

## PROGRAMA DE ACTIVIDAD CURRICULAR<sup>1</sup>

### I. Identificación de la actividad curricular

Nombre del Programa	Doctorado en Ciencias de la Ingeniería mención Bioprocesos	Duración <sup>2</sup> (semanas)	20
Nombre actividad curricular	DIB-222 Control Avanzado de Bioprocesos (Electivo)	Horas totales y semanales	Intra-aula <sup>3</sup> Semanal: 3 Teórico: Prácticas: Extra-aula <sup>4</sup> semanal: 7 Intra-aula total: 60 Extra-aula total: 140
Tipo de Formación <sup>5</sup>	Especializada	SCT <sup>6</sup>	7
Carácter <sup>7</sup>	Teórico/Práctico	Requisitos	No tiene
Año académico	2024	Semestre	2
Docente	Dr. Carlos Muñoz	Plataformas en uso	Campus virtual

### II. Perfil del graduado/especialista

El graduado del Programa de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería mención Bioprocesos tendrá una visión integral y una sólida formación en el área de las ciencias de la ingeniería, con énfasis en bioprocesos ambientales o de los alimentos. Estará capacitado para desarrollar investigación original que genere conocimiento de frontera en algunas de las áreas de investigación declaradas en el Programa, proponer soluciones innovadoras en el área de los bioprocesos ambientales o de alimentos y comunicar efectivamente resultados de investigación en medios de difusión científica. Será capaz de trabajar con otros, con autonomía, responsabilidad y bajo criterios éticos. Podrá desempeñarse en unidades de investigación y desarrollo, públicas o privadas, así como en centros de educación superior.

<sup>1</sup> Las actividades curriculares son todas aquellas actividades académicas que conforman el plan de estudios del Programa, es decir, las asignaturas, seminarios de investigación, electivos, trabajo de grado, examen final, entre otras.

<sup>2</sup> Duración total de la actividad curricular, tanto en horas como semanas totales.

<sup>3</sup> En Postgrado de la UFRO, se le llama *docencia directa*, pues considera el número de horas en que el docente y el estudiante interactúan presencialmente de manera física o virtual, para la realización de cátedras, actividades prácticas, laboratorios, actividades en terreno, entre otras.

<sup>4</sup> En Postgrado de la UFRO, se le conoce como el *trabajo autónomo* que realiza el estudiante, ya que corresponde al tiempo adicional que éste dedica fuera del aula de clases, a la realización de diversas actividades curriculares individuales o grupales tales como informes, lecturas, análisis de casos, desarrollo del trabajo de graduación, etc.

<sup>5</sup> Corresponde a formación general, especializada o actividad de graduación.

<sup>6</sup> Sistema de Créditos Transferibles se refiere a la cuantificación en créditos que el estudiante dedica para lograr los resultados de aprendizaje esperados en la asignatura. Estos créditos se conocen por medio de la "estimación de carga académica", que consulta a estudiantes y docentes de cada asignatura. De acuerdo a decisiones institucionales, en la Universidad de La Frontera, 1 SCT equivale a 28 horas cronológicas, las cuales consideran tanto el trabajo presencial que desarrolla el estudiante dentro del aula como el trabajo autónomo que éste desarrolla en forma personal o grupal fuera de la sala de clases (lecturas, talleres, análisis de casos, trabajo de grado, etc.).

<sup>7</sup> Hace referencia al carácter teórico, práctico o teórico-práctico de la asignatura.

### III. Descripción de la asignatura o actividad curricular

Asignatura electiva de formación especializada que aborda los conceptos de nanociencia y nanotecnología, revisando los principios fundamentales de la nanotecnología, la formación de nanoestructuras, técnicas de caracterización, su aplicación en la industria agrícolas, farmacéutica, cosméticos y alimentaria, y su impacto en el medioambiente. La asignatura contribuye a la línea de investigación en nanobiotecnología y en desarrollar investigación original en su propuesta de investigación en las líneas declaradas por el programa.

### IV. Programa orientado al desarrollo de las siguientes competencias

Genéricas <sup>8</sup>	De especialidad o disciplinarias <sup>9</sup>
<b>Ética y responsabilidad:</b> El alumno actúa conforme a los protocolos y normas que guían su desempeño, asumiendo las implicancias del trabajo propio y de su grupo	Desarrollar investigación original que genere conocimiento de frontera en algunas de las áreas de investigación declaradas en el Programa.

### V. Resultados de aprendizaje<sup>10</sup> (desarrolla el docente)

Al finalizar con éxito la asignatura el estudiante:

- Analiza un bioproceso como un sistema no lineal en cuanto a: puntos de equilibrio, estabilidad, controlabilidad y observabilidad.
- Diseña sistemas de control por ubicación de polos y observadores de Luenberg apreciando su comportamiento cuando se aplican a bioprocesos.
- Diseña sistemas de control LQ y observadores de Kalman apreciando su comportamiento cuando se aplican a bioprocesos en ambientes ruidosos.
- Aplicar controladores por realimentación de estado de tiempo discreto a bioprocesos.
- Utilizar tecnología de información y comunicación para el aprendizaje.
- Selecciona alternativas de resolución de problemas propios del área de estudio, con resguardo ético y técnico.

### VI. Contenidos<sup>11</sup> (desarrolla el docente)

#### UNIDADES TEMÁTICAS:

#### UNIDAD 1: : Análisis de sistemas no lineales

- 1.1 Un bioproceso como un sistemas no lineales autónomos
- 1.2 Estabilidad local y global
- 1.3 Teorema de Lyapunov y de La Salle
- 1.4 Controlabilidad y observabilidad local y global

<sup>8</sup> Se refiere a aquellos conocimientos, habilidades o actitudes que son transversales al ejercicio profesional en cualquier área. Ante la actual promoción de tres competencias genéricas desde el Marco Nacional de Cualificaciones (Responsabilidad, Autonomía y Trabajo con otros), se evalúa institucionalmente la adscripción transversal de todos los Programas a éstas o la posibilidad de incluirlas como atributos de ingreso para los postulantes a los Programas.

<sup>9</sup> Se refiere al conjunto de conocimientos, habilidades o actitudes que el programa ha definido como propias del ejercicio profesional en su área específica o disciplina, las cuales el programa evidencia a lo largo de su plan de estudios.

<sup>10</sup> En este apartado se describirán los conocimientos, habilidades o actitudes que el estudiante deberá demostrar para aprobar la asignatura y con ello desarrollar las competencias declaradas en el perfil del graduado. Comenzar con verbos en tercera persona singular (presente simple).

<sup>11</sup> En este apartado se identifican los contenidos que serán abordados en la asignatura, los cuales deben ser los que permiten el logro de los resultados de aprendizaje esperados. En este sentido, es ideal que los contenidos sean agrupados en unidades temáticas.

1.6 Linealización

**UNIDAD 2:** Controladores por ubicación de polos

- 2.1 Control por ubicación de polos
- 2.2 Observador por ubicación de polos
- 2.3 Controlador-observador por ubicación de polos
- 2.3 Principio de separabilidad

**UNIDAD 3:** Control LQG

- 3.1 Introducción al análisis funcional
- 3.2 El teorema de Euler-Lagrange
- 3.3 El controlador lineal cuadrático (LQ)
- 3.4 El ruido
- 3.5 El filtro de Kalman -Bucy
- 3.6 Control LQG

**UNIDAD 4:** Control de tiempo discreto

- 4.1 Sistemas de estado en tiempo discreto
- 4.2 Observador y controlador de tiempo discreto
- 4.3 Evaluación de sistemas de control en tiempo discreto.

**VII. Metodologías y estrategias de enseñanza-aprendizaje<sup>12</sup> ( desarrolla el docente)**

**Metodología de la clase<sup>13</sup>:**

El curso se desarrolla a través de clases teóricas y de laboratorio con el objetivo de entender los procesos y aplicar por simulación los controladores en variables de estado a los modelos fenomenológicos.

**Trabajo autónomo de los estudiantes<sup>14</sup>:**

Los estudiantes realizarán una actividad práctica que consiste en desarrollar un simulador fenomenológico de un bioproceso. Aplicar y evaluar por simulación técnicas de control por realimentación de estado al bioproceso. En base al trabajo desarrollado, realizarán un informe separado por capítulos, correspondientes a cada una de las unidades del curso.

**VIII. Evaluación<sup>15</sup> (desarrolla el docente)**

El logro de los resultados de aprendizaje (RA) declarados en el programa se evidenciará a través de:

- Informe de avance 1 (25%) tributa al RA1 y al RA5.
- Informe de avance 2 (25%) tributa al RA2, al RA5 y al RA6
- Informe de avance 3 (25%) tributa al RA3, al RA5 y al RA6
- Informe de final (25%) tributa al RA4, al RA5 y al RA6

En los informes se evaluará:

<sup>12</sup> En este apartado se clarifican las metodologías que se utilizarán en la sala de clases, en donde se espera que el estudiante vaya teniendo un rol más activo y protagónico en sus procesos de formación. También se identifican aquellos trabajos que los estudiantes deberán desarrollar autónomamente en grupos o de manera individual fuera de la sala de clases.

<sup>13</sup> Consiste en indicar las metodologías de enseñanza-aprendizaje utilizadas presencialmente, tales como presentaciones expositivas, análisis de caso, taller, análisis basado en problemas, entre otras.

<sup>14</sup> Consiste en indicar las metodologías de enseñanza-aprendizaje que requieren del trabajo autónomo e independiente del estudiante para ser desarrolladas, tales como lecturas, elaboración de informes individuales o grupales, búsqueda de información, revisión de artículos científicos, entre otros.

<sup>15</sup> En la evaluación se evidencia todas aquellas estrategias que permitirán constatar el logro de los resultados de aprendizajes esperados en la asignatura, por lo que deben ser coherentes a las estrategias de enseñanza-aprendizaje.

- Análisis de datos obtenidos en función de los contenidos del curso
  - Discutir los tópicos relevantes de la unidad
  - Diseño de los experimentos
  - Análisis en profundidad de resultados de los resultados obtenidos
- Escritura formal del documento, con
  - Introducción que dé cuenta del problema, que se ha hecho respecto del problema abordado y que enuncie el propósito del informe,
  - Citas bibliográficas debidamente incorporadas y utilizadas.
  - Figuras y tablas debidamente citadas y analizadas en el documento.
  - Conclusiones que correspondan al trabajo realizado.

**NOTA:**

**PLAGIO:** es el uso de un trabajo, idea o creación de otra persona, sin citar la apropiada referencia y constituye una falta ética. En la actualidad, con las herramientas de informática es fácilmente detectable. En esta asignatura no se aceptará plagio en presentaciones orales, escritas o visuales, y quien lo cometa se arriesga a sanciones académicas.

**IX. Bibliografía y Recursos<sup>16</sup> (desarrolla el docente)**

Básica
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ÅSTRÖM, K., MURRAY, R. 2008. "Feedback Systems: An Introduction for Scientists &amp; Engineers". 1ª Ed, Princeton University Press, Oxford. ISBN:9780691193984</li> <li>• DORF, R.C., BISHOP, R.H. 2017. "The Control Handbook: Control System Fundamentals", Pearson, San Francisco. ISBN:1292152974</li> <li>• WOLF, W. 2007. "High-Performance Embedded Computing" Elsevier, San Francisco. ISBN:978-0-12-410511-9</li> <li>• MUÑOZ, C. Apuntes de control avanzado. Campus virtual del curso, UFRO.</li> <li>• LARROCHE, C., SANROMAN, M., DU, G., PANDEY, A. 2016. "Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Bioprocesses, Bioreactors and Controls". 1ª Ed, Elsevier, Amsterdam. ISBN: 978-0-444-63663-8</li> </ul>
Complementaria
<ul style="list-style-type: none"> <li>• RUSSANO, E., FERREIRA, E. 2019. "Introduction to Process Control". Arcler Press. ISBN:1773611526</li> <li>• PAO, C. 2002. Process Control: A First Course with MATLAB. 1ª Ed, Cambridge University Press, Edinburgh.</li> </ul>
Recursos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma Campus Virtual</li> <li>• Bibliotecas y Recursos de Información, Universidad de La Frontera: <a href="http://www.bib.ufro.cl">www.bib.ufro.cl</a></li> <li>• Plataforma de revistas científicas ScienceDirect</li> <li>• Base de datos Scopus</li> </ul>

<sup>16</sup> Es todo material bibliográfico, audiovisual u otro, que permite abordar los contenidos o unidades temáticas declaradas.