



74  
Secretaría  
Ejecutiva

Montevideo, 16 de agosto de 2013

**LA COMISIÓN ACADÉMICA DE GRADO EN SESIÓN ORDINARIA DE FECHA 13 DE AGOSTO DE 2013, ADOPTÓ LA SIGUIENTE RESOLUCIÓN:**

**ASISTEN A LA SESIÓN:** Beatriz Diconca, Regina Motz, Fernando Miranda, Felipe Sierra, Fany Rocha, Raúl Riva, Gustavo Marisquirena.

Asesor Jurídico: Mariana Gulla

Unidad Académica: Mercedes Collazo y Sylvia De Bellis

De acuerdo a la documentación remitida por la Facultad de Ingeniería y a la entrevista mantenida con el Ing. Juan Cardelino relativa a la propuesta de plan de estudios de la Licenciatura en Ingeniería Biológica, la Comisión Académica de Grado recomienda su aprobación proponiendo al Consejo de Facultad considerar las siguientes observaciones:

Los requisitos académicos de ingreso a la carrera no deben integrar el documento curricular de acuerdo a lo estipulado con carácter preceptivo por la Ordenanza de Estudios de Grado (Art. 28). Los bachilleratos exigidos podrán ser estipulados por resolución del Consejo. En tal sentido, se sugiere prever cursos de nivelación para aquellos estudiantes que no provienen de la orientación específica. Del mismo modo, contemplar en el ingreso actividades introductorias a la universidad y el campo profesional.

El diseño curricular general se ajusta a los parámetros de flexibilidad acordados por la institución, previéndose la articulación vertical con carreras afines. No obstante, se entiende necesario que las materias luzcan expresamente denominadas como "optativas" y "electivas", de acuerdo a las definiciones previstas por la Ordenanza de Estudios de Grado (Art.11).

Se recomienda prestar especial atención al componente mínimo de formación biológica previsto en la carrera, 26 créditos en un total de 360, contemplando en las unidades curriculares optativas la posibilidad de su ampliación.

75.  
(sección 7)  
CSE

En particular, se sugiere considerar las necesidades de formación en el campo de la bioética, entendido hoy como un saber ineludible en aplicaciones tecnológicas de esta naturaleza.

Definir con mayor precisión la incorporación y la naturaleza de las actividades curriculares de extensión universitaria previstas.

Procurar las mayores articulaciones y sinergias con los núcleos académicos afines de la Universidad inscriptos en facultades agrarias, de la salud y ciencias de la naturaleza por tratarse de una nueva oferta de grado de carácter interdisciplinario que busca formar en una ingeniería aplicada a los sistemas biológicos vinculados a las áreas de la salud y la agroindustria (Pautas sugeridas por la CSE, 2011).

(8 en 8)

**Pase a la Sección Consejo - Facultad de Ingeniería. Cumplido, vuelva a la Comisión Sectorial de Enseñanza.**



Mercedes Collazo  
Unidad Académica - CSE



Luis Calegari  
Pro Rector de Enseñanza

Montevideo, 26 de agosto de 2013

Septentz  
seis

Sres Consejeros  
Facultad de Ingeniería.  
Presente

Visto el informe de la Comisión Académica de Grado de la Universidad, que realiza algunos comentarios referentes a la propuesta de plan de estudios de la Licenciatura en Ingeniería Biológica y su implementación, hacemos llegar a Uds. nuestros aportes para el tratamiento de los mismos. Para facilitar la lectura, indicamos cada comentario de la CAG indentado y en itálica, y a continuación incluimos nuestro comentario (incluyendo en negrita algunas citas del Plan):

*1) Los requisitos académicos de ingreso a la carrera no deben integrar el documento curricular de acuerdo a lo estipulado con carácter preceptivo por la Ordenanza de Estudios de Grado (Art. 28). Los bachilleratos exigidos podrán ser estipulados por resolución de Consejo. En tal sentido, se sugiere prever cursos de nivelación para aquellos estudiantes que no provienen de la orientación específica. Del mismo modo, contemplar en el ingreso actividades introductorias a la universidad y el campo profesional.*

Entendemos que el plan de estudios se ajusta a la ordenanza, que en su Art. 28 indica que “Los requisitos académicos de ingreso a la carrera no deberán estar definidos en el plan de estudios aunque el mismo podrá expresar una orientación general o sugerir una formación previa”. En este sentido, el plan de estudios expresa dicha orientación general, copiamos el texto del mismo:

**“2. Ingreso.**

**Se espera que los estudiantes que ingresen cuenten con una formación científica básica, equivalente a la prevista por los bachilleratos de orientaciones científico-tecnológicas y ciencias biológicas.”**

Estas orientaciones generales deberán luego ser objeto de una resolución del Consejo, estipulando cuales serán los bachilleratos exigidos (y eventuales cursos de nivelación), lo que no está definido por el plan. Respecto a las actividades introductorias a la universidad y al campo profesional, la Facultad de Ingeniería implementa todos los años en el ingreso una Actividad Introductoria con este objetivo, complementada luego por una serie de otras actividades de orientación; se prestará atención a que en las sedes del interior donde se dictará la carrera se implementen actividades similares.

*2) El diseño curricular general se ajusta a los parámetros de flexibilidad acordados por la institución, previéndose la articulación vertical con carreras afines. No obstante, se entiende necesario que las materias luzcan expresamente denominadas como “optativas” y “electivas”, de acuerdo a las definiciones previstas por la Ordenanza de Estudios de Grado (Art.11).*

De acuerdo a lo que indica la ordenanza en su artículo 11, “Los planes de estudios deberán ser formulados de manera que las actividades optativas y electivas ocupen un lugar significativo. Las actividades optativas son la oferta curricular presentada por la carrera para que el estudiante opte en función de los trayectos curriculares diseñados, perfiles de formación y ritmos de aprendizaje. Las actividades electivas son las impartidas por otras carreras y que el estudiante puede elegir libremente de acuerdo a sus intereses y orientación de formación.

El total de créditos establecidos para una carrera debe incluir los créditos establecidos para las actividades optativas y electivas, la formación en otros ámbitos educativos y las prácticas de formación en ámbitos sociales y productivos, atendiendo a los principios y criterios expresados anteriormente.”

77  
se cuenta  
siete.

Como acciones particulares, se prevé la realización de actividades de divulgación a nivel de los profesionales de la salud, difundiendo nuevas tecnologías aplicadas al sector médico, con el fin de mejorar la calidad asistencial que se presta en los diferentes centro.

Se ha comenzado, como parte de la difusión de la nueva carrera, una serie de charlas y talleres para estudiantes de liceo y UTU, para mostrar el uso particular de la tecnología aplicada a la innovación en productos médicos y la conformación de grupos multidisciplinarios.

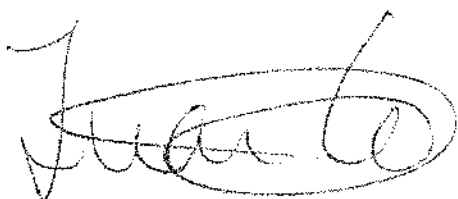
Finalmente y dado que la prevención temprana de la arterioesclerosis es una de las líneas de trabajo fuertes del grupo proponente, se prevé participar activamente en la difusión y concientización de la sociedad sobre estas patologías.

*6) Procurar las mayores articulaciones y sinergias con los núcleos académicos afines de la Universidad inscriptos en facultades agrarias, de la salud y ciencias de la naturaleza por tratarse de una nueva oferta de grado de carácter interdisciplinario que busca formar en una ingeniería aplicada a los sistemas biológicos vinculados a las áreas de la salud y la agroindustria (Pautas sugeridas por la CSE, 2011).*

La propuesta de la Licenciatura en Ingeniería Biológica, que tiene como Servicio de Referencia Académico la Facultad de Ingeniería, surge profundamente vinculada a los grupos radicados en Paysandú y Salto, de diversos servicios del área de Tecnologías y Ciencias de la Naturaleza y el Hábitat, y será posible gracias a la existencia de estos grupos y sus laboratorios. En este sentido, están hechos contactos y se espera una participación activa tanto de grupos de la EEMAC, del Polo Agroalimentario-Agroindustrial de Paysandú, y de grupos de Salto y Paysandú vinculados a las áreas de la salud (Fisioterapia, Biomecánica y Polo de Salud entre otros), por lo que consideramos esta es una de las fortalezas de la propuesta. También se cuenta con acuerdos con las principales instituciones asistenciales de la región (Hospital Escuela del Litoral y Corporación Médica de Paysandú).

Esperamos estos elementos sean de utilidad para su consideración en el Consejo, así como para dar bases para la puesta en marcha de esta nueva carrera.

Sin más, saludan atte.



Juan Cardelino  
Equipo responsable de la Licenciatura  
Centro Universitario de Paysandú



Héctor Cancela  
Servicio de Referencia Académico  
Facultad de Ingeniería



**EL CONSEJO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA EN SESIÓN ORDINARIA DE FECHA 29 DE AGOSTO DE 2013, ADOPTO LA SIGUIENTE RESOLUCIÓN:**

2038.

**(Exp. N° 061110-001779-12)** - Visto el informe de la Comisión Académica de Grado (CAG) de la Universidad, recomendando la aprobación del plan de estudios de la Licenciatura en Ingeniería Biológica y solicitando al Consejo de la Facultad considerar algunas observaciones en vistas a la implementación de la carrera.

Considerando el informe realizado por los proponentes.

Informar que las observaciones de la CAG serán tenidas en cuenta para la puesta en marcha e implementación de la carrera, según los lineamientos que figuran en el informe antes mencionado, (incluido a fojas 76 Y 77 de este expediente).

(11 en 11)

Dr. Ing. HÉCTOR CANCELA BOSTI  
DECANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Montevideo, 30 de Agosto de 2013

Pase a la COMISION SECTORIAL DE ENSEÑANZA a sus efectos.

LILIANA KASTANAS  
DIRECTORA  
Dpto. de Apoyo al Gobierno

Comisión Sectorial  
de enseñanza  
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
Recibido: 30/08/2013  
Fecha:



Secretaría – CSE

**LA COMISIÓN SECTORIAL DE ENSEÑANZA EN SESIÓN ORDINARIA DE FECHA 10 DE SETIEMBRE ADOPTÓ LA SIGUIENTE RESOLUCIÓN:**

**ASISTEN A LA SESIÓN: Luis Calegari, Alejandro Amaya, Josefina Verde, Patricia Manzoni, Virginia Orlando.**

**1.- Expte. 061110-001779-12 – Plan de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Biológica.**

Atento a lo resuelto por la Comisión Académica de Grado y a la respuesta de sus observaciones realizada por el Consejo de la Facultad de Ingeniería (Resol. N° 2038 de fecha 29.08.2013), esta Comisión resuelve:

- Tomar conocimiento del informe y hacer suya la resolución adoptada por la Comisión Académica de Grado en sesión ordinaria de fecha 13.08.2013.
- Sugerir que en el punto 2 – Ingreso, se elimine la frase que dice "*...equivalente a la prevista por los bachilleratos de orientaciones científico-tecnológicas y ciencias biológicas.*" El consejo de la Facultad deberá luego definir por resolución los requisitos académicos para el ingreso, de acuerdo a lo expresado por la Comisión Académica de Grado.
- Tomar conocimiento de que el Consejo de la Facultad de Ingeniería resolvió que el resto de "*... las observaciones de la Comisión Académica de Grado serán tenidas en cuenta para la puesta en marcha e implementación de la carrera.*"
- Reafirmar que los Planes de Estudio siempre tienen alcance nacional por lo que no pueden ser concebidos sólo con base en realidades regionales, aunque su implementación sí pueda estar influida por éstas. Los acuerdos interinstitucionales deberán regirse por este principio y en tal sentido serán evaluados por la Comisión Académica de Grado.
- Elevar a consideración del Consejo Directivo Central, sugiriendo la aprobación del Plan de Estudios (fs. 35 a 57).

(5 en 5)

**Luis Calegari**  
**Pro Rector de Enseñanza**

80  
ochert

UNIVERSIDAD  
DE LA  
REPUBLICA

EL CONSEJO DIRECTIVO CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA EN SESIÓN ORDINARIA DE FECHA 17 DE SETIEMBRE DE 2013, ADOPTO LA SIGUIENTE RESOLUCIÓN:


13.

(Exp. 061110-001779-12) - Atento a lo propuesto por el Consejo de la Facultad de Ingeniería, a lo informado por la Dirección General Jurídica, por la Comisión Académica de Grado y por la Comisión Sectorial de Enseñanza y a lo establecido por el artículo 21º, lit. d, y 22º de la Ley Orgánica:

1. Aprobar el Plan de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Biológica, cuyo texto y antecedentes lucen en el distribuido N° 799.13.
2. Establecer que el título a otorgar a quienes cumplan con aprobación la totalidad del currículum de la mencionada carrera, será el de Licenciado en Ingeniería Biológica.
3. Previo a su publicación en el Diario Oficial por parte de la Facultad de Ingeniería, cometerle a ésta la realización de los ajustes de texto sugeridos por la Comisión Sectorial de Enseñanza.

(13 en 13)

Pase a Facultad de Ingeniería



SECRETARÍA DE ENSEÑANZA



EL CONSEJO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA EN SESIÓN ORDINARIA DE FECHA 26 DE SETIEMBRE DE 2013, ADOPTÓ LA SIGUIENTE RESOLUCIÓN:

2315.

(Exp. N° 061110-001779-12) - Visto la resolución N° 13 del Consejo Directivo Central de fecha 17.9.2013 y lo informado por la Comisión Sectorial de Enseñanza:

- 1) Modificar el plan de estudios de la Licenciatura en Ingeniería Biológica, eliminando la frase "...equivalente a la prevista por los bachilleratos de orientaciones científico-tecnológicas y ciencias biológicas".
- 2) Disponer la publicación en el Diario Oficial. (10 en 10)

Dr. Ing. HÉCTOR CANCELA BOSI  
DECANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Montevideo, 26 de Septiembre de 2013

*San al Depto de Secretaria a sus efectos*

LILIANA KASTANAS  
DIRECTORA  
Dpto. de Apoyo al Gobierno



FACULTAD DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República

LICENCIATURA EN INGENIERÍA BIOLÓGICA

Res. CFI - 30/5/13 - 1/7/13 - 29/8/13 - 26/9/13  
Res. CDC - 17/9/13

PLAN DE ESTUDIOS

Contenido

1 Objetivos y perfil del egresado.....	2
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos particulares.....	2
1.3 Perfil del egresado.....	2
1.4 Título.....	3
Ingreso.....	4
3 Organización institucional.....	1
4 Estructura del plan de estudios.....	4
4.1 Desarrollo del trayecto académico.....	5
4.2 Descripción de las áreas de formación y sus agrupamientos.....	6
5. Orientación pedagógica.....	14

1. Objetivos y perfil del egresado

1.1 Objetivo general

La Ingeniería Biológica es una rama de la ciencia aplicada, involucrada en el entendimiento y resolución de problemas en biología y medicina utilizando métodos de ingeniería, ciencia y tecnología. Como objetivo general se pretende ofrecer una propuesta de grado de calidad y pertinencia que vincule los contenidos académicos con la actividad de ingeniería en el sector agroalimentario y la salud humana y animal, tanto en sus aplicaciones clínicas como de investigación.

La Ingeniería Biológica es en esencia interdisciplinaria, por tanto es prioridad integrar diversas áreas, introduciendo a los estudiantes en el uso de las nuevas tecnologías en el sector salud, veterinario y de la biología, incluyendo el desarrollo de productos y servicios médicos.

Sin perjuicio que el estudiante elija un perfil particular, el objetivo general de esta formación es que aprenda a aprender. Se prevé que el egresado pueda adaptarse a diferentes actividades en el transcurso de su vida profesional.

1.2 Objetivos particulares

Promover la adquisición de conocimientos específicos en Ingeniería Biológica capacitando al estudiante para la actividad profesional.

Dar respuesta a la demanda de profesionales capacitados en el vasto espectro abarcado por la Ingeniería Biológica. Esta realidad hace que las metas académicas deban adaptarse no sólo en lo referido a las tecnologías evolutivas sino también de acuerdo a los cambios culturales inherentes a la naturaleza social de algunas de sus aplicaciones.

Alcanzar una concepción integradora de los diversos campos de conocimiento en el ámbito del ejercicio de la profesión, logrando una articulación coherente e integral que desafíe la solución al problema de aislamiento entre los diversos sectores del saber.

1.3 Perfil del egresado

La tarea fundamental de un Licenciado en Ingeniería Biológica es la siguiente: dado un problema a resolver que involucre un sistema biológico deberá ser capaz de comprender los conceptos biológicos básicos del mismo, comprender y modificar los modelos que lo describen y desarrollar una solución tecnológica para el mismo. Esta solución puede incluir: simulación numérica, desarrollo de algoritmos de procesamiento de datos, diseño de circuitos electrónicos o diseño de dispositivos mecánicos.

Las funciones del futuro egresado pueden ser muy variadas y frecuentemente oficiará como interfaz entre diversas especialidades.

Según el perfil elegido, las competencias del egresado le permitirán:

- Entender el funcionamiento de los sistemas fisiológicos y sus patologías a un nivel básico que le permita interactuar con diversos profesionales de la salud e investigadores en biología.
- Comprender el funcionamiento y aplicación del equipamiento de diagnóstico por imágenes.
- Identificar los mecanismos para la adquisición y procesamiento de señales biológicas.
- Desarrollar algoritmos de procesamiento de señales e imágenes.
- Modelizar y simular sistemas biológicos así como desarrollar tecnología para los mismos.
- Identificar las diversas áreas e instalaciones de una institución de salud y comprender los conceptos sobre el gerenciamiento integral de las tecnologías electromédicas.
- Utilizar conceptos de contabilidad, costos y proyectos de inversión.
- Contar con los conocimientos para interactuar con equipos de desarrollo de software.
- Comprender las normas de seguridad que involucra el equipamiento en la ingeniería biológica.

Las áreas de desempeño profesional y de investigación de las que podrán participar los futuros profesionales que genere este plan de estudios serán, entre otras, las siguientes:

- Biomecánica.
- Bioinstrumentación.
- Señales e Imágenes Biológicas.
- Agroindustrial.

1.4 Título

Se expedirá el título de Licenciado en Ingeniería Biológica. El estudiante habrá satisfecho las condiciones académicas para recibir dicho título si cumple con todos los requisitos siguientes:

- Reunir el mínimo de créditos por área de formación, actividades integradoras y grupo de áreas según se establece en el capítulo correspondiente.
- Haber aprobado la pasantía o formación equivalente.
- Haber aprobado la Tesina de licenciatura.

- \* Reunir un total de créditos mínimo de 360.
- \* Tener su currículo (perfil) aprobado por la Comisión de Carrera.

**Ingreso**

Se espera que los estudiantes que ingresen cuenten con una formación científica básica.

**3. Organización institucional**

De acuerdo a lo establecido en la ordenanza de grado, la carrera contará con una comisión de carrera integrada por miembros de los tres órdenes, que estará a cargo de la implementación del plan de estudios y de su seguimiento.

Asimismo, se contará con la figura del Director de Carrera, que será elegido en base a los criterios establecidos en la ordenanza.

**4. Estructura del plan de estudios**

La propuesta en particular, se trata de una formación universitaria, de 8 semestres de duración, cuyo diseño se ajusta a las orientaciones de la Ordenanza de Grado.

El plan se estructura en torno a cursos semestrales. Se establece un sistema de créditos y áreas de formación. El plan de estudios se organiza en grandes áreas de formación que corresponden a un sector de conocimiento de la ciencia, sus aplicaciones o actividades integradoras (proyectos, talleres, trabajos especiales, pasantía).

La unidad de medida del avance y fin de la carrera es el crédito, que tiene en cuenta las horas de trabajo requeridas por una unidad curricular para su adecuada asimilación, incluyendo en estas horas las que corresponden a clases, trabajo asistido y trabajo estrictamente personal. Un crédito equivale a 15 (quince) horas de trabajo.

Duración	8 semestres
Estructura organizativa básica	Semestral
Créditos mínimos	360

Cuadro Tabla 1: Carrera de Licenciado en Ingeniería Biológica.

El currículo es semiabierto. La existencia de mínimos por área de formación y por grupo de áreas brinda diferentes niveles de flexibilidad, tal como se explica más adelante.

En el Anexo A.4 se muestra, a modo de ejemplo, una posible implementación y se estiman los créditos optativos y requeridos por área de formación.

**4.1 Desarrollo del trayecto académico**

El estudiante tiene la posibilidad de elegir, a partir de un menú de electivas, actividades curriculares específicas que definan su orientación profesional.

Se prevé la existencia de un Tutor para cada estudiante que actuará en coordinación con la Comisión de Carrera en aquellas situaciones en las que se requiera un nexo entre las inquietudes de los alumnos y la amplia variedad de aspectos involucrados en el tránsito hacia la vida profesional. Dicho tutor apoyará al estudiante en la conformación de su perfil profesional y concentrará todas las dudas referentes a la inserción laboral de los alumnos, sus pasantías supervisadas y su tesina de grado. Se mantendrá en permanente contacto con los alumnos que buscan sus pasantías, con las empresas que buscan sus pasantes y con los docentes de las asignaturas relacionadas.

La metodología de enseñanza estará fuertemente orientada a la resolución de problemas, por lo cual en todos los años de la carrera se

realizarán talleres, seminarios y proyectos en los cuales los estudiantes integran conocimientos de diferentes áreas. Un eje central de esta propuesta lo conformarán las asignaturas integradoras, por ejemplo los Proyectos de Ingeniería Biológica, los cuales serán cursados por el estudiante todos los años y en los cuales se enfrentará a problemas que integren los conocimientos aprendidos en el propio año.

Las áreas de especialización se instrumentan en los llamados perfiles, que son conjuntos de asignaturas electivas técnicas con una coherencia temática dentro de las áreas mencionadas, y que imponen algunos requisitos de créditos mínimos. La descripción detallada y un ejemplo de implementación de alguno de dichos perfiles se encuentran en los Anexos.

En el último semestre (octavo) el estudiante deberá realizar una tesina cuyo alcance le permita adquirir conocimiento del estado del arte en alguna sub-área de la Ingeniería Biológica, mediante la resolución de un problema. El mismo debe ser, en lo posible, una aplicación de la Ingeniería Biológica en nuestro medio, adecuada a la formación y experiencia de los estudiantes. Es deseable que se trate de un problema semiabierto, en el sentido de que admita un conjunto de soluciones factibles, a ser evaluadas por los estudiantes.

El diseño ordena el conjunto de unidades curriculares en tres grupos de áreas en el marco de las cuales se organizan los distintos cursos. Estos grupos son: formación básica, fundamentos de ingeniería, y formación profesional integrada. A ello se le suma un conjunto de actividades integradoras como la elaboración de la tesina de fin de carrera, y el desarrollo de actividades de inserción social, como pasantías en hospitales, empresas y centros de investigación.

**4.2 Descripción de las áreas de formación y sus agrupamientos.**

Los grupos de áreas de formación se describen como:

**Formación Básica.** Incluye ciencias exactas y naturales donde el estudiante deberá aprender las herramientas básicas de la matemática, física y química que permitan realizar el modelado y simulación de sistemas biológicos complejos. También incluye ciencias biológicas donde el estudiante adquirirá los conocimientos elementales de biología, anatomía y fisiología, que permitan una comprensión básica del funcionamiento de los diversos sistemas biológicos.

**Formación Tecnológica Fundamental:** El estudiante deberá desarrollar conocimientos básicos en las diversas áreas de la ingeniería, que estén involucradas en la ejecución de la solución de un problema biológico. Algunos conocimientos básicos en esta categoría son: teoría de circuitos, mecánica de fluidos, física de materiales, procesamiento de señales.

**Ingeniería y Sociedad.** El estudiante deberá desarrollar habilidades que permitan su inserción en la sociedad. Deberá trabajar en los aspectos sociales, éticos, asistenciales, legales y ambientales de su profesión. Se prevé que el estudiante realice actividades de extensión universitaria.

**Formación Tecnológica.** Son las que conformarán la orientación profesional de los estudiantes. Serán unidades curriculares mayormente electivas que contribuirán a la introducción del estudiante en una de las áreas de desempeño de la Ingeniería Biológica: "Biomecánica", "Bioinstrumentación", "Señales e Imágenes Biológicas" y "Agroindustria", entre otras.

**Formación profesional integradora.** El futuro profesional deberá realizar tareas que integren varios conocimientos de diversos ámbitos de la ingeniería, así como también interactuar con la biología, la medicina y la veterinaria, entre otras. También se deberán desarrollar otro tipo de habilidades como la de gestión de proyectos, la capacidad de iniciativa y el manejo de los aspectos económicos y sociales de la profesión. Se hace imprescindible entonces contar con actividades integradoras, donde el estudiante combine las habilidades mencionadas anteriormente para la solución de un problema concreto. Estas actividades se realizarán en forma de pasantías, talleres y proyectos, culminando en la tesina de licenciatura.

En la siguiente tabla se explicitan los mínimos por grupo de áreas y los mínimos de las áreas de formación.

Grupo	Área de Formación	Créditos Mínimos
Formación básica	Matemática	60
	Física	30
	Química	10
	Informática	20
	Biología	15
	Mínimo del grupo	150
Formación tecnológica fundamental	Señales y sistemas	15
	Procesamiento de señales	15
	Ingeniería Eléctrica	5
	Ingeniería Biológica	20
	Control	5
	Ingeniería Mecánica	0
Mínimo del grupo	70	
Ingeniería y sociedad	Ciencias Sociales	4
	Ingeniería Industrial	4
	Mínimo del grupo	10
Formación tecnológica	Unidades curriculares tecnológicas	25
Formación profesional integradora	Tesis/Proyectos/Pasantía	25
	Mínimo del grupo	60
Mínimo para titulación		360

Tabla 2: Créditos mínimos por área de formación.

### Áreas de formación básica

#### Matemática

La matemática introduce al estudiante desde los comienzos de su carrera en el razonamiento abstracto y desarrolla metodologías de trabajo esenciales para su formación. Aporta las herramientas necesarias para comprender otras asignaturas técnicas. En la carrera de Licenciado en Ingeniería Biológica esto es particularmente importante, por lo que las asignaturas correspondientes se continuarán desarrollando más allá de los primeros años de la carrera.

Algunos de los temas que pueden integrarse en las unidades temáticas del área son:

- \* Álgebra lineal.
- \* Cálculo diferencial e integral en una y varias variables.
- \* Funciones de variable compleja.
- \* Ecuaciones diferenciales.
- \* Probabilidad y estadística.
- \* Transformadas integrales.
- \* Métodos numéricos
- \* Optimización.

#### Física

Los cursos de Física tienen el objetivo de desarrollar la intuición sobre los fenómenos físicos y la capacidad de modelizar la realidad tanto cualitativa como cuantitativamente. Algunos de estos cursos proveen además los conocimientos básicos de electromagnetismo sobre los que se basa la mayor parte de las técnicas de la Ingeniería Eléctrica necesarias para esta carrera.

Algunos de los temas que pueden integrarse en las unidades temáticas del área son:

- \* Magnitudes y propagación de errores.
- \* Mecánica

- \* Termodinámica.
- \* Electromagnetismo.
- \* Física moderna.
- \* Biofísica.

#### Química

Su objetivo en la formación es brindar los conocimientos básicos de Química para la interpretación de las propiedades y comportamiento de la materia.

Ejemplo de los temas que incluye:

- \* Química orgánica.
- \* Bioquímica.
- \* Físicoquímica.

#### Biología

La finalidad de la formación biológica básica es brindar una comprensión elemental de los procesos involucrados en los sistemas biológicos. Esta comprensión es necesaria tanto para colaborar en el modelizado y la simulación de sistemas, como para el desarrollo de soluciones tecnológicas que tengan que integrarse con un sistema biológico.

Algunos de los temas que integrarán esta área:

- \* Anatomía.
- \* Fisiología.
- \* Biología celular y molecular.
- \* Patología.
- \* Biología computacional.

#### Informática

Las principales finalidades que debe cumplir esta área de formación son por una parte transmitir el concepto de un sistema informático como conjunto de elementos materiales y lógica almacenada, organizado en distintos niveles, y capaz de adaptarse a la resolución de diversos problemas. Por otra parte, brindar una formación en el manejo de sistemas informáticos que incluya herramientas mínimas como el manejo de un lenguaje de programación y el conocimiento de algún sistema operativo. Finalmente consolidar esta formación a través de la resolución de problemas mediante programación con las herramientas adquiridas, poniendo especial énfasis en la claridad del código, su modularidad y su reutilización en otras aplicaciones como estilo de trabajo.

Algunos de los temas que integrarán esta área:

- \* Programación estructurada.
- \* Programación de sistemas de tiempo real.
- \* Programación orientada a objetos.
- \* Arquitectura de Sistemas.
- \* Algoritmos y estructuras de datos.
- \* Sistemas Operativos.

#### Áreas de formación tecnológica fundamental

##### Señales y sistemas

Esta área de formación comprende algunos temas básicos para todas las ramas de la Ingeniería Biológica. Son herramientas tradicionalmente asociadas con la Ingeniería Eléctrica. Está formada en su mayoría por asignaturas comunes para todos los estudiantes de la carrera.

El objetivo de esta área de formación es brindar los modelos de componentes básicos, las herramientas analíticas para el estudio de los sistemas lineales, continuos y discretos, y las técnicas de medida que permiten contrastar los modelos con la realidad.

Algunos ejemplos de los temas que integran las asignaturas de esta área de formación

- \* Componentes elementales.
- \* Métodos de resolución de circuitos.
- \* Realimentación y estabilidad.

- \* Muestreo y procesamiento digital. Procesos estocásticos.
- \* Funciones de sistema.
- \* Análisis de Fourier de señales analógicas e discretas.

### Procesamiento de señales

Esta área comprende algunos temas básicos del procesamiento de señales, tanto desde el punto de vista analógico como del digital, incorporando dos abordajes:

- a) la adquisición y el procesamiento de señales para extraer una información deseada a priori y
- b) la interpretación de la naturaleza de un proceso físico basada en la observación de una señal o en la observación de como el proceso altera la señal.

El objetivo fundamental de esta área consiste en desarrollar herramientas específicas en aquellos abordajes insertando dentro de la realidad que imponen los sistemas biomédicos y biológicos. Para este fin la Teoría de señales y todos los fundamentos del procesamiento de señales deben ser puestos a prueba sobre eventos biológicos concretos.

Esta área incluye temas tales como:

- \* Reconocimiento de patrones.
- \* Tratamiento estadístico de señales.
- \* Procesamiento de señales biológicas.
- \* Tratamiento de imágenes.

### Ingeniería Eléctrica

Esta área tiene dos objetivos fundamentales: estudiar la operación de dispositivos semiconductores elementales y algunas de sus aplicaciones a circuitos analógicos y digitales de mayor escala, así como estudiar los sistemas digitales de procesamiento de información basados en microprocesadores y/o microcontroladores.

Ejemplos de los temas incluidos en las unidades temáticas de esta área son:

- \* Modelos de los dispositivos electrónicos elementales: diodo, transistor bipolar, transistor de efecto de campo.
- \* Aplicación de estos dispositivos a funciones de amplificación y generación de formas de onda.
- \* Aspectos eléctricos de los circuitos integrados analógicos y digitales: modelo de amplificadores operacionales y familias lógicas.
- \* Introducción a las medidas eléctricas.
- \* Diseño de circuitos integrados.
- \* Análisis, síntesis y técnicas de implementación de circuitos combinatorios y secuenciales.
- \* Operación, arquitectura y software de base de sistemas basados en microprocesador.
- \* Sistemas basados en procesadores digitales de señales (DSP).

### Ingeniería Mecánica

Su objetivo es brindar conocimientos que permitan la comprensión de la operación de los dispositivos mecánicos sin entrar en aspectos de diseño. Estos dispositivos actúan en directa vinculación con dispositivos eléctricos o electrónicos en muchos sistemas. Por lo tanto esta área complementará la formación de algunos perfiles de egresados de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Biológica.

Algunos de los temas que integran esta área son:

- \* Mecánica de los Medios Continuos, en particular Mecánica de los Fluidos
- \* Mecánica Aplicada.
- \* Mecánica computacional.

### Control

En esta área se estudia un conjunto de técnicas orientadas a analizar el comportamiento de sistemas dinámicos y a sintetizar

sistemas cuyo comportamiento cumpla con especificaciones predeterminadas. El objetivo de esta área de formación es la adquisición por parte del estudiante de conceptos fundamentales que le permitan obtener modelos matemáticos sencillos de procesos físicos, usar técnicas de control realimentado para analizar su comportamiento y diseñar controladores para estos procesos.

Comprende en su temática:

- \* Técnicas y características de control realimentado.
- \* Control óptimo.
- \* Control no lineal.

### Ingeniería Biológica

Esta área comprende el conjunto de tecnologías aplicadas que surgen en la intersección entre Biología, Biomedicina e Ingeniería. La motivación principal es la interacción multidisciplinaria con médicos y biólogos para generar nuevos métodos de diagnóstico y de análisis, así como colaborar en la evaluación de tecnología biomédica en centros asistenciales. La columna vertebral es el maridaje entre fisiología y ciencias de la ingeniería, tratando de explicar cada fenómeno biológico desde un punto de vista de la ingeniería, modelizando en forma analítica y numérica cada sistema de forma tal que la experimentación "in silico", "in vitro" e "in vivo" se encuentre perfectamente regida por leyes físicas matemáticas identificables tras su ecuación diferencial o proceso estocástico subyacente. Este abordaje permite pasar a ver como ese sistema biológico o fisiológico puede ser medido a través del desarrollo de la técnica de medición correspondiente sea invasiva o no invasiva. Se dedicará una parte sustantiva a la validación de equipamiento biomédico según las normas internacionales en laboratorios de investigación. Una vez comprendido el principio fisiológico, se analizará el proceso patológico correspondiente y las herramientas de diagnóstico precoz integrando todo el contenido curricular impartido. Finalmente se desarrollarán conceptos de asistencia y tratamiento como prótesis, órganos artificiales, interfaz cerebro computadora, entre otros.

Esta área incluye temas tales como:

- \* Ingeniería de los sistemas de salud.
- \* Instrumentación biomédica.
- \* Sensores y acondicionadores de señal.
- \* Modelización y simulación numérica de sistemas biológicos.
- \* Diagnóstico por imágenes.
- \* Fisiología Cuantitativa.
- \* Fisiopatología.
- \* Biomecánica.
- \* Órganos artificiales y prótesis.

### Formación Tecnológica

En esta área se incluyen las siguientes unidades temáticas, que profundizan el tratamiento de algunos de los temas descriptos, a elección del futuro egresado con el asesoramiento de su Tutor y de la Comisión de Carrera:

- \* Biomecánica.
- \* Bioinstrumentación
- \* Señales e Imágenes Biológicas
- \* Agroindustria.

### Actividades Integradoras

La principal de estas actividades será un proyecto distribuido a lo largo de toda la carrera que culmina con la tesis final de la carrera. Durante las diferentes etapas del proyecto el estudiante deberá encarar problemas de complejidad adecuada a la formación que disponga en cada momento.

Se incluyen en esta área otras instancias de prácticas de ejercicio de Ingeniería como pasantías o módulos de taller.

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA BIOLÓGICA**

**ANEXOS AL PLAN DE ESTUDIOS**

**Contenido**

**Ingeniería y Sociedad**

**Ciencias Sociales:**

La finalidad de esta área de formación es dar al licenciado una visión que le ayude a comprender el entorno social, económico y del medio ambiente en que se inserta la profesión y los efectos de su acción sobre ese entorno. Aportará además el conocimiento de la existencia de otras herramientas para comprender y encarar estos problemas.

Comprende temas como:

- \* Implicancias sociales de la tecnología
- \* Sociología.
- \* Economía.
- \* Ética

**Ingeniería industrial:**

Esta área de formación trata de los aspectos de organización, económicos, sociales, ambientales y de gestión de los sistemas de producción de bienes y servicios, que apoyan la toma de decisiones.

Su objetivo en la Licenciatura de Ingeniería Biológica es sensibilizar en la problemática vinculada a los mencionados aspectos de un sistema de producción y mostrar la existencia de metodologías sistemáticas para su abordaje. Si bien la estructura de este plan de estudios permite la organización de currículos en que esta área de formación trate con mayor amplitud, se considera que la mayor parte de los licenciados deberán profundizar su formación en estos temas en estudios posteriores al grado.

Incluye temas como:

- \* Legislación y Relaciones Industriales.
- \* Higiene y seguridad industrial.
- \* Costos y administración.
- \* Gestión Empresarial

**5. Orientación pedagógica**

La orientación pedagógica de la licenciatura se estructura en torno a varios principios fundamentales: interdisciplinariedad, aprendizaje orientado a problemas y colaboración.

El foco de la enseñanza debe estar en la formación del pensamiento crítico, la capacidad de análisis, la integración de conocimientos y el rigor metodológico. Esto debe estar soportado sobre pilares sólidos de conocimientos en ciencias básicas y en la aplicación del método científico. Al mismo tiempo, no se debe dejar de lado el incentivo de la imaginación, la creatividad y la proactividad, como herramientas fundamentales para la creación de soluciones originales a problemas complejos.

Esta carrera incentivará desde el inicio el uso de nuevas tecnologías para afrontar los diferentes desafíos que se presentan debido a los condicionantes geográficos.

**Introducción**

En este documento se describe una posible implementación de la Licenciatura en Ingeniería Biológica. Se propone un posible conjunto de asignaturas que permita garantizar la formación necesaria a los estudiantes, y al mismo tiempo que utilice los recursos disponibles actualmente en la UDELAR. Con el desarrollo académico del CENUR, incluyendo la instalación de nuevos grupos de investigación dentro del programa Polos de Desarrollo Universitario, aparecerán asignaturas nuevas y recursos humanos para modificar la implementación concreta de la carrera en años subsiguientes, siempre respetando el Plan de Estudios aprobado.

La organización del documento es la siguiente:

En el Anexo A.1 se propone una posible implementación de la carrera, especificando los créditos sugeridos por materia. También se da una aproximación de la cantidad de créditos opcionales.

- \* En el Anexo A.2 se enumeran las posibles asignaturas, junto con los créditos asignados a las mismas, agrupadas por área de formación.
- \* En el Anexo A.3 se describen brevemente los programas de algunas de las asignaturas propuestas.
- \* En el Anexo A.4 se propone una posible asignación de semestres para cada una de las asignaturas propuestas.
- \* En los Anexos A.5, A.6 y A.7 se describen los perfiles "Señales e imágenes biológicas", "Biomecánica" y "Bioinstrumentación", respectivamente, definiendo las competencias profesionales de los perfiles, y las posibles asignaturas que los conformarían.

**A.1. Créditos sugeridos por materia**

Grupo	Materia	Créditos mínimos
Formación básica	Matemática	85
	Física	30
	Química	15
	Informática	22
	Biología	26
	Total	178
Formación complementaria	Ingeniería y sociedad	80
	Ingeniería industrial	8
	Total	4
Formación tecnológica	Asignaturas tecnológicas	12
	Actividades integradoras (tesis+talleres + pasantía)	40
	Total	50
<b>TOTALES</b>		<b>360</b>

Tabla 1: Ejemplo de distribución de créditos por materia en una posible implementación.

Créditos según tipo	Tipo de créditos	Porcentajes
Obligatorios	270	75
Cursos	220	60
Actividades integradoras	50	15
Opcionales	90	25
De áreas específicas	54	15
De distribución flexible	36	10
<b>TOTAL</b>	<b>360</b>	<b>100</b>

Tabla 2: Carrera de Licenciado en Ingeniería Biológica.

**A.2. Asignaturas y créditos propuestos**

Se presenta una matriz de las posibles asignaturas a impartir (obligatorias y electivas) agrupadas según cada una de las materias definidas.

Materia	Asignatura	Créditos
Matemática	Cálculo I	16
	Cálculo II	16
	Metodos numéricos	10
	Geometría y álgebra lineal I	12
	Geometría y álgebra lineal II	12
	Introducción a la probabilidad y la estadística	10
	Matemática discreta I	6
	Ecuaciones diferenciales	10
Física	Física I	10
	Física II	10
	Física III	10
Programación	Programación I	10
	Programación orientada a objetos	10
	Algoritmos y estructuras de datos	10
Química	Química 1	7
	Química 2	8
Biología	Biología 1	10
	Biología 2	6
	Fisiología	7
Señales y sistemas	Señales, sistemas y circuitos I	10
	Señales, sistemas y circuitos II	10
	Procesamiento analógico de señales I	10
	Procesamiento digital de señales I	10
Ingeniería Eléctrica	Procesamiento analógico de señales II	10
	Laboratorio y Medidas	10
Procesamiento de Señales	Reconocimiento de patrones	6
	Tratamiento estadístico de señales	8
	Procesamiento de señales biológicas	8
	Tratamiento estadístico de señales	8
	Tratamiento de imágenes por computadora	10
	Biomecánica	8
Otros electivos	Órganos artificiales y prótesis	8
	Física médica	8
	Informática médica y bioestadística	8
	Biomateriales	8
	Biotecnología	8
	Bioinformática	8
	Ingeniería de los sistemas de salud	8
	Instrumentación biomédica	11
	Sistemas de diagnóstico por imágenes	11
	Modelización de sistemas biológicos	8
	Temas de Ingeniería Biológica	8
	Temas avanzados de Ingeniería Biológica	8
Ingeniería Biológica	Fisiología Cuantitativa	8
	Seguridad Eléctrica de equipos biomédicos	8
	Ingeniería Biomédica I	8
	Seminario de Ingeniería Biomédica	4
	Pasantía	10
Actividades integradoras	Tesina	25
	Proyecto de Ingeniería Biológica 1	4
	Proyecto de Ingeniería Biológica 2	5
	Proyecto de Ingeniería Biológica 3	6

Formación complementaria	Ingeniería Legal	4
	Epistemología y ética	4
	Prevención de riesgos	4

**A.3. Programa de los cursos propuestos**

A modo de ejemplo de una posible implementación, a continuación se presenta un resumen de los contenidos de alguno de los cursos propuestos, se hará énfasis en los cursos específicos de la carrera, ya que los cursos básicos de ciencias y de ingeniería comparten los programas con cursos existentes en otras carreras.

**Cursos de formación tecnológica fundamental**

Las materias de fundamentos de ingeniería se rediseñaron con respecto a sus equivalentes de Ingeniería Eléctrica de forma de ser más funcionales a la propuesta académica de esta carrera. Los conocimientos impartidos son equivalentes, pero cambia la organización dentro de las asignaturas. Las siguientes asignaturas caen en esa categoría:

- Señales, sistemas y circuitos I
- Señales, sistemas y circuitos II
- Procesamiento digital de señales I
- Procesamiento analógico de señales I
- Procesamiento analógico de señales II
- Laboratorio y medidas

Sus equivalentes en Ingeniería Eléctrica son:

- Diseño Lógico I
- Introducción a los microprocesadores
- Sistemas lineales I y 2
- Medidas eléctricas
- Electrónica I
- Muestreo y procesamiento digital

Posiblemente en una primera edición de la carrera se utilicen directamente alguna de las existentes.

**Cursos y actividades integradoras**

**Proyectos de Ingeniería Biológica**

Los proyectos de ingeniería biológica son asignaturas integradoras que acompañan al estudiante durante toda la carrera. A medida que avance en la carrera el estudiante se enfrentará al desarrollo de proyectos orientados a atacar problemas, teóricos o prácticos, de complejidad creciente, que requieran la utilización de conocimientos provenientes de las diversas asignaturas que han visto hasta el momento. Asimismo se hará énfasis en el rigor metodológico necesario para llevar a cabo un proyecto de ingeniería. Estos proyectos conformarán 3 asignaturas distribuidas a lo largo de la carrera y la tesina de licenciatura será la culminación de este proceso.

**Proyecto de Ingeniería Biológica 1: "Seminario"**

Por tratarse de uno de los primeros cursos, donde el estudiante todavía no maneja tantas herramientas, la modalidad será más bien pasiva. El estudiante recibirá charlas de diferentes profesionales, mostrando aplicaciones integradoras de los diferentes áreas. El estudiante deberá realizar una monografía sobre alguna de las charlas que haya sido de su interés profundizando en el tema a desarrollar.

**Proyecto de Ingeniería Biológica 2: "Taller de Proyecto"**

En esta asignatura el estudiante se enfrentará a la resolución de un problema planteado por los docentes, el cual tendrá restricciones de tiempo, de requisitos tecnológicos y económicos. Los estudiantes deberán trabajar en equipo para desarrollar la mejor solución que cumpla todos los requisitos planteados.

**Proyecto de Ingeniería Biológica 3: "Emprendedurismo"**

Esta es una asignatura que busca desarrollar habilidades y competencias no técnicas consideradas claves en la formación integral de un ingeniero. Estas habilidades y competencias son:

- 1. La capacidad de interacción con actores socioeconómicos del país para identificar problemas y buscar soluciones a los mismos.

- \* Las habilidades emprendedoras.
- \* La capacidad de buscar soluciones creativas y la capacidad de desarrollar proyectos en equipos.

Esta asignatura puede ser entendida como una inmersión al emprendedurismo, con un énfasis especial en la búsqueda de **problemáticas** insatisfechas en sectores socio económicos específicos del país. La metodología de aprendizaje consiste en el desarrollo de un **proyecto** de emprendimiento, desde la detección de necesidades hasta la elaboración de una idea de negocio que haga viable la solución de los problemas detectados. Los estudiantes trabajan en equipos de seis personas. Como resultado, se espera que cada grupo desarrolle un plan de negocios primario que incluya un análisis del mercado, una descripción de la solución propuesta y la tecnología asociada, un pre-proyecto de ingeniería para la construcción de un prototipo y una estimación de las necesidades financieras para dar inicio al emprendimiento.

De esta forma, se busca contribuir a la formación de profesionales pro-activos con capacidad de generar emprendimientos y buscar soluciones creativas a las necesidades del mercado, convirtiéndose en agentes de innovación y generación de riqueza.

**Nota:** esta asignatura es una réplica casi exacta de la asignatura "Labor Encararé" del III.

### Cursos de especialización

#### MODELIZACIÓN DE SISTEMAS BIOLÓGICOS.

**tenido:** Diferencias entre modelos en Ingeniería y en Ciencias Biomédicas. Normas para la modelización en las Ciencias Biomédicas. Recomendaciones N.I.H. Conceptos Básicos de Sistemas. Aprendiendo a Modelar Sistemas. Ejemplos que involucren conceptos de Modelos Elementales. Métodos Gráficos. Optimización. Métodos Estocásticos. Ecuaciones Diferenciales. Métodos Analíticos. Métodos Numéricos. Estabilidad. Modelización cualitativa. Introducción a la Simulación. Simulación de procesos discretos. Simulación de procesos continuos. Tecnologías adicionales de simulación. Modelización de un material Biológico. Modelización de la sangre. Comportamientos lineales, no lineales y bifásicos. Influencia del hematocrito. Hemoreología. Modelización en cardiología y neurología. Modelización de datos clínicos. Modelización de datos clínicos.

#### SISTEMAS DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES

**Contenido:** Tópicos del procesamiento y análisis digital de imágenes. Arquitectura de un sistema artificial de imagen. Sistemas de imágenes en la Ingeniería Biomédica: ultrasonido, rayos X, medicina nuclear tomografía computada, angiografía, resonancia magnética (se brindarán bases físicas, aplicaciones clínicas, tecnología moderna). Transmisión y almacenamiento de imágenes médicas.

#### BIOMECÁNICA

**Contenido:** Introducción a la biomecánica; definición y alcances. Conceptos físicos y de materiales básicos aplicados a la biomecánica. Propiedades de los materiales biológicos. Comportamiento de la sangre y biomecánica arterial. Biomecánica cardíaca. Propiedades mecánicas del hueso y lesiones producidas por su falla; locomoción y marcha. Tejido artificial e ingeniería en tejidos.

#### FÍSICA MÉDICA

**Contenido:** Conceptos básicos de oncología y uso de las radiaciones en medicina. Interacción de la Radiación con la materia viva. Tamaño y crecimiento tumoral; proliferación celular de los tumores, organización celular y proliferación de los tejidos. Células clonogénicas y supervivencia celular. Exposición y dosificación. Equipamientos de radioterapia y dosímetros usados en radioterapia.

#### INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA BÁSICA

**Contenido:** Introducción a la instrumentación biomédica y conceptos básicos de circuitos asociados. Electrofisiología: electrodos, electrocardiografía y el electrocardiógrafo. La desfibrilación y el desfibrilador. Estimulación biológica, marcapasos. Cardiovascular

y equipamiento asociado: transductores, medición de la presión sanguínea, medición de las dimensiones cardíacas, medición de flujo. Respiratorio y equipamiento asociado: mediciones en el sistema respiratorio, medición de flujo, medición de volumen. Medición de la concentración de gases, medición automática de la función pulmonar.

#### INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA AVANZADA

**Contenido:** Electromiografía, Electroencefalografía y Potenciales Evocados. Equipamiento en Neonatología. Organización y funcionamiento de las áreas críticas neonatales. Bombas de infusión. Electrobisturi. Monitorización ambulatoria de electrocardiograma y presión. Respiradores. Anestesia. Espectrofotómetros. Contadores hematológicos, analizadores de gases en sangre. Equipos de diálisis

#### INGENIERIA DE LOS SISTEMAS DE SALUD

**Contenido:** Sistema Nacional de Salud; definiciones, organización pública y privada. La ingeniería biomédica y la ingeniería clínica. Proyecto de equipamiento electromédico. Selección de tecnología electromédica. Instalaciones termomecánicas y eléctricas en centros de salud. Seguridad eléctrica en instalaciones Hospitalaria. Esterilización. Control de calidad en medicina nuclear. Radioprotección. Neonatología.

#### ÓRGANOS ARTIFICIALES Y PRÓTESIS

**Contenido:** Fisiopatología cardíaca, renal, osteoarticular. Asistencia circulatoria, nuevos desarrollos y aplicación clínica. Avances terapéuticos en fallas cardíacas. Dispositivos de asistencia ventricular. Prótesis óseas, ingeniería en rehabilitación. Electromiografía, electroencefalografía y potenciales Evocados. Riñón artificial - maquinas de diálisis.

#### INFORMÁTICA MÉDICA Y BIOESTADÍSTICA.

**Contenido:** Introducción a la Informática para profesionales de la salud. Bases de datos en medicina. Redes de computadoras y telemedicina. Gerenciamiento de proyectos informáticos. Ciencias de la decisión en medicina. Tópicos avanzados en Informática Médica (interfaces, inteligencia artificial, etc.). Modelización de datos clínicos. Estadística. Ajuste de los modelos a datos experimentales. Regresión logística. Ensayos clínicos randomizados. Estimación de la función de supervivencia. Riesgo. Odds Ratio. Modelos paramétricos. Modelo de Riesgo proporcional de Cox. Base de Datos Clínicos.

#### PROCESAMIENTO DE SEÑALES E IMÁGENES BIOLÓGICAS

**Contenido:** Modelos perceptuales de la visión. Adquisición de imágenes. Mejoramiento. Segmentación. Registrado. Aplicaciones: realidad aumentada para planificación de cirugías, segmentación de imágenes para análisis histológico, reconstrucción tridimensional de órganos, aplicaciones interactivas de rehabilitación.

#### A.1. Plan por semestres

A continuación se describe un plan tentativo para la implementación inicial de la carrera. En pro de aprovechar al máximo los recursos existentes, se propone comenzar la implementación aprovechando la mayor cantidad de asignaturas posibles de la región. Asimismo, para las primeras generaciones de estudiantes, se prevé implementar únicamente un par de perfiles de los 4 propuestos.

Las asignaturas están divididas por semestres, y en cada caso se identifica si se trata de una asignatura existente y de qué dependencia proviene, o si se trata de una nueva. Las siglas de las instituciones son las siguientes:

- CIO-CT: Ciclo Inicial Oportivo - Ciencia y Tecnología, con sede en Regional Norte, Salto.
- FCH-N: Facultad de Ciencias.
- CIO-MAT-2do: Segundo año del CIO, opción matemática, con sede en Regional Norte, Salto.

- \* CIO-Bio -2do: Segundo año del CIO, opción Biología, sede en Regional Norte, Salto.
- \* Químico Agrícola: carrera del Polo Agrario, Facultad de Agroalimentario de Paysandú.
- \* IIE: Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería.

La carrera cuenta con asignaturas optativas de formación básica en las cuales el estudiante puede elegir profundizar diferentes áreas de formación y con asignaturas electivas técnicas que conforman la especialización del profesional a egresar.

Este plan es tentativo, y dependerá de la disponibilidad de asignaturas en cada una de las carreras al momento de la implementación.

**Primer semestre**

- \* Curso introductorio a la Universidad (CIO-CT)
  - \* Geometría y Álgebra Lineal 1 - 12 créditos (CIO-CT)
  - \* Cálculo 1 - 16 créditos (CIO-CT)
  - \* Física 1 - 10 créditos (CIO-CT)
  - \* Introducción a la Biología 1 - 10 créditos (CIO-CT, remota FCIEN)
- Total: 48 créditos

**Segundo semestre**

- \* Geometría y Álgebra Lineal 2 - 9 créditos (CIO-CT)
  - \* Cálculo 2 - 16 créditos (CIO-CT)
  - \* Física 2 - 10 créditos (CIO-CT)
  - \* Introducción a la Biología 2 - 6 créditos (CIO-CT)
  - \* Proyecto de Ingeniería biológica 1 - 4 créditos (nueva)
- Total: 45 créditos

**Tercer semestre**

- \* Química 1 (CIO-CT): 7 créditos
  - \* Probabilidad y estadística - 10 créditos (CIO-MAT 1do)
  - \* Biofísica - 5 créditos (CIO-Bio 2do, remota)
  - \* Proyecto de Ingeniería biológica 2: 5 créditos (nueva)
  - \* Programación 1 - 10 créditos (CIO-CT, segundo) (nueva)
  - \* Prevención de riesgo, 4 (CIO-CT)
  - \* Física 3: 10 (Químico Agrícola)
- Total: 51 créditos

**Cuarto semestre**

- \* Ecuaciones diferenciales - 10 créditos (CIO-MAT 2do)
  - \* Métodos numéricos - 10 créditos (CIO-MAT 2do)
  - \* Programación 2: 10 créditos (tecnólogo)
  - \* Señales y Sistemas 1: 10 créditos (nueva o Sistemas 1 locales, 2 del IIE)
  - \* Optativa básica 1: 10 créditos (A elegir entre asignaturas básicas de Ing. Eléctrica, informática o ciencias básicas)
  - \* Química 2: 8 créditos (CIO-CT)
- Total: 48 créditos

**Quinto semestre**

- \* Fisiología Cuantitativa (Nueva, Arriental) o Fisiología y anatomía - 10 créditos (Biología animal, CIO-Bio 2do)
  - \* Señales y Sistemas 2: 10 créditos (nueva o Sistemas 1 locales, 2 del IIE)
  - \* Epistemología y Ética: 4 créditos (nueva)
  - \* Electrónica Digital: 10 créditos (Diseño lógico, IIE)
  - \* Actividades de formación integral 1: 5 créditos
  - \* Ingeniería Legal y Gestión Ambiental: 4 créditos
- Total: 43 créditos

**Sexto semestre**

- \* Medidas eléctricas: 10 créditos (Medidas Eléctricas, IIE)
  - \* Procesamiento analógico de señales 1: 10 créditos (Electrónica I, IIE)
  - \* Procesamiento digital de Señales 1: 10 créditos (Muestras, IIE)
  - \* Proyecto de ingeniería biológica 3: 6 créditos (nueva)
  - \* Control: 10 créditos, (Int. a la teoría de control, IIE)
- Total: 46 créditos

**Séptimo semestre**

- \* Optativa básica 1: 10 créditos (A elegir entre asignaturas básicas de Ing. Eléctrica, informática o ciencias básicas)
  - \* Optativa básica 2: 8 créditos (A elegir entre asignaturas básicas de Ing. Eléctrica, informática o ciencias básicas)
  - \* Electiva 1: 8 créditos
  - \* Electiva 2: 8 créditos
  - \* Actividades de formación integral 2: 5 créditos
- Total: 39 créditos

**Octavo semestre**

- \* Electiva 3: 8 créditos
  - \* Electiva 4: 8 créditos
  - \* Tesis / Proyecto de Ing. Biológica 4: 25 créditos
- Total: 41 créditos

**A.3: Perfil en señales e imágenes biológicas.**

El objetivo de este perfil es formar profesionales con capacidad de entender y procesar señales biológicas.

Se entiende por señal biológica cualquier magnitud mecánica o eléctrica, medible directa o indirectamente en un organismo vivo. Normalmente las señales con las que se trabaja son aquellas que tienen utilidad para comprender, detectar o diagnosticar algún tipo de patología o mejorar la comprensión del funcionamiento de algún sistema biológico complejo.

Desde el punto de vista matemático una señal es una función  $f$  que va de un dominio  $D$  en un conjunto  $R$ . Las señales biológicas se pueden clasificar desde varios puntos de vista:

1. La interpretación física del dominio  $D$  de la señal: el conjunto de salida puede representar una magnitud unidimensional como el tiempo o una magnitud vectorial como la ubicación espacial.
2. El número de dimensiones que tiene el espacio de llegada  $R$ : normalmente pueden tener entre 1 y 4 dimensiones, aunque recientemente se está trabajando en aplicaciones con señales de altas dimensiones (por ejemplo en Genómica).
3. El método de adquisición por el cual se obtienen. Puede ser un circuito electrónico conectado con electrodos, un equipo de resonancia magnética, un tomógrafo o sensores de presión para medir la respiración.

Como ejemplo, un ECG, es una señal eléctrica (voltaje) medido a lo largo del tiempo, mediante un circuito electrónico. Por lo tanto se trata de una magnitud escalar real que varía a lo largo del tiempo. De modo que es una señal unidimensional variable en el tiempo adquirida mediante un circuito electrónico conectado con electrodos al cuerpo. Las radiografías son ejemplos imágenes, es decir señales de dos dimensiones, adquiridas mediante el uso de rayos X.

Algunos ejemplos de aplicaciones de procesamiento de señales son las siguientes:

- \* Comprensión general de un sistema biológico: por ejemplo, realizar un modelo matemático del potencial de activación de una neurona y simular una red de estas para entender su comportamiento.
- \* Automatización de tareas. Mediante algoritmos "inteligentes" es posible automatizar todas las tareas de conteo y agrupamiento de eventos y entidades biológicas. Por ejemplo un electrocardiograma consta de 1 latido por segundo aproximadamente. En el correr de un día, un equipo de Holter captura 100.000 latidos fácilmente, que luego son analizados por el especialista. Usualmente el 80% de esos latidos son normales. Esta técnica se conoce como screening. Utilizando técnicas de reconocimiento de patrones es posible clasificar los latidos dejando de lado los normales y analizar solo los latidos patológicos concentrando así el trabajo intenso sobre el 20% de las muestras, que son las de interés.



- \* Planificación de intervenciones o dosificaciones de medicamentos mediante la medida de parámetros a partir de las señales biológicas es posible proveer a los profesionales, con una guía para ser más precisos en su accionar. Ejemplos de esto pueden ser la neuronavegación basada en imágenes o la cirugía asistida por algoritmos de imágenes.
- \* Procesamiento de imágenes satelitales para aplicaciones ergonómicas como prevención de inundaciones, y estimación de rendimiento de cultivos.
- \* Caracterización de propiedades de los materiales aplicada a alimentos mediante el procesamiento de señales de ultrasonido.
- \* Diagnóstico precoz de la arteriosclerosis mediante la caracterización de propiedades de la placa de ateroma.

El profesional deberá estar familiarizado con las técnicas usuales de adquisición de las señales más frecuentes y los problemas asociados a dichas técnicas. Aunque no sea directamente responsable de diseñar los sistemas de adquisición deberá poder comprenderlos e interactuar con ellos

**Campo de aplicación del egresado.**

Las formas de trabajo las podemos dividir esencialmente en tres, según el grado de innovación:

- \* Investigación
- \* Investigación y desarrollo
- \* Ejercicio profesional aplicado.

Por naturaleza y lo nuevo de la disciplina, la mayor parte de las aplicaciones de esta área caen dentro de las primeras dos categorías, pero en los últimos años se encuentran cada vez más aplicaciones industriales que caen dentro de la tercera categoría y esto es una tendencia que va al alza a nivel regional y mundial.

El tipo de proyectos en los cuales se puede desempeñar el profesional giran en torno al desarrollo de nuevos productos para la mejora del diagnóstico médico, el soporte a la investigación en biología mediante algoritmos de procesamiento de datos. Estos algoritmos podrán ser desarrollados por el propio profesional o elegidos entre soluciones existentes en paquetes de software.

También incluye la gestión de equipos multidisciplinarios de desarrollo de aplicaciones médicas o biológicas, y el control de calidad de las mismas.

**Asignaturas**

Los conocimientos sugeridos para un perfil de estas características son: instrumentación, tratamiento estadístico de señales, procesamiento de audio, procesamiento de imágenes, reconocimiento de patrones, programación avanzada y estructuras de datos, optimización, etc. En la Tabla 3 se describe una posible implementación del perfil utilizando las asignaturas actualmente planificadas.

Asignatura	Créditos
Procesamiento Avanzado de Señales	8
Procesamiento de Señales Biológicas	8
Procesamiento de Imágenes Biológicas	8
Modelos y Simulación de sistemas biológicos	8
Temas avanzados de Ingeniería Biológica	8
<b>Créditos mínimos</b>	<b>40</b>

Tabla 3: Asignaturas sugeridas para el perfil de señales e imágenes biológicas, a elegir de forma tal de cumplir con los créditos mínimos requeridos.

**A.6: Perfil en Biomecánica.**

El graduado de la Licenciatura en Ingeniería Biológica con la orientación Biomecánica Biotecnología y Biomateriales poseerá todas aquellas competencias básicas y comunes relacionadas con los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales que le permitan ejercer la

profesión con responsabilidad y espíritu crítico, así como participar en la investigación en estas áreas y en la docencia a nivel medio y superior.

Estara capacitado para identificar problemas de orden biológico e ingenieril, evaluarlos y proponer soluciones viables, mediante la utilización del método científico. Asimismo, deberá poseer conciencia crítica sobre la realidad natural y social en los ámbitos local, regional, nacional y global.

Los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la carrera le permitirán realizar actividades profesionales en la industria, en el ámbito social, en el sector de bienes y servicios, y en la investigación científica, y podrá colaborar con sus conocimientos en la resolución de problemas que requieran un trabajo multidisciplinario.

Las competencias teóricas, técnicas y metodológicas adquiridas le permitirán implementar adecuadamente las estrategias de aproximación al fenómeno u objeto de estudio propio del trabajo profesional e interactuar con profesionales de otras disciplinas para generar conocimientos, básicos y aplicados, que le permitan plantear y promover proyectos en el área de formación multidisciplinaria en el campo de los materiales, la biomecánica y la medicina regenerativa. El programa para esta especialización se basa en el estudio de los principales tipos de materiales utilizados en dominios médico-quirúrgicos y en el de prótesis.

Se pretende aportar los conocimientos básicos para estudiar el cuerpo humano como un mecanismo y así comprender su comportamiento mecánico. Asimismo se estudiarán las características y el comportamiento de los distintos materiales que forman parte del cuerpo así como aquellos materiales utilizados para reemplazos protésicos. Se estudiará en esta especialidad en detalle del funcionamiento de cada componente del aparato locomotor y de su conjunto y las distintas aplicaciones de la biomecánica: deportiva, ortosis, prótesis, osteosíntesis, reemplazos protésicos, ergonomía y seguridad vial.

Una de las subáreas de mayor aplicación de esta especialidad es la detección precoz de enfermedades (cardiovasculares sobre todo) a través herramientas de ultra resolución que permiten el diagnóstico y seguimiento de tales enfermedades a través de modelos y la simulación de los mismos. Estas subáreas incluye especialización en exploración funcional por ultrasonido, utilización de setup experimentales que mimican sistemas biológicos (corazón y arterias artificiales por ejemplo) y una fuerte formación ad-hoc en simulación numérica a través de técnicas de elementos y volúmenes finitos.

**Campo de aplicación del egresado.**

Problemas clínicos en el sistema cardiovascular como el análisis de válvulas para el corazón, circulación extracorporeal y máquinas de diálisis. La aterosclerosis ha sido también estudiada intensamente como un desorden hemodinámico debido a la localización de placas ateroscleróticas, directamente relacionadas con el flujo sanguíneo. El mayor avance desarrollado por la Biomecánica se encuentra asociado sin duda con la ortopedia y traumatología. Podemos citar los diseños de múltiples tipos de prótesis, ortosis y fijaciones, junto a evaluaciones de técnicas quirúrgicas. Uno de los campos que está adquiriendo un gran auge es el asociado a la biomecánica de impacto. Ella estudia las consecuencias del diseño del vehículo y de las posiciones de colisión en los accidentes de tráfico. Para ello se suelen utilizar sistemas multicuerpo y modelos de elementos finitos. Otro entorno de aplicación donde la Biomecánica está permitiendo un gran avance es el deportivo, mejorando los rendimientos, desarrollando técnicas de entrenamiento individualizadas y diseñando equipamiento de altas prestaciones. Son bien conocidas las investigaciones realizadas en los Centros de Alto Rendimiento para la mejora de la cinetodinámica de atletas, nadadores o ciclistas y el diseño de nuevas máquinas adaptadas a las características anatómicas y al desarrollo motor de un deportista concreto.

- \* La Biomecánica también proporciona herramientas para la mejora del proceso de rehabilitación de pacientes con anomalías asociadas, por ejemplo, a la marcha humana. Mediante la instrumentación adecuada es posible tipificar las anomalías y establecer programas terapéuticos personalizados a largo plazo.
- La implantología dental es otro importante campo de investigación, incidiéndose en el estudio de múltiples factores mecánicos del diseño del implante como la geometría, material, superficie, tensiones sobre el hueso, interferencias, etc.
- \* El estudio de la relación mecánica que el cuerpo humano sostiene con los elementos con los que interactúa (ergonomía) ha despertado un gran interés en los últimos años, destacando sobre todo el ámbito laboral y entornos para discapacitados. La Biomecánica facilita dicho estudio en aspectos tales como la mejora del funcionamiento y posicionamiento de las herramientas, de los movimientos y fuerzas desarrolladas en el puesto de trabajo, de las condiciones ambientales, etc.

transductores, filtros y amplificadores. A partir de esta introducción general se estudian los transductores y acondicionadores de señal asociados a la medición de parámetros en tres sistemas: eléctrico, cardiovascular y respiratorio. Para la medición de los diversos parámetros generados por los sistemas eléctricos, cardiovascular y respiratorio es necesario conocer el principio de funcionamiento de los transductores empleados para el registro de estas señales. Se estudia la combinación transductor y acondicionador de señal que permita la conversión analógica-digital de estas señales con la mayor fidelidad posible.

**Objetivos del Perfil**

- 1) Que el estudiante adquiera los conocimientos relativos a la teoría y aplicación de los diversos dispositivos utilizados para la detección, amplificación y procesamiento de señales fisiológicas provenientes de los sistemas respiratorio, eléctrico y cardiovascular
- 2) Que el estudiante adquiera los conocimientos acerca de la teoría del funcionamiento del equipamiento electromédico involucrado en los diversos sectores de un centro de salud y su interacción con el paciente, el usuario y el medio.

**Asignaturas**

En la Tabla 4 se describe una posible implementación del perfil utilizando las asignaturas actualmente planificadas.

Asignatura	Créditos
Biomecánica y reología	8
Cuerpos artificiales y prótesis	8
Ingeniería de tejidos	8
Biomecánica aplicada	8
Temas avanzados de Ingeniería Biológica	8
<b>Créditos mínimos</b>	<b>40</b>

Tabla 4: Asignaturas sugeridas para conformar el perfil de biomecánica, a elegir de forma tal de cumplir con los créditos mínimos requeridos.

**A.7. Perfil en Bioinstrumentación.**

El graduado de la Licenciatura en Ingeniería Biológica con la orientación Bioinstrumentación poseerá todas aquellas competencias básicas y comunes relacionadas con los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales que le permitan ejercer la profesión con responsabilidad y espíritu crítico, así como participar en la investigación en estas áreas y en la docencia a nivel medio y superior.

En este perfil se introduce a los alumnos en el funcionamiento del equipamiento utilizado en la asistencia de pacientes así como también en el equipamiento utilizado para diagnóstico. Se analizarán entonces diversos equipos utilizados en áreas clínicas y en el laboratorio de análisis clínicos. Por otro lado el conocimiento de las características integrales de un centro de salud, desde su planta física hasta sus instalaciones es de fundamental importancia para los futuros profesionales quienes se desarrollarán en un medio interdisciplinario interactuando con arquitectos, ingenieros especializados en electricidad y termomecánica.

En este perfil se introduce a los alumnos en el funcionamiento integral de un centro de salud conociendo el layout característico de diversas áreas, así como también de las instalaciones y normativas necesarias desde el punto de vista eléctrico, termomecánico y de fluidos medicinales. Las características de las tecnologías involucradas en los centros de salud es de fundamental importancia para la capacitación de un profesional que se desempeñará en ámbitos biomédicos. La correcta selección de dispositivos biomédicos tendrá un impacto directo sobre la calidad de uso en el ámbito hospitalario. El conocimiento de normativas, conceptos relacionados con la calidad y un acabado manejo de los ensayos técnicos que se deben realizar sobre estos dispositivos redundará en un uso seguro de la tecnología.

Este perfil comienza con los conceptos básicos asociados a la medición de diversos parámetros físicos. Se analizan varios tipos de

**temas incluidos.**

- Introducción a los sistemas de medición, sensores y acondicionadores
- Transductores. Generalidades
- Electrofisiología. Equipamiento asociado
- Cardiovascular. Equipamiento asociado
- Respiratorio. Equipamiento asociado
- Neuro. Equipamiento asociado
- Monitoreo Ambulatorio de Electrocardiograma y Presión
- Respiradores
- Anestesia
- Arquitectura Hospitalaria
- Instalaciones de Fluidos Medicinales
- Esterilización
- La Ingeniería biomédica y la ingeniería clínica. Departamento de Ingeniería Clínica
- Legislación y Normalización en Medicina
- La Gestión de Calidad en Instituciones de Salud
- Control de calidad en medicina nuclear
- Gestión de tecnología Médica
- Imágenes biomédicas

**Campo de aplicación del egresado.**

Esta área de trabajo tiene por objeto el diseño, implementación, desarrollo, y mejoramiento de equipos y sistemas de medición de variables biológicas para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Contiene un alto componente de trabajo con tecnologías de hardware. A través de la bioinstrumentación se han desarrollado equipos de electrocardiografía, electroencefalografía, tomografía axial computarizada, tensiómetros digitales, fonocardiógrafos digitales, resonancia magnética nuclear, ecografía, equipos de radioterapia, biosensores de química sanguínea, entre otros.

En la Tabla 5 se describe una posible implementación del perfil utilizando las asignaturas actualmente planificadas.

Asignatura	Créditos
Instrumentación Biomédica Básica	8
Instrumentación Biomédica Avanzada	8
sensores y acondicionadores de señal	8
Introducción a la Ingeniería Clínica	8
Seguridad Eléctrica de equipos biomédicos	8
Ingeniería Biomédica	10
<b>Créditos mínimos</b>	<b>40</b>

Tabla 5: Asignaturas sugeridas para conformar el perfil de Bioinstrumentación, a elegir de forma tal de cumplir con los créditos mínimos requeridos.

**Única Publicación**