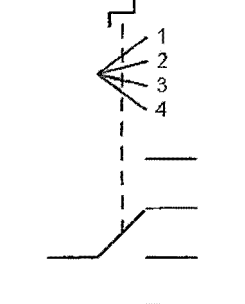


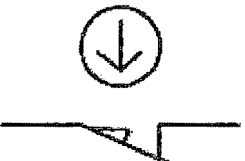


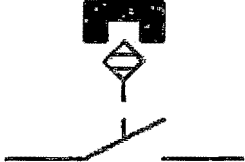
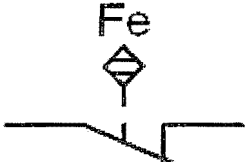
Contactos de accionadores de mando manual	
Símbolo	Descripción
	<p>Contacto de cierre de control manual, símbolo general</p> <p>Interruptor de mando</p>
	<p>Pulsador normalmente abierto.(retorno automático)</p>
	<p>Pulsador normalmente cerrado.(retorno automático)</p>
	<p>Interruptor girador.</p>
	<p>Interruptor de giro con contacto de cierre.</p>
	<p>Interruptor de giro con contacto de apertura.</p>
	<p>Ejemplo de un interruptor de mando rotativo de 4 posiciones fijas</p>

Tabla 9. 11: Símbolos de elementos captadores de campo

Elementos captadores de campo	
Símbolo	Descripción
	<b>Contacto de cierre de un interruptor de posición.</b> Contacto NO de un final de carrera
	<b>Contacto de apertura de un interruptor de posición.</b> Contacto NC de un final de carrera
	<b>Contacto de apertura de un interruptor de posición con maniobra positiva de apertura.</b> Final de carrera de seguridad.
	<b>Interruptor sensible al contacto con contacto de cierre.</b>
	<b>Interruptor de proximidad con contacto de cierre.</b> Sensor inductivo de materiales metálicos
	<b>Interruptor de proximidad con contacto de cierre accionado por imán.</b>
	<b>Interruptor de proximidad de materiales férricos con contacto de apertura.</b> Detector de proximidad de hierro (Fe)

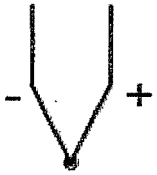

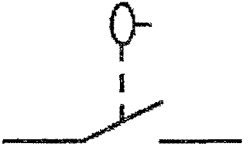
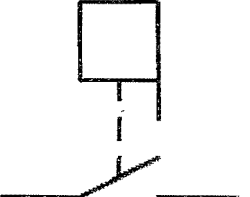
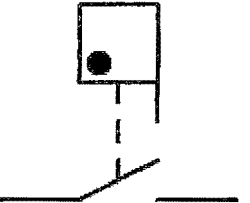
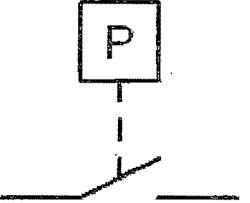
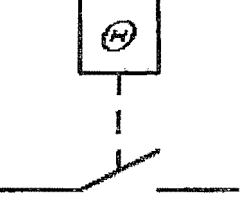


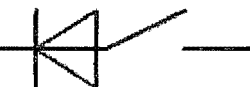

	<p><b>Termopar</b>, representado con los símbolos de polaridad.</p>
	<p><b>Termopar</b> la polaridad se indica con el trazo más grueso en uno de sus terminales (polo negativo)</p>
	<p><b>Interruptor de nivel de un fluido.</b></p>
	<p><b>Interruptor de caudal de un fluido (interruptor de flujo)</b></p>
	<p><b>Interruptor de caudal de un gas</b></p>
	<p><b>Interruptor accionado por presión (presostato)</b></p>
	<p><b>Interruptor accionado por temperatura (termostato)</b></p>


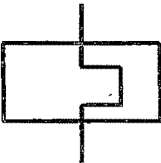
Tabla 9. 12: Símbolos de elementos de potencia

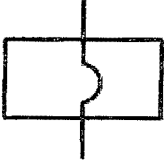
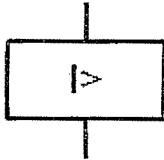
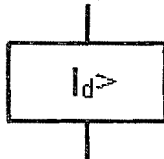
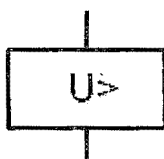
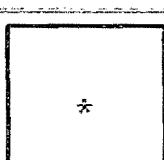
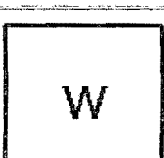
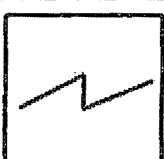
Elementos de potencia	
Símbolo	Descripción
	Contactor, contacto principal de cierre de un contactor. Contacto abierto en reposo.
	Contactor, contacto principal de apertura de un contactor. Contacto cerrado en reposo.
	Contactor con desconexión automática provocada por un relé de medida o un disparador incorporados.
	Seccionador.
	Seccionador de dos posiciones con posición intermedia
	Interruptor seccionador (control manual)
	Interruptor seccionador con apertura automática provocada por un relé de medida o un disparador incorporados
	Interruptor seccionador (de control manual) Interruptor seccionador con dispositivo de bloqueo

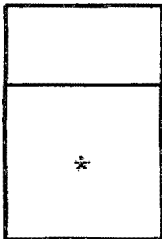
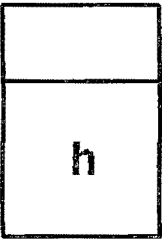
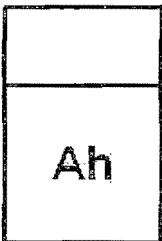
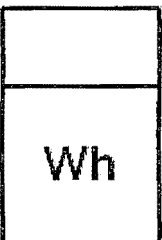
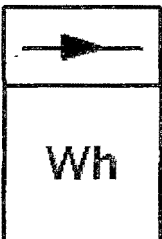
	<b>Interruptor estático, (semiconductor) símbolo general.</b>
	<b>Contactador estático, (semiconductor).</b>
	<b>Contactador estático, (semiconductor) con el paso de la corriente en un solo sentido. Izquierdas.</b>
	<b>Contactador estático, (semiconductor) con el paso de la corriente en un solo sentido. Derechas.</b>

- **Instrumentos de medida y señalización**

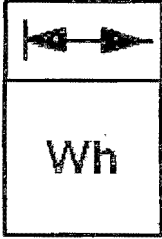
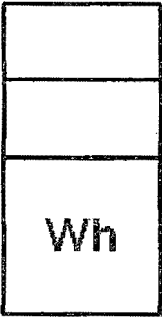
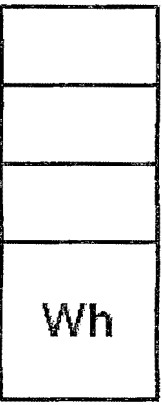
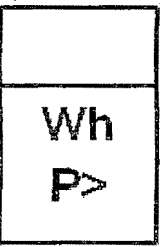
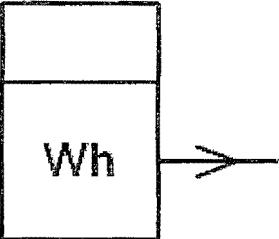
**Tabla 9. 13: Símbolos de instrumentos de medida y señalización**

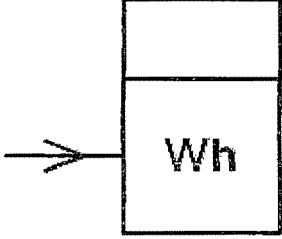
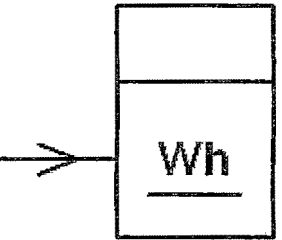
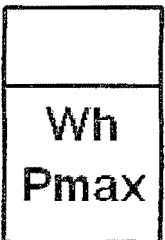
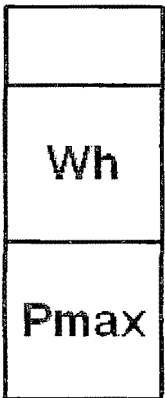
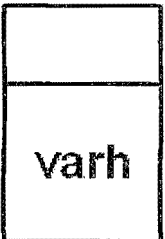
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
	<p><b>Relé de medida.</b></p> <p>Dispositivo relacionado con un relé de medida.</p> <p>1.- El asterisco se debe reemplazar por una o más letras o símbolos distintivos que indique los parámetros del dispositivo en el siguiente orden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Magnitud característica y su forma de variación.</li> <li>- Sentido de flujo de la energía.</li> <li>- Campo de ajuste.</li> <li>- Relación de restablecimiento.</li> <li>- Acción retardada.</li> <li>- Valor de retardo temporal</li> </ul>
	<b>Relé electro térmico.</b>

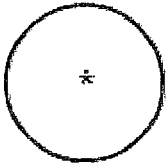
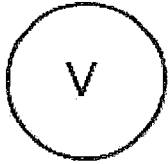


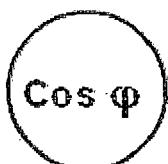
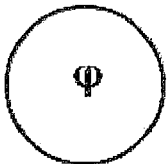

	<p><b>Relé electromagnético.</b></p>
	<p><b>Relé de máxima intensidad ( sobreintensidad)</b></p>
	<p><b>Relé de corriente diferencial (I<sub>d</sub>)</b></p>
	<p><b>Relé de máxima tensión (sobretensión)</b></p>
	<p><b>Aparato registrador. Símbolo general.</b> El asterisco se sustituye por el símbolo de la magnitud que registrará el aparato</p>
	<p><b>Vatímetro registrador.</b></p>
	<p><b>Oscilógrafo.</b></p>

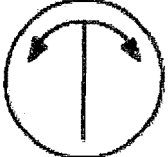
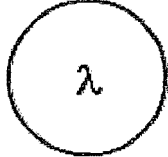

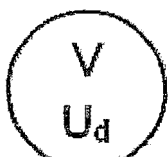

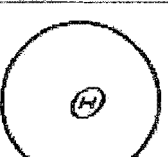
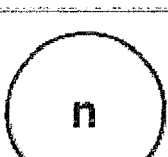

	<p><b>Aparato integrador. Símbolo general.</b></p> <p>El asterisco se sustituye por la magnitud de medida</p>
	<p><b>Contador horario. Contador de horas.</b></p>
	<p><b>Amperihorímetro. Contador de Amperios-hora.</b></p>
	<p><b>Contador de energía activa. Varihorímetro. Contador de vatios-hora</b></p>
	<p><b>Contador de energía activa, que mide la energía transmitida en un solo sentido. Contador de vatios-hora</b></p>


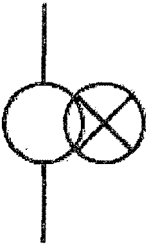
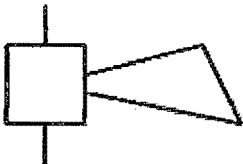
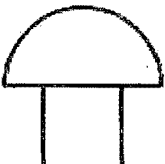


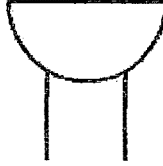

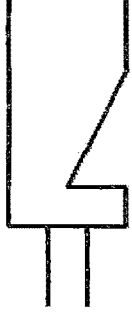

	<p><b>Contador de energía intercambiada (hacia y desde barras)</b></p> <p>Contador de vatios-hora</p>
	<p><b>Contador de energía activa de doble tarifa</b></p>
	<p><b>Contador de energía activa de triple tarifa</b></p>
	<p><b>Contador de energía de exceso de potencia activa</b></p>
	<p><b>Contador de energía activa con transmisor de datos</b></p>

	<p>Repetido de un contador de energía activa</p>
	<p>Repetido de un contador de energía activa con un dispositivo de impresión</p>
	<p>Contador de energía activa con indicación del valor máximo de la potencia media</p>
	<p>Contador de energía activa con registrador del valor máximo de la potencia media</p>
	<p>Contador de energía reactiva. Variómetro. Contador de voltioamperios reactivos por hora</p>

	<p><b>Aparato indicador. Símbolo general.</b></p> <p>El asterisco se sustituye por el símbolo de la magnitud que indicará el aparato. Ejemplos:</p> <p>A = Amperímetro.  mA = miliamperímetro.  V = Voltímetro.  W = Watímetro.</p>
	<p><b>Voltímetro. Indicador de tensión.</b></p>
	<p><b>Amperímetro de corriente reactiva.</b></p>
	<p><b>Vármetro. Indicador de potencia reactiva.</b></p>
	<p><b>Aparato de medida del factor de potencia.</b></p>
	<p><b>Fasímetro. Indicador del ángulo de desfase.</b></p>
	<p><b>Frecuencímetro. Indicador de la frecuencia.</b></p>


	<p><b>Sincronoscopio.</b> Indicador del desfase entre dos señales para su sincronización.</p>
	<p><b>Ondámetro.</b> Indicador de la longitud de onda.</p>
	<p><b>Osciloscopio.</b> Indicador de formas de onda.</p>
	<p><b>Voltímetro diferencial.</b> Indicador de la diferencia de tensión entre dos señales.</p>
	<p><b>Galvanómetro.</b> Indicador del aislamiento galvánico.</p>
	<p><b>Termómetro. Pirómetro.</b> Indicador de la temperatura.</p>
	<p><b>Tacómetro.</b> Indicador de las revoluciones.</p>
	<p><b>Lámpara de señal, símbolo general.</b></p> <p>Si se desea indicar el color, se debe colocar el siguiente código junto al símbolo:</p> <p>RD ó C2 = rojo OG ó C3 = Naranja</p>

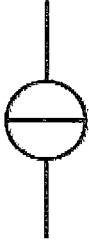


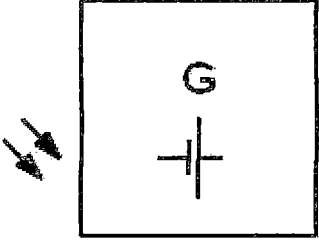
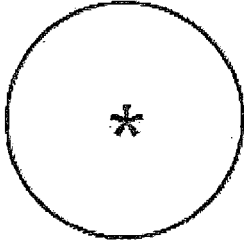
	<p>YE ó C4 = amarillo  GN ó C5 = verde  BU ó C6 = azul  WH ó C9 = blanco</p> <p>Si se desea indicar el tipo de lámpara, se debe colocar el siguiente código junto al símbolo:</p> <p>Ne = neón  Xe = xenón  Na = vapor de sodio  Hg = mercurio  I = yodo  IN = incandescente  EL = electrominúsculo  ARC = arco  FL = fluorescente  IR = infrarrojo  UV = ultravioleta  LED = diodo de emisión de luz.</p>
	<p><b>Lámpara de señalización, tipo oscilatorio.</b></p>
	<p><b>Lámpara alimentada mediante transformador incorporado.</b></p>
	<p><b>Bocina.</b></p>
	<p><b>Timbre, campana</b></p>

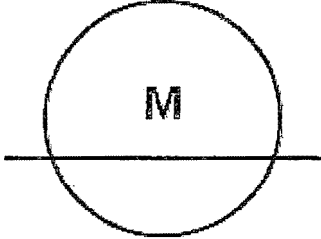
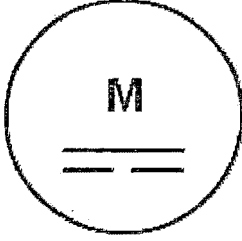
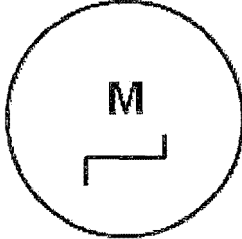
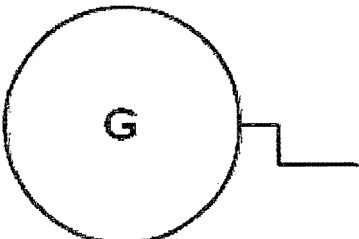
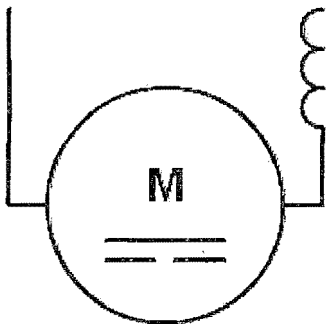
	<b>Zumbador</b>
	<b>Sirena</b>
	<b>Silbato de accionamiento eléctrico</b>
	<b>Elemento de señalización electromecánico</b>

- **Producción, transformación y conversión de la energía eléctrica**

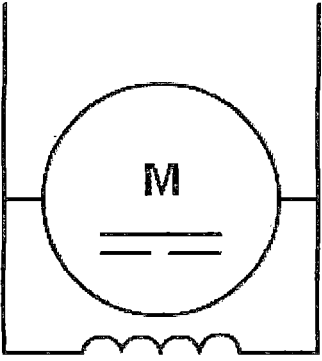
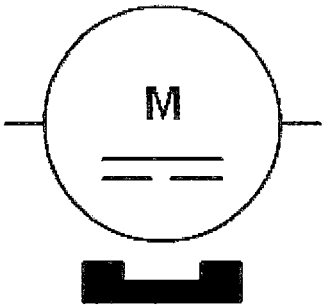
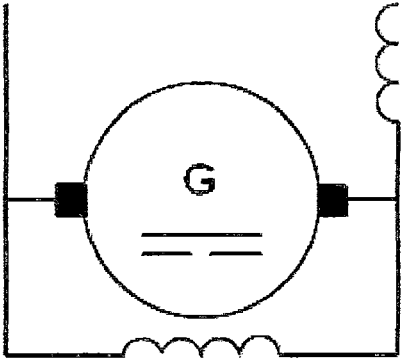
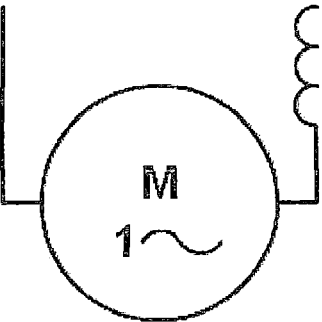
**Tabla 9. 14: Símbolos de transformación y conversión de energía eléctrica**

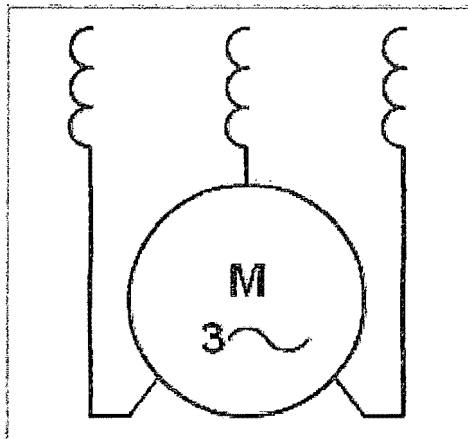
Símbolo	Descripción
	<b>Pila o acumulador, el trazo largo indica el positivo</b>

	<p>Fuente de corriente ideal.</p>
	<p>Fuente de tensión ideal.</p>
	<p>Generador no rotativo. Símbolo general</p>
	<p>Generador fotovoltaico</p>
	<p>Máquina rotativa. Símbolo general.</p> <p>El asterisco, *, será sustituido por uno de los símbolos literales siguientes:</p> <p>C = Conmutatriz  G = Generador  GS = Generador síncrono  M = Motor  MG = Máquina reversible (que puede ser usada como motor y generador)  MS = Motor síncrono</p>

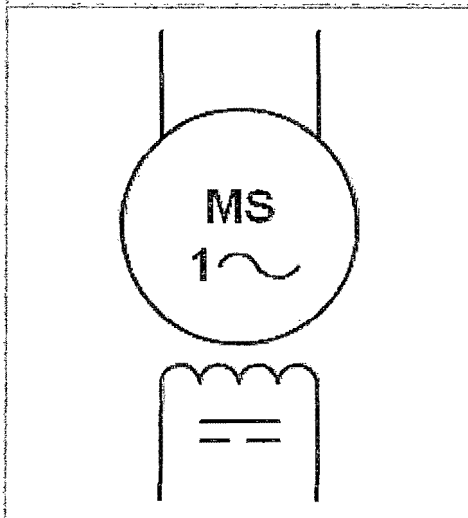
	<p><b>Motor lineal. Símbolo general.</b></p>
	<p><b>Motor de corriente continúa.</b></p>
	<p><b>Motor paso a paso.</b></p>
	<p><b>Generador manual. Generador de corriente de llamada, magneto.</b></p>
	<p><b>Motor serie, de corriente continua</b></p>



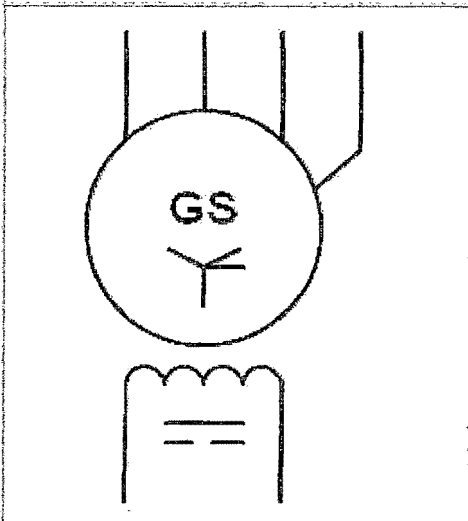
	<p><b>Motor de excitación (shunt) derivación, de corriente continua</b></p>
	<p><b>Motor de corriente continua de imán permanente.</b></p>
	<p><b>Generador de corriente continua con excitación compuesta corta, representado con terminales y escobillas.</b></p>
	<p><b>Motor de colector serie monofásico. Máquina de corriente alterna.</b></p>



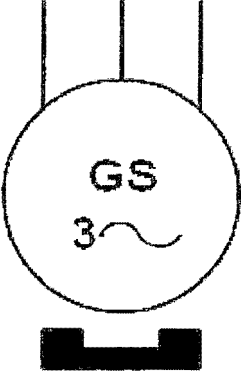
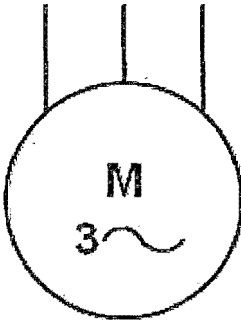
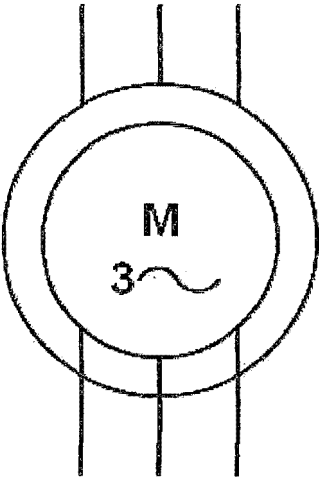
**Motor serie trifásico. Máquina de colector.**

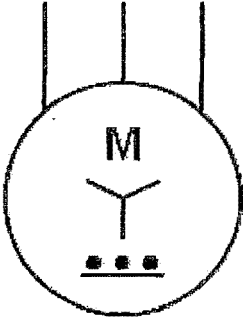
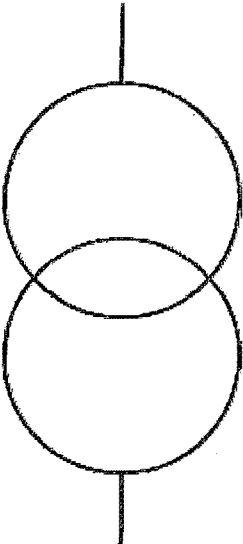
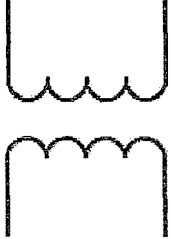


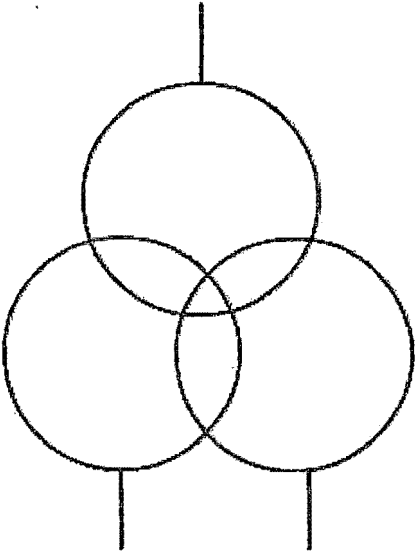
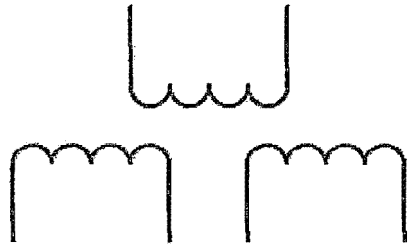
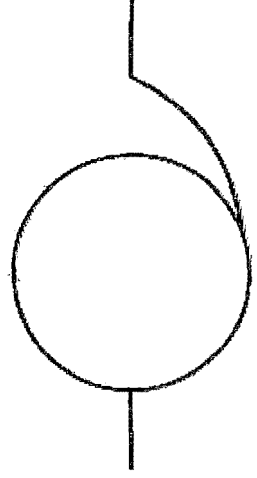
**Motor síncrono monofásico.**

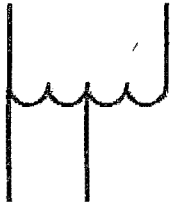
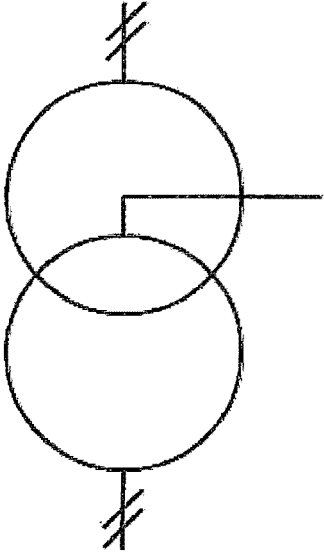
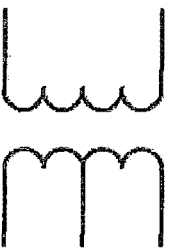


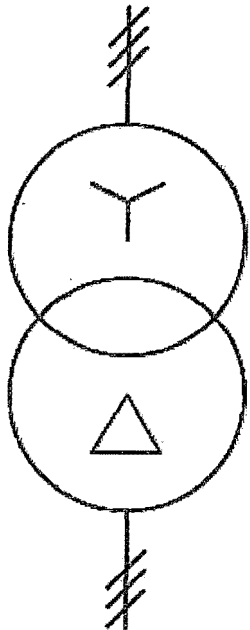
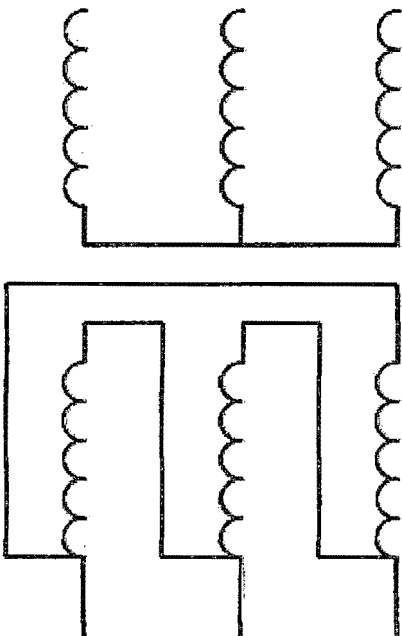
**Generador síncrono trifásico, con inducido en estrella y neutro accesible.**

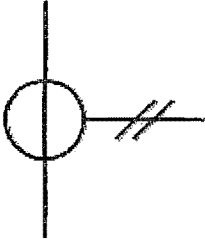
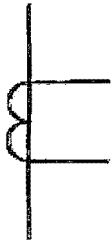
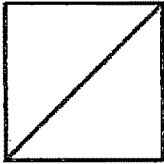


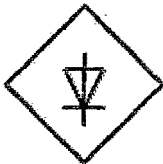

	<p><b>Generador síncrono trifásico de imán permanente.</b></p>
	<p><b>Motor de inducción trifásico con rotor en jaula de ardilla.</b></p>
	<p><b>Motor de inducción trifásico con rotor bobinado.</b></p>

	<p><b>Motor de inducción trifásico con estator en estrella y arrancador automático incorporado.</b></p>
	<p><b>Transformador de dos arrollamientos (monofásico). Unifilar</b></p>
	<p><b>Transformador de dos arrollamientos (monofásico). Multifilar</b></p>




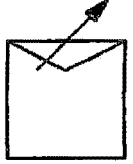



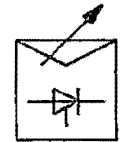
	<p><b>Transformador de tres arrollamientos. Unifilar</b></p>
	<p><b>Transformador de tres arrollamientos. Multifilar</b></p>
	<p><b>Autotransformador. Unifilar</b></p>

	<p><b>Autotransformador. Multifilar</b></p>
	<p><b>Transformador con toma intermedia en un arrollamiento. Unifilar</b></p>
	<p><b>Transformador con toma intermedia en un arrollamiento. Multifilar</b></p>

 <p>The diagram shows two overlapping circles representing transformer windings. The top circle contains a 'Y' symbol, indicating a star (estrella) connection. The bottom circle contains a triangle symbol, indicating a delta (triángulo) connection. Both the top and bottom circles have a vertical line extending from their top and bottom respectively, each ending in three parallel diagonal lines, which represent grounded terminals.</p>	<p><b>Transformador trifásico, conexión estrella - triángulo. Unifilar</b></p>
 <p>The diagram illustrates the winding configuration on a three-legged magnetic core. The top part shows three separate vertical windings, each represented by a vertical line with a wavy coil pattern, connected at their bottom ends to a common horizontal line. The bottom part shows a similar three-legged core with three windings, but each winding is represented by a vertical line with a wavy coil pattern that is connected to a horizontal line on both the left and right sides, indicating a multifilar (multifilar) winding configuration.</p>	<p><b>Transformador trifásico, conexión estrella - triángulo. Multifilar</b></p>


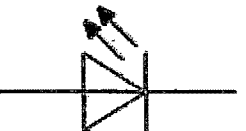
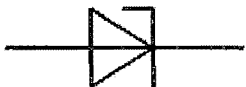
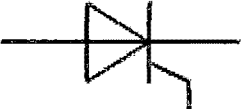
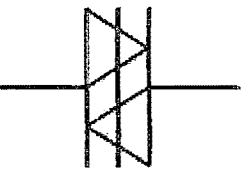
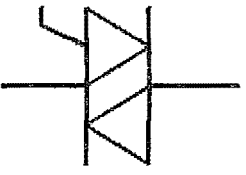
	<p><b>Transformador de corriente o transformador de impulsos. Unifilar</b></p>
	<p><b>Transformador de corriente o transformador de impulsos. Multifilar</b></p>
	<p><b>Convertidor. Símbolo general.</b> Se pueden indicar a ambos lados de la barra central un símbolo de la magnitud, forma de onda, etc. de entrada y de salida para indicar la naturaleza de la conversión.</p>
	<p><b>Convertidor de corriente continua. (DC/DC)</b></p>
	<p><b>Rectificador. Símbolo general (convertidor de AC a DC)</b></p>
	<p><b>Rectificador de doble onda, (puente rectificador).</b></p>
	<p><b>Ondulador, Inversor. (convertidor de DC a AC)</b></p>

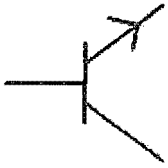
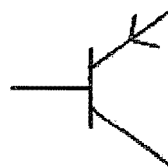
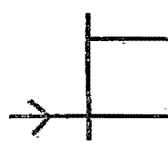
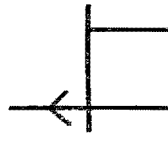
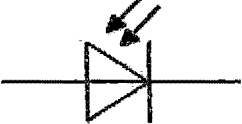

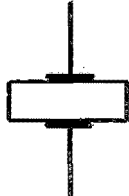


	<p><b>Rectificador / ondulador; Rectificador / inversor.</b></p>
	<p><b>Arrancador de motor. Símbolo general. Unifilar.</b></p>
	<p><b>Arrancador de motor por etapas. Se puede indicar el número de etapas. Unifilar.</b></p>
	<p><b>Arrancador regulador, Variador de velocidad. Unifilar.</b></p>
	<p><b>Arrancador directo con contactores para cambiar el sentido de giro del motor. Unifilar.</b></p>
	<p><b>Arrancador estrella - triángulo. Unifilar.</b></p>
	<p><b>Arrancador por autotransformador. Unifilar.</b></p>
	<p><b>Arrancador - regulador por tiristores, Convertidores de frecuencia, Variadores de velocidad. Unifilar.</b></p>

- **Semiconductores**

**Tabla 9. 15: Símbolos de semiconductores**

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
	<b>Diodo</b>
	<b>Diodo emisor de luz (LED)</b>
	<b>Diodo Zener</b>
	<b>Tiristor</b>
	<b>Diac. Tiristor diodo bidireccional.</b>
	<b>Triac. Tiristor triodo bidireccional.</b>

	<p><b>Transistor bipolar NPN</b></p>
	<p><b>Transistor bipolar PNP</b></p>
	<p><b>Transistor de efecto de campo (FET) con canal de tipo N</b></p>
	<p><b>Transistor de efecto de campo (FET) con canal de tipo P</b></p>
	<p><b>Fotodiodo</b></p>
	<p><b>Fototransistor</b></p>
	<p><b>Cristal piezoeléctrico</b></p>

## ANEXO D: NORMAS IEC

<b>IEC 60038</b>	Tensiones normales
<b>IEC 60076-2</b>	Transformadores de potencia. Parte 2: Calentamiento
<b>IEC 60076-3</b>	Transformadores de potencia. Parte 3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire
<b>IEC 60075-5</b>	Transformadores de potencia. Parte 5: Aptitud para soportar cortocircuitos
<b>IEC 60075-10</b>	Transformadores de potencia. Parte 10: Determinación de los niveles de ruido
<b>IEC 60146</b>	Convertidores a semiconductores. Especificaciones comunes y convertidores conmutados por red
<b>IEC 60255</b>	Relés eléctricos
<b>IEC 60265-1</b>	Interruptores de alta tensión. Parte 1: Interruptores para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV
<b>IEC 60269-1</b>	Fusibles de baja tensión. Parte 1: Reglas generales
<b>IEC 60269-2</b>	Fusibles de baja tensión. Parte 2: Reglas suplementarias para los fusibles destinados a ser utilizados por personas autorizadas (fusibles para usos principalmente industriales)
<b>IEC 60282-1</b>	Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente
<b>IEC 60287-1-1</b>	Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 1: Generalidades
<b>IEC 60364</b>	Instalaciones eléctricas en edificios
<b>IEC 60364-1</b>	Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 1: Definiciones, campo de aplicación y principios fundamentales

- IEC 60364-4-41** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 41: Protección contra los choques eléctricos
- IEC 60364-4-42** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 42: Protección contra los efectos térmicos
- IEC 60364-4-43** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 43: Protección contra las sobreintensidades
- IEC 60364-4-44** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 44: Protección contra las sobretensiones
- IEC 60364-5-51** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Elección e instalación de materiales eléctricos. Capítulo 51: Reglas comunes
- IEC 60364-5-52** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Elección e instalación de materiales eléctricos. Capítulo 52: Canalizaciones
- IEC 60364-5-53** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Elección e instalación de materiales eléctricos. Capítulo 53: Aparamenta
- IEC 60364-5-54** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Elección e instalación de los materiales eléctricos. Capítulo 54: Puesta a tierra y conductores de protección
- IEC 60364-5-55** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Elección e instalación de materiales eléctricos. Capítulo 55: Otros materiales
- IEC 60364-6-61** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 6: Verificación. Capítulo 61: Verificación inicial

- IEC 60364-7-701** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 701: Locales que contienen una bañera o ducha
- IEC 60364-7-702** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 702: Piscinas y otros depósitos
- IEC 60364-7-703** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 703: Locales que contienen radiadores para saunas
- IEC 60364-7-704** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 704: Instalaciones en obras
- IEC 60364-7-705** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 705: Instalaciones eléctricas en los establecimientos agrícolas y hortícolas
- IEC 60364-7-706** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 706: Recintos conductores de dimensiones reducidas
- IEC 60364-7-707** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 707: Puesta a tierra de las instalaciones con equipos de proceso de datos.
- IEC 60364-7-708** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 708: Instalaciones eléctricas en parques de caravanas y en caravanas.
- IEC 60364-7-709** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 709: Puertos deportivos y embarcaciones de recreo

- IEC 60364-7-710** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 710: Locales de uso médico
- IEC 60364-7-711** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 711: Exposiciones, espectáculos y stands
- IEC 60364-7-712** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 712: Sistemas de alimentación de energía solar fotovoltaica
- IEC 60364-7-713** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 713: Muebles
- IEC 60364-7-714** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 714: Instalaciones de alumbrado exterior
- IEC 60364-7-715** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 715: Instalaciones de alumbrado a muy baja tensión
- IEC 60364-7-717** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 717: Unidades móviles o transportables
- IEC 60364-7-740** Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 740: Instalaciones eléctricas temporales para estructuras, atracciones y casetas de ferias, parque de atracciones y circos
- IEC 60427** Ensayos sintéticos de interruptores automáticos para corriente alterna de alta tensión
- IEC 60439-1** Conjuntos de aparatos de baja tensión. Parte 1: Conjuntos de serie y conjuntos derivados de serie

<b>IEC 60439-2</b>	Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 2: Requisitos particulares para las canalizaciones prefabricadas
<b>IEC 60439-3</b>	Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 3: Requisitos particulares para los conjuntos de aparamenta de baja tensión destinados a estar instalados en lugares accesibles al personal no cualificado durante su utilización. Cuadros de distribución
<b>IEC 60439-4</b>	Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 4: Requisitos particulares para conjuntos para obras (CO)
<b>IEC 60446</b>	Principios fundamentales y de seguridad para la interfaz hombre-máquina, el marcado y la identificación. Identificación de conductores por colores o por números
<b>IEC 60439-5</b>	Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 5: Requisitos particulares para los conjuntos destinados a ser instalados al exterior en lugares públicos. Conjuntos de aparamenta para redes de distribución (CRD)
<b>IEC 60479-1</b>	Efectos de la corriente eléctrica en seres humanos y animales domésticos. Parte 1: Aspectos generales
<b>IEC 60479-2</b>	Efectos de la corriente eléctrica en seres humanos y animales domésticos. Parte 2: Aspectos especiales
<b>IEC 60479-3</b>	Efectos de la corriente eléctrica en seres humanos y animales domésticos. Parte 3: Efectos de la corriente que pasa a través del cuerpo de animales domésticos
<b>IEC 60529</b>	Grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP)
<b>IEC 60644</b>	Especificaciones para los cartuchos fusibles de alta tensión destinados a circuitos con motores
<b>IEC 60664</b>	Coordinación de aislamiento de los equipos en las redes de baja tensión



<b>IEC 60715</b>	Dimensiones de la aparamenta de baja tensión. Montaje normalizado sobre carriles para soportes mecánicos de dispositivos eléctricos en instalaciones de aparamenta
<b>IEC 60724</b>	Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 1 kV ( $U_m = 1,2$ kV) a 3 kV ( $U_m = 3,6$ kV)
<b>IEC 60755</b>	Requisitos generales para dispositivos de protección que funcionan con corriente residual
<b>IEC 60787</b>	Guía de aplicación para la selección de fusibles de alta tensión para el circuito del transformador
<b>IEC 60831</b>	Condensadores de potencia autorregenerables a instalar en paralelo en redes de corriente alterna de tensión nominal inferior o igual a 1000 V
<b>IEC 60947-1</b>	Aparamenta de baja tensión. Parte 1: Reglas generales
<b>IEC 60947-2</b>	Aparamenta de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos
<b>IEC 60947-3</b>	Aparamenta de baja tensión. Parte 3: Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles
<b>IEC 60947-4-1</b>	Aparamenta de baja tensión. Parte 4: Contactores y arrancadores de motor. Sección 1: Contactores y arrancadores electromecánicos
<b>IEC 60947-6-1</b>	Aparamenta de baja tensión. Parte 6: Materiales de funciones múltiples. Sección 1: Materiales de conexión de transferencia automática
<b>IEC 61000</b>	Compatibilidad electromagnética (CEM)
<b>IEC 61440</b>	Protección contra los choques eléctricos. Aspectos comunes a las instalaciones y a los equipos
<b>IEC 61557-1</b>	Seguridad eléctrica en redes de distribución de baja tensión de hasta 1.000 V en CA y 1.500 V en CC. Equipos para ensayo, medida o vigilancia de las medidas de protección. Parte 1: Requisitos generales

- IEC 61557-8** Seguridad eléctrica en redes de distribución de baja tensión de hasta 1.000 V en CA y 1.500 V en CC. Equipos para ensayo, medida o vigilancia de las medidas de protección. Parte 8: Dispositivos de control de aislamiento para esquemas IT.
- IEC 61557-9** Seguridad eléctrica en redes de distribución de baja tensión de hasta 1.000 V en CA y 1.500 V en CC. Equipos para ensayo, medida o vigilancia de las medidas de protección. Parte 9: Dispositivos de localización de defectos de aislamiento en redes IT.
- IEC 61558-2-6** Seguridad de los transformadores, unidades de alimentación y análogos. Parte 2-6: Requisitos particulares para los transformadores de seguridad para uso general.
- IEC 62271-1** Especificaciones comunes de aparata de alta tensión y normas de aparata de control
- IEC 62271-100** Aparata de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión
- IEC 62271-102** Aparata de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna
- IEC 62271-105** Aparata de alta tensión. Parte 105: Combinados interruptor-fusibles de corriente alterna
- IEC 62271-200** Aparata de alta tensión. Parte 200: Aparata bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV
- IEC 62271-202** Subestaciones prefabricadas de alta tensión/baja tensión