

“Conceptos de Metrología de Física y Química en Ingeniería Industrial aplicados en un laboratorio de calibraciones universitario”

"Concepts of Physics and Chemistry Metrology in Industrial Engineering applied in a university calibration laboratory."

Presentación: 29/06/2022

Gon, Fabián Rodolfo (Autor 1)^a; Greco Oscar (Autor 2)^b; Agosta Rodrigo (Autor3)^c
Fain Aylén (Autor 4)^d

a,b,c,d Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe.
fgon@frsf.utn.edu.ar;ogreco@frsf.utn.edu.ar;ragosta@frsf.utn.edu.ar; afain@frsf.utn.edu.ar

Resumen

Los laboratorios universitarios están afectados por diferentes factores que inciden negativamente en sus actividades. Uno de los más relevantes y en el cual hemos puesto nuestro interés es la formación de los recursos humanos y la permanencia de los mismos.

Este trabajo desarrollado por docentes de Física y Química en la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional, vincula conceptos teóricos prácticos de Metrología transversales a Física y Química con actividades experimentales en un laboratorio de calibraciones.

Los resultados de la investigación constituyen, un aporte significativo para la comprensión de los conceptos de Metrología y su aplicación. En una dimensión aplicada, este trabajo generó recomendaciones, instrumentos e instancias de formación, que tienen la potencialidad de impactar rápidamente en las aulas. Además, la tarea emprendida generó nuevos interrogantes, abriendo nuevas líneas de investigación.

Palabras clave: Metrología, Física, Química, laboratorio universitario.

Abstract

University laboratories are affected by different factors that influence their activities negatively. One of the most relevant and in which we have put our interest is the training of human resources and their permanence.

This work developed by professors of Physics and Chemistry at the Santa Fe Regional Faculty of the National Technological University, links theoretical and practical concepts of Metrology transversal to Physics and Chemistry with experimental activities in a calibration laboratory.

The results of the research constitute a significant contribution to the understanding of the concepts of Metrology and its application. In an applied dimension, this work generated recommendations, instruments and instances of training, which have the potential to quickly impact the classrooms. In addition, the task undertaken generated new questions, opening new lines of research.

Key Words: Metrology, Physics, Chemistry, university laboratory.

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes factores que inciden negativamente sobre las actividades de los laboratorios universitarios, dentro de las mismas se encuentran las competencias de los laboratorios privados, los recursos limitados para renovar equipamientos, los altos costos de acreditación de los organismos de referencia, la formación de los recursos humanos y la permanencia de estos.

Este trabajo se desarrolla teniendo en cuenta los saberes de Metrología adquiridos en Física y Química en el 1° nivel de la carrera de Ingeniería Industrial y que luego son implementados por los estudiantes en un laboratorio de calibraciones.

El laboratorio universitario “Calibra Uno” (UTN-FRSF, 2022a) en el que se realiza el análisis, pertenece a la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional (FRSF-UTN) el cual es uno de los laboratorios acreditados por el Organismo Argentino de Acreditación LC 032 (OAA, 2022) y los estudiantes que se incorporan como becarios a él lo hacen en el 3° y 4° nivel del cursado de la carrera de Ingeniería Industrial.

El laboratorio tiene una trayectoria de más de 14 años en el medio y se especializa fundamentalmente en la calibración de los equipos de los talleres de Revisión Técnica Vehicular, además de llaves de torque, calibres pie de rey, micrómetros, entre otros instrumentos.

Los docentes de Física y Química que participaron en esta investigación, tienen además una amplia experiencia en la gestión de calidad dentro de este laboratorio, lo que permite integrar los saberes de estas temáticas en cuestión.

Con la dinamización del comercio a nivel mundial, la Metrología adquiere mayor importancia y se pone más énfasis en la relación que existe entre ella y la calidad, entre las mediciones y el control de la calidad.

La Metrología es el núcleo central básico que permite el ordenamiento de estas funciones y su operación coherente las ordena con el objetivo final de mejorar y garantizar la calidad de productos y servicios. Esta además unifica la forma de medir que establece la armonización de las mediciones en el campo de las Ciencias Básicas, como Física y Química, como en las Aplicadas, por ejemplo, la Medicina, la Bioquímica, la Ingeniería, y la Economía. Es relevante en el mundo de los negocios y transacciones comerciales y en el control y gestión dentro del campo de la Ingeniería en Calidad.

En el desarrollo de la carrera de Ingeniería Industrial se estudian temas como errores de medición, cifras significativas, precisión, exactitud, que permiten a los estudiantes conocer e identificar la importancia del impacto que tiene la Metrología en la ciencia, sociedad y la economía.

Durante la formación teórica recibida en el ciclo básico, los estudiantes tienen pocas oportunidades para desarrollar aquellas competencias asociadas con la puesta en práctica de los nuevos saberes adquiridos.

“El Vocabulario internacional de Metrología (VIM) proporciona un conjunto de definiciones y de términos asociados, para un sistema de conceptos fundamentales y generales utilizados en Metrología, así como diagramas conceptuales que representan sus relaciones. En muchas de las definiciones se da información complementaria por medio de ejemplos y notas. Este Vocabulario pretende ser una referencia común para científicos, ingenieros, físicos, químicos, médicos, biólogos, así como para profesores, estudiantes, implicados en la planificación o realización de mediciones, cualquiera que sea el campo de aplicación y el nivel de incertidumbre de la medida. Pretende también ser una referencia para organismos gubernamentales e intergubernamentales, asociaciones empresariales, comités de acreditación, entidades reguladoras y asociaciones profesionales.” (Centro Español de Metrología, 2012)

“Las definiciones dadas y las terminologías que se ponen de manifiesto en el VIM son las que corresponden con las reglas terminológicas expuestas en las normas ISO 704, ISO 1087-1 E ISO 10241.” (Centro Español de Metrología, 2012, pág. 11)

Si hablamos de Metrología no podemos dejar de vincularlo con el sistema internacional de medidas (Oficina Internacional de Pesas y Medidas, 2006) y con el VIM.

Existen una serie de errores más frecuentes que se presentan a la hora de enseñar o al utilizar el sistema internacional de medidas según lo establece el Centro de Metrología Español (CEM) y “...los podemos dividir en tres grandes grupos: a) de concepto, en relación a los conceptos de medición e incertidumbre de medida y b) al vocabulario metrológico y c) en relación a la escritura,” los cuales desarrollamos brevemente a continuación.

“a) De concepto: nos referimos de este modo dado que frecuentemente se tratan de manera inadecuada los siguientes aspectos:

a.1. El SI no es “uno”, aunque principal y preferible, de los sistemas de unidades posibles. Es “el” sistema internacionalmente adoptado, el utilizado en la práctica científica y el único de uso legal en la Unión Europea y en numerosos países.

a.2. Con frecuencia se utilizan unidades que no pertenecen al SI y cuyo uso no está autorizado por éste. Cuando se utilizan para ejercitar a los estudiantes en la conversión de unidades es recomendable insistir en los enunciados en que se trata de unidades obsoletas y que no deben utilizarse en la práctica científica y profesional.

a.3. Cuando se empleen unidades no pertenecientes al SI, pero cuyo uso está autorizado por éste, se debe indicar siempre su equivalencia en unidades SI. Cuando el uso de las unidades se autoriza solo para ciertos campos, debe restringirse su utilización a lo estrictamente autorizado.

a.4. En ocasiones se utilizan definiciones obsoletas de las unidades SI. Siempre debe utilizarse la última edición del SI publicada por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas.

a.5. En ocasiones se ha observado la referencia a “unidades suplementarias”. Estas unidades han sido suprimidas en el SI e integradas con las derivadas.

a.6. Es frecuente referirse a las unidades SI sin incluir sus múltiplos y submúltiplos. Los múltiplos y submúltiplos también pertenecen al SI.

b) En relación a los conceptos de medición e incertidumbre de medida y al vocabulario metrológico:

b.1. Generalmente no se menciona el concepto de incertidumbre de medida. Los textos se limitan a definir los distintos tipos de errores. Estas definiciones, a veces, no son rigurosas ni se corresponden con lo recogido en el VIM o en la guía para estimar la incertidumbre de Medida (GUM) (Oficina Internacional de Pesas y Medidas, 2009). Es habitual confundir “error absoluto” (que puede tener signo positivo o negativo) con el “valor absoluto del error”, e incluso con el error sistemático.

b.2. Es habitual manejar de manera errónea los conceptos de precisión y exactitud.

b.3. Muchas veces se utilizan definiciones y conceptos que no se corresponden con los que figuran en el VIM.

c) En relación a las reglas de escritura podemos indicar:

c.1. No siempre se expresan adecuadamente unidades o prefijos, utilizando indebidamente mayúsculas o minúsculas. Lo mismo ocurre con el uso de los caracteres rectos y de las cursivas, lo que lleva a confusión entre magnitudes y unidades.

c.2. Es muy frecuente el uso del punto como separador de miles; en su lugar debe utilizarse un espacio...” (Centro Español de Metrología, 2013, págs. 25-26)

En los últimos años se ha detectado, como consecuencia del trabajo que realizan los autores en el laboratorio universitario “Calibra uno”, que los estudiantes de las carreras de Ingeniería Industrial de la FRSF-UTN presentan una escasa comprensión de los conceptos de Metrología y no los aplican adecuadamente.

La falta de una adecuada comprensión de los conceptos básicos de Metrología está muy asociada con el escaso conocimientos adquiridos sobre el tema en las asignaturas de Física y Química, por lo tanto, existen dificultades en el proceso enseñanza-aprendizaje y su aplicación por ejemplo en el laboratorio.

Se manifiesta que la diferencia entre lo que se enseña y lo que se aprende es mucho mayor de lo que los profesores tienen conciencia, dado que los conocimientos adquiridos tienen su aplicación en un tiempo y espacio diferente y por ende estos no pueden evaluar adecuadamente el impacto generado.

Frecuentemente se ignora que los estudiantes poseen experiencias previas del mundo real y que estas experiencias las tienen organizadas de una forma particular que les permite explicar, a su modo, los hechos reales.

DESARROLLO

I. Metodología

Al comenzar con esta investigación nos planteamos los siguientes interrogantes como disparadores para el análisis y estudio establecido:

¿Los alumnos aplican los conceptos de Metrología en las experiencias de laboratorio durante los primeros años del ciclo básico?; ¿Cómo docentes les solicitamos que expresen las experiencias de laboratorio en función de los conceptos de Metrología?; ¿Poseen los conocimientos y comprensión de los conceptos básicos y términos de Metrología para poder aplicar los conceptos de la teoría de errores?; ¿Al tener la posibilidad de participar en un laboratorio de la facultad, tienen los conocimientos suficientes para poder desempeñarse?; ¿La formación adquirida durante su estancia en el laboratorio le facilitó luego incorporarse a la actividad privada en otro laboratorio similar?

La presente investigación analiza tres aspectos diferentes pero que están estrechamente vinculados:

a) Los conceptos de Metrología en los contenidos curriculares de las asignaturas Física y Química y de todas las asignaturas que tienen alguna relación con la temática en cuestión. Analizando en cada una todos los contenidos establecidos en el programa curricular de las asignaturas y su relación con la Metrología.

b) Las experiencias de laboratorios o trabajos prácticos (TP) de Física y Química con aplicaciones de los conceptos de Metrología. Se tomaron en cuenta las guías de los trabajos prácticos en donde se aplican estos conceptos metrológicos y los informes realizados por los alumnos y la correcta utilización del vocabulario acorde.

c) Las experiencias previas y posteriores de los becarios integrantes del laboratorio “Calibra Uno”. Por medio de una encuesta se analizaron diferentes aspectos que vinculan los saberes adquiridos en el transcurso del Ciclo Básico, en Física y Química y su aplicación en el laboratorio

II. Implementación

Primer análisis.

Consideramos como punto de partida el análisis de los contenidos correspondientes a Metrología del programa de Física y Química que se imparte en el ciclo básico de la carrera de Ingeniería Industrial de la FRSF-UTN. Para ello se tomaron en primera instancia los contenidos curriculares de Física y Química y se analizaron unidad por unidad.

Lo cual nos permitió observar que solamente en la asignatura de Física en la unidad N°1 se establecen conceptos de Metrología que se desarrollan en unas 7,5 horas reloj. Los contenidos respectivos de esta unidad están integrados por:

“Unidad N°1: La Física como ciencia fáctica. Cantidades físicas “Ciencias formales y ciencias fácticas. Magnitudes Físicas. Patrones y unidades. Medidas directas e indirectas. Ecuación de dimensiones. Sistemas de unidades. Errores de medición. Error absoluto, relativo y porcentual. Errores sistemáticos y accidentales. Propagación de errores. Notación científica, órdenes de magnitud. Cifras exactas, cifras significativas.” (UDB Física, UTN-FRSF, 2022a)

Como podemos observar en el caso de la asignatura Física los contenidos son escasos y no contemplan algunos aspectos relevantes como ser las definiciones según el VIM, de conceptos como magnitud, medición, patrón, trazabilidad, mensurando, incertidumbre, entre otros.

En la asignatura Química al analizar sus contenidos curriculares podemos observar que no se desarrollan prácticamente ningún concepto de Metrología dado que se consideran que esos conceptos fueron desarrollados en Física, pero no obstante se habla de “incertidumbre al medir” sin emplear o definir ningún otro concepto metrológico.

“Unidad N°1: Introducción: metodología científica y análisis de los sistemas materiales. Clasificación de la materia. Sustancia y mezclas elementos y compuestos. Estados de la materia, propiedades físicas y químicas de la materia. Separación de mezclas. Mediciones y unidades. Incertidumbre al medir. Análisis dimensional.” (UTN-FRSF, 2022b)

Luego se estudiaron las diferentes asignaturas del programa curricular de Ingeniería Industrial, que guardan alguna relación con la Metrología como son las asignaturas afines con la gestión de la calidad ya sean del programa regular o asignaturas electivas.

En la asignatura electiva “ISO 17025 (Aspectos Técnicos Metrológicos)”, que los estudiantes la pueden cursar como electiva en el 4° o 5° nivel de la carrera podemos observar el tratamiento de conceptos metrológicos con una profundidad adecuada en las unidades N°2, N°4, N°5 y N°6.

“La Unidad N° 2: Metrología. Introduce al alumno en la Metrología que servirá como base para la resolución de la problemática de la materia: Conceptos metrológicos básicos: clasificación de las mediciones, errores e incertidumbres, clasificación de los errores, incertidumbre y errores en instrumentos calibrados.

La Unidad N° 4: Evaluación de la incertidumbre, ayudará al alumno a evaluar el entorno incierto de una calibración. Ensayo: identificación de las fuentes, evaluación numérica de cada fuente, combinación de las incertidumbres, incertidumbre expandida.

La Unidad N° 5: Fuentes típicas de incertidumbre. Dispersión de las observaciones, incertidumbre del patrón, resolución y apreciación, aritmética de precisión finita, condiciones ambientales, histéresis en el instrumento de medición.

La Unidad N° 6: Incertidumbre en las mediciones indirectas”. Variables de entrada obtenidas por determinación única de una serie de lecturas. Situaciones de correlación despreciable. Covariancia, coeficiente de correlación. Incertidumbre combinada en variables correlacionadas, método simplificado de cálculo para datos obtenidos en grupo.” (UTN-FRSF, 2022c)

En esta asignatura encontramos un tratamiento más profundo y detallado de los aspectos metrológicos de referencia, pero esto se da en una asignatura electiva que los estudiantes comienzan a cursar en el 4° y/o 5° nivel de la carrera en función de las correlatividades que le permiten hacerlo. Esto es posterior al período de ingreso de los becarios al laboratorio de calibraciones dado que los estudiantes ingresan como becarios en el 3° o en el 4° nivel.

Otras de las asignaturas consideradas en este análisis fue “Ingeniería en Calidad” la cual corresponde al 5° nivel de la carrera, pero no da tratamiento a los conceptos metrológicos que estamos considerando en este estudio. Se centra fundamentalmente en los siguientes temas como contenidos mínimos desde un aspecto más vinculado con la gestión: *“Calidad, responsabilidad social y desarrollo sostenible, modelos de calidad y excelencia, enfoque en mercados, clientes y/o usuarios, sistema de gestión de la calidad. norma ISO 9001, mejora continua e innovación, gestión de la información. herramientas de la calidad, planes de inspección por lotes, control estadístico de procesos, capacidad de procesos, análisis de sistemas de medición, planificación de la calidad, evaluación de riesgos, costos de la calidad, gestión del conocimiento, aprendizaje y benchmarking.”*

Segundo análisis

En esta etapa los aspectos evaluados fueron la revisión de los contenidos solicitados en los informes de los TP o experiencias de laboratorio y la utilización en los mismos de los conceptos de Metrología que estamos evaluando en este trabajo.

Al analizar los TP de Física del 1° nivel se pueden observar que fundamentalmente se tienen en cuenta algunos aspectos más vinculados con la teoría de errores, que los correspondientes al vocabulario y los conceptos de Metrología en que basamos este estudio.

El primer TP de la asignatura Física que se denomina “Metrología” tiene como aspectos fundamentales: realizar una serie de mediciones que permitan al alumno avanzar en el conocimiento de los instrumentos elementales de medición, comprender el principio de funcionamiento de los mismos y utilizarlos correctamente en la determinación de una magnitud física, comprobar la propagación de errores, introducir al alumno en la aplicación de la teoría estadística. (UDB Física, UTN-FRSF, 2022b)

En la guía del TP “Metrología” de Física, no se emplean definiciones establecidas en el VIM y carece en todo su contenido de la aplicación de los conceptos fundamentales de Metrología, ni se establece un glosario de términos al final del mismo.

En lo que respecta a los TP de Química, se analizaron los siete que se realizan en el primer nivel y que hacen referencia a los temas de: densidad de sólidos, separación de fases, preparación de una solución, precipitación y filtración, cinemática química, PH y volumetría de neutralización. No se observó en ninguno de ellos la aplicación de los conceptos de Metrología, ni el uso de la terminología correspondiente, solamente en el TP N°1 se habla de error porcentual aisladamente.

Tercer análisis:

Los autores diseñaron y aplicaron una encuesta a los estudiantes que han participado como becarios en el laboratorio de calibraciones Calibra Uno.

En dicha encuesta que tenía un total de 26 preguntas se consideró como la población de estudio a todos los estudiantes becarios que han participado y participan actualmente en el laboratorio.

Las preguntas en su mayoría eran en la modalidad cerrada y solamente cuatro de ellas eran abiertas y le permitían a los encuestados hacer algún comentario.

El elemento de análisis se realizó empleando la plataforma “Office Microsoft Forms”, dado que se contaba en el laboratorio con una base de datos con información de todos los becarios.

Se indagaron a los encuestados concentrando las preguntas sobre tres pilares bien definidos: a) conocimientos adquiridos de Metrología en el ciclo básico de la carrera, b) conocimientos adquiridos durante su desempeño en el laboratorio, c) experiencia y desempeño laboral posterior al laboratorio.

El objetivo de la encuesta fue recabar información acerca de si los conceptos de Metrología dados en las asignaturas de Física y Química de las carreras de grado de la FRSF-UTN son suficientes para su posterior y correcta aplicación en los laboratorios afines.

Entre las principales preguntas realizadas se pueden destacar:

¿Recibió formación en los conceptos de errores, cifras significativas en las asignaturas de Física y Química?; ¿Tenía conocimiento en el ciclo básico de la carrera de ingeniería sobre conceptos metrológicos como incertidumbre, trazabilidad, error?; ¿Participó en actividades prácticas de laboratorio en Física y Química, empleando conceptos de Metrología?; ¿Cuándo realizó los trabajos prácticos en los laboratorios de Física y Química relacionó los conceptos teóricos de Metrología con los datos obtenidos en la experiencia?. En los informes de trabajos prácticos realizados, donde hubiese medido alguna magnitud o trabajado con formulaciones químicas utilizando mediciones, ¿Se le exigió expresar la incertidumbre o error de mediciones en los resultados?; ¿Aplicó en el laboratorio de la FRSF-UTN (laboratorios de extensión) los conocimientos adquiridos en Metrología, Física y Química?; ¿Los conceptos adquiridos en el ciclo básico de Metrología, Física y Química fueron suficientes para poder desempeñarse en un laboratorio?; ¿Cuáles han sido las asignaturas (en el estudio de grado) que le aportaron la mayor cantidad de conocimientos Metrológicos?; ¿En el transcurso de los primeros tres meses en el desempeño de sus actividades en el laboratorio, los conocimientos que poseía de Metrológica le fueron suficientes?; ¿Cuál es su valoración de los resultados que obtuvo en su desempeño en el Laboratorio de Calibraciones?; ¿Al finalizar su actividad en el laboratorio de calibraciones, siguió trabajando en gestión de la calidad?; ¿Los conocimientos adquiridos en el laboratorio le han sido útiles en su desempeño laboral posterior?; ¿Qué estima usted que debería cambiar en cuanto a la Gestión de los recursos humanos en el laboratorio?...

El porcentaje de respuesta se consideró satisfactorio, sobre una población de 45 encuestado, 24 hicieron una devolución es decir una cifra superior al 53%. Esto permitió obtener aspectos considerados relevantes en la formación disciplinar del ingeniero industrial como los que se detallan a continuación.

Específicamente en los conceptos de errores y cifras significativas el 92% (ver Figura 1) consideró que recibió los contenidos necesarios, no así en lo que respecta a conceptos metroológicos como incertidumbre, trazabilidad, errores ya que el porcentaje se vio disminuido de manera significativa a un 42% (ver Figura 2), indicativo relevante que nos invita a reforzarlos. Estos conceptos son utilizados en los laboratorios de extensión de los cuales los encuestados son o han sido miembros activos, sin embargo, según se observó el 71% (ver Figura 3) de estos los consideraron insuficientes a la hora de desempeñarse en los laboratorios, por lo que debieron ampliar sus conocimientos en el transcurso de los primeros meses.

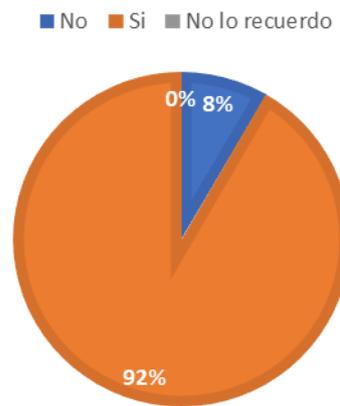


Figura 1: Formación en los conceptos de errores y cifras significativas.

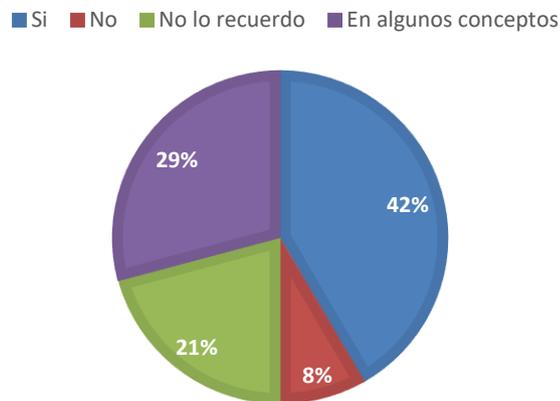


Figura 2: Formación en conceptos metroológicos

■ Si ■ No ■ Necesite adquirir mas conocimientos

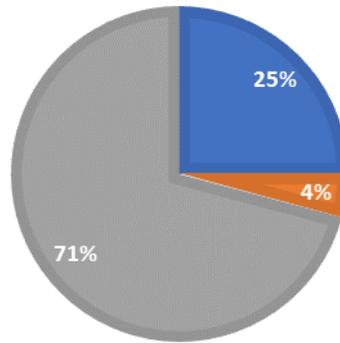


Figura 3: Uso de los conceptos en laboratorios.

Cuando se les preguntó si habían participado en actividades prácticas de laboratorio en las asignaturas de Física y Química, empleando conceptos de Metrología el 67% (ver Figura 4) respondió afirmativamente y el porcentaje restante dijo que “no” o que “no lo recordaba”. No obstante, un 46% (ver Figura 5) comparte que relacionaron los resultados obtenidos en el TP con los conceptos de Metrología y otro 54% no o no lo recuerda. Solamente un 29 % (ver Figura 6) manifiesta que en alguna actividad práctica se le solícito expresar la incertidumbre.

■ No ■ Si ■ No lo recuerdo

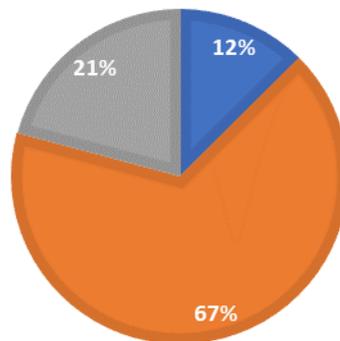


Figura 4: TP de laboratorio empleando conceptos de Metrología.

■ Si ■ No ■ No lo recuerdo

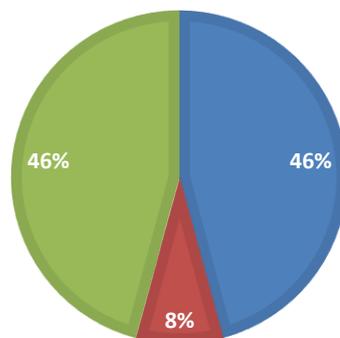


Figura 5: Relación de conceptos con datos obtenidos.

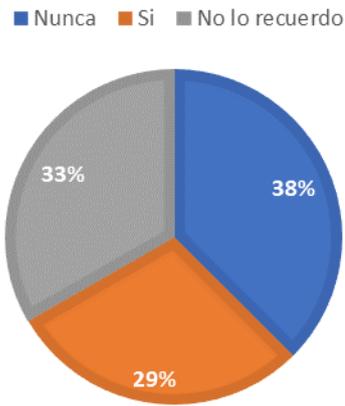


Figura 6: Uso de incertidumbre o error en los TP.

En lo que respecta a los resultados obtenidos por los pasantes en el laboratorio aproximadamente el 75% (ver Figura 7) valoró los conocimientos y afirmó que le han sido de utilidad en su experiencia laboral y para su posterior desempeño. El 65% (ver Figura 8) de ellos en la actualidad se desempeña en la actividad privada, un 17% en el estado y el 13% en ambas empresas.

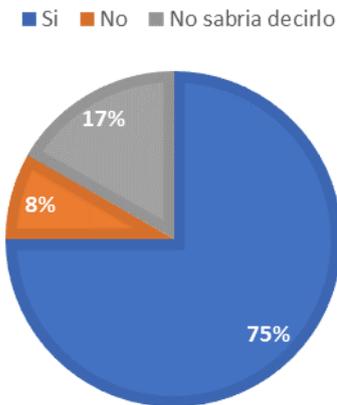


Figura 7: Utilidad en el campo laboral.

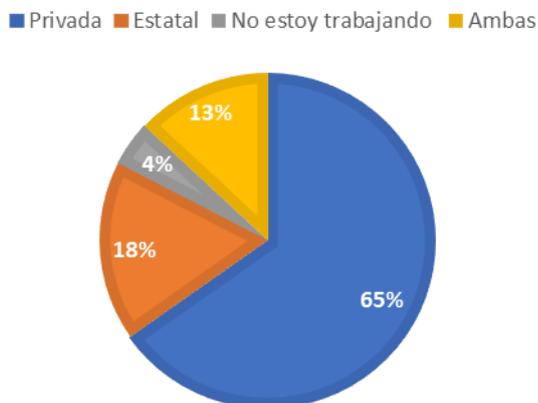


Figura 8: tipo de actividad laboral.

Se lograron recabar otros datos muy importantes que pueden resultar de utilidad para continuar con otra investigación en referencia a la aplicación de los conceptos de metrología en los TP de Física del 2° nivel, al perfil del becario que ingresa al laboratorio, el período de duración dentro del mismo y la transferencia de conocimientos al medio una vez que estos dejan de desempeñarse en el laboratorio.

CONCLUSIONES

En lo que respecta a la primera línea de análisis, de lo expuesto surge que existe un período en donde los conocimientos de Metrología si no son adquiridos en el ciclo básico de su formación, los estudiantes tomarán contactos con ellos si cursan la asignatura electiva “ISO 17025 (Aspectos Técnicos Metrológicos)”, razón por la cual es necesario el afianzamiento de estos contenidos en la primera etapa de su formación y previa al ingreso al laboratorio.

En la segunda línea de análisis se detectó que los trabajos prácticos realizados tanto en Física como en Química, requieren de la implementación de una revisión de los mismos e incorporar un glosario de términos metrológicos que vayan introduciendo a los alumnos poco a poco en la terminología adecuada para la formación del Ingeniero Industrial. De esta manera los conocimientos adquiridos en el ciclo básico no serán recipientes estancos, se coordinarán los temas entre asignaturas para evitar superposiciones o repeticiones y se vincularán con el resto de los contenidos de las asignaturas del nivel superior.

Finalmente teniendo en cuenta el tercer análisis considerando la opinión de los becarios que han participado en el laboratorio, se puede concluir que los mismos coinciden en la necesidad de incorporar dichos conceptos metrológicos en tiempo y forma para poder mejorar su desempeño laboral dentro del laboratorio y para lograr un ordenamiento más adecuado de sus saberes.

El saber hacer de los futuros ingenieros es el resultado de una compleja estructura de conocimientos, habilidades y destrezas que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje y en la medida que optimicemos esos procesos los logros obtenidos serán los esperados.

La actividad docente realizada tendió hacia una integración interdisciplinaria en la que los conceptos, referencias teóricas, estrategias didácticas y demás aspectos que intervienen en el proceso, se organizaron en estructuras conceptuales y metodológicas compartidas por varias disciplinas.

La función docente en este caso se sintetiza de tal forma que el estudiante es el principal actor, buscando en este caso como resultado final un estudiante con una formación sólida en las asignaturas básicas del 1° nivel que le permitan a posteriori una construcción más consistente de sus conocimientos.

REFERENCIAS

- Centro Español de Metrología. (2012). Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM). Recuperado el 29 de 06 de 2022, de https://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web_0.pdf
- Centro Español de Metrología. (2013). *Recomendaciones del centro español de metrología para la enseñanza y utilización del sistema internacional de unidades de medida*. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Obtenido de https://www.cem.es/sites/default/files/2021-01/recomendaciones_cem_ensenanza_metrologia.pdf
- OAA. (2022). *Entidades Acreditadas*. Obtenido de <https://oaa.org.ar/buscador/entidades-acreditadas/>
- Oficina Internacional de Pesas y Medidas. (2006). *Sistema Internacional de Unidades (SI)* (8va. ed.). Obtenido de <https://www.cem.es/sites/default/files/2021-01/SistemaInternacionalUnidades.pdf>
- Oficina Internacional de Pesas y Medidas. (2009). *Guía para la expresión de la Incertidumbre de las Mediciones NMX-CH-140-IMNC-2002., BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAP, IUPAC, OIML* (3ra ed.). Centro Español de Metrología. Obtenido de <https://www.cem.es/sites/default/files/gum20digital1202010.pdf>
- UDB Física, UTN-FRSF. (2022a). *Programa curriculares de Física I, FRSF-UTN Res CD 412/13 Anexo IIA planificación de cátedra año 2022*. Santa Fe, Santa Fe, Argentina. Obtenido de https://frsfutneduar-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/fgon_frsf_utn_edu_ar/EW3IHeiTTRDs2pIdpcKldIBMpbSjNrTgY4TiLPcGMPwZw?e=0h5eWB
- UDB Física, UTN-FRSF. (2022b). *TP N°1 Metrología FRSF-UTN versión 2014, Res CD 412/13 Anexo IIA planificación de cátedra, año 2022*. Obtenido de https://frsfutneduar-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/fgon_frsf_utn_edu_ar/EW3IHeiTTRDs2pIdpcKldIBMpbSjNrTgY4TiLPcGMPwZw?e=0h5eWB
- UTN-FRSF. (2022a). *Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe*. Obtenido de <https://www.frsf.utn.edu.ar/investigacion-y-vinculacion/investigacion-y-vinculacion/laboratorios/calibra-1>

UTN-FRSF. (2022b). *Programa curriculares de Química FRSF-UTN Res CD 412/13 Anexo IIA planificación de cátedra*. Obtenido de https://frsfutneduar-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/fgon_frsf_utn_edu_ar/Ee3SPpF5odJOrhYrpHTthtoBoG7AOBA4peoXkikXxHPxIQ?e=habA9P

UTN-FRSF. (2022c). *Programa curricular de “ISO 17025 (Aspectos Técnicos Metrológicos)”*, FRSF-UTN Res CD 412/13 Anexo IIA planificación de cátedra, año 2022. Obtenido de https://frsfutneduar-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/fgon_frsf_utn_edu_ar/EaGoUtwekydAoiqLiVXwl18BuRkn7uypijq8ZxeBD8XsZw?e=UO641F