



### Programa del Curso

Medición y tratamiento de datos experimentales Laboratorio IQ-0331

II Ciclo lectivo - 2019

#### 1. Información General

HORAS Teoría (2 horas) V: 13:00-14:50

SEMANALES: Laboratorio (4 h); K y M: 13:00 a 16:50 (001 y

002, respectivamente)

CRÉDITOS: 3

REQUISITOS: Física general III, Termodinámica I,

Probabilidad e inferencia estadística.

CORREQUISITOS: Ninguno

### 2. Descripción del curso

A través de este curso se busca que el o la estudiante adquiera las habilidades necesarias para:

- Utilizar diversos equipos e instrumentos de medición.
- Analizar estadísticamente la información obtenida.
- Reportar en forma oral y escrita los resultados.

## 3. Objetivos generales

- 1. Adquirir los conocimientos necesarios para la aplicación de métodos de medición de uso común en ingeniería.
- 2. Desarrollar en un nivel introductorio los métodos de tratamiento estadístico de datos.
- 3. Desarrollar en un nivel introductorio el diseño estadístico de experimentos.
- **4.** Aplicar las estructuras formales necesarias para establecer una correcta comunicación tanto oral como escrita.

### 4. Objetivos específicos

Al finalizar el curso, el o la estudiante deberá ser capaz de:

- a. Conocer y transmitir clara y concisamente la teoría y aspectos prácticos cubiertos en la teoría y práctica de laboratorio.
- **b.** Realizar mediciones que permitan mostrar las leyes y propiedades termodinámicas básicas.





- c. Rediseñar una medición específica para comparar dos alternativas experimentales.
- d. Analizar y correlacionar datos experimentales.
- e. Preparar informes escritos, los cuales deberán tener además de un análisis riguroso de la información, una buena redacción y organización, así como una adecuada presentación de gráficas y tablas.

#### 5. Información sobre acreditación

### 5.1. Contribución a los atributos del graduado

Atributo	Nivel
Base de conocimiento en ingeniería	N/A
Análisis de problemas	N/A
Investigación	N/A
Diseño	N/A
Uso de herramientas de ingeniería	N/A
Trabajo individual y grupal	I
Habilidades de comunicación	I
Profesionalismo	N/A
Impacto de la ingeniería en la sociedad	N/A
y el ambiente	
Ética y equidad	D
Economía y administración de proyectos	N/A
Aprendizaje para la vida	N/A

Código para el nivel de contenido: N/A = no aplicable; I = introductorio; D = en desarrollo; A = aplicado.

## 5.2. Desglose unidades de acreditación

CEAB Currículum	Ciencias en	Diseño en
Categoría de	Ingeniería	Ingeniería
contenido		
Porcentaje UA	75%	25%
Número de UA	41,2	13,7





## 6. Metodología

### 6.1. Clases magistrales

Se estudiarán temas relacionados con el manejo estadístico de datos, el diseño de experimentos (en particular la comparación entre dos alternativas), la metrología y la estimación de incertidumbres. Asimismo, se abordará temas relacionados con la elaboración de comunicaciones escritas como resultado del trabajo en el laboratorio. Además, se utilizará software estadístico para la resolución de problemas durante las clases teóricas y/o prácticas.

#### 6.2. Prácticas de laboratorio

Se realizarán al menos cuatro sesiones de laboratorio en las cuales se estudiarán fenómenos termodinámicos y sus aplicaciones en Ingeniería Química. Las cuatro sesiones se elegirán de acuerdo a las 5 opciones posibles de prácticas de laboratorio de acuerdo a la sección 11.2. Además, se ilustran aspectos relacionados con las mediciones, el tratamiento de datos experimentales y el diseño de experimentos.

El detalle de la metodología de trabajo en el laboratorio se detalla a continuación:

Categoría	Rubro	Descripción
Dronorodi	Dominio del fenómeno físico a estudiar	Debido a que los fenómenos físicos relacionados con los experimentos realizados en este curso han sido estudiados en otros cursos, se espera que el/la estudiante sea capaz de identificar y manipular los modelos que describen estos fenómenos, así como su fundamento teórico.
Preparaci ón para el trabajo en el laborator	Es responsabilidad del estudiante familiar con los equipos e instrumentos involucrado cada una de las prácticas de laboratorio. Se pueden coordinar visitas al labora con los respectivos encargados así la conscene con el profesor.	
io	Elementos de análisis de datos y diseño de experimentos	Cada una de las prácticas de laboratorio incorpora aspectos distintos relacionados con el tratamiento de datos experimentales y el diseño de experimentos. Estos temas serán estudiados en clase y se espera que sean incorporados en el trabajo previo del laboratorio. Algunos elementos





		que considerar son: tipos de variables, medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y gráficos para la presentación de datos entre otros.
	Manejo de reactivos, riesgos y residuos	En el Laboratorio de Ingeniería Química son válidas las mismas normas de seguridad aplicables a los laboratorios de ciencias básicas, y se espera que el/la estudiante se conduzca de acuerdo con esta formación. Los aspectos particulares de seguridad se indican en el Manual de Seguridad y se espera que el/la estudiante las interiorice e incorpore en su trabajo en el laboratorio.
	Participación	Las prácticas de laboratorio han sido diseñadas de forma que permitan la exploración de fenómenos físicos y químicos, así como la familiarización con instrumentación y equipo de laboratorio. Para que esto suceda, sin embargo, es indispensable que el/la estudiante se involucre de forma activa en el trabajo de su grupo de laboratorio demuestre (mediante preguntas, comentarios, uso de equipo, etc.) su participación.
	Distribución de	Se espera que el grupo de estudiantes coordine de
	carga de	forma equilibrada el trabajo en el laboratorio de
Trabajo	trabajo	forma que permita la participación de todos sus
en el	(grupal)	miembros sin recargar el trabajo sobre nadie.
laborator io	Habilidades interpersonales	Se espera que el/la estudiante trate con el debido respeto y cordialidad a las demás personas presentes en el laboratorio. Se espera además que sea capaz de comunicarse de forma efectiva durante el desarrollo de la práctica ya sea para dar o recibir instrucciones, advertir sobre peligros, corregir comportamientos indebidos, etc.
	Operación segura de equipos e instrumentos	El laboratorio es un entorno peligroso en todo momento y bajo cualquier circunstancia. Por tanto, se espera que el/la estudiante opere de forma responsable el equipo y la instrumentación involucrados en cada práctica.
Análisis Y comunicac ión de resultado s	Comunicación de las condiciones y limitaciones del experimento	Las condiciones bajo las cuales se realiza un experimento determinan su reproducibilidad y la validez de sus resultados. De igual forma conocer las limitaciones del experimento son esenciales para evaluar las conclusiones que puedan derivarse de éste. Por esto, se espera que el/la estudiante sea capaz de comunicar estos aspectos de forma escrita, clara y concisa. Algunos elementos de redacción científica útiles para este y otros rubros se verán en clase, sin embargo, el trabajo del estudiante y su





	asistencia a horas de consulta son de gran ayuda para el desarrollo de estas habilidades.
Uso del sustento teórico  Uso de herramientas de	El análisis de los resultados experimentales debe sustentarse siempre en la teoría disponible. Se espera que el/la estudiante utilice literatura reciente, relevante y específica para la Ingeniería Química para sustentar sus análisis.  Además del sustento teórico, el análisis de resultados debe apoyarse con el adecuado análisis
análisis de datos	de datos, dependiendo de la naturaleza de la práctica y de lo estudiado en clase.
Conclusiones	El objetivo de todo experimento es arribar a conclusiones válidas, sólidas y relevantes. Por esto se espera que el/la estudiante sea capaz de comunicar de forma clara, concisa y eficaz las conclusiones de su trabajo en el laboratorio.
Síntesis y redacción	Para cualquier comunicación escrita se espera que el/la estudiante produzca un texto claro, conciso y efectivo, que permita comunicar el mensaje siguiendo un estilo académico/científico propio de la ingeniería química.
Formato	Se espera que los reportes de laboratorio sean presentados según el Manual para la Presentación de Reportes e Informes de la Escuela de Ingeniería Química, según la modalidad indicada (informe o reporte).

El o la estudiante que, sin motivo de peso, al iniciar la práctica no demuestra suficiente conocimiento de esta o no cumpla con las normas de seguridad del laboratorio, podrá ser retirado del laboratorio y deberá reponer la práctica otro día.

Durante las prácticas, el o la estudiante deberá seguir los lineamientos establecidos en el manual de seguridad denominado "Sistema de gestión de seguridad y salud en el Laboratorio de Ingeniería Química". Cada estudiante debe leer dicho manual y aprobar el quiz de normas de laboratorio antes de iniciar con la primera práctica del primer bloque, de lo contrario no podrá realizar la práctica el día previsto y deberá reponerla en una fecha posterior. A esa fecha debe tener aprobado el quiz.

#### 6.3. Tareas y Quices

Adicionalmente se podrán asignar tareas relacionadas con los temas teóricos y/o prácticos del curso. Además, de quices con o sin previo aviso durante las horas de teoría o de laboratorio, de los





temas vistos anteriormente y/o de las prácticas de laboratorio realizadas.

#### 6.4. Reportes e informes

El/la estudiante deberá preparar un informe/reporte escrito por cada una de las prácticas de laboratorio. Los reportes e informes de cada práctica serán entregados una semana después de haber realizado el experimento para el caso de las prácticas del primer bloque y dos semanas después de haber iniciado el experimento para el caso de las prácticas del segundo bloque, y deberán ser presentados con el formato establecido en Manual para la elaboración de reportes e informes de laboratorio para Ingeniería Ouímica.

Los reportes o informes serán entregados en formato digital mediante la plataforma de Mediación Virtual a más tardar a las 23:50 horas del día de entrega.

Por cada día de retraso en la presentación del informe se rebajará 10 puntos en base a 100 de la calificación, hasta un máximo de cinco días naturales. Luego de esta fecha el informe tendrá calificación de 0. En caso de encontrar copia total o parcial de dos reportes, se calificarán con nota de cero y se procederá según el reglamento.

Los reportes e informes serán calificados según los rubros indicados en apartado 6.2 de este documento en la categoría "Análisis y comunicación de resultados" con una escala de 1 a 10 para cada rubro. Esta calificación aportará a la calificación global de la práctica de laboratorio según se indica en el apartado 8 de este documento.

#### 6.5. Pre-reportes

Previo al inicio de cada práctica del laboratorio el/la estudiante deberá preparar un documento con la información necesaria para la realización del experimento. El formato de este documento queda a criterio de cada estudiante y lo que le resulte más conveniente de modo que pueda acceder a esta información durante el desarrollo del experimento. El pre-reporte será calificado según los rubros indicados en apartado 6.2 de este documento en la categoría "Preparación para el trabajo en el laboratorio" con una escala de 1 a 10 para cada rubro. Esta calificación aportará a la calificación





global de la práctica de laboratorio según se indica en el apartado 8 de este documento.

#### 6.6. Examen Parcial

Se realizará un examen parcial en la semana que se indique en el cronograma del curso. Este examen cubrirá aspectos tanto teóricos como prácticos de acuerdo con los contenidos del curso.

#### 6.7. Examen final

Se realizará un examen final en la semana que se indique en el cronograma del curso. Este examen cubrirá aspectos tanto teóricos como prácticos de acuerdo con los contenidos del curso.

#### 6.8. Trabajo final

A lo largo del semestre se desarrollará un trabajo final, el cual será de investigación. El mismo debe estar relacionado con la temática del curso. El documento escrito del proyecto deberá ser entregado en la fecha establecida en el cronograma del curso, así como los avances que se indiquen. Los documentos finales y/o avances entregados tardíos se calificarán con base -10% por día de atraso.

## 7. Estrategias y criterios de calificación

La evaluación final tomará en cuenta los siguientes factores:

Reportes e informes		31%
Trabajo de Laboratorio	У	10%
Pre-Reportes		
Tareas y Quices		10%
Examen Parcial		12%
Examen Final		22%
Trabajo Final		15%
TOTAL		100%

#### 8. Aseguramiento de necesidades básicas

En el caso de que para algún o alguna estudiante el acceso a alimentación, hospedaje, transporte o alguna otra necesidad básica comprometa su desempeño en este curso, se le invita contactar al Centro de Asesoría Estudiantil (CASE). Se invita además contactar





al profesor si así lo considera conveniente, de modo que se le pueda brindar la ayuda oportuna.

### 9. Equidad e inclusión

Cada estudiante en este curso, sin importar su historia personal o identidad, es un miembro valioso de este grupo. Sus experiencias son relevantes e importantes y todos y todas deben sentirse libres de compartirlas con la clase. Si algún o alguna estudiante siente que hay aspectos de las clases, la materia o el grupo que impiden la completa equidad e inclusión siéntase libre de hacerlo saber al profesor (inclusive anónimamente).

## 10. Examen de ampliación

El/la estudiante que obtenga una nota final mayor a 6,0 pero menor a 7,0 tendrá derecho de realizar un examen de ampliación. El examen de ampliación sustituirá la nota del curso (siendo un máximo de 7,00) y para aprobar, se debe obtener una nota igual o superior a 7,00.

#### 11. Contenido del curso

#### 11.1. Contenidos teóricos

Los temas para desarrollar en el curso son los siguientes:

- a. Introducción al curso. Preparación de fichas y bitácoras. Elaboración de reportes e informes, que incluye entre otros temas: presentación de gráficos, tablas y citas bibliográficas.
- b. Teoría de las mediciones. Metrología. Estimación de incertidumbres.
- c. Medición de pH.
- d. Medición de temperatura.
- e. Calidad del aqua: REGLAMENTOS DE VERTIDOS.
- f. Medición de viscosidad.
- q. Calor de combustión, bomba calorimétrica.
- h. Conductividad térmica.
- i. Instrumentación: Intervalo, rango, resolución, sensibilidad, límite de detección, umbral, precisión, error, exactitud, repetibilidad, reproducibilidad.
- j. Estadística: correlación de datos simples y múltiples, tipos de distribuciones, planteamiento de hipótesis, prueba para medias,





prueba para varianzas, significancia, intervalos de confianza, varianzas y comparación de dos tratamientos.

k. Introducción al diseño de experimentos, definiciones básicas, muestreo aleatorio e independencia.

#### 11.2. Contenido experimental

1.	Medición	de	tempe	ratı	ıra
2.	Medición	de	Calor	de	combustión

- 3. Medición de viscosidad
- 4. Calidad de aguas
- 5. Medición de pH

### 12. Bibliografía

- 1 Gutiérrez, Humberto., Análisis y diseño de experimentos. McGraw-Hill, México, (2008) \*.
- 2 Patience, Gregory S., Experimental Methods and Instrumentation for Chemical Engineers, Elsevier, Oxford, (2013).
- 3 González, Zeleny, METROLOGIA, McGRAW-HILL, México, 1998.
- 4 Box, Hunter and Hunter. Statistics for Experimenters. John Wiley and Sons. New York.U.S.A., 2005.
- 5 Holman, J.P., Métodos Experimentales para Ingenieros. CUARTA EDICION. McGraw-Hill, Nueva York, (1988).
- 6 Baird, D.C. Experimentación. Prentice Hall, México, 1991
- 7 Osegueda, U., Establecimiento de un laboratorio metrológico., Tesis, EIO, UCR, 1997.
- 8 GUM, Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición, publicada por BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP y OIML.
- 9 Poder ejecutivo. 2010. Reglamento Técnico RTCR 443:2010. Metrología. Unidades de Medidas. Sistema Internacional (SI).

La bibliografía marcada con un \* corresponde al libro de texto. Además, para cada práctica de laboratorio hay bibliografía específica que será presentada en cada una de las guías de laboratorio.





## Información de contacto

PROFESOR: Allan Mora Vindas

CORREO: alan.moravindas@ucr.ac.cr

CONSULTA:

ASISTENTES: Por definir

GRUPO: 002

HORARIO: V: 13:00 a 14:50, M: 13:00 a 16:50

PROFESOR: Lautaro Ramírez Varas

CORREO: lautaro.ramirezvaras@ucr.ac.cr

CONSULTA:

ASISTENTES: Por definir

GRUPO: 001

HORARIO: V: 13:00 a 14:50, K: 13:00 a 16:50





Cronograma

s	Ses.	Tema	Contenidos	Ref.	Actividad
			Presentación del curso		
	]	To be a policy of the	Sistema internacional de unidades	Cap. 1	Quiz de
	i	Introducción	Convenciones usuales	(Patience	seguridad
			Metrología	7	
			Intervalo		
1			Rango		
-		Conceptos de	Resolución, sensibilidad, límite de detección, umbral	Cap. 2	
	ii	instrumentaci	Precisión	(Patience	
		ón	Error	7	
			Exactitud		
			Repetibilidad y reproducibilidad		
			Estadística descriptiva	Cap. 2	
		Conceptos de	Distribuciones de probabilidad	(Patience	
	i	estadística	Intervalos de confianza	), Cap. 1 (Gutiérre	
2			Representación gráfica de datos	z)	
	ii	Estimación de incertidumbre	Tipo B	Cap. 2	
			Tipo A	(Patience	
		S	Propagación de incertidumbres	), GUM	
	i	Planificación de experimentos	Tipos de datos y experimentos (monitoreo, evaluación, descarte, desarrollo de procesos)	Cap. 3 (Patience	
		Análisis de datos	Prueba de hipótesis	,	Tarea 1
_			Pruebas estadísticas	Cap. 3	
3			Análisis de regresión	(Patience	
	ii		Coeficiente de determinación	), Cap. 2	
			Regresión no lineal	(Gutiérre z)	
			Suavizado de datos		
		Elaboración de informes	Tipos de comunicaciones escritas en ingeniería		
	i		Formato EIQ		
			Bibliografía anotada	grafía anotada	
4			Análisis de resultados y conclusiones		Examen Parcial
		Diseño de	Introducción al diseño de experimentos	Cap. 3.	
	ii	experimentos	ANOVA	Gutiérre	
			Bloques	z)	
E	i	Práctica 1 (I)			
5	ii	Práctica 1 (II)			





6	i	Práctica 2 (I)		
0	ii	Pidelied 2 (1)		
7	i	Avance 1 de trabajo final		
/	ii	Práctica 2 (II)		
8	i	Préside 2 (T)		
8	ii	Práctica 3 (I)		
9	i	Duántino 2 (TT)		
9	ii	Práctica 3 (II)		
10	i			Tarea 2
10	ii	Práctica 4 (I)		
11	i	Avance 2 de trabajo final		
11	ii	Práctica 4 (II)		
12	i	Duántina E(T)		
12	ii	Práctica 5(I)		
1 0	i	Duántina E (TT)		
13	ii	Práctica 5(II)		
1.4	i	Provide de tuebele Clark		Examen
14	ii	Reporte de trabajo final		final
1 E	i	Expo IQ		
15	ii			
1.0	i	Examen de ampliación		
16	ii			

\*Durante las clases semanales se introducirá el uso de software estadístico cuando sea preciso.

Ing. Allan Mora	Ing. Lautaro Ramírez
Vindas	Varas
Docente	Docente
Ing. Esteba	n Durán H. PhD.
Di	rector
Director de	e la Escuela de

Ingeniería Química