UNIVERSIDAD NACIONAL

Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

Escuela de Ciencias Ambientales

Programa 2019

|  |  |
| --- | --- |
| Curso: | Sistemas de Tratamiento de Aguas (teoría) |
| Código: | AME-423 |
| Carrera: | Ingeniería en Gestión Ambiental |
| Nivel: | 4 |
| Ciclo: | I-2019 |
| Créditos: | 3 |
| Horas semanales: | Teoría: 03 ; Práctica: 01 ; Trabajo independiente: 03 : Gira: 01 |
| Requisitos: | Medición de Agentes Contaminantes, Ingeniería y Saneamiento Ambiental |
| Co-requisito | Laboratorio de sistemas de tratamiento de Aguas |
| Profesor: | M.Sc María Chaves Villalobos |
| Horario de clases: | Teoría: Martes 8:00-11:20 |
| Atención a  estudiantes: | Instituto de Estudios Sociales en Población (IDESPO) miércoles 9 :00 am a 10:00 am |
| Correo electrónico: | [maria.chaves.villalobos@una.cr](mailto:maria.chaves.villalobos@una.cr), |
| Sitio web: | [www.edeca.una.ac.cr](http://www.edeca.una.ac.cr/) |
| Eje temático: | Diseño de procesos y Tecnologías Ambientales |
| Ejes curriculares: | Tecnologías y Procesos Sostenibles, Salud y Ambiente |

## Introducción

## El presente curso brindará a los estudiantes los conocimientos de las tecnologías disponibles para el tratamiento como sedimentación, lodos activados entre otros además de la disposición de aguas y los instrumentos básicos como el conocimiento de los sistemas no convencionales para su gestión. Se incluyen temas de efectividad de ciertas tecnologías en el tratamiento de aguas, los criterios para su diseño y operación como, por ejemplo, reactores y sus diseños, métodos de operación, etc. El estudiante aprenderá a distinguir y a conocer cuáles son las alternativas más apropiadas para el manejo de aguas, según las características del efluente y los métodos para controlar los parámetros físicos, en la operación de los sistemas de tratamiento.

## Objetivos:

**General:**

Desarrollar los conocimientos principales sobre criterios de selección y parámetros para el diseño e implementación de diferentes tecnologías para el tratamiento de aguas residuales.

**Objetivos específicos:**

1. Capacitar al estudiante en el diseño y administración de los componentes que integran un sistema de tratamiento de aguas residuales.
2. Adquirir las capacidades que permitan sentar las bases científicas y técnicas de la depuración de vertidos.
3. Identificar las diferentes tecnologías existentes y su efectividad en el manejo de aguas a partir de las diversas características de los vertidos.

***Competencias***

Las competencias a desarrollar durante el curso se mencionan a continuación:

1. Capacidad de análisis y argumentación técnica en el tema de tratamiento de aguas residuales.
2. Capacidad de comunicación efectiva en un lenguaje no técnico y de comprender necesidades de distintas personas.
3. Demuestra respeto a la diversidad de opiniones y tipos de pensamiento.
4. Capacidad para integrarse rápidamente y trabajar eficientemente en equipos inter, multi y trans disciplinares, así como de colaborar en un entorno multicultural.
5. Capacidad de negociación y mediación sociocultural.
6. Capacidad de entendimiento de los procesos legales que interfieren en la solución de diversos problemas ambientales y con instancias relacionadas en materia de tratamiento de aguas residuales
7. Capacidad de tomar decisiones basadas en criterios objetivos (evidencia científica o casos de simulación disponibles).
8. Comunica sus ideas de forma escrita, oral, gráfica y corporal.
9. Capacidad para identificar tecnologías actuales y emergentes y evaluar si son aplicables, y en qué.
10. Capacidad de interpretar información técnica.
11. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o restricciones temporales y/o recursos.
12. Habilidades en investigación, lenguaje y escritura científica, análisis de datos y revisión de literatura apropiada.
13. Capacidad de interactuar con los profesionales de otras áreas y entender sus perspectivas

## Contenido

1. **Principios del tratamiento biológico de las aguas residuales**
   1. Requerimientos nutricionales de los microorganismos
   2. Crecimiento microbial (cinética, utilización de sustrato, tasa de crecimiento neto, efecto de la temperatura).
   3. Sistema sapróbico
   4. Oxidación biológica
   5. Proceso aerobio
   6. Proceso anaerobio
   7. Proceso anóxico
   8. Consideraciones ambientales
   9. Aireación
   10. Concentración de saturación de gases en el agua
   11. Evaluación del coeficiente de transferencia Kla
   12. Equipos de aireación
2. **Lodos activados**
   1. Sistema convencional de lodos activados
   2. Sistema convencional con aireación gradual
   3. Sistema convencional con aireación escalonada
   4. Proceso de mezcla completa
   5. Proceso Kraus
   6. Proceso de tasa alta
   7. Proceso de estabilización y contacto
   8. Aireación
   9. Requisitos nutricionales
   10. Parámetros para el diseño para proceso de lodos activados
   11. Modelo de mezcla completa sin recirculación
   12. Modelo cinético de mezcla completa con recirculación
3. **Zanjones de oxidación**
   1. Introducción
   2. Parámetros de diseño
   3. Aireación
   4. Producción de lodos
4. **Lagunas aireadas:**
   1. Descripción y requisitos de diseño
   2. Características de remoción de DBO
   3. Requerimientos de oxígeno para la oxidación biológica
   4. Temperatura en lagunas aireadas
   5. Relaciones de transferencia de oxígeno
   6. Configuración y disposición de aireadores
   7. Concentración de biomasa en la laguna
   8. Producción de lodos
   9. Clarificación y depuración de efluentes
5. **Tratamiento acuático**
   1. Principales plantas acuáticas
   2. Humedales artificiales
   3. Diseño de Humedales Artificiales
6. **Filtros biológicos**
   1. Tipos de filtros percoladores
   2. Diseños de filtros percoladores
   3. Modelo de Eckenfelder
   4. Ecuaciones del NRC
   5. Modelo de Bruce y Merkens
   6. Diseño de filtros con datos experimentales
   7. Procesos combinados
   8. Cálculo de la eficiencia de filtros de dos etapas
7. **Biodiscos:**
   1. Modelo cinético
   2. Modelo de Wu
   3. Tipo de biodiscos
   4. Método de Steels
8. **Sistemas Anaerobios**
   1. Tanque Imhoff
   2. Tanque séptico
   3. Proceso anaerobio de contacto
   4. Proceso ascensional de manto de lodos anaerobio
   5. Filtro anaerobio de flujo ascensional
   6. Reactor anaerobio de pantallas
   7. Proceso anaerobio de dos fases
   8. Biodigestores de cúpula fija (Tecnología Cubana)
9. **Tratamiento de lodos** 
   1. Tipo de lodos
   2. Características de lodos
   3. Flujo de lodos
   4. Producción de lodos
   5. Espesamiento de lodos de aguas residuales
   6. Digestión anaerobia de lodos
   7. Digestión aerobia de lodos de aguas residuales
   8. Estabilización con cal
   9. Secado de lodos
   10. Acondicionamiento térmico
   11. Compostaje de lodos
   12. Disposición en rellenos de lodos

## Cronogramay planeamiento de actividades

| **Semana** | **Fecha** | **Tema** | **Actividades** | **Materiales de apoyo** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 12 de febrero | 1 | Lectura de la Carta del Estudiante  Exposición magistral  Aprender sobre el tratamiento biológico de las aguas residuales | Presentación Power Point  Capítulo 9,10 y 16 (Romero) |
| 2 | 19 de febrero | 1 y 2 | Exposición magistral, presentación de fórmulas y criterios de diseño  Aprender sobre el tratamiento biológico de las aguas residuales  Resolución de problemas de lodos activados quiz # 1 | Presentación Power Point  Capítulo 9,10, 16 y 17 (Romero) |
| 3 | 26 de febrero | 2 | Exposición magistral, presentación de fórmulas y criterios de diseño  Resolución de problemas de diseño sobre Lodos Activados y aplicación de quiz #2 | Presentación Power Point  Capítulo 17 (Romero) |
| 4 | 5 de marzo | 3 | Exposición magistral, presentación de fórmulas y criterios de diseño  Resolución de problemas de diseño sobre Zanjones de Oxidación y aplicación de quiz #3 | Presentación Power Point  Capítulo 18 (Romero) |
| 5 | 12 de marzo | 4 | Exposición magistral, presentación de fórmulas y criterios de diseño  Resolución de problemas de diseño sobre lagunas aireadas y aplicación de quiz #4 | Presentación Power Point  Capítulo 19 (Romero) |
| 6 | 19 de marzo | 5 | Exposición magistral, presentación de fórmulas y criterios de diseño  Resolución de problemas de diseño sobre tratamiento acuático y aplicación de quiz #5 | Presentación Power Point  Capítulo 27 (Romero)  Manual para construcción y mantenimiento de Biojardineras. |
| 7 | 26 de marzo | **I EXÁMEN PARCIAL** | | |
| 8 | 02 de abril | 6 | Exposición magistral, presentación de fórmulas y criterios de diseño. Resolución de problemas de diseño sobre filtros biológicos y aplicación de quiz #6 | Presentación Power Point  Capítulo 20 (Romero) |
| 9 | 09 de abril | 7 | Exposición magistral, presentación de fórmulas y criterios de diseño  Resolución de problemas de diseño sobre filtros biológicos y Biodiscos y aplicación de quiz #7 | Presentación Power Point  Capítulo 21 (Romero) |
| 10 | 16 de abril | **SEMANA SANTA** | | |
| 11 | 22, 23 y 24 de abril | **GIRA DE CAMPO 1** | | |
| 12 | 30 de abril | 8 | Exposición magistral, presentación de fórmulas y criterios de diseño  Resolución de problemas de diseño de participación con intervención técnica sobre tratamiento anaerobio quiz #8 | Presentación Power Point  Capítulo 24 (Romero) |
| 13 | 07 de mayo | 8 | Exposición magistral, presentación de fórmulas y criterios de diseño  Resolución de problemas de diseño de participación con intervención técnica sobre tratamiento anaerobio | Presentación Power Point  Capítulo 24 (Romero) |
| 14 | 14 de mayo | **GIRA DE CAMPO 2** | | |
| 15 | 21 de mayo | 9 | Exposición magistral, presentación de fórmulas y criterios de diseño  Resolución de problemas de diseño de participación con intervención técnica sobre tratamiento de lodos | Presentación Power Point  Capítulo 26 (Romero) |
| 16 | 28 de mayo | **II EXÁMEN PARCIAL** | | |
| 17 | 4 de junio | **PRESENTACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE INVESTIGACIÓN** | | |
| ***Entrega de notas ordinarias: viernes 7 de junio de 2018*** | | | | |
| ***Examen Extraordinario: viernes 14 de junio de 2018*** | | | | |

## Metodología

En cada sesión se impartirán clases magistrales por parte del profesor de acuerdo al cronograma correspondiente, empleando recursos como multimedia y la pizarra; en donde será pertinente que el estudiante tenga una participación activa en las mismas.

En las clases se desarrollarán fórmulas matemáticas y se les dará a conocer criterios de diseño, con los cuales, el estudiante será capaz de resolver problemas asociados a los sistemas de tratamiento de agua residual.

El estudiante deberá desarrollar problemas de casos reales de la industria costarricense. Para cada clase el estudiante está en la obligación de leer el contenido teórico de cada capítulo antes de la clase.

Durante el curso se realizará una gira a campo, donde se visitará una planta de tratamiento para observar los diferentes componentes y lograr identificar los estudiados en el curso, así mismo se les facilitará el dato de eficiencia y características de entrada del agua cruda para que puedan trabajar en el desarrollo del diseño y compararlo contra lo construido, de tal forma que puedan indicar si la construcción responde a la necesidad de la planta.

## Evaluación

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Medio de evaluación** | **Porcentaje de la nota final** | **Fecha de realización o entrega.** | **Fecha de calificación**  **(Devolución).** |
| I examen parcial | 20 | 26 de marzo | 10 días hábiles después de aplicada la prueba |
| II examen parcial | 20 | 28 de mayo | 10 días hábiles después de aplicada la prueba |
| Trabajo Acción sustantiva Extensión | 10 | 14 de mayo | 10 días hábiles después de entregado el producto |
| Propuesta de mejora de un Sistema de tratamiento de Agua Residual de una empresa con problemas de operación | 15 | 31 de mayo | 10 días hábiles después de entregada la propuesta |
| Trabajo de investigación | 15 | 5 de junio | 10 días hábiles después de entregado |
| Quices Semanales | 20 | 19 y 26 de febrero, 05,12 y 19 de marzo, 02 y 09 de abril | 10 días hábiles después de aplicada la prueba |
| Con respecto a los quices se realizarán al menos 7 durante todo el semestre cada uno de ellos con el mismo valor porcentual. | | | |

**2.08 Gira de campo**

En el desarrollo del curso se tendrán dos giras, la primera de tres días y la segunda de un día.

La primera visita se realizará en una finca en Buenos Aires de Puntarenas, donde se trabajará en el mantenimiento y operación de los sistemas de tratamiento de agua existentes y vistos hasta la fecha de la gira, para entender su funcionamiento.

La segunda será una visita a una planta de tratamiento perteneciente a una empresa para mejorar el diseño existente y logre asociar la aplicación práctica de los conceptos teóricos vistos en clase.

**2.09 Trabajo Acción sustantiva Extensión:**

14 días después de la gira, el estudiante deberá entregar el producto acordado en las primeras semanas de clase, en donde ayude a promover la visibilización del trabajo de la finca.

Lo anterior permitirá que el estudiante tenga un acercamiento más humano a la finca y ocurra una simbiosis en donde ambos puedan ganar con el espacio que se promoverá dentro del curso.

**2.10. Propuesta de mejora de un Sistema de tratamiento de Agua Residual**

El estudiante debe generar un diseño de STAR para una empresa que ya cuenta con un sistema, pero se debe mejorar en eficiencia energética, tiempo de residencia, % de remoción, etc.

La propuesta debe contener:

|  |  |
| --- | --- |
| **Apartado** | **Valor %** |
| Introducción (acerca de la empresa, operación, años de operar, etc) | 2,0 |
| Diseño del STAR | 3,5 |
| Análisis de la información | 5,0 |
| Conclusiones | 2,5 |
| Bibliografía | 2,0 |
| **Total** | **15 %** |

**2.11 Trabajos de investigación grupal**

Los trabajos de investigación tendrán un valor del 15 %, **los temas deberán ser de contenido novedoso en materia de tratamiento de aguas residuales, ya sean convencionales o no convencionales, desarrollados en los últimos 5 años, los estudiantes deberán hacer la propuesta de su trabajo final de investigación a la profesora en la semana dos.**

El estudiante debe presentar un trabajo escrito el 5 de junio del 2018, de **máximo 15 páginas** con los contenidos que se entregarán en la cuarta semana del curso.

Para esto deberá contar con bibliografía reciente de no más de 7 años de haber sido publicada, deben tener al menos dos citas de artículos científicos de literatura en inglés para contribuir al contenido del trabajo. (Pueden consultar sobre la base de datos de ScienceDirect de la Universidad Nacional)

**Rúbrica para los productos de este curso (Trabajo Final de Investigación)**

| **Criterio** | **Excelente (5)** | **Muy bueno (4)** | **Bueno (3)** | **Regular (2)** | **Deficiente (1)** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Introducción | Realiza una revisión bibliográfica donde plantea ordenadamente el tema de investigación, su importancia e implicaciones. -Incluye las referencia bibliográficas en el texto  - No debe ser copia fiel de los textos consultados | Realiza una revisión bibliográfica donde plantea ordenadamente el tema de investigación, su importancia e implicaciones. - No incluye las referencia bibliográficas en el texto, pero si en el apartado correspondiente  - No debe ser copia fiel de los textos consultados | Realiza una revisión bibliográfica incompleta  - No incluye las referencia bibliográficas en el texto, pero si en el apartado correspondiente  - Es parcialmente una copia de los textos consultados | Realiza una revisión bibliográfica deficiente  - No incluye las referencia bibliográficas en el texto, ni en el apartado correspondiente  - Es parcialmente una copia de los textos consultados | Es incongruente al tema  -Es una copia fiel de los textos consultados |
| Metodología | Evidencia un amplio entendimiento de la metodología | Evidencia un entendimiento importante de la metodología vista en clase, | Evidencia un entendimiento aceptable de la metodología | Evidencia un entendimiento limitado de la metodología | Evidencia un entendimiento deficiente de la metodología |
| Análisis de la información | Interpreta y analiza la información comparativamente con la bibliografía consultada -Indica las aplicaciones teóricas | Interpreta y analiza la información pero no comparativamente con la bibliografía consultada -Indica las aplicaciones teóricas | - Interpreta y analiza la información pero no comparativamente con la bibliografía consultada  -O no indica las aplicaciones teóricas | - Interpreta y analiza la información pero no comparativamente con la bibliografía consultada  -No indica las aplicaciones teóricas | NoInterpreta ni analiza la información, no compara con la bibliografía consultada  -Ni tampoco indica las aplicaciones teórica |
| Conclusiones | Redacta con sus propias palabras si se cumplen o no los objetivos del sistema y la gira | Redacta con sus propias palabras si se cumplen o no los objetivos del sistema y la gira pero considera muy poco el análisis de la información | Redacta con sus propias palabras si se cumplen o no los objetivos del sistema y la gira pero no considera el análisis de la información | No redacta con sus propias palabras si se cumplen o no los objetivos del sistema y la gira -o No considera el análisis de la información | No redacta las conclusiones o las copia de textos |
| Bibliografía | Utiliza el estilo editorial de la APA de forma precisa y consistente, además utiliza recurso bibliográfico actualizado. | Utiliza el estilo editorial de la APA de forma adecuada, además utiliza recurso bibliográfico actualizado. | Utiliza el estilo editorial de la APA con fallas menores, además utiliza recurso bibliográfico actualizado. | Utiliza el estilo editorial de la APA con fallas graves, utiliza pocos recursos bibliográficos actualizados. | No utiliza el estilo editorial de la APA ni utiliza recursos bibliográficos actualizados |

**Normativa Aplicada:**

1. **Artículo 11** “La obligatoriedad de asistencia presencial de los estudiantes al cursos deberá estar indicada en el respectivo programa de curso, fundamentada en la naturaleza y enfoque metodológico del mismo y en concordancia con la normativa vigente”…. Para efectos de este curso la asistencia a TODAS las clases teóricas presenciales, giras y aquellas actividades académicas programadas durante el periodo del curso, son de carácter obligatorio.
2. **Artículo 24** “Se considera plagio la reproducción parcial o total de documentos ajenos presentándolos como propios. En el caso que se compruebe el plagio por parte del estudiante, perderá el curso. Si reincide será suspendido de la carrera por un ciclo lectivo, y si la situación se repite una vez más, será expulsado de la Universidad”. Este artículo se aplicará en las diferentes actividades programadas en el curso, informes de gira y trabajos de investigación, si estos no cuentan con las respectivas citas bibliográficas y se presentan como elaboración propia.
3. **Artículo 31** “No se realizarán pruebas extraordinarias en aquellos cursos de naturaleza práctica, laboratorios, seminarios y talleres, así como práctica profesional supervisada”… Este curso por ser de naturaleza teórico –práctico se realiza prueba extraordinaria.
4. La asistencia a TODAS las clases presenciales es obligatoria, la ausencia injustificada a 3 clases se traduce en la pérdida automática del mismo (al amparo del acuerdo Consejo Universitario, Art. Tercero, Inciso IV, sesión 1927).
5. La asistencia a la GIRA DE CAMPO es de carácter **obligatorio.**
6. Con respecto a ausencias a exámenes por enfermedad o fuerza mayor, se procederá según el **artículo 12** del Reglamento de Normas Generales para la Evaluación del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje.
7. En el caso de reposición de pruebas se realizará un **examen oral** con un tribunal calificador compuesto por el profesor del curso, un representante de la Escuela (profesor) y un evaluador externo poseedor de conocimientos en la materia. Esta será aplicada en la semana siguiente a la ausencia **en una hora a convenir posteriormente.**
8. Los reclamos sobre cualquier quiz o examen se deben realizar a más tardar **ocho días naturales** posteriores a la entrega del resultado por parte del profesor. Posterior a ese período no se reciben reclamos. El uso de lápiz o corrector líquido durante la realización de estas pruebaspor parte del estudiante **INVALIDA** su derecho a reclamo.
9. La calificación final del estudiante se hará con base en el **artículo 5** del Reglamento de Normas Generales para la Evaluación del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje.
10. Los quicescontenidos en la evaluación del curso se realizarán a través del Aula Virtual o de forma presencialsegún la frecuencia establecida en el presente documento. No se aceptará el envío de los quices por otros medios que no sea el aula virtual ni en fechas posteriores al cierre de la actividad en la plataforma.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Romero, J.A. 2010. Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño. Tercera reimpresión, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
2. Metcalf & Eddy. 2000. Wastewater Engineering Treatment and Reuse. Cuartaedición, México, Mc.Graw-Hill Interamericana.
3. En el desarrollo del curso se utilizará información actualizada que sea necesaria para complementar los temas vistos en clase.

|  |  |
| --- | --- |
| Revisado por: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  M.ScManfredMurrell Blanco  Coord. Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental | Aprobado por:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  XXX  Subdirectora Escuela de Ciencias Ambientales |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

M.Sc. María Chaves Villalobos

Profesora del curso