**FORMATO PARA EL DESARROLLO DE COMPONENTE FORMATIVO**

|  |  |
| --- | --- |
| PROGRAMA DE FORMACIÓN | Gestión Eficiente de la Energía |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| COMPETENCIA | 280101160 - Montar componentes eléctricos de acuerdo con procedimiento técnico. | RESULTADOS DE APRENDIZAJE | 280101160-03 Medir parámetros de circuitos eléctricos acorde con las especificaciones técnicas. |

|  |  |
| --- | --- |
| NÚMERO DEL COMPONENTE FORMATIVO | 003 |
| NOMBRE DEL COMPONENTE FORMATIVO | Principios de medidas eléctricas |
| BREVE DESCRIPCIÓN | Este componente se relaciona con la medición que hace parte de las actividades de la vida, en especial hoy donde es normal usar dispositivos electrónicos que miden las pulsaciones y la distancia recorrida. También se hace imprescindible para controlar los procesos y obtener datos para la toma de decisiones; medir parámetros eléctricos permitirá adentrarse en el mundo de la medición. |
| PALABRAS CLAVE | Calibración, conexión, diagrama, instrumento, medición |

|  |  |
| --- | --- |
| ÁREA OCUPACIONAL | Procesamiento, fabricación y ensamble |
| IDIOMA | Español |

1. **TABLA DE CONTENIDOS:**

**Introducción**

**1. Instrumentos de medida**

1.1. Exactitud y precisión

1.2. Clase de precisión, “*burden”* y error

1.3. Calibración de instrumentos

**2. Tipos de instrumentos**

**3. Medida de potencia trifásica**

3.1. Instrumentos trifásicos

3.2. Diagramas de conexión

1. **DESARROLLO DE CONTENIDOS:**

**Introducción**

Apreciado aprendiz, bienvenido a este momento de aprendizaje relacionado con los principios de las mediciones eléctricas. Para empezar, se sugiere observar el siguiente recurso de aprendizaje.

Video

DI\_CF03\_Introduccion

Es momento de iniciar con su aprendizaje. ¡**Bienvenido**!

**1. Instrumentos de medida**

El arte de la medida de magnitudes eléctricas, como corriente, voltaje y resistencia, empezó su desarrollo a finales del siglo XIX con el descubrimiento de la regla de la fuerza cuando se halló que la interacción entre los campos electromagnéticos produce fuerzas y, por lo tanto, movimiento que, con la estrategia correcta, resulta proporcional a la magnitud de la corriente que genera el campo. Fue así como aparecieron los instrumentos de medida analógicos.

Posteriormente, con el avance de la ciencia de la electrónica y microcontroladores, los instrumentos de medida han evolucionado de tal forma que la mayoría de los instrumentos que se encuentran hoy en el mercado son de tipo electrónico. El reconocimiento de los tipos de instrumentos de medida y los conceptos asociados a la medición, son muy importantes dado que mucha de la información que se maneja en el mundo laboral para tomar decisiones proviene, precisamente, de dichos instrumentos.

A continuación, se presentarán dos tipologías de instrumentos: analógicos y digitales en el siguiente recurso educativo.

Sliders

DI\_CF03\_1\_Instrumentos\_Medida

Se invita a averiguar de qué tipo es el medidor de consumo de electricidad en los hogares.

**1.1. Exactitud y precisión**

Es común confundir los términos exactitud y precisión, sin embargo, ambos están relacionados, pero son diferentes; Purkait, Biswas, Das y Koley (2013), los definen así:

|  |  |
| --- | --- |
| Exactitud  Cercanía con la que la lectura del instrumento se acerca al valor real de la variable bajo medición. Es decir, hace referencia a qué tan cerca está el valor medido del valor real o verdadero. | Precisión  Como una medida de la reproducibilidad de las mediciones, es decir, la precisión es una medida del grado en que las sucesivas mediciones difieren entre sí. |

A continuación, se presenta el siguiente ejercicio para entender un poco más las anteriores definiciones.

Sliders

DI\_CF03\_1.1\_ExacitudPrecision

**1.2. Clase de precisión, “*burden”* y error**

Continuando con la temática se planteará, inicialmente, el concepto de error como una variable que tiene sus cualidades en el momento de la medición; en segundo lugar, se hablará de precisión y en tercer lugar se abordará un “*burden”* que es un término asociado a la carga máxima.

Es momento de iniciar con el primer concepto: de acuerdo a lo planteado por Purkait et al. (2013) en la práctica, es imposible medir una variable con exactitud perfecta ya que siempre existirá una diferencia entre el valor medido con el instrumento y el valor real de la variable desconocida. Sin embargo, es posible determinar qué tan cerca o tal lejos se está de dicho valor real; la diferencia entre el valor real y el valor medido por el instrumento se denomina error absoluto.

Los errores en las mediciones se pueden clasificar como:

Acordeón

DI\_CF03\_1.2\_ErrorPrecisionBurden

Comprendido el concepto de error, se continúa con la clase de precisión la cual hace referencia al error relativo que, como máximo, puede tener un instrumento de medida. Los valores asignados para la clase de precisión están determinados por normas específicas y para cada instrumento debe estar indicado en su escala. Por lo general, la clase de precisión se simboliza mediante un número que representa el porcentaje de error relativo como, por ejemplo, lo que se presenta en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Clase de precisión*

|  |  |
| --- | --- |
| Clase de precisión | Error relativo |
| 0,1 | +/- 0,1% |
| 0,2 | +/- 0,2% |
| 0,5 | +/- 0,5% |
| 1 | +/- 1% |
| 1,5 | +/- 1,5% |
| 2,5 | +/- 2,5% |
| 5 | +/- 5% |

Por ejemplo, si se tiene un amperímetro de rango de medición máximo de 100 amperios, y es de clase de precisión 1, el error máximo absoluto resulta de multiplicar el error relativo de la clase 1 igual a 1% y luego multiplicarlo por el rango máximo de medición que, en este caso, es 100 amperios. De lo anterior resulta:

*Error máximo = 100 amperios x 1% = +/- 1 amperio*

Finalmente, se aborda el concepto de “*burden”*, unapalabra asociada a la carga máxima que puede soportar un instrumento de medida que garantice que se pueda confiar en la medida. Es decir, si la salida de un instrumento de medición se quiere enviar eléctricamente a otros medidores, hay una carga límite que se debe tener en cuenta para garantizar el error determinado por la clase de precisión.

**1.3. Calibración de instrumentos**

El proceso de calibración es importante para los procesos de medición, ya que se podrá confiar en la medida que arroja un instrumento si está correctamente calibrado, pero, ¿qué pasaría si el medidor de la velocidad en un automóvil está descalibrado? Probablemente que un agente de la ley interponga una infracción por exceso de velocidad sin que el conductor se dé cuenta de que estaba en una velocidad no permitida. Otro ejemplo es: ¿qué pasaría si el medidor de energía de una vivienda está descalibrado? Probablemente el cobro que llegue en la factura no es confiable.

Según Villalobos (2006), los instrumentos deben proveer la exactitud necesaria para que las condiciones de diseño de un sistema o proceso se cumplan y funcione de manera apropiada. El nivel de confianza en los equipos de medición se logra realizando pruebas en intervalos de tiempo determinados y ajustando el instrumento de acuerdo a los resultados de la calibración.

En los procesos de calibración se toma como referencia un patrón, es decir a un instrumento que está debidamente calibrado en ambientes especiales de tal manera que se pueda utilizar como punto de comparación para determinar la diferencia en la medida con otro equipo que se pretende analizar.

En Colombia la calibración de los instrumentos de medida la realizan organizaciones públicas y privadas creadas para tal fin, las cuales deben estar autorizadas y avaladas previamente por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC). Por lo general, cuando un equipo ha pasado por un proceso de calibración, se expide un certificado que incluye el resultado de las pruebas y el dictamen de la calibración.

**2. Tipos de instrumentos**

En los sistemas de gestión de la energía, la medición es una fuente de información primaria para la planificación de las acciones de mejora para el desempeño energético. Adicionalmente, a través de los instrumentos de medida se observa y concluye, posteriormente, la efectividad de dichas acciones al interior de la organización.

Existen diferentes tipos de instrumentos que se deben seleccionar de acuerdo con la variable eléctrica a medir. Como se enunció antes, cada instrumento de medición posee unas características propias y tecnologías específicas para efectuar la medida.

A continuación, se presentan los tipos de instrumentos más utilizados en el sector para la medición de variables eléctricas.

Pestañas

DI\_CF03\_2\_TiposInstrumentos

**3.** **Medida de potencia trifásica**

En los circuitos trifásicos las magnitudes de corriente y voltaje se miden de forma monofásica, es decir, se usan los amperímetros y voltímetros monofásicos para medir las magnitudes de fase y las de línea de forma individual y acorde con la topología del circuito (Y o Δ). En las siguientes figuras se muestra un ejemplo de cada caso.

|  |  |
| --- | --- |
| Figura 1  *Ejemplo 1* | Figura 2  *Ejemplo 2* |

**3.1 Instrumentos trifásicos**

El teorema de Blondel establece que la potencia o la energía de un circuito de N fases puede ser medida por N elementos de medición monofásicos y con los circuitos de tensión conectados en cada fase a cualquier punto común.

En el caso trifásico, entonces, estas medidas se pueden realizar de dos formas: usando instrumentos monofásicos y sumando las tres magnitudes de fase obtenidas o usando instrumentos trifásicos directamente. En el primer caso se procede en cada fase como se explicó en los apartados 2.3 y 2.6, respectivamente. En el segundo caso se usa un medidor de potencia o energía trifásico, el cual, internamente, equivale a tres dispositivos monofásicos (conocidos como elementos) y su lectura corresponde a la suma de las magnitudes de cada fase. Ahora se verá cómo se conectan estos dispositivos de tres elementos

**3.2 Diagramas de conexión**

La forma de conexión de los vatímetros y contadores es la misma en cada caso, lo único que cambia es el instrumento. Cuando las magnitudes de los voltajes y corrientes están dentro del rango de las magnitudes nominales del instrumento, las conexiones de las bobinas de tensión y de corriente se pueden realizar de forma directa y en este caso la lectura del instrumento es igual a la cantidad medida. A este método de conexión se le conoce como **medida directa**, como se muestra enla siguiente figura.

|  |
| --- |
| Figura 3  *Medida directa* |

Cuando la magnitud de la corriente a medir es alta, típicamente mayor de 100 [A], aunque la resistencia de la bobina de corriente es baja, su caída de tensión I\*R afecta significativamente la precisión de la medida. Por esta razón, en estos casos se usan instrumentos de conexión directa para las bobinas de voltaje y de conexión indirecta para las bobinas de corriente, es decir, a través de transformadores de corriente con razón de transformación tal que la magnitud de la corriente a medir esté dentro del rango de la corriente nominal del primario y la corriente nominal del secundario corresponda con el valor nominal del instrumento (comercialmente normalizada a 1 [A] o 5 [A]). Por ejemplo, si se requiere medir el consumo de energía de una carga cuya corriente nominal es de 250 [A] con un medidor de corriente nominal 5 [A] deben usarse transformadores de corriente de 300/5. A este método de conexión se le conoce como **medida semidirecta.**

|  |
| --- |
| Figura 4  *Medida semidirecta* |

Cuando además de la corriente, también la magnitud del voltaje a medir es alta, típicamente mayor de 600 [V], debido a consideraciones de aislamiento, se usan instrumentos de conexión indirecta para las bobinas de voltaje, es decir, a través de transformadores de tensión con razón de transformación tal que la magnitud del voltaje a medir esté dentro del rango de voltaje nominal del primario y el voltaje nominal del secundario corresponda con el valor nominal del instrumento (comercialmente normalizado a 110 [V] o 230 [V]). Por ejemplo, si se requiere medir el consumo de energía de una carga cuyo voltaje nominal es de 13,2 [kV] con un medidor de voltaje nominal 110 [V] deben usarse transformadores de voltaje de 13.200/110. A este método de conexión se le conoce como **Medida indirecta.**

|  |
| --- |
| Figura 5  *Medida indirecta* |

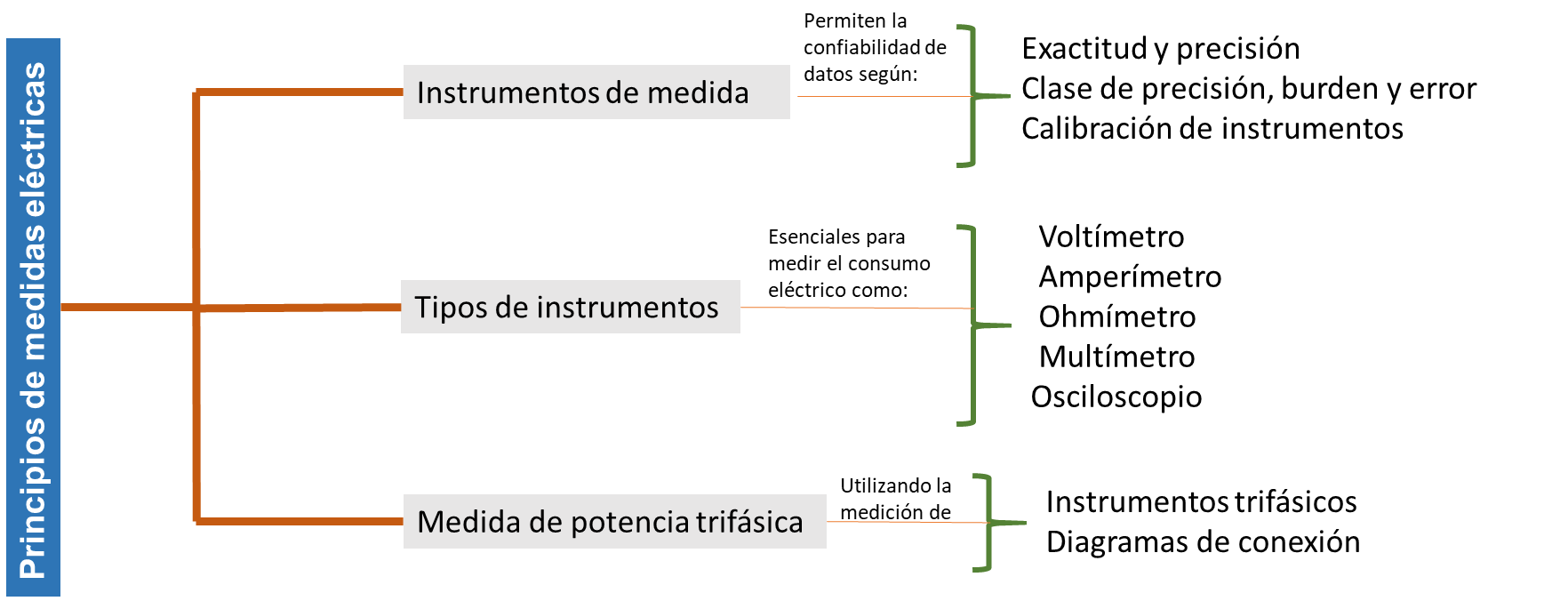
En circuitos sin neutro existe un caso especial en la aplicación del teorema de Blondel y es cuando se escoge como punto común de referencia una de las fases. En ese caso, el voltaje de dos elementos del instrumento corresponde al voltaje de línea y el voltaje del elemento restante sería 0, luego su lectura de potencia sería también 0 y podría, entonces, ser eliminado. Este esquema es conocido como conexión ARON y puede ser aplicado usando instrumentos trifásicos de dos elementos o usando dos instrumentos monofásicos sumando las lecturas individuales, las cuales pueden ser negativas si el factor de potencia es inferior a 0,5.

Una de las ventajas de la conexión Aron sobre la conexión con instrumentos de tres elementos es que resulta más económica y las desventajas son que requieren inversión de conexión para lecturas negativas y que en circuitos con neutro solo funciona para cargas equilibradas.

|  |
| --- |
| Figura 6  *Conexión Aron* |

1. **SÍNTESIS**

La mayoría de los equipos, herramientas y accesorios que se usan son electrónicos o requieres de alguna variable eléctrica, por esta razón es necesario tener claridad frente a las magnitudes eléctricas más comunes que se emplean a diario en la industria, como son la tensión, la corriente, la resistencia, la capacitancia y la frecuencia, además de requerir la representación de diagramas eléctricos, y Analizar datos de mediciones de variables eléctricas. El siguiente mapa conceptual, orienta sobre el tema visto:



1. **ACTIVIDADES DIDÁCTICAS**

|  |  |
| --- | --- |
| Descripción de la actividad didáctica | |
| Nombre de la actividad | Las medidas eléctricas, ¿Qué son, y para qué sirven? |
| Objetivo de la actividad | Identificar las principales mediciones lectrícas y los equipos que le regulan, de acuerdo con sus componentes electrícos |
| Tipo de actividad sugerida | Relacionar |
| Archivo de la actividad  (Anexo donde se describe la actividad propuesta) | Anexo 1 Actividad Medidas eléctricas |

1. **MATERIAL COMPLEMENTARIO:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tema | Referencia APA del Material | Tipo de material  (Video, capítulo de libro, artículo, otro) | Enlace del Recurso o  Archivo del documento o material |
| 1.3. Calibración de instrumentos. | Técnicas de control metrológico S.L. (2021). *Certificado de calibración.* <https://www.tcmetrologia.com/blog/interpretacion-y-modelo-de-certificado-de-calibracion/> | Página web | <https://www.tcmetrologia.com/blog/interpretacion-y-modelo-de-certificado-de-calibracion/> |
| 1.3. Calibración de instrumentos. | Organismo Nacional de Acreditación de Colombia – ONAC. (2021). *Acreditación laboratorio de calibración y mediciones industriales SENA.* <https://onac.org.co/certificados/16-LAC-016.pdf> | Acreditación laboratorio de Calibración y Mediciones Industriales SENA. | <https://onac.org.co/certificados/16-LAC-016.pdf> |

1. **GLOSARIO:**

|  |  |
| --- | --- |
| TÉRMINO | SIGNIFICADO |
| *“Burden”* | Carga impuesta a un instrumento de medida eléctrico o electrónico en la entrada del circuito a medir, su unidad de medida es el voltio-amperio (VA). |
| CT | Transformador de corriente (siglas en inglés de *Current Transformer*). |
| ONAC | Organismo Nacional de Acreditación de Colombia. |
| PT | Transformador de potencial (siglas en inglés de *Potential Transformer*). |
| *True RMS* | Valor eficaz verdadero de las ondas en corriente alterna. |

1. **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

Organismo Nacional de Acreditación de Colombia – ONAC. (2021). *Acreditación laboratorio de calibración y mediciones industriales SENA*. <https://onac.org.co/certificados/16-LAC-016.pdf>

Purkait, P., Biswas, B., Das, S., y Koley, C. (2013). *Electrical and Electronics Measurements and Instrumentation*. McGraw Hill Education (India).

Técnicas de control metrológico. (2021). *Certificado de calibración.* <https://www.tcmetrologia.com/blog/interpretacion-y-modelo-de-certificado-de-calibracion/>

Villalobos, O., G. (2006). *Medición y control de procesos industriales.* Instituto Politécnico Nacional.

1. **CONTROL DEL DOCUMENTO**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Nombre | Cargo | Dependencia  *(Para el SENA indicar Regional y Centro de Formación)* | Fecha |
| Autor (es) | Carlos Javier González Cuevas | Experto Técnico | Distrito Capital. Centro Electricidad Electrónica y Telecomunicaciones | Julio 2021. |
| Marlon Augusto Villamizar Morales | Experto Técnico | Global Green Growth Institute (GGGI) | Julio 2021. |
| Cristian Metaute Medina | Diseñador Instruccional | Regional Distrito Capital  Centro para la Industria de la Comunicación Gráfica del SENA | Julio 2021. |
| Carolina Coca Salazar | Revisora metodológica y pedagógica | Regional Distrito Capital  Centro de Diseño y Metrología | Julio 2021. |
| José Gabriel Ortiz Abella | Corrector de estilo | Regional Distrito Capital -  Centro para la Industria de la Comunicación Gráfica del SENA | Julio del 2021 |
| Juan Gilberto Giraldo Cortés | Diseñador instruccional | Regional Tolima –  Centro de Comercio y Servicios | Julio de 2023 |
| María Inés Machado López | Metodóloga | Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios | Julio de 2023 |

1. **CONTROL DE CAMBIOS**

**(Diligenciar únicamente si realiza ajustes a la Unidad Temática)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Nombre | Cargo | Dependencia | Fecha | Razón del Cambio |
| Autor (es) |  |  |  |  |  |