



## Programa de **INGENIERÍA CLÍNICA**

### **1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Ingeniería Clínica

### **2. CRÉDITOS**

8 créditos

### **3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Brindar a los estudiantes una formación interdisciplinaria que les permita aplicar la ingeniería biomédica y sus herramientas conceptuales a la gestión eficiente de equipamiento biomédico e instalaciones de hospitales. Proveer herramientas conceptuales y metodológicas de gestión de tecnología biomédica, para desempeñarse profesionalmente en hospitales. Desarrollar una visión integral para identificar y dimensionar los problemas asociados al uso de la tecnología médica. Presentar las funciones de gestión que cumple un departamento de ingeniería clínica en un hospital. Potenciar habilidades para desempeñarse en ambientes de trabajo multidisciplinarios. Propiciar la vinculación de la Universidad con el medio promoviendo la Extensión e Investigación en Ingeniería Clínica. Favorecer la formación de profesionales capaces de comprometerse con la Salud Pública desde el punto de vista tecnológico.

### **4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

- Horas clase (teórico): 30
- Horas clase (práctico): 0
- Horas clase (laboratorio): 20
- Horas evaluación: 4
- Horas clase de consulta: 6
- Subtotal horas presenciales: 60
- Horas estudio: 44
- Horas resolución ejercicios/prácticos: 16
- Horas de proyecto final/monografía: 0

2  
Dol

Formato Aprobado por resolución Nº113 del CFI de fecha 04.07.2017

Total de horas de dedicación del estudiante: 120

La UC de Ingeniería Clínica consiste en 15 clases semanales. Se estimula al estudiante a estudiar los temas antes de asistir a clase. Los estudiantes preparan y realizan 4 sesiones de trabajos prácticos o laboratorios a lo largo del semestre sobre los temas que permitan representar situaciones propias de la labor del ingeniero que se ocupa de Ingeniería Clínica.

## 5. TEMARIO

1. Ingeniería Clínica, oportunidades profesionales, medicina e ingeniería: ingeniería biomédica, ingeniería clínica, proyecto de equipos y programas, instalaciones y su mantenimiento, integración en investigación fisiológica, control de calidad, compras de equipos y eficiencia.
2. Modelos de mantenimiento y relaciones de cooperación entre industria, usuarios e investigación: gestión de equipos biomédicos, plan, selección y adquisición, mantenimiento y mejoras, historia clínica del equipo biomédico, baja de cada equipo. Desarrollo industrial, mantenimiento y desarrollo, gestión del equipamiento en el lazo institucional, redundancia. Mantenimiento de equipos biomédicos, actores involucrados, desarrollo, investigación y mantenimiento, modelos de mantenimiento, mantenimiento y calidad, pliego de licitaciones.
3. Mantenimiento de equipos biomédicos en base a objetivos de disponibilidad: definiciones de "fallo" *Standard Operating Procedure SOPs*, estructura de un servicio técnico (ST), mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, capacitación, planificación de un servicio de mantenimiento, planificación del mantenimiento preventivo, estadística de mantenimiento, recursos humanos.
4. Gestión y ejecución del mantenimiento de equipos biomédicos y su documentación: documentación de actividades de ST, *computerized maintenance management system (CMMS)*, *device history record (DHR)*, actividad de servicio (SAG y SAC), estadísticas de servicio técnico: MTBx, MTTx/MTFx, horas y costos por modelo de equipo, toma de decisiones a partir de estadísticas, *key performance indicators (KPI)*.
5. Seguridad de equipos biomédicos e instalaciones de hospitales: seguridad eléctrica, efectos fisiológicos de la corriente eléctrica, efectos del flujo de corriente, modelo de impedancia del cuerpo humano, efecto de la frecuencia sobre los umbrales, situaciones de peligro: contacto directo y contacto indirecto, macroshock y microshock, corrientes de fuga, instalaciones eléctricas en hospitales, clasificación de salas, puesta a tierra.
6. Normas del Sistema ISO 9001 – 13485 y de Seguridad eléctrica IEC 60601-1, 62353: sistemas de gestión de calidad, requisitos para seguridad y fiabilidad de equipos médicos, grupo de normas y reglamentaciones, clasificación de equipos médicos, ISO 9001, ISO13485, IEC 60601-1, IEC 60479. Normas del MSP y funciones del LATU.
7. Proyecto de instalaciones eléctricas y de datos de un hospital: red eléctrica, energía de respaldo por grupo electrógeno, dimensionado de sistemas de energía ininterrumpida, verificación termográfica de tableros, red de datos, documentación del mantenimiento de instalaciones y de las fallas.
8. Proyecto de instalaciones (gases medicinales, agua, etc.) de un hospital: usos de los gases medicinales, tipos de gases medicinales, características de los gases medicinales, producción de oxígeno en sitio (*pressure swing adsorption PSA*),

producción de oxígeno en planta industrial, tanque de oxígeno criogénico, tubos de respaldo de oxígeno, generación de aire comprimido medicinal, generación de vacío medicinal, acumulación de otros gases, distribución de gases por cañerías, tomas de gases medicinales, elementos de control y monitoreo.

9. Sistema de monitoreo SCADA en un hospital: uso de SCADA en hospitales, tipos de arquitectura, implementación: diseño, distribución y comunicaciones, identificación de tableros con sus módulos y señales. Manejo de alertas. Estadísticas y documentación de operación del hospital.
10. Instalaciones para diálisis y tratamiento de agua: Baño de hemodiálisis, circuito de baño de hemodiálisis, clasificación del agua, cloración, PH del agua, dosificación de cloro, prefiltración, filtros de sedimentación, ablandador, filtro de carbón activado, sanitización, metasulfito de sodio, ósmosis inversa, ósmosis, presión osmótica, tanque de almacenamiento, desinfección, controles, hemodiálisis en línea (HDF on-line), planta ultra pura, monitoreo.
11. Fisiopatología respiratoria y ventilatoria: intercambio gaseoso pulmonar, bomba muscular respiratoria, músculos respiratorios, diafragma, sistema de control de la respiración. Ventilación mecánica y modos de ventilación mecánica, alternativas: membrana de oxigenación extracorpórea. Exploración funcional del aparato respiratorio y trabajo muscular respiratorio.
12. Principios físicos y evolución de la ventilación mecánica: mecánica respiratoria, resistencias de la vía aérea, componente elástico de pulmón y pared de tórax, modelo simplificado del aparato respiratorio, medida de flujo y volumen, neumotacógrafo, flujo aéreo, presión de vía aérea, presión esofágica o pleural, volumen integrado. Historia de la ventilación mecánica y lecciones aprendidas en las sucesivas generaciones de ventiladores mecánicos.
13. Partes y proyecto de ventiladores mecánicos: ventilación mecánica, ventiladores mecánicos, humidificadores, monitorización, modos ventilatorios, mecánica ventilatoria, especificaciones técnicas, diagrama de bloques, bloque neumático inspiratorio, bloque neumático inspiratorio, bloque electrónico, reguladores de presión, sensores de flujo, válvulas de control de flujo, sensores de oxígeno, sensores galvánicos, sensores paramagnéticos, válvula espiratoria, mantenimiento, calibración y ajuste, verificación funcional, seguridad eléctrica, complementos, precios en el mercado.
14. Mantenimiento de ventiladores mecánicos y máquinas de anestesia: Ciclo ventilatorio mecánico, circuito de paciente, protecciones y cuidados, sistemas anti-polución activos y pasivos. Máquina de anestesia, gases medicinales, diagrama de bloques de una máquina de anestesia, circuito de anestesia, sistemas de seguridad anti-hipoxia, rotámetros, flujómetros, vaporizadores. Monitoreo, SpO2, capnógrafo. Mantenimiento de máquinas de anestesia
15. Proyecto de acondicionamiento térmico y aséptico de aire. acondicionamiento de aire, esquema de una instalación de acondicionamiento de aire, detalle del acondicionador de aire. Acondicionamiento de aire en quirófanos. Normas 416/00, 586/009, 003/008 y 219/009 del MSP, salas limpias y zonas anexas, valores de referencia, movimientos de aire, control de parámetros, certificación de salas blancas y otras áreas asistenciales.
16. Centro de materiales, esterilización y autoclaves: lavado, desinfección, esterilización. Normas generales y 643/92 MSP. Estructura de central de esterilizaciones, flujos y

Formato Aprobado por resolución N°113 del CFI de fecha 04.07.2017

áreas. Métodos de esterilización (temperatura, Upinel y gases). Autoclave a vapor, partes y sus ciclos. Sistemas de gases. Instalación y mantenimiento de autoclaves. Test de Moby Dick. Otros métodos de esterilización.

17. Servicio post venta de equipos de imagenología de gran porte: generalidades, equipos de imagenología, radiología convencional, fluoroscopia, angiografía, mamografía, arcos en C, litotricia, tomografía computada, gama cámaras, PET/CT, resonancia magnética, requerimientos de espacio físico y de alimentación eléctrica, acondicionamiento térmico, blindajes, escape de gases, cableados, instalación. Transporte desde origen e ingreso, cableado y armado, *start up*, capacitación. Servicio postventa, mantenimiento preventivo y correctivo, controles de calidad, vida útil y documentación.

Laboratorios:

- Planificación de mantenimiento en taller de Ing. Clínica y documentos de trabajo
- Gestión de mantenimiento de las instalaciones y equipamiento biomédicos
- Planta de tratamiento de agua para diálisis: rutinas de verificación
- Instrumentos de verificación de equipos biomédicos y certificación

Visita a una industria nacional de producción de autoclaves o de instalaciones de distribución de gases medicinales.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
1. Ingeniería Clínica, oportunidades profesionales, medicina e ingeniería	(1)(2)(3)	(7)(8)
2. Modelos de mantenimiento y relaciones de cooperación industria/usuarios/investigación	(1)(2)(3)	(7)(8)
3. Mantenimiento de equipos biomédicos en base a objetivos de disponibilidad	(1)(2)(3)	(7)(8)
4. Gestión y ejecución del mantenimiento de equipos biomédicos y su documentación	(1)(2)(3)	(7)(8)
5. Seguridad de equipos biomédicos e instalaciones de hospitales	(1)(3)(6)	(7)(8)
6. Normas del Sistema ISO 9001 – 13485 y de Seguridad IEC 60601-1, 62353	(3)(5)(6)	(10)(11)(13)
7. Proyecto de instalaciones eléctricas y de datos de un hospital	(3)(6)	(7)(8)
8. Proyecto de instalaciones (gases medicinales, agua, etc.) de un hospital	(1)(3)	(7)(8)
9. Implementación de un sistema de monitoreo SCADA en un hospital	(1)(3)	(7)(8)
10. Instalaciones para diálisis y tratamiento de agua	(1)(3)	(7)(8)
11. Fisiopatología respiratoria y ventilatoria	(1)(4)	(9)
12. Principios y evolución de la ventilación mecánica	(1)(4)	(7)(9)
13. Partes y proyecto de ventiladores mecánicos	(1)(3)	(7)(9)
14. Mantenimiento de ventiladores mecánicos y MA	(2)(3)	(7)(9)
15. Acondicionamiento térmico y aséptico de aire	(2)(3)(6)	(7)(8)(13)

16. Centro de materiales, esterilización y autoclaves	(1)(3)	(12)(13)
17. Servicio post venta de equipos de imagenología	(2)(3)	(7)(8)

**6.1 Básica**

1. Simini, Franco (2007). Ingeniería Biomédica: Perspectivas desde el Uruguay. Montevideo: Universidad de la República
2. Organización Mundial de la Salud (2012). Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos: garantizar un mejor acceso, calidad y uso de los dispositivos médicos. Ginebra: Ediciones de la OMS
3. Iadanza, Ernesto (2020). Clinical Eng. Handbook. New York: Elsevier
4. Hess, Dean (2014). Respiratory Care. p.p. 79:1794.
5. ISO (2016). International Standard ISO 13485 Medical Devices – Quality management systems, Requirements for regulatory purposes, Geneva, ISO
6. IEC (2005). International Standard IEC 60601-1 Medical electrical equipment – Part 1: General requirements for basic safety and essential performance. Geneva, ISO

**6.2 Complementaria**

7. Yadin, David. & Bronzino, Joseph (2003). Clinical engineering. Washington: CRC Press
8. Haretche, Álvaro (2012). Estándares de evaluación y seguimiento para la mejora de la calidad de los Institutos de Medicina Altamente Especializada. Montevideo: Fondo Nacional de Recursos
9. Webster, John (2020) "Medical Instrumentation: Application & Design", John Wiley, New York,, ISBN 978-1119457336
10. Dentch, Milton P. (2017). The ISO 9001:2015 Implementation Handbook. Wisconsin: ASQ Quality Press
11. Abuhav, Itay (2018). ISO 13485:2016 A complete guide to quality management in the medical device industry. ISO 13485. Florida: CRC Press
12. Asociación de Esterilización del Uruguay (2020). Montevideo: AESTU Publicaciones.
13. Normas y Decretos del Ministerio de Salud Pública del Uruguay (2020).

**7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS**

**7.1 Conocimientos Previos Exigidos:** Los conocimientos indispensables para seguir la unidad curricular.

Teoría de Circuitos, Programación para Ingeniería Eléctrica y Electrónica Fundamental.

**7.2 Conocimientos Previos Recomendados:** Los conocimientos complementarios que pueden ayudar a un mejor aprovechamiento del curso.

Formato Aprobado por resolución Nº113 del CFI de fecha 04.07.2017

Se recomiendan cursos relacionados con Instalaciones Eléctricas y Medidas Eléctricas o Unidades Curriculares equivalentes.

**ANEXO A**

**Para todas las Carreras**

Esta primera parte del anexo incluye aspectos complementarios que son generales de la unidad curricular.

**A1) INSTITUTO**

Instituto de Ingeniería Eléctrica

**A2) CRONOGRAMA TENTATIVO**

Semana 1	Tema 1. Ingeniería Clínica, oportunidades profesionales, medicina e ingeniería (2 hrs de clase)
Semana 2	Tema 2. Modelos de mantenimiento y relaciones de cooperación entre industria, usuarios e investigación (2 h hrs de clase)
Semana 3	Tema 3. Mantenimiento de equipos biomédicos en base a objetivos de disponibilidad (2 hrs de clase)
Semana 4	Tema 4. Gestión y ejecución del mantenimiento de equipos biomédicos y su documentación (2 hrs de clase)
Semana 5	Tema 5. Seguridad de equipos biomédicos e instalaciones de hospitales. (1 hrs de clase) Tema 6. Normas ISO 9001 – 13485 y de Seguridad 60601 (1 hrs de clase) Práctico 1. Redacción de licitaciones y de ofertas de equipos biomédicos (4 hrs de clase)
Semana 6	Tema 7. Proyecto de instalaciones eléctricas y de datos de un hospital (2 hrs de clase)
Semana 7	Tema 8. Proyecto de instalaciones (gases medicinales, agua, etc.) de un hospital (2 hrs de clase)
Semana 8	Tema 9. Implementación de un sistema de monitoreo SCADA en un hospital (2 hrs de clase)
Semana 9	Tema 10. Instalaciones para diálisis y tratamiento de agua (2 hrs de clase) Práctico 2. Planta de tratamiento de agua: rutinas de mantenimiento de instalación de agua para diálisis (4 hrs de clase)
Semana 10	Tema 11. Fisiopatología respiratoria y ventilatoria (2 hrs de clase)
Semana 11	Tema 12. Principios físicos y evolución de la ventilación mecánica (2 hrs de clase)
Semana 12	Tema 13. Partes y proyecto de ventiladores mecánicos (2 hrs de clase)
Semana 13	Tema 14. Mantenimiento de ventiladores mecánicos y máquinas de anestesia (2 hrs de clase) Práctico 3. Taller de ventiladores mecánicos y máquinas de anestesia con simulador de paciente y gases medicinales (4 hrs de clase)
Semana 14	Tema 15. Proyecto de acondicionamiento térmico y aséptico de aire (1 hrs de clase) Tema 16. Centro de materiales, esterilización y autoclaves (1 hrs de clase) Práctico 4. Medidas de conformidad de parámetros de ventilación mecánica en el laboratorio (4 horas de clase).
Semana 15	Tema 16. Centro de materiales, esterilización y autoclaves (1 hrs de clase) Tema 17. Servicio post venta de equipos de imagenología de gran porte (1 hrs de clase)



**A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

Los estudiantes serán evaluados mediante dos pruebas parciales y cuatro laboratorios. Primera prueba parcial (40 puntos): abarca la primera mitad de los temas y los dos primeros laboratorios. Para presentarse el estudiante debe haber aprobado los dos laboratorios y tener 6 asistencias a las clases teóricas. Segunda prueba parcial (40 puntos): abarca la segunda mitad de los temas y los dos últimos laboratorios. Para presentarse el estudiante debe haber aprobado los dos laboratorios restantes y completar 12 asistencias a las clases teóricas.

El conjunto de los 4 laboratorios es evaluado sobre 20 puntos. Consiste en puntuar el pre-informe, la realización del trabajo en el laboratorio y el informe. Cada uno de los cuatro laboratorios serán puntuados de 1 a 5. El estudiante se encuentra habilitado para el laboratorio, siempre y cuando entregue el pre-informe mencionado.

Aprueban los estudiantes con más de 60 puntos y 16 puntos mínimo en cada parcial. Aprueban el curso los estudiantes con más de 50 puntos que habilita presentarse al examen oral.

**A4) CALIDAD DE LIBRE**

La unidad curricular Ingeniería Clínica debido a las prácticas que incluye no admite la Calidad de Libre.

**A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

(En caso de que corresponda, indicar los cupos totales.)

Cupos mínimos: Sin cupo mínimo

Cupos máximos: Sin cupo máximo

**Nota:**

*Si se definen cupos, en una nota aparte se deberá incluir:*

- *motivo por el cual la unidad curricular tiene cupos (tanto máximos como mínimos).*
- *el mecanismo de selección para cuando se dé la situación de que la cantidad de estudiantes inscriptos supere el cupo máximo.*

**ANEXO B para la carrera de Ingeniería Eléctrica**

**(Un anexo distinto para cada carrera que tome la unidad curricular. En caso de que a dos o más carreras les corresponda información idéntica en este anexo, se utilizará el mismo anexo, explicitando cuáles son todas esas carreras.)**

Esta(s) parte(s) del anexo incluye(n) los aspectos que son particulares de cada carrera que tome la unidad curricular.

**B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

El área de formación (materia, según la anterior nomenclatura) identifica las grandes áreas temáticas ligadas a un sector de la ciencia o de la técnica. Cada comisión de carrera evaluará a qué área de formación corresponde la unidad curricular.

Electrónica

**B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Curso:

Examen de Teoría de Circuitos o Sistemas Lineales 1

Examen de Programación para Ingeniería Eléctrica o Programación 2

Examen de Electrónica Fundamental o electrónica 1.

Examen: No aplica

**ANEXO B para la carrera Ingeniería en Computación**

**(Un anexo distinto para cada carrera que tome la unidad curricular. En caso de que a dos o más carreras les corresponda información idéntica en este anexo, se utilizará el mismo anexo, explicitando cuáles son todas esas carreras.)**

Esta(s) parte(s) del anexo incluye(n) los aspectos que son particulares de cada carrera que tome la unidad curricular.

**B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

El área de formación (materia, según la anterior nomenclatura) identifica las grandes áreas temáticas ligadas a un sector de la ciencia o de la técnica. Cada comisión de carrera evaluará a qué área de formación corresponde la unidad curricular.

Complementaria

**B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Curso:

Examen:

(Las unidades curriculares previas serán definidas por las carreras que tomen la unidad curricular en cuestión, teniendo en cuenta los conocimientos exigidos que figuran en el programa.)

debe tener 10 créditos en el Grupo 4442 – Ciencias Experimentales

Además de una probación/es entre:

Curso U.C.B 1721 – PROYECTO DE INGENIERÍA DE SOFTWARE

Curso de la U.C.B: (CP3663 – TALLER IV (1ER. SEM)

Además de una aprobación entre:

curso U.C.B CP50 - SISTEMAS LINEALES

curso U.C.B 1401 - SISTEMAS LINEALES 1

curso U.C.B 1423 - SISTEMAS LINEALES 1

AS  
quince

**ANEXO B para la carrera de Ingeniería Industrial Mecánica**

**B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

Otras

**B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Curso:  
200 créditos aprobados

Examen:  
curso de Ingeniería Clínica

APROB RES 001... DE FAC. ING.  
30/11/2021 Exp. 000180-501522-21