

ESTRATEGIAS TÁCTICAS Y MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN Y DIAGNÓSTICO
DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

JAISON LEONARDY ARÉVALO PRADO
AUTOR

PhD. ANTONIO GAN ACOSTA
DIRECTOR



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA
2021

ESTRATEGIAS TÁCTICAS Y MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN Y DIAGNÓSTICO
DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

JAISON LEONARDY ARÉVALO PRADO
AUTOR

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

Ph.D. ANTONIO GAN ACOSTA
DIRECTOR

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA
2021

El presente libro está dedicado a mi mamá quien siempre me ha alentado a luchar por mis sueños y vencer las adversidades, a mi papá que desde pequeño me brindó la confianza y el respaldo para iniciar mis estudios, a mis hermanos y hermanas que han sido parte fundamental en mi vida apoyándome en cada uno de mis proyectos haciendo de ellos más llevaderos.

Igualmente, una dedicatoria muy especial a mi esposa e hijo quienes son mi motor de vida, mi inspiración y fuerza para no desfallecer y seguir dando lo mejor de mí.

A todos mis amigos y demás personas que me han brindado su apoyo, quienes se han convertido en mi segunda familia respaldando este nuevo logro para mi vida profesional y personal.

Primero agradecerle a Dios por siempre brindarme las fuerzas de salir adelante, porque sentía como me impulsaba y me guiaba por el camino del éxito.

Agradezco, a toda mi familia, a mi papá Julio Arévalo Pacheco que siempre ha creído en mis fortalezas, a mi mamá Mayde del Carmen Prado Duran que con sus consejos ha forjado la persona que soy, con fe en Dios, con una gran fuerza mental para afrontar los problemas y siempre salir a delante, a mis hermanos que han sido gran apoyo en mi carrera profesional.

De igual forma un agradecimiento muy especial a mi esposa Bibiana Hernández Cárdenas e hijo Jake Damián Arévalo Hernández, que a pesar de las adversidades siempre han estado a mi lado brindándome todo su apoyo emocional y siendo mi principal inspiración para culminar este sueño.

A mi tutor de trabajo de grado el Ph.D. Antonio Gan Acosta, que con su dedicación ha dejado su huella plasmada en los conocimientos adquiridos en este proceso del aprendizaje como profesional.

Por último y no menos importante, a esa persona que ha creído en mis habilidades, que, gracias a su apoyo y consejos, han servido para que junto con mi familia hayamos podido vencer todos esos obstáculos presentes en este camino de formación profesional, el mentor y amigo el Ph.D. Ivaldo Torres Chávez.

Resumen

El buen estado físico de los sistemas eléctricos y electrónicos brindan seguridad y fiabilidad siendo fundamentales en cualquier industria competitiva. Es por esto que una medición y/o diagnóstico eléctrico que se realice de manera adecuada puede ahorrar tiempo y dinero factores importantes en los procesos de manufactura.

Es por esto que este presente proyecto buscará diseñar un plan estratégico que facilite al interesado indagar y analizar de manera oportuna estrategias tácticas y métodos para la medición y diagnósticos de elementos discretos, circuitos eléctricos y circuitos electrónicos en los procesos ingenieriles.

Como resultado se obtendrá un entorno cuántico de fácil acceso que permita visualizar toda la información recopilada y ayudará a la formación oportuna de las mediciones en la instrucción de conocimientos en la ingeniería eléctrica.

Abstract

The favorable physical condition of electrical and electronic systems provides safety and reliability. Taking into account that it is essential in any competitive industry. For that reason, a suitable electrical measurement and diagnosis can save time and money by becoming noteworthy factors in manufacturing processes.

That is why this project will seek to design a strategic plan that will facilitate those interested to investigate and analyze promptly tactical strategies and methods for the measurement and diagnosis of discrete elements, electrical circuits, and electronic circuits in the engineering exercise.

As a result, an easily accessible quantum environment will be obtained that will allow the visualization of all the information collected and will help the timely learning of measurements in the formation of electrical engineering.

Introducción

El presente documento se ha elaborado con el minucioso estudio de diferentes fuentes relacionadas con las mediciones eléctricas, consta de tres capítulos que permitirán conocer el proceso adecuado para realizar un excelente diagnóstico y medición de sistemas eléctricos y electrónicos.

Mediante el proceso de estudio y análisis de las referencias bibliográficas encontradas, se logra plantear unos conceptos, métodos y estrategias para el diagnóstico y medición de sistemas eléctricos y electrónicos que le permitirán al interesado conocer de primera mano esta información para el desarrollo de su proceso profesional como ingeniero eléctrico y fines.

Un buen diagnóstico y medición eléctrica, permitirá al profesional en el área a obtener de forma oportuna información de una posible falla o deterioro de equipos y/o plantas industriales. Es por este motivo que los resultados se entregaran en un entorno cuántico de fácil acceso y manejo que le permitirá a cualquier persona (profesionales o profesionales en formación) tener acceso e instruirse en las ciencias de las mediciones eléctricas.

Tabla Contenido

Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
1 Primer Capítulo: Sistemas de estrategias y métodos para el diagnóstico de circuitos eléctricos y electrónicos.....	17
1.1 Justificación	18
1.1.1 Objeto.	18
1.1.2 Necesidad de Problema.	18
1.1.3 Objetivos.....	18
1.2 Acotaciones.....	19
1.3 Legislación.....	19
1.3.1 Impacto ambiental.	19
1.3.2 Formación humana	19
1.3.3 Marco Internacional.....	20
1.3.4 Marco nacional	20
1.3.5 Sistema de gestión seguridad y salud en el trabajo	21
2 Segundo Capítulo: Estudio del arte para la implementación de estrategias y métodos en el diagnóstico de sistemas eléctricos y electrónicos.....	22
2.1 Medida y errores en las mediciones.....	22
2.1.1 Errores en las mediciones	22
2.2 Aparatos analógicos de medida	24
2.2.1 Aparatos de medida de cuadro móvil	24
2.2.2 Aparatos de medida de hierro dulce móvil.....	30
2.2.3 Otros aparatos de medida.	32
2.3 Elementos normalizados, resistencias.....	38
2.3.1 Unidades y patrones.	38
2.3.2 Resistencias para corriente continua y alterna.....	41
2.4 Amplificadores eléctricos de medida.....	46
2.4.1 Elementos activos del amplificador.....	47
2.5 Medición de corriente, tensión, frecuencia y potencia.	48
2.5.1 Medición de corriente y tensión continua con aparatos de medida de aguja. 48	

2.5.2	Medición de corriente alterna	51
2.5.3	Medición del trabajo, potencia, factor de potencia y ángulo de fase.....	56
2.6	Medición de resistencias	60
2.6.1	Conexiones para mediciones de resistencias.....	60
2.6.2	Medición de resistencias elevadas.....	61
2.6.3	Localización de defectos.	66
2.6.4	Medición de inductividades y capacidades con aparatos indicadores.....	67
2.7	Medición digital.....	71
2.8	Proceso de diagnóstico.....	73
2.8.1	Perspectivas desde el evaluador o medidor.....	73
2.8.2	Desde el sujeto evaluado.....	74
2.8.3	Etapas del proceso de diagnóstico.....	74
2.9	Entornos cuánticos seleccionados.....	75
2.9.1	Google Sites.....	75
2.9.2	Moodle.....	75
3	Tercer Capítulo: Síntesis de estrategias tácticas y métodos para la medición y diagnóstico de sistemas eléctricos y electrónicos.....	77
3.1	Cumplimiento del primer objetivo, análisis de experiencias prácticas e información bibliográfica sobre la medición y diagnóstico de sistemas en ingeniería eléctrica.....	77
3.1.1	Análisis referencial.....	77
3.1.2	Análisis de experiencias practicas	78
3.2	Cumplimiento del segundo objetivo, planteamiento de un sistema de estrategias tácticas y métodos para la medición y diagnóstico de elementos discretos, circuitos eléctricos y circuitos electrónicos en el ejercicio de la ingeniería.....	79
3.2.1	Estrategia de medición, diagnóstico y reparación	79
3.2.2	Métodos-diagnostico	83
3.2.3	Táctica de medición y diagnóstico de elementos discretos	90
3.2.4	Tácticas de medición y diagnóstico de circuitos eléctricos a contactores....	113
3.2.5	Tácticas de medición y diagnóstico de circuitos electrónicos.....	118
3.3	Cumplimientos del tercer objetivo diseño de entornos cuánticos para la formación en sistema de estrategias tácticas y métodos para la medición y diagnóstico de elementos discretos, circuitos eléctricos y circuitos electrónicos en el ejercicio de la ingeniería. ..	131
3.3.1	Diseño del entorno cuántico mediante la herramienta Google Sites	131

3.3.2	Diseño del entorno cuántico mediante la herramienta institucional Moodle	131
3.4	Análisis económico.....	132
3.5	Análisis de impacto social	133
3.6	Análisis de impacto ambiental.....	133
3.7	Conclusiones	134
3.8	Recomendaciones.	135
3.9	Glosario.....	136
3.10	Referencias.....	136
Apéndices		140
Apéndice A: Encuesta número 1 para la recolección de experiencias profesionales en las mediciones y diagnóstico de sistemas eléctricos.		140
Apéndice B: Encuesta número 2 para la recolección de experiencias profesionales en las mediciones y diagnóstico de sistemas eléctricos.		144
Apéndice C: Diseño del entorno cuántico mediante la herramienta Google Sites		148
Apéndice D: Diseño del entorno cuántico mediante la herramienta institucional Moodle		152

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Construcción de un mecanismo de medida de cuadro móvil	25
Ilustración 2 Mecanismo de medida por inducción (medida de campo migratorio); las corrientes impulsoras del disco de aluminio están producidas por el sistema de bobinas S1 en a) y S2 en b).	33
Ilustración 3 Mecanismo de medida biométrico.....	34
Ilustración 4 Voltímetro de alta tensión Starke y Schroder.....	37
Ilustración 5 Circuito de amperímetro y voltímetro	49
Ilustración 6 Determinación de la resistencia por medio de la corriente y la tensión.	60
Ilustración 7 Fuente de alimentación tipo pilas eléctricas.....	91
Ilustración 8 Símbolo circuital de una pila y batería eléctrica.	91
Ilustración 9 Símbolo de una pila eléctrica.	91
Ilustración 10 Esquema de medición de una pila eléctrica.....	92
Ilustración 11 Tipos de conductores eléctricos.....	93
Ilustración 12 Símbolo de un conductor eléctrico.	93
Ilustración 13 Esquema de medición de un conductor eléctrico con un ohmímetro.....	94
Ilustración 14 Esquema de medición con fuente y voltímetro de un conductor eléctrico...	94
Ilustración 15 Tipos de fusibles eléctricos.	95
Ilustración 16 Símbolo de un fusible eléctrico.	95
Ilustración 17 Tipos de bobinas eléctricas.....	96
Ilustración 18 simbología de los diferentes tipos de bobinas eléctricas.	96
Ilustración 19 Tipos de resistencias eléctricas.....	97
Ilustración 20 Símbolo de la resistencia eléctrica.	97
Ilustración 21 Esquema medición de resistencia con ohmímetro.....	98
Ilustración 22 Esquema de medición de resistencia con fuente y voltímetro.....	98
Ilustración 23 Tipos de condensadores.....	99
Ilustración 24 Símbolo tipos de condensadores.	100
Ilustración 25 Tipos de diodos.	101
Ilustración 26 Símbolo del diodo.	102
Ilustración 27 Estado de funcionamiento del diodo.	102
Ilustración 28 Tipos de transistores.....	103
Ilustración 29 Simbología tipos de transistores.....	104
Ilustración 30 Esquema para encontrar la base de un transistor por medio de un ohmímetro.	105
Ilustración 31 Tipos de interruptores.....	106
Ilustración 32 Símbolo de un interruptor simple normalmente abierto.....	107
Ilustración 33 símbolo de un interruptor simple normalmente cerrado.....	107
Ilustración 34 Símbolo de un interruptor pulsador NA	108
Ilustración 35 Símbolo de un interruptor pulsador NC.	108
Ilustración 36 Esquema de un interruptor magnético o contactor.....	109
Ilustración 37 Símbolo de un interruptor térmico NA y NC	110
Ilustración 38 Bombillos	111

Ilustración 39 a) Símbolo general de un bombillo. b) Símbolo de un bombillo tipo diodo led.	111
Ilustración 40 Circuitos integrados.....	112
Ilustración 41 Esquema en bloques de un sistema eléctrico.....	113
Ilustración 42 Esquema de un circuito eléctrico con contactores.....	115
Ilustración 43 Esquema de un circuito eléctrico amplificador con transistores NPN y PNP.	121
Ilustración 44 Esquema lógico de medición para la situación de elementos dañados	123
Ilustración 45 Esquema eléctrico de un circuito amplificador utilizando un transistor NPN	125
Ilustración 46 Esquema eléctrico de un circuito amplificador con transistor PNP	128
Ilustración 47 Crecimiento de basuras eléctricas y electrónicas desde 2015-2020.....	134
Ilustración 48 Participantes y sus profesiones	140
Ilustración 49 Nacionalidad de los participantes	141
Ilustración 50 respuestas para las preguntas 1 y 2.....	141
Ilustración 51 Respuestas para la pregunta 3 y 4.....	142
Ilustración 52 Respuestas para las preguntas 5 y 6	143
Ilustración 53 respuesta para la pregunta 7	143
Ilustración 54 Participantes	144
Ilustración 55 Nacionalidad de los participantes	144
Ilustración 56 Respuesta a la pregunta número 1	145
Ilustración 57 Respuesta a la pregunta número 2	145
Ilustración 58 Respuesta a la pregunta número 3	146
Ilustración 59 Respuesta a la pregunta número 4	146
Ilustración 60 Respuestas a las Preguntas 5 y 6	147
Ilustración 61 Página principal entorno cuántico Google Sites.....	148
Ilustración 62 Página principal (2) entorno cuántico Google Sites	148
Ilustración 63 Pagina estrategias de medición.....	149
Ilustración 64 Pagina métodos de diagnóstico	149
Ilustración 65 Pagina Tácticas de medición elementos discretos.....	150
Ilustración 66 Pagina Tácticas de medición circuitos electricos	150
Ilustración 67 Pagina Tácticas de medición circuitos electrónicos	151
Ilustración 68 Página principal herramienta institucional Moodle.....	152

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Error absoluto	23
Ecuación 2 Error relativo.....	23
Ecuación 3 Error porcentual	23
Ecuación 4 Valor medio	24
Ecuación 5 Desviación estándar	24
Ecuación 6 Par de giro.....	26
Ecuación 7 Hallar resistencia	27
Ecuación 8 Resistencia auxiliar	28
Ecuación 9 Par de giro aparatos de medida electroestático.....	35
Ecuación 10 Unidades eléctricas absolutas	38
Ecuación 11 Unidad de resistencia.....	38
Ecuación 12 Correcciones en caso de medido simultanea de tensión.....	49
Ecuación 13 Correcciones en caso de medido simultanea de corriente.	49
Ecuación 14 Potencia.....	56
Ecuación 15 Rx del amperímetro	61
Ecuación 16 RX del voltímetro	61
Ecuación 17 Capacitancia Vs corriente	71
Ecuación 18 Capacitancia Vs voltaje.	71

Índice de tablas

Tabla 1 Relación entre unidades absolutas e internacionales.....	39
Tabla 2 Impacto económico del mantenimiento errado	132
Tabla 3 Impacto económico del mantenimiento basado en medición.....	133

1 Primer Capítulo: Sistemas de estrategias y métodos para el diagnóstico de circuitos eléctricos y electrónicos

Por medio de este capítulo se dará a conocer el objeto y objetivos que llevan al desarrollo de nuestro trabajo de investigación. Además, conoceremos leyes, normativas y decretos que rigen en la medición y diagnóstico de sistemas eléctricos y electrónicos.

Este estudio es de gran importancia pues existe un significativo desconocimiento en la normativa que rige las mediciones eléctricas y las estrategias para un adecuado diagnóstico de los circuitos eléctricos y electrónicos.

1.1 Justificación

1.1.1 Objeto.

El objeto de estudio está centrado en la creación de un entorno cuántico que facilite el acceso y aprendizaje de estrategias y métodos para la medición y diagnóstico de sistemas eléctricos y electrónicos. Como herramienta tecnológica se utilizaron las plataformas de Google Sites y Moodle lo cual se darán a conocer mediante el desarrollo de este proyecto.

1.1.2 Necesidad de Problema.

En el entorno de la ingeniería existe un desconocimiento acerca de las estrategias que se deben tener en cuenta para la medición y diagnóstico de sistemas eléctricos y electrónicos, además no existe un entorno cuántico que posibilite y brinde un fácil acceso a la información detallada y explícita para formarse en las mediciones eléctricas.

1.1.3 Objetivos.

1.1.3.1 Objetivo general.

Diseñar un sistema de estrategias tácticas y métodos para la medición y diagnóstico de elementos discretos, circuitos eléctricos y circuitos electrónicos en el ejercicio de la ingeniería.

1.1.3.2 Objetivos específicos.

- Análisis de experiencias prácticas e información bibliográfica sobre la medición y diagnóstico de sistemas en ingeniería eléctrica.
- Plantear un sistema de estrategias tácticas y métodos para la medición y diagnóstico de elementos discretos, circuitos eléctricos y circuitos electrónicos en el ejercicio de la ingeniería.
- Diseñar entornos cuánticos para la formación en sistema de estrategias tácticas y métodos para la medición y diagnóstico de elementos discretos, circuitos eléctricos y circuitos electrónicos en el ejercicio de la ingeniería.

1.2 Acotaciones

Se implementarán dos versiones de entonos cuánticos:

- Sitios de Google y tecnologías asociadas.
- Plataforma Moodle.

Se entregará versiones en Microsoft Word y Pdf.

1.3 Legislación.

1.3.1 Impacto ambiental.

NTC-ISO 10012, numeral 6.3.2

“Deben documentarse las condiciones ambientales requisadas para el funcionamiento eficaz de los procesos de medición cubiertos por el sistema de gestión de las mediciones.

Se deben realizar el seguimiento y registrar las condiciones ambientales que afecten a las mediciones. Las correcciones debidas a las condiciones ambientales deben registrarse y aplicarse a los resultados de la medición” NTC-ISO 10012 (numeral 6.3.2)

Esta norma nos orienta sobre algunas de las condiciones ambientales que pueden afectar a la hora de realizar una medición, entre ellas tenemos, la humedad, las vibraciones, la temperatura, la limpieza, el control del polvo y las interferencias electromagnéticas.

1.3.2 Formación humana

En la formación integral como personas y profesionales de un elevado nivel académico, con ética social, sentido crítico y capacidad investigativo, se debe adoptar una cultura tecnológica que nos permita ampliar nuestros conocimientos pedagógicos mediante entornos cuánticos que posean información de las mediciones y diagnósticos de sistemas electicos y electrónicos.

“La dirección de la función metrológica debe asegurarse de que el personal involucrado en el sistema de gestión de las mediciones demuestre su aptitud para efectuar las tares que se le asignen. Debe especificarse cualquier habilidad especial que se requiera. La dirección de la función metrológica debe asegurarse de que se provea la formación para responder a las necesidades identificadas, que se mantengan registros de las actividades de formación y que

su eficacia sea evaluada y registrada. Debe hacerse que el personal tome conciencia de sus obligaciones y responsabilidades, así como del impacto de sus actividades en la eficacia del sistema de gestión de las mediciones y en la calidad del producto” (NTC-ISO 10012).

1.3.3 Marco Internacional

ISO 10012:2003

“Un sistema eficaz de gestión de las mediciones asegura que el equipo y los procesos de medición son adecuados para su uso previsto y es importante para alcanzar objetivos de calidad del producto y gestionar el riesgo de obtener resultados de medición incorrectos. El objetivo de un sistema de gestión de las mediciones es gestionar el riesgo de que los equipos y procesos de medición podrían producir resultados incorrectos que afecten a la calidad del producto de una organización. Los métodos utilizados para el sistema de gestión de las mediciones van desde la verificación del equipo básico hasta la aplicación de técnicas estadísticas en el control del proceso de medición.

Esta norma internacional incluye tanto requisitos como orientaciones para la implementación de sistemas de gestión de las mediciones y puede ser útil en la mejora de las actividades de medición y de la calidad de los productos.” (ISO 10012:2003)

1.3.4 Marco nacional

NTC-ISO 10012

“El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones, ICONTEC, es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país.

ICONTEC bajo la norma técnica colombiana adopta las disposiciones de la norma ISO-10012 para uso y aplicación nacional”

Instituto Nacional de Metrología en Colombia (INM)

“El INM tiene por objeto la coordinación nacional de la metrología científica e industrial y la ejecución de actividades que permitan la innovación y soporten el desarrollo económico,

científico y tecnológico del país, mediante la investigación, la prestación de servicios metrológicos, el apoyo a las actividades de control metrológico y la disseminación de mediciones trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI)”. (INM, 2021)

1.3.5 Sistema de gestión seguridad y salud en el trabajo

RESOLUCIÓN NÚMERO 5018 DE 2019, Lineamiento de seguridad y salud en el trabajo con energía eléctrica.

Artículo 1°. Objeto. *“La presente resolución tiene por objeto expedir los lineamientos en seguridad y salud en el trabajo para las actividades ejecutadas en los procesos de generación de energía a través de fuentes convencionales y no convencionales de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, para las empresas que presten o hagan uso del sistema eléctrico colombiano contenido en el anexo técnico que forma parte integral de la misma”*. Resolución número 5018 de 2019 (2019)

2 Segundo Capítulo: Estudio del arte para la implementación de estrategias y métodos en el diagnóstico de sistemas eléctricos y electrónicos.

A continuación, se conocerá la información obtenida que permitirá cumplir con los objetivos propuestos y proporcionará las estrategias tácticas para lograr una medición adecuada y el correcto diagnóstico de sistemas eléctricos y electrónicos.

2.1 Medida y errores en las mediciones

2.1.1 Errores en las mediciones

2.1.1.1 Fuentes y tipos de errores

Los errores de medida se pueden dividir según las causas, así:

Errores de los aparatos: estos errores suelen ser errores en consecuencia a desperfectos de construcción, de acabado y ajuste de los aparatos. Cuando se habla de ajuste, se refiere al proceso de regulación o calibración de los aparatos de medida, de tal manera que la indicación de la medida real se aproxime lo más posible a la teórica, y que el margen de error este entre lo comprendido como se indique en las normas. (Karcz, A. M. (1975))

Errores de influencia: son los errores que son producidos en consecuencia a la acción del medio ambiente que se ejerce sobre el aparato. Por ejemplo, campos eléctricos, campos magnéticos, y temperatura.

Errores de conexión: se produce a consecuencia de la influencia de la propia magnitud a medir, debido al procedimiento de medida. Ejemplo el consumo propio del aparato.

Errores personales: el error es producido en consecuencia de observación, lectura y valoración defectuosa de la indicación.

Errores sistemáticos: habitualmente estos errores se producen por imperfecciones apreciables de los útiles, aparatos y conexiones de la medida, así como a las magnitudes

ambientales medibles, que ejercen su predominio dando como consecuencia un resultado erróneo. En cada caso tiene una magnitud y un signo determinados y pueden componerse mediante correcciones. (Karcz, A. M. (1975))

Errores accidentales: se producen por transformaciones no visibles claramente de los aparatos y magnitudes de medida, del medio ambiente y por lectura y observaciones erróneas. Se distribuyen estadísticamente en ambos extremos del valor factible pudiéndose calcular y subsanar por cálculos estadísticos adecuados.

2.1.1.2 Magnitudes de los errores

Error absoluto: si teniendo una magnitud en la cual existen dos valores, donde uno es considerado correcto (valor teórico), y otro erróneo (valor real), la diferencia entre estos dos valores da como resultado el error absoluto.

$$E_A = X_R - X_T$$

Ecuación 1 Error absoluto

Error relativo: el error relativo es considerado como la relación entre el error absoluto y la medida teórica.

$$E_R = \frac{X_R - X_T}{X_T}$$

Ecuación 2 Error relativo

Error porcentual: se le conoce como el error relativo referido a 100.

$$E_{\%} = \frac{X_R - X_T}{X_T} * 100$$

Ecuación 3 Error porcentual

2.1.1.3 Estudio estadístico.

Cuándo se realizan varias medidas a una misma magnitud se puede obtener diferentes resultados para esta misma, esto como consecuencia de los errores accidentales presentes.

Por este motivo se debe buscar apoyo en la estadística para así conseguir el verdadero valor y la seguridad de la medida. (Karcz, A. M. (1975))

Valor medio: al repetir la misma medida utilizando los mismos medios y en iguales condiciones, los datos obtenidos tienden a tener el mismo peso estadístico. Por lo cual se procede a hallar el valor medio, de las mediciones realizadas.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Ecuación 4 Valor medio

Desviación estándar: son las desviaciones que adoptan cada uno de los valores medidos respecto al valor medio y se caracteriza con la desviación cuadrática media.

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Ecuación 5 Desviación estándar

2.2 Aparatos analógicos de medida

2.2.1 Aparatos de medida de cuadro móvil

2.2.1.1 Construcción y modo de funcionamiento

Principio constructivo

La figura muestra la construcción básica con el imán exterior (1). En el campo magnético homogéneo formado, la bobina giratoria cuadrada (4) está apoyada de modo que pueda girar. Mediante dos muelles en espiral (5), enrollados en sentido contrario, se lleva la corriente de medida a la bobina, dando aquellos simultáneamente el momento director. Al pasar corriente por la bobina, aparece un momento, que es contrarrestado por los muelles y viene indicado en la escala mediante la aguja (6). (Karcz, A. M. (1975))

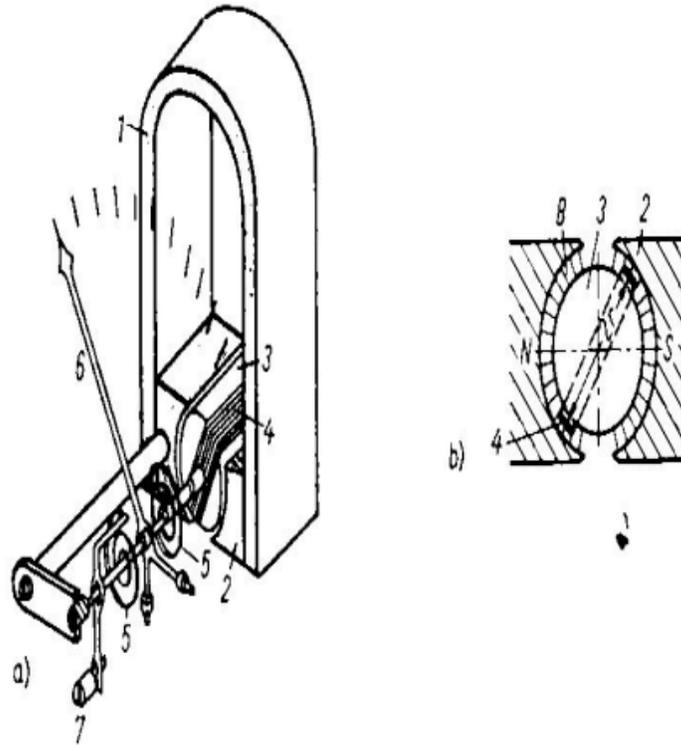


Ilustración 1 Construcción de un mecanismo de medida de cuadro móvil

a) Vista en perspectiva.

b) Corte transversal.

1. Imán permanente.
2. Zapata solar.
3. Núcleo polar.
4. Bobina móvil.
5. Muelles en espiral y simultáneamente alimentación de corriente.
6. Aguja indicadora.
7. Ajustador de acero.
8. Campo homogéneo radial.

Fuente: Stockl, M., & Winterling, K. H. (1992). Técnica de las medidas eléctricas. (1.a ed.). Editorial Labor S.A

Modo de funcionamiento e igualdad de escala

Los hilos de la bobina situados paralelamente a una distancia r del eje de giro, siendo l su longitud en el campo magnético. Mediante la forma de la zapata polar se consigue que la inducción B del campo magnético sea independiente del Angulo de giro de la bobina, constante y radial. De este modo aparece el par de giro.

$$M = 2rlNBI = ANBI$$

Ecuación 6 Par de giro

Para un numero N de espiras, una corriente I circulando por la bobina, y siendo A la superficie activa encerrada en una espira. Este par de origen electromagnético hace girar la bobina, hasta que se establece el equilibrio con el par de giro debido a los muelles.

Las desviaciones de la escala son lineales. En el caso de la corriente alterna los mecanismos de medida basados en bobinas giratorias, no pueden seguir las rápidas variaciones del sentido de la corriente a causa de su inercia, por lo que señalan el valor medio lineal de la corriente. (Karcz, A. M. (1975))

Amortiguamiento

Los aparatos de cuadro móvil se amortiguan electrodinámicamente a causa del movimiento mediante las corrientes inducidas en la bobina giratoria.

Circuito magnético

Los imanes externos permiten obtener grandes inducciones en el entrehierro de campos homogéneos grandes, pudiéndose variar mediante derivaciones regulables del campo magnético. Los imanes de núcleo debido a su poca dispersión permiten obtener pequeñas magnitudes de medida con reducidas dimensiones y poco peso. Un cilindro de hierro poco magnético constituye el blindaje magnético exterior. Si existe una magnetización homogénea del núcleo la distribución del campo en el entrehierro es función sinusoidal del Angulo. Se obtendrá un campo homogéneo casi radial mediante zapatas polares sinterizadas o pegadas. (Karcz, A. M. (1975))

2.2.1.2 Mecanismos de medida de cuadro móvil como amperímetros y voltímetros.

Los mecanismos de medida de aguja pueden tener una gama de valores de medida que varía entre 10 μA y 50 mA, para resistencias entre 10000 y 1 Ω según los datos de la bobina de campo y del imán. Algunos mecanismos de medida especiales pueden tener gamas de medida de hasta menos de 1 μA .

Voltímetros

La caída de tensión en el mecanismo de cuadro móvil generalmente está entre 2 y 150 mV y lo utilizamos como voltímetro solamente en caso de tener en cuenta el gran error de temperatura (de unos 4%/10K) a causa del aumento de resistencia del cobre o aluminio que constituye la bobina. Se puede disminuir el error conectando una resistencia en serie de manganina. Considerando el error positivo de 0.02% consecuencia de la variación del muelle espiral y del campo magnético para un cambio de temperatura. (Karcz, A. M. (1975))

- **Resistencia en serie.** La resistencia se conecta en serie con el mecanismo de medida. Su cálculo se realiza a partir de la gama de medida de tensión de la corriente del mecanismo de medida y de la resistencia interna a partir de.

$$R_{VW} = \left(\frac{U}{I_M} \right) - R_M$$

Ecuación 7 Hallar resistencia

La resistencia total del mecanismo se determina muchas veces por la inversa de la intensidad del mecanismo, para su desviación total.

Las resistencias en serie de los aparatos de cuadro móvil se cargan poco. En aparatos de precisión se construyen de hilo de manganina y para pequeñas solicitaciones actúan como las resistencias con capa de recubrimiento superficial. Hasta gamas de 600 V acostumbran a estar dentro de la caja del mecanismo de medida, para gamas más altas se prefieren resistencias en serie especiales. Las resistencias para gamas de medidas por encima de 30KV se hallan introducidas en aislantes llenos de aceites para asegurar el nivel de aislamiento. (Karcz, A. M. (1975))

Amperímetros

Hasta márgenes de 10 a 50 mA se usan mecanismos de medida adecuados en paralelo. No se puede conectar directamente en paralelo al mecanismo de medida debido a los grandes errores de temperatura que aparecen como consecuencia de la variación de resistencia de la bobina. Debido a eso a la bobina se le conecta una resistencia previa de manganina con lo que se obtiene un voltímetro para 30, 60, 100, 150 o 300 mV. Rodríguez, P. C. (2001).

- ***Resistencia en paralelo.*** Su magnitud depende de la repartición de la corriente. Dado el margen de medida deseado I , la corriente del mecanismo de medida I_M , la resistencia de la bobina y la resistencia previa, se obtiene la resistencia auxiliar.

$$R_N = (R_M + R_{VM}) \frac{I_M}{I - I_M}$$

Ecuación 8 Resistencia auxiliar

- ***Resistencia múltiple en paralelo.*** Para variar gamas de medida de corriente, la resistencia auxiliar se puede subdividir. Aparte del circuito de medida exterior, las resistencias R_M , R_{VM} y R_N forman la resistencia de cierre R_s del circuito del mecanismo de medida. Muchas veces se da R_s teniendo en cuenta el amortiguamiento.

2.2.1.3 Galvanómetro de cuadro móvil.

Se denomina galvanómetros a los aparatos de medida indicados para intensidades muy pequeñas. Preferentemente se usan para indicar falta de paso de corriente en la rama cero de compensadores y puentes de medida y por esto generalmente no tiene escala graduada en valores de intensidad o tensión. Rodríguez, P. C. (2001).

Sensibilidad y acondicionamiento

Se consigue gran sensibilidad mediante una pequeña constante del muelle y mediante la lectura óptica. Para que el periodo no sea muy grande el momento de inercia del órgano móvil debe ser pequeño. Esto se consigue mediante indicación óptica y bobinas pequeñas y altas. Se obtiene gran sensibilidad de intensidad mediante gran cantidad de espiras de hilo fino. Teniendo en cuenta la resistencia para el amortiguamiento correcto del mecanismo de medida y la resistencia. Rodríguez, P. C. (2001).

Los galvanómetros sensibles, normalmente se amortiguan mediante la corriente inducida en la bobina, que pasa por el circuito de medida. El grado de amortiguamiento para circuito de medida abierto debe ser menor de 0.1 en los galvanómetros de calidad.

2.2.1.4 Galvanómetro de impulso de corriente.

Sirve para medir cantidades de electricidad muy pequeñas que producen saltos de tensión o de intensidad, cargas y descargar de condensadores o variaciones de flujo magnético o bobinas. Rodríguez, P. C. (2001).

- ***Galvanómetro balístico*** el golpe de corriente produce un impulso de giro en la bobina. La energía potencial producida por la cantidad de electricidad se transforma en energía cinética. Si el choque de corriente que puede ser una función cualquiera del tiempo vuelve a cero antes de que la bobina haya abandonado su posición cero, entonces, la primera amplitud de oscilación es proporcional a la energía y a la cantidad de electricidad. Rodríguez, P. C. (2001).
- ***Galvanómetro de corriente de fuga o fluxómetro.*** Un galvanómetro de cuadro móvil, amortiguado por una resistencia de cierre baja y un momento director despreciable puede medir el impulso de tensión durante el periodo de tiempo a partir de la diferencia de desviaciones. Al igual que las bobinas de prueba sirve para medir la inducción magnética o el flujo magnético. Rodríguez, P. C. (2001).

2.2.1.5 Aparatos de cuadro móvil con rectificador.

Se utilizan junto con rectificadores para las mediciones en corriente alterna.

Rectificadores.

Como rectificadores de medida se utilizan semiconductores. Cuando se deba tener en cuenta una pequeña caída de tensión en el sentido de conducción, se utilizan los diodos de Germanio, y los de silicio-planar cuando se tengan grandes tensiones inversas, pequeñas corrientes de fuga e insensibilidad para altas temperaturas. Rodríguez, P. C. (2001).

Rectificador de valor medio. El rectificador actúa como una válvula y el mecanismo de medida de cuadro móvil debido a su inercia mecánica promedia las semioscilaciones en el sentido de conducción. Rodríguez, P. C. (2001).

2.2.2 Aparatos de medida de hierro dulce móvil.

2.2.2.1 Construcción y modo de funcionamiento.

En el espacio cilíndrico interior a una bobina de excitación por la que circula una corriente, se aloja una chapa fija y una móvil de una aleación de níquel y hierro con una pequeña intensidad de campo coercitivo y de gran inducción de saturación.

La forma constructiva de chapas cilíndricas dobladas se utiliza en aparatos de cuadro, que la de placas cuadradas, se usan en aparatos de precisión. La chapa móvil está unida al eje de la aguja. Cuando ambas se magnetizan en el mismo sentido debido a la corriente de la bobina, sufren una repulsión que produce un par de giro y que en cada posición es proporcional al producto de los momentos magnéticos y por tanto al cuadrado de la intensidad de la bobina. Como consecuencia de la forma del ciclo de histéresis y de la poca intensidad de campo coercitivo, el error a la histéresis es muy pequeño. Karcz, A. M. (1975).

Propiedades. Como la indicación depende del cuadrado de la intensidad, es independiente del sentido de la corriente. En corriente alterna el par de giro oscila a frecuencia doble. Si el momento de inercia del mecanismo de medida es suficientemente grande, la aguja se sitúa en el valor medio que indicara el valor eficaz. Por eso pueden utilizarse los aparatos de hierro

dulce giratorio tanto para corriente continua como para corriente alterna. Karcz, A. M. (1975).

Aparatos de medida de precisión. Los aparatos de hierro dulce giratorio se utilizan en ocasiones con chapas de aleaciones especiales para reducir su ciclo de histéresis, con ello se consigue un error de histéresis menor del 0.05% por lo que sus indicaciones para corriente continua y alterna son perfectamente concordante. Para mayor protección un apantallamiento doble protege contra los campos exteriores. Los aparatos de señal óptica, debido a su poco razonamiento y a duplicar la desviación mediante su espejo, tiene un consumo de potencia del orden de 0.1 W para desviaciones totales. Karcz, A. M. (1975).

2.2.2.2 Amperímetros.

Los mecanismos de medida con indicadores mecánicos se utilizan para corrientes de 0.03 a 300 A. los ópticos solo hasta márgenes de medida de algunos mA a final de escala.

No pueden utilizarse resistencia en paralelo para aumentar la gama de medida, ya que por el calentamiento y por la inductancia de la bobina de cobre aparecerían errores de temperatura y de frecuencia. Solo es recomendable aumentar la gama de medida en corriente alterna utilizando transformadores de intensidad. Karcz, A. M. (1975).

Se consiguen varias gamas mediante derivaciones en la bobina. Con esto se varia la distribución del campo y cada gama tiene su propia escala. En aparatos de medida más precisos pueden conectarse dos bobinas bifilares enrolladas conjuntamente en serie o en paralelo. Karcz, A. M. (1975).

2.2.2.3 Voltímetro.

Las resistencias en serie hacen que la tensión sea proporcional a la intensidad en la bobina. Estas en los aparatos de cuadro tiene una resistencia de cuatro a diez veces la de la bobina para evitar errores demasiados grandes de temperaturas y de frecuencia.

Existen errores debido al calentamiento. Para consumos de potencia de 1 W, la bobina del mecanismo de medida se calienta de 10 a 20 K aumentando su resistencia de un 4 a un 8%, y la intensidad que pasa a tensión constante disminuye consecuentemente. Cuento mayor es

la resistencia en serie del material independiente de la temperatura, tanto menor es la influencia de la bobina de cobre. Karcz, A. M. (1975).

2.2.3 Otros aparatos de medida.

2.2.3.1 Aparatos de medida de imán móvil.

Los aparatos de medida de imán móvil tienen una o varias bobinas fijas para la intensidad a medir, y un imán apoyado giratorio. El momento director lo proporciona un imán fijo. mediante un campo exterior constante, El imán se sitúa en la dirección de la resultante del campo director y del campo de la bobina. El imán móvil que anteriormente era una aguja magnética, es en la mayoría de los casos. un disco o tambor de material altamente coercitivo. con magnetización diametral. Para mecanismos de medida, que oscilen muy rápidamente. también se usan transversalmente pequeñas placas magnetizadas. Karcz, A. M. (1975).

El galvanómetro de imán giratorio es el aparato de medida electromagnético más antiguo. El campo magnético terrestre servía como campo orientador (por ejemplo, en las brújulas de tangente). Los aparatos de imán móvil por su robustez, se usan en vehículos para medir intensidades y cocientes. Otra aplicación importante es para mecanismos registradores conectados a amplificadores, ya que en estos casos las bobinas fijas pueden sobrecargarse mucho. Karcz, A. M. (1975).

Galvanómetro de imán giratorio y de vibración.

Este galvanómetro, poco amortiguado de oscilaciones rápidas y de frecuencia propia elevada, sirve como galvanómetro sensible de cero para puentes de medida y compensadores. Debido a su poco amortiguamiento, sólo la frecuencia límite produce oscilaciones fuertes de resonancia. Las sobreoscilaciones y la forma de la curva de la corriente alterna no influyen en la medida. Karcz, A. M. (1975).

2.2.3.2 Aparatos de medida por inducción

Un campo magnético variable, producido por la corriente a medir, produce un par de giro en un disco (o tambor móvil), de aluminio o cobre. Este par se forma como consecuencia de la acción variable del campo magnético con las corrientes inducidas en el disco. Actualmente sólo es interesante el mecanismo de medida de disco.

Mecanismo de medida por inducción de disco. El campo se forma partir de dos circuitos magnéticos cuyos campos atraviesan el disco por tres zonas según direcciones paralelas al eje. La figura 2.36 muestra la disposición de los circuitos magnéticos, la dirección de la inducción magnética producida. y las corrientes motrices inducidas en el disco. (Karcz, A. M. (1975).)

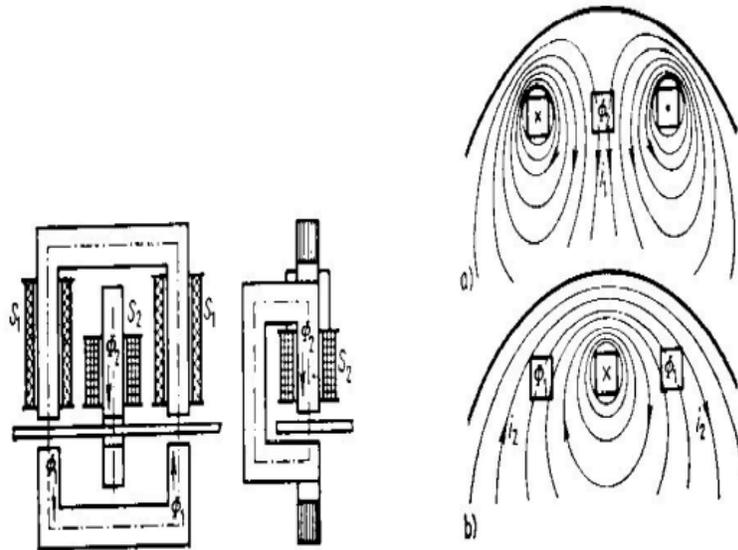


Ilustración 2 Mecanismo de medida por inducción (medida de campo migratorio); las corrientes impulsoras del disco de aluminio están producidas por el sistema de bobinas S1 en a) y S2 en b).

Fuente: Stockl, M., & Winterling, K. H. (1992). Técnica de las medidas eléctricas. (1.a ed.). Editorial Labor S.A

Según la conexión de las dos bobinas con el medidor por inducción, pueden construirse amperímetros y voltímetros, medidores de frecuencia, de potencia reactiva, de potencia efectiva y de fase, Constituye una desventaja la gran influencia de la frecuencia y de la temperatura, pero tienen la ventaja de construirse escalas de 360°

2.2.3.3 Aparatos de medida térmicos

El calor desarrollado en una resistencia óhmica es proporcional al valor eficaz de la intensidad —independientemente de la frecuencia y de la forma de la onda, mientras la resistencia permanezca constante. La temperatura por encima de la del ambiente, que se establece en el equilibrio, sirve para medir el valor eficaz de la intensidad. Como consecuencia de la capacidad térmica de la resistencia, ha de pasar un tiempo antes de

establecerse el equilibrio térmico. Durante este tiempo. Y para variaciones de la intensidad, se promedia el valor de medida. Este tiempo de respuesta es pequeño en los convertidores termoelectrónicos (generalmente $< 1s$); en cambio en los mecanismos bimetálicos, puede ser de hasta 15 min. Debe tenerse en cuenta la influencia de la temperatura ambiente; muchas veces se compensa de un modo conveniente.(Karcz, A. M. (1975).)

Aparatos con calefactor de hilo. Son los mecanismos de medida térmicos más antiguos; se utilizaban sobre todo para intensidades de altas frecuencias hasta algunos MHz.

Aparatos de medida bimetálicos

Se sueldan en caliente dos bandas metálicas de distinto coeficiente de dilatación y se enrollan posteriormente formando una espiral bimetálica. La corriente que pasa por la espiral la calienta, la enrolla más y gira el eje situado en el extremo interior que lleva la aguja. Cuando la espiral bimetálica ha alcanzado una cierta temperatura, para la cual el calor absorbido es igual al calor cedido, el giro de la aguja es aproximadamente proporcional al cuadrado de la intensidad. Por tanto, puede servir tanto para corriente alterna como para corriente continua. Karcz, A. M. (1975).

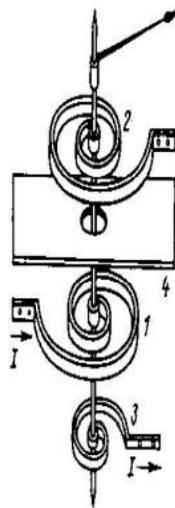


Ilustración 3 Mecanismo de medida biométrico.

1. Espiral bimetálica
2. Espiral de compensación.
3. Cinta para conducción de corriente.

4. Disco aislante.

Fuente: Stockl, M., & Winterling, K. H. (1992). Técnica de las medidas eléctricas. (1.a ed.). Editorial Labor S.A

La corriente a medir es conducida a través de un extremo de la espiral 1 sujeto al cuerpo del mecanismo de medida y recogida por el eje y una banda de cobre 3 de fuerza directriz despreciable. Para compensar las variaciones de la temperatura ambiente hay una espiral bimetálica 2 análoga, por la que no pasa corriente, y está enrollada en sentido opuesto. Una pantalla aislante intermedia 4 evita que la segunda espiral sea calentada por la corriente. No es preciso una amortiguación especial, la propia espiral crea el par opuesto. Karcz, A. M. (1975).

La respuesta es muy lenta con duración de hasta 15 min, y el límite de error es de un 2,5%. Los aparatos tienen un gran par de giro y una alta posibilidad de sobrecarga. La influencia de los campos exteriores es nula; la influencia de la frecuencia no aparece hasta la gama de audiofrecuencia.

Los mecanismos de medida bimetálicos indican el valor medio de la intensidad durante un tiempo de 8 a 13 min. También sirven para indicar máximos, mediante una aguja de arrastre, y para señalar a distancia un máximo de intensidad por medio de un dispositivo por contacto. Karcz, A. M. (1975).

2.2.3.4 Aparatos de medida electrostático

Modo de funcionamiento Sirven para medir tensiones y cargas y hacen referencia a ley de Coulomb (o sea a la relación entre dos cargas). Los electrodos uno fijo a la tensión a medir, y otro móvil, a menor tensión (generalmente la de la tierra) se atraen. Como la distancia entre ellos varia, la capacidad C es variable. Las fuerzas electrostáticas producen un par de giro, que mueve una aguja en un ángulo α respecto a un muelle de momento director D. Para tensión constante U, y diferenciando la energía del campo eléctrico $CU^*/2$, para un ángulo de desviación α , se obtiene la siguiente expresión para el par de giro. Karcz, A. M. (1975).

$$M_e = \frac{1}{2} * \frac{dC}{d\alpha} U^2$$

Ecuación 9 Par de giro aparatos de medida electrostático

Así pues, el par de giro es proporcional al cuadrado de la tensión U . En tensiones alternas de alta frecuencia, el órgano móvil no puede seguir las variaciones de tensión y, como consecuencia de su inercia, indica el valor eficaz de la tensión a medir. Dando una forma adecuada a los electrodos puede conseguirse que la escala, a partir del 10 al 20% del valor de fondo de escala, sea lineal. Karcz, A. M. (1975).

Voltímetros Para tensiones desde 100 V hasta algunos KV. los voltímetros se componen como condensadores variables. Un conjunto de placas móviles gira bajo la influencia de las fuerzas electrostáticas, dentro de un conjunto fijo de placas; el conjunto móvil está, muchas veces unido a tierra, mientras que el fijo se halla bien aislado.

El número de placas y la distancia entre ellas depende del valor final de la gama de medida. Los mecanismos de medida indicadores con eje horizontal y apoyados en agujas, sirven como aparatos de cuadro de poca exactitud. Los de precisión de las clases 0,5 y 0,2 se hacen con alojamientos de tensor de fleje e indicadores ópticos. Karcz, A. M. (1975).

Aparte de las corrientes de capacidad, los voltímetros electrostáticos no tienen consumo de potencia eficaz.

Voltímetro de alta tensión. En el voltímetro de Starke y Schroder, la alta tensión está en el electrodo 1 en forma de placa, que puede desplazarse. El fijo 2, unido a tierra, tiene una abertura en el medio, por la que mediante la fuerza del campo eléctrico se mueve una bandera metálica 3 móvil. Un fleje tensor proporciona la fuerza orientadora. La indicación se hace mediante un indicador óptico; en algunos modelos pueden conseguirse gamas de medida desde 15 KV a 600 KV. Variando la distancia entre los electrodos, puede también variarse el valor final de escala hasta ciertos límites. Karcz, A. M. (1975).

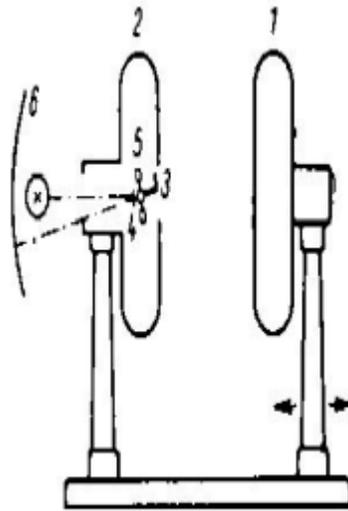


Ilustración 4 Voltímetro de alta tensión Starke y Schroder.

1. Electrodo desplazable.
2. Electrodo fijo.
3. Bandera giratoria.
4. Espejo giratorio.
5. Amortiguamiento por aire
6. Escala.

Fuente: Stockl, M., & Winterling, K. H. (1992). *Técnica de las medidas eléctricas*. (1.a ed.). Editorial Labor S.A

- a) Un modelo de voltímetro de alta tensión es el voltímetro de bola de Hueter. La fuerza de atracción entre una bola que está a tensión alta y otra de igual tamaño conectada a tierra, se mide con una balanza de muelle (gama de medida hasta 2 MV fondo de escala).
- b) Existen voltímetros de alta tensión completamente electrostáticos que basan sus medidas en la fuerza de atracción entre placas paralelas. En la gama de KV pueden conseguirse exactitudes de medida con una seguridad de hasta 0,01%.

2.3 Elementos normalizados, resistencias.

2.3.1 Unidades y patrones.

2.3.1.1 Unidades.

Unidades eléctricas absolutas

Están elegidas de modo que la unidad de la energía eléctrica sea idéntica a la unidad energética de la mecánica.

$$1 V * 1 A * 1 s = 1 W_s = 1 J = 1 Kgm^2s^{-2} = 1Nm$$

Ecuación 10 Unidades eléctricas absolutas

La relación de la unidad de tensión respecto a la unidad de intensidad, o sea la unidad de resistencia está determinada por.

$$1\Omega = \frac{1V}{1A} = \frac{10^7}{4\pi} \mu_0 \frac{m}{s}$$

Ecuación 11 Unidad de resistencia

Siendo μ la constante de inducción. Las unidades absolutas internacionales establecidas en Alemania desde el 1 de enero de 1948, forman, con las unidades básicas Kg. m. s y la unidad eléctrica A. el sistema coherente MKS. En los sistemas coherentes las ecuaciones de las unidades no tienen factores numéricos. Para diferenciarlas de las unidades internacionales utilizadas anteriormente, puede utilizarse el símbolo de la unidad absoluta con el subíndice "abs". (Karcz, A. M. (1975))

Las unidades absolutas de las magnitudes eléctricas proceden de las unidades electromagnéticas cgs de Gauss y Weber. Se basan en las unidades mecánicas cm, g, s y se deducen a través de la ley de Coulomb de la acción de las fuerzas. Al principio, Gauss y Weber utilizaron la ley de Coulomb. sin el factor geométrico $1/4\pi$ (1/ángulo sólido de una esfera completa) y daban a μ valor 1. El factor 10^7 se obtiene de la relación $Kgm^2/gcm^2 * 10^7/4\pi$.

El Amperio (A) está definido internacionalmente como la intensidad de corriente a lo largo de dos conductores paralelos indefinidamente largos, de espesor despreciable, y separados

1m, que ejercen una fuerza mutua electrodinámica de $2 * 10^{-7} N$ por metro de longitud. Prácticamente puede verse esta definición con una balanza de intensidad. Esta mide la fuerza de atracción entre dos conductores bien definidos que estén recorridos por una corriente. De este modo se establece la relación con el sistema mecánico de medidas. El ohmio (Ω) se establece midiendo una inductancia de dimensiones perfectamente conocidas. (Karcz, A. M. (1975))

Unidades internacionales

Como durante mucho tiempo fue imposible definir las unidades absolutas con la exactitud técnica precisa, se intentó acercarse a las unidades absolutas mediante determinaciones empíricas. En el año 1908 se establecieron acuerdos internacionales y se defino:

1 Ohmio internacional como la resistencia de una columna de mercurio de 106.300 cm de longitud y 14.4521 g de masa, con una sección de 1 mm² a la temperatura del hielo fundente,

1 Amperio internacional como la corriente que al circular constantemente por una disolución acuosa de nitrato de plata deposita 1.11800 mg de plata en el cátodo.

Como las mediciones de acuerdo con las definiciones anteriores eran muy difíciles. Las unidades internacionales se consiguieron prácticamente por el intercambio internacional de resistencias patrón y de elementos normalizados. Las unidades internacionales se reconocen por el subíndice “int”. (Karcz, A. M. (1975))

Relación con las unidades absolutas. Como muchas resistencias patrón y otros dispositivos de medida, que han sufrido envejecimiento, se han contrastado con las unidades internacionales, debe tenerse en cuenta las relaciones entre unidades internacionales y absolutas para las mediciones de precisión.

Relación entre unidades absolutas e internacionales	
$1V_{int} = 1.00034 V_{abs}$	$1V_{abs} = 0.99966 V_{int}$
$1A_{int} = 0.99985 A_{abs}$	$1A_{abs} = 1.00015 A_{int}$
$1\Omega_{int} = 1.00049 \Omega_{abs}$	$1\Omega_{abs} = 0.99951 \Omega_{int}$

Tabla 1 Relación entre unidades absolutas e internacionales

Fuente: Stockl, M., & Winterling, K. H. (1992). Técnica de las medidas eléctricas. (1.a ed.). Editorial Labor S.A

2.3.1.2 Patrones de tensión.

Elementos normalizados.

Son elementos galvánicos con una tensión apenas variables, y con una dependencia respecto a la temperatura. Puede cargarse solo ligeramente (por debajo de 0.1 mA) y durante poco tiempo para que la polarización de los electrodos sea despreciable. Por lo tanto, solo sirven para comparar tensiones con métodos de compensación. (Karcz, A. M. (1975))

Aparatos de tensión normalizados.

Los diodos Z de silicio tienen en la zona de bloqueo una tensión de ruptura determinada y apenas dependen de la temperatura. Si estos diodos trabajan en el sentido de bloqueo y con una tensión mayor sobre una resistencia, en el diodo se establece una tensión que puede utilizarse como tensión patrón. (Karcz, A. M. (1975))

Con unas conexiones de varios escalones y tomando medidas para compensar el error de temperatura remanente, se consiguen tensiones estables que superan a las de los elementos normalizados en constancia y en independencia de la temperatura.

Aparatos de tensión constante.

Dan una tensión constante, independientemente de la carga y dentro de ciertos límites. Como elemento de referencia de tensión usa un circuito de diodos Z, o un elemento normalizado. Un circuito constituido por transistores hace que la tensión ajustada permanezca independiente de la carga y de la tensión de la red. (Karcz, A. M. (1975))

Aparatos digitales de tensión constante.

Dan una tensión ajustable exactamente hasta seis decimales, prácticamente independiente de la carga.

Aparatos de intensidad constan.

Permiten obtener una corriente independiente de la resistencia de carga. hasta cierta tensión máxima. Los aparatos combinados de tensión e intensidad constantes para resistencia de carga muy grande, tienen una tensión regulable con gran exactitud y con pequeña resistencia

de carga, suministran una corriente igualmente regulable con precisión. La exactitud y constancia de la intensidad y la tensión alcanzan un 10^{-5} del valor teórico.

2.3.1.3 Resistencias normalizadas.

Se denominan resistencias normalizadas aquellas que tienen una exactitud y constancia máxima. Tienen contactos separados para la intensidad y la tensión (clavijas de potencial), así se evitan errores debidos a la resistencia de paso, en las clavijas de conexión. Generalmente se construyen en décadas desde $0.1 \text{ m } \Omega$ hasta

$100 \text{ K}\Omega$ para mediciones de precisión con puente. La posibilidad de carga en el aire es de al menos 1 W , y en refrigeración de aceite 10 W . Los valores de resistencia por debajo de 1Ω pueden sobrecargarse para dimensiones mayores. Los divisores de tensión normalizados tienen una relación exacta de división. Esta relación puede ser una potencia de diez más exacta que las resistencias parciales absolutas. (Karcz, A. M. (1975))

Se consideran homologables las resistencias normalizadas que difieren un máximo de 0.03% del valor teórico. Las diferencias generalmente son de 0.01% . Si las resistencias están muy bien construidas y cuidadas, los valores de resistencia de los patrones de laboratorio son realizables con precisión de un 10^{-5} .

2.3.2 Resistencias para corriente continua y alterna.

2.3.2.1 Resistencias.

Materiales para resistencias

Las resistencias de medidas se construyen de alambre (varillas o chapas de distintas aleaciones metálica) ya que los metales puros tienen una resistencia específica demasiado pequeña y un coeficiente de temperatura de la resistencia específica demasiado alto. Para resistencias de gran precisión. se emplean aleaciones de cobre-manganeso como base (por ejemplo, manganina) si no se espera una sobre-temperatura por encima de 15 a 20 K . Para valores grandes de resistencia y mayores temperaturas se utilizan materiales a base de cromo-níquel, que contrariamente a la manganina se sueldan con dificultad. Los de oro-cromo se

emplean en patrones de resistencia especiales para soportar cambios ambientales. (Karcz, A. M. (1975))

Las propiedades térmicas dependen en gran parte del proceso de fabricación y del tratamiento térmico. Las solicitaciones mecánicas al enrollar, así como las sobrecargas y variaciones del barniz aislante, pueden empeorar notablemente las propiedades. Como muchos barnices aislantes se alteran con la humedad del aire pueden ejercer una influencia contraproducente en los valores de las resistencias.

Propiedades para corriente alterna.

En corriente alterna, como consecuencia de las inductancias y capacidades, aparece un ángulo de error. que aumenta mucho la resistencia eficaz para alta frecuencias debido al efecto superficial. Como primera aproximación una resistencia en corriente alterna se comporta como un esquema equivalente que consta de una resistencia pura R con una inductancia L y conectada en paralelo una capacidad C.

Tipos de bobinado.

Para resistencias de hasta 500 Ω predomina la influencia de la inductancia del enrollamiento.

Bobinado bifilar. El alambre de la resistencia se enrolla en doble lazo de modo que el conductor de ida y el de vuelta estén casi uno al lado del otro. De este modo, la superficie en la que hay flujo producido por la intensidad a medir, es muy pequeña

Bobinas planas. El alambre de la resistencia se enrolla a un marco o placa fina. Para resistencias por encima de 500 Ω predomina la influencia de la capacidad en paralelo. Se separa, pues, la resistencia en bobinas cuyas capacidades estén conectadas una detrás de otra.

Bobina de cámaras. El cuerpo de la bobina tiene diversas cámaras. Dos cámaras consecutivas se enrollan en sentidos opuestos.

Bobina de Chaperón. El sentido del bobinado, es invertido en cada apoyo. En el bobinado Wagner, dentro del cuerpo de la bobina, hay un cilindro metálico, que está cortado para evitar la formación de corrientes parásitas. (Karcz, A. M. (1975))

Hilos con rozamiento y potenciómetros

Permiten una variación continua de la resistencia. Pueden estar rectos o generalmente enrollados al borde de un disco o sobre un tambor en forma de espiral. El contacto de fricción es de un material más blando (grafito, plata) que el hilo rozante. Al elegir la presión de contacto debe pensarse que si es alta disminuye la resistencia de paso, pero aumenta el desgaste del cursor. Para resistencias por encima de unos 10Ω hasta unos $100 K\Omega$ se utiliza un filamento de alambre en vez del hilo con rozamiento. Los potenciómetros de precisión de tres a diez filamentos tienen capacidad de discriminación entre dos valores con un error inferior al 0.1%. (Karcz, A. M. (1975))

Resistencias con capa de recubrimiento superficial fina.

Se construyen resistencias de capa de carbón. por ejemplo. Descomponiendo hidrocarburos en presencia de tubos cerámicos caliente. Se añade, por ejemplo, enlaces de boro y se consiguen resistencias estables con coeficientes de temperatura pequeños (generalmente negativos). Las resistencias por encima de $100 K\Omega$ tienen mayores coeficientes de temperatura. Para mayores exigencias, las resistencias están encerradas en tubos de vacío de cristal o cerámica. Las buenas resistencias de capa de carbón tienen valores de tolerancia y de estabilidad de 0.1 a 0.5% y por lo tanto, pueden utilizarse en muchos circuitos de medida.

2.3.2.2 Inductancias.

Las inductancias que se utilizan en las mediciones deben tener un valor nominal constante, pocas pérdidas y un campo de dispersión pequeño. La conexión equivalente para las resistencias. es válida también para las inductancias: consta de la inductancia pura L , la resistencia en serie R , y la capacidad en paralelo C . La capacidad del enrollamiento es inevitable y, al aumentar la frecuencia produce una resistencia aparente, que crece mucho más que si existiera proporcionalidad. El dispositivo puede trabajar como circuito oscilante. A frecuencia de resonancia de la bobina, la resistencia aparente real y el factor de pérdida es infinito. A frecuencias mayores la resistencia aparente es capacitiva. Las inductancias que se utilizan en las mediciones se usan sólo para frecuencias de aproximadamente 0.1 f. El factor de pérdida, se produce por las pérdidas activas en el hilo del enrollamiento, las pérdidas por corrientes inducidas y las pérdidas dialécticas. (Karcz, A. M. (1975))

Bondad de una inductancia. Es el valor recíproco del factor de pérdida. Todas las bobinas tienen un máximo de bondad para frecuencias medias y altas.

Patrones absolutos. Son bobinas cilíndricas sobre sólidos grandes de mármol o cerámica, con dimensiones tan precisas, que la magnitud de la inductancia puede ser calculada exactamente, a partir de los datos de la bobina. Sirven, sobre todo, para la determinación absoluta de la unidad de resistencia. En los patrones de inductancia mutua, el enrollamiento es bifilar y las conexiones de las bobinas contiguas, obtenidas por este método están muy separadas.

Patrones de laboratorio. Se obtiene una buena relación de resistencia a inductancia con bobinas al aire de sección cuadrada. Estos patrones tienen inductancia de 0,1 mH a 1H para valores de resistencia de 0.3 a 200 Ω . Los patrones de inductancia mutua son bifilares. En estas bobinas constituye una desventaja el gran campo de dispersión y, como consecuencia, de la influencia del medio ambiente en los datos de medida (Karcz, A. M. (1975))

Inductancias para mediciones. Se prefieren en forma toroidal. Las inductancias pequeñas constan de un anillo de cerámica que está cubierto regularmente por el enrollamiento o en el que éste está ahornado en plata conductora. Las inductancias grandes tienen un núcleo ferromagnético. Según la gama de frecuencia que se desee, el tamaño y las pérdidas que puedan convenir, se utilizan núcleos anulares o de campana de aleación de hierro-níquel muy permeable, o núcleos ferríticos cerámicos, para evitar pérdidas por corriente inducidas, los núcleos en anillo de gran inductancia constan de bandas laminadas muy finamente, y núcleos sinterizados de polvo de aleaciones muy permeables ligados con aglomerantes aislantes. Las corrientes parasitas en los núcleos ferríticos son poco importantes, debido a la gran resistencia específica. La influencia de la histéresis sobre la inductancia puede reducirse con entrehierros adecuados. Estos núcleos pueden corregirse variando los entrehierros. (Karcz, A. M. (1975))

Divisores inductivos de tensión. Están provistos de núcleos anulares ferromagnéticos con enrollamientos de varios hilos, conectados en serie. La relación de división depende del número invariable de espiras. Estos divisores tienen errores por debajo de 0.000001. Ósea que son más estables que los divisores de resistencias.

2.3.2.3 Capacidades

Los condensadores que se utilizan en las medidas, poseen muchas veces un doble blindaje, que forma capacidades parciales con las cargas. La pantalla interior está unida a la clavija. Su capacidad C frente a la clavija se suma a la capacidad total C . La pantalla exterior tiene una clavija especial que, en muchos esquemas de medida, está unida a tierra.

Las conexiones y muchas veces los propios condensadores, tienen una pequeña inductancia L que está unida en serie a la capacidad C . De este modo la capacidad eficaz disminuye para frecuencias altas. A la frecuencia de resonancia en serie desaparece la componente reactiva y la componente aparente se convierte en real. Para las mediciones puede utilizarse un condensador solo para frecuencias $F < 0.1f$ si el error debe mantenerse por debajo del 1%.

- a) Las pérdidas dieléctricas aparecen, no sólo en el dieléctrico, sino también en los aislantes captados por los campos de dispersión. Las pérdidas óhmicas aparecen en los conductores y en los revestimientos, y también pueden ser debidas a un aislamiento defectuoso.
- b) Los patrones absolutos tienen un dieléctrico de aire o gas, con una forma sencilla de placas y aislantes distanciadores, generalmente de cuarzo. Sus valores pueden determinarse a partir de sus dimensiones. Las dispersiones marginales se eliminan, según el principio del anillo protector.
- c) Los patrones de laboratorio son condensadores de aire con valores fijos de 100 hasta 10.000 pF, que para pequeñas capacidades adicionales, se agrupan y se montan en paralelo. Los condensadores giratorios con placas circulares y lectura por nonius, sirven para interpolar los valores intermedios.
- d) Los condensadores con aire o gas tienen con el cierre hermético frente a la atmósfera una variación relativa de capacidad de menos de $20 * 10^{-6}$ por año, y un coeficiente de temperatura de alrededor de $2 * 10^{-6}/K$.

- e) Los condensadores de mica tienen una variación relativa de capacidad de menos de 10^{-4} por año. Se usan para capacidades grandes de hasta 10 μF y en los lugares en que los condensadores de aire son demasiado grandes y costosos.
- f) Los condensadores con dieléctrico de mica o styroflex pueden conectarse en paralelo a voluntad. Los buenos condensadores de styroflex destacan por su buena constancia a lo largo del tiempo.
- g) Condensadores de gas a presión. La intensidad de campo de ruptura de los gases crece proporcionalmente con la presión, en cambio la constante dieléctrica varía poco. Por esto se construyen condensadores de alta tensión, encerrados en recipientes presurizados, llenos de nitrógeno hasta 16 bar. Siguiendo este principio se construyen condensadores para tensiones de hasta 1.500 KV. Las capacidades pueden ser de 20 a 200 pF según la tensión y la magnitud.

2.4 Amplificadores eléctricos de medida.

Los instrumentos electromecánicos de medición extraen del circuito de medida la energía eléctrica necesaria. La potencia eléctrica requerida (llamada también consumo propio) para una desviación permanente de aguja de los instrumentos de medición. Es de algunos μW en sistemas de medida sensibles de bobina giratoria, hasta algunos W en impresores. Muchos circuitos de medida no están en condiciones de suministrar esta potencia de medida. En la conexión directa de un aparato de medición varía la magnitud de medida: la tensión o la corriente se reducen y aparecen errores de medida. El amplificador de medida se encarga de suministrar la potencia (que es proporcional a la magnitud de medida) en los aparatos indicadores e impresores, sin afectar la magnitud de medida debida a la absorción de la potencia de mando.

Los amplificadores son necesarios, además, cuando un valor de medida debe ser almacenado o elaborado ulteriormente. Con los amplificadores, los valores de medida se pueden sumar, restar, tomar logaritmos, integrar o someter a otras operaciones matemáticas, incluso pueden intervenir en el desarrollo de un proceso técnico, en circuitos de mando y de regulación.

Un amplificador de medida debe:

- a) Suministrar una tensión proporcional a la magnitud de medida o bien una corriente proporcional de determinada potencia.
- b) Requerir la mínima potencia de mando.
- c) Seguir cualquier variación del valor de medida con el menor retraso de tiempo posible.
- d) Consumir poca energía auxiliar.
- e) Acusar prolongada duración y una gran seguridad de funcionamiento.

Los amplificadores de medida contienen elementos de construcción activos a los que una tensión o una corriente de entrada, activan el mando de un segundo circuito. Elementos activos son por ejemplo transistores, válvulas electrónicas, circuitos magnéticos no lineales y resistencias fotoeléctricas regulables. Los amplificadores contienen, además, elementos de construcción pasivos, como resistencias, condensadores, inductancias, diodos, etc.

Finalmente diremos que las propiedades de los amplificadores de medida están determinadas por la clase y el dimensionado del circuito externo, y primordialmente por la realimentación negativa. Los amplificadores de operación están destinados especialmente para operar con realimentación negativa.

2.4.1 Elementos activos del amplificador.

2.4.1.1 Transistores

Actualmente, en la mayoría de los amplificadores de medida se utilizan transistores como elementos de mando, entre ellos tienen preferencia los transistores de silicio. Los transistores bipolares con la sucesión de capas n-p-n o p-n-p son elementos de mando por corriente, con resistencia de entrada relativamente baja; en cambio los transistores de efecto de campo son elementos de mando por tensión con elevada resistencia de entrada.

Transistores bipolares.

Se utiliza principalmente el circuito de emisión, con el emisor como unión común para entrada y salida. La corriente de mando i pasa hacia la base a través del condensador de bloqueo, estableciéndose el punto de trabajo mediante la corriente de reposo de base. La

corriente de base regula la corriente del colector. La tensión previa de colector, es positiva en el transistor n-p-n y negativa en el transistor p-n-p. La relación entre la corriente alterna de colector y la corriente alterna de base siendo constante la tensión del colector, es el factor de amplificación de la corriente. Para la amplificación de la tensión se conecta entre el colector y su generador de tensión.

Transistores de efecto de campo (FET).

Entre dos electrodos dotados del mismo signo, emisor (source) y colector (drain), se encuentra un canal semiconductor cuya conductividad está regulada por el campo de otro electrodo, puerta (gate). En la técnica de medición se utiliza preponderantemente FET-MOS del tipo enriquecido por canal p con electrodos p y un electrodo de mando (gate) de metal aislado mediante SiO₂ (MOS: Metal-Oxido- Semiconductor). En el tipo enriquecido, el canal no posee propiedades conductoras en estado libre de tensión, se transforma en conductor cuando el valor de la tensión entre la fuente y la puerta sobrepasa un nivel de perceptibilidad.

Circuitos de conmutación compactos integrados (IC o IS).

En estos circuitos se encuentran integrados, por encima y por dentro de plaquetas monocristales de silicio de unos pocos mm² de superficie, circuitos completos de amplificación con transistores, resistencias y en casos especiales, por condensadores. Los circuitos de conmutación integrados ocupan poco espacio, y poseen al grado de seguridad y resultan económicos, la estructura compacta asegura la una conformidad de temperatura de los miembros de conmutación. Los circuitos integrados poseen también un amplio campo de aplicación en la técnica digital.

2.5 Medición de corriente, tensión, frecuencia y potencia.

2.5.1 Medición de corriente y tensión continua con aparatos de medida de aguja.

2.5.1.1 Influencia de los aparatos de medida sobre el circuito a medir.

La conexión de los aparatos de medida en un circuito produce una variación de la distribución de la corriente y de la tensión en el circuito a medir, Los errores que aparecen en las magnitudes medidas pueden de esta manera, ser objeto de corrección.

Correcciones en caso de medido simultanea de corriente y tensión. En un circuito formado por una resistencia y un generador de tensión, existen dos posibilidades de conexión. En la conexión "correcta para la corriente", según la figura 5.a), el amperímetro mide la corriente I que circula a través de la resistencia R , en cambio el voltímetro mide la caída de tensión U en la resistencia, incrementada por la caída de tensión $U_A = R_A * I$ en el amperímetro. Con la tensión U_V del voltímetro V , se obtiene la ecuación de corrección.

$$U = U_V - R_A I$$

Ecuación 12 Correcciones en caso de medido simultanea de tensión.

En la conexión "correcta para la tensión", según la figura 5.b). el voltímetro mide correctamente la tensión U . En cambio, el amperímetro mide la corriente I_A incrementada en la corriente $I_V = U/R_V$. Obteniéndose la ecuación de corrección:

$$I = I_A - \left(\frac{U}{R_V}\right)$$

Ecuación 13 Correcciones en caso de medido simultanea de corriente.

Cuando la medición es para tensiones mayores, se elige convenientemente la disposición según la figura 5.a). En cambio, en la medición de corrientes mayores se elige la disposición de la figura 5.b). ya que las correcciones tienen menor importancia o pueden ser desechadas completamente.

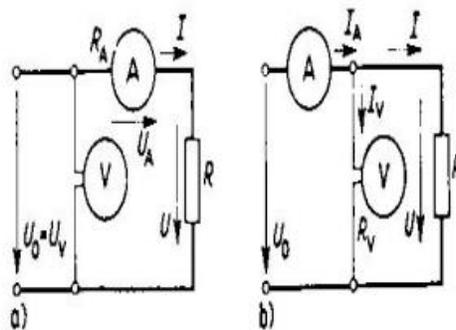


Ilustración 5 Circuito de amperímetro y voltímetro

- a) Indicación correcta de corriente.
- b) Indicación correcta de tensión.

Fuente: Stockl, M., & Winterling, K. H. (1992). Técnica de las medidas eléctricas. (1.a ed.). Editorial Labor S.A

2.5.1.2 Medición de corrientes, tensiones y cargas mínimas.

Límite natural de conexión.

Todas las corrientes y tensiones están afectadas por fluctuaciones no periódicas, a consecuencia del movimiento térmico de los portadores de carga. que disminuyen la medición y la exactitud de medida. A esto se le suma el ruido de los componentes activos en los amplificadores, y en los aparatos de medida con indicadores, y la fluctuación de la indicación originada por el movimiento browniano de los órganos móviles.

Medición práctica.

Como aparatos de medida, sirven los galvanómetros de cuadro móvil, o amplificadores de medida con aparatos indicadores analógicos o digitales. Si el objeto a medir suministra una tensión superpuesta (por ejemplo, tensiones termoeléctricas, potenciales biológicos o químicos) entonces se necesitan sistemas de medida sensibles a la tensión. La resistencia del circuito de medida es pequeña y se requiere una gran estabilidad de tensión.

Los galvanómetros sensibles a la tensión, cuya resistencia limite corresponde a la resistencia de medida permiten alcanzar el límite natural. De manejo más cómodo y fácil, son los amplificadores sensibles a la tensión, con desviación de tensión offset pequeña (especialmente los amplificadores con modulación de la tensión de entrada). Para aprovechar al máximo una elevada sensibilidad a la tensión, el circuito debe estar libre de tensiones perturbadoras de contacto y termoeléctricas. Por ejemplo, la sujeción de un conductor de cobre a un tornillo de contacto de latón puede dar lugar a tensiones termoeléctricas del orden de un μV . También los interruptores de toma de tierra para el campo magnético terrestre originan tensiones de ese orden.

2.5.1.3 Medición de corrientes y tensiones elevadas.

Las corrientes continuas hasta de unos pocos kA se miden, generalmente a través de la caída de tensión en una resistencia en derivación. La caída de tensión es, por ejemplo, de 100 mV, de modo que a 1 kA se transforma en 100 W en la resistencia en derivación. Como la sobre temperatura no debe ser superior de 20 a 20 K, una resistencia en derivación semejante,

resulta muy grande y pesada. En caso de intensidades muy elevadas se emplea, preferentemente, transformadores de corriente continua. Las tensiones continuas elevadas se miden con voltímetros de cuadro móvil o bien con voltímetros electrostáticos. En caso de tensiones elevadas superiores a los 30 kV. las resistencias previas están formadas por resistencias separadas dispuestas simétricamente. Mediante electrodos de potencial, se consigue que el campo eléctrico a lo largo de las resistencias sea lo más homogéneo posible. El extremo de la resistencia previa dirigida hacia el aparato de medida, está unida mediante una bornera puesta a tierra (a través de tramos de descarga o diodos Z) para que la corriente de medida sea conducida hacia tierra en caso de desconexión errónea del aparato de medida bajo tensión.

2.5.2 Medición de corriente alterna.

2.5.2.1 Medición de corrientes y tensión

Medición de corriente alterna

Los aparatos de hierro móvil indican directamente el valor efectivo, Son apropiados para mediciones de corrientes alternas industriales de frecuencias hasta uno, 400 Hz. En caso de corrientes no sinusoidales con factor de cresta grande, pueden originarse errores a través de la saturación de las partes de hierro dulce, cuando los valores de puntas son elevados. Los campos de medida más importantes están con. prendidos entre 0,1 y 50 A; para intensidades más elevadas se emplean transformadores de intensidad. La absorción de potencia está comprendida entre 0.1 y 2 W. La inductividad de la bobina carece de importancia cuando la corriente es superior a 1 A, y la frecuencia de la red.

- a) Los aparatos térmicos de medida, especialmente los convertidores termoeléctricos, son, también, apropiados para frecuencias mayores de hasta más de 10 MHz y para intensidades menores, de hasta menos de 1 mA. Pueden ser calibrados con corriente continua, por lo cual son también apropiados para mediciones comparativas de precisión.
- b) Los aparatos de cuadro móvil con rectificador miden el valor medio. Sin embargo, la escala está calibrada para el valor efectivo, siempre bajo la participación del factor de

forma para corriente sinusoidal. Por ello los aparatos de cuadro móvil con rectificador dan una indicación errónea de la corriente no Sinusoidal.

- c) Según el tipo de rectificador y de circuito. también los aparatos de cuadro móvil con rectificador pueden ser empleados para frecuencias superiores de hasta 1 MHz. El consumo de potencia vendrá determinado por la caída de tensión necesaria, entre 0,2 y 1 V.

Medición del factor de forma. El factor de forma de una corriente puede ser determinado mediante la medición del valor efectivo I y la medición simultánea del valor medio. Como aparato de medida se emplean aparatos de cuadro móvil con rectificador, que generalmente están calibrados para corriente alterna sinusoidal. Para obtener el valor medio se debe dividir el valor indicado por el factor de forma para corriente sinusoidal.

Medición de tensión en alterna.

Los aparatos de hierro móvil con resistencia adicional se emplean con preferencia para cuadros de mando y aparatos de precisión. La desventaja consiste en el elevado consumo de potencia (hasta 10 W), especialmente a tensiones bajas, A tensiones superiores se emplean transformadores de tensión. El límite superior de frecuencia se encuentra cerca de 500 Hz.

- a) Los aparatos de cuadro móvil con rectificador, destacan por el escaso consumo de corriente. Estos miden el valor medio: sin embargo, la escala se halla calibrada en base al valor efectivo de la tensión sinusoidal.
- b) Los aparatos térmicos con resistencia adicional miden el valor efectivo.
- c) Los aparatos electrostáticos no tienen prácticamente consumo de potencia efectiva. Miden el valor efectivo. Su campo de aplicación va desde algunos 100 V hasta 1 MV.

Voltímetro de créala. Los aparatos equipados con lámparas de efluvio aprovechan la propiedad de una descarga de efluvio para encender tan sólo cuando se alcanza una tensión

mínima. La tensión se aplica a la lámpara de efluvio mediante un divisor de tensión capacitivo con relación de división variable. El condensador divisor inferior se reduce hasta que la lámpara de efluvio, situado en paralelo con el, se enciende. Su capacidad puede ser calibrada, entonces, directamente en valores de tensión de cresta.

Aparatos de escala ampliada. Estos aparatos indicadores, denominados también de medida del valor principal o de medida del valor de régimen, con campo inicial reducido, sirven para el control más exacto de la tensión entorno a un valor de régimen.

Para el control de la tensión de régimen de 220 V es suficiente, por ejemplo, el campo de indicación de 200 a 240 V. En caso de una tensión mecánica adicional del muelle del sistema de medida, no existiría la posibilidad del control del punto cero. Por eso se prefieren circuitos con resistencias no lineales.

Medición de tensiones y corrientes bajas.

Como los sistemas de medida de hierro móvil indican el cuadro del valor medido estos aparatos no son apropiados para tensiones inferiores a 100 mV e intensidades inferiores a 100 μ A. Los aparatos de bobina móvil con rectificador, no son aptos para tensiones inferiores de 10 mV. Para tensiones bajas se utilizan amplificadores apropiados y el aparato de medida se conecta a la salida del amplificador. De esta forma es posible medir tensiones alternas bajas, hasta el límite de ruido dado por el ancho de banda del amplificador según el apartado. En caso de intensidades bajas, se mide la caída de tensión en una resistencia efectiva de fase pura.

Para la medición de la tensión en puentes de medida de corriente alterna y compensadores, tiene aplicación el auricular de medida como el aparato de cero más simple en la gama de frecuencia de 500 a 5000 Hz. y el que con una resistencia interna de 100 Ω permite detectar incluso 1 nA a 500 Hz. Es conveniente proteger el oído contra intensidades muy elevadas de ruido mediante diodos conectados en paralelo.

2.5.2.2 Comparadores de corriente continua y corriente alterna

Es posible reducir la medición de corriente alterna a una medición de corriente continua, mediante la comprobación del valor efectivo de una corriente alterna con la continua. Esta medición puede ser efectuada con gran exactitud con un compensador de precisión.

Comparación con aparatos de precisión. Estos permiten la comparación de corrientes y tensiones, continuas y alternas, dentro de la exactitud de medida de los aparatos de medida electrodinámicos, como son los aparatos de medida de bobina móvil y convertidores termoeléctricos de las clases 0.1 y 0.2.

Comparador con convertidor termoeléctrico. En primer lugar, se conectan dos convertidores termoeléctricos prácticamente iguales, en serie con el calentador y en oposición con los elementos termoeléctricos. El equilibrio se efectúa por medio de resistencias, hasta que sea imposible medir diferencia alguna de tensión termoeléctrica. Posteriormente se conecta uno de los calentadores a la corriente alterna a medir y el otro a la corriente continua que puede ser medida con un compensador. Se equilibra nuevamente hasta que desaparezca la diferencia de tensión termoeléctrica, invirtiendo también la polaridad y cambiando los convertidores termoeléctricos entre sí. Sólo entonces se puede contar con que el valor efectivo de la corriente alterna coincida con el valor de la corriente continua hasta en algunas centésimas.

Comparador de momento de giro. Los momentos de giro de dos sistemas de medida, por uno de los cuales circula corriente alterna y por el otro, corriente continua, actúan en sentidos opuestos. Para la corriente alterna se emplea, o bien dos sistemas de medida electrodinámicos o bien un sistema de medida electrodinámico, y para la corriente continua un sistema de medida de bobina móvil. La indicación de las discrepancias respecto a la igualdad de los momentos de giro se efectúa por medio de un indicador luminoso. La inseguridad con este dispositivo es también, de algunas centésimas.

Compensador de tensión de cresta. También con los compensadores de tensión de cresta pueden ser efectuadas mediciones muy exactas de tensión alterna; en caso de factor de distorsión no lineal muy pequeño (inferior a 0.1%). A la tensión creada por una rectificación de cresta se conecta, en oposición, una tensión continua. También los voltímetros digitales para tensión alterna trabajan según este principio.

2.5.2.3 Medición de corrientes y tensión mixtas.

Los valores eficaces se miden con aparatos de medida electrodinámicos, aparatos electrostáticos, térmicos y aparatos de medida con hierro móvil. Las componentes de corriente y tensión continuas son indicadas mediante aparatos de medida de bobina móvil. El valor eficaz de las componentes continuas de la corriente y de tensión, se obtiene con aparatos de medida de valor eficaz, bajo interconexión de un transformador.

Generalmente se miden sólo dos magnitudes y la tercera se calcula midiéndose la componente continua y el valor eficaz de la corriente mixta. La componente alterna no es apropiada para obtenerse directamente.

En la medición de las componentes se debe elegir el campo de medida según la magnitud de la corriente o de la tensión mixtas, ya que la acción térmica se origina a través de la corriente total. Debido al excesivo calor de Joule de la componen no indicada, podría tener lugar un deterioro del dispositivo de medición.

Los mejores resultados se obtienen cuando las componentes de corriente continua y alterna son similares. Si la una es solo el 10% de la otra, la diferencia entre la magnitud mixta y la componente mayor será sólo de un 0.5%. Los errores más normales de los aparatos de medida son del mismo orden, de modo que el cálculo de las demás magnitudes no da seguridad.

2.5.2.4 Medición de tensiones y corrientes de altas frecuencias.

La influencia de las inductancias y capacidades del aparato de medida sobre la medición aumenta con la frecuencia. En las mediciones de tensiones y corrientes de altas frecuencias son necesarios aparatos con inductancias en serie y capacidades en paralelo (especialmente pequeñas en la entrada). Se requieren, además, amplificadores de medida cuando se debe extraer poca potencia del circuito de medida.

Amperímetro de alta frecuencia.

La corriente alterna de alta frecuencia puede ser medida directamente con el convertidor termoeléctrico o a través de la caída de tensión en una resistencia óhmica pura. Para corrientes superiores a 5 A son apropiados transformadores de corriente de alta frecuencia.

2.5.3 Medición del trabajo, potencia, factor de potencia y ángulo de fase.

El trabajo eléctrico suministrado al consumidor debe ser medido en forma especialmente exacta, ya que por él se rigen los costes de la energía. En los puntos de entrega de la energía (por ejemplo, de una central eléctrica a otra o en conexión a una fábrica) cada una de las dos partes puede tener un dispositivo de medida, debiendo indicar ambos dispositivos, idénticos valores de medida para evitar problemas de facturación. También la potencia debe ser determinada con mucha exactitud, ya que constituye una de las características de garantía (por ejemplo, pérdidas de los transformadores o rendimiento de las maquinas eléctricas).

Los dispositivos de medida para el trabajo y la potencia se conectan de la misma manera. La corriente perteneciente al trabajo o bien a la potencia circula siempre a través del circuito del amperímetro, y la tensión correspondiente esta aplicada en el circuito voltimétrico del contador de trabajo o del vatímetro. Mientras que el vatímetro electrodinámico indica el valor medio de la potencia, el contador integra además la potencia sobre el tiempo y registra el trabajo así obtenido en un dispositivo contador.

Para la medición directa del factor de potencia, así como para la medición de la potencia, se utilizan sistemas de medida electrodinámicos. Por otra parte, el factor de potencia puede ser determinado en forma indirecta a partir de la potencia activa y de la aparente. A partir de dicho factor se puede determinar, también, el ángulo de fase, En todas estas mediciones se aplicarán simultáneamente la tensión y la corriente.

2.5.3.1 Medición de la potencia en corriente continua y alterna.

Corriente continua.

En corriente continua la potencia se obtiene en forma sencilla, mediante una medición de corriente y tensión, a partir de.

$$P = U * I$$

Ecuación 14 Potencia

Entonces deben efectuarse. eventualmente, correcciones en forma análoga. También el método de compensación puede ser aplicado para la determinación indirecta de la potencia.

Los vatímetros electrodinámicos tienen menos aplicación para corriente continua. En los sistemas de medida con hierro aparece en una clase de precisión, y a consecuencia de la histéresis, un error mayor que en corriente alterna. Deberán evitarse las conclusiones ambiguas a que daría lugar una medición directa de la potencia.

Cuando una potencia debe ser objeto de una regulación o cualquier elaboración posterior (por ejemplo, en máquinas de corriente continua) se emplea también multiplicadores "Hall".

Potencia activa en corriente alterna.

Para medir la potencia activa con una intensidad de unos 10 A y 1 kV aproximadamente se emplea la conexión directa, para intensidades mayores emplearemos la conexión semi-indirecta, y en alta tensión la conexión indirecta. Para medir la potencia del consumidor, para intensidades pequeñas y tensiones mayores, se emplea la conexión correcta según la corriente o la conexión mixta, y para intensidades mayores y tensiones pequeñas se utilizará la conexión correcta para la tensión. Para medir la potencia del productor se procede a la inversa. De esta forma las correcciones son generalmente innecesarias.

Los sistemas de medida electrodinámicos, generalmente, no son apropiados para mediciones de potencia con tensiones inferiores a 1V, debido a que no es posible dimensionar la bobina de tensión correspondiente. En estos casos, la potencia efectiva se mide indirectamente para los campos de medida.

Los circuitos con transformador de corriente, deben ser empleados para corrientes menores que la corriente nominal del vatímetro (o sea para la transformación en alta de la corriente de medida) sólo en la conexión correcta según la tensión ya que estos transformadores de corriente tienen por lo general caídas de tensión realmente grandes.

Potencia aparente.

En general la potencia aparente se calcula a partir de los valores eficaces de la tensión y de la corriente. Para su medición se debe formar, en un sistema de medida, el producto de los valores eficaces de la tensión de la corriente. Los valores eficaces son transformados en corrientes continuas proporcionales (en un circuito rectificador) y su producto indicado, con un sistema de medida electrodinámico. Como este método tiene aplicación para frecuencias

elevadas y su funcionamiento debe ser en gran medida sin pérdidas, deberán ser conectados, en general amplificadores intermedios.

Potencia reactiva.

Para poder determinar la potencia reactiva con un dispositivo de medida electrodinámico, la corriente que circula a través de la bobina de tensión debe ser desfasada 90° respecto a la tensión que la origina. Esto se consigue, por ejemplo, mediante la conexión de Hummel, con la cual se conecta una bobina de reactancia en serie respecto a la bobina de tensión: en paralelo a esta una resistencia efectiva, y en serie con esa conexión en paralelo, otra reactancia. Por esto un medidor de potencia reactiva semejante, solo es utilizable para la frecuencia nominal indicada; el campo de medida de la tensión debe ser ampliada solamente a través de un transformador de tensión.

Cuando a un medidor de potencia reactiva en forma análoga a un contador de energía reactiva se le suministra una tensión sinusoidal, el mismo mide solamente la potencia reactiva de la oscilación fundamental.

Medición indirecta de la potencia en corriente alterna.

Cuando la tensión en el consumidor baja a menos de 10 V o las corrientes que circulan son muy pequeñas (menos de 0,1 A), las mediciones de la potencia con dispositivos de medida electrodinámicos son muy imprecisos. Es entonces cuando se aplican procedimientos indirectos.

La mayoría de las mediciones indirectas de la potencia activa o de la potencia reactiva se reducen a mediciones de corriente de tensión, y a una determinación del ángulo de fase o bien del factor de potencia.

2.5.3.2 Medición de potencia en corriente trifásica.

Si a un consumidor llegan n conductores, se necesitan en principio n dispositivos de medida de potencia. Uno de los conductores puede ser considerado como conductor de retorno, para que, en caso de tensiones y corrientes asimétricas arbitrarias, la medición de la potencia total transmitida sea perfecta.

Como en corriente trifásica, excepto en redes de distribución de tensión baja, las tensiones y corrientes tienen frecuentemente poca asimetría. Esto es debido a que el desplazamiento de fase entre las mismas en los tres ramales es por lo general de unos 120° y tienen aproximadamente la misma magnitud (se emplean una serie de circuitos, más sencillos). También se diferenciarán entre sistemas de cuatro y de tres conductores.

2.5.3.3 Medición del factor de potencia y del ángulo de fase.

Medición directa del factor de potencia.

Se emplean sistemas de medición electrodinámicos (sistemas de medida de campos cruzados). Debemos tener en cuenta, sin embargo, que dichos sistemas acusan un error relativamente grande y por lo tanto no es conveniente calcular la potencia activa con su indicación, a partir de la corriente y de la tensión.

Corriente trifásica. En caso de carga simétrica el factor de potencia es el mismo para todos los ramales, de modo que un aparato de medida es suficiente. Por otra parte, no es necesario el circuito especial para el desplazamiento de fase de las corrientes en las bobinas cruzadas.

Cuando la medición es indirecta los factores de potencia para carga simétrica pueden ser calculados a partir de los valores de tensión, corriente y potencia activa pertenecientes al mismo.

Medición del ángulo de fase.

El ángulo de fase y entre la tensión y la corriente puede ser determinado directamente mediante el oscilógrafo o con el vectorímetro.

El ángulo de fase puede ser calculado indirectamente por medio del factor de potencia. Los vatímetros electrodinámicos, sin embargo, sólo pueden dar información sobre el signo de la potencia efectiva, es decir más o menos. Pero el aparato al ser examinado puede comportarse, además, como una capacidad C o una inductancia L , es decir que puede tener un ángulo de fase positivo (medido en sentido contrario las manecillas del reloj) o negativo.

En corriente alterna monofásica pueden presentarse (por ejemplo, en la medición de una potencia positiva) ambas posiciones de fase, para la corriente I . Mediante la conexión en

paralelo de un condensador, se puede reconocer entonces fácilmente. cuál de ambas posibilidades es la que se presenta: si la corriente se hace mayor después de conectar el condensador, entonces existe por lo general una reactancia Capacitiva, en caso Contrario una inductiva.

En corriente trifásica con carga simétrica, por el contrario, el procedimiento de los dos vatímetros da directamente el ángulo de fase en magnitud y dirección. (Karcz, A. M. (1975))

2.6 Medición de resistencias

2.6.1 Conexiones para mediciones de resistencias.

2.6.1.1 Medición de corriente y tensión.

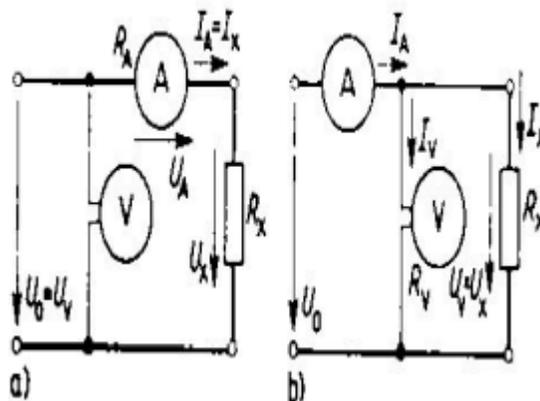


Ilustración 6 Determinación de la resistencia por medio de la corriente y la tensión.

a) Conexión correcta para la corriente.

b) Conexión correcta para la tensión.

Fuente: Stockl, M., & Winterling, K. H. (1992). Técnica de las medidas eléctricas. (1.a ed.). Editorial Labor S.A

En la conexión correcta para la corriente, según la figura 6.a) el amperímetro mide la corriente $I_A = I_X$ que pasa por la resistencia a ser medida R_x ; el voltímetro, por el contrario, mide la caída de tensión en la resistencia R_x del amperímetro. Por ello, la resistencia buscada

$$R_X = \frac{U_X}{I_X} = \frac{U_V}{I_X} - R_A$$

Ecuación 15 Rx del amperímetro

La resistencia R_A del amperímetro puede ser despreciada, si esta es lo suficientemente pequeña con respecto a la resistencia R_X , a medir. Por consiguiente, la anexión de la figura 6.a) se utilizará preferentemente para la medición de grandes resistencias. Debido a la formación de la diferencia en el miembro de la derecha. (Karcz, A. M. (1975))

En la conexión correcta para la tensión según la figura 6.b) el voltímetro junto con la resistencia interna R_V se halla en paralelo con la resistencia R_X a medir. Sin embargo, el amperímetro mide la corriente que circula por el voltímetro. Por consiguiente.

$$R_X = \frac{U_X}{I_X} = \frac{U_V}{I_A - (U_V/R_V)}$$

Ecuación 16 RX del voltímetro

Si R_V es lo suficientemente mayor que U_V , entonces el miembro de corrección puede ser despreciado. Por lo tanto, la conexión según la figura 6.b) es utilizada preferentemente en la medición de pequeñas resistencias. Si la corriente que pasa por el voltímetro, es mayor que la corriente I_X , que circula a través la resistencia, entonces esta conexión no es conveniente debido al crecimiento del error por la diferencia que aparece en el denominador.

Error de medición. La exactitud de la medición de la resistencia depende de los errores de los apartados de medición utilizados. Para aprovechar al máximo la precisión de los mismos, se elegirán en lo posible, tensión y campos de medición de tal modo que la desviación del indicador se encuentre en el último tercio de la escala.

2.6.2 Medición de resistencias elevadas.

Con el aumento del valor de las resistencias a medir, se debe utilizar instrumentos de medición de sensibilidad siempre mayores (por ejemplo, en voltímetro), cuando se debe medir la tensión y la corriente (o en aparato de cero en el puente). según el objeto de medición (tensión de medida admisible y otras particularidades) el límite de este procedimiento se encuentra, en condiciones especialmente favorables, aproximadamente alrededor de $10^{18}\Omega$.

Conductancia límite. Como conductancia límite se define aquella conductancia cuya conexión en paralelo con el objeto de medición produce una variación apenas perceptible en el indicador del aparato de medición. Esta determina, juntamente con la calidad y la estabilidad de los elementos de la conexión, la exactitud posible de la medición.

Si se debe medir, por ejemplo, una resistencia de $10^8 \Omega$ con una inseguridad del 1%, entonces una variación de esta resistencia en un 1% debe producir una variación perceptible en la desviación del indicador (por ejemplo del aparato de cero). Por consiguiente, la conductancia debe ser menor que 10^{-8} S (mayor que $10^{10} \Omega$). Con la misma disposición de medición se pueden medir resistencias de $10^9 \Omega$ con una exactitud de $\pm 10\%$.

Aislamiento. Un aislamiento insuficiente puede producir errores de medición por derivación. Los puntos críticos de la conexión de medida deben estar bien protegidos. Así, mediante anillos de protección pueden ser descargadas corrientes parásitas.

Blindaje. Por influencia eléctrica pueden aparecer cargas parásitas en la conexión de medida. Por ello los puntos críticos de la conexión deben ser blindados cuidadosamente

Puesta a tierra. Para dar lugar a relaciones bien definidas en la distribución de potencial frente al ambiente, se deberá unir un punto de la conexión con un buen contacto de tierra de medición. (Karcz, A. M. (1975))

Tensión de medida. Para conseguir suficiente intensidad de corriente en la medición de resistencias elevadas, se debe elegir una gran tensión de medida. Según la naturaleza y resistencia a la tensión del objeto a medir. las tensiones que se utilizan son de 100 V y hasta de algunos KV. Como fuente de tensión sirve generalmente un aparato de conexión a la red o un transformados de tensión continua, que generan la tensión de medida deseada a partir de la tensión de una batería con transistores. Se cuidará de que la misma permanezca constante con el tiempo mediante rectificación cuidadosa y estabilización. Toda variación de la tensión de medida produce por influencia cargas parásitas a través de las capacidades de la conexión. Para resistencias de hasta algunos $100 \text{ M}\Omega$ es suficiente, como fuente de tensión, una batería comercial corriente. Algunos medidores de aislamiento portátiles (sobre todo los modelos más antiguos), cuentan también con generadores de accionamiento manual como fuente de tensión. Mediante la conexión adicional de una resistencia de protección del orden

de $1\text{ M}\Omega$ se protege el objeto de medida, el instrumento de medida y al personal contra la tensión de medida. (Karcz, A. M. (1975))

Comportamiento temporal. Cuando se trata de resistencias elevadas aparecen durante la medición procesos de cargas y descargas originados por las capacidades de la conexión. Característico de ello es la constante de tiempo del brazo crítico de medición. En medición estacionaria, la constante del tiempo es pequeña y el tiempo de medición prolongado, de modo que todas las variaciones con el tiempo son atenuadas. En una medición no estacionaria, el tiempo de medición es menor que la constante de tiempo. Las magnitudes medidas (tensiones y cargas) se transforman en funciones del tiempo y el cronómetro forma parte adicional de los instrumentos de medición. (Karcz, A. M. (1975))

2.6.2.1 Medición de materiales aislantes.

La corriente eléctrica fluye en el interior y en la superficie de los materiales aislantes. El valor numérico de la resistencia específica (unidad $\Omega\cdot\text{cm}$) es igual a la resistencia de un cubo de 1 cm^3 en Ω (medida entre dos superficies opuestas), y es una constante de material para los aislantes homogéneos que depende en forma acentuada de la temperatura y ocasionalmente de la tensión. La unidad de la resistencia específica de superficie es el Ω . La misma depende en gran escala de la elaboración, antecedentes y humedad del aire. Su magnitud es indefinida y varía en forma acentuada con la tensión. (Karcz, A. M. (1975))

Resistencias de paso.

Es la resistencia de aislamiento en el interior del material aislante, excluyendo la parte correspondiente a la superficie del material aislante. Las corrientes de superficie serán excluidas por medio de electrodos anulares de protección. La medición será efectuada con una fuente de tensión continua de 100 a 1.000V, un minuto después de ser aplicada la tensión. El dispositivo de medida debe facilitar la medición de resistencias de aislamiento de hasta $10^{12}\Omega$.

Como el anillo y el electrodo interior tienen el mismo potencial, no hay paso de corriente superficial entre ambos. y el galvanómetro mide solamente la corriente que fluye del electrodo interior a través de la muestra. La resistencia específica de paso puede ser calculada

a partir de la resistencia de paso, la superficie del electrodo interior protegido, y el espesor de la muestra. (Karcz, A. M. (1975))

Para materiales aislantes en forma de placas sólidas. se utilizan electrodos de placas circulares con anillo de protección, y para muestras en forma de tubos, electrodos cilíndricos con anillo de protección. Si, por presión de los electrodos y del anillo de protección contra la muestra, no está garantizado un contacto íntimo y uniforme, entonces se aplicará sobre las superficies de contacto una capa adhesiva de plata, laca con buenas propiedades conductoras, grafito coloidal, metal evaporado y semejantes.

Resistencia entre clavijas.

Esta medición incluye también la resistencia superficial, que da información sobre el poder aislante y eventuales in-homogeneidades del material aislante. Se colocan firmemente dos clavijas cónicas de 5 mm de diámetro en los agujeros correspondientes a una distancia de 15 mm entre ejes. Las muestras se colocan sobre una base aislante apropiada, siendo efectuada la medición como en la resistencia de paso.

Resistencia superficial

Con el dispositivo de medida correspondiente se obtienen no solamente la resistencia de aislamiento de la superficie del material aislante, sino también parcialmente la del interior del mismo.

Los electrodos están compuestos de dos cuchillas elásticas de 100 mm cada una de longitud, separadas por una distancia de 10 mm. Si éstas no son apropiadas como en el caso de muestras angostas o piezas curvas, se dispondrán dos trazos de plata conductora de 1.5 mm de ancho y 2,5 mm de longitud. Las lengüetas del aparato de control se colocarán sobre estos electrodos de trazos. La resistencia correspondiente a la superficie puede ser calculada una vez conocida la resistencia de paso.

2.6.2.2 Mediciones de aislamiento en conductores e instalaciones.

Si la resistencia de aislamiento de los conductores debe ser determinada solamente con respecto a tierra o del uno con respecto al otro, la instalación será puesta fuera de

funcionamiento y desconectados todos los consumidores y fuentes de corrientes. incluidos todos los circuitos de tensión de los aparatos de medida.

Las disposiciones sobre el montaje de instalaciones de corriente de alta intensidad con tensiones nominales inferiores a 1.000 V (VDE 0100) contienen las siguientes prescripciones sobre el estado de aislamiento de las instalaciones:

En recintos secos y húmedos de instalaciones consumidoras la resistencia de aislamiento correspondiente a las instalaciones sin aparatos sujetos a consumo entre dos órganos protectores de sobre intensidad o detrás del último órgano protector de sobre intensidad. debe ser. como mínimo, de 1000Ω por cada V de tensión de servicio (por ejemplo, 220000Ω para tensión de servicio de 220 V), es decir, la corriente de error de cada uno de estos tramos parciales para esa tensión de servicio, no debe ser superior a 1 mA. Si la longitud de los tramos parciales es mayor de 100 m, entonces la corriente de error para cada 100 m debe ser nuevamente de 1 mA. (Karcz, A. M. (1975))

Los conductores tendidos en recintos mojados y al aire libre no necesitan satisfacer las condiciones arriba mencionadas. Sin embargo, se tratará de conseguir una resistencia de aislamiento adecuada a las condiciones especiales, que no debe ser inferior a un valor de $50\Omega/V$.

El estado de aislamiento de las instalaciones consumidoras deberá ser controlado por el montador antes de la puesta en servicio, precisamente, del conductor con respecto a tierra y de conductor con respecto a conductor, siendo necesario este último solamente para conductores que se encuentran entre interruptores, órganos protectores de sobre-corriente y otros puntos de separación. (Karcz, A. M. (1975))

Para el control de conductor con respecto a conductor y de conductor con respecto a tierra en instalaciones con conexión al neutro, deben estar conectadas todas las lámparas de alumbrado existentes, cerrados todos los interruptores, y separados de sus conductores las bombillas, lámparas de descarga y demás consumidores de corriente.

El control será efectuado con tensión continua igual, por lo menos a la tensión nominal de la instalación, no debiendo ser inferior a 500 V cuando la tensión nominal es inferior a 500 V.

Mediciones de aislamiento en conductores fuera de servicio. Para los conductores de corriente de alta intensidad está prescrito un control de aislamiento antes de la puesta en servicio. También en instalaciones que ya se encuentran en funcionamiento puede ser necesario un control una vez puestas fuera de servicio. Cuando se trata simplemente de la determinación aproximada de los valores de aislamiento o de determinar si se cumplen las prescripciones correspondientes, entonces se habla de un control de aislamiento. Las mediciones de aislamiento se llevan a cabo con aparato de medida de aislamiento comerciales corrientes con lo cual la tensión de medida en el objeto de medición no debe ser inferior a la tensión mínima prescrita. Cuando la instalación está puesta a tierra adecuadamente, serán interrumpidas todas las conexiones a tierra y desconectados todos los consumidores. (Karcz, A. M. (1975))

En las mediciones de las resistencias de aislamiento de la instalación completa con respecto a tierra, serán conectados todos los consumidores. Los consumidores serán desconectados cuando se trata del control de aislamiento de ambos conductores únicos con respecto a tierra.

Medición y vigilancia de aislamiento de conductores en servicio en redes sin conexión a tierra. Como indicadores de contacto a tierra se considera voltímetros conectados entre ambos conductores y tierra, encontrándose los mismos en paralelo con la resistencia respectiva de aislamiento con respecto a tierra. Si el aislamiento del conductor es malo (alcanzando proporciones del orden de diez veces la resistencia interna del voltímetro), entonces esto puede ser detectado en la disminución de la tensión, en el voltímetro correspondiente, y el aumento de la otra tensión. Para la vigilancia y la indicación de la tensión pueden servir también bombillas y lámparas de destellos.

En las redes de corriente alterna se tendrá en cuenta que, a través de las capacidades de los conductores e instalaciones, fluye generalmente una corriente reactiva, la cual puede ser mayor que la corriente de aislamiento.

2.6.3 Localización de defectos.

Si se comprueba un defecto en un conductor de larga distancia, se tratará de determinar el punto defectuoso lo más exactamente posible para evitar trabajos costosos de búsqueda y de

excavación de tierra. En redes grandes será marginado primeramente el tramo de conductor defectuoso mediante cortes y desconexiones parciales.

Clases de defectos. Un contacto a tierra es la unión de un conductor con tierra; un contacto de conductores es la unión de varios conductores entre sí. La resistencia en el punto de unión es la resistencia del punto defectuoso. Una ruptura del conductor, es decir una interrupción del conductor, va acompañada frecuentemente de un contacto a tierra o un contacto de conductores. (Karcz, A. M. (1975))

La resistencia del punto defectuoso puede adquirir todos los valores desde una resistencia de aislamiento menor hasta un cortocircuito completo. Como el defecto es más difícil de localizar cuando la resistencia del punto defectuoso es grande, entonces se puede intentar reducir dicha resistencia "quemando" el defecto con tensiones y corrientes más elevadas.

En resistencias de puntos defectuosos mayores aparecen frecuentemente tensiones de polarización que pueden alterar la medición, por ello en mediciones de puentes, se aplica la fuente de tensión y no el galvanómetro al brazo defectuoso, de modo que la corriente de alimentación fluye por la resistencia del punto defectuoso.

Controles previos. El contacto a tierra y el contacto de conductores se controlan con aparatos de medida de aislamiento y de resistencia. Para la comprobación de rotura del conductor se empalman en un extremo los conductores múltiples entre sí. En el otro extremo se puede efectuar entonces las mediciones correspondientes con un comprobador de paso.

Los maletines para mediciones en cables contienen todos los elementos de conexión necesarios para efectuar mediciones de aislamiento y localización de defectos según los diferentes procedimientos. (Karcz, A. M. (1975))

2.6.4 Medición de inductividades y capacidades con aparatos indicadores.

2.6.4.1 Propiedades de los condensadores.

En un condensador ideal, la corriente alterna está avanzada en un ángulo de 90° respecto a la tensión alterna aplicada. Por ello en un condensador ideal no tiene lugar una transformación de potencia efectiva. Solamente los condensadores que cuentan con gas o vacío como dieléctrico están prácticamente exentos de pérdidas. Las pérdidas que tienen lugar en

dialécticos sólidos y líquidos se originan, por una parte, a través de la corriente de aislamiento en el dieléctrico y por otra parte, a través de la acción recíproca de la corriente de desplazamiento con la materia.

Debido a estas pérdidas, el ángulo de fase y de la admitancia es menor que 90° . La diferencia resultante se denomina ángulo de pérdida. El factor de pérdida caracteriza las propiedades del dieléctrico y depende frecuentemente de la temperatura y de la frecuencia, ocasionalmente cambiada de la tensión aplicada.

Circuitos equivalentes. Un condensador con pérdidas puede ser reemplazado, para una determinada frecuencia, por medio de la conexión en serie o en paralelo de una capacidad sin pérdidas, y una resistencia efectiva.

El factor de pérdida de la conexión en serie aumenta con la frecuencia, y el de la conexión en paralelo, por el contrario, disminuye con la frecuencia. Los condensadores técnicos tienen a bajas frecuencias, pérdidas que frecuentemente disminuyen con la frecuencia, a altas frecuencias pérdidas que aumentan con la frecuencia. Por ello, como circuito equivalente, la conexión en paralelo es la que más se aproxima al comportamiento del condensador a baja frecuencia. El circuito equivalente de la conexión en serie se utiliza en cambio, preferentemente, en mediciones de alta frecuencia. En estas consideraciones se ha despreciado la inductividad de las líneas de conexiones.

Contadores no lineales. Los condensadores cuya capacidad y cuyas pérdidas dependen de la tensión (varactores) deben ser investigados con amplitudes pequeñas de tensión de medida. La tensión previa que determina la capacidad debe ser dada al condensador. independientemente de la tensión de medida. (Karcz, A. M. (1975))

2.6.4.2 Propiedades de las inductancias.

En una inductancia ideal, la corriente alterna está retrasada 90° con respecto a la tensión aplicada. Por consiguiente, en la inductancia no hay transformación de energía; sin embargo, prácticamente, no es posible conseguir inductancias sin pérdidas. Las pérdidas se producen, en forma de pérdida del conductor en la misma bobina, y en las partes metálicas que están acopladas con el campo magnético de la bobina (pérdidas de corriente parásita). Las pérdidas

se originan además en materiales ferrimagnéticos y ferromagnéticos (debido a la histéresis de dichos materiales). A consecuencia de estas pérdidas el ángulo de fase de la resistencia aparente es menor que 90° . Se denomina ángulo de pérdida y factor de pérdida. El factor de pérdida depende en gran medida de la frecuencia. En muchos casos existe, también, una dependencia de la temperatura y de la corriente.

Circuitos equivalentes. Una inductancia afectada de pérdida se puede reemplazar para una frecuencia previamente fijada, por medio de la conexión en serie o en paralelo de una autoinducción y una resistencia efectiva.

Aquí el factor de pérdida de la conexión en serie disminuye con la frecuencia y el de la conexión en paralelo aumenta con la frecuencia. En las inductancias técnicas, las pérdidas producen un factor de pérdida que disminuye con la frecuencia, como consecuencia de la resistencia efectiva de la bobina. Debido a las corrientes parásitas y pérdidas de desmagnetización, tienen lugar pérdidas que aumentan con la frecuencia. En bobinas de núcleo de aire es más ventajoso el circuito equivalente en serie (especialmente a bajas frecuencias). En inductancias con núcleo de hierro es necesaria la conexión de una inductancia con una resistencia en serie o en paralelo para representar en cierto modo la variación del factor de pérdida con la frecuencia, por medio de un circuito equivalente.

Capacidad de la bobina. Las conexiones de una inductancia y las espiras poseen entre sí una capacidad que tiene por efecto que la resistencia aparente de la inductancia no aumente proporcionalmente con la frecuencia. Estas capacidades dispersas de la bobina pueden imaginarse como sustituidas por una capacidad concentrada en paralelo con respecto a la inductividad, obteniéndose así un circuito resonante en paralelo, cuya frecuencia de resonancia es la frecuencia de resonancia natural de la bobina. Esta se encuentra en el sector de las bajas y altas frecuencias, según tamaño y construcción de la bobina. A frecuencias aún más elevadas la inductancia actúa como resistencia capacitiva.

Inductancias no lineales. Las inductancias con núcleos ferrimagnéticos y ferromagnéticos no son lineales, debido a la histéresis de dichos materiales. Sus propiedades dependen de la imanación previa del núcleo y de la magnitud de la intensidad de la corriente que circula. Especialmente con inducciones elevadas en el núcleo, se originan armónicos superiores. Con

el aumento de la curva de histéresis (a consecuencia de los entrehierros) puede ser evitada esta falta de linealidad. Las inductancias no lineales se miden en condiciones de régimen o bien con amplitudes muy pequeñas de corriente, de manera que la falta de linealidad no aparezca. (Karcz, A. M. (1975))

2.6.4.3 Tensión de medida y blindaje.

Tensión de medida. Para la medición de inductancias y capacidades se necesita generalmente una fuente de tensión alterna de frecuencia constante y bien definida. Los armónicos superiores pueden perturbar, ya que las pérdidas dependen de la frecuencia. Para efectuar una investigación minuciosa, la frecuencia debe ser frecuentemente variable. La tensión de medida deberá ser suministrada o bien por una red de corriente alterna o bien por un generador de frecuencia. La tensión puede o no estar conectada.

Blindaje. Cuanto mayor es la frecuencia de medida, tanto mayor es la importancia de un blindaje electroestático del objeto de medida y de toda la conexión de medida. Con frecuencia se puede prescindir frecuentemente de un blindaje electroestático de la red. Por medio del blindaje magnético se evita la dispersión de los campos magnéticos en los aparatos de medida, en los circuitos magnéticos de conmutación, y la influencia mutua entre las inductancias de la conexión. (Karcz, A. M. (1975))

2.6.4.4 Medición de capacidad con aparatos indicadores.

Corriente y tensión de medida. Como tensión de medida se utiliza corrientemente la tensión de la red, cuya frecuencia se conoce con bastante exactitud. La tensión de medida no debe ser superior en ningún caso a la máxima tensión de medida admisible. El condensador se conecta con el voltímetro y el amperímetro en forma semejante a como esta Rx, en la figura 6. Si la caída de tensión en el voltímetro es menor que el 10% de la tensión de medida, entonces el error a través del amperímetro es menor que 0.5 % (debido a la suma geométrica de las tensiones). Por lo demás, la precisión resulta de los factores de inseguridad de los aparatos de medida.

Comparación de corriente y tensión. Si se dispone de un condensador con capacidad suficientemente conocida entonces se miden sucesivamente, con un amperímetro de corriente

alterna apropiado, las corrientes que circulan al ser aplicada una tensión alterna de pulsación. De la relación entre las corrientes, resulta, independientemente de la relación entre las capacidades

$$\frac{I_X}{I_V} = \frac{C_X}{C_V}$$

Ecuación 17 Capacitancia Vs corriente

Si ambos condensadores se conectan en serie y se aplica una alterna constante, también es posible determinar de esta manera las capacidades, de la relación entre las tensiones.

$$\frac{U_X}{U_V} = \frac{C_X}{C_V}$$

Ecuación 18 Capacitancia Vs voltaje.

2.6.4.5 Medición de inductividad con aparatos indicadores.

Los procedimientos de mediciones por Comparación de corriente, tensión y desviaciones, así como el procedimiento del medidor de cocientes, pueden ser aplicados también para las inductividades Mientras el factor de pérdida permanece inferior a 0.1 es posible obtener mediciones satisfactorias para inductividades de 1 mH a 1.000 H. Si el factor de pérdida es mayor. no podrá dejar de ser considerado.

Mediciones en bobinas sin hierro con factor de pérdida grande. Se determina en primer lugar la resistencia de la bobina (la principal fuente de pérdidas) con un puente de medida u otro procedimiento de medición de resistencia, por ejemplo, el método de corriente-tensión. Con lo cual se desprecia la influencia del desplazamiento de la corriente, debido a la medición con corriente continua.

2.7 Medición digital.

Los aparatos digitales, indican el valor medido en forma de número decimal. Con este fin se subdivide (cuantifica) el valor análogo en las correspondientes sumas parciales, que en principio puede extenderse a muchos lugares decimales. La tarea del aparato de medida digital consiste, entonces, en determinar en qué parte de la subdivisión se encuentra el valor medido. Por consiguiente, el valor de medida puede estar dado sólo como un múltiplo entero de la unidad más pequeña que ha sido elegida para la subdivisión y a la que se denomina

cuanto de medida Por esta razón el proceso de medición se reduce a un conteo de los cuantos de medida existentes. (Karcz, A. M. (1975))

Acoplado en serie varios lugares decimales (cuantificaciones de la unidad del orden decimal precedente) se puede aumentar arbitrariamente la exactitud de la lectura. Naturalmente que esto solo tiene sentido dentro del margen de la exactitud de medida existente y, ésta se halla determinada en los aparatos digitales (del mismo modo que en los analógicos) por la exactitud de las resistencias, la tensión normal, eventuales convertidores de valores de medidas y otros elementos de conexión y dicha exactitud no puede ser aumentada por la transformación en valores digitales. Por lo tanto, los aparatos de medidas digitales para magnitudes eléctricas en principio no son más exactos que los sistemas de medidas indicadores, registradores o contadores o los compensadores o puentes accionados manualmente. (Karcz, A. M. (1975))

También para los aparatos digitales se verifica que la exactitud de lectura debe ser superior a la exactitud de medida para evitar errores adicionales de lectura: sin embargo, el valor indicado digitalmente tiene en su último lugar una inseguridad de un cuanto de medida.

Las ventajas de la indicación digital son considerables, tal es así que generalmente se compensa el mayor esfuerzo y los costes más elevados que supone la transposición análogo-digital comparada con la indicación analógica. En primer lugar, los aparatos digitales de medida trabajan más rápido y pueden ser automatizados. Hacen posible una indicación, incluso en mediciones precisas con compensadores o puentes de medida ya que en los aparatos de mediciones con indicación analógica difícilmente se puede conseguir una exactitud de lectura superior a 10^{-3} de la longitud de la escala. Los valores pueden ser transmitidos fácilmente a las memorias, impresores y otras instalaciones de elaboración de datos, debido a la cuantificación de los mismos. De esta manera, el hombre queda aligerado de los trabajos de lectura, anotación y conversión de los datos de medida Solo así es posible una elaboración racional de la multitud de valores de medidas que aparecen normalmente en las grandes instalaciones actuales. Los aparatos digitales son menos sensibles que los aparatos electromecánicos a las variaciones de la temperatura, esfuerzos por vibraciones, choques, y demás influencias externas, Por esto la aplicación de la técnica digital es cada vez más extensa, especialmente también en controles de procesos y regulaciones.

2.8 Proceso de diagnóstico.

En el ambiente de diagnóstico se pueden hallar muchas variables que pueden encontrar sesgos a la hora de realizar una valoración. De igual forma, se hace inevitable el conocimiento de las condiciones que pueden intervenir durante el proceso de evaluación. Esto propiciara: el control de variable, y una guía de la controversia de la tarea determinada.

Existen, exactamente, tres mutualidades sobre las condiciones que pueden implantar sesgos en la valoración, según procedan: evaluador (expectancia, concentración, asimilación, contraste, conocimiento previo y otros), sujeto (características físicas, estado, entre otros) y situación (características del material, ambiente físico, situación previa). Córdoba, M. (2008, 22 mayo).

2.8.1 Perspectivas desde el evaluador o medidor.

Contempla precisamente las situaciones que el medidor o evaluador provocan sobre el sistema o situación a estudiar. Entre la más relevantes se puede encontrar las siguientes. Córdoba, M. (2008, 22 mayo).

- La expectancia. Se refiere a la relación de determinadas sospechas del evaluador con los posibles resultados.
- Centracion. Busca mantener al evaluador directamente enfocado en los efectos a interesar y no el los no importantes.
- Asimilación: siempre tener presente las variables que se asemejen a los posibles problemas encontrados.
- Contraste: el evaluador debe tener precaución con los aumentos de discrepancia con las variables que pueden existir.
- Halo: la valoración de un hecho sucedido, implica en el siguiente.
- Anclaje: el estudio que se ejecuta sobre un bloque o serie, afecta directamente al siguiente.
- En la interpretación. Afectas dos caos en particular, la personalidad del evaluador y el radicalismo de su interpretación.

- El conocimiento previo, en este caso puede ocurrir dos inconvenientes, primero es la carencia de la información necesario y segundo radicalizarse eufóricamente a un enfoque teórico debido a una gran variedad de conocimiento. Córdoba, M. (2008, 22 mayo).

2.8.2 Desde el sujeto evaluado.

Se enfoca en los inconvenientes o problemas que puede presentar el sistema a la hora de realizar la evaluación, impidiendo que haya un buen desarrollo del diagnóstico por parte del evaluador. Córdoba, M. (2008, 22 mayo).

2.8.3 Etapas del proceso de diagnóstico.

Todo proceso de evaluación o estudio está desglosado en diferentes etapas, que permiten llevar a cabo un proceso ordenado y eficaz. Esta secuencia de pasos se encuentra al margen de todo objetivo que se tenga propuesto. Córdoba, M. (2008, 22 mayo).

Las etapas más relevantes las encontramos a continuación.

- Delimitación de la posible área a evaluar y sus condiciones ambientales en la que se encontraba laborando. Esto permitirá que se realice de mejor manera el proceso de medición.
- Planificación, se debe tener en cuenta preguntas como; ¿Qué voy hacer?, ¿Cómo lo voy hacer? ¿Dónde lo voy hacer? Y ¿Cuánto puede costar?., estas ayudarán a ejecutar una evolución correcta y certera.
- Recolección de datos.
- Interpretación de resultados.
- Corrección de la falla.

2.9 Entornos cuánticos seleccionados.

2.9.1 Google Sites

Este entorno cuéntico es una aplicación de carácter gratuita, que pertenece a la empresa Google.

“Google Sites es una herramienta tecnológica que admite el diseño y creación de entornos para sitios web públicos, sitios web de equipos, proyectos internos, y mucho más, y todo sin la necesidad de tener ayuda de un diseñador, programador ni expertos en informática. Con la nueva versión de este instrumento tecnológico, diseñar sitios web es fácil, ya que necesitas arrastrar la información donde lo necesites.

Al crear un sitio web, se añade automáticamente a Drive, de igual forma que cualquier otro archivo almacenado en este servicio. Google Sites facilita que se pueda editar un sitio web junto con otra persona al mismo tiempo, y observar los cambios que se vayan haciendo por los implicados. Una vez culminado tu entorno, se puede publicar el sitio web para que todo el interesado pueda acceder a él, o restringe el acceso y solo permitir que lo vean aquellas personas que tu decidas.

Una característica adicional de los sitios web de Google Sites es que se adecúan a la pantalla de smartphones y tablets para que se vean lo mejor posible”. (Google Workspace, s.f.)“Centro de Aprendizaje de Google Workspace”.

2.9.2 Moodle

“Moodle es un sitio cuántico de aprendizaje diseñada y creada para suministrarle a profesores, administradores y educandos un sistema integrado único, robusto y seguro para crear espacios de aprendizaje personificados. Este programa se puede descargar en su propio servido web.

Esta plataforma está diseñada para todo el proceso de aprendizaje y la buena interlocución entre docente y alumno, la pedagogía de constructivismo social es su principal guía de desarrollo contado con más de 10 años de experiencia, Moodle suministra un gran número

de herramientas poderosas ajustadas a la necesidad del estudiante, incorporando un ambiente de formación colaborativo que refuerza todo el poder pedagógico.

Moodle aporta un acumulado de herramientas flexibles que soportan la formación mixta, además ofrece la integración de elementos externos colaborativos como chats, blogs, wikis y foros”. (MoodleDocs, 2020)”Acerca de Moodle”

3 Tercer Capítulo: Síntesis de estrategias tácticas y métodos para la medición y diagnóstico de sistemas eléctricos y electrónicos

“Si podéis medir aquello de lo que habláis y expresarlo con un número, entonces conocéis algo de vuestro objeto. Si, por el contrario, no lo podéis medir y por lo tanto no podéis expresarlo en números, entonces vuestros conocimientos son pobres e insuficientes”.

Lord Kelvin (1824-1907)

3.1 Cumplimiento del primer objetivo, análisis de experiencias prácticas e información bibliográfica sobre la medición y diagnóstico de sistemas en ingeniería eléctrica.

3.1.1 Análisis referencial

En la ingeniería eléctrica sobresale la importancia de la metodología a la hora de realizar un proceso de diagnósticos y detección de fallas. Por tal razón los siguientes autores Furse, Cynthia & Kafal, Moussa & Razzaghi, Reza & Shin, youn-jeong. (2020). En su investigación titulada “Fault Diagnosis for Electrical Systems and Power Networks”, resaltan la necesidad de establecer métodos para la planificación y desarrollo de estrategias que ayuden al mantenimiento de redes eléctricas. Además, se destaca las mediciones para mantener el monitoreo de la salud estructural de los sistemas por medio de detección de volteje, corriente y potencia.

El uso de las herramientas tecnológicas crece cada día más en lo jóvenes y estos las involucran diariamente en su proceso de formación, incrementando la motivación en el desarrollo del aprendizaje. El uso de las aplicaciones interactivas, conlleva a que el estudiante despliegue competencias profesionales eficientes. Y esto se ve enmarcado en la investigación realizada por los autores, Ulieru, Valentin & Cristescu, Maria & Drăghicescu, Luminița & Ulieru, Eugenia & Stăncescu, Ioana & Petrescu, Ana-Maria. (2010). Titula, “The Study of Electrical Resistance Measurement Methods using Virtual Instruments”. Lo que además demuestran como las herramientas cuánticas se aplican al mejoramiento de uso de métodos para las mediciones eléctricas y evidencia como los estudiantes consideran relevantes el uso de las herramientas cuánticas comprensión de las nociones específicas respecto a los métodos de medición en sistemas eléctricos.

Es fundamental para un ingeniero eléctrico o de carreras afines poder conocer estrategias y métodos que lleves a realizar un proceso de medición y diagnóstico de un sistema. Puesto

que le ayudara a planificar y entender de forma precisa y eficaz las tareas que debe realizar para obtener un proceso de calidad. Además, la vinculación de un entorno cuántico para el proceso de aprendizaje de esta área, facilitará el proceso de formación pues hará que el interesado se motive y comprenda de forma exitosa los conocimientos necesarios.

3.1.2 Análisis de experiencias practicas

Para la recolección de experiencia practicas e información personal de profesionales en las mediciones eléctricas, se diseñaron dos encuestas ([Apéndice A](#) y [Apéndice B](#)) por medio de la herramienta tecnológica Formulario de Google. Estos formularios fueron distribuidos por grupos de Facebook referentes a la Ingeniería Eléctrica y profesiones afines, permitiendo abarcar varios países del continente.

Mediante el análisis de las respuestas obtenidas podemos hablar de las mediciones como el un idioma global en la ingeniería eléctrica, donde se evidencia como las estrategias y métodos para la medición y diagnóstico de sistemas eléctricos o electrónicos que utilizamos en Colombia y en especial las que se estudian en la catedra de Mediciones Eléctricas en la Universidad de Pamplona, son utilizados y tenidos en cuenta en otros países del continente para los procesos profesionales en ingeniería.

Resalta como prevalece le método de la verificación del estado nominal del sistema como el más utilizado a la hora de diagnosticar un circuito electico o electrónico, el cual por medio de una medición de estado nominal de cada elemento permite hallar la falla y poder resolverla de la forma más adecuada.

Además, se evidencia como los instrumentos digitales de medida siguen ganado terreno a la hora de realizar una medición eléctrica, mostrando más eficacia y confiabilidad a la hora de realizar el proceso, reduciendo los errores por aparatos y resaltando los errores personales en 57 % de probabilidad.

“Los métodos para las mediciones eléctricas son un lenguaje universal para los ingenieros eléctricos y carreras afines”. Autor.

3.2 Cumplimiento del segundo objetivo, planteamiento de un sistema de estrategias tácticas y métodos para la medición y diagnóstico de elementos discretos, circuitos eléctricos y circuitos electrónicos en el ejercicio de la ingeniería.

3.2.1 Estrategia de medición, diagnóstico y reparación

Jiménez, S. y Peralta, M., (2004), acotan que el propósito del pensamiento estratégico es complementar el proceso de organización transcendental, en donde paralelamente proyecte una visión de futuro como apreciación centrada en la realidad y por ende una perspicacia de reconfiguración de alternativas viables.

Dicho lo anterior podemos hablar de la estrategia como la clasificación de la actividad en su totalidad la táctica a las partes y los métodos a los eslabones más esenciales.

3.2.1.1 Proceso de medición y diagnóstico

Como profesionales en el área de la ingeniería eléctrica es difícil que en algún momento de la formación integral o en la vida laboral no se encuentre ante un proceso de reparación de un equipo o sistema. De la misma manera se podrá encontrar que para otros este proceso es el medio de subsistencia fundamental.

En el desarrollo de procesos de medición y diagnóstico de circuitos y sistemas de eléctricos o electrónicos, se encuentra cierta analogía con la búsqueda de un tesoro en alguna parte del mundo.

Para la persona que desee realizar una medición el tesoro es el elemento defectuoso a reparar. Se lo detecta ha cumplido su objetivo. Y al igual que un ser humano no se conoce todos los rincones del mundo en que vivimos; el que realiza una medición no será capaz de conocer los detalles de los sistemas donde está buscando su elemento defectuoso. En estos dos casos, aunque se desconozca el sistema, existen procedimientos generales que pueden permitir orientarse y llegar a la meta o solución.

El medidor que diagnostica sigue procedimientos detallados y generales que le permitirán conocer y brindar una solución oportuna al sistema o circuito a reparar. Esta operación comienza por las “Etapas lógicas de un proceso de reparación”.

3.2.1.2 Indicadores de calidad en los procesos de reparación

El control del rendimiento y la productividad son algunos de los componentes claves para definir políticas de calidad. En el área de la medición y la reparación de sistemas eléctricos o electrónicos prima “*la rapidez y la garantía*” como indicadores fundamentales de calidad para el desarrollo del proceso.

3.2.1.3 Estrategia de medición, diagnóstico y reparación

Conocer estrategias claras y precisas sobre la medición, diagnóstico y reparación de sistemas eléctricos o electrónicos, permitirá realizar un mantenimiento planificado, optimizando el tiempo de actividad y eficiencia. Esta rama de la ingeniería crece con más furor en el ámbito empresarial y el estar al tanto de estos conocimientos permitirá un mejor desempeño y evolución en el campo laboral.

Como estrategias fundamentales encontramos las siguiente:

3.2.1.3.1 Preparación

Dentro de la preparación se encuentran tres dimensiones maestras que nos ayudaran en nuestro proceso de medición, diagnóstico y reparación:

- Preparación técnica: esta preparación comprende todos los conocimientos técnicos e ingenieriles precisos para poder llevar a cabo todo el proceso a desarrollar.
- Preparación fisiológica: el cuerpo humano necesita unas mínimas condiciones de preparación para llevar a cabo de la mejor manera sus labores cotidianas y profesionales. Por tal motivo es necesario tener una condición física (alimentación, descanso) adecuada para realizar de adecuadamente cualquier proceso de medición, diagnóstico y reparación.
- Preparación psicológica: a la hora de afrontar cualquier desafío y resolver problemas el ingeniero eléctrico de poseer una buena disposición mental para así analizar de forma clara los proesos a diagnosticar.

3.2.1.3.2 Definición del defecto

A la hora de iniciar la labor de búsqueda de elementos defectuosos se hace necesario y conveniente confirmar por medio de información de los usuarios, confirmación personal y manipulación de los medios de ajuste y control que en realidad exista alguna avería y precisar sus características.

3.2.1.3.3 Localización del elemento defectuoso por intuición

“La intuición tan solo es la suma de todas tus experiencias.” (JO NESBO)

Las experiencias acumuladas y los conocimientos adquiridos hacen posible que se manifieste la localización de elementos defectuosos de forma muy rápida sin explicación lógica.

3.2.1.3.4 Localización del bloque defectuoso

Revisando nuestro entorno se puede observar como todos los sistemas en nuestro universo se dividen en bloques funcionales, como un ejemplo claro se puede observar el cuerpo humano el cual se divide, es sistema óseo, sistema respiratorio, sistema digestivo, sistema cardiovascular, etcétera...

Así mismo encontramos que los sistemas eléctricos y electrónicos están divididos en diferentes bloques los cuales se pueden analizar por medio del principio de funcionamiento y de la subordinación, en este caso las mediciones típicas de cada bloque pueden evidenciar su estado de funcionamiento.

3.2.1.3.5 Localización de la zona defectuosa

Los bloques funcionales a su vez se dividen en zonas funcionales que nos permiten desglosar aún más el sistema para así poder analizarlo de una forma clara y precisa.

3.2.1.3.6 Localización del elemento defectuoso

Una vez detalla la zona del sistema encontramos que esta se compone de elementos (resistencias, condensadores, inductores, etc.), estos elementos se diagnostican y reparan con fundamento en los métodos ingenieriles.

3.2.1.3.7 Consulta especializada

En caso de no ser exitoso la localización del elemento defectuoso por métodos, se puede recurrir a un especialista con experiencia en el área.

3.2.1.3.8 Extracción y comprobación

Existe la posibilidad de sufrir equivocaciones en el desarrollo del diagnóstico, es por ello que, si la estructura y funcionalidad del elemento extraído lo permite, se recomienda confirmar fuera del sistema de donde se retiró por otros métodos si el elemento está realmente defectuoso.

Este procedimiento puede evitar significativos gastos innecesarios y complejidades al cotizar el costo total del proceso.

3.2.1.3.9 Análisis de la causa de la avería

Puede ocurrir que el elemento defectuoso encontrado no sea el origen de la avería, es por ello que, si no se encuentra el origen del daño, se procede a analizar si este depende de condiciones ambientales o sociales.

3.2.1.3.10 Gestión de elementos

A la hora de encontrar el elemento defectuoso es recomendable tratar de recuperarlo o repararlo de lo contrario se procederá a realizar un cambio total del elemento, pero la gestión de elementos para sustituir los defectuosos puede llegar a ser muy engorrosa y costosa.

3.2.1.3.11 Sustitución de elemento defectuoso

Al sustituir los elementos defectuosos se debe percatar que este se haga por otro de iguales o similares características, para ellos se recomienda detallar el elemento y buscar el datasheet del mismo.

3.2.1.3.12 Ajuste después de la reparación

Terminado el proceso de reparación y el mantenimiento, se debe realizar los ajustes pertinentes a los parámetros del sistema. Los elementos envejecen, al insertar uno nuevo puede generar errores de sintonización.

3.2.1.3.13 Organización de áreas y medios

Las labores no culminan cuando se recupera la funcionalidad del sistema, se debe entregar el área de trabajo limpia y organizada, igualmente todos los medios utilizados para así terminar el proceso satisfactoriamente.

3.2.1.3.14 Periodo de prueba de funcionamiento

Cuando se culmine el proceso de mantenimiento y se requiera entregar un sistema o equipo, se hace necesario que se verifique durante un tiempo que realmente se encuentre en estado normal de funcionamiento.

3.2.1.3.15 Cotización

La cotización puede ser uno de los temas controversiales a la hora de llevar a cabo un proceso de reparación o mantenimiento. Por tal motivo se deben tener en cuenta dos aspectos muy significativos; primero si se cobra más de lo debido puede ocasionar la pérdida de los clientes, pero, por lo contrario, si se cobra menos de lo adecuado puede generar significativos problemas financieros.

En los procesos de mantenimiento eléctrico o electrónico es frecuente que el costo de las labores está más relacionado con la actividad mental que con los esfuerzos físicos para la operación.

3.2.1.3.16 Seguimiento

Después de realizar un proceso de medición, diagnóstico y reparación de manera satisfactorio es imprescindible llevar un seguimiento de la efectividad o calidad del mantenimiento efectuado.

Es conveniente confirmar la satisfacción de los clientes con el proceso de reparación.

3.2.2 Métodos-diagnostico

“El lenguaje de la experiencia es más autorizado que cualquier otro razonamiento: los hechos pueden destruir nuestro raciocinio, pero no viceversa” (Alessandro Volta 1745-1827).

3.2.2.1 Método, metódica y metodología

3.2.2.1.1 Método

Carlos Méndez (2011) dice que “El método es un procedimiento riguroso formulado de manera lógica para lograr la adquisición, organización o sistematización y expresión o exposición de conocimientos, tanto en su aspecto teórico como en su fase experimental”.

La actividad referente a la aplicación de un método radica a trabajar en orden y en continuidad. El aprovechamiento de un método soporta una actitud deliberada, que conlleve de alguna forma a un proceso exitoso de investigación. Un método utilizado adecuadamente muestra la ruta a resolver en sentido lógico una planeación estratégica respondiendo a las hipótesis soportadas.

Por ende, el método en el proceso de aplicación de un método se forjan actividades de análisis, descubrimiento y argumentación, lo que manifiesta que la exploración y construcción de conocimiento científico no permite la evasión alguna, por lo contrario, es fundamental una reflexión cuidadosa que logre la explicación de los problemas.

3.2.2.1.2 Metódica

A menudo tenemos la posibilidad de utilizar diferentes métodos para organizar nuestros procesos a seguir y lograr objetivos específicos.

La metódica se puede denominar como la forma personificada o específica de optar los métodos para trabajar.

3.2.2.1.3 Metodología

Los métodos son orientados a través de la metodología la cual plantea un análisis lógico, efectivo, eficaz y coherente en la construcción de conocimiento.

Así mismo la metodología se puede deducir como la razón de un método o metódica, que muestra todos sus procesos y justificación de la organización.

3.2.2.2 Métodos de diagnóstico y reparación

En la medición y diagnóstico de elementos y sistemas eléctricos y electrónicos se encuentran tres métodos maestros que son:

- Seccionalización
- Eliminación sucesiva
- Medición de continuidad por tensión.

Para los casos particulares encontramos los siguientes métodos más utilizados en la localización de elementos defectuosos.

3.2.2.2.1 Método de inspección sensorial

Es habitual oír hablar del método de la inspección visual, pero en la práctica se encuentra que se pueden utilizar los cinco sentidos a la hora de diagnosticar el estado de funcionamiento de los elementos de los equipos y/o sistemas. Como ejemplo se aprecia que el exceso de temperatura alcanza a causar alteraciones de color de algún elemento y este se puede determinar por la vista. Igualmente, algunos elementos pueden generar gases que son perceptibles al sentido del olfato.

Mediante el sentido de la audición se puede percibir ondas sonoras causadas por las variaciones de frecuencia de algún elemento defectuoso y de la misma manera las vibraciones y la abundancia de temperaturas pueden llegar a detectarse por el sentido del tacto.

3.2.2.2.2 Método de las probabilidades

En algunos sistemas o circuitos eléctrico y electrónicos encontramos algunos elementos con una alta probabilidad de dañarse que otros, esto debido a factores como complejidad contractiva, condiciones operacionales, régimen de funcionamiento, entre otra.

Por lo anterior mencionado es que se recomienda que al iniciar labores de diagnóstico y reparación se proceda a prestar atención a los elementos con gran probabilidad de estar defectuosos.

3.2.2.2.3 Método de las simples mediciones

Consiste en definir la avería de alguno elemento al encontrar valores de tensión en ciertos puntos de los circuitos diferentes a los nominales. Los obreros y técnicos utilizan este método frecuentemente.

3.2.2.2.4 Método de la asociación referida

El método de la asociación referida es aquel el cual aquel se manifiesta al asociar defectos a hechos precedentes que pueden indicar cuales son los elementos averiados.

3.2.2.2.5 Método de la verificación del estado nominal del sistema

Al iniciar un proceso de diagnóstico y reparación, y encontrarnos con la presencia de una avería, en todos los sistemas o circuitos eléctricos y electrónicos siempre habrá al menos un valor de tensión en algún punto diferente del nominal en los esquemas y planos.

Si examinamos mediante mediciones todos los valores, el que es diferente del nominal es una predicción que puede ayudar a encontrar el elemento defectuoso.

3.2.2.2.6 Método de la comparación tecnológica

En ausencia de planos que revelen los valores nominales de las magnitudes, se obstaculiza utilizar el método de la verificación del estado nominal de los circuitos o sistemas eléctricos y electrónicos.

Pero si se dispone de dos sistemas similares, uno en estado normal de funcionamiento y el otro defectuoso, pueden efectuarse mediciones en puntos similares de ambos sistemas para comparar sus valores y encontrar donde hay tensiones diferentes de las nominales.

3.2.2.2.7 Método del análisis de la lógica situacional

El análisis de la lógica situacional utilizando recursos intelectuales y técnicos puede facilitar la localización del posible elemento averiado.

Después de encontrar un valor de tensión diferente del nominal, se procede a interpretar las posibles causas mediante la utilización de las leyes de la física, la electricidad y la electrónica, esto puede ayudar a definir el posible elemento averiado.

3.2.2.2.8 Método de la reelaboración

En ausencia de planos puede que la única opción sea crearlos a partir de la observación de los circuitos. Esto debido a que algunos defectos exigen infaliblemente la utilización de los planos para encontrar los elementos averiados.

Los procesos de reelaboración de planos pueden ser muy engorroso y requiere significativas cantidades de tiempo. Es por ello que antes de poner en marcha esta labor se recomienda definir el costo aproximado y cuál será la fuente de retribución.

3.2.2.2.9 Método de seccionalización

Este método consiste en seccionar los sistemas complejos en sus partes funcionales desde el punto de vista operativo y físico, para así se facilite asociar la posible falla a una sección específica.

3.2.2.2.10 Método de la adición-detección

Si se dispone a adicionar en la entrada del sistema un estímulo o señal, debe ser detectado en la salida, si no es así puede concluirse que esta defectuoso.

En los sistemas eléctricos es frecuente que por el método de la adición-detección se utilice tensión u otras magnitudes generadas por esta.

3.2.2.2.11 Método de la superposición

Consiste en sobreponer un elemento en buen estado sobre los bornes de otro posiblemente defectuoso, si las funciones del circuito se reestablecen, habríamos encontrado la avería del sistema.

Este método es muy utilizado para la detección de condensadores abiertos. Si en los bornes de un condensador abierto se conecta otro en buen estado, las funciones del circuito se restablecerán. De la misma manera este método resulta ser muy conveniente a la hora de necesitar comprobar muchos condensadores de un circuito.

3.2.2.2.12 Método de la sustitución

Consiste en sustituir el elemento posiblemente averiado por otro que con seguridad se identifique que se encuentra en buen estado; si el circuito o sistema se restablece a su estado de funcionamiento nominal, se considera que el elemento original se encontraba defectuoso.

El método de sustitución se utiliza convenientemente para detectar defectos intermitentes.

3.2.2.2.13 Método de intercambio tecnológico

Este método consiste en intercambiar elementos o bloques que estén funcionales entre dos dispositivos, uno en estado óptimo de su funcionamiento y el otro que posiblemente se encuentre averiado. Este intercambio puede evidenciar los bloques o elementos imperfectos.

3.2.2.2.14 Método de sacrificio técnico

Consiste en someter elementos o sistemas a condiciones superiores a las nominales, esto con el objetivo de encontrar o definir los puntos débiles que pueden ser causantes de estados de mal funcionamiento o averías

3.2.2.2.15 Método de la eliminación sucesiva

Este método establece como procedimiento, extraer uno a uno los elementos de un sistema o circuito con el objetivo de comprobarlos en estado independientes y de forma aislada.

La realización de este proceso puede generar significativas pérdidas de tiempo y daños al estado original del sistema, por este motivo no es aceptable desde un enfoque global. Pero para definir la incertidumbre entre dos o pocos elementos suele ser el método más útil.

Como ejemplo tenemos que un motor monofásico clásico básico consta de cuatro elementos: dos devanados, uno de marcha y el otro de arranque, un interruptor y un condensador; si se logra definir tres, el cuarto elemento puede suponerse por eliminación sucesiva.

3.2.2.2.16 Método de la trampa técnica

Consiste en realizar modificaciones externas a los circuitos para restablecer su funcionalidad. Este método se considera ilegal, por consiguiente, no es recomendable pues puede generar sanciones, pero a menudo genera innovación y mejoras al diseño original.

Es muy utilizado por obreros y técnicos.

3.2.2.2.17 Método de la vibración

Consiste en someter a vibraciones los circuitos o sistemas en las zonas donde se prevé que se pueda encontrar un defecto para así encontrar las conexiones defectuosas. Algunas veces esta vibración es causada por algunos golpes con una intensidad adecuada efectuados en la zona afectada.

Este método es muy útil a la hora de detectar falsos contactos.

3.2.2.2.18 Método de la innovación

Cuando resulta imposible localizar el nuevo elemento funcional y óptimo para poder reemplazar el averiado, una posible solución efectiva, es modificar el circuito original mediante el diseño e implementación de nuevas zonas funcionales.

3.2.2.2.19 Método del análisis incremental o pensamiento ascendente o descendente

Definido por Albert Paul Malvino en su obra principios de electrónica, define que:

“Lo más importante es “COMO” y NO “CUANTO” varían los valores de las magnitudes físicas como consecuencia de un defecto por avería”.

Se puede indicar como modo de ejemplo la hipótesis de que, si el colector de un transistor el valor nominal de voltaje es de 11V, al dañarse el sistema de puede presentar dos opciones de que el voltaje se altere, que asciende o descienda, lo que inducirá a la detección del elemento imperfecto.

3.2.2.2.20 Método de las mediciones aproximadas de resistencia

La resistencia de un elemento que hace parte de un circuito eléctrico o electrónico, se altera en dependencia de todos los asociados, pero evidencia proporciones que están en correspondencia con su estado nominal.

Es por ello que al medir la resistencia de un elemento dentro de un circuito puede mostrar una relación con su estado original y evidenciar si está en buen estado de funcionamiento o defectuoso

3.2.2.2.21 Método de reparación en caliente

Este método de trabajo es que aquel que se realiza cuando maniobramos las tareas de mantenimiento de un circuito en estado de conexión a la fuente de alimentación, con tensión en los sistemas.

3.2.2.2.22 Método de reparación en frío

Este método de trabajo es que aquel que se realiza cuando maniobramos las tareas de mantenimiento de un circuito en estado de desconexión de la fuente de alimentación, sin tensión en los elementos y sistemas.

3.2.2.2.23 Método deductivo

La deducción se manifiesta mediante un proceso mental cuando desde una totalidad se deduce las particularidades de casos que permitan la obtención de una conclusión.

Por ejemplo, al hallarse que el voltaje en el colector de un transistor ha presentado cambios de forma creciente, por ende, se conlleva a precisar que el posible elemento sea el averiado.

Empezando de una generalidad (voltaje del colector) se alcanza la particularidad (posible elemento defectuoso)

3.2.2.2.24 Método inductivo

Cuando en un proceso a realizar se parte de un caso particular donde en el cual se deducen generalidades que permiten llegar a una conclusión, se puede mencionar se habla de un método inductivo.

Como, por ejemplo, al partir de la suposición de que una resistencia que se encuentra polarizando la base de un transistor está abierta, se induce cual es el sentido de desviación del voltaje del colector, por ende, si la posible causa y efecto incluido coordinan, por lo anterior se concluye que la resistencia que se analiza e el posible elemento defectuosos.

3.2.3 Táctica de medición y diagnóstico de elementos discretos

3.2.3.1 Generalidades

En el estudio de la ingeniería se pueden encontrar una variedad amplia de elementos eléctricos y electrónicos, pero a la hora de medirlo y establecer su estado de funcionamiento, encontramos ciertas generalidades o invariantes que serán de ayuda a la hora de lograr un efectivo diagnóstico.

Para la medición y diagnóstico de cualquier elemento eléctrico o electrónico se deberá conocer y definir las siguientes características.

- Estructura física constructiva.
- Definición: principio de funcionamiento.
- Símbolo
- Circuito de medición

- Estado norma de funcionamiento y su reconocimiento a través de las mediciones.
- Posibles defectos y su reconocimiento en las mediciones.
- Errores en las mediciones.

3.2.3.2 Fuentes de alimentación



Ilustración 7 Fuente de alimentación tipo pilas eléctricas

Fuente: <https://blog.330ohms.com/2016/03/24/las-pilas-y-las-baterias-seran-lo-mismo/>

Las fuentes de alimentación se fabrican con el objetivo de almacenar o generar energía eléctrica. Para este segmento solo hablaremos de las destinadas a almacenar, las cuales se encuentran frecuentemente de dos tipos, baterías (son recargables) y pilas (no se pueden recargar). Estas se caracterizan por dos parámetros fundamentales: tener una tensión nominal en voltios y capacidad energética en amperes horas.

Símbolo:

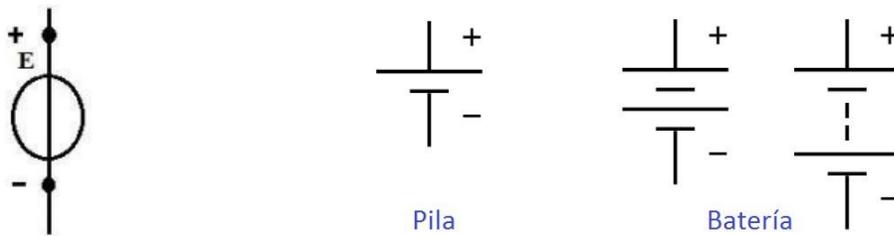


Ilustración 8 Símbolo circuital de una pila y batería eléctrica.

Ilustración 9 Símbolo de una pila eléctrica.

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Fuente: <http://www.iessantabarbara.es/departamentos/fisica/tecnologia/webquest/WEBElectronica/html/pilas.html>

El símbolo del dispositivo representa su continuidad a través de él, además el polo negativo y positivo.

Estado normal:

La pila o batería debe encontrar entre los rangos nominales, mediante la medición de voltaje y capacidad energética en los bornes correspondientes.

Circuito de medición:

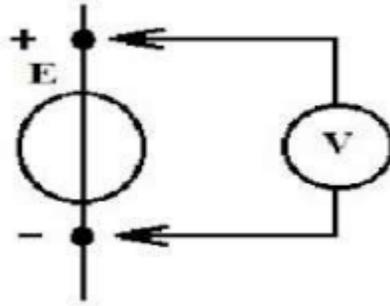


Ilustración 10 Esquema de medición de una pila eléctrica.

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Para este tipo de fuente de alimentación la tensión se mide en los bornes de la batería o pila, y se considera correcta siempre y cuando el valor nominal corresponda directamente o está dentro los rangos establecidos.

La capacidad energética o almacenamiento, se mide con instrumentos especiales (amperímetro), donde el procedimiento es hacer circular la corriente a través de una resistencia, si esta corresponde con la nominal, el funcionamiento de la fuente se considera en buen estado

Posibles defectos:

- Que la tensión sea inferior a la nominal.
- Que el contenido energético no sea el adecuado para compensar la demanda requerida.
-

Errores de medición:

Solo son significativos los errores instrumentales.

3.2.3.3 Conductores



Ilustración 11 Tipos de conductores eléctricos.

Fuente:http://corpelima.com/mpwt/categoria.php?i=6&n=conductores_electricos

Los conductores eléctricos con elementos de bajo valor de resistencia, son utilizados para permitir el paso de la corriente eléctrica, o comunicar tensión portadora de información.

Símbolo:

Se representa con un segmento de recta.



Ilustración 12 Símbolo de un conductor eléctrico.

Fuente:<https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Circuito de medición:

Un conductor eléctrico puede ser medido con un ohmímetro, midiendo su resistencia; o utilizando una fuente y un voltímetro midiendo la tensión.

- *Circuito de medición con ohmímetro:* se mide el valor de la resistencia del conductor, localizando las puntas del ohmímetro a cada extremo del elemento.

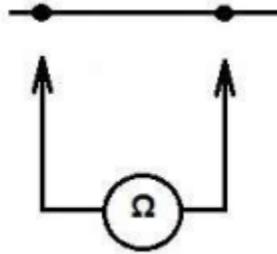


Ilustración 13 Esquema de medición de un conductor eléctrico con un ohmímetro.

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

- *Circuito de medición con fuente y voltímetro:* un terminal del conductor se conecta al polo positivo de la fuente, mientras que el voltímetro se conecta entre el otro terminal del conductor y el polo negativo de la fuente.

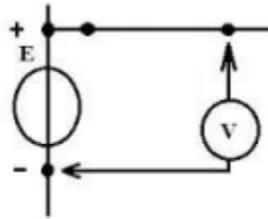


Ilustración 14 Esquema de medición con fuente y voltímetro de un conductor eléctrico

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Estado normal:

En el estado normal del conductor, el ohmímetro indicara bajo valor de resistencia, o el voltímetro indicara la tensión de la fuente.

Posibles defectos:

El defecto comúnmente encontrado en los conductores eléctricos es el de circuito abierto, y no permitir el paso de la corriente o comunicación de la tensión. En este caso el ohmímetro indicara un alto valor de resistencia, y el voltímetro no mostrara valor alguno de tensión.

Errores:

Para ambos casos los errores más significativos son los errores instrumentales.

3.2.3.4 Fusibles



Ilustración 15 Tipos de fusibles eléctricos.

Fuente:<https://www.ritsasv.com/2021/05/15/los-fusibles/>

Los fusibles son elementos que se utilizan para proteger los circuitos eléctricos, su comportamiento es semejante al de los conductores, dejando transitar la corriente y el voltaje. Están contruidos como puntos débiles diseñados para que se abran cuando hallan averías o desperfectos.

Símbolo:

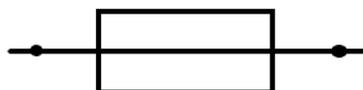


Ilustración 16 Símbolo de un fusible eléctrico.

Fuente:<https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Nota: Los circuitos para realizar la medición son semejantes los que se utilizan a la hora de medir conductores, igual que los posibles defectos, estado funcionamiento y errores de medición.

3.2.3.5 Inductores o bobinas



Ilustración 17 Tipos de bobinas eléctricas.

Fuente: <https://viasatelital.com/electronica/bobinas.html>

La propiedad fundamental de la bobina es la inductancia (L), o relación entre la cantidad de flujo magnético que la atraviesa y la corriente que circula por el conductor que constituye al inductor. Físicamente, una bobina es un alambre arrollado sobre un núcleo de material ferromagnético o aire.

Símbolo:

En los diagramas de los circuitos se puede encontrar las bobinas simbolizadas de la siguiente manera.

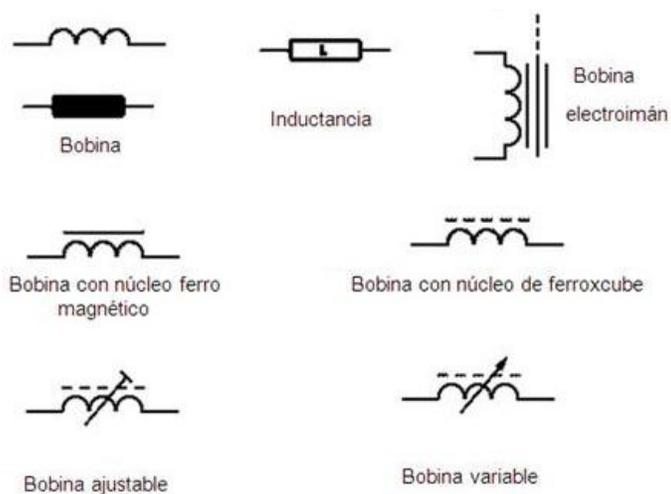


Ilustración 18 simbología de los diferentes tipos de bobinas eléctricas.

Fuente: <https://viasatelital.com/electronica/bobinas.html>

La inductancia de una bobina se mide con procedimientos especiales. Pero en un sistema o circuito eléctrico o electrónico, generalmente lo único que se necesita es valorar su estado de funcionamiento, lo cual es parecido a la medición de los conductores.

Nota: Los circuitos para realizar la medición son semejantes los que se utilizan a la hora de medir conductores, igual que los posibles defectos, estado funcionamiento y errores de medición.

3.2.3.6 Resistores

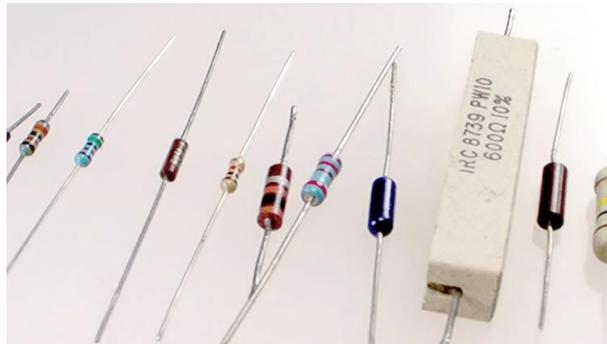


Ilustración 19 Tipos de resistencias eléctricas.

Fuente: <https://blog.330ohms.com/2020/09/23/electronica-basica-resistores/>

Los resistores se pueden denominar como conductores de alto valor de resistencia.

Símbolo:

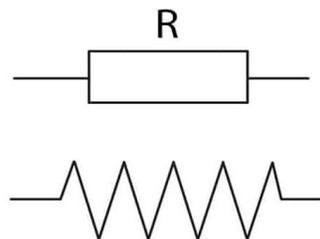


Ilustración 20 Símbolo de la resistencia eléctrica.

Fuente: <https://unialia.com/resistores-electricos-tipos-funcion/>

Circuito de medición:

Los circuitos para realizar la medición son semejantes los que se utilizan a la hora de medir conductores, solo se sustituye el conductor por una resistencia. Estos circuitos se pueden usar a la hora de realizar la medición de otros elementos.

Circuito de medición con ohmímetro:

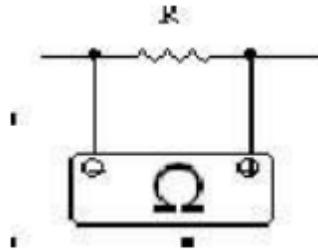


Ilustración 21 Esquema medición de resistencia con ohmímetro

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Circuito de medición con fuente y voltímetro:

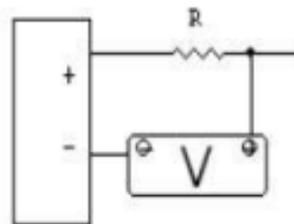


Ilustración 22 Esquema de medición de resistencia con fuente y voltímetro.

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Estado normal:

Este estado se asemeja al de los conductores, enseñando su valor de resistencia nominal.

Posibles defectos:

- Circuito abierto: el ohmímetro mostrara valor infinito de resistencia y el voltímetro valor cero de voltaje.
- Alterar su valor: generalmente ocurre por calentamiento y en sentido ascendente.

Error de método la medir resistencia:

No seleccionar correctamente el campo y rango de medida.

Por ejemplo, si al realizar el proceso de medición de una resistencia de 1 ohmio, se selecciona un campo de acción de cero a un millón de ohmios. La predicción del ohmímetro será cero; cuando en realidad l valor del resistor es 1 ohmio.

Siempre que el valor de resistencia no de cero o infinito, se deberá verificar si se ha escogido correctamente el campo de medición.

3.2.3.7 Condensadores



Ilustración 23 Tipos de condensadores.

Fuente: <https://www.flickr.com/photos/28643050@N06/7189597135/> "Eric Schrader"

Por su estructura física, se puede decir que los condensadores pueden definirse como dos conductores separados por un componente dieléctrico. Una de sus funciones principales es actuar como almacenador de energía.

Símbolo:

Según el tipo del condensador es posible encontrar algunos de estos símbolos en el esquema del circuito.

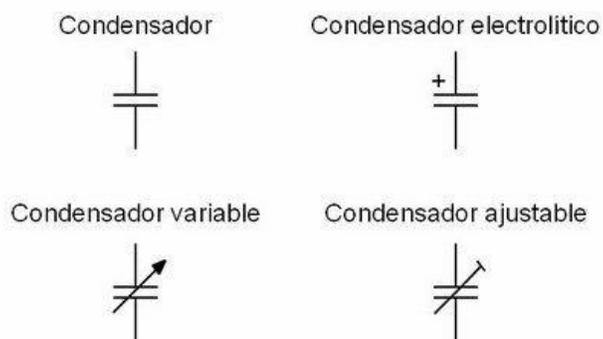


Ilustración 24 Símbolo tipos de condensadores.

Fuente: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/condensador.html>

Circuitos de medición:

Los circuitos para realizar la medición son semejantes los que se utilizan a la hora de medir conductores, solo se sustituye el conductor por un condensador.

Estado normal:

En un condensador la medición más precisa, se debe realizar mediante el proceso de mediciones de detección y utilizando un instrumento analógico, mediante aparatos digitales es casi imposible poder lograr esta ejecución.

Un condensador en estado normal de funcionamiento el indicador de medida se trasladará desde el punto de inicio hasta un valor dado de voltaje o resistencia, lo que concierne al proceso de carga del elemento. Después de completada la carga del dispositivo, el indicador regresa al punto de origen, enseñando la terminación del proceso de carga.

La medición más exacta que se puede realizar a estos elementos, es midiendo la capacitancia del mismo con un capacitómetro.

Posibles defectos:

- **Circuito abierto:** en este caso el indicador no se mueve del origen, indicando valor infinito de resistencia o cero valores de voltaje.
- **Corto circuito:** el indicador del instrumento indicara el valor mínimo de resistencia si es con el ohmímetro el proceso de medición, o el valor de la fuente si es con el voltímetro.
- **Variación de la capacidad:** el indicador hace un recorrido semejante al del estado normal, pero alcanzando un menor valor de indicación en dependencia de la magnitud del error.
- **Convertirse en un resistor:** el indicador marcara un valor fijo de resistencia o voltaje, si es con capacímetro indica cero.

Error de método:

Semejante al error de método al realizar el proceso de medición de una resistencia, pero no escoger adecuadamente el rango de medición.

3.2.3.8 Diodos



Ilustración 25 Tipos de diodos.

Fuente:<https://electronicaonline.net/componenteselectronicos/diodo/tipos-de-diodos/>

Los diodos son elementos que funcionan como interruptores de estado sólido. No tienen contactos físicos, el estado de conducción o no depende de la polaridad de sus terminales.

Símbolo:

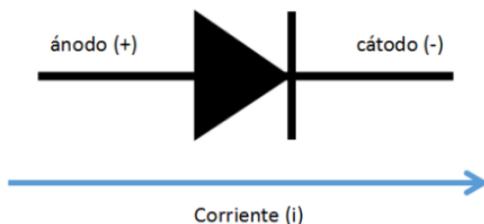


Ilustración 26 Símbolo del diodo.

Fuente: <https://agelectronica.blog/2019/05/28/electronica-basica-diodos/>

Circuitos de medición

Los circuitos para realizar la medición son semejantes los que se utilizan a la hora de medir conductores, solo se sustituye el conductor por un diodo.

Estado normal:

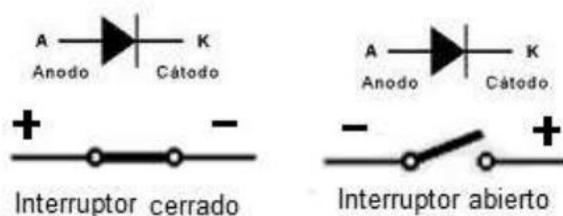


Ilustración 27 Estado de funcionamiento del diodo.

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Para la polarización directa, positivo en el ánodo y negativo en el cátodo, el diodo conduce o se comporta como un interruptor cerrado.

Para la polarización inversa, negativo en el ánodo y positivo en cátodo, el diodo no conduce o se comporta como un interruptor abierto.

Posibles defectos:

- Corto circuito entre regiones: presenta bajo valor de resistencia, o estado de conducción para ambas polaridades, directa e inversa.
- Circuito abierto: presentan alto valor de resistencia, o estado de no conducción para ambas polaridades, directa o indirecta

Error de método:

Semejante al error de método al realizar el proceso de medición de una resistencia

3.2.3.9 Transistores

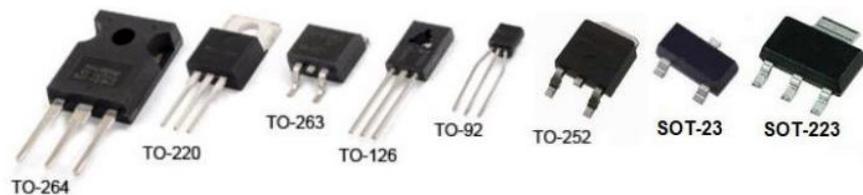


Ilustración 28 Tipos de transistores.

Fuente: <https://www.facilelectro.es/transistores/>

Los transistores según su estructura son dos diodos con una región en común. Si la región central es tipo P el transistor es NPN, si es tipo N el transistor es PNP.

El término transistor es la contracción de transfer-resistor, lo que significa resistor de transferencias. Este elemento tiene funciones de un dispositivo semiconductor que actúa como amplificador o conmutador. En la electrónica moderna, es un componente muy importante, ya que es ampliamente utilizado formando parte de memorias, amplificadores, puertas lógicas, ordenadores, conmutadores electrónicos y muchos otros dispositivos.

Símbolos:

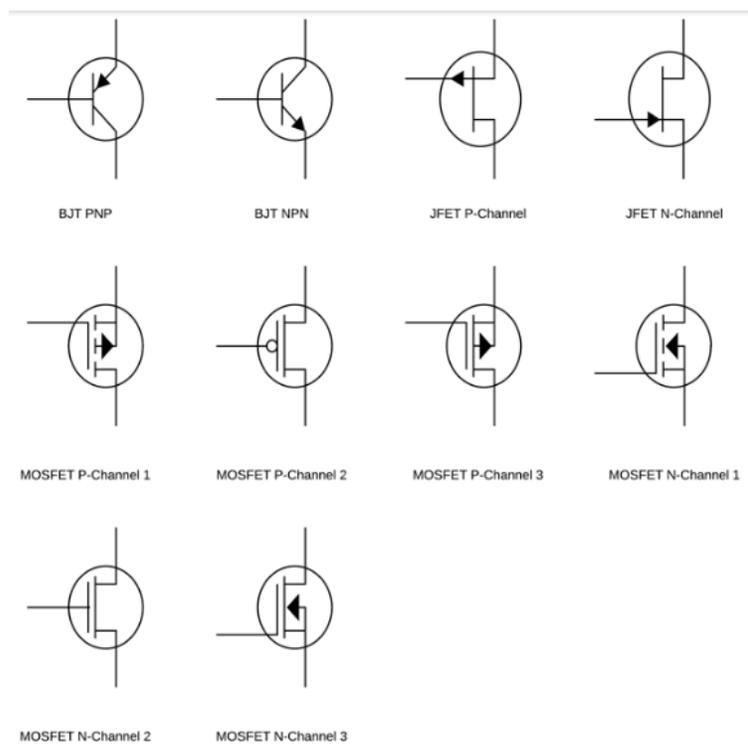


Ilustración 29 Simbología tipos de transistores.

Fuente: https://es.123rf.com/photo_73958923_vista-esquem%C3%A1tica-de-los-transistores-para-los-circuitos-s%C3%ADmbolos-transistores-elemento-digital-electr%C3%B3nico.html

Métodos de comprobación:

Al estar constituido por dos diodos, la medición y diagnóstico de este dispositivo puede abreviarse a la medición de cada uno de estos dos elementos que lo forman, teniendo en cuenta el gran valor de resistencia que frecuentemente se encuentra para cualquier polaridad entre el colector y el emisor.

Teniendo en cuenta lo anterior mencionado, lo que se distingue a realizar el proceso de medición de un transistor, es el algoritmo que se utiliza para localizar la base, por ende, los que se utiliza es lo siguiente.

Reglas para localizar la base:

- Encontrar dos regiones entre las cuales se evidencia el alto valor de resistencia para las polaridades. En el peor de los casos se encuentra la base con 4 mediciones.
- Hallar un terminal que posea bajo valor de resistencia respecto a los otros dos. Se localizará la base, en el peor de los casos, con 12 mediciones.
- Localizar un terminal que adquiera el mismo valor de resistencia con las otras dos. Se localizará la base, con seis mediciones en el peor de los casos.
- Basado en los terminales del trazador de curvas o medidor de α y β .

Ya encontrada la base, el proceso de medición de transistores puede llevarse a cabo de varias formas, a continuación, se mostrarán algunas de ellas.

- ***Método I***
Probar si conduce o no.
Probar cada diodo por separado más la unión C-E.
- ***Método II***
 - a) ***Medición de la resistencia para cada polaridad***
General 20-10 Ω directo.
100k Ω en inverso.
 - b) ***Proceso de medición de la relación de resistencia para cada cambio de polaridad***
1000/1 dependiendo de muchos factores.
- ***Método III***

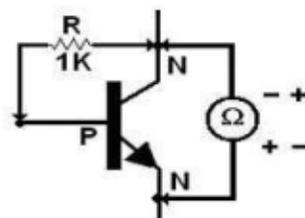


Ilustración 30 Esquema para encontrar la base de un transistor por medio de un ohmímetro.

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Cuando la indicación en Ω disminuye:

- Transistor OK.
- Colector puenteado con base a través de R.
- Colector puenteado con el emisor a través de Ω .

- **Método IV**

Trazadores de curva.

- **Método V**

Medición del coeficiente α y β con multímetro.

- **Método VI**

Ubicarlo en un sistema que se encuentre en buen estado de funcionamiento.

3.2.3.10 Interruptores



Ilustración 31 Tipos de interruptores.

Fuente: <https://jdelectricos.com.co/interruptores-instalaciones-electricas/>

En el área de la ingeniería eléctrica y electrónica, se pueden localizar un sinnúmero de interruptores, pero esencialmente de acuerdo a sus características, llegan distinguirse mediante de lo siguiente:

Interruptor pulsador, interruptor simple tiro NA o NC, , interruptor magnético e interruptor térmico.

NA; normalmente abierto. Previamente de ser operado por alguna causa está en circuito abierto.

NC; normalmente cerrado. Primeramente, de ser maniobrado por alguna causa está en circuito cerrado.

Interruptor simple tiro NA:



Ilustración 32 Símbolo de un interruptor simple normalmente abierto.

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Este interruptor solo actúa sobre una línea del circuito.

Interruptor simple tiro NC:



Ilustración 33 símbolo de un interruptor simple normalmente cerrado.

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Interruptor pulsador NA:



Ilustración 34 Símbolo de un interruptor pulsador NA

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Los interruptores pulsadores solo actúan cuando se esté ejerciendo alguna acción mecánica sobre ellos. Al retirarla regresan al estado original.

Interruptor pulsador NC:

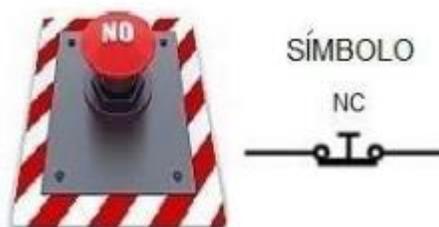


Ilustración 35 Símbolo de un interruptor pulsador NC.

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Interruptor magnético o contactor:

Los interruptores magnéticos o contactores son usados para los procesos de automatización, permitiendo la organización de acciones y relaciones lógicas entre los diferentes elementos y fenómenos. El evitar los autoarranques es lo más importante de todas sus funciones pues certifica la seguridad de las personas e instalaciones. Adoptan el estado inicial en ausencia

de energía, y no actúan, aunque el suministro se restablezca, hasta tanto no se ejecute una nueva acción humana de forma directa o indirecta, ordenando el reinicio del sistema.



Ilustración 36 Esquema de un interruptor magnético o contactor.

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

En la imagen anterior se puede observar un núcleo fijo, un núcleo móvil distanciados por un resorte, bobina y juegos de contactos.

Cuando la corriente circula por la bobina, las fuerzas magnéticas unen los núcleos, se accionan los contactos asociados NA o NC.

Cuando cesa la circulación de corriente, el resorte separa los núcleos y todos los contactos regresan al estado inicial.

Al medir para diagnosticar el estado de funcionamiento se observan dos zonas con circuitos bien definidos e independientes, la bobina y los contactos; cuya cantidad y estado depende del modelo y fabricante.

Interruptor térmico:

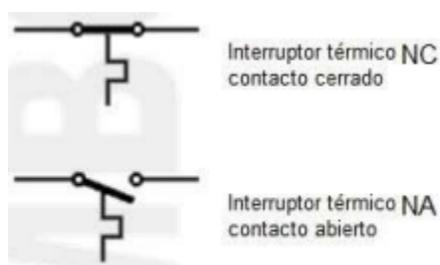


Ilustración 37 Símbolo de un interruptor térmico NA y NC

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Estos interruptores actúan por la acción térmica de otro dispositivo.

Circuito de medición:

Los circuitos para realizar la medición son semejantes los que se utilizan a la hora de medir conductores, solo se sustituye el conductor por los terminales del interruptor.

Estado normal:

Los interruptores en su estado normal conducen o no conducen dependiendo de su estructura y funcionamiento. Que suele ser circuito abierto o circuito cerrado.

Posibles defectos:

Semejante a un conductor puede ser circuito cerrado o abierto, dependiendo si es lo contrario a su función nominal.

El defecto frecuentemente encontrado es circuito abierto, pues sucede la dañarse por calor alguna de sus parte o elementos. Pero también, pero muy escasamente puede presentar corto circuito, al fundirse alguno de sus elementos o sufrir cambios en la estructura física.

Errores de medición:

Solo están presentes los errores instrumentales.

3.2.3.11 Bombillos



Ilustración 38 Bombillos

Fuente: <https://www.ecoluzled.com/blog/bombillas-led-cuales-son-los-diferentes-tipos-de-iluminacion-led/>
https://www.auersignal.com/site/assets/files/3246/a4_productogruppenfolder_es.pdf

Los bombillos o también llamados indicadores luminosos, son elementos que al pasar corrientes por ellos emiten luz. Pueden ser, diodos led, incandescentes, o utilizar otras tecnologías. Solo se tratarán los mencionados.

Símbolo:

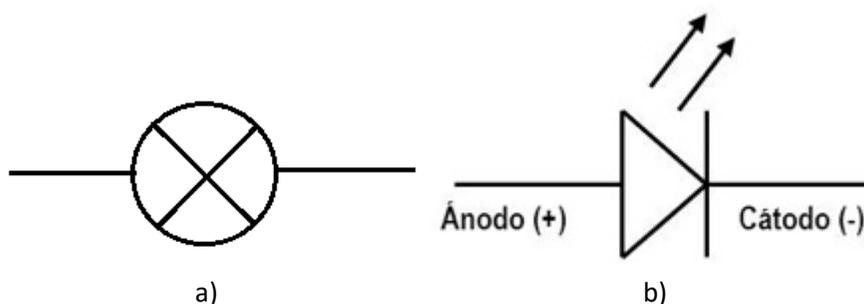


Ilustración 39 a) Símbolo general de un bombillo. b) Símbolo de un bombillo tipo diodo led.

Fuente: <https://blog.ledbox.es/informacion-led/instalacion-de-luminarias/por-que-alimentar-diodos-leds-con-corrientes-bajas>

Estado normal:

En este estado los bombillos incandescentes se pueden medir considerándolos conductores; y los diodos led como diodos bipolares.

Circuito de medición:

Los circuitos para realizar la medición son semejantes los que se utilizan a la hora de medir conductores, solo se sustituye el conductor por el bombillo.

Para la medición del diodo led se utiliza el sistema que se abarca para los diodos bipolares.

Posibles defectos:

El defecto de los bombillos es circuito abierto.

Los diodos led pueden estar en corto circuito o circuito abierto.

Errores de medición:

Solo están presentes los errores instrumentales.

3.2.3.12 Circuitos integrados:

Ilustración 40 Circuitos integrados.

Fuente: <https://tecnologia.fandom.com/es/wiki/Chip>

Los sistemas integrados no se consideran elementos discretos, y para el proceso de medición y diagnóstico de su funcionamiento, no se puede aislar ni extraer de los circuitos.

El diagnóstico del funcionamiento de este elemento depende de sus funciones específicas en el circuito en que está trabajando.

Es posible generalizar, que posee terminales para crear condiciones de trabajo, generalmente fuente de alimentación, tierra y ajustes; terminales que reciben las señales de entrada y terminales que ofrecen las tensiones o señales de salida.

Si los valores nominales de las tensiones que crean condiciones están presentes, de igual forma las señales de entrada, así como estar presentes todas las señales de salida. Si falta alguna de estas, el circuito integrado esta defectuoso y debe ser sustituido.

3.2.4 Tácticas de medición y diagnóstico de circuitos eléctricos a contactores.

3.2.4.1 Esquema en bloques

3.2.4.1.1 Esquema en bloques de un circuito eléctrico

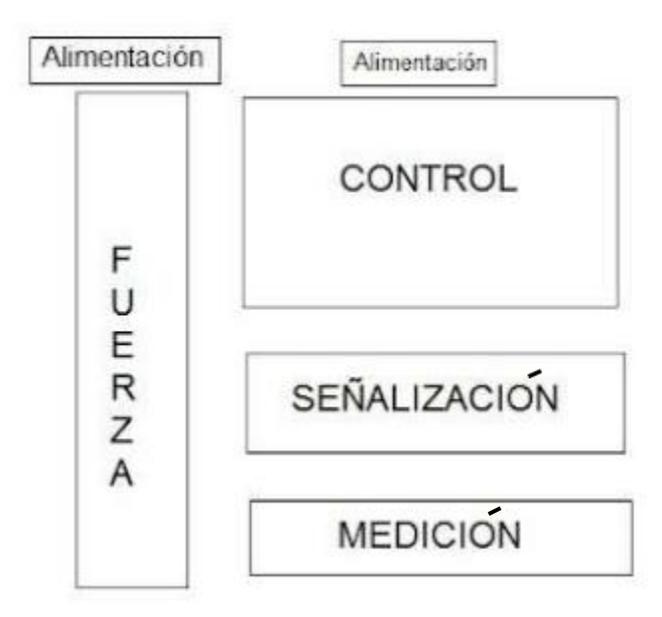


Ilustración 41 Esquema en bloques de un sistema eléctrico.

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

3.2.4.1.2 Funciones de los bloques

Alimentación

El bloque de alimentación es la fuente de energía, se encarga de posibilitar el funcionamiento de todo el sistema. Puede ser que se utilice la misma para todos los bloques, pero a menudo, el bloque de fuerza es de mayor tensión.

Fuerza

En este bloque se lleva a cabo el trabajo fundamental del sistema, además de los circuitos de alimentación, está constituido por los elementos de acción principal tales como motor, resistencia térmica, etc.

Control

Esta es la sección del sistema que se encarga del gobierno del bloque de fuerza. Se encarga de las condiciones de trabajo, arranque, paradas y relaciones lógicas entre todas las funciones.

Señalización

El dar a conocer los distintos estados del sistema es su principal función. Generalmente mediante el encendido o apagado de indicadores luminosos.

Medición

Este bloque es el encargado de mantener la información del estado de las variables del circuito. Regularmente está organizado por herramientas de medición acopladas a través de transformadores de medición.

3.2.4.2 Circuitos eléctricos a contactores

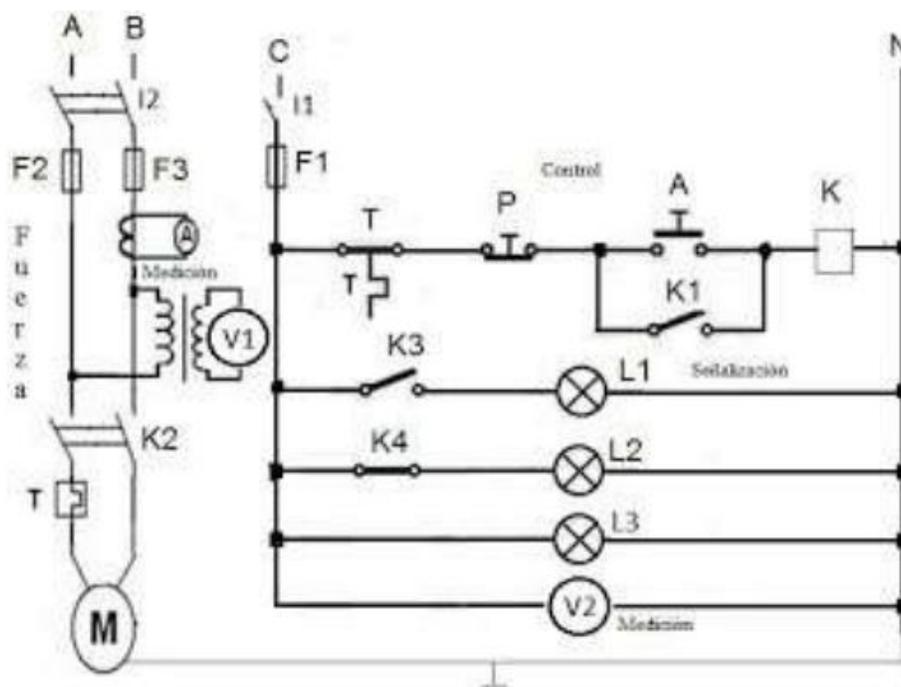


Ilustración 42 Esquema de un circuito eléctrico con contactores.

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

3.2.4.2.1 Alimentación

Los circuitos eléctricos tienden a usar la misma alimentación para todo el sistema, pero frecuentemente se ejecuta con distintos valores de voltaje. En el caso previamente manifestado el circuito de fuerza es alimentado de las fases A y B; y el circuito de control de la fase C neutro N.

En el sistema el conductor neutro, así como se sirve de ruta para el tráfico de la corriente eléctrica, también tiene destinos de protección. Si en los devanados del motor ocurre un corto circuito, la corriente marcha directamente al neutro, se incrementa y se abren los fusibles F2 y F3.

3.2.4.2.2 *Fuerza*

El bloque de fuerza está constituido por, el interruptor de alimentación I2, el interruptor de fuerza K2, las fuentes de alimentación fases A y B, los fusibles de alimentación F2, el motor y el sensor térmico de sobrecarga.

Funcionamiento:

El circuito de fuerza entra en funcionamiento siempre y cuando haya energía en las fases A y B, se cierra el interruptor I2, luego se acciona el interruptor de fuerza K2 del contactor K, y se energiza el motor M.

3.2.4.2.3 *Control*

Este bloque está constituido por el fusible F1, el pulsador de parada P, el interruptor I1, el pulsador de arranque A, el contactor K, el interruptor térmico T y su contacto K1, tipo NA.

Funcionamiento:

Para que el bloque de control entra en funcionamiento el sistema debe estar energizado y el fusible F1 estar en buenas condiciones, después de pulsar el botón de arranque A, la corriente es transportada por el circuito a continuación: primero por la fuente fase C, luego al interruptor I1, al interruptor térmico T, bobina del contactor K, al fusible F1, pulsador de arranque A y neutro del sistema N.

Cuando la corriente pasa por la bobina del contactor K, este se maniobra, causando el cierre de los contactos NA y cerrando los contactos NC. Ejecutándose las siguientes acciones:

- K1, NA; al cerrarse, la corriente sigue llegando a la bobina del contactor después de soltar el pulsador de arranque A.
- K2, NA; al cerrarse permite que la energía llegue al motor e inicia su funcionamiento.
- K3, NA; al cerrarse enciende la bombilla L1 indicando estado de funcionamiento del motor.
- K4, NC; al abrirse se apaga la bombilla L2, dejando de indicar el estado de parada del motor.

Arranque del motor: al accionar el pulsador A.

Parada normal del sistema: al accionar el pulsador P.

Parada por avería del sistema: cuando se abre cualquiera de los fusibles, habitualmente por corto circuito, o al abrirse el interruptor térmico T por sobrecarga.

3.2.4.2.4 Señalización

Está compuesto por los bombillos L1, L2, L3 y los interruptores K3 y K4

Funcionamiento:

Si se encuentra el motor apagado, el contacto k4, NC, del contactor K, admite el flujo de la corriente hacia la bombilla L2, lo que muestra la parada del motor.

Si el circuito del control orienta la actividad del motor, este contacto se acciona y se apaga la lámpara. Al motor entrar en funcionamiento, el interruptor K3, NA, del contacto K, se cierra, admite el flujo de la corriente y se activa la bombilla L1, señalando que el motor se encuentra en actividad.

Cuando el interruptor I1 se encuentra cerrado, se prende la bombilla L3, manifestando disponibilidad de energía en el circuito de control.

3.2.4.2.5 Medición

Este bloque está conformado por el amperímetro A acoplado a través de un transformador de corriente, el voltímetro V1 conectado a través de un transformador de tensión, los cuales monitorean los valores de corriente y voltaje del circuito de fuerza; y el voltímetro V2 que indica el valor de la tensión del circuito de control.

3.2.4.3 Tácticas de medición y diagnóstico de circuitos eléctricos

La medición y el diagnóstico de los circuitos eléctricos se efectúa esencialmente con mediciones de continuidad; utilizando los circuitos para medir conductores.

De forma global se pueden establecer los siguientes pasos para encontrar elementos defectuosos.

- Definir el bloque defectuoso analizando el principio de funcionamiento.

- Definir la zona defectuosa analizando el principio de funcionamiento y utilizando mediciones.
- Definir los elementos defectuosos por mediciones de continuidad.

3.2.5 Tácticas de medición y diagnóstico de circuitos electrónicos

El tema “Medición y diagnóstico de circuitos electrónicos”, tiene como prioridad crear las destrezas necesarias para situar los elementos defectuosos, sin necesidad de extraerlos de los circuitos donde están funcionando, mediante el uso de mediciones de tensión. A menudo se encuentra personal encargado de reparaciones, los cuales el principal método que utilizan es el de eliminación sucesiva; extraen los elementos de un circuito, uno por uno, y los comprueban a parte como elementos discretos. Esta forma de actuar origina grandes pérdidas de tiempo, igual que daños adicionales al sacar los componentes.

Las instrucciones propuestas a continuación, permitirá con escasas mediciones, en un circuito compuesto por cientos de elementos, situar el defectuoso; y por ende extraer solamente este. La diversidad de circuitos electrónicos es muy grande, debido a la posibilidad casi infinita de usos posibles. Como ejemplo para mostrar las técnicas y métodos, se presentará la localización de elementos defectuosos en circuitos de amplificadores con transistores.

Estos procedimientos pueden aplicarse en otros tipos de sistemas.

3.2.5.1 Definición y funcionamiento de un transistor

Un transistor se define como la unión de tres regiones de semiconductores, la del centro distinta a los demás. Su funcionamiento es como un resistor variable, lo que le permite el efecto de amplificación de señales; que consiste en el gobierno de una fuente potente de energía por una débil.

3.2.5.2 Reglas fundamentales de funcionamiento y medición

Para que un transistor amplifique debe cumplir con lo siguiente:

- Debe hacer tensión de polarización y señal.
- La unión base emisor se polariza de forma directa.

- La unión base colector se polariza de forma inversa.
- La alteración de los requisitos anteriores saca al transistor de su estado y lo llevan a máxima o mínima conducción.
- Un incremento de la polarización directa o inversa hace que tienda a máxima conducción.
- Una disminución de la polarización directa o inversa hace que tienda a mínima conducción.
- La polarización directa tiene prioridad sobre la inversa.

3.2.5.2.1 *Estados fundamentales en funcionamiento*

1. Máxima conducción { $R \downarrow$; $I \uparrow$; $\Delta U_{EC} \downarrow$ }

La resistencia interna es mínima, la corriente es máxima y la diferencia de potencial emisor-colector es mínima.

2. Mínima conducción { $R \uparrow$; $I \downarrow$; $\Delta U_{EC} \uparrow$ }

La resistencia interna es máxima, la corriente es mínima y la diferencia de potencia emisor-colector es máxima.

3. Intermedio

Este estado es el único que permite amplificación.

3.2.5.2.2 *Identificar posición de terminales*

Cuando se encuentra un transistor soldado en una placa circuital, por el lado de la soldadura se puede apreciar con tres puntos. ¿Cómo se puede identificar cual es la base, el emisor y el colector?

Trabajando en caliente:

1. La base tiene un valor intermedio de voltaje con respecto a los otros dos.
2. El emisor tiene un valor de voltaje 0.2-0.7 con respecto a la base.
3. El colector es el terminal restante.

3.2.5.2.3 *Identificar tipo de estructura, PNP o NPN*

Si el emisor es más positivo que la base, el transistor es PNP, en caso contrario es NPN.

Distribución de tensiones en estado normal de amplificación

Ya conociendo la posición de los terminales, podemos aplicar lo siguiente.

- Se realiza la distribución del emisor hacia el colector.
- A la última región se le cambia el carácter por el anterior, desde el emisor hacia el colector.

Si PNP \rightarrow PNN

Si NPN \rightarrow NPP

3.2.5.3 *Medición de etapas*

3.2.5.3.1 *Circuitos típicos*

El sistema que se estudiara continuación es un circuito clásico de un amplificador con transistores, emisor común polarizado por divisor de tensión.

En la práctica, teniendo en cuenta las necesidades, los circuitos pueden adoptar infinitas variantes, pero todas pueden simplificarse a los circuitos NPN y PNP presentados en la figura a continuación.

Los circuitos funcionan de forma semejante, la diferencia entre los transistores NPN o PNP, solo influye en el carácter de las tensiones de polarización; que al cambiar el tipo de transistor puede ser distinta.

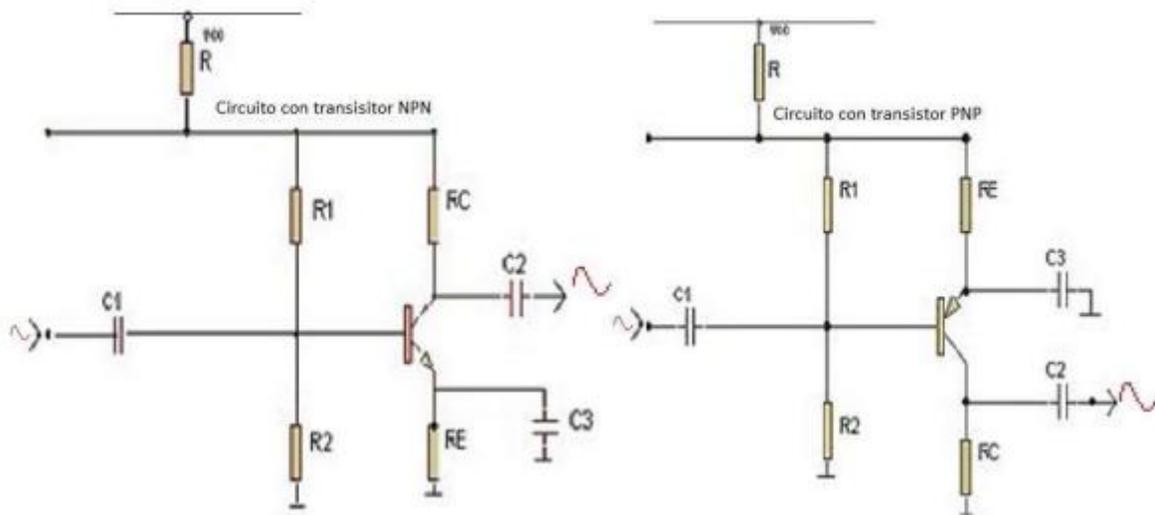


Ilustración 43 Esquema de un circuito eléctrico amplificador con transistores NPN y PNP.

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

3.2.5.3.2 Función de cada elemento

Los transistores actúan como resistencias variables, en dependencia de la señal que se aplica en la base. Al variar la resistencia interna del transistor, varía proporcionalmente la corriente en la rama colector-emisor, y en la resistencia de colector, se obtiene una señal similar a la aplicada en la base, pero mayor o amplificada.

Resistor R, ajusta la tensión de la línea de alimentación a la necesaria en la etapa.

Resistor R1 y R2; son los resistores de polarización de la base, proporcionan el voltaje necesario en esta.

Resistor de colector RC, polariza o proporciona la tensión necesaria en el colector. Limita la corriente en la rama colector emisor.

Resistor emisor RE; polariza o proporciona la tensión necesaria en el emisor. Limita la corriente en la rama colector emisor.

Condensador C1; condensador de acople de entrada.

Condensador C2; condensador de acople de salida.

Condensador C3; condensador de desacople del emisor.

3.2.5.3.3 Mediciones para diagnóstico de etapa amplificada.

1. ΔU en R
2. ΔU Base – Emisor
3. ΔU Colector – Emisor
4. ΔU en RC o RE
5. U_C, U_E, U_B
6. U_C con Base – Emisor en CC
7. U_C en corte y saturación
8. U_C al variar señal de entrada
9. Comprobar la correcta distribución de las tensiones.
10. Medir con osciloscopio las formas de onda de las señales a la entrada y a la salida.

Donde;

ΔU ; diferencia de potencial o voltaje.

U_C ; voltaje entre el colector y tierra.

U_E ; voltaje entre el emisor y tierra.

U_B ; voltaje entre la base y tierra.

CC; corto circuito.

3.2.5.4 Medición y diagnóstico de elementos

3.2.5.4.1 Esquema lógico de medición para la localización de elementos averiados

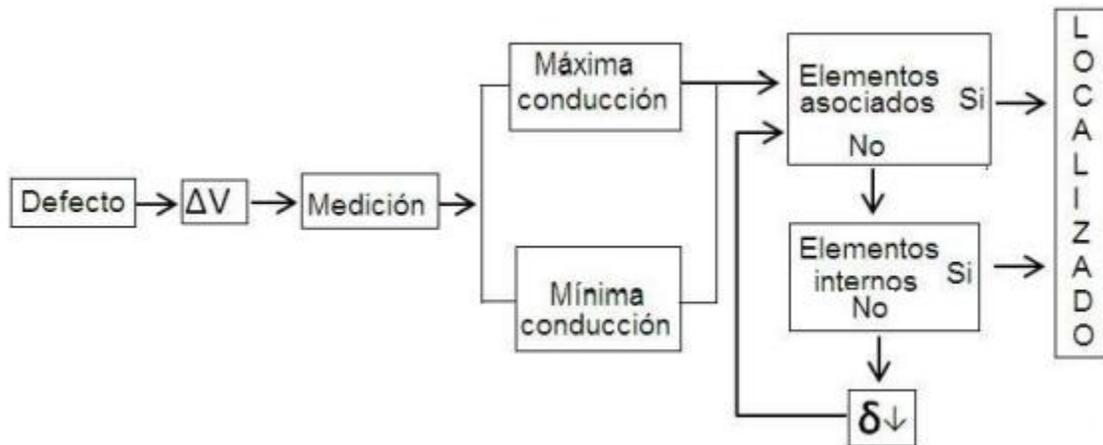


Ilustración 44 Esquema lógico de medición para la situación de elementos dañados

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Donde:

ΔV ; Variación de tensión.

$\delta \downarrow$; disminuir error relativo o mejorar precisión o método de medición.

Los defectos generan diferencias de tensiones ΔV que pueden ser detectadas a través de mediciones.

El primer objetivo de las mediciones es detectar si el sistema como consecuencia del defecto tiende a mínima o máxima conducción.

Concretada la tendencia mediante la interpretación de las mediciones y la aplicación de las leyes de Ohm, Thévening y Kirchhoff, en primera instancia se analizan los elementos asociados como posible causa del defecto, si alguno es confirmado se ha localizado la causa de la avería. En caso contrario, se analizan los elementos internos con secuencia lógica similar.

Si no se localiza la causa de la avería entre los elementos externos e internos, es necesario mejorar la precisión $\delta\downarrow$ de los medios métodos, y repetir la secuencia lógica de medición e investigación.

3.2.5.5 Táctica inductiva para la localización de elementos averiados

3.2.5.5.1 Precedentes

- Si el transistor sufre un incremento en polarización inversa o directa, este podrá estar en máxima conducción.
- La acción contraria lo lleva a máxima conducción.
- Tiene prioridad la polarización directa.

3.2.5.5.2 Reglas

- Se analiza la acción sobre la polarización de un elemento tomado al azar.
- Si se corresponde con el defecto de la avería, es el posible elemento averiado.

3.2.5.5.3 Procedimiento

Observar con que terminal del transistor se une el posible elemento defectuoso, y a que polo de la fuente va conectado, decidir si la avería la hace más positivo o negativo y lo lleva a máxima o mínima conducción.

3.2.5.5.4 Pasos para aplicación del procedimiento

- Se define si el fallo produjo que la etapa tendiera a mínima o máxima conducción.
- Se define con que terminal del transistor se une el posible elemento defectuoso, y a que polo de la fuente va conectado
- Se define se la terminal del transistor se hace más positivo o negativo.
- Se define como afecta la variación de voltaje, si favorece o va en contra de la polarización sobre la cual influye.
- Se define si la influencia que hay sobre la polarización hace que el transistor tienda a máxima o mínima conducción.
- Compara los resultados del punto anterior con el primer punto.

- Si la comparación del punto anterior, resulta similar, el elemento estudiado es el posible defectuoso, en caso contrario no lo es.

3.2.5.5.5 Ejemplos de aplicación de la táctica inductiva

3.2.5.5.5.1 Amplificador con transistor NPN

Se puede generalizar que existen dos tipos de situaciones, unas simples en las que es suficientes aplicar solo las leyes de Ohm, Thévening y Kirchhoff, para definir si el elemento esta averiado y otras situaciones un poco más complejas donde se hace imprescindible la aplicación del método inductivo.

Se debe tener en cuenta que la corriente a través de un elemento abierto es cero y la tensión en sus extremos máxima. En los elementos en corto circuito, la tensión entre sus extremos es cero y la corriente a través de ellos es máxima.

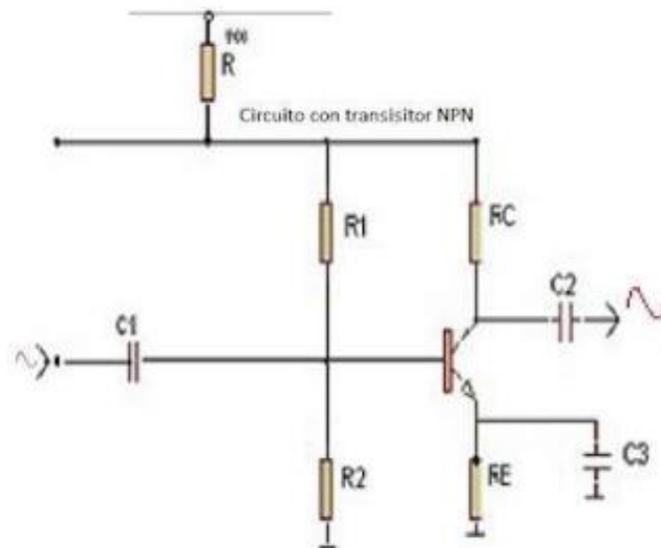


Ilustración 45 Esquema eléctrico de un circuito amplificador utilizando un transistor NPN

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Pasos para el procedimiento inductivo.

Paso 1: definir si la avería hizo que la etapa tienda a máximo o mínimo de conducción.

Se selecciona el volteje de colector entre las múltiples posibles magnitudes de control. Y se adopta 11 voltios entre colector y tierra como valor nominal en estado normal.

Si se presenta una falla, solo puede haber dos consecuencias para este valor, que disminuya o aumente. Si en llegado caso el voltaje disminuye, es porque a través de R y RC se han incrementado las corrientes, y por ende las caídas de voltaje en estas resistencias se han elevado y por consiguiente en el colector llega menos voltaje, lo que indica que la etapa pasa a régimen de máxima conducción.

Si se percibe que las corrientes a través de R y RC han disminuido, es porque el voltaje ha aumentado, por ende, las caídas de voltaje en estas resistencias se han disminuido, y por lo tanto al colector llega más voltaje. Lo que indica que el transistor transita a régimen de mínima conducción.

Es indispensable abarcar, que al medir el volteje de emisor, en el transistor será más significativa la variación de la resistencia interna. Si se percibe que aumenta el voltaje en el emisor es porque en el transistor disminuyo su resistencia interna, paso a régimen de máxima conducción, deja de pasar más voltaje al emisor y hay meno caída en su resistencia interna.

Cuando se disminuye el voltaje en el emisor es debido a que el transistor paso a régimen de mínima conducción, aumento su resistencia interna, en la cual hay más caída y deja pasar menos tensión al emisor.

Análisis de avería.

Resistor R1

Paso 2: Definir con que polo de la fuente une el posible elemento averiado, el terminal del transistor al cual esté conectado.

El resistor R1 una a la base del transistor con el polo positivo de la fuente.

Paso 3: definir si su avería hace la terminal del transistor más positivo o negativo.

Al ser un resistor su posible defecto es circuito abierto, en este caso aleja a la base del polo positivo y la hace más negativa.

Paso 4: definir si la variación de tensión favorece o va en contra de la polarización sobre la cual influye.

Como el transistor en NPN, su base es tipo P, positiva, y al hacerse más negativa por la avería del resistor R1, va en contra de la polarización directa.

Paso 5: definir si la influencia sobre la polarización hace que el transistor tienda a mínima o máxima conducción.

Si la avería va en contra de la polarización directa, hace que el transistor tienda a mínima.

Conducción.

Paso 6: compara los resultados del paso 5, con los del paso 1.

Hagamos la suposición que en el paso uno medimos más tensión y teníamos definido que el transistor había pasado a mínima conducción.

Por lo tanto, coinciden los resultados del paso 1 y el 5.

Paso 7: si son similares, el elemento es el posible averiado. Es caso contrario no lo es.

Para este ejemplo, coinciden y R1 si es un posible elemento averiado.

3.2.5.5.2 Amplificador con transistor PNP

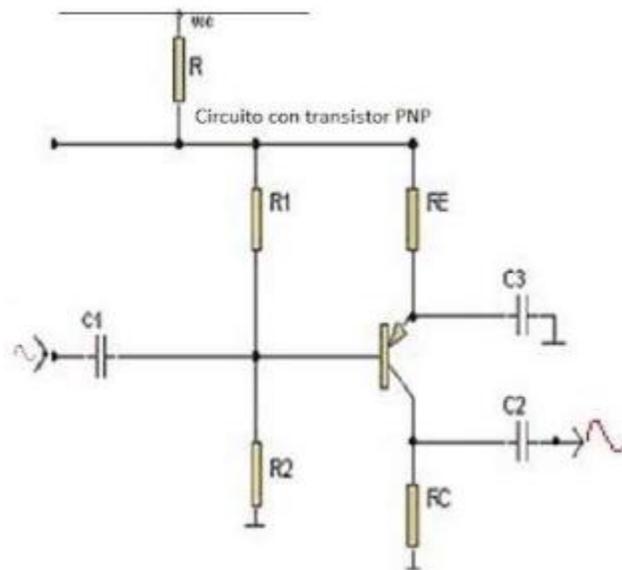


Ilustración 46 Esquema eléctrico de un circuito amplificador con transistor PNP

Fuente: <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Pasos del procedimiento inductivo

Paso 1: definir si la avería hizo que la etapa tienda a máxima o mínima conducción.

De las múltiples y posibles magnitudes de control, se selecciona la tensión del emisor. Y se adopta que el valor nominal en estado normal entre el emisor y la tierra es 11 voltios.

En caso de que haya una avería solo pueden ocurrir dos cosas con el valor mencionado, que disminuya o aumente.

Si el voltaje disminuye, es porque se han incrementado las corrientes a través de R y RE y por tal motivo las caídas de tensión en estos resistores han aumentado y llega menos tensión al colector, lo que indica que el transistor pasó a régimen de máxima conducción.

Si la tensión aumenta, es debido a que ha disminuido las corrientes a través de R y RE y por tanto las caídas de tensión en estos resistores han disminuido y llega más tensión al colector. Lo que es un indicador de que el transistor paso a régimen de mínima conducción.

Es importante tener en cuenta, que si se mide la tensión de colector es más significativa la variación de resistencia interna del transistor. Si aumenta la tensión en el colector es porque el transistor pasó a régimen de máxima conducción, tiene menor resistencia interna por tanto menos caída en su resistencia interna y deja pasar más tensión al colector.

Si se disminuye la tensión en el colector es porque el transistor paso a régimen de mínima conducción, aumento su resistencia interna, n la cual hay más caída y deja pasar menos tensión al colector.

Análisis de avería

Resistor R1

Paso 2: se define con que polo de la fuente se une el posible elemento averiado, el terminal del colector de transistor al cual esta contado.

Paso 3: definir si su avería hace la terminal del transistor más positivo o negativo.

Al ser un resistor su posible defecto es circuito abierto, en este caso aleja a la base del polo positivo y la hace mas negativa.

Paso 4: se define si la variación de tensión favorece o va en contra de la polarización sobre la cual influye.

Como el transistor es PNP, su base es tipo N, negativa, y al hacerse más negativa por la avería del resistor R1, va a favor de la polarización directa.

Paso 5: se define si la influencia sobre la polarización hace que el transistor tienda a mínima o máxima conducción.

Si la avería favorece la polarización directa, hace que el transistor tienda a máxima conducción.

Paso 6: se compara los resultados del paso 5, con los del paso 1.

Se hace la suposición que en el caso 1 medimos más tensión y teníamos definido que el transistor había pasado a mínima conducción.

Por ende, no coinciden los resultados del paso 1 y 5.

Paso7: si son similares, el elemento es el posible averiado. Del contrario no lo es. Para este ejemplo no coinciden y R1 no es un posible elemento averiado.

3.2.5.6 *Táctica deductiva para la localización de elementos averiados*

Reglas:

- Tiene prioridad la acción sobre la polarización directa.
- Elementos que llevan al transistor a máxima conducción.
 - ✓ **En Base-Emisor:** cortocircuito de los elementos al polo de la fuente de su mismo tipo. Circuito abierto de los conectados al polo contrario.
 - ✓ **En Colector:** cortocircuito de los elementos conectados al polo de la fuente de carácter contrario, o circuito abierto de los conectados del mismo carácter.
 - ✓ **Falsa Saturación:** cortocircuito entre el colector y cualquier región (se igualan las tensiones).
- Elementos que llevan el transistor a mínima conducción.
 - ✓ **En base-emisor:** cortocircuito de los elementos al polo de la fuente de carácter contrario; o circuito abierto de los conectados al del mismo tipo.
 - ✓ **En colector:** cortocircuito de los elementos conectados al polo de la fuente del mismo tipo, o circuito abierto de los conectados a los de carácter contrario.
 - ✓ **Falso corte:** corto circuito base-emisor. Circuito abierto de cualquier región (crecen las tensiones).

3.3 Cumplimientos del tercer objetivo diseño de entornos cuánticos para la formación en sistema de estrategias tácticas y métodos para la medición y diagnóstico de elementos discretos, circuitos eléctricos y circuitos electrónicos en el ejercicio de la ingeniería.

3.3.1 Diseño del entorno cuántico mediante la herramienta Google Sites

Después de haber realizado el planteamiento del sistema de estrategias tácticas y métodos para la medición y diagnóstico de elementos discretos, circuitos eléctricos y circuitos electrónicos. Con la ayuda de la herramienta Google Sites se procede a realizar el diseño del primer entorno cuántico el cual consiste en crear un espacio de fácil manejo y ambiente amigable que le permita al interesado poder instruirse en los temas de interés. Este sitio estará publicado mediante acceso libre lo que permitirá a cualquier persona acceder a esta información.

Evidencias del diseño del entorno cuentico en Google Sites:

https://sites.google.com/d/1tFi8fsSOa6kRNnSXsBsFf-4R5M6pbB7A/p/1VzjjHq1VHvVMIG8zu_-yvm0pb4h1QJql/edit

En el apartado del [Apéndice C](#) se encuentra las imágenes que evidencia la creación del entorno cuántico en Google Sites.

3.3.2 Diseño del entorno cuántico mediante la herramienta institucional Moodle

El segundo entorno cuántico diseñado se realiza bajo la herramienta de Moodle la cual hace parte de las herramientas tecnológicas utilizadas por la Universidad de Pamplona como ayuda pedagógica para la realización de sus cátedras educativas.

Este entorno cuántico permitirá que la información prevalezca a largo plazo para la enseñanza de la asignatura de Mediciones Eléctricas, la cual permitirá a un mejor desarrollo de la misma, asintiendo una mejor interlocución entre el estudiante-docente y fortaleciendo las habilidades pedagógicas.

Evidencias del diseño del entorno cuentico en Moodle

<https://vtaone.ciadti.co/course/view.php?id=312§ion=4>

En el apartado del [Apéndice D](#) se encuentra las imágenes que evidencia la creación del entorno cuántico en Moodle.

3.4 Análisis económico

En el área de la ingeniería eléctrica, el profesional siempre se encontrará procesos en el cual realizar un buen diagnóstico o medición será de gran importancia a la hora de evitar que una empresa o cliente tenga que gastar grandes cantidades de dinero.

Cuando se realiza el diagnóstico adecuado a un equipo se puede lograr que este no presente una falla total, lo que permitirá que se le realice el mantenimiento adecuado y en forma oportuna. Esto presenta una gran importancia pues el factor económico tiende ser más bajo en lo proceso de mantenimiento que en el remplazo total del equipo y además mejora la productividad.

Un estudio realizado por el Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento Mencionó que en una encuesta realizada el 82% de las empresas encuestadas sufrieron paros, que en promedio duraron cuatro horas, con un estimado de 250,000 dólares por hora de paro y que en total sufrieron pérdidas aproximadas de 1 millón de dólares, esto a raíz de problemas de mantenimiento causado por posibles errores presentados a la hora de medir y diagnosticar los sistemas.

También menciona que las empresas que implementaron métodos de diagnósticos de forma preventiva lograron beneficios como incrementar hasta en 60% sus niveles de desempeño en uptime (tiempo que la máquina está produciendo), han mejorado el uptime hasta en 9%, redujeron sus costos hasta en 12%, los riesgos de seguridad, salud y medio ambiente hasta en 14% en promedio, y extendieron la vida de las máquinas en 20%.

Porcentaje de empresas que sufrieron paros	Duración del paro (horas)	Costo aproximado de hora por para (Dólares)	Costo tola de un paro en una empresa
82%	4	250.000	1000000

Tabla 2 Impacto económico del mantenimiento errado

Fuente: (V.Alcantara.¿Cuál es el impacto económico del mantenimiento?, 2019)

	Incremento %	Decremento %
Tiempo que la máquina está produciendo	60	
Riesgos de seguridad, salud		12
Vida de las máquinas	20	
Costos de mantenimiento		12

Tabla 3 Impacto económico del mantenimiento basado en medición

Fuente: (V.Alcantara.¿Cuál es el impacto económico del mantenimiento?, 2019)

3.5 Análisis de impacto social

Este estudio permite a la sociedad interesada conocer de primera mano por medio de un entorno cuantico sencillo y fácil de manejar, todo lo que requiera conocer acerca de estrategias y métodos que le ayudaran a realizar de manera correcta y oportuna un buen diagnóstico y medición de sistemas eléctricos y electrónicos; permitiendo afianzar conocimientos para el desarrollo de mantenimientos en el área de la ingeniería.

3.6 Análisis de impacto ambiental

En la actualidad se presencia como la basura electrónica crece día a día de forma exponencial, afectando enormemente el medio ambiente creando grandes fuentes de contaminación. Es por esto que el conocer las estrategias y métodos para el diagnóstico y medición de sistemas eléctricos y electrónicos que ofrece este estudio, permitirá que se puedan reparar más equipos o maquinas eléctricas, contribuyendo a que estos no se desechen de forma prematura y así reducir la curva de crecimiento de basuras producida por estos elementos.

Un estudio realizado por la universidad javeriana en el año en curso titulado la “Otra pandemia moderna: la basura eléctrica y electrónica” muestra como en nuestro país se generan basuras de forma exponencial pasando de 278 mil toneladas en 2015 a 326 mil en 2020 presentado altos riesgos de salud y daños al medio ambiente.

Este proyecto busca que por medio del sistema de estrategias y métodos planteados para la medición, diagnóstico y reparación de sistemas eléctricos y electrónicos busque reducir la

curva de crecimiento de estos desechos evitando que estos aparatos se desechen prematuramente y alargar su vida útil mascada día.

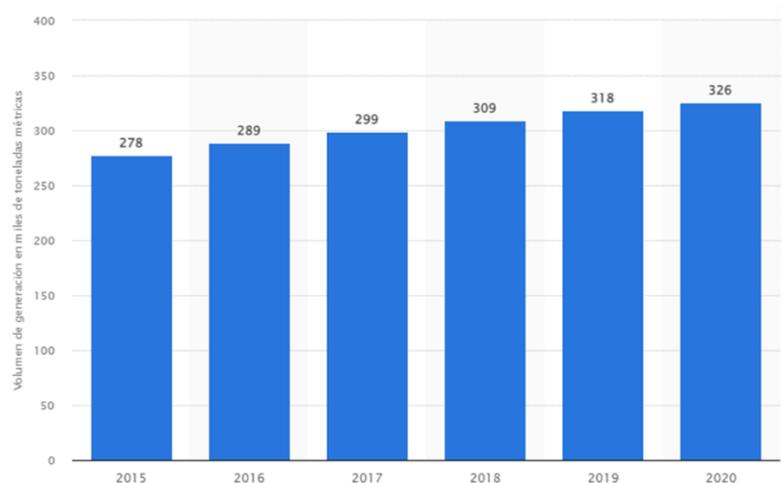


Ilustración 47 Crecimiento de basuras eléctricas y electrónicas desde 2015-2020

Fuente: <https://es.statista.com/estadisticas/1218487/generacion-residuos-electronicos-colombia>

3.7 Conclusiones

- Los métodos de diagnóstico y reparación para sistemas eléctricos y electrónicos planteados en este proyecto, son usados y avalados a nivel continental.
- El proceso de medición y diagnóstico en sistemas eléctricos se puede considerar como un lenguaje universal entre los profesionales en ingeniería.
- La seccionalización, la eliminación sucesiva y la medición de continuidad por tensión, son considerados métodos maestros que ayudaran al ingeniero eléctrico y carreras afines a poder realizar un diagnóstico a un circuito eléctrico o electrónico de manera eficaz y eficiente.
- No se entiende como la cátedra de Mediciones Eléctricas la cual enseña estrategias y métodos para la medición y diagnóstico de sistemas eléctricos y electrónicos no se está impartiendo en los programas afines a la Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Pamplona

- La formación en estrategias y métodos para la medición y diagnóstico de sistemas eléctricos y electrónicos ayudara a reducir el incremento de basuras eléctrica y electrónica púes permitirá que estos aparatos no se desechen prematuramente.
- El conocer claramente las estrategias y métodos para la medición y diagnósticos de sistemas eléctricos y electrónicos, le permitirá al ingeniero eléctrico desarrollar tareas de mantenimiento de una forma precisa, correcta y eficiente. Lo que le permitirá prolongar el funcionamiento y vida útil de los equipos industriales y poder garantizar la confiabilidad de los sistemas.
- El diseño de los entornos cuánticos implementados le permitirá al ingeniero en formación y al ya profesional conocer de primera mano información precisa que le ayudará a aprender estrategias tácticas y métodos para la medición y diagnóstico de sistemas eléctricos y electrónicos. Estos entornos cuánticos son de fácil manejo proyectado un ambiente amigable para el buen desarrollo de los procesos de aprendizaje.
- Los métodos y estrategias en las mediciones eléctricas, ayudaran al ingeniero a llevar un proceso limpio, ordenado y bien planificado, que le permitirá aplicar sus conocimientos de una manera eficaz y eficiente, convirtiéndose en una pieza clave para cualquier empresa donde pueda desenvolverse de forma profesional.

3.8 Recomendaciones.

- Seguir afianzando los conocimientos en las mediciones eléctricas, pues siempre se podrán encontrar métodos y estrategias que permitirán un mejor desarrollo como ingenieros.
- Apoyar y mantener las cátedras que impulsen el fortalecimiento del conocimiento sobre las estrategias y métodos para las mediciones y diagnósticos en sistemas eléctricos.

- Se debería incluir la cátedra de mediciones eléctricas en los programas afines a la Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Pamplona.

3.9 Glosario

- **Vectorimetro:** es un instrumento en el cual se puede ver el efecto de las fuerzas resultantes de manera tangible representando vectores.
Su objetivo es demostrar el efecto de sistemas de fuerza simple, gracias a este podemos ver los diferentes ángulos que se pueden formar dependiendo de las fuerzas ejercidas ya sea por diferentes pesos o una fuerza externa como la gravedad o de tensión. También con este se puede. (Estrada, F. L. (2013, 7 septiembre))
- **El ferrimagnetismo:** es un fenómeno físico en el que se produce ordenamiento magnético de todos los momentos magnéticos de modo que no todos los momentos magnéticos de una muestra están alineados en la misma dirección y sentido. Algunos de ellos están opuestos y se anulan entre sí. Sin embargo, estos momentos magnéticos que se anulan están distribuidos aleatoriamente y no consiguen anular por completo la magnetización espontánea. Un ferrimagneto es el material que puede presentar ferrimagnetismo. (F. (2013, 26 noviembre). *ferromagnetismo*.)

3.10 Referencias

- Acerca de Moodle - MoodleDocs.* (2020, 7 noviembre). Moodle. Recuperado 29 de noviembre de 2021, de https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle
- Aguilera Hintelholher, R. M. (2013, 20 septiembre). Identidad y diferenciación entre Método y Metodología. *Sistema de Información Científica Redalyc.*
<https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=426439549004>
- Condensador Que es, Funcionamiento, Códigos, Conexiones y Tipos de Condensadores.* (s. f.). <https://www.areatecnologia.com/electricidad/condensador.html>. Recuperado 1

de noviembre de 2021, de

<https://www.areatecnologia.com/electricidad/condensador.html>

Cooper, W. D., & Helfrick, A. D. (1991). *Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición* (1.ª ed.). Prentice-hall Hispanoamericana, S.A.

Córdoba, M. (2008, 22 mayo). El proceso de diagnóstico y sus elementos. *Innovación y experiencias educativas*.

Correa Páez, J. P. (2021, 21 julio). *Otra pandemia moderna: la basura eléctrica y electrónica* / *Revista Pesquisa Javeriana*.

<https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/desechos-electronicos-electricos-aparatos/>.

Recuperado 3 de diciembre de 2021, de [Javeriana.edu.co](https://www.javeriana.edu.co)

¿Cuál es el impacto económico del mantenimiento? (2019, 26 marzo). *vanguardia-industrial*. Recuperado 1 de diciembre de 2021, de <https://www.vanguardia-industrial.net/cual-es-el-impacto-economico-del-mantenimiento/>

Cuicui Hang, Liming Ying, Naiqiu Shu, Transistor open-circuit fault diagnosis in two-level three-phase inverter based on similarity measurement, *Microelectronics Reliability*, Volume 91, Part 2, 2018, Pages 291-297, ISSN 0026-2714, <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2018.10.009>.

EcuRed. (2012, 28 agosto). *Métodos de medición - EcuRed*. Recuperado 25 de octubre de 2021, de https://www.ecured.cu/M%C3%A9todos_de_medici%C3%B3n

Estrada, F. L. (2013, 7 septiembre). *Laboratorio de vectores*. slideshare. Recuperado 10 de octubre de 2021, de <https://es.slideshare.net/FiorellaLara/laboratorio-de-vectores>

F. (2013, 26 noviembre). *ferromagnetismo*. Scribd. Recuperado 15 de noviembre de 2021, de <https://es.scribd.com/doc/30878521/ferromagnetismo>

Furse, Cynthia & Kafal, Moussa & Razzaghi, Reza & Shin, youn-jeong. (2020). Fault Diagnosis for Electrical Systems and Power Networks: A Review.

10.13140/RG.2.2.24213.06882.

Gan Acosta, A. (2010, 6 marzo). *Temas de la unidad - Diagnóstico MeI*.

<https://sites.google.com/site/antoniogan/>. Recuperado 25 de octubre de 2021, de <https://sites.google.com/site/diagnosticoup/unidad-iii/>

Karcz, A. M. (1975). *Fundamentos de metrología eléctrica* (Vol. 1). Boixareu Editores.

Jones, R. G., & Jones, O. C. (2020). Electrical measurements. *AccessScience*. Retrieved November 22, 2021, from <https://doi.org/10.1036/1097-8542.219000>

M. Hikita, S. Okabe, H. Murase y H. Okubo, "Cross-equipment Evaluation of Partial Discharge Measurement and Diagnosis Techniques in Electric Power Apparatus for Transmission and Distribution", en *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 15, no. 2, pp. 505-518, abril de 2008, doi: 10.1109/TDEI.2008.4483471.

NTC-ISO 10012 Icontec. (2003, junio). *Sistema de gestión de la medición. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición*.

<https://siscomet.com.co/documents/NTC-ISO-10012.pdf>

Las Pilas y las Baterías ¿Serán lo mismo? (2021, 9 marzo). 330ohms. Recuperado 28 de octubre de 2021, de <https://blog.330ohms.com/2016/03/24/las-pilas-y-las-baterias-seran-lo-mismo/>

¿Qué puedes hacer con Sites? - Centro de Aprendizaje de Google Workspace. (s. f.).

Google Workspace. Recuperado 5 de noviembre de 2021, de

<https://support.google.com/a/users/answer/9314941?hl=es>

Que son las bobinas o inductores, funcionamiento, forma física, tipos, identificación y aplicaciones. (s. f.). VIASATELITAL.COMAPRENDE ELECTRÓNICA EN 7

DÍAS. Recuperado 28 de octubre de 2021, de

<https://viasatelital.com/electronica/bobinas.html>

Resolución 5018 2019 Ministerio del trabajo. (2019, noviembre). *Lineamientos de seguridad y salud en el trabajo en los procesos de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica.*

<https://safetya.co/normatividad/resolucion-5018-de-2019/>

Rodríguez, P. C. (2001). *Introducción a las mediciones eléctricas* (1.ª ed.). Librería y Editorial Alsina.

Stockl, M., & Winterling, K. H. (1992). *Técnica de las medidas eléctricas.* (1.ª ed.).

Editorial Labor S.A.

Tarazona, B. (s. f.). *INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, PARA ALCANZAR TUS OBJETIVOS.* DATADEC. Recuperado 27 de octubre de

2021, de <https://www.datadec.es/blog/indicadores-gestion-mantenimiento-industrial>

Ulieru, Valentin & Cristescu, Maria & Drăghicescu, Luminița & Ulieru, Eugenia & Stăncescu, Ioana & Petrescu, Ana-Maria. (2010). The Study of Electrical Resistance Measurement Methods using Virtual Instruments. WSEAS TRANSACTIONS on ADVANCES in ENGINEERING EDUCATION. Volume 7. 181-191.

Apéndices

Apéndice A: Encuesta número 1 para la recolección de experiencias profesionales en las mediciones y diagnóstico de sistemas eléctricos.

https://docs.google.com/forms/d/1QqhXryHBqBwJ1x9u5SD2M1PCjO0IimXwDFdV_Tedh2s/edit

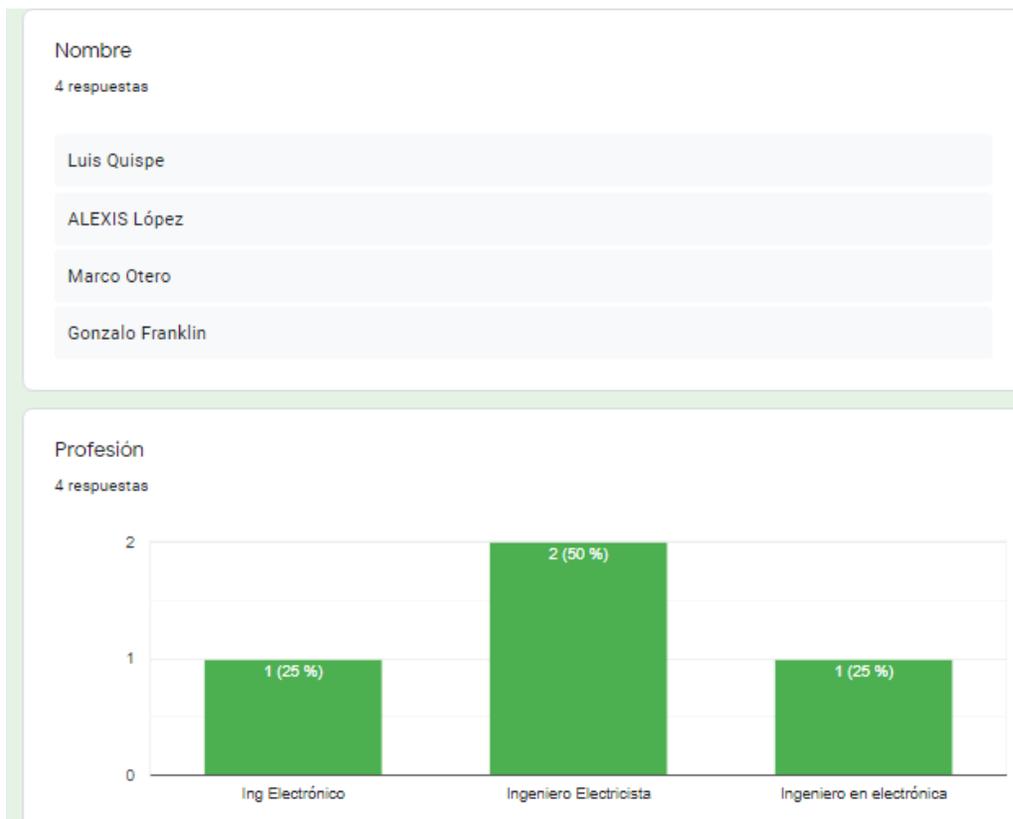


Ilustración 48 Participantes y sus profesiones

Fuente: Autor

Nacionalidad

4 respuestas

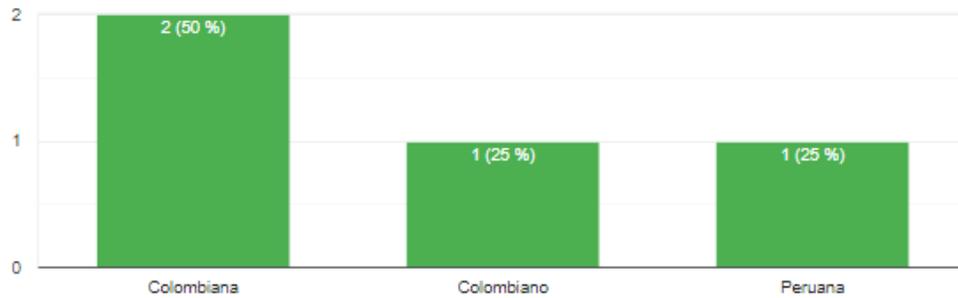


Ilustración 49 Nacionalidad de los participantes

1. Describa el método que usted utiliza para diagnosticar el estado de un sistema eléctrico o electrónico

4 respuestas

Mediciones con analizador de calidad, termografía, medicion de puestas a tierra, inspecciones.

Comportamiento del sistema

Mediciones por instrumentación analogo-digital

Intalación de dispositivos analizadores de redes fijos o portables según la necesidad.

2. ¿Qué método utiliza usted para encontrar una falla en un sistema eléctrico y/o electrónico?

4 respuestas

Inspecciones y mediciones principalmente.

Por diversión de etapas del sistema

Mediciones m

Descarga de datos de dispositivos registradores de fallas o relés de protección y si no hay uno instalado dispositivos portátiles localizadores de fallas.

Ilustración 50 respuestas para las preguntas 1 y 2

3. Describa el método o estrategia que usted utiliza para medir el estado de funcionamiento de un resistor en un sistema eléctrico y/o electrónico.

4 respuestas

Mediciones con multímetro. Previa desconexión.

Por medio del valor del resistor que se encuentra en el cuerpo del componente

Medición en tiempo real

Señales instantáneas de tensión y corriente mediante osciloscopio o analizador de redes.

4. Describa el método o estrategia que usted utiliza para medir el estado de funcionamiento de una bobina en un sistema eléctrico y/o electrónico.

4 respuestas

Mediciones con multímetro. Previa desconexión.

Por conductividad

Medición con instrumentos

Analizador de redes o de motores, registrador de vibraciones, monitoreo de descargas parciales y temperatura.

Ilustración 51 Respuestas para la pregunta 3 y 4

5. Describa el método o estrategia que usted utiliza para medir el estado de funcionamiento de un capacitor en un sistema eléctrico y/o electrónico.

4 respuestas

Mediciones con multímetro. Previa desconexión.

Por capacitancia

Medición con instrumentación

Instalación de analizador de redes y monitor de descargas parciales, temperatura y humedad.

6. Mencione la estrategia que utiliza para reparar una falla de un sistema eléctrico y/o electrónico.

4 respuestas

Una vez determinada la falla, conformar una cuadrilla de trabajo para realizar la reparación utilizando las medidas de seguridad correspondientes.

Con el reemplazo del componente afectado

Mantenimiento basado en confiabilidad

Reconectores, recierre

Ilustración 52 Respuestas para las preguntas 5 y 6

7. ¿Cuál es la importancia de conocer o adoptar estrategias y métodos para la medición y diagnóstico de sistemas eléctricos y/o electrónicos?

4 respuestas

Ayuda a realizar las reparaciones eficientemente y a bajo costo.

Poder subsanar una falla en un sistema

Prolongar su buen funcionamiento y vida útil

Poder garantizar la confiabilidad del sistema eléctrico (continuidad y calidad)

Ilustración 53 respuesta para la pregunta 7

Apéndice B: Encuesta número 2 para la recolección de experiencias profesionales en las mediciones y diagnóstico de sistemas eléctricos.

<https://docs.google.com/forms/d/1IWmmre1rAHQosY9cjKvxQ7SRFc5vC8XA8Qqa8t26bCI/edit>

Nombre

7 respuestas

Marco Javier Otero Contreras
Antonio cortes
José
Luis Marcelo Burgio
david alexander garcia
Byron Salazar
Juan

Ilustración 54 Participantes

Nacionalidad

7 respuestas

Colombiana
Mexicana
Ecuador
Argentina
el salvador
Ecuatoriano
Mexicano

Ilustración 55 Nacionalidad de los participantes

1. ¿Cuál de los siguientes errores de medición has presentado a la hora de realizar un proceso de diagnóstico de un sistema eléctrico o electrónico?



7 respuestas

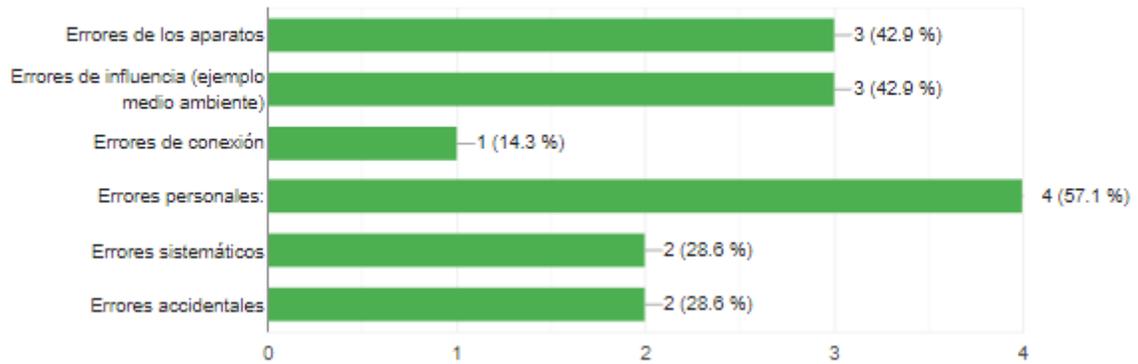


Ilustración 56 Respuesta a la pregunta número 1

2. ¿Qué tipo de aparatos prefieres utilizar cuando realizas una medición eléctrica o electrónica?



7 respuestas

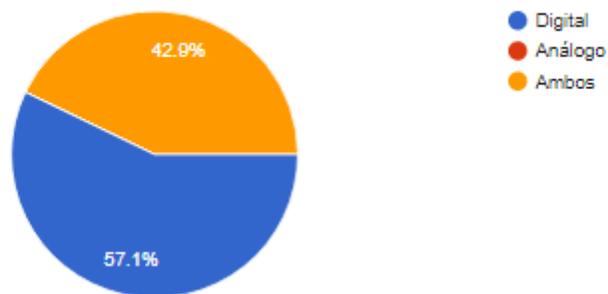


Ilustración 57 Respuesta a la pregunta número 2

3. ¿Qué medida prefieres utilizar para realizar el diagnóstico de un sistema eléctrico o electrónico?.



7 respuestas

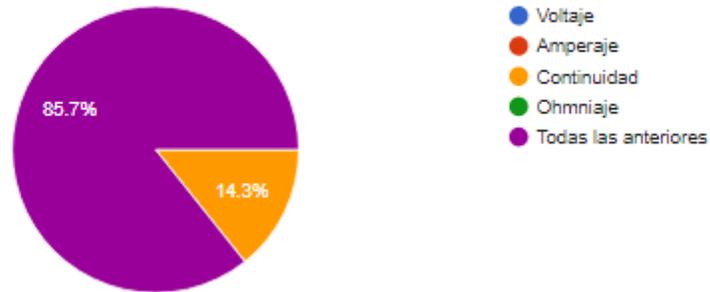


Ilustración 58 Respuesta a la pregunta número 3

4. ¿Cuáles de los siguientes métodos de diagnóstico y reparación son tus preferidos para trabajar?

7 respuestas

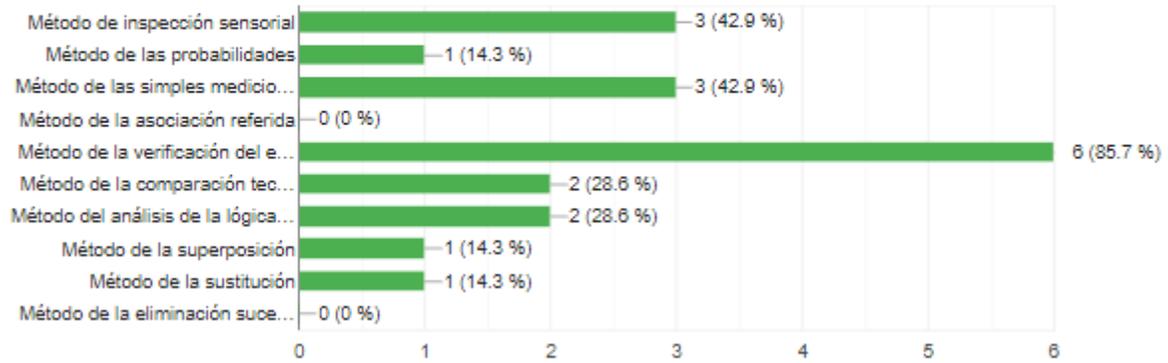
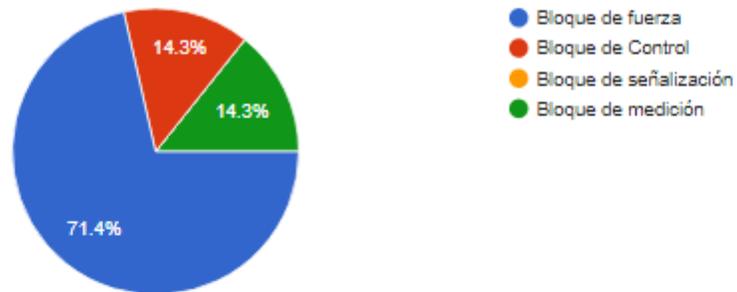


Ilustración 59 Respuesta a la pregunta número 4

5. Al realizar el diagnostico de un sistema eléctrico. ¿Qué bloque verificas o revisas primero?.

7 respuestas



6. ¿Cuál de las siguientes tácticas utilizas cuando realizas la medición y diagnóstico de un circuito eléctrico o electrónico?

7 respuestas

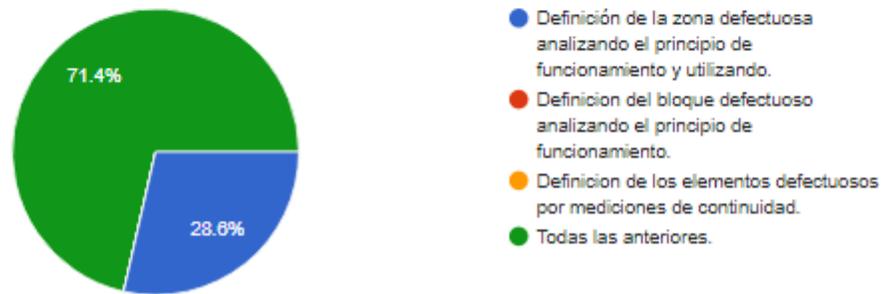


Ilustración 60 Respuestas a las Preguntas 5 y 6

Apéndice C: Diseño del entorno cuántico mediante la herramienta Google Sites

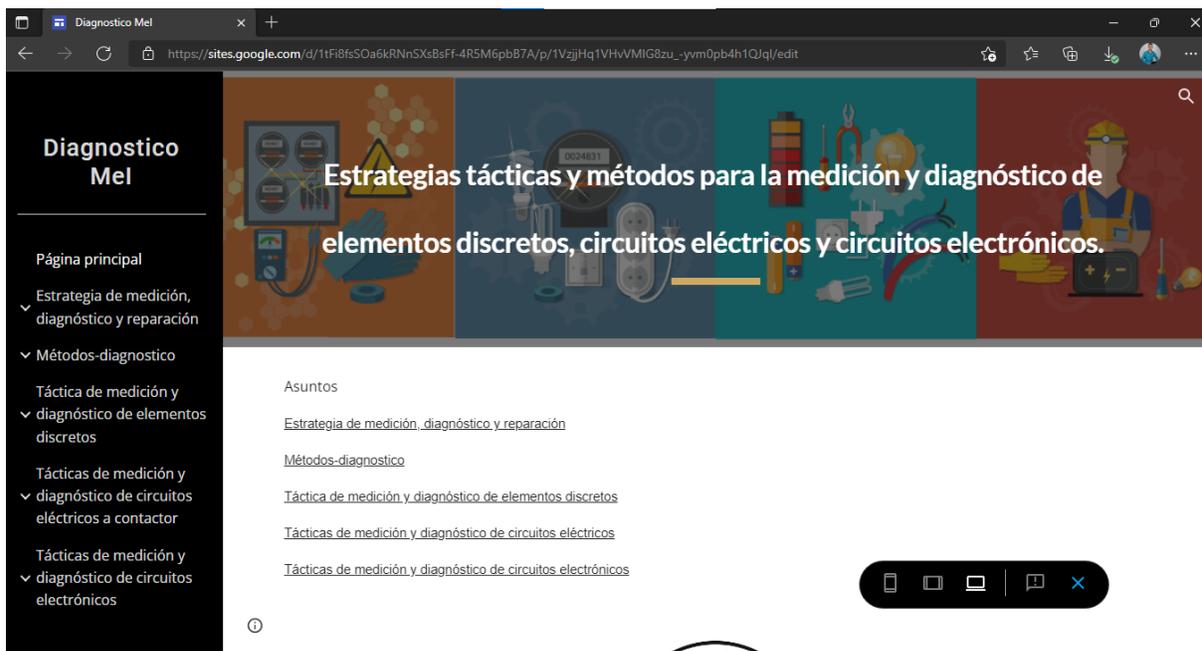


Ilustración 61 Página principal entorno cuántico Google Sites

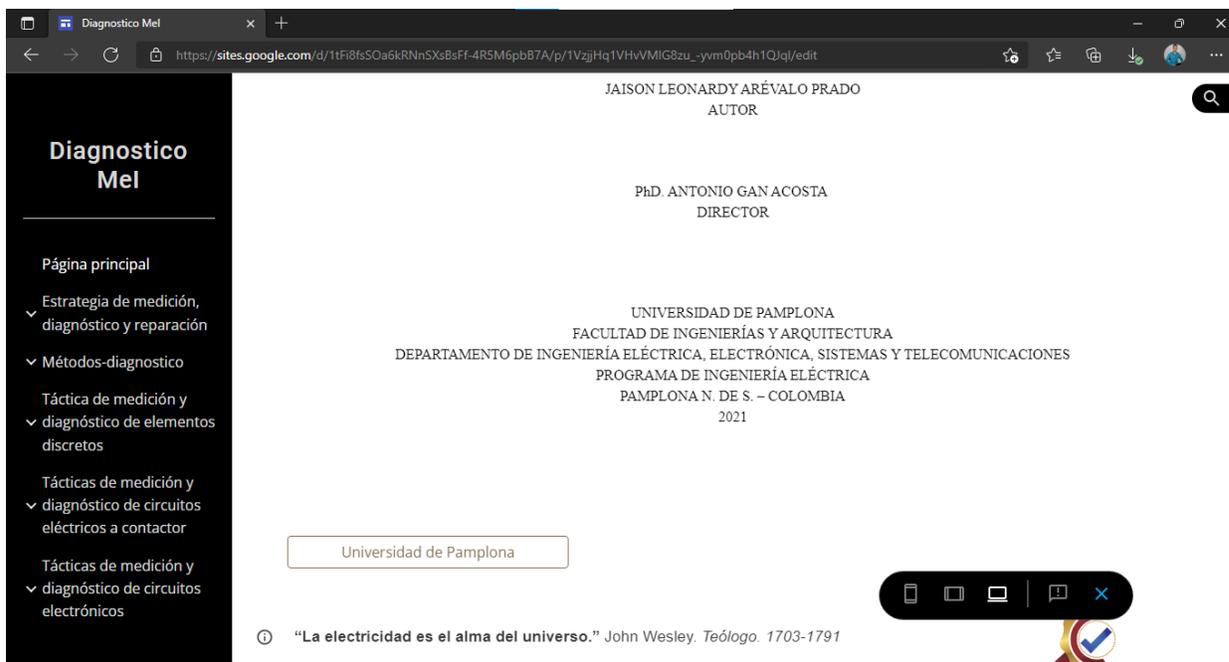


Ilustración 62 Página principal (2) entorno cuántico Google Sites



Ilustración 63 Pagina estrategias de medición



Ilustración 64 Pagina métodos de diagnóstico



Ilustración 65 Pagina Tácticas de medición elementos discretos



Ilustración 66 Pagina Tácticas de medición circuitos electricos

Diagnostico Mel

https://sites.google.com/d/11f8fs5Oa6kRNn5Xs8sFf-4R5M6pb87A/p/1y0tZT6TDoinzC5Up4rplFqxqz7-cMzxe/edit

diagnóstico de circuitos eléctricos a contactor

Tácticas de medición y diagnóstico de circuitos electrónicos

Definición y funcionamiento de un transistor

Reglas fundamentales de funcionamiento y medición

Medición de etapas

Medición y diagnóstico de elementos

Táctica inductiva para la localización de elementos averiados

Táctica deductiva para la localización de elementos averiados

Tácticas de medición y diagnóstico de circuitos electrónicos

El tema "Medición y diagnóstico de circuitos electrónicos", tiene como prioridad crear las destrezas necesarias para situar los elementos defectuosos, sin necesidad de extraerlos de los circuitos donde están funcionando, mediante el uso de mediciones de tensión. A menudo se encuentra personal encardado de reparaciones, los cuales el principal método que utilizan es el de eliminación sucesiva; extraen los elementos de un circuito, uno por uno, y los comprueban a parte como elementos discretos. Esta forma de actuar origina grandes pérdidas de tiempo, igual que daños adicionales al sacar los componentes.

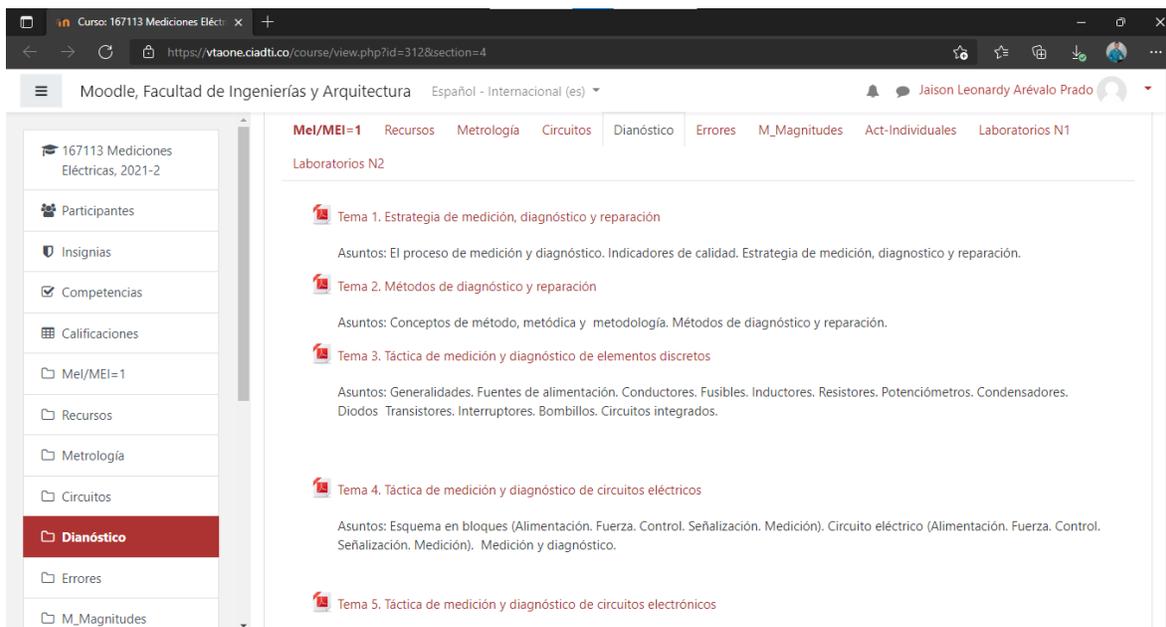
Las instrucciones propuestas a continuación, permitirá con escasas mediciones, en un circuito compuesto por cientos de elementos, situar el defectuoso; y por ende extraer solamente este. La diversidad de circuitos electrónicos es muy grande, debido a la posibilidad casi infinita de usos posibles. Como ejemplo para mostrar las técnicas y métodos, se presentará la localización de elementos defectuosos en circuitos de amplificadores con transistores.

Estos procedimientos pueden aplicare en otros tipos de sistemas.

Asuntos

Ilustración 67 Pagina Tácticas de medición circuitos electrónicos

Apéndice D: Diseño del entorno cuántico mediante la herramienta institucional Moodle



The screenshot displays the Moodle interface for the course '167113 Mediciones Eléctricas, 2021-2'. The browser address bar shows the URL: <https://mtaone.ciadti.co/course/view.php?id=312§ion=4>. The page title is 'Moodle, Facultad de Ingenierías y Arquitectura' with the language set to 'Español - Internacional (es)'. The user is identified as 'Jaison Leonardy Arévalo Prado'. The course navigation menu on the left includes: 167113 Mediciones Eléctricas, 2021-2, Participantes, Insignias, Competencias, Calificaciones, MeI/MEI=1, Recursos, Metrología, Circuitos, **Dianóstico** (highlighted), Errores, and M_Magnitudes. The main content area, titled 'Laboratorios N2', lists five topics:

- Tema 1. Estrategia de medición, diagnóstico y reparación**
Asuntos: El proceso de medición y diagnóstico. Indicadores de calidad. Estrategia de medición, diagnóstico y reparación.
- Tema 2. Métodos de diagnóstico y reparación**
Asuntos: Conceptos de método, metódica y metodología. Métodos de diagnóstico y reparación.
- Tema 3. Táctica de medición y diagnóstico de elementos discretos**
Asuntos: Generalidades. Fuentes de alimentación. Conductores. Fusibles. Inductores. Resistores. Potenciómetros. Condensadores. Diodos. Transistores. Interruptores. Bombillos. Circuitos integrados.
- Tema 4. Táctica de medición y diagnóstico de circuitos eléctricos**
Asuntos: Esquema en bloques (Alimentación. Fuerza. Control. Señalización. Medición). Circuito eléctrico (Alimentación. Fuerza. Control. Señalización. Medición). Medición y diagnóstico.
- Tema 5. Táctica de medición y diagnóstico de circuitos electrónicos**

Ilustración 68 Página principal herramienta institucional Moodle