

PROGRAMA DE CURSO

Procesamiento de señales y aprendizaje de máquinas en mantenimiento predictivo

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Civil Mecánica					
Nombre del curso	Procesamiento de señales y aprendizaje de máquinas en mantenimiento predictivo	Código	ME7200	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Signal Processing and Machine learning in predictive maintenance</i>					
Horas semanales	Docencia	1,5	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	7
Carácter del curso	Obligatorio			Electivo de especialidad	X	
Requisitos	ME4701: Vibraciones Mecánicas					

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito introducir al estudiante en el monitoreo de sistemas mecánicos, desde la definición de un sistema de monitoreo hasta la adquisición y procesamiento de los datos. Se busca que el estudiante pueda utilizar herramientas de aprendizaje de máquinas para la detección y caracterización de fallas en estos sistemas, y que pueda identificar que herramientas son más apropiadas para cada aplicación.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Concebir, formular y aplicar modelos físico-matemáticos para la resolución de problemas relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos.

CE2: Interpretar los resultados de la modelación y simulación de fenómenos relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos, estableciendo la pertinencia de las técnicas utilizadas para ello.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG4: Trabajo en equipo

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1	RA1: Desarrolla un modelo de detección y caracterización de fallas en sistemas mecánicos utilizando herramientas de aprendizaje de máquinas.
CE2	<p>RA2: Selecciona distintos métodos de monitoreo para sistemas mecánicos, considerando las características de cada una de ellas y los modos de fallas a identificar.</p> <p>RA3: Analiza señales de monitoreo de un sistema mecánico, considerando técnicas de procesamiento de señales y de extracción de características con el fin de obtener un set de parámetros que permita identificar fallas en dicho sistema.</p> <p>RA4: Comparar distintos modelos de detección y caracterización de fallas en base a aprendizaje de máquinas según métricas objetivas de eficiencia y efectividad.</p>
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA5: Elabora informes de tareas sobre problemas de identificación de fallas con datos reales, considerando claridad y precisión de las ideas en cuanto al problema a resolver, las metodologías usadas y las decisiones tomadas con su respectiva justificación.
	RA6: Comunica en forma oral los resultados del proyecto final, mediante una línea de exposición/argumentación claramente definida en donde informa de manera precisa su propuesta en el contexto de su futuro ámbito laboral/profesional.
CG4	RA7: Trabaja en equipo en la elaboración de un proyecto de monitoreo, de manera organizada, comunicándose de manera respetuosa con sus pares para alcanzar la meta común.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA5, RA6, RA7	Mantenimiento Predictivo Tradicional	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Estrategias de mantenimiento 1.2. Principios del mantenimiento predictivo 1.3. Analisis de Aceite 1.4. Ultrasonido 1.5. Termografías 1.6. Análisis de Vibraciones		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Distingue las distintas estrategias de mantenimiento y los principios del mantenimiento predictivo. 2. Conoce las distintas técnicas de mantenimiento predictivo tradicionales y sabe cuándo corresponde utilizar cada una. 3. Produce textos de su especialidad, principalmente de carácter explicativo-argumentativo (reportes, informes, resumen ejecutivo, proyecto, entre otros), considerando su organización funcional que le permiten fundamentar sus decisiones profesionales. 4. Comunica a sus pares, a académicos, a profesionales de la ingeniería/ciencias, a otros actores relevantes y a otras audiencias no especializadas: propuestas, temas, problemas vinculados al ámbito laboral/profesional de forma pertinente y coherente, desarrollando una línea de exposición/argumentación. 5. Cumple, según el rol asignado, las tareas y actividades comprometidas con su equipo, considerando formalidades de la entrega y organización del trabajo. 6. Planifica organizadamente su trabajo y tiempo para cumplir con las tareas asignadas dentro del equipo. 7. Maneja instrumentos de gestión para fijar objetivos comunes con su equipo, planificando de manera dinámica el desarrollo de una actividad. 8. Evalúa en forma continua el cumplimiento de las metas y objetivos, en el contexto del trabajo en equipo, realizando ajustes oportunos en las actividades. 	
Bibliografía de la unidad		[1] Capítulos 1, 6, 7, 8, 9 y 11	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA2, RA5, RA6, RA7	Adquisición de datos y extracción de características	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>2.1. Selección de componentes críticos</p> <p>2.2. Selección de las variables físicas a monitorear</p> <p>2.3. Adquisición y almacenamiento</p> <p>2.4. Conversión análoga-digital</p> <p>2.5. Extracción de parámetros en el dominio temporal</p> <p>2.6. Transformada de Fourier y reducción de efectos asociados a errores numéricos y ruido experimental</p> <p>2.7. Métodos en el dominio tiempo-frecuencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transformada corta de Fourier • Transformada de Wavelet • Empirical Mode Decomposition 		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifica los elementos necesarios en un sistema de medición experimental y sabe cómo seleccionarlos. 2. Aplica distintos métodos de extracción de características en señales en el dominio temporal, de frecuencias y tiempo frecuencia. 3. Interpreta los resultados del proceso de extracción y puede seleccionar los parámetros más adecuados. 4. Produce textos de su especialidad, principalmente de carácter explicativo-argumentativo (reportes, informes, resumen ejecutivo, proyecto, entre otros), considerando su organización funcional que le permiten fundamentar sus decisiones profesionales. 5. Comunica a sus pares, a académicos, a profesionales de la ingeniería/ciencias, a otros actores relevantes y a otras audiencias no especializadas: propuestas, temas, problemas vinculados al ámbito laboral/profesional de forma pertinente y coherente, desarrollando una línea de exposición/argumentación. 6. Cumple, según el rol asignado, las tareas y actividades comprometidas con su equipo, considerando formalidades de la entrega y organización del trabajo. 7. Planifica organizadamente su trabajo y tiempo para cumplir con las tareas asignadas dentro del equipo. 8. Maneja instrumentos de gestión para fijar objetivos comunes con su equipo, planificando de manera dinámica el desarrollo de una actividad. 9. Evalúa en forma continua el cumplimiento de las metas y objetivos, en el contexto del trabajo en equipo, realizando ajustes oportunos en las actividades. 	
Bibliografía de la unidad		[2] Capítulos 2 y 3	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA3, RA5, RA6, RA7	Métodos de reducción de dimensionalidad	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Selección de parámetros 3.2. Análisis de Componentes Principales 3.3. Factor Analysis 3.4. Escalamiento Multidimensional 3.5. Análisis Discriminante Lineal (ADL)		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Aplica métodos de selección y reducción de parámetros para obtener un grupo reducido de parámetros representativos del fenómeno en estudio. 2. Entiende la diferencia entre los distintos métodos de reducción de parámetros y sabe cuándo aplicarlos. 3. Produce textos de su especialidad, principalmente de carácter explicativo-argumentativo (reportes, informes, resumen ejecutivo, proyecto, entre otros), considerando su organización funcional que le permiten fundamentar sus decisiones profesionales. 4. Comunica a sus pares, a académicos, a profesionales de la ingeniería/ciencias, a otros actores relevantes y a otras audiencias no especializadas: propuestas, temas, problemas vinculados al ámbito laboral/profesional de forma pertinente y coherente, desarrollando una línea de exposición/argumentación. 5. Cumple, según el rol asignado, las tareas y actividades comprometidas con su equipo, considerando formalidades de la entrega y organización del trabajo. 6. Planifica organizadamente su trabajo y tiempo para cumplir con las tareas asignadas dentro del equipo. 7. Maneja instrumentos de gestión para fijar objetivos comunes con su equipo, planificando de manera dinámica el desarrollo de una actividad. 8. Evalúa en forma continua el cumplimiento de las metas y objetivos, en el contexto del trabajo en equipo, realizando ajustes oportunos en las actividades. 	
Bibliografía de la unidad		[3] Capítulo 6	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA3, RA5, RA6, RA7	Fundamentos de aprendizaje de maquinas	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
<p>4.1. Tipos de algoritmos: detección de anomalías y/o novedades, clasificación, regresión y agrupamiento.</p> <p>4.2. Tipos de aprendizaje: aprendizaje supervisado, aprendizaje no-supervisado, aprendizaje semi-supervisado y aprendizaje por refuerzo</p> <p>4.3. Evaluación de los algoritmos: métricas, sets de testeo, entrenamiento y evaluación.</p> <p>4.4. Métodos para prevenir el overfitting y underfitting</p>		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conoce las características principales de los distintos algoritmos de aprendizaje de máquinas y entiende cómo se pueden aplicar para la detección y caracterización de fallas en activos físicos. 2. Conoce las distintas métricas utilizadas para evaluar los algoritmos de aprendizaje de máquinas, así como las buenas prácticas al momento de entrenamiento para asegurar un algoritmo que sea capaz de generalizar a partir de los datos de entrenamiento. 3. Produce textos de su especialidad, principalmente de carácter explicativo-argumentativo (reportes, informes, resumen ejecutivo, proyecto, entre otros), considerando su organización funcional que le permiten fundamentar sus decisiones profesionales. 4. Comunica a sus pares, a académicos, a profesionales de la ingeniería/ciencias, a otros actores relevantes y a otras audiencias no especializadas: propuestas, temas, problemas vinculados al ámbito laboral/profesional de forma pertinente y coherente, desarrollando una línea de exposición/argumentación. 5. Cumple, según el rol asignado, las tareas y actividades comprometidas con su equipo, considerando formalidades de la entrega y organización del trabajo. 6. Planifica organizadamente su trabajo y tiempo para cumplir con las tareas asignadas dentro del equipo. 7. Maneja instrumentos de gestión para fijar objetivos comunes con su equipo, planificando de manera dinámica el desarrollo de una actividad. 8. Evalúa en forma continua el cumplimiento de las metas y objetivos, en el contexto del trabajo en equipo, realizando ajustes oportunos en las actividades. 	
Bibliografía de la unidad		[3] Capítulo 1	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA3, RA5, RA6, RA7	Algoritmos de detección de anomalías y/o novedades	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Covarianza robusta 5.2. Isolation Forest 5.3. Local Outlier Factor (LOF) 5.4. One Class Support Vector Machines (SVM)		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Aplica métodos de detección de anomalías y/o novedades para detectar posibles casos de fallas en activos físicos. 2. Entiende la diferencia entre los distintos métodos de detección de anomalías y/o novedades y sabe cuándo aplicarlos. 3. Produce textos de su especialidad, principalmente de carácter explicativo-argumentativo (reportes, informes, resumen ejecutivo, proyecto, entre otros), considerando su organización funcional que le permiten fundamentar sus decisiones profesionales. 4. Comunica a sus pares, a académicos, a profesionales de la ingeniería/ciencias, a otros actores relevantes y a otras audiencias no especializadas: propuestas, temas, problemas vinculados al ámbito laboral/profesional de forma pertinente y coherente, desarrollando una línea de exposición/argumentación. 5. Cumple, según el rol asignado, las tareas y actividades comprometidas con su equipo, considerando formalidades de la entrega y organización del trabajo. 6. Planifica organizadamente su trabajo y tiempo para cumplir con las tareas asignadas dentro del equipo. 7. Maneja instrumentos de gestión para fijar objetivos comunes con su equipo, planificando de manera dinámica el desarrollo de una actividad. 8. Evalúa en forma continua el cumplimiento de las metas y objetivos, en el contexto del trabajo en equipo, realizando ajustes oportunos en las actividades. 	
Bibliografía de la unidad		[4] Capítulos 1, 2, 3 y 4	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Algoritmos de clasificación	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>6.1. K-nearest neighbors' algorithm (k-NN)</p> <p>6.2. Árboles de decisión</p> <p>6.3. Random Forest</p> <p>6.4. Máquinas de vectores de soporte</p> <p>6.5. Selección del modelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Entrenamiento y pruebas Validación cruzada Selección de hiperparámetros 		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Aplica métodos de clasificación para caracterizar posibles fallas en activos físicos. Entiende la diferencia entre los distintos métodos de clasificación y sabe cuándo aplicarlos. Produce textos de su especialidad, principalmente de carácter explicativo-argumentativo (reportes, informes, resumen ejecutivo, proyecto, entre otros), considerando su organización funcional que le permiten fundamentar sus decisiones profesionales. Comunica a sus pares, a académicos, a profesionales de la ingeniería/ciencias, a otros actores relevantes y a otras audiencias no especializadas: propuestas, temas, problemas vinculados al ámbito laboral/profesional de forma pertinente y coherente, desarrollando una línea de exposición/argumentación. Cumple, según el rol asignado, las tareas y actividades comprometidas con su equipo, considerando formalidades de la entrega y organización del trabajo. Planifica organizadamente su trabajo y tiempo para cumplir con las tareas asignadas dentro del equipo. Maneja instrumentos de gestión para fijar objetivos comunes con su equipo, planificando de manera dinámica el desarrollo de una actividad. Evalúa en forma continua el cumplimiento de las metas y objetivos, en el contexto del trabajo en equipo, realizando ajustes oportunos en las actividades. 	
Bibliografía de la unidad		[3] caps. 8, 9, 10, 11, 14	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
7	RA3, RA5, RA6, RA7	Algoritmos de agrupamiento	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
7.1. K-means 7.2. Mean-Shift Clustering 7.3. DBSCAN 7.4. Gaussian Mixture Models 7.5. Agglomerative Hierarchical Clustering		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Aplica métodos de agrupamiento para encontrar factores comunes en datos provenientes de activos físicos sin etiquetas. 2. Entiende la diferencia entre los distintos métodos de agrupamiento y sabe cuándo aplicarlos. 3. Produce textos de su especialidad, principalmente de carácter explicativo-argumentativo (reportes, informes, resumen ejecutivo, proyecto, entre otros), considerando su organización funcional que le permiten fundamentar sus decisiones profesionales. 4. Comunica a sus pares, a académicos, a profesionales de la ingeniería/ciencias, a otros actores relevantes y a otras audiencias no especializadas: propuestas, temas, problemas vinculados al ámbito laboral/profesional de forma pertinente y coherente, desarrollando una línea de exposición/argumentación. 5. Cumple, según el rol asignado, las tareas y actividades comprometidas con su equipo, considerando formalidades de la entrega y organización del trabajo. 6. Planifica organizadamente su trabajo y tiempo para cumplir con las tareas asignadas dentro del equipo. 7. Maneja instrumentos de gestión para fijar objetivos comunes con su equipo, planificando de manera dinámica el desarrollo de una actividad. 8. Evalúa en forma continua el cumplimiento de las metas y objetivos, en el contexto del trabajo en equipo, realizando ajustes oportunos en las actividades. 	
Bibliografía de la unidad		[3] cap. 7	

E. Estrategias de enseñanza:

El curso se estructura en base a distintas metodologías que fomenta la participación del estudiante e incluyen principalmente:

1. Participación en la clase expositiva, que contempla un Inicio-Desarrollo-Cierre
3. Análisis de casos en forma individual (tareas)
4. Proyecto semestral es en equipo de trabajo.

F. Estrategias de evaluación:

El curso tiene distintas instancias de evaluación que consideran:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación	Ponderación
<ul style="list-style-type: none"> Tareas. Serán 4 tareas individuales, estas contemplan análisis de casos. 	Evalúa el RA1, RA2, RA3, RA4 y RA5	50% de la nota fina.
<ul style="list-style-type: none"> Proyecto. Se evaluará un proyecto desarrollado durante el semestre, el que contempla entregas parciales las que serán parte de la evaluación. La rúbrica de evaluación considera las habilidades genéricas tales como comunicación, trabajo en equipo, así como los aspectos específicos (técnicos). El proyecto es en grupo de 3 estudiantes como máximo. 	Evalúa los RA1, RA2, RA3, RA4, RA6 y RA7	50% de la nota fina.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- [1] Mobley, R. K. (2002). An introduction to predictive maintenance. Elsevier.
- [2] Gouriveau, R., Medjaher, K., & Zerhouni, N. (2016). From prognostics and health systems management to predictive maintenance 1: monitoring and prognostics. John Wiley & Sons.
- [3] Alpaydin, E. (2009). Introduction to machine learning. MIT press.
- [4] Aggarwal, C. C. (2017). Outlier analysis. Springer, Cham.

Bibliografía complementaria:

- [5] Géron, A. (2017). Hands-on machine learning with Scikit-Learn and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. O'Reilly Media, Inc..
- [6] Francois, C. (2017). Deep learning with Python. Manning Publications Co.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	2020
Elaborado por:	Viviana Meruane
Validado por:	CTD del departamento.
Revisado por:	Área de Gestión Curricular (AGC)