



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Informaticos

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**105000018 - Concurrencia**

### PLAN DE ESTUDIOS

10II - Grado En Ingenieria Informatica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	105000018 - Concurrencia
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Cuarto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	10II - Grado en Ingenieria Informatica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	10 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros Informaticos
<b>Curso académico</b>	2024-25

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Juan Jose Moreno Navarro	D2314	juanjose.moreno@upm.es	Sin horario.
Angel Herranz Nieva	D-2309	angel.herranz@upm.es	Sin horario.
Julio Mariño Carballo (Coordinador/a)	D2308	julio.marino@upm.es	Sin horario.
Lars-ake Fredlund	D2309	larsake.fredlund@upm.es	Sin horario.

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Programación I
- Lenguajes Formales, Automatas Y Computabilidad
- Algoritmos Y Estructura De Datos
- Matematica Discreta I
- Programación II
- Lógica

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería Informática no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CG-1/21 - Capacidad de resolución de problemas aplicando conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.

CG-2/CE45 - Capacidad para el aprendizaje autónomo y la actualización de conocimientos, y reconocimiento de su necesidad en el área de la informática.

Ce 2 - Formalización y especificación de problemas reales cuya solución requiere el uso de la informática.

Ce 24 - Elegir y usar los lenguajes de programación adecuados al tipo de aplicación a desarrollar.

Ce 25 - Concebir y diseñar la arquitectura de un sistema software.

Ce 29 - Diseñar, desarrollar, y evaluar la seguridad de los sistemas, aplicaciones, servicios informáticos y sistemas operativos sobre los que se ejecutan, así como de la información que proporcionan.

Ce 34 - Crear prototipos, simulaciones o modelos que permitan la validación del sistema con el cliente.

Ce 40 - Comprender el concepto esencial de proceso en cuanto a su relación con la informática, especialmente la ejecución de los programas y la operación del sistema.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA304 - Reconocer la concurrencia inherente a un sistema SW.

RA305 - Especificar propiedades relativas a la ejecución concurrente de un sistema SW.

RA306 - Desarrollar aplicaciones concurrentes, en al menos un lenguaje ampliamente utilizado, como puede ser Java.

RA307 - Analizar propiedades y riesgos atribuibles a la ejecución concurrente de un sistema SW.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Este curso pretende familiarizar al alumno con los sistemas software concurrentes, es decir, aquellos en los que diferentes procesos ejecutan simultáneamente interactuando entre sí y de manera potencialmente indeterminista, y proporcionarle herramientas con las que desarrollar software concurrente seguro.

Las primeras semanas se centran en los mecanismos básicos que posibilitan la creación de procesos, la comunicación y la sincronización, prestando especial atención a los problemas de ejecución que pueden surgir. La segunda parte de la asignatura proporciona una metodología orientada a la construcción de aplicaciones concurrentes que garanticen una serie de propiedades esenciales. En esta parte se desarrolla un ejercicio práctico por parejas usando el lenguaje Java.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción: concurrencia e interacción
  - 1.1. 1.1. Conceptos fundamentales de concurrencia (I4, I6)
  - 1.2. 1.2. Manejo básico de procesos en Java (I5)
  - 1.3. 1.3. Sincronización de bajo nivel: espera activa, semáforos (I6)
2. Metodología: recursos compartidos
  - 2.1. Semántica de trazas de un sistema basado en recursos compartidos (I3)
  - 2.2. Notación formal para especificar recursos compartidos (I1, I2)
3. Implementación de recursos compartidos en Java
  - 3.1. Memoria compartida con métodos synchronized (I5) (Esta lección puede eliminarse si el semestre no cuenta con un número suficiente de semanas lectivas.)
  - 3.2. Memoria compartida con monitores con prioridad (I5)
  - 3.3. Paso de mensajes con la librería JCSP (I5)

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>1.- Presentación de la asignatura</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>2.- Creación de procesos en Java</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Entrega telemática ejercicio de creación de procesos en Java.</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
2	<p><b>3.- Puesta en común E1</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>4.- Sincronización básica: condiciones de carrera y exclusión mutua</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Provocar una carrera de procesos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
3	<p><b>5.- Puesta en común: provocar una carrera.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>6.- Algoritmos de exclusión mutua con espera activa (I)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p><b>7.- Algoritmos de exclusión mutua con espera activa (II)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>8.- Algoritmos de exclusión mutua con espera activa (III)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Resolver una carrera con espera activa</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
5	<p><b>9.- Puesta en común de la entrega "Resolver una carrera con espera activa"</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>10.- Sincronización con semáforos: exclusión mutua</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Exclusión mutua con semáforos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>

6	<p><b>11.- Puesta en común E4 / Sincronización por condición</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>12.- Especificación formal de recursos compartidos</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Almacén de un dato con semáforos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p> <p><b>Almacén de n datos con semáforos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
7	<p><b>13.- Puesta en común de E5 y E6</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>14.- Recursos compartidos II</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
8	<p><b>15.- Problemas de especificación de recursos y repaso para primera prueba de evaluación continua</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>16.- Puesta en común de la entrega E7 "especificación de un recurso compartido"</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Especificación de un recurso compartido</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
9	<p><b>17.- Monitores I</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>18.- Monitores II</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
10	<p><b>19.- Monitores III</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>20.- Simulacro de examen y repaso para el 1er parcial</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Sincronización condicional con monitores</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
11	<p><b>21.- Presentación de las prácticas y dudas para el 1er parcial</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>22.- Concurrencia mediante paso de mensajes.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Examen del primer parcial</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p><b>Primera prueba de evaluación continua</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00</p>



12	<p><b>23.- Puesta en común de E9.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>24.- Communicating Sequential Processes en Java (JCSP)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
13	<p><b>25.- Técnicas avanzadas de implementación de recursos con paso de mensajes (JCSP)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>26.- Tutorías sobre la práctica y E10.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Sincronización condicional con paso de mensajes</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
14	<p><b>27.- Puesta en común de E10</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>28.- Repaso para segunda prueba de evaluación continua</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
15	<p><b>Clase extra de resolución de dudas para los exámenes de junio.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Clase extra de resolución de dudas sobre las pruebas de las prácticas.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Práctica 1: Monitores</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 04:00</p> <p><b>Práctica 2: JCSP</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 04:00</p>
16				
17	<p><b>Segundo parcial</b> Duración: 01:15 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p><b>Recuperación de la primera prueba de evaluación continua.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global No presencial Duración: 01:00</p> <p><b>Segunda prueba de evaluación continua</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 01:15</p>

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Entrega telemática ejercicio de creación de procesos en Java.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	1.1%	0 / 10	Ce 40
2	Provocar una carrera de procesos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	1.1%	0 / 10	Ce 40
4	Resolver una carrera con espera activa	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	1.1%	0 / 10	Ce 40
5	Exclusión mutua con semáforos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	1.1%	0 / 10	Ce 40
6	Almacén de un dato con semáforos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	1.1%	0 / 10	Ce 40
6	Almacén de n datos con semáforos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	1.1%	0 / 10	Ce 40
8	Especificación de un recurso compartido	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	1.2%	0 / 10	CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 2 Ce 25 Ce 34 Ce 40
10	Sincronización condicional con monitores	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	1.1%	0 / 10	CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 40

11	Primera prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	25%	4 / 10	CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 34 Ce 40
13	Sincronización condicional con paso de mensajes	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	1.1%	0 / 10	CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 40
15	Práctica 1: Monitores	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	04:00	20%	4 / 10	Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 34 CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 40
15	Práctica 2: JCSP	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	04:00	20%	4 / 10	CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 34 Ce 40
17	Segunda prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:15	25%	4 / 10	Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 34 CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 40

### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
15	Práctica 1: Monitores	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	04:00	20%	4 / 10	Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 34 CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 40

15	Práctica 2: JCSP	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	04:00	20%	4 / 10	CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 34 Ce 40
17	Recuperación de la primera prueba de evaluación continua.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	01:00	25%	4 / 10	Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 34 CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 40
17	Segunda prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:15	25%	4 / 10	Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 34 CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 40

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Recuperación del primer parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	25%	4 / 10	CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 34 Ce 40
Recuperación del segundo parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	25%	4 / 10	CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 34 Ce 40

Recuperación de la práctica 1	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	04:00	20%	3 / 10	CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 34 Ce 40
Recuperación de la práctica 2	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	04:00	20%	3 / 10	CG-1/21 CG-2/CE45 Ce 2 Ce 24 Ce 25 Ce 29 Ce 34 Ce 40

## 7.2. Criterios de evaluación

La asignatura Concurrencia tiene dos partes evaluables, una parte teórica y una parte práctica. Para aprobar la asignatura el estudiante deberá superar ambas partes. Además, el estudiante debe tener en cuenta que la asistencia a clase es absolutamente fundamental para superar la asignatura y el profesorado realizará un seguimiento de dicha asistencia.

### Teoría

La parte teórica la componen dos pruebas escritas. El primero tratará los conceptos de los temas 1 y 2 y se realizará alrededor de la semana 10/11. El segundo tratará los conceptos del tema 3 y se realizará en período de exámenes de junio. Cada prueba recibirá una calificación sobre 10 (nt1 y nt2).

La nota de la parte teórica (nt) se calcula entonces como la media de nt1 y nt2. Se considerará superada la parte teórica cuando nt1 y nt2 sean mayores o iguales a 4 y cuando nt sea mayor o igual a 5.

### Práctica

La parte práctica la componen un conjunto de 9 ejercicios cortos cuyo objetivo es garantizar el seguimiento continuo de la asignatura por parte del alumno, y dos prácticas a realizar por parejas. La entrega de todos estos trabajos es de carácter obligatorio, y se califican sobre 10 puntos, obteniéndose ne, np1 y np2.

Se considerará superada la parte práctica cuando  $np1$  y  $np2$  sean mayores o iguales a 3 y cuando  $np$  ( $(ne+2np1+2np2)/5$ ) sea mayor o igual a 5.

Como acabamos de comentar, los ejercicios cortos semanales tienen como objetivo ayudar al seguimiento continuo de la asignatura, mediante ejercicios sencillos que evalúan un aspecto muy específico del temario. Cada ejercicio es puesto en común en clase, lo que permite a cada alumno autoevaluar su comprensión del tema tratado. Para desanimar comportamientos fraudulentos y estimular el trabajo individual, cada entrega recibirá una calificación equivalente al valor de la misma independientemente de la corrección o eficiencia del código entregado siempre que se considere que es una contribución original y adecuada a lo que se ha pedido. De hecho, las entregas con errores o "peculiares" son a menudo las más instructivas cuando se realiza la puesta en común, debatiéndose en el aula las características y problemas de cada solución. Relacionado con esto, la realización de estas pruebas una vez que ya se han puesto en común no se considera académicamente útil, y por tanto estas entregas cortas se consideran pruebas **no recuperables**. Por tanto, un alumno que no hubiera presentado ninguno de estos ejercicios cortos a lo largo del semestre optaría como máximo a una calificación de 9/10.

### Evaluación progresiva y prueba global

La asignatura se considerará superada cuando se superen la parte teórica y la parte práctica. La calificación final ( $nf$ ) se calcula como la media de  $nt$  y  $np$ .

Progresividad: superada cualquiera de las partes ( $nt1$ ,  $nt2$ ,  $ne$ ,  $np1$ ,  $np2$ ) la calificación se guardará hasta la convocatoria de julio del curso en cuestión. Para el caso de convocatoria extraordinaria adelantada, ver el apartado siguiente.

La prueba global de junio consistirá en:

- La recuperación del primer parcial.
- El segundo parcial.
- En caso de ser necesario, la recuperación por reentrega, de las prácticas. Se fijará una fecha dentro del período de evaluación de junio que permita la corrección a tiempo de las mismas.

### Convocatoria extraordinaria

En la convocatoria extraordinaria de julio los alumnos podrán recuperar las partes ( $nt1$ ,  $nt2$ ,  $np1$  o  $np2$ ) que no hayan obtenido la calificación mínima durante el semestre. Las entregas cortas no son recuperables, por los motivos expuestos más arriba. En el caso de las prácticas se trata de una reentrega del ejercicio planteado durante el período lectivo.

Los alumnos que cumplan los requisitos para solicitar examen extraordinario adelantado podrán recuperar  $nt1$ ,  $nt2$ ,  $np1$  o  $np2$ , conservándose las otras notas parciales que se hubieran obtenido hasta ese momento.

### Actuación ante copias y otros comportamientos fraudulentos

En la asignatura Concurrencia la realización de los ejercicios prácticos es fundamental para la adquisición de los resultados de aprendizaje

(como en toda asignatura relacionada con la construcción de SW).

Por ello, se perseguirá todo tipo de comportamiento fraudulento (como la copia de prácticas) y a los alumnos implicados (copiadores y copiados anuentes) se les aplicará la normativa vigente de la UPM al respecto.

El asunto será notificado a Jefatura de Estudios y a los tutores curriculares de los alumnos.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Web de la asignatura	Recursos web	Ahora en Moodle UPM (solía estar en <a href="http://babel.upm.es/teaching/concurrencia">http://babel.upm.es/teaching/concurrencia</a> )
Artículos varios	Bibliografía	Temas varios
Apuntes de la asignatura	Bibliografía	Disponibles en la web de la asignatura
Ejercicios de examen de cursos anteriores	Otros	Disponible en la web de la asignatura
Transparencias	Otros	Disponibles en la web de la asignatura
M. Ben-Ari: Principles of Concurrent Programming	Bibliografía	
The Little Book of Semaphores. Allen B. Downey.	Bibliografía	
The Deadlock Empire	Recursos web	<a href="http://deadlockempire.github.io">deadlockempire.github.io</a>

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Esta guía refleja los contenidos y normas aplicados en el curso 2023-2024 y anteriores. Durante el semestre septiembre-enero se evaluarán los resultados y de esta evaluación podrían resultar propuestas de modificación que quedarían reflejadas en una versión posterior.