



**Universidad de Pamplona**  
**Facultad de ingenierías y arquitectura**  
**Departamento de ingeniería eléctrica, electrónica, sistemas**  
**Y telecomunicaciones**

**Programa de ingeniería eléctrica**

**Estudio de fundamentos de metrología para la formación en  
ingeniería eléctrica**

**Jonathan Joel Velasco Agudelo**

**Ph.D.Ing. Antonio Gan Acosta**

**Facultad de ingenierías y arquitectura  
Departamento de ingeniería eléctrica, electrónica,  
Sistemas y telecomunicaciones  
Programa de ingeniería eléctrica**



**Universidad de pamplona  
Pamplona Norte de Santander  
Colombia  
Diciembre 13 del 2021**

**Estudio de fundamentos de metrología para la formación en  
ingeniería eléctrica**

**Jonathan Joel Velasco Agudelo**

*Autor*

**Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero  
eléctrico**

**Ph.D.Ing. 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 Norte de Santander Colombia  
Diciembre 13 del 2021**

## **Dedicación**

A mi madre Olivia Agudelo que con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir mis sueños, gracias por la formación que me has brindado y por ser un modelo a seguir, una persona dedicada que me ha infundido la idea de seguir adelante profesionalmente y con la moral intacta, muchas gracias madre.

## **Agradecimientos**

A mi hermano Juan David Agudelo, familia y mis amigos que siempre estuvieron presentes en todo momento, los docentes y la Universidad de Pamplona por brindarme el espacio para mi formación profesional y a las personas que estuvieron en los momentos más difíciles de mi vida.

Les doy mi grato agradecimiento a las siguientes personas, lamento el tan solo poder mencionar algunos nombres:

Sujey Velasco, mi tía que has brindado tu apoyo incondicional y tus consejos para que pueda cumplir las metas que me he planteado.

Elizabeth Agudelo, mi tía que me ha apoyado para poder desarrollarme como persona y como profesional.

Camilo Agudelo

Beatriz Agudelo

Ronaldo Cricien

Daniel Osorio

Heymar Santos

Yirbeth Calixto

María Reina

Luis Pereira

Yuri Chirino

Gan Acosta Antonio

Luis David Pabón

Manuel Rincón

## Tabla De Contenido

Dedicación.....	5
Agradecimientos .....	6
Tabla De Contenido.....	7
Resumen.....	11
Abstract .....	13
Marco legal.....	15
Capítulo 1. Metrología para ingeniería eléctrica; justificación, objetivos, antecedentes y marco internacional	15
1.1. Introducción .....	15
1.2. Justificación .....	16
1.3. Antecedentes .....	17
1.3.1. Antecedentes nacionales .....	17
1.3.2. Antecedentes internacionales.....	18
1.4. Objeto.....	19
1.4.1. Objetivos .....	19
1.5. Acotaciones .....	19
1.6. Legislación .....	20
1.6.1. Marco institucional.....	20
1.6.2. Marco nacional.....	21
1.6.3. Marco internacional .....	22
Marco teórico.....	22
Capítulo 2. Gestión de entornos cuánticos y fundamentos en metrología para la formación en ingeniería eléctrica .....	22
2.1. Instituciones de metrología y nuevas tecnologías .....	22
2.1.1. Metrología Colombiana.....	23
2.1.2. Metrología internacional.....	24
2.1.3. Physikalisch technische bundesanstalt (PTB).....	28
2.1.4. Metrología cuántica .....	29
2.2. Impacto, historia y conceptos de la metrología.....	34
2.2.1. Impacto económico de la metrología .....	34
2.2.2. La metrología en la sociedad humana .....	38

2.2.3.	Historia de la metrología .....	42
2.2.4.	Algunos conceptos de metrología básicos .....	42
2.2.5.	Metrología y transformación digital .....	45
2.2.6.	Mediciones virtuales y simuladas.....	48
2.3.	Estudio de creación de entornos cuánticos .....	49
2.3.1.	Herramientas.....	49
2.3.2.	Google Sites.....	51
2.3.3.	Moodle .....	52
2.3.4.	Thunkable.....	52
	Marco metodológico .....	53
	Capítulo 3. Sistemas de contenidos para el aprendizaje de metrología en la enseñanza de ingeniería eléctrica .....	53
3.1.	Contenidos metrológicos para la formación electricista .....	53
3.1.1.	Mediciones y la actividad .....	53
3.1.2.	Peligrosidad, seguridad y protección e higiene en las mediciones de magnitudes eléctricas 63	
3.1.3.	Concepto de la medición.....	70
3.1.4.	Métodos de medición .....	77
3.1.5.	Sistemas de unidades.....	80
3.2.	Factibilidad de entornos cuánticos .....	93
3.2.1.	Arquitectura de entorno cuántico google sites y aplicación móvil .....	94
3.2.2.	Dimensiones de aplicación móvil up metrología .....	95
3.3.	Análisis del sistema Mel .....	95
3.3.1.	Contenido Mel.....	96
3.3.2.	Arquitectura del sistema Mel metrología .....	96
3.3.3.	Tecnologías.....	97
3.4.	Cumplimiento del objetivo uno (1) .....	97
3.5.	Cumplimiento del objetivo dos (2).....	97
3.6.	Cumplimiento del objetivo tres (3) .....	98
3.7.	Impacto educativo.....	100
3.8.	Impacto ecológico .....	100
3.9.	Impacto económico.....	101
3.10.	Resultados .....	103
3.11.	Conclusiones.....	104

3.12.	Referencia bibliográfica.....	105
-------	-------------------------------	-----

## Tabla De Ilustraciones

Ilustración 1	BIPM .....	24
Ilustración 2	OIML .....	25
Ilustración 3	SIM.....	26
Ilustración 4	APMP .....	26
Ilustración 5	COOMET .....	27
Ilustración 6	EURAMET.....	27
Ilustración 7	PTB.....	28
Ilustración 8	Energía renovable.....	29
Ilustración 9	Bits.....	31
Ilustración 10	Bits vs Qubits .....	32
Ilustración 11	Computación clásica o digital.....	33
Ilustración 12	Definición de Exacto .....	43
Ilustración 13	Exacto vs preciso .....	44
Ilustración 14	Metrología digital .....	47
Ilustración 15	herramienta botón .....	49
Ilustración 16	Herramienta marcador de posición .....	50
Ilustración 17	Servicio google drive .....	50
Ilustración 18	Servicio docs.....	50
Ilustración 19	Servicio sheets.....	51
Ilustración 20	Google sites .....	51
Ilustración 21	Moodle .....	52
Ilustración 22	Thunkable.....	52
Ilustración 23	Medición y actividad humana .....	54
Ilustración 24	Actividad humana en la medición .....	54
Ilustración 25	La medición en la metrología .....	57
Ilustración 26	Gestión de la metrología .....	59
Ilustración 27	Dimensiones de la medición .....	71
Ilustración 28	Clasificación de las mediciones .....	75
Ilustración 29	Dimensiones del método .....	78
Ilustración 30	Métodos de medición .....	78
Ilustración 31	Entorno cuántico Up metrología.....	98
Ilustración 32	Moodle .....	99
Ilustración 33	Aplicación Up metrología .....	99
Ilustración 34	Up metrología, sección de descarga .....	100

## Tabla De Tablas

Tabla 1 Electrotraumas fundamentales .....	64
Tabla 2 Traumas locales .....	64
Tabla 3 Acción de la corriente sobre el ser humano .....	66
Tabla 4 Influencia del camino de la corriente .....	67
Tabla 5 Resistencia del cuerpo humano .....	68
Tabla 6 Dependencia de la resistencia .....	68
Tabla 7 Unidades básicas del SI .....	80
Tabla 8 Magnitudes SI .....	85
Tabla 9 Múltiplos y submúltiplos decimales .....	85
Tabla 10 Diagrama RC .....	89
Tabla 11 Diagrama fasorial .....	89
Tabla 12 Sensibilidad Auditiva .....	92
Tabla 13 Valores económicos .....	102

## Resumen

La metrología se remonta desde los años 5000 a.C, cuando el hombre inició a utilizar las unidades de medidas, estos conocimientos fueron otorgados a otros mediante diferentes medios de comunicación hasta la actualidad. La primera transacción de internet en 1994, logró avances agigantados en los métodos de comunicación y obtención de información, en la actualidad se encuentran millones de entornos cuánticos para la obtención de información y son miles los que están relacionados con la metrología, pero esta gran cantidad de información en la red, genera una problemática al obtener una información organizada, sintetizada y traducida para el ámbito de metrología ingenieril eléctrico, si elaboramos una búsqueda en diferentes medios de adquisición de conocimientos sobre contenidos de metrología para la formación en ingeniería eléctrica en lengua castellano, nos encontraremos un entorno no favorable para el aprendizaje de este conocimiento, siendo un gran problema en la formación académica.

Por lo anteriormente dicho, éste trabajo de grado es el análisis de fundamentos metroológicos utilizados en países con nivel superior en este estudio correlacionado en el ámbito eléctrico, para dar una síntesis de contenidos útiles de acuerdo con el sistema educativo superior de Colombia, que se utilizara en la Universidad de Pamplona y a su vez sea de libre acceso.

Utilizando técnicas de análisis de información, se elaboró un compendio de contenidos los cuales fueron hospedados en entornos cuánticos.

Mediante un estudio de factibilidad de entornos cuánticos, se pudo utilizar los entornos en Google Sites, Moodle y la creación de una app, este estudio de factibilidad nos fue útil para saber con cuales servicios disponemos el acceso para realización de los entornos cuánticos, ya que se realizaron en plataformas gratuitas y los servicios son limitados.

Los contenidos sintetizados fueron organizados en una monografía en formato PDF y Word, los cuales serán entregados a la Universidad de Pamplona y están disponibles en la plataforma de manera descargable para su libre acceso.

## **Abstract**

Metrology dates back to 5000 BC, when man began to use units of measurements, this knowledge was given to others through different means of communication until today. The first internet transaction in 1994, achieved huge advances in the methods of communication and obtaining information, currently there are millions of quantum environments for obtaining information and there are thousands that are related to metrology, but this large amount of information on the network, generates a problem when obtaining organized, synthesized and translated information for the electrical engineering field, if we carry out a search in different means of acquiring knowledge about metrology content for training in electrical engineering in Spanish, we we will find an unfavorable environment for learning this knowledge, being a great problem in academic training.

Due to the aforementioned, this degree project is the analysis of metrological foundations used in countries with a higher level in this study correlated in the electrical field, to give a synthesis of useful content according to the higher education system of Colombia, which will be used at the University of Pamplona and in turn be freely accessible.

Using information analysis techniques, a compendium of contents was elaborated which were hosted in quantum environments.

Through a feasibility study of quantum environments, it was possible to use the environments in Google Sites, Moodle and the creation of an app. This feasibility study was useful to know with which services we have access to carry out quantum environments, since they were made on free platforms and services are limited.

The synthesized contents were organized in a monograph in PDF and Word formats, which will be delivered to the University of Pamplona and are available on the platform in a downloadable manner for free access.

## **Capítulo 1. Metrología para ingeniería eléctrica; justificación, objetivos, antecedentes y marco internacional**

### **1.1. Introducción**

Teniendo en cuenta la actualidad en información de metrología eléctrica y su dificultad para encontrar contenidos, se elaboró este trabajo de grado para solucionar la situación planteada.

La importancia de la metrología en la formación de la ingeniería eléctrica es de proporcionar las herramientas de medición necesarias para la investigación y el desarrollo en determinados campos y para una mejor determinación y control de la calidad de un producto o servicio, también facilita el intercambio de conocimientos científicos e información técnica.

Históricamente el uso de la metrología ha sido indispensable para el desarrollo de una población, pues no es innegable anunciar que el hombre en su necesidad de comprender su entorno, comenzó a elaborar mediciones, comprendiendo su entorno y adaptándose mediante los datos obtenidos.

La adaptación de un entorno se elabora mediante la información, los cambios que generan por el transcurso del tiempo y los factores que lo influyen, son criterios que se obtienen solo con la medición.

La industria es un entorno muy volátil, en tan solo un siglo ha pasado de mecanización, electricidad, informática a digitalización, la metrología está ligado con la industria y su evolución es proporcional al de la industria, los métodos de medición cada vez son más precisos, este mejoramiento lleva consigo conceptos nuevos que deben comprender todo profesional.

El mejoramiento continuo de los contenidos de metrología, es una labor indispensable en el avance del conocimiento del mismo, ser competente en un entorno laboral metrológico conlleva estar actualizado en estos conocimientos.

Los contenidos disponibles de la Universidad de Pamplona llevan una década sin un ajuste a la actualidad, la manera de adquirir información ha cambiado drásticamente, gracias a las herramientas tecnológicas que brindan una facilidad al estudiante de acceder a esta información.

La creación de entornos para el aprendizaje de metrología en ingeniería eléctrica, es una solución a la problemática de acceso de contenidos no sintetizados en metrología, pero los contenidos deben suplir la necesidad de formación y debe estar estandarizados con la educación superior en Colombia y criterios de la Universidad de Pamplona.

## **1.2. Justificación**

La dispersión de contenidos de metrología para la formación en ingeniería eléctrica, es una problemática que se tiene en la academia, la gran cantidad de información de metrología en diferentes medios de adquisición de información han generado que la búsqueda de estos contenidos sea una tarea ardua para los ingenieros, provocando que los profesionales no estén cualificados con los últimos conocimientos en el campo de la metrología eléctrica, ya que estos contenidos no están sintetizados para la formación en ingeniería eléctrica.

Los espacios actuales de formación en metrología de la Universidad de Pamplona se encuentran desactualizados por una década, esto genera que los estudiantes estén desinformados con la actualidad del medio metrológico eléctrico.

La creación de un entorno cuántico con diferentes herramientas interactivas para la formación en metrología eléctrica, que contenga contenidos sintetizados los cuales

estarán a la disposición de la Universidad de Pamplona. Genera la herramienta para los profesionales y estudiantes de tener acceso a contenidos de metrología enfocados en ingeniería eléctrica.

### **1.3. Antecedentes**

Desde hace unas décadas el estudio de la metrología eléctrica ha despertado interés entre los investigadores. A partir de ese momento, este término ha estado relacionado o en ocasiones como sinónimo de medición eléctrica, calidad eléctrica, seguridad eléctrica, entre otras.

Los contenidos en metrología eléctrica están en constante cambio. Por consecuencia la metrología eléctrica es valiosa para conocer los distintos aspectos del medio profesional ingenieril eléctrico.

#### **1.3.1. Antecedentes nacionales**

##### **La enseñanza de metrología eléctrica, en la formación especializada de ingenieros eléctricos**

Resumen:

La carrera de ingeniería eléctrica en la Universidad Nacional no se desarrolla ni se enseña metrología eléctrica en su formación especializada, especialmente en la formación de perfil profesional de ingeniero eléctrico, siendo la metrología una ciencia de medidas que se aplica a diario, diferentes procesos y en diferentes campos industriales. Por ende el trabajo de grado del estudiante Astuñaua Balvin para obtener el título de ingeniero eléctrico es de elabora un pensum académico en la formación de ingeniero eléctrico, lo cual desarrollo un investigación de la formación extranjera sobre las ciencias en metrología y las moldeo al perfil profesional, cumpliendo con los objetivos planteados. (Balvin, 2017)

## **Propuesta de un plan curricular globalizado de la carrera de ingeniería eléctrica en la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica de la universidad nacional de ingeniería**

Resumen:

La importancia de la metrología en el desarrollo de la actividad humana es innegable, el uso genérico de mediciones elaboradas por el ser humano en su vida cotidiana es intrascendente, por ende es inaudito que en la Universidad Nacional se tenga tan insípida enseñanza en los conocimientos metroológicos de la formación profesional como ingeniero eléctrico, elabora y desarrolla un esquema de clases extras sobre conceptos fundamentales de la metrología eléctrica fue el trabajo de grado del estudiante Gutiérrez Paúcar, para obtener el título de ingeniero eléctrico de la Universidad de Nacional, el cual teniendo como conclusiones en su ponencia; el desarrollo metroológico en la formación profesional de ingeniería eléctrica es fundamental en el desarrollo de Colombia como país emergente. (Paucar, 2020)

### ***1.3.2. Antecedentes internacionales***

#### **Evaluación del servicio de formación virtual en la cátedra de calidad, metrología y normalización**

Resumen:

El objetivo del trabajo de grado de Ramos Azcuy fue de evaluar el sistema educativo de la Universidad de la Habana en términos metroológicos en la formación de ingeniería industrial y del desarrollar un sistema de entornos cuánticos para suplir las problemáticas en formación institucional evidenciadas en su tesis de posgrado de ciencias tecnológicas, las cuales tuvieron un gran impacto institucional en 2021 en la Universidad de la Habana, cumpliendo con los objetivos planteados y logrando el título de especialista en ciencias tecnológicas de ingeniería industrial. (Azcuy, 2021)

## **1.4. Objeto**

Fundamentos de metrología para la formación en ingeniería eléctrica

### **1.4.1. Objetivos**

#### **Objetivo general**

- Sintetizar contenidos para la formación metrológica en las carreras de ingeniería y afines.

#### **Objetivo específicos**

- Analizar fundamentos metrológicos relacionados con la labor ingenieril.
- Definir fundamentos de metrología necesarios y suficientes en la formación ingenieril.
- Implementar recursos en entornos cuánticos para la formación ingenieril en metrología.

## **1.5. Acotaciones**

Se entregará versión 3 versiones de entornos cuánticos:

- Sitios Google y tecnologías asociadas.
- Plataforma Moodle.
- App Móvil.

Se entregarán versiones en Microsoft Word y Pdf.

## 1.6. Legislación

### 1.6.1. Marco institucional

Todo contenido para el uso académico en Colombia debe estar regulado por el ministerio de educación superior, ya que este establece los criterios y parámetros técnicos cualitativos de la educación para así lograr una educación superior de calidad.

Este trabajo grado está en ligado a un mejoramiento en calidad educacional, al sintetizar contenidos de metrología para la formación eléctrica estamos mejorando la formación ingenieril de la Universidad de Pamplona, estos contenidos estarán a la disposición de los estudiantes y de libre acceso, por ende podemos mencionar que estamos mejorando la calidad educacional de toda persona que acceda a estos temarios.

Este trabajo de grado está enmarcado con dos partes del ministerio de educación superior:

- Sintetizar contenidos académicos para la formación.
- Sistemas de aseguramiento de calidad de la educación superior. Colombiano, M. d. (s.f,2020)

**Proyecto educativo institucional de pamplona (3.3 Con la formación en el aprendizaje):** La universidad busca a través de una formación práctica descriptiva que los estudiantes aprendan a aprender, a ser, a hacer, a saber hacer, a jugar y a convivir; Asumen que preguntar es un requisito fundamental de su aprendizaje, una pregunta que inculca la dinámica entre lo imaginable y lo impensable capaz de renovar los problemas y conocimientos sistematizados en estas áreas. El interrogatorio debe dar a los alumnos la capacidad de dialogar con la verdad en construcción. (Pamplona, proyecto educativo institucional de Pamplona , 2020)

### **Plan de desarrollo 2021-2030 (5.9.1 Primer pilar: Docencia y excelencia**

**académica):** Este pilar apoyará las orientaciones estratégicas relacionadas con el fortalecimiento de la acreditación, el fortalecimiento de la cultura de la formación docente, la felicidad de estudiantes y docentes, el fortalecimiento de los posgrados institucionales, el desarrollo de la educación a distancia y virtual y fortalecerá la academia digital. La finalización de este trabajo de grado refuerza el lineamiento (Pamplona, Plan de desarrollo 2021-2030, 2021):

*(Línea estratégica 5. Fortalecimiento de la educación a distancia y virtual.)*

**Reglamento académico (Artículo 7. Contenidos programáticos):** Al iniciar cada curso el docente de la asignatura debe elaborar la divulgación de los recursos, los objetivos, los temas, la metodología, la bibliografía y las indicaciones sobre el método de evaluación. (Pamplona, Reglamento académico , 2019)

### **1.6.2. Marco nacional**

La Ley 30 de 1992 define la naturaleza y autonomía de las instituciones de educación superior, los objetivos de los programas universitarios y los procedimientos para promover, evaluar y monitorear la educación. (Educación, s.f.)

Ley 1188 de 2008, en la medida en que establece las condiciones de calidad requeridas para la obtención de un registro calificado de académico. Programa, que las instituciones de educación superior, además de demostrar el cumplimiento de las condiciones de calidad del programa, también es necesario demostrar ciertas condiciones de calidad institucional. (Educación, s.f.)

De acuerdo a la ley 30 de 1992 y el decreto 2566 de 2003, los contenidos que se sintetizó no infringen ningún marco nacional colombiano, de lo contrario establece un mejoramiento en condiciones para sostener la acreditación institucional de la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad de Pamplona, al tener la disposición de contenidos sintetizado en metrología para la formación en ingeniería eléctrica. (Educación, s.f, 2020)

### **1.6.3. Marco internacional**

OMPI es el Organización Mundial de la Propiedad Intelectual y tiene como el objetivo equilibrar los intereses de los creadores de contenido con los intereses del público en tener el mayor acceso posible al contenido. (OMPI, s.f.)

Los derechos de autor de los entornos cuánticos quedarían totalmente abiertos para lograr el mayor acceso estudiantil.

#### **Marco teórico**

## **Capítulo 2. Gestión de fundamentos en metrología para la formación y entornos cuánticos**

### **2.1. Instituciones de metrología y nuevas tecnologías**

Las instituciones de metrología son de gran importancia por su creación o fundación en conocimientos, especialmente es un organismo de carácter benéfico, social y académico.

Las instituciones tienen una amplia conexión con las nuevas tecnologías, por ende en este capítulo se abarcan las mejores instituciones y los nuevos conocimientos en metrología.

### **2.1.1. Metrología Colombiana**

Desde el 1853 por decreto, se declaró la adopción del sistema métrico decimal en Colombia, que se originó en Francia y consistió en un intento de unificar las medidas hasta entonces en el mundo varía por región. El metro se define como la unidad básica de longitud, y también se definen sus múltiplos y submúltiplos. Con lo anterior, comenzaron los primeros pasos para ingresar al ámbito de la medición globalizada y, al igual que otros países, más o menos desarrolló el sistema nacional de calidad. Busca que los servicios y productos ofrecidos a los consumidores cumplan con los estándares que garantizan el bienestar de los ciudadanos y su satisfacción. Un sistema nacional de estandarización que promueve la seguridad y la calidad de los servicios importados o nacionales, genera confianza en las transacciones comerciales, promueve la productividad, la competitividad en la manufactura, el comercio y protege los intereses de los consumidores. Esto lo lleva a cabo el Instituto Nacional de Metrología (INM), institución responsable de la administración de los patrones nacionales y apoyados por laboratorios de calibración acreditados. (S.A.S, s.f.)

En 2011, el momento histórico donde se fundó la institución SIC, la cual elabora la verificación, el examen y el control de Reglamentos Técnicos en metrología y su parte legal.

SIC revisa la visión del control metrológico de instrumentos de medida para lo cual se creó el Sistema de Información Metrológica (SIMEL), desde entonces el sistema ha buscado centralizar todas las actividades de control de medida de las acciones que realiza la entidad. (Superintendencia, s.f.)

Otros organismos encargados de la metrología colombiana son INM – Instituto nacional de metrología en Colombia y ONAC – Organismo nacional de acreditación de Colombia, los cuales;

El INM tiene como propósito coordinar a nivel nacional en metrología científica e industrial y realizar actividades que permitan la innovación y apoyen el desarrollo económico, científico y tecnológico del país, a través de la investigación, prestación, prestación de servicios metrológicos, apoyando las actividades de control de medición y difundir mediciones trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI). (SICAL, s.f.)

La autoridad nacional de acreditación es una empresa del subsistema nacional de calidad - SICAL, privada, mixta y sin fines de lucro, constituida y organizada bajo la ley colombiana. (ONAC)

### **2.1.2. Metrología internacional**

Hay diferentes organizaciones que regulan y estandarizan los parámetros de metrología en el mundo, todas realizan una labor importante, pero entre todas destacan más las siguientes organizaciones:

#### **La oficina internacional de pesas y medidas**

*Ilustración 1 BIPM*



*Fuente: BIPM Bureau international Logo Vector (SVG, PDF, Ai, EPS, CDR) Free Download - Legowik.com. (2019, 26 agosto). BIPM. <https://logowik.com/bipm-bureau-international-vector-logo-3174.html>*

Su misión es construir un consenso global sobre medidas, y la conferencia general de pesas y medidas asumió la responsabilidad de aprobar cambios en la definición del sistema internacional de unidades (SI). (Calidad, s.f.)

## La organización internacional de metrología legal

*Ilustración 2 OIML*



*Fuente: oiml ceems logo — English. (2021, 8 julio). Oiml.  
<https://www.oiml.org/en/ressources/oiml-ceems-logo.png/view>*

Promueve la armonización mundial de los procedimientos de metrología legal. Ha desarrollado una estructura técnica global que brinda a sus integrantes orientación metrológica para facilitar el ajuste de los requisitos técnicos y legales, nacionales y regionales, relacionados con la metrología, medición de la producción, control, aprobación y uso de equipos e instrumentos para la aplicación de la metrología legal. (Calidad, s.f, 2020)

## El sistema interamericano de metrología

Ilustración 3 SIM



*Fuente: Sistema Interamericano De Metrología | Revista de Acuerdo. (2018, 15 enero). De acuerdo. Recuperado 17 de noviembre de 2021, de <https://www.revistadeacuerdo.org/sistema-interamericano-de-metrologia>*

Este es el resultado de un amplio acuerdo entre las organizaciones nacionales de metrología de treinta y cuatro (34) países y un miembro de la Organización de los Estados Americanos. (Calidad, s.f, 2020)

## El programa de metrología de Asia Pacífico

Ilustración 4 APMP



*Fuente: [apmp.org](http://apmp.org). (2013, 7 abril). APMP. <https://www.apmp.org/page/AccreditationProgram>*

Es un grupo de Institutos Nacionales de Metrología (INM) de la región de Asia y el Pacífico comprometidos con el fortalecimiento de la capacidad metrológica de la región mediante el intercambio de conocimientos técnicos y de servicio entre departamentos. (Calidad, s.f, 2020)

## Euro Asian cooperation of national metrological institutions

Ilustración 5 COOMET



*Fuente: COOMET. (2021, 1 enero). Coomet. <http://www.coomet.org/>*

Es una organización regional que inicialmente estableció la cooperación de las organizaciones nacionales de metrología de los países de Europa Central y Oriental. Las principales actividades de COOMET son la cooperación en los campos de: normas metroológicas para cantidades físicas, metrología legal, sistemas de acreditación y gestión de la calidad, información y formación. (Calidad, s.f, 2020)

## La asociación Europea de institutos nacional de metrología

Ilustración 6 EURAMET



*Fuente: EURAMET - European Association of National Metrology Institutes. (2021, 17 marzo). Homepage. EURAMET. <https://www.euramet.org/>*

Euramet facilita el desarrollo de la infraestructura metroológica nacional. (Calidad, s.f, 2020)

### **2.1.3. Physikalisch technische bundesanstalt (PTB)**

Ilustración 7 PTB



*Fuente: ColombiaMide. (2020). Instituciones.  
<https://colombiamide.inm.gov.co/colombiamide/quienes-somos/instituciones/>*

El PTB fue creado en 1887 con el nombre de Physikalisch-Technische Reichsanstalt, el Real Instituto de Física y Tecnología, ahora Instituto Nacional de Metrología de la República Federal de Alemania, tiene como objetivo desarrollar la metrología para la ciencia, la tecnología y la sociedad.

El PTB por su desarrollo en metrología y técnicas, se considera como el modelo a seguir en los institutos metrológicos, sus conocimientos y herramientas que ha brindado a los profesionales de Alemania ha hecho que la industria del país se desarrolle de manera progresista, de este mismo modo generando empleo y aumentando la economía de Alemania.

PTB ha desarrollado alianzas internacionales alrededor del mundo, entre las cuales tenemos: "Calidad para el desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe", cuyo plan operativo beneficia a Colombia. (PTB, Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad, 2017)

#### **2.1.3.1. Calidad para el desarrollo sostenible en América latina y caribe**

El PTB tiene como objetivo tiene los desafíos globales tales como la protección del clima y la biodiversidad, así como con el acceso a la energía y al agua potable, Colombia es un país que cuenta con una de las reservas más grande en biodiversidad del mundo y limitaciones en acceso de energía y agua potable, el trabajo con PTB en Colombia lleva

más de 40 años, el cual ha creado instituciones que regulen la metrología como SICAL (subsistema nacional de la calidad, 2019).

Colombia está creando programas para la promoción de la eficiencia energética. Su éxito depende de las tecnologías aplicadas y de funcionalidad, eficiencia, vida útil y compatibilidad, PTB para brindar su apoyo ha actuado de la siguiente manera:

- Trabajando para crear fundamentos y diferenciación orientadas a las necesidades de las regiones de Colombia.
- Elaborando integración internacional y cooperación regional.
- Suministrando sus conocimientos metroológicos y competencias técnicas mediante las cooperaciones internacionales. (PTB, 2017)

*Ilustración 8 Energía renovable*



*Fuente: La importancia de las energías renovables | ACCIONA | BUSINESS AS UNUSUAL. (2019). Acción. <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>*

#### **2.1.4. Metrología cuántica**

Las tecnologías de medición están llegando a una nueva era, el de las tecnologías cuánticas. Estas tecnologías que están entre nosotros desde siglo XX, ha apartado mejoras tecnológicas durante 60 años.

Las tecnologías cuánticas tienen como base principal las propiedades cuánticas de naturaleza subatómica como; superposición cuántica, el entrelazamiento cuántico y el teletransporte cuántico, a continuación se explicare brevemente estas 3 propiedades:

**Superposición cuántica:** describe cómo una partícula puede estar en diferentes estados al mismo tiempo. (BID, 2019)

**Entrelazamiento cuántico:** describe cómo dos partículas tan distanciadas como se desee pueden correlacionarse de tal manera que, al interactuar con una, se detecte la otra. (BID, 2019)

**Teletransporte cuántico:** el entrelazamiento cuántico utiliza el teletransporte para enviar información de una partícula a otro, sin importar el medio en que se encuentre. (BID, 2019)

Las tecnologías cuánticas ha supuesto un gran avance para las mediciones, a medida que el mundo de la computación y la información se desarrolla a través de ellas, la relación entre los medios de computación, informáticos y medición está estrechamente relacionada con a continuación, explicaremos brevemente los avances en computación e informáticos. (BID, 2019)

#### **2.1.4.1. Computación cuántica**

Para entender cómo funcionan las computadoras cuánticas, primero debemos explicar cómo las computadoras que usamos todos los días, a las que llamaremos computadoras digitales o clásicas. Ellos, al igual que otros dispositivos como tabletas o celulares, utilizan bits como unidad base de memoria. Esto significa que los programas y aplicaciones se codifican bit a bit, es decir, en el lenguaje binario de ceros y unos. Siempre que interactuamos con cualquiera de estos dispositivos, por ejemplo presionando una tecla en el teclado, se crean y destruyen o modifican cadenas de ceros (0) y cadenas

de números (1). En informática, una vez que entendemos cómo las computadoras clásicas, proporcionan nosotros con un conocimiento de la computación cuántica. (BID, 2019)

Ilustración 9 Bits

Caracter	Bits
7	111
A	01000001
\$	00100100
:)	0011101000101001

*Fuente: Tecnologías cuánticas. (2019). Banco interamericano de desarrollo. Published.*

El objetivo de las computadoras cuánticas es aprovechar estas propiedades cuánticas de los qubits, sus sistemas cuánticos inherentes, para que puedan ejecutar algoritmos cuánticos que utilizan la superposición y el entrelazamiento para darles poder. El poder de procesamiento es mucho mayor que los algoritmos tradicionales. Es importante señalar que el cambio de paradigma real no implica el funcionamiento de una computadora digital o tradicional, que ahora es más rápida, sino que los algoritmos cuantitativos permiten realizar una amplia gama de operaciones como entero diferentes caminos, que en muchos casos resulta más eficiente, es decir, con muchos menos pasos. (BID, 2019)

Ilustración 10 Bits vs Qubits



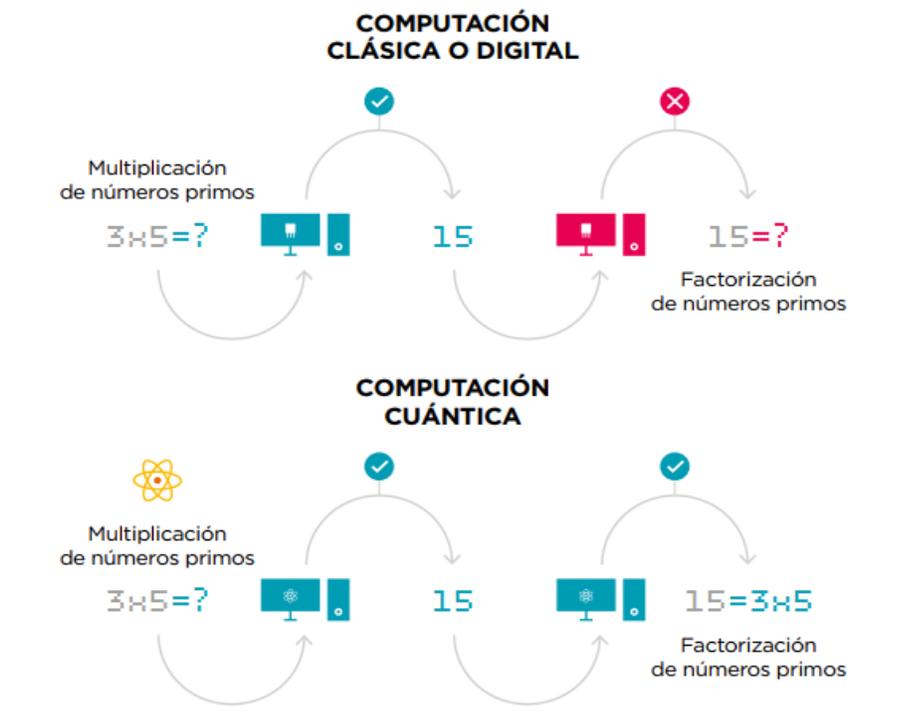
Fuente: Tecnologías cuánticas. (2019). Banco interamericano de desarrollo. Published.

### 2.1.4.2. Informática cuántica

La informática clásica estudia la labor de cómo cuantificar, almacenar y transferir información, para ello se han elaborado hardware para elaborar estos procesos mediante herramientas computacionales, por ende el avance en informática cuántica implica un avance en hardware cuántico.

Se puede decir que la informática es un protocolo de información, entre el hardware tenga mayor densidad de toma de caminos, será más rápido, pero los hardware cuánticos no tiene mayor proceso de información, lo que ofrecen es el proceso de información al mismo tiempo mediante una superposición cuántica. (BID, 2019)

Ilustración 11 Computación clásica o digital



Fuente: Tecnologías cuánticas. (2019). Banco interamericano de desarrollo. Published.

### **2.1.4.3. Impacto en metrología cuántica**

La metrología cuántica tiene un gran impacto en la información, criptografía cuántica, comunicación, salud, economía, análisis de Big data y entre los más destacados la capacidad de entender fenómenos atmosféricos gracias a la utilización de las propiedades cuánticas, las cuales desembocan en nuevos métodos de procesamiento de información. (BID, 2019)

## **2.2. Impacto, historia y conceptos de la metrología**

Toda actividad humana tiene una conexión directa o indirecta con la metrología, la elaboración de mediciones y su importancia ha desembocado en una mejora la vida del ser humano, la metrología y los impactos que genera a la humanidad son proporcionales , entre más avances de metrología se puedan obtener, más beneficiados seremos. (BID, 2019)

### **2.2.1. Impacto económico de la metrología**

La metrología sirve como instrumento para evaluar la competitividad en sociedades tecnológicamente. Por tanto, el desarrollo y potenciación de la capacidad de medición en un país es fundamental para mejorar y apoyar los procesos de tecnológica y desarrollo industrial. Distinguir diferentes países de economías en desarrollo. La capacidad metrológica de un estado determina su capacidad de desarrollo industrial tecnológico. Lo que no se puede medir a menudo no se comprende completamente, no se puede fabricar con precisión, controlar con garantías y por supuesto no se puede mejorar ni desarrollar. La columna vertebral de nuestro mundo de alta tecnología es la medición y la metrología. Todas las actividades de nuestra vida diaria se ven afectados. Las mediciones cada vez más exactas y confiables son esenciales para impulsar la innovación y el crecimiento económico en nuestra economía basada en los conocimientos. Las

mediciones confiables y rastreables permiten a la comunidad científica en general crear mejores herramientas y hacer mejor ciencia. (m3i, 2019)

Abordar los desafíos sociales importantes a menudo depende de las soluciones que proponga el procedimiento. Esto es especialmente cierto para los sectores de salud, medio ambiente y energía, así como para otros sectores, como el transporte, la agricultura o la seguridad. (m3i, 2019)

La infraestructura de medición nacional y especialmente el desarrollo y mantenimiento de estándares de medición nacionales a menudo son financiados por el sector público, por lo que en una economía de libre mercado como Europa, la evaluación de la financiación pública para la medición nacional es esencial en la economía y prosperidad del país. En este sentido, es importante destacar el informe publicado por el CIPM, que reproduce en gran medida los resultados de cuatro grandes estudios realizados por NIST (EE.UU.), DTI (Reino Unido), NRC (Canadá) y la Unión Europea. Cada uno de estos estudios utiliza diferentes supuestos económicos. (m3i, 2019)

De análisis previos se puede inferir que en las sociedades industriales, el valor anual de las transacciones en las que estas medidas juegan un papel fundamental es del 50,1% del PIB. Estos datos son significativos e importantes para evaluar la importancia de reducir la los parámetros erróneos de la medición. Un aumento en el error de medición promedio de 0.1% significaría un costo social de 0.05%del PIB, muy por encima del costo asignado para mantener las infraestructuras en metrología. (m3i, 2019)

### **2.2.1.1. El papel de la metrología en la digitalización de la economía y sociedad**

Los valores de medición, los datos, los algoritmos, los procedimientos matemáticos y estadísticos, así como las arquitecturas de comunicación y seguridad

forman la base de la expansión y transformación digital. Así, el enriquecimiento digital de la Infraestructura de Calidad, la triple medición, estandarización y acreditación, así como la metrología regulatoria con evaluación de la conformidad, verificación y vigilancia del mercado, son requisitos esenciales para el éxito de la transformación. La tecnología digital hacia una economía, industria y sociedad. En este contexto, el Physikalisch-Technische Bundesanstalt, como Instituto Nacional de Metrología, desempeña un papel clave con múltiples responsabilidades y competencias. Éstas incluyen, entre otras cosas, no sólo el desarrollo y la validación de métodos de medición de alta precisión, algoritmos y métodos de análisis de datos, sino también la validación de datos de medición por trazabilidad al Sistema Internacional de Unidades. Además, esto forma la base para la acreditación y metrología legal en la ley de metrología y ensayos y regulación de medición y verificación, así como en el desarrollo conjunto de reglas y estándares nacionales e internacionales a nivel internacional y asesora a las agencias de auditoría para monitorear el mercado. Como resultado, PTB es la base de la infraestructura nacional para medir la calidad y la legalidad, y tiene como objetivo actuar como un socio confiable para la industria y la sociedad en la transformación digital. Se hace especial hincapié en los servicios de metrología prestados por PTB y los prestados por circuitos integrados, así como en la industria alemana de sensores y equipos de medición, que a menudo está formada por empresas medianas. A nivel internacional, la medición digital se promueve fuertemente a través de programas de investigación y mediante la creación de nuevos grupos de habilidades. Por ejemplo, en NIST en los Estados Unidos hay muchos grupos grandes que a lo largo de los años han crecido con organizaciones gubernamentales y socios del sector privado, instituciones reguladoras y reguladoras prominentes para los campos de "Cloud Computing", "Big Data", seguridad de TI y aprendizaje automático, así como la base para el desarrollo de canales de comunicación de alto rendimiento (5G). En el Reino Unido, NPL también se está desarrollando significativamente en el campo de la "ciencia

de datos", las redes 5G y la investigación relacionada con la digitalización. Actualmente, se observan actividades similares en todo el mundo. PTB continuará desarrollando sus capacidades para cumplir su papel en la transformación digital y crecerá para convertirse en uno de los institutos de metrología líderes en el mundo. (PTB, Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad, 2017)

#### **2.2.1.2. Sectores económicos de metrología 4.0**

Actualmente se encuentra 4 sectores económicos en la metrología 4.0 los cuales son:

**Transformación digital de servicios metrológicos:** la utilización de servicios en metrología especializados en métodos estadísticos validados para mantenimiento predictivo o preventivo y la utilización de sistemas de metrología basados en la nube. (PTB, Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad, 2017)

**Metrología en el análisis de grandes volúmenes de datos:** El desarrollo de nuevos sistemas de medición a tiempo real que están generando gran masa de datos informáticos los cuales deben ser analizados en su menor tiempo, la metrología ha centrado el estudio en análisis de "Big Data" los cuales son elaborados por sistemas especializados y deben tener su interpretación por profesionales especializados en el campo de la metrología. (PTB, Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad, 2017)

**Metrología de los sistemas de comunicación para la digitalización:** Los nuevos sistemas de frecuencia para redes 5G derivados de sistemas de comunicación digital con sistemas complejos de antena están facilitando las herramientas de transmisión de información y mediciones digitales a tiempo real, mediante una red compacta de antenas, las cuales su mantenimiento preventivo y predictivo debe ser el adecuado para

mantener una vida útil a estos sistemas de red interconectado, por ende generando un sector económico basado en el mantenimiento de estos nuevos equipos. (PTB, Calidad para el desarrollo sostenible en América latina y el caribe, 2017)

**Metrología para simulaciones e instrumentos de medición virtuales:** El desarrollo de software especializado para la virtualización de mediciones y simulaciones tiene una gran demanda en el mercado industrial, elaborar medidas sin necesidad de patrones de medidas o materiales de referencia disminuye los costos de las industria, pero aumenta la demanda de personal especializado en metrología. (PTB, Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad, 2017)

### ***2.2.2. La metrología en la sociedad humana***

Uno de los parámetros de la medición que más sorprende a los alumnos cuando se acercan a ella por primera vez es el enorme impacto y la importancia de la medición en la sociedad y en las personas que la componen. Aunque la mayoría de la gente ni siquiera es consciente de su existencia, la medida está muy presente en nuestras vidas. Acciones cotidianas como consultar la hora, hablar por teléfono, consultar un navegador, realizar una compra, ir al médico, etc. (m3i, 2019)

La empresa considera confiables los resultados de las herramientas de medición, como ciudadanos que vivimos en una sociedad multifacética, carecemos del conocimiento necesario para proteger incluso una pequeña parte de nuestros intereses, y necesitamos la confianza mutua para funcionar en la sociedad, tenemos que creer que cuando realizamos un análisis clínico o nos sometemos a una dosis de radioterapia, los resultados serán precisos y se prescribirá la dosis; También debemos creer que cuando compramos productos, su peso o volumen corresponde al volumen por el que se nos factura; consumimos gas, agua, electricidad, en el contador y esperamos que el monto facturado corresponda a nuestro consumo real; Creemos que nuestra administración solo

castiga a quienes violen la seguridad vial o atenten contra las finanzas públicas. (m3i, 2019)

Por lo tanto, en beneficio de la sociedad, debe haber una institución legal para respaldar las mediciones y es por eso que los gobiernos regulan la legislación de metrología para garantizar la precisión de las mediciones en beneficio de la comunidad. La legislación sobre metrología debe garantizar y promover la confianza en los resultados de las mediciones y evitar, en la medida de lo posible, los conflictos de intereses entre las partes o los resultados de medición inexactos que podrían dañar a los propios individuos, a las personas y a la sociedad. (m3i, 2019)

La metrología establece la base de los estándares para las unidades de medida, verifica que las herramientas de medición utilizadas en el servicio y comercio diario, tenga los procedimientos de medición adecuados, así como la verificación de las características de los productos de medición y su regulación. (m3i, 2019)

Los avances en la ciencia siempre están ligados a los avances en metrología, potenciar la capacidad metrológica disponible en un país es fundamental para mejorar y apoyar los procesos de innovación tecnológica e industriales. Los avances en metrología son esenciales para la innovación y el empoderamiento en todos los campos de la ciencia. (m3i, 2019)

#### **2.2.2.1. Transacciones comerciales**

En la mayoría de los países, el producto se comercializa con un valor que puede oscilar entre el 60% y el 80% del PIB, en el camino del productor al consumidor se realizan mediciones repetidas mediante herramientas. Aquí, la medida juega un papel relacionado al ayudar a evitar conflictos de interés entre las partes de una transacción, reduciendo los costos de litigio que esto puede conllevar. La aplicación adecuada de la

medida promovería principios competitivos y promovería la ética entre transacciones. En este sentido, el alcance lo proporcionan los acuerdos de reconocimiento mutuo o acuerdos multilaterales, tanto entre el Instituto Nacional de Metrología como entre los laboratorios de calibración y organismos de evaluación de conformidad.

Al consumidor final del producto o servicio se le pagará en montos mensurables, sin los medios o conocimientos necesarios para verificar la cantidad del producto o medir la cantidad involucrada. Las únicas transacciones y alternativas disponibles se basan en acciones de medir, gracias a controles metrológicos y verificaciones establecidas por los estados, la exactitud de las transacciones está garantizada. (m3i, 2019)

#### **2.2.2.2. Salud**

Otra área relacionada de la metrología es el control y calibración de los dispositivos de medición utilizados en el diagnóstico y tratamiento médico, hablamos de instrumentos como termómetros clínicos, esfigmomanómetros o tensiómetros, electrocardiogramas, pulsioxímetros, manómetros, audiómetros, etc. La metrología acompaña y apoya las técnicas y métodos diagnósticos y terapéuticos. Las medidas en el sector salud son herramientas fundamentales para mejorar y garantizar la calidad de vida.

En la medición los médicos confían en los instrumentos de medicación como herramienta para elaborar evaluaciones a los pacientes, por ende estos instrumentos deben estar calibrados y verificados por instituciones rigurosas en metrología, para asegurarse de que las medidas obtenidas sean fiables, precisas y repetibles. Los médicos no cuentan con el conocimiento para elaborar la calibración de estos instrumentos, por ellos se encargan las instituciones de cada país. La importancia de la calibración de estos instrumentos lo podemos observar en la variedad de dispositivos médicos que se encuentran para determinar el estado del paciente.

En la medicina la herramienta que determina que cierta cantidad de un consumible es venenoso o beneficioso para el organismo humano es la metrología. (m3i, 2019)

### **2.2.2.3. Defensa y seguridad**

La medida ha sido un elemento importante de defensa desde la antigüedad y más recientemente en el campo de la seguridad, como lo demuestran las acciones de la Comisión Europea para promover este campo.

El desarrollo técnico continuo aumenta los márgenes de proteger mejor los intereses y las fronteras nacionales, el nivel tecnológico de los sistemas de detección utilizados en el control de fronteras y la lucha contra las drogas requiere de herramientas de medición precisas, con total trazabilidad, que aseguren la correcta aplicación de la ley.

La metrología también trabaja en el campo de la seguridad ciudadana. Un caso particularmente relevante en los países desarrollados es la seguridad vial, donde las mediciones se realizan utilizando herramientas de medición como los medidores de inflado de neumáticos, medidores de freno, podómetros, etc., que son de suma importancia para nuestra seguridad en la carretera. A su vez, las herramientas que utilizan los poderes públicos para controlar la velocidad, la concentración de alcohol, etc., deben proporcionar medidas precisas y fiables, con el fin de respetar los derechos de la ciudadanía y hacer cumplir las medidas. Las sanciones pueden ser justas.

Una de las otras áreas de riesgo es el transporte público, donde las herramientas deben estar fácilmente disponibles para garantizar la seguridad de los pasajeros, como herramientas de pesaje, que permitan la cuantificación de la carga así como su distribución, navegación, el desarrollo de activos autónomos. Sistemas de protección de peatones en caso de colisión, frenado automático, etc. (m3i, 2019)

### **2.2.3. Historia de la metrología**

Desde sus primeras manifestaciones, a menudo se incluye en la antropología general, pasando por la arquitectura y la agrimensura, hasta las transacciones comerciales, la propiedad de la tierra y los derechos de alquiler, donde rápidamente encuentra rastros de una serie de actividades de construcción de la vida humana diaria.

Antes del sistema métrico, las personas no tenían más remedio que usar lo que vestían, su propio cuerpo, para calcular e intercambiar productos. Así aparece el pie, como una unidad de medida conveniente para medir pequeñas parcelas de tierra, en términos del orden de suelo necesario para hacer una choza. Aparecen los codos, útiles para medir trozos de tela u otros objetos que se pueden colocar en un brazo, sobre un mostrador o similar. El paso emergente, útil para medir áreas más grandes, se extiende a lo largo del borde para medidas más pequeñas, para tipos delicados, la palma de la mano y para longitudes más cortas, el dedo.

Desde finales del siglo XV hasta el siglo XVIII se realizaron grandes avances en astronomía, geodesia y cronometría, con el surgimiento de nuevas ideas que marcaron para siempre el futuro de la ciencia en los mundos avanzados. La medición acompaña y en muchos casos precede al progreso científico, todo cuando la primacía del método empírico sobre los métodos especulativos está cimentada en esta idea, y los científicos demandan cada vez más herramientas ideales y aquellos que pueden hacerlas ellos mismos pueden ser considerados científicos de medición. (Medir, 2019)

### **2.2.4. Algunos conceptos de metrología básicos**

**Magnitud:** Adjetivo de un fenómeno, objeto o sustancia que se puede expresar cuantitativamente con un número y una referencia. (m3i, 2019)

**Medición:** Proceso que consiste en obtener empíricamente uno o más valores atribuibles a una cantidad razonable. (m3i, 2019)

**Mensurando:** Magnitud que se desea medir. (m3i, 2019)

**Material de referencia:** Material con características y propiedades específicas o diseñado para el uso de mediciones o ensayos. (m3i, 2019)

**Material de referencia certificado:** El que se aprueba una o más de sus propiedades mediante un procedimiento que determina su trazabilidad para identificar la unidad en la que se expresan los valores.

**Exactitud:** acercamiento entre el valor medido y un valor verdadero. (m3i, 2019)

**Precisión:** acercamiento de valores medidos repetitivamente entre el mismo objeto, se elabora con condiciones similares. (m3i, 2019)

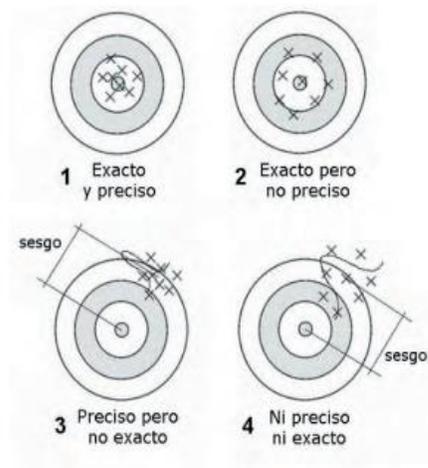
El concepto de precisión del instrumento de medición se refiere a la capacidad de dar valores o lecturas cercanas al valor real de la cantidad que se mide. (m3i, 2019)

*Ilustración 12 Definición de Exacto*

<b>Exacto y preciso</b>	<b>Exacto pero no preciso</b>	<b>Preciso pero no exacto</b>	<b>Ni preciso ni exacto</b>
Resultados muy próximos entre sí, con un valor medio muy cercano al valor verdadero (1)	Valor medio muy cercano al valor verdadero, pero gran dispersión de los resultados en torno al valor medio (2)	Resultados muy próximos entre sí pero valor medio alejado del valor verdadero (3)	Gran dispersión de los resultados en torno al valor medio y valor medio alejado del valor verdadero (4)

*Fuente: La metrología también existe (1 ed.). (2019). m3i.*

Ilustración 13 Exacto vs preciso



Fuente: *La metrología también existe (1 ed.). (2019). m3i.*

**Error:** En cada medición ocurren multitud de errores de diferentes fuentes: la propia variable medida, el dispositivo de medición, las condiciones ambientales, el operador, etc. Clasificados como sistemáticos y aleatorios. El primero se puede anular o corregir cuando se conoce la causa, mientras que el segundo no se puede hacer de la misma manera en el caso de un comportamiento impredecible. Ambos tipos de errores contribuyen a la incertidumbre de la medición, aunque difieren significativamente de ella. (m3i, 2019)

**Incertidumbre de medida:** Material de referencia en el que se aprueba una o más de sus propiedades mediante un procedimiento que determina su trazabilidad para identificar la unidad en la que se expresan los valores de los atributos. (m3i, 2019)

**Repetibilidad:** El grado de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas, en condiciones iguales.

**Reproducibilidad:** El grado de concordancia entre los resultados de las mediciones de la misma medición, se lleva a cabo en condiciones diferentes. (m3i, 2019)

**Calibración:** incluye la operación bajo condiciones específicas que primero establecen una relación entre los valores y sus incertidumbres asociadas, obtenidas de los estándares de medición y los indicadores de incertidumbre correspondientes aseguran sus mediciones relacionadas, y segundo, utilizan la información de establecimiento de relaciones para obtener resultados de medición de un comando. (m3i, 2019)

### ***2.2.5. Metrología y transformación digital***

Las transformaciones digitales que sufren todos los sectores manufactureros tienen un impacto muy directo en la medición, porque le permiten organizarse de manera diferente para facilitar los servicios y porque los servicios similares que brindan deben transformarse para adaptarse a las realidades y necesidades de la Industria 4.0. Así como Alemania ha sido líder en varias áreas de fabricación durante décadas, su instituto nacional de metrología, PTB, también es un líder global entre los institutos de metrología de todo el mundo.

Para analizar los desafíos de la transformación digital y la implementación de la estrategia Industria 4.0 y decidir cómo abordarlos como INM, el PTB alemán publicó Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad en 2017. El PTB ha identificado cuatro temas clave en la estrategia; transformación digital de servicios de metrología, metrología en análisis de big data, sistemas de comunicación desde metrología hasta digitalización y metrología para simulaciones y herramientas de metrología virtual. Estas iniciativas se apoyan en tres proyectos transversales: la nube de medidas, certificados de calibración digital y experimentos virtuales, y metrología matemática.

Además, PTB ha creado un grupo de trabajo de coordinación de digitalización para conectar a los laboratorios de PTB de manera organizativa y técnica en temas de

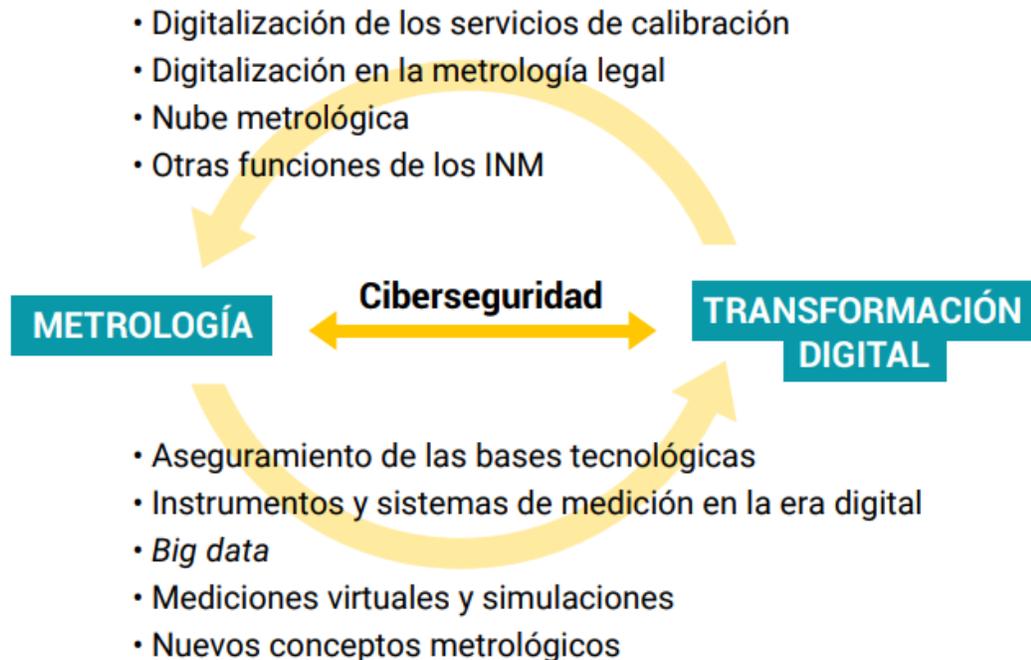
digitalización, representando externamente a PTB en estos temas y analizando el potencial del desarrollo digital.

Nacional de física del Reino Unido, tienen avances y desarrollos considerables en varios temas relacionados a la transformación digital aunque no han desarrollado una estrategia especializada o tan integral como la del PTB. Por ejemplo, NPL, en su Visión de medición para 2020, identifica dos de los cuatro temas principales para la década de 2020 de acuerdo con los desafíos de la transformación digital: mediciones inteligentes, interconectadas, integradas, comunes y populares. (SIM, 2018)

La presente publicación organiza el análisis del impacto de la transformación digital para la metrología alrededor de dos ejes centrales:

- La digitalización en metrología potencia y multiplica su impacto y abre nuevas posibilidades de crecimiento e innovación en metrología.
- La medición es la base de la transformación digital, es decir, como proveedor de un conjunto de servicios de soporte que permiten y / o aceleran la transformación digital de las empresas. Dentro de cada uno de estos ejes se analizan distintos aspectos específicos. Bajo el primero se analizan (a) la digitalización de los servicios metroológicos; (b) la digitalización de la metrología legal; (c) la potencialidad de una nube de acceso diferenciado; y (d) el impacto de la digitalización en el resto de funciones de los INM. (SIM, 2018)

Ilustración 14 Metrología digital



*Fuente: Metrología 4.0. (2019). Banco Interamericano de Desarrollo, 20–57.*

Dentro del segundo eje, que analiza el rol de la metrología como factor habilitante de la industria 4.0, se discuten los siguientes aspectos: (a) el uso de la metrología para asegurar las bases tecnológicas de las comunicaciones; (b) el rol de los instrumentos y sistemas de medición en la era digital; (c) metrología y big data; (d) el papel de las mediciones virtuales y las simulaciones; y (e) el desarrollo de conceptos metrológicos. Además, se trata el tema de la ciberseguridad.

Adicionalmente, se espera que la metrología también sea parte de un proceso de transformación en sí misma. Esta transformación conlleva cambios en los conceptos metrológicos y en el rol de los INM, entre otros. (Desarrollo, 2019)

### **2.2.6. Mediciones virtuales y simuladas**

La industria ha descubierto que la medición es una herramienta poderosa no solo para mejorar la eficiencia del proceso de producción y garantizar la calidad del producto, sino también para aplicar nuevas tecnologías en el proceso de producción de manera controlada.

De hecho, el número y la complejidad de los factores que afectan a este tipo de medición no lo permiten. Pero en 2004, se completó el desarrollo de la máquina de medición tridimensional virtual. Esta máquina virtual ejecuta una simulación para determinar la incertidumbre de las mediciones realizadas en la máquina real. Esta máquina virtual se basa en datos de 10.000 mediciones tomadas como parte de un proyecto de investigación de dos años entre PTB y ocho socios industriales.

Además, PTB ha desarrollado el primer gemelo digital de una pesa cuya determinación de la incertidumbre de medida se puede mejorar. Para hacer esto, la función del modelo se combina con una simulación de Monte Carlo. A partir de la distribución de los parámetros de medición y las condiciones de medición, se calcula la distribución de los valores medidos y se determina la incertidumbre de la medición sobre esta base.

Según el director ejecutivo de NRC Canadá, Alan Steel, los modelos matemáticos y las simulaciones se han aplicado parcialmente en mediciones y calibraciones complejas. Esta experiencia es transferible a modelos y simulaciones de medidas en condiciones de laboratorio que no cumplen con las especificaciones acordadas por la comunidad metrológica como requisito para realizar las medidas aprobadas, recibiendo y determinando la incertidumbre correspondiente.

Un riesgo que ve en el uso de instrumentos digitales, y más aún en las mediciones virtuales, es que los instrumentos y estos sistemas siempre van a arrojar un resultado que se lee en la pantalla. Pero el sentido de la medición y la correcta interpretación de los valores obtenidos solo puede hacerlos realmente un metrologo que entiende el trasfondo de la medición.

Actualmente, no es una excepción cuando se calibran termómetros de solo contacto que la calibración de la parte digital se realiza generando un pulso eléctrico. En estos casos, se ignorará la respuesta del sensor a los cambios de temperatura y los pulsos correspondientes que genera. Los problemas de medición conceptual y su impacto se multiplicarán en mediciones virtuales. (Desarrollo, 2019)

### **2.3. Estudio de creación de entornos cuánticos**

Un entorno cuántico debe tener herramientas de trabajo, las cuales ofrecen los servicios indicados a los lectores de interactuar con el espacio y logra una interactividad de aprendizaje. A continuación se darán a conocer las herramientas que se utilizó en el desarrollo de este proyecto de grado.

#### **2.3.1. Herramientas**

Las herramientas de google sites que se utilizó para crear el entorno cuántico son:

**Botón:** creación de botones para elaborar hipervínculo con otras páginas del entorno cuántico.

*Ilustración 15 herramienta botón*



*Fuente: Botón. (2019, 10 octubre). [Ilustración]. <https://google.com>*

**Marcador de posición:** es la mejor opción para añadir contenido.

Agrega: contenido desde el computador, seleccionar imagen desde el navegador de Google, contenido desde Google drive, YouTube, calendario y Mapa.

*Ilustración 16 Herramienta marcador de posición*



*Fuente: Marcador de posición. (2019, 10 octubre). [Ilustración].  
<https://google.com>*

**Google Drive:** Es un servicio de alojamiento de archivos.

*Ilustración 17 Servicio google drive*



*Fuente: Google Drive. (2019, 10 octubre). [Ilustración]. <https://google.com>*

**Google Docs:** un procesador de texto en línea.

*Ilustración 18 Servicio docs*



*Fuente: Google Docs. (2019, 10 octubre). [Ilustración]. <https://google.com>*

**Google Sheets:** es una hoja de cálculo en línea.

*Ilustración 19 Servicio sheets*



*Fuente: Google Sheets. (2019, 10 octubre). [Ilustración]. <https://google.com>*

### **2.3.2. Google Sites**

*Ilustración 20 Google sites*



*Fuente: Google Sites. (2019, 10 octubre). [Ilustración]. <https://google.com>*

Es una herramienta en línea que te concede la fácil creación entornos cuánticos. Los usuarios pueden recopilar rápidamente una variedad de información en un solo lugar, incluidos calendarios, videos, presentaciones, archivos adjuntos y texto alternativo, que se pueden compartir con toda la comunidad universitaria. Las ventajas de Google Sites son:

- Personalización.
- Centraliza información compartida: incrustar contenido multimedia en cualquier página como; vídeos, documentos, hojas de cálculo y presentaciones de Google Docs y sube archivos adjuntos.

- Administra la configuración de permisos. (Comunicawed, s.f, 2019)

### 2.3.3. Moodle

Ilustración 21 Moodle



*Fuente: Moodle.* (2016, 9 septiembre). [Ilustración]. <https://moodle.org/?lang=es>

Moodle es una plataforma de aprendizaje en línea de código abierto.

Moodle es utilizado por organizaciones no solo en el sector educativo. Varias empresas utilizan la herramienta para tareas como: desarrollo de cursos online, procesos de selección y entrevistas, selección y gestión por méritos, o creación de comunidades de expertos o prácticas. (Arimetrics, s.f, 2020)

### 2.3.4. Thinkable.

Ilustración 22 Thinkable



*Fuente: Thinkable.* (2020, 29 febrero). [Ilustración]. <https://thinkable.com/>

Tradicionalmente, para crear una aplicación para Android o iOS, tenías que codificar en Java. Con Thunkable, puede diseñar interfaces de usuario e implementar programas arrastrando y soltando elementos y conectándose como un rompecabezas. (Abdalla, s.f., 2019)

**Programación NoCode:** También nombrada programación visual. Es decir, es incensario saber de lenguaje de programación o codificación para la creación de entornos cuánticos. Su utilización está en tendencia en motores de creación de software, entornos cuánticos, aplicaciones móviles y entre otras. (Abdalla, s.f., 2019)

#### Marco metodológico

### **Capítulo 3. Sistemas de contenidos para el aprendizaje de metrología en la enseñanza de ingeniería eléctrica**

#### **3.1. Contenidos metrológicos para la formación electricista**

La metrología involucra el diseño, desarrollo e implementación de nuevos sistemas y métodos de medición. La electricidad contiene un gran compendio de fenómenos, los cuales tienen magnitudes eléctricas, la medición es una herramienta de precisión o exactitud para determinar el valor equívoco de un fenómeno eléctrico, la comprensión de la metrología en ingeniería eléctrica va más allá de saber que es una medición, debe tener el entendimiento del impacto, peligro, mejoras, historia y evolución. Fundamentando lo anterior, el análisis de los contenidos del sistema Mel es necesario, por ellos se describe un resumen de los contenidos:

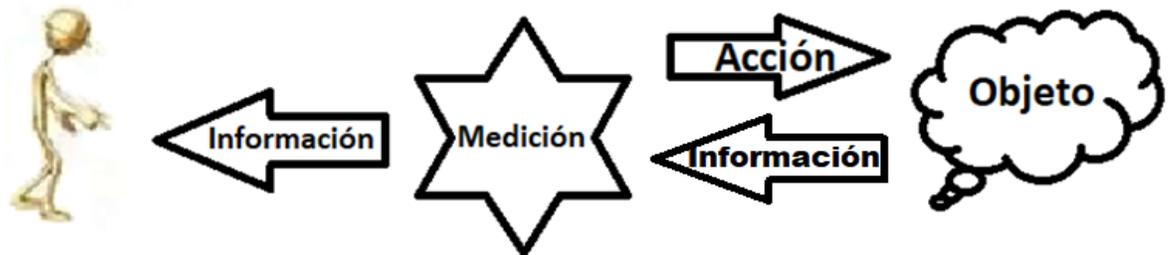
##### **3.1.1. Mediciones y la actividad**

###### **3.1.1.1. Las mediciones y los seres vivos**

La primera aproximación del concepto de medición fue; “la mediciones de magnitudes, es el dispositivo de comunicación del humano con los elementos del

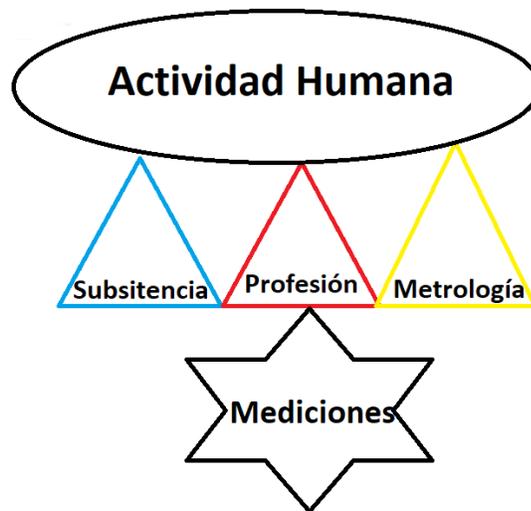
ambiente, a través de sus sentidos elabora mediciones para la toma de decisiones, con frecuencia trascendentales”. (Acosta, 2010)

*Ilustración 23 Medición y actividad humana*



La supervivencia y el desarrollo de la raza humana dependen en gran medida de la capacidad de realizar mediciones; Forman la base de las decisiones en todos los aspectos de sus actividades, que se encuentran entre los aspectos principales, la vida y el desempeño profesional y la medición del desempeño. (Acosta, 2010)

*Ilustración 24 Actividad humana en la medición*



Cuando el humano por primera vez, tomó una roca y la lanzó para matar una presa, se encontró con la necesidad inconsciente de tener la información de distintas variables de magnitudes físicas que lo rodeaban en su entorno. Necesito la información

de; distancia a la que estaba el animal, el peso de la roca, fuerza que iba a utilizar para lanzarla, velocidad, la trayectoria del proyectil a utilizar, etc. (Acosta, 2010)

### **3.1.1.2. Mediciones y actividad profesional**

La existencia y el desarrollo de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y todas las actividades profesionales están directamente relacionadas con la medición. La vida depende de muchas variables medibles.

No existe dato de empresa, ramal, global, económico o de un proceso industrial que no interactúe de forma directa o indirecta con la medición de alguna magnitud física o de otra área de la actividad humana.

Las habilidades capacitivas y la reputación de los trabajadores e ingenieros dependen en gran medida de sus conocimientos y capacidades de realizar mediciones.

Los avances tecnológicos actuales, junto con la aparición de las tecnologías de medición digital, han permitido alcanzar niveles de precisión que parecen más imaginarios que reales.

A nivel mundial, se ha incrementado un porcentaje notable en las empresas que quieren ser cada día más competitivas y rentables y que brindan a sus empleados una formación continua para mejorar las áreas productivas. Importancia para garantizar la calidad del producto.

Un Ejemplo:

En una empresa, ya sea que el ingrediente activo sea pequeño, mediano o grande, es necesario saber cuánto se le da al proceso de fabricación para transformar el producto. El manejo de esta información da a conocer a las compañías sus pérdidas y ganancias. (Acosta, 2010)

### **3.1.1.3. Evolución histórica de la metrología**

Quizás no exageramos en que la historia de la medición coincide con la historia de la vida biológica en el planeta Tierra, cuya preservación está indisolublemente ligada al proceso de toma de decisiones de cada momento; Las medidas siempre han sido la base de la decisión de toda criatura viviente.

El pie de la estatua de Judea en Mesopotamia, es el estandarte más antiguo conservado, y tiene aproximadamente "cuatro mil años".

Las civilizaciones antiguas priorizaron formas de medir longitud, área, volumen y peso; y tomaron referencias del cuerpo humano, como unidades de medida: pulgada, pies, palmos, braza, yarda, Etc...

La medición fue probablemente la primera ciencia que se desarrolló; Y el origen de otros.

Uno de los momentos importantes en la metrología moderna fue la adopción del Sistema Internacional de Unidades "SI", también conocido como sistema métrico, en su forma actual; En 1960 por la Conferencia General de Pesas y Medidas.

El sistema SI, fue unificado entre 2006 y 2009, con la norma ISO 31 para normar el Sistema Internacional de Magnitudes, (ISO/IEC 80000, con la sigla ISQ). (Acosta, 2010)

### **3.1.1.4. Organizaciones internacionales**

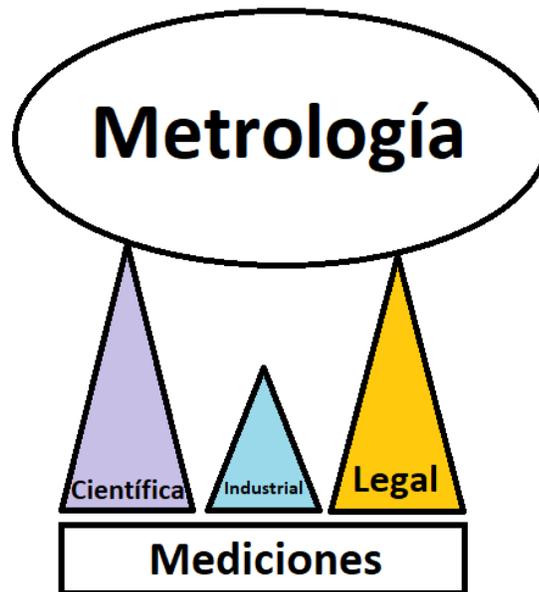
Existe una variedad de organizaciones internacionales las cuales destacan diez (10) organizaciones especializadas en metrología y uno de ellas es IMEKO que es la Organización Internacional de Medidas, creada en 1958. Cuenta con más de 20 comités técnicos, el número 17 dedicados a magnitudes eléctricas. (Acosta, 2010)

### 3.1.1.5. Gestión de metrología

#### Concepto de metrología

La ciencia que tiene como objeto el estudio de los sistemas de unidades, magnitudes físicas, métodos de medición y normas de la utilización de los medios.

*Ilustración 25 La medición en la metrología*



La metrología tiene tres ramas básicas; la científica, la industria y la legal, las cuales interactúan con la actividad humana cotidiana. (Acosta, 2010)

#### **Metrología científica**

Es el desarrollo y mantenimiento de normas básicas nacionales o internacionales, que colaboran a respaldar todas las demás actividades metrológicas. La metrología se desarrolla en institutos o laboratorios oficiales de diferentes lugares del mundo denominados institución nacional de metrología, los cuales se encargan de desarrollar y mantener los estándares nacionales de metrología. (Acosta, 2010)

## **Metrología legal**

El propósito de la metrología legal es la relación entre actividades humanas con la medición, los parámetros legales, las unidades de medida, el instrumento de medida y los métodos de medidas elaborados por las organizaciones. (Acosta, 2010)

## **Metrología industrial**

Se encarga de asegurar las medidas necesarias para controlar, asegurar, mejorar la calidad y confiabilidad de un producto.

Estas medidas pueden ser necesarias para asegurar que los productos manufacturados cumplan con los estándares o especificaciones de calidad, o para controlar los procesos de manufactura o para diseñar productos, entre muchas otras aplicaciones.

## **Momentos en la gestión de la metrología**

Los sistemas de gestión y verificación metrológica se implementan en manuales de calidad con los siguientes momentos esenciales: selección de métodos, descripción de procedimientos y validación.

El manual de calidad debe contener:

*Ilustración 26 Gestión de la metrología*



Para la calibración, los laboratorios aplican procedimientos y métodos de acuerdo con el seguimiento especificado; Lo que incluye el manejo, transporte, preparación de equipos de medición, cálculos y técnicas para el análisis de datos de verificación. (Acosta, 2010)

### **Selección de métodos**

Los métodos elegidos deben ser aprobados de acuerdo a los criterios especificados en el ordenamiento jurídico, por ejemplo en Colombia, la norma técnica colombiana NTC 17025 2017, donde encontramos: resultados de prueba y calibración. (Acosta, 2010)

### **Descripción de procedimientos**

Los laboratorios de metrología deben asegurar y evidenciar a las autoridades de metrología que pueden garantizar la calidad de sus ensayos o calibraciones, mediante los procedimientos estandarizados. (Acosta, 2010)

## **Validación**

Con el fin de legalizar y asegurar la calidad de la medición, los equipos son aprobados y calibrados por una organización reconocida, en Colombia, SICAL e INM se encargan de este trabajo. La labor de inspección de equipos metrológicos debe tener en cuenta las recomendaciones del fabricante y la actividad del dispositivo. (Acosta, 2010)

### **3.1.1.6. La metrología en Colombia**

#### **Evolución histórica de la metrología en Colombia**

La Metrología se ha desarrollado en Colombia liderada por el Ministerio de Desarrollo económico al cual se encuentra adscrita la Superintendencia de Industria y Comercio, algunos aspectos importantes desde el punto de vista histórico de la metrología en Colombia son los siguientes:

En la fecha de 1967 el gobierno de Alemania colaboro en el área de la metrología al gobierno Colombia.

En 1976 definió dentro de sus funciones la creación del Centro de Control de Calidad y Metrología.

En 1998, el centro de medición y control de calidad de la dirección general de industria y comercio puede considerarse un paso importante en el concepto de calidad en Colombia. (Sical, 2020)

#### **Sistema metrología en Colombia**

La normalización o estandarización es la formulación y adopción de estándares establecidos para asegurar la expresión de artículos creados independientemente, así

como para asegurar el reemplazo cuando sea necesario, para asegurar la calidad de los artículos fabricados y operados de manera segura.

La Sociedad Estadounidense de Pruebas de Materiales define la estandarización como el proceso de formular y aplicar reglas para un enfoque ordenado de un proceso en beneficio y cooperación de todos.

De acuerdo con ISO, la estandarización es la actividad dirigida a establecer, ante problemas reales o potenciales, términos de uso general y repetitivo, con el fin de lograr un nivel óptimo de organización en un contexto dado, ya sea tecnológico, político o económico.

La normalización establece tres objetivos:

- Simplificación
- Unificación
- Especificación

Las grandes cantidades de recursos monetarios que los países desarrollados invierten en instituciones de normalización, tanto a nivel nacional o internacional, evidencia la importancia de las normas.

Antonio Gan Acosta (2011) menciona que las siguientes organismo internacionales en el sistema Mel: “Organismos Internacionales de Normalización: ISO, IEC, ITU y IATA” (Antonio Gan, 2011).

Antonio Gan Acosta (2011) menciona que las siguientes Organismos Regionales de Normalización en el sistema Mel: “Organismos Regionales de Normalización: AMN, APEC, CAN, CARICOM, CENELEC, CEN y COPANT” (Antonio Gan, 2011).

Antonio Gan Acosta (2011) menciona que las siguientes Organizaciones Privadas de Normalización en el sistema Mel: “Organizaciones Privadas de Normalización: ACI, API, ASCE, ASTM, IAPTM, IAPMO, NEMA, NFPA, NSF y UL” (Antonio Gan, 2011).

### **Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración**

Para regular el sistema nacional de estandarización, certificación y medición, el gobierno tiene la facultad de intervenir en el establecimiento de estándares de peso, medición, calidad, empaque, clasificación de productos, materiales primas, objetos o bienes para proteger los intereses de los consumidores.

### **Normalización Internacional**

Antonio Gan Acosta (2011) menciona que las siguientes Normalización Internacional en el sistema Mel: “Normalización Internacional: IEC, ISO, CODEX Y ITU” (Antonio Gan, 2011).

**NTC 4055; Normas técnicas colombianas, metrología en la empresa:** Describe instrucciones para preparar documentos internos como certificados de verificación, así como los requisitos para determinar las cantidades de impacto y la trazabilidad. (4055)

**NTC 4288; Normas técnicas colombianas, función metrológica en la empresa:** Se refiere a la evaluación de las necesidades técnicas, económicas y comerciales que deben ser evaluadas al momento de planificar la implementación de un proyecto de medición en la empresa (colombiana, pág. 2020)

**NTC 10012; Normas técnicas colombianas, sistemas de gestión de la medición:** Describe cómo establecer, documentar y mantener un sistema de gestión de medidas eficaz. (Colombiana, pág. 2020)

## **NTC 17025; Normas técnicas colombianas, requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración**

NTC 17025 (2017) establece los siguientes términos:

El estándar se divide en dos partes:

1. Especifica los requisitos relacionados con la gestión, donde el estándar cubre temas como políticas de laboratorio, sistemas, programas y contratación. Se deben documentar las calibraciones realizadas en el laboratorio de metrología, además del control, documentación y acciones preventivas y correctivas de los procesos metrológicos.
2. Requisitos técnicos, establece los factores que determinan la precisión y confiabilidad de las mediciones y cuál es la base para asegurar la calidad y eficiencia de los ensayos metrológicos, tales como personal, instalaciones, trazabilidad, métodos, equipos, etc.

### ***3.1.2. Peligrosidad, seguridad y protección e higiene en las mediciones de magnitudes eléctricas***

#### **3.1.2.1. Electrotraumas fundamentales**

Se clasifica las siguientes lesiones eléctricas:

- **Locales:** La cual tiene un área afectada fácil de ubicar
- **General o Golpe Eléctrico** Descomposición de todos el organismo
- **Combinados** En la que se efectúa una descomposición del organismo pero su ubicación es notable. (Acosta, 2010)

Datos estadísticos sobre casos reportados:

<b>Electrotraumas Fundamentales</b>	
<b>Locales</b>	20 %
<b>General o golpe de eléctrico</b>	25 %
<b>Combinados</b>	55 %

*Tabla 1 Electrotraumas fundamentales*

**Traumas locales más característicos según datos estadísticos:**

<b>Traumas Locales</b>	
<b>Quemaduras</b>	8 %
<b>Metalización de la piel</b>	0,5 %
<b>Signos eléctricos</b>	7 %
<b>Daño óptico</b>	1,5 %
<b>Roturas mecánicas</b>	3 %

*Tabla 2 Traumas locales*

Las quemaduras son las lesiones eléctricas más comunes y se dividen en dos categorías:

**Quemaduras por corriente:** Ocurren a voltajes tan bajos como 2 kV y generalmente aparecen en la piel.

**Quemaduras por arco eléctrico:** Ocurren en un tiempo transcurrido, a menudo provocando la muerte por asfixia, aunque no provocan palpitaciones cardíacas. Constituyen el 25% de las quemaduras.

**Signos eléctricos:** Se trata de manchas de color amarillo grisáceo que aparecen en la superficie de la piel.

**Metalización de la piel:** Es la penetración de partículas de metal fundido en las capas superiores de la piel por la acción de un arco eléctrico.

**Roturas mecánicas:** Son contracciones repentinas e involuntarias de los músculos debido a la acción de una corriente eléctrica que puede provocar roturas de tendones, piel, vasos sanguíneos, tejido nervioso y fracturas óseas.

**Daño óptico:** Es el resultado de la acción de una inmensa cantidad de energía transportada por los rayos ultravioleta que provocan cambios químicos en el sistema visual. Es el resultado de un arco eléctrico.

**Golpe eléctrico o trauma general:** Contracción involuntaria de varios músculos del cuerpo. (Acosta, 2010)

### **3.1.2.2. Causas de muerte**

A continuación se mencionara las causas de muerte por lesiones eléctricas:

#### **Paro cardíaco**

Puede ser directo como una corriente eléctrica que pasa por el corazón o reflejado por la actividad del sistema nervioso. No suele haber una parada completa, pero la fibrilación cardíaca, una actividad anormal en la que el corazón no puede circular, funciona a una frecuencia de 600 latidos por minuto, por lo que es normal que dure unos 75 latidos por minuto. Una afección grave es aquella en la que la fibrilación persiste incluso después de descartar la causa y solo puede detenerse con el uso de un desfibrilador, que generalmente solo está disponible en hospitales de alto nivel; Es provocada por una corriente de 50mA a 5A a 50Hz, un valor más alto no produce vibración y por eso a veces un valor de voltaje más alto provoca quemaduras. (Acosta, 2010)

## Paro respiratorio

Esto se debe al efecto de la corriente eléctrica sobre los músculos respiratorios y en ocasiones provoca indirectamente un paro cardíaco, que puede suceder a valores de corriente de 20 a 25 mA. (Acosta, 2010)

## Shock eléctrico

La respuesta específica del sistema nervioso, bajo la influencia de la electricidad, cambia seriamente los procesos de circulación sanguínea, respiración y metabolismo. Esta condición puede durar unos minutos o días, después de los cuales puede recuperarse o morir. (Acosta, 2010)

### 3.1.2.3. Factores que influyen en la peligrosidad del electrotraumas

Las condiciones que influyen en la peligrosidad son las condiciones inseguras o situaciones inadecuadas.

Estos factores se pueden evitar si elaboramos planes de trabajo con SSGT, sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, las cuales evalúan las condiciones inseguras y situaciones inadecuadas de los trabajadores.

La siguiente tabla son las acciones de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano:

Acción de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano	
1 a 1 mA	Ninguna acción
4 a 6 mA	Dolor y contracción muscular
15 a 25 mA	Imposibilidad de liberación
40 a 60 mA	paro cardíaco y respiratorio
80 mA a 5 A	Fibrilación del corazón

*Tabla 3 Acción de la corriente sobre el ser humano*

Acción de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano depende de la trayectoria sobre el organismo.

A continuación tabla sobre influencia de la trayectoria de la corriente sobre el organismo humano:

<b>Influencia de la trayectoria sobre el organismo humano</b>			
<b>Recorrido</b>	<b>ocurrencia</b>	<b>pérdida del conocimiento</b>	<b>I a través del corazón</b>
<b>Mano - mano</b>	42%	84%	4%
<b>Mano derecha - pies</b>	22%	88%	7%
<b>Mano izquierda - pies</b>	18%	80%	4%
<b>Pierna - pierna</b>	7%	16%	0,4%
<b>Cabeza - pies</b>	6%	90%	7%
<b>Cabeza - manos</b>	4%	95%	7%

*Tabla 4 Influencia del camino de la corriente*

Puede identificar que las vías más peligrosas son cuando el corazón interviene, pudiendo destacar como una de las más peligrosas la de la cabeza a los pies o cabeza manos. (Acosta, 2010)

**Influencia de la frecuencia y el tipo de corriente:** Los valores más peligrosos son de 0.4 a 60 Hz, aumentarlos reduce su riesgo, ya que reduce la probabilidad de sincronización entre el punto de inicio del trabajo de la corriente y el inicio de la fase T del corazón.

**La tensión:** La punción cutánea se produce alrededor de los 100V, para valores más bajos actúa como aislante.

**Resistencia eléctrica del cuerpo humano:** La resistencia de la piel varía de 1 a 100 kOhm.

<b>Resistencia Eléctrica Del Organismo Humano</b>	
<b>Piel seca</b>	3x10 <sup>3</sup> a 2x10 <sup>4</sup>
<b>Huesos</b>	1x10 <sup>4</sup> a 2x10 <sup>6</sup>
<b>Tejidos grasos</b>	30 a 60
<b>Tejidos musculares</b>	1.5 a 3.0
<b>Sangre</b>	1 a 2
<b>Médula espinal</b>	0.5 a 0.6

*Tabla 5 Resistencia del cuerpo humano*

#### **Dependencia de la resistencia del cuerpo humano de la tensión de contacto**

La disminución de la resistencia corporal aumenta la tensión por contacto. A continuación se muestran los valores de resistencia presentes en diferentes niveles de voltaje inducido. (Acosta, 2010)

<b>Dependencia de la resistencia del cuerpo humano de la tensión de contacto</b>	
<b>25 V</b>	2500 Ω
<b>50 V</b>	2000 Ω
<b>250 V</b>	1000 Ω
<b>Mayor 250 V</b>	650 Ω

*Tabla 6 Dependencia de la resistencia*

#### **Influencia del estado de la piel sobre la resistencia del cuerpo.**

La resistencia disminuye con: Daños superficiales, humedad, suciedad, sudor, aumentar la concentración de alcohol en la sangre, género, edad, si la concentración de oxígeno decrece, si la temperatura ambiente aumenta, depresión, percusión, ruido y radiación de luz.

Como se puede ver, la resistencia depende de muchos factores y, por lo tanto, el efecto de una cierta cantidad de tensión en el organismo humano se considerarse una cantidad aleatoria y es probable que cause la muerte sea cierta. (Acosta, 2010)

#### **3.1.2.4. Ayuda a personas bajo la acción de la corriente eléctrica**

Cuando una persona está bajo tensión, las personas que lo rodean, sobre todo si están cerca de ellas, tienen un instinto natural que es usar sus manos para desatlarla. Debido a su efecto, esa segunda persona también se convierte en una persona lesionada, lo que puede aumentar aún más el número en afectados.

A continuación describimos el orden de acciones para ayudar a una persona bajo la acción de la corriente:

1. Eliminar la causa del accidente
  - A. Desconectar lo fuente de alimentación
  - B. Interrumpir la línea
  - C. Crear cortocircuitos
2. Aplicar los primeros auxilios
3. Acudir al afectado a un hospital

La corriente mínima que ha matado a una persona según la instituciones internacionales de medida es de 0.1 mA.

No es correcto temer el trabajo eléctrico porque debilita a las personas, pero no pensar en el gran peligro que representa para la vida humana es un gran error.

La mayoría de trabajos eléctricos y electrónicos requieren una gran cantidad de medidas, y estas medidas siempre van asociadas a los valores de magnitudes eléctricas, que en general pueden ser de un orden muy serio, por lo que hacemos las siguientes

recomendaciones después de realizar este ejercicio, es utilizar las 5 reglas de oro las cuales son:

1. Corte efectivo de la electricidad
2. Enclavamiento o bloqueo eléctrico
3. Verificación de usencia eléctrico
4. Sistema puesta tierra y en corto circuito
5. Señalizar la zona de trabajo eléctrico. (Acosta, 2010)

### **3.1.3. Concepto de la medición**

#### **3.1.3.1. Concepto básico, primera y segunda aproximación**

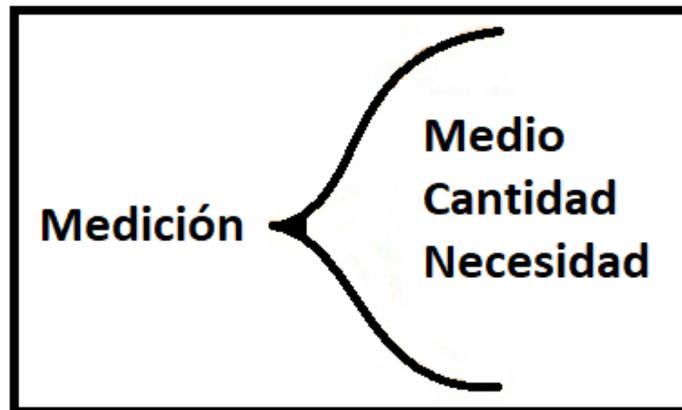
El concepto de medición es de especial importancia en esta disciplina, ya que es la base o fundamento principal de todo el conocimiento analizado y la construcción de capacidades.

En cuanto a las actividades técnicas y profesionales, se puede decir:

**“La metrología es un actividad en el que se crea o utiliza un medio de medición para obtener un medida cuantitativo del valor de las cantidades físicas y para satisfacer las necesidades científicas”.**

En el concepto de medida se destacan tres aspectos principales: el uso del instrumento de medida, la adquisición de la reflexión cuantitativa y la satisfacción de necesidades. (Acosta, 2010)

Ilustración 27 Dimensiones de la medición



La metrología se define por sus dimensiones básicas: definición simple, características metrológicas, requisitos de medición de calidad y pasos lógicos del proceso metrológico son definiciones más profundas o más completas de seguridad, precisión y factor de conveniencia (SPC) y medidas generales de clasificación.

Hay 3 puntos clave en la definición:

- Obtener una reflexión cuantitativa
- Satisfacer una necesidad
- Utilizar una escala.

Al determinar el valor numérico de una cantidad física, se busca la relación entre esta cantidad y su unidad durante la medición. Como se muestra a continuación matemáticamente. (Acosta, 2010)

$$A = n a; \text{ donde: } n = \frac{A}{a}$$

Donde:

*n*; Resultado de la medición *A*, magnitud física

*a*; Unidad de la magnitud física

### 3.1.3.2. Indicadores de calidad

Calidad de acuerdo con las normas ISO 900 asociadas a la satisfacción de necesidades y generación de confianza.

Al medir cantidades eléctricas, los requisitos básicas mediciones de calidad, las son:

- Exactitud
- Precisión

**Exactitud:** es una medida cuantitativa que indica la magnitud del valor numérico de la cantidad de error en las mediciones.

Centrarse en pequeñas metas genera pequeños errores.

**Precisión:** se relaciona con el tiempo y los recursos utilizados y la satisfacción de las necesidades en el proceso de medición.

El concepto de escala es muy diferente cuando se trata de “métricas” o “medidas”. Hablar de la precisión de la medición es diferente de la precisión del dispositivo.

Los dos requisitos son complementarios y de igual importancia, respectivamente con contadores para determinar su equilibrio en cada caso particular.

Se proporciona orientación para elabora mediciones de calidad, los cuales se realizan a través de los pasos lógicos del proceso de medición, y el cumplimiento de este proceso facilita la velocidad y la precisión en la actividad metrológica. (Acosta, 2010)

### 3.1.3.3. Etapas lógicas de un proceso de medición

**Medir:** es el uso de medios de medición, facilitación, obtención, procesamiento e interpretación de información para satisfacer una necesidad.

Se evidencian estos momentos esenciales:

- Crear las condiciones y acciones ideales para la medida

- Obtenga instrucciones sobre la herramienta tomando las medidas adecuadas.
- Procesar los datos y evaluarlos

Los cuales contienen las siguientes etapas:

1. Valoración y selección:

Valoración de:

- La naturaleza de la magnitud objeto
- Posible valor de la magnitud
- Las condiciones
- Las características ambientales
- Las normas
- Protección e higiene

Condiciones de medida relacionadas con los requisitos especificados en la norma, como la humedad relativa de la atmósfera, tiempo o duración de la medida, etc.

Las características ambientales indican si, el equipo requiere una protección especial.

La evaluación de estos aspectos ayuda a determinar exactamente qué recursos se requieren para las mediciones, por lo que el segundo momento más importante en el primer paso es:

Selección de:

- El método
- El esquema
- El instrumento

- Campo de medida y campo de escala.
- 2. Calcule la constante del instrumento.
- 3. Localización de la magnitud.
- El punto físico
- La señal objeto de medición
- 4. Cálculo del valor de la indicación del instrumento.
- 5. Análisis de los errores de la medición.
- 6. Interpretación de los resultados. (Acosta, 2010)

#### **3.1.3.4. Factor de seguridad, precisión y comodidad; SPC**

Estos son los principios de ingeniería que guían la selección del campo de medición y la escala del instrumento adecuados.

1. El límite superior del rango de medición debe ser mayor o igual que ( $> o =$ ) el valor de la cantidad a medir.
2. La indicación o marca del dispositivo debe estar dentro del rango de la escala para garantizar la precisión adecuada.
3. El indicador debe estar en unidades, en múltiplos o en submúltiplo más próximo. (Acosta, 2010)

#### **3.1.3.5. Clasificación de las mediciones**

La clasificación común de la medición enriquece y afina el concepto de la metrología, identificando los diferentes tipos que pueden existir.

También proporciona vocabulario que permite la comunicación entre los participantes en el proceso de medición.

Por su objetivo, las mediciones se clasifican en:

En cuanto a la actividad crítica, son aquellas que los organismos realizan por seguridad y continuidad, y que se relacionan en su actividad que les rodea.

En cuanto a la metrología, se utiliza para verificar, calibrar o crear nuevos medios o métodos de medición.

Para operaciones profesionales, se utilizan para asegurar un desarrollo normal y continuo en caso de falla de las operaciones técnicas y comerciales.

La siguiente ilustración muestra las diferentes categorías que pueden existir en función de la clasificación de las mediciones aprobada y verificada:

*Ilustración 28 Clasificación de las mediciones*



Teniendo en cuenta los métodos de obtención de los resultados, las mediciones pueden ser:

**Directas:** Estos son los valores para los cuales la cantidad del objeto medido afecta directamente al objeto medido. (Ejemplo: medición de tensión con voltímetro).

**Indirectas:** Son los valores representados por el valor del objeto cuantitativo de la medida, obtenidos de las relaciones que existen, entre estas y otras medidas directamente.

Ejemplo: Medir la potencia a partir por datos obtenidos directos por medición, como; voltaje y corriente, y se utilizando la ecuación de potencia.

$$P = V \times I$$

DATOS:

*P; Potencia*

*V; Tensión*

*I; Corriente*

Debido a los requisitos de precisión, las mediciones se dividen en dos grupos, técnico y de laboratorio. (Acosta, 2010)

**Mediciones técnicas:** Estas actividades se llevan a cabo en los procesos de fabricación y en la industria, a menudo por personal no calificado que requiere orientación y asesoramiento de expertos. Se dividen en cuatro grupos: detección, evaluación, cálculo y seguimiento.

**Mediciones de laboratorio:** Se lleva a cabo en centros especializados y laboratorios de investigación científica. Generalmente por personal altamente calificado.

Se dividen en dos grupos:

- Alta precisión
- Validación o calibración.

A continuación la definición de mediciones que se ejecutan los laboratorios:

**Detección:** Estos son suficientes para conocer la presencia de la cantidad que se mide.

**Valoración:** Estos son necesarios y suficientes para conocer el orden en el que se encontrarán los valores de medición.

**Cálculo:** En este tipo de medición, se requiere un número.

**Control:** Estos son períodos de tiempo medidos que se comparan y verifican.

**Alta precisión:** Utilizadas en la investigación científica y en la fabricación de plataformas de medición.

**Verificación:** Utilizadas para controlar, verificar y calibrar la clase de precisión del instrumento de medición y sus condiciones de trabajo. (Acosta, 2010)

### **3.1.4. Métodos de medición**

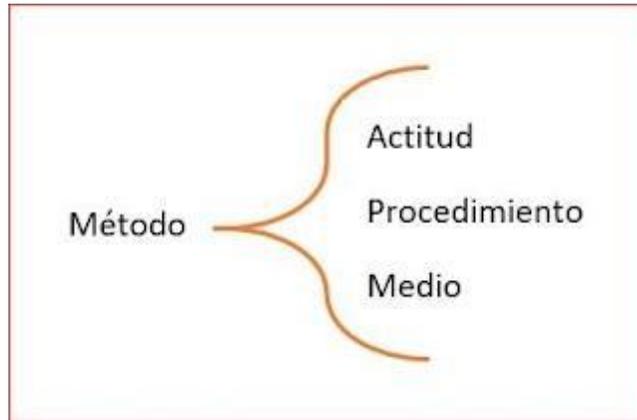
#### **3.1.4.1. Concepto de método de medición**

La planificación nos permite organizar toda la actividad para lograr metas comunes, con tácticas organizamos acciones que nos permiten lograr metas parciales y con formas en que organizamos actividades que nos llevan a lograr 'metas específicas'. Si demostramos ingenio y excelencia en la forma en que actuamos, podemos hablar de arte en nuestro comportamiento.

**“Como método puede definirse la manera o conjunto de procedimientos que permiten alcanzar objetivos específicos al medir magnitudes físicas”.**

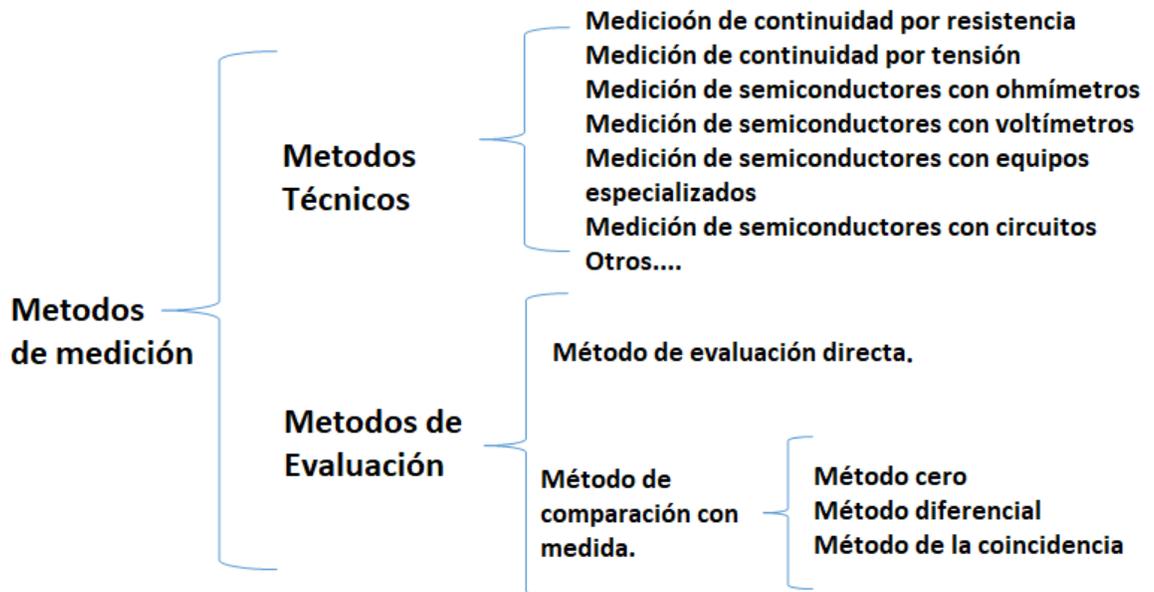
Los métodos evidencian tres dimensiones maestras: La actitud humana, los procedimientos y los medios elegidos. (Acosta, 2010)

Ilustración 29 Dimensiones del método



### 3.1.4.2. Clasificación de los métodos de medición

Ilustración 30 Métodos de medición



Los métodos de medición tienen dos grupos grandes:

**Técnico:** son los que nos permiten determinar problemas o necesidades del ámbito profesional y técnico.

**Evaluación:** nos permite conocer el valor determinado de una cantidad física.

### 3.1.4.3. Métodos técnicos

El método tenido más utilizado es la medición de continuidad por resistencia o tensión eléctrica, permitiendo definir la unión eléctrica entre dos puntos de un circuito, en el cual se aplica la mayoría de los métodos de medición de electos y sistemas eléctricos.

Al elabora mediciones de semiconductores con ohmímetro o voltímetro, definimos su estado de funcionamiento y capacidad. Lo mismo se puede elabora con circuitos especializados. (Acosta, 2010)

### 3.1.4.4. Métodos evaluación

Los métodos de evaluación se dividen en dos grupos, los cuales son:

**Métodos de evaluación directa:** la cantidad a medir afecta directamente sobre el instrumento de medición.

**En los Métodos de comparación con medida:** El instrumento crea una magnitud de referencia a la que se está elaborando la medición, el dispositivo compara hasta llegar a una igualdad, al final ofrece el resultado con el rango de aproximación de la medición.

Metros de comparación con medida se sub dividen en los siguientes métodos:

**Método de cero:** Es la indicación 0 del instrumento.

**Método diferencial:** Es una indicación distinta de cero, muy utilizada en profesiones y sistema de control industrial.

**Método de coincidencia:** Coincide la medición del instrumento con la referencia de la medida, es actualmente el más utilizado en la industria. (Acosta, 2010)

### 3.1.5. Sistemas de unidades

#### 3.1.5.1. Conceptos básicos

- **Magnitud física:** Estas son las propiedades de los objetos y fenómenos que se pueden medir.
- **Tamaño de la magnitud física:** El aspecto cuantitativo es individual para cada magnitud física y existe independientemente de que se conozca o no.
- **Valor de la magnitud física:** Evaluación cuantitativa de una cantidad física, expresada como número de unidades.
- **Valor verdadero de la magnitud física:** Es una verdad absoluta que es independiente de nuestro medio de conocimiento y tendemos a intentar expresarla en forma digital.
- **Valor real de la magnitud física:** valor encontrado en forma experimental, que tanto se aproxima al verdadero, que para determinados casos puede considerarse igual a este. (Acosta, 2010)

#### 3.1.5.2. Sistema internacional de unidades

Unidades básicas del sistema internacional de unidades		
Magnitud	Nombre de la unidad	Símbolo
Longitud	Metro	m
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s
Intensidad de corriente eléctrica	Amperio	A
Temperatura termodinámica	Kelvin	K
Cantidad de sustancia	Mol	mol
Intensidad de luminosidad	Candela	cd

Tabla 7 Unidades básicas del SI

## **Nomenclatura De Símbolos De Las Unidades (SI)**

### **Principios Generales**

Los principios generales para escribir símbolos y nombres de unidades fueron establecidos por primera vez por la novena<sup>o</sup> (9<sup>a</sup>) CGPM (en 1948, resolución central No. 7). Luego se certifica y se formatea de acuerdo con ISO 31. (Acosta, 2010)

### **Símbolos De Las Unidades**

Los símbolos de las unidades Sistema Internacional y otras unidades que no pertenecen al sistema Internacional, deben escribirse de acuerdo con las siguientes reglas:

- Los símbolos de las unidades se escriben en nomenclatura romana, con una tipografía en minúscula y su nombre se deriva de un nombre propia, inicia con mayúscula.
- Los símbolos de las unidades no cambian en plural.
- Los símbolos de unidad no siguen a un punto, a menos que estén al final de una oración, en cuyo caso el punto elimina la puntuación regular.

### **Expresión Algebraica De Los Símbolos De Las Unidades**

De acuerdo con los principios generales adoptados por ISO 31, el comité internacional recomienda que las expresiones algebraicas, incluidos los símbolos de las unidades SI, se representen en una forma estandarizada.

- Cuando una unidad derivada se forma multiplicando dos o más unidades, se indica utilizando símbolos de unidad separados por un punto en la mitad superior o espacio.

Ejemplo:

*N.m o Nm*

- Cuando una unidad derivada se forma dividiendo una unidad por otra, puede usar una barra inclinada (/), un guión o un exponente negativo.

Ejemplo:

*m/s o m<sup>-1</sup>*

- La barra inclinada nunca debe ir seguida de un signo de multiplicación o división en la misma línea, a menos que se agreguen paréntesis para evitar ambigüedades.

Ejemplo:

*m/s<sup>2</sup> o m.s<sup>-2</sup> pero jamás m/s/s*

*m.kg/(s<sup>3</sup>.A) o m.kg.s<sup>-3</sup>.A<sup>-1</sup> pero jamás m.kg/s<sup>3</sup>/A*

### **Reglas de empleo de los prefijos SI**

Los principios generales adoptados por ISO 31, el comité internacional recomienda que se observen las siguientes reglas al utilizar prefijos SI:

- Los símbolos de prefijo están impresos en estilo romano, sin espacios entre el símbolo de prefijo y el símbolo de unidad.
- El conjunto de símbolos de prefijo junto al símbolo de unidad es un símbolo nuevo e integrado que puede elevarse a una potencia negativa o positiva y combinarse con otros símbolos de unidad para formar el símbolo de unidad total. (Acosta, 2010)

Ejemplo:

$$1\text{cm}^3 = (10^{-2})^3 = 10^{-6}\text{m}^3$$

$$1\text{V}/\text{cm} = 1\text{V}/10^{-2}\text{m} = 102\frac{\text{V}}{\text{m}}$$

No usan los prefijos compuestos, es decir; un prefijo formado por una cadena de múltiples prefijos.

Ejemplo:

*1nm pero no 1 mμm*

### **Notación numérica**

1. Debe dejarse un espacio entre grupos de 3 dígitos, a la izquierda y a la derecha del punto decimal. En números de cuatro dígitos, este espacio se puede ignorar. La coma no se utiliza como separador de miles.

Ejemplo:

15 739,012 53

2. Las operaciones solo deben aplicarse a los símbolos de las unidades, no a los nombres de las unidades.

Ejemplo:

$$\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)\left(\frac{\text{Kilogramo}}{\text{metro cúbico}}\right)$$

3. Debe quedar muy claro a qué símbolo de unidad pertenece el valor numérico y qué operaciones se aplican al valor de la cantidad:

Ejemplos:

*35cm x48cm pero no 35x48cm*

$100g \frac{+}{-} 2g$  per no  $100 \frac{+}{-}$

### **3.1.5.3. Sistema anglosajón**

A menudo se lo conoce como el sistema Americano o sistema Inglés, en el cual se tiene los siguientes unidades;

- La Pulgada; 2.54 cm
- El pie; 30.48cm
- La yarda; 91.44 cm
- La milla 1.6093 km
- La brazada; 1.82 cm

### **3.1.5.4. Equivalencias si americano**

El Sistema Internacional de Unidades (abreviatura SI del francés: Sistema Internacional de Unidades), es un sistema de medidas creado para abordar dos deficiencias principales de las medidas antiguas:

1. Las unidades con el mismo nombre difieren de una provincia a otra.
2. Las partes pequeñas de diferentes escalas no son decimales, lo que representa una complicación significativa del cálculo.

Se trata de crear un sistema de medición único y simple que se pueda reproducir con precisión en cualquier momento y en cualquier lugar con el acceso de cualquiera. (Acosta, 2010)

Magnitud	Nombre	Símbolo
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
temperatura termodinámica	kelvin	K
intensidad de corriente eléctrica	ampere	A
intensidad luminosa	candela	cd
cantidad de sustancia	mol	mol

Tabla 8 Magnitudes SI

#### Múltiplos y submúltiplos decimales

Factor	Prefijo	Símbolo	Factor	Prefijo	Símbolo
$10^{24}$	yotta	Y	$10^{-1}$	deci	d
$10^{21}$	zeta	Z	$10^{-2}$	centi	c
$10^{18}$	exa	E	$10^{-3}$	mili	m
$10^{15}$	peta	P	$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^{12}$	tera	T	$10^{-9}$	nano	n
$10^9$	giga	G	$10^{-12}$	pico	p
$10^6$	mega	M	$10^{-15}$	femto	f
$10^3$	kilo	k	$10^{-18}$	atto	a
$10^2$	hecto	h	$10^{-21}$	zepto	z
$10^1$	deca	da	$10^{-24}$	yocto	y

Tabla 9 Múltiplos y submúltiplos decimales

### 3.1.5.5. El kWh como unidad de energía eléctrica

En el sistema SI, la energía se expresa en julios, entonces, ¿por qué se utilizan kiloWatt-hora (kWh)?

Recordemos algunas unidades del Sistema Internacional de Unidades:

La fuerza se expresa en Newton  $F \{N\}$

El tiempo en Segundos  $T \{s\}$

El espacio se expresa en Metros  $S \{m\}$

La energía se expresa en Joule,  $W \{joule\}$

El trabajo realizado que es la diferencia de energía en el sistema  $W=\Delta E$ , o el producto de la fuerza aplicada, por el radio vector de la trayectoria y por el coseno del ángulo entre la dirección de la fuerza y el radio vector de desplazamiento  $W=F \Delta R \cos \beta$ ; se expresa en Joule.

La potencia es igual al trabajo realizado en la unidad de tiempo,  $P = W/t (W)$ .

De la expresión anterior se puede deducir que el trabajo realizado en un sistema es igual al producto de la potencia por tiempo  $W = P T$ ;  $\{Watt\}\{s\}=\{joule\}$ .

En el sistema internacional de unidades se expresa en joule.

$$W = \Delta E = P T$$

Para intentar dar respuesta a la pregunta planteada, analice el siguiente ejemplo:

Calcule la energía eléctrica consumida por un motor de 10 kW funcionando durante 8 horas en una industria, utilizando el Sistema Internacional de Unidades.

(Acosta, 2010)

Datos:

Potencia del motor: 10 kw

Tiempo trabajado: 8 horas

Solución:

Paso numero 1: es convertir las magnitudes al sistema internacional de unidades.

La potencia en kilowatts la convertimos en watt;  $10 \cdot 10^3$

El tiempo en horas lo convertimos en segundos;  $8 \cdot 3600$

Empleando la ecuación de cálculo de la energía, calculamos:

$$\Delta E = PT = 10 (10^3) 8 (3600) = 288\ 000\ 000 \text{ joules.}$$

Resultado expresado en el Sistema Internacional de unidades SI.

Sin embargo, podemos ver que es un número muy grande, para representar la potencia consumida por el motor y en una jornada laboral, esto no es práctico, si tenemos en cuenta que en cualquier industria, puede tener cientos de motores y varias veces la potencia, por ejemplo.

Estos grandes números llenan los formatos y formularios y hacen que analizarlos sea muy engorroso.

Por ende, en lugar de multiplicar por 10 los kilowatts y por 8 las horas, mantenemos las unidades y como resultado expresamos en kilowatt-hours (kWh).

$$W = \Delta E = (10\text{kwh}) (8\text{h}) = 80 \text{ kwh}$$

Por ende, el consumo de energía es superior, incluso el kWh, se convierte en una unidad muy reducida, los números aumentan mucho y la solución práctica es:

Multiplicar por diez a menos tres y ofrecer el resultado en megawatt hora.

$$\Delta E = W = (10\text{kw}) (8\text{h}) = 80 \text{ KWh } 10^{-3} = 0.08 \text{ MWh}$$

**Conclusión:** Como unidad de energía eléctrica consumida o trabajo realizado, en lugar del joule se utiliza el kWh o el MWh, para posibilitar la escritura de los cálculos y análisis de los resultados. (Acosta, 2010)

### **3.1.5.6. Tangente de delta**

Es la cantidad más adecuada para describir las propiedades aislantes de los materiales dieléctricos y por tanto sus pérdidas de energía.

Representa la cantidad de corriente activa (IR) que representa la pérdida de potencia por unidad de corriente reactiva (Ic).

Como procedimiento científico al investigar un fenómeno o proceso desconocido, se puede modelar con el objetivo de descubrir sus leyes, principios y propiedades. Al modelar, elegimos los elementos necesarios para el objetivo propuesto y descartamos los demás. Los elementos básicos son introducidos por personas conocidas y se determinan sus relaciones, con el fin de llegar a conclusiones, y si es posible se identifican principios y leyes.

El diagrama del modelo de potencial dieléctrico se muestra en la siguiente ilustración, donde la característica dieléctrica está representada por el capacitor ideal C, ya que este es un capacitor real y tiene fugas, representamos a través del resistor R. La corriente total que fluye a través del mismo. A través del circuito, se divide en dos componentes: el Ic útil a través del condensador y el IR inútil o fuga a través de la resistencia, como se muestra en el siguiente diagrama:

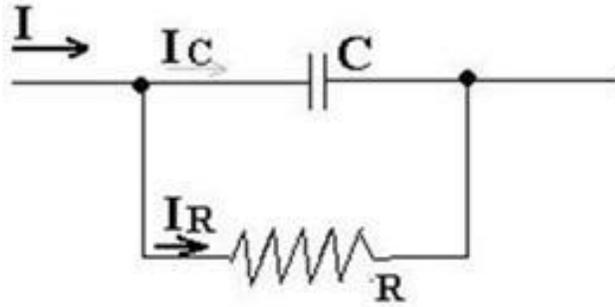


Tabla 10 Diagrama RC

Donde

$I$ ; Corriente total

$I_c$ ; Corriente útil

$I_R$ ; Corriente no útil o fugas

El diagrama fasorial de este circuito es:

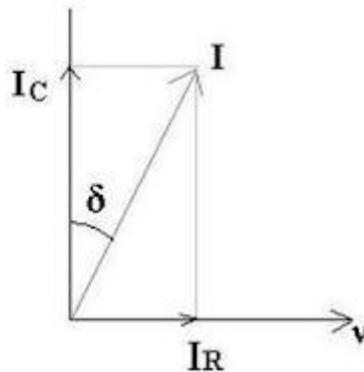


Tabla 11 Diagrama fasorial

En un sistema ideal, la corriente de fuga tiende a ser igual a cero.

El valor absoluto de la corriente de fuga no tiene significado ni representa la naturaleza y calidad del sistema. Por ejemplo, ¿qué podemos concluir si sabemos que la corriente de fuga es de 1 mA?

Si la corriente útil es de 100 mA, la relación de pérdidas será: 1/100 igual a 0,01 un 1%.

Pero si la corriente útil fuese 2 mA; la relación de pérdidas sería 1/2 igual a 0,5 un 50%

Como podemos ver, el valor absoluto de 1 no representa la calidad del sistema, está relacionado con la utilidad, este valor se obtiene dividiendo la pérdida por la corriente útil:

$$\frac{IR}{IC} = 0,01 \text{ o } 0,5$$

En este procedimiento se da la coincidencia que la relación entre las corrientes es la relación entre el cateto opuesto y el cateto adyacente del ángulo delta. (Acosta, 2010)

$$\frac{IR}{IC} = \frac{\textit{Cateto opuesto}}{\textit{Cateto adyacente}} = \textit{tg}\delta$$

Esto llevó a la designación "Tangente de Delta", que no es más que la eficiencia del sistema, pero el nombre lo distingue al tratar las propiedades aislante del dieléctrico.

Tangente de Delta, que representa la cantidad de corriente activa IR, la pérdida de potencia por unidad de corriente reactiva Ic, o el rendimiento o la calidad del aislante. (Acosta, 2010)

### 3.1.5.7. El decibel

El oído humano es un órgano capaz de recibir las ondas de la voz con comodidad y oír un trueno cuyas ondas de energía es cien mil veces mayor.

Esto es posible porque el oído determina la relación entre la fuerza del sonido y la fuerza de las ondas del trueno, porque si esta onda sonora actúa directamente sobre el mecanismo auditivo, el tímpano se romperá.

El decibel (dB) es una unidad de medida utilizada para expresar relaciones entre cantidades, utilizando logaritmos de base 10 como método matemático.

El decibel es una décima parte de un bel, que es el logaritmo de la relación entre dos cantidades;

$$1 \text{ Rdb} = 10 \text{ Rb}$$

Recordatorio de logaritmo:

$$2 = \log_{10} 100 \text{ porque } 10^2 = 10 \times 10 = 100$$

$$Rdb = 10 \lg_{10} \frac{y}{x}; [-db] \text{ si } y < x$$

- El número 2 es un logaritmo de base 10 de 100 porque 10 al cuadrado es igual a 10 multiplicado por 10 es igual a 100.
- El decibel es una forma de expresar la relación entre dos cantidades usando logaritmos con base 10 como método matemático.

$$Rdn = 10 \lg_{10} \frac{y}{x}; [+db] \text{ si } y > x$$

Dónde:

Rdb; relación en db

X; magnitud de entrada

Y; magnitud de salida.

Utilizando las expresiones anteriores podemos obtener la siguiente tabla:

Si la relación de potencia = 1, la ganancia de dB es 0 dB.

Si la relación de potencia =10, la ganancia de dB es 10dB.

Si la relación de potencia = 100, la ganancia de dB es 20dB.

Si la relación de potencia = 1000, la ganancia de dB es 30db.

Vemos que si expresamos la relación en números naturales, entonces cuando ya tenemos tres lugares decimales de 1000, expresados en decibelios, solo tenemos 30 dB. Ésta es una de las grandes ventajas de los decibeleos porque algunos números se utilizan para representar relaciones grandes.

Otra característica es que es el medio físico ideal para demostrar la sensibilidad auditiva y los niveles de ruido, vea el siguiente ejemplo:

P inicial	P final	Incremento	Relación	Db	
2w	5w	3	2.5	4	Notable por el oído
10w	13w	3	1.3	1	No notable

Tabla 12 Sensibilidad Auditiva

Si en el dispositivo de audio cambiamos el control de volumen de la potencia inicial de 2 vatios a la potencia final de 3 vatios de la salida de audio, entonces la ganancia de 3

vatios es proporcional a 2.5 y se expresa en 4 dB, lo cual es genial para la sensibilidad del oído humano. (Acosta, 2010)

Pero si cambiamos el control de volumen de la potencia inicial de 10 vatios a la potencia de salida de audio final de 13 vatios, entonces la misma ganancia de 3 vatios dará una ganancia de 1 dB, que es un “no” característico para la sensibilidad auricular.

Tenga en cuenta que en ambos casos la ganancia es 3w, pero solo 4 dB, que está por encima del umbral de la sensibilidad auditiva humana, que es la capacidad del oído humano para percibir.

Aunque otra ventaja de la base de datos que no se presenta bien en la discusión es que al usar semilogaritmos las operaciones se simplifican enormemente.

Si se usa la constante "e" en lugar de usar la base 10, la relación no será en decibelios, sino en NEPER. (Acosta, 2010)

$$\text{Ganancia en Neper} = \ln \frac{y}{x}$$

1 neper = 8.686 db.

### **3.2. Factibilidad de entornos cuánticos**

Se elaboraron los entornos cuánticos mediante diferentes herramientas, se logró la disponibilidad del acceso de los contenidos de formación de ingeniería eléctrica en metrología mediante tres (3) entornos interactivos.

El tamaño del proyecto fue el adecuado para el cumplimiento del objetivo general, cual es “Sintetizar contenidos para la formación metrológica en las carreras de ingeniería

y afinas”, se evidencia el cumplimiento con el temario de metrología que contiene 5 capítulos los cuales están hospedados en los entornos cuánticos:

- Entorno cuántico 1 :  
URL: <https://sites.google.com/view/up-metrologia-/inicio>
- Entorno cuántico 2:  
URL: <https://vtaone.ciadi.co/course/view.php?id=312&section=2>

Para lograr un mayor alcance y difundir el temario, se creó una aplicación móvil, los links de descarga y acceso a la App están en el entorno cuántico 1.

URL de la App: <https://sites.google.com/view/up-metrologia-/app>

Los entornos creados lograron su objetivo principal; hospedar los contenidos y tener la utilidad para difundir el temario.

### ***3.2.1. Arquitectura de entorno cuántico google sites y aplicación móvil***

Es posible que hayas notado que la arquitectura minimalista se puede definir como arquitectura no decorativa que busca la esencia de cada elemento. Es decir, el resultado estético no importa lo que transmita cada diseño. Asimismo, se compromete a estar en armonía con el medio ambiente y respetar la naturaleza. Para reconocer un diseño minimalista, puedes basarlo en considerar las siguientes características. (arquitectura, 2021)

**Simplicidad:** Cada parte del entorno cuántico se adaptará naturalmente a lo que esperas. Las fachadas son completamente simplista. Los servicios interactivos e incorporan ventanas u otros elementos sin comprometer su facilidad de uso. (arquitectura, 2021)

**Elementos decorativos sencillos:** Los acabados se caracterizan por la sencillez. Busca eliminar la distorsión y mantener la armonía. (arquitectura, 2021)

**Orden y claridad:** De hecho, el diseñador que apuesta por esta tendencia busca organizar las texturas, colores y formas de las que dispone. La idea es crear un espacio sin interferencias. Es un espacio que se adaptará a ti de forma flexible. (arquitectura, 2021)

### **3.2.2. Dimensiones de aplicación móvil up metrología**

Las dimensiones que tiene la aplicación Up metrología son:

**Usabilidad:** Una de las condiciones que debe cumplir toda aplicación móvil es la usabilidad. Cualquier aplicación debe tener una interfaz sencilla e intuitiva que permita al usuario utilizarla cómodamente.

De esta forma el individuo tendrá una experiencia positiva y volverá a visitar la aplicación porque podrá realizar esta acción o lograr el objetivo perseguido mientras utiliza la aplicación.

Si la gestión de una aplicación es compleja, aumenta la probabilidad de que los usuarios abandonen la aplicación y ya no la utilicen o la recomienden a familiares y amigos. (Appandwed, 2020)

**Seguridad:** Brindar protección y no verse comprometido es esencial para garantizar que la aplicación se ejecute sin problemas. (Appandwed, 2020)

### **3.3. Análisis del sistema Mel**

El sistema Mel contiene ocho (8) sub sistemas, los cuales son de gran importancia para la formación en ingeniería eléctrica en la Universidad de Pamplona, pero tal sistema fue creado en el 2010, ya contemplando una década desde su creación y ha sido

actualizado al pasar el tiempo, pero su deterioro tecnológico se es evidente hoy en día, el sub sistema que se analizará a continuación es Sistema Mel Metrología.

### **3.3.1. Contenido Mel**

El sistema Mei contiene información de metrología para la formación en ingeniería electricista, la cual fue rigurosamente analizada mediante un análisis de contenido.

El análisis de contenido se apoya en la lectura (texto o imágenes) como herramienta de recolección de información, la cual, a diferencia de la lectura convencional, debe realizarse según el método científico, es decir, debe ser sistemática, objetiva, reproducible y válida. En este sentido, su problema y metodología son similares, excepto por algunas características específicas del contenido, con cualquier otra técnica de recolección de datos de investigación social, observación, experimentación, encuesta, entrevista, etc. Sin embargo, lo que caracteriza el análisis de contenido y lo distingue de otras técnicas de investigación sociológica, es que es una técnica asociativa por su naturaleza, y de ahí su complejidad, observar y generar datos; e interpretar o analizar datos.

El contenido Mel es competente para la formación de metrología en ingeniería eléctrica, para una debida complementación de los entornos cuánticos, se usó los servicios del sistema google como; youtube, google doc y google sheets.

### **3.3.2. Arquitectura del sistema Mel metrología**

Es evidenciable que la arquitectura del sistema Mel Metrología está muy desactualizada a los estándares de entornos cuánticos actuales, aunque por estar desactualizada no lo hace obsoleto, los entornos cuánticos actuales basan su arquitectura en sistema minimalista, interactuando con menos texto y más tecnologías asociadas.

URL Sistema Mel Metrología: <https://sites.google.com/site/metrologiaup>

### **3.3.3. Tecnologías**

Los actuales entornos cuánticos tiene de apoyo servicios de tecnologías como lo son; editores de textos grupal, salas cuánticas, hipervínculo con otros entornos, ubicación geográfica, entorno de comentarios y entre otros.

Estas tecnologías sirven para complementar el pilar del aprendizaje, usándolas como herramientas interactivas entre docente y alumno que ayudan a la elaboración de formación profesional.

En sistema Mel ya se encuentra desactualizado de tecnologías, pues su estructura está basada en JAVA, un lenguaje de programación el cual Google está sacando del sistema para poder incorporar nuevos lenguaje, los cuales son brindan más herramientas al interactuar con estos entornos cuánticos.

### **3.4. Cumplimiento del objetivo uno (1)**

- Analizar fundamentos metrológicos relacionados con la labor ingenieril.

Se evidencia el cumplimiento del objetivo uno (1) en el capítulo 2. Gestión de fundamento en metrología y entornos cuánticos para la formación en ingeniería eléctrica, en el cual se elaboró una búsqueda de contenidos en metrología para la formación de ingeniería eléctrica, analizando los conceptos, historia, avances e impactos, para determinar un temario de 5 capítulos en cual se evidencia en el capítulo 3. Sistemas de contenidos para el aprendizaje de metrología en la enseñanza de ingeniería eléctrica.

### **3.5. Cumplimiento del objetivo dos (2)**

- Definir fundamentos de metrología necesarios y suficientes en la formación ingenieril.

De acuerdo con las parte legislación, para definir fundamentos para la formación ingenieril y sean útiles en la Universidad de pamplona, se contemplaron tres (3) marcos;

marco institucional, nacional e internacional, en el marco institucional, la Universidad de Pamplona tiene un proyecto educativo, un plan de desarrollo y un reglamento académico, los cuales apoyan las creaciones de temarios actualizados.

Fundamentos de metrología necesaria y suficiente en la formación ingenieril, se encuentra en el capítulo 3. Sistemas de contenidos para el aprendizaje de metrología en la enseñanza de ingeniería eléctrica, contemplando un temario con 5 capítulos.

### 3.6. Cumplimiento del objetivo tres (3)

- Implementar recursos en entornos cuánticos para la formación ingenieril en metrología.

Para la implementación de los entornos cuánticos, se utilizó las plataformas de creación Google Sites y Moodle, lo cual dieron como resultado:

- Entorno 1: <https://sites.google.com/view/up-metrologia-/inicio>

Ilustración 31 Entorno cuántico Up metrología



- Entorno 2: <https://vtaone.ciadti.co/course/view.php?id=312&section=2>

Ilustración 32 Moodle

The screenshot shows a Moodle course interface. The top navigation bar includes the course name 'Moodle, Facultad de Ingenierías y Arquitectura', the language 'Español - Colombia (es\_co)', and the user 'Antonio Gan Acosta Invitado'. The course menu on the left lists various sections, with 'Metrología' highlighted in red. The main content area displays the course title 'MeI/MEI=1' and a list of topics: 'Tema 1. Mediciones y actividad humana', 'Tema 2. Seguridad y protección e higiene en la medición de magnitudes eléctricas', and 'Tema 3. Concepto de medición'. Each topic includes a brief description of its content.

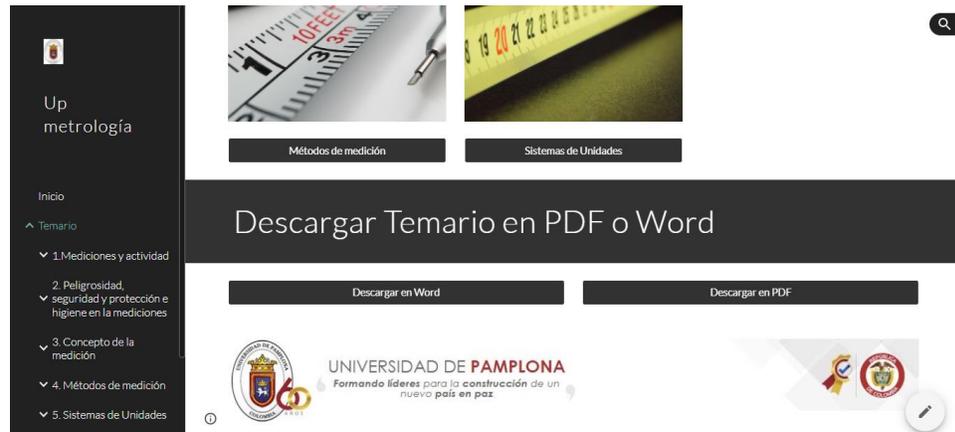
- App: El hospedaje de los link de descarga se encuentran en:  
<https://sites.google.com/view/up-metrologia-/app>

Ilustración 33 Aplicación Up metrología

The screenshot shows the 'Up metrología' application interface. It features a header image with the word 'Metrología' overlaid. Below the header, there is a quote: "La metrología es la ciencia que se ocupa de las mediciones, unidades de medida y de los equipos utilizados para efectuarlos, así como de su verificación y calibración periódica." At the bottom, there are two buttons: 'Ir al Temario' and 'Ir a Información Universitaria'.

- Temario de Metrología eléctrica descargable en Word y PDF: En el entorno cuántico de Google Sites se encuentra los links para descargar dicho temario en la URL: <https://sites.google.com/view/up-metrologia-/temario>

Ilustración 34 Up metrología, sección de descarga



### 3.7. Impacto educativo

En la actualidad la metrología en ingeniería eléctrica tiene la complejidad de encontrar términos sintetizados, el desarrollo del temario y el complemento de los entornos cuánticos dan a simplificar la tarea de encontrar un temario de metrología para la formación en ingeniería eléctrica, generando un impacto educativo, se está situando una herramienta interactiva para el aprendizaje a nivel institucional, nacional y mundial en el habla hispana.

Este temario será de libre acceso en los entornos cuánticos, contando con acceso de descarga de cada capítulo del temario y además las direcciones de descarga de la aplicación móvil, para lograr la mayor disponibilidad de acceder a la información.

### 3.8. Impacto ecológico

El deterioro ambiental ha sido el principal parámetro de la conciencia ambiental y de un pensamiento preventivo del comportamiento humano, todo trabajo que contenga

un impacto social y educativo deben estar relacionado con un impacto ambiental favorable, este trabajo de grado contiene un impacto ambiental viable.

La impresión de un libro de tapa dura con unas 300 páginas libera el equivalente a 1,2 kilogramos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Afirmado por la Asociación Española de pasta, papel y cartón (Aspapel, 2021).

La impresión del temario completo sería de 50 páginas, la contaminación total por la impresión sería de 200 gramos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Tomando en cuenta los gastos de comercialización de un libro, la contaminación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por libro es de 500 gramos.

La contaminación total del temario impreso es de 700 gramos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

La contaminación de una visita de un entorno cuántico es de 1,76g CO<sub>2</sub>, lo cual tiene un promedio de 50 segundos.

Una visita estudiantil y de investigación tarda un promedio de 20 minutos, lo cual equivale a 1200 segundos, que son 40.8 gramos de CO<sub>2</sub>. (Javeriana, 2021)

La elaboración de los entornos cuánticos disminuye un 5.82% de contaminación de gramos de dióxido de carbono liberados (CO<sub>2</sub>), tomando de bases la única contaminación que se ejecuta con los entornos cuánticos es:

### **3.9. Impacto económico**

La economía es la base en la actualidad para llevar una vida organizada y así planear y organizar nuestros gastos y no excederse más de lo que uno genera, la redirección del flujo de dinero es beneficiario a los demás sectores económicos, este

trabajo de grado elabora un redirección económica generando un impacto positivo en la economía estudiantil.

En la universidad de Pamplona se tiene un promedio de 12 estudiantes de ingeniería eléctrica por ubicación semestre lineal, el valor promedio de un libro educacional con contenidos para la formación en ingeniería eléctrica está en \$120.000 pesos colombianos.

El impacto económico por persona es de \$120.000 pesos colombianos, cual dinero se puede redirigir a otros mercados, como; inmuebles, alimenticios o de transporte. (libre, 2021)

Además mencionar que al elaborar este trabajo de grado contiene factor económico, pues analizar, definir e implementar, que son los objetivos de este trabajo de grado, se tardó un tiempo de 60 días, los cuales tendría un costo laboral.

Para obtener contenidos de metrología sin comprar un libro, se debe acceder a un biblioteca pública, al cual se tendrá que recurrir a un valor transporte público, es cual tiene un promedio de \$4.900. (mundial, 2021)

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Valor de creación del libro (60 días)	\$1.817.040
Valor monetario de un libro en metrología	\$120.000
Valor promedio de transporte de una ciudad	\$4.900

*Tabla 13 Valores económicos*

### 3.10. Resultados

- Cumplimiento de los objetivos
- ❖ Temario de metrología para la formación ingeniería eléctrica
- 🚦 Entorno Google Sites
- 🚦 Entorno Moodle
- 🚦 Aplicación móvil
- ✓ Impacto económico
- ✓ Impacto social
- ✓ Impacto ambiental
- ✓ Impacto educativo

### 3.11. Conclusiones

- La metrología es fundamental para el perfil del ingeniero electricista
- La formación en metrología en ingeniería eléctrica en el campo internacional es evidente
- La formación metrológica en ingeniería eléctrica en la Universidad de Pamplona es insuficiente
- Los entornos cuánticos facilitan la interacción y la formación humana
  - Impacto económico
  - Impacto social
  - Impacto ecológico
- Los entornos cuánticos generados por las tecnologías de última generación al alcance de todos facilitan los procesos de instrucción y educación
- Nocode facilita la creación de entornos cuánticos, software y aplicaciones móvil

### 3.12. Referencia bibliográfica

- Abdalla, M. S. (s.f.). *Hindawi*. Obtenido de Hindawi:  
<https://www.hindawi.com/journals/isrn/2013/509316/>
- Arimetrics. (s.f.). *Arimetrics*. Obtenido de Arimetrics:  
<https://www.arimetrics.com/glosario-digital/moodle>
- Astuñaupa Balvin, V. T. (2017). *Metrología Formación en Ingeniería eléctrica*. Bogotá.
- Behavior, Q. (s.f.). *feynmalectures*. Obtenido de feynmalectures:  
[https://www.feynmanlectures.caltech.edu/III\\_01.html](https://www.feynmanlectures.caltech.edu/III_01.html)
- BID. (2019). Tecnologías cuánticas. *Banco interamericano de desarrollo*, 97.
- Calidad, I. D. (s.f.). *Indical*. Obtenido de indicial: <https://indocal.gob.do/areas-tecnicas/metrologia/organismos-de-metrologia/>
- Colombiano, M. d. (s.f.). *mineducacion*. Obtenido de mineducacion:  
<https://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-printer-184681.html>
- Comunicawed. (s.f.). *caomunica wed*. Obtenido de comunica web: <https://comunica-web.com/blog/marketing-digital/que-es-google-sites-cuales-son-sus-4-ventajas/>
- Curiosamente. (s.f.). *Curiosamente*. Obtenido de curiosamente:  
<https://www.curiosamente.com/videos/que-es-la-mecanica-cuantica>
- Desarrollo, B. I. (2019). Metrología 4.0. *BID*, 57.
- Educación, m. d. (s.f.). *mineducacion*. Obtenido de  
<https://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-printer-184681.html>:  
<https://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-printer-184681.html>
- EpcEnergy. (s.f.). Smart Grid. *Epc*, 32.
- Gutiérrez Paúcar, A. A. (s.f.). *Propuesta de un Plan Curricular Globalizado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería*. Bogotá.
- m3i. (2019). la metrología también existe. *m3i*, 120.
- Medir, C. d. (2019). *Historia de la metrología*. Argentina: cifepem.
- OMPI. (s.f.). *wipo*. Obtenido de wipo: <https://www.wipo.int/copyright/es/>
- Onac. (S.F.). Estatutos Del Organismo Nacional De Acreditación De Colombia. *Estatutos Onac*, 19.
- Pamplona, U. d. (s.f.). *Universidad de Pamplona*. Obtenido de universidad de pamplona:  
[https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_1/recursos/corporativo/15022011/descargas\\_unipamplona.jsp](https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_1/recursos/corporativo/15022011/descargas_unipamplona.jsp)

PTB. (2017). Calidad para el desarrollo sostenible en América latina y el caribe. *PTB*, 40.

PTB. (2017). Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad. *PTB*, 31.

Ramos Azcuy, F. J. (2021). *Evaluación del servicio de formación virtual en la Cátedra de Calidad, Metrología y Normalización*. Cofin Habana.

S.A.S, E. e. (s.f.). *especialistasenmetrologia*. Obtenido de especialistasenmetrologia: <https://www.especialistasenmetrologia.com/metrologia-en-colombia.html>

SICAL. (s.f.). *Subsistema nacional de la calidad*. Obtenido de Subsistema nacional de la calidad: <https://sical.gov.co/index.php/conocenos/>

Superintendencia, I. y. (s.f.). *SIC*. Obtenido de SIC: <https://www.sic.gov.co/Que-mide-la-metrologia-en-Colombia>

*apmp.org*. (2013, 7 abril). AMPM. <https://www.apmp.org/page/AccreditationProgram>

*BIPM Bureau international Logo Vector (SVG, PDF, Ai, EPS, CDR) Free Download - Legowik.com*. (2019, 26 agosto). BIPM. <https://logowik.com/bipm-bureau-international-vector-logo-3174.html>

*Botón*. (2019, 10 octubre). [Ilustración]. <https://google.com>

ColombiaMide. (2020) *Instituciones*. <https://colombiamide.inm.gov.co/colombiamide/quienes-somos/instituciones/>

COOMET. (2021, 1 enero). Coomet. <http://www.coomet.org/>

EURAMET - European Association of National Metrology Institutes. (2021, 17 marzo). *Homepage*. EURAMET. <https://www.euramet.org/>

*La importancia de las energías renovables | ACCIONA | BUSINESS AS UNUSUAL*. (2019). Accion. <https://www.accion.com/es/energias-renovables/>

Metrología 4.0. (2019). *Banco Interamericano de Desarrollo*, 20–57. *La metrología también existe* (1 ed.). (2019). m3i.

*moodle*. (2016, 9 septiembre). [Ilustración]. <https://moodle.org/?lang=es>

*oiml ceems logo — English*. (2021, 8 julio). Oiml. <https://www.oiml.org/en/ressources/oiml-ceems-logo.png/view>

*SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA | Revista de Acuerdo*. (2018, 15 enero). De acuerdo. Recuperado 17 de noviembre de 2021, de <https://www.revistadeacuerdo.org/sistema-interamericano-de-metrologia/>

Tecnologías cuánticas. (2019). *Banco interamericano de desarrollo*. Published.

*Thinkable*. (2020, 29 febrero). [Ilustración]. <https://thinkable.com/4055>, N. (s.f.). Norma técnica Colombiana .

Acosta, A. G. (Diciembre de 2010). *Sistema Mel*. Obtenido de Sistema Mel: <https://sites.google.com/site/metrologiaup/>

Appandwed. (24 de junio de 2020). w. Obtenido de w:  
<https://www.appandweb.es/blog/funcionalidades-debe-tener-app/>

arquitectura, I. y. (16 de febrero de 2021). <https://postgradoingenieria.com>. Obtenido de <https://postgradoingenieria.com>: <https://postgradoingenieria.com/que-es-arquitectura-minimalista/>

Azcuy, R. (2021). Evaluación del servicio de formación virtual en la Cátedra de Calidad, Metrología y Normalización.

Balvin, A. (2017). La enseñanza de metrología eléctrica, en la formación Especializada de Ingenieros eléctricos Universidad Nacional .

Colombiana, N. t. (s.f.). Norma tecnica Colombiana 10012.

colombiana, N. t. (s.f.). Norma tecnica Colombiana 4288.

libre, M. (7 de 12 de 2021). [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-515317541-mediciones-e-instrumentacion-metrologia-modelamiento-sen-\\_JM#position=1&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=8dd6c39c-b126-479f-978b-c47f6343f145](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-515317541-mediciones-e-instrumentacion-metrologia-modelamiento-sen-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=8dd6c39c-b126-479f-978b-c47f6343f145). Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-515317541-mediciones-e-instrumentacion-metrologia-modelamiento-sen-\\_JM#position=1&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=8dd6c39c-b126-479f-978b-c47f6343f145](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-515317541-mediciones-e-instrumentacion-metrologia-modelamiento-sen-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=8dd6c39c-b126-479f-978b-c47f6343f145).

mundial, P. (diciembre de 2021). <https://preciosmundi.com/colombia/precio-transporte-servicios>. Obtenido de <https://preciosmundi.com/colombia/precio-transporte-servicios>.

Pamplona, U. d. (2019). Reglamento académico .

Pamplona, U. d. (2020). proyecto educativo institucional de Pamplona .

Pamplona, U. d. (2021). Plan de desarrollo 2021-2030.

Paucar, G. (2020). Propuesta de un plan curricular globalizado de la carrera de ingeniería eléctrica en la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica de la universidad nacional de ingeniería.

Sical. (2020). *¿Qué mide la metrología en Colombia?* bogota.

Javeriana. (21 de abril de 2021). *Pesquisa Javeriana* . Obtenido de Pesquisa Javeriana : <https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/correos-y-memes-asi-estarias-contaminando-en-internet-sin-darte-cuenta/>