

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
EL 6023	Modelación y Análisis de Redes de Telecomunicaciones			
Nombre en inglés				
Modelling and Analysis of Telecommunication Networks				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
EL4112 Principios de Comunicaciones			Electivo – Línea de especialización	
Resultado de Aprendizaje del Curso				
<p>Al final del semestre se espera que el estudiante: Dimensione recursos y evalúe la calidad de funcionamiento de entidades de transporte y esquemas de protección de redes de transporte por paquetes, capaces de soportar servicios multimedios con garantías de calidad de servicio básicas, utilizando herramientas y estructuras de la teoría de redes de colas y la teoría cálculo de red.</p>				

Metodología Docente	Evaluación General
<p>La metodología será de trabajo activo-participativa, en donde se desarrollarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clases expositivas. • Trabajos de Investigación: Proyectos de investigación sobre los últimos desarrollos de arquitecturas funcionales de redes y capacidades de servicios (Unidades 1 y 2). • Tareas: Análisis cuantitativos de escenarios de redes donde encuentran aplicación los temas tratados en las Unidades 3 y 4. 	<p>La evaluación permitirá que los estudiantes demuestren los resultados de aprendizaje alcanzados en los distintos momentos del proceso de enseñanza, siendo éstos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controles. • Ejercicios (Tareas y Trabajos de Investigación). • Examen. <p>El examen dará cuenta del resultado de aprendizaje del curso.</p>

Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	Marco de procesos de operador de red/proveedor de servicio de telecomunicaciones	2 semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1. Marco de procesos de negocio de un proveedor de servicios en un entorno NGN. <ol style="list-style-type: none"> Modelo de categorías empresariales en entornos NGN. Modelo Mapa de Operaciones de Telecomunicación mejorado (eTOM). 2. Normalización mundial de tecnologías de información y comunicación. <ol style="list-style-type: none"> Principales organizaciones desarrolladoras de normas internacionales (SDO) en materias de TIC. Marco de colaboración entre UIT-T y otras organizaciones de normalización internacionales y regionales. Proyectos de normalización mundial de redes públicas futuras (IMT-2020/5G, Network 2030/6G). 	Al final de la unidad se espera que el estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Reconozca la categoría empresarial a la que pertenece un operador de red/proveedor de servicio y describa la naturaleza de las relaciones que éste necesita mantener con otras categorías empresariales en entornos NGN. Utilice el enfoque de procesos del marco eTOM para clasificar y describir las actividades centrales e interrelaciones de los procesos de desarrollo, gestión y operación de recursos de un operador de red. Conozca el propósito, cubrimiento temático y alcances previstos de las principales iniciativas de normalización mundial de redes públicas futuras. 	[1] Cap. 1. [2] Cap. 1. [4] Recs. UIT-T: Y.110, Y.2012, Y.2201, Y.3001, M.3050.X, M.3060, A.23, A.Sup3, FG-NET2030. [5] Cap. 1, 12.

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	Arquitecturas funcionales de las redes de próxima generación (NGN)	4 semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>1. Arquitectura funcional genérica de las redes de la próxima generación (NGN).</p> <p>a. Estructura y entidades funcionales genéricas del estrato de transporte y del estrato de servicio.</p> <p>b. Componentes específicos de transporte y de servicio NGN.</p> <p>c. Conjunto de capacidades de la NGN.</p> <p>2. Arquitecturas funcionales emergentes de red desarrolladas para la Internet futura.</p> <p>a. Redes de distribución de contenido (CDN); redes superpuestas (<i>overlay</i>) P2P.</p> <p>b. Redes definidas por software (SDN). Relación entre SDN y NFV</p> <p>c. Virtualización funcional de red (NFV).</p> <p>c. Redes basadas en la información (ICN).</p> <p>3. Arquitectura funcional genérica de red IMT-2020/5G.</p> <p>a. Marco de la red IMT-2020.</p> <p>b. Arquitectura de la red medular 5G (5G Core, 5GC)</p> <p>c. Gestión de la movilidad en escenarios 4G/5G.</p>	<p>Al final de la unidad se espera que el estudiante:</p> <p>1. Reconozca las capacidades mejoradas y adicionales del marco arquitectural NGN requeridas para ofrecer soporte a inteligencia de red, virtualización funcional de red, y programabilidad de servicios y aplicaciones para personas y cosas.</p> <p>2. Explique los principios de funcionamiento de redes basadas en arquitecturas emergentes desarrolladas para la Internet futura.</p> <p>3. Calcule indicadores de QoS de servicios/ aplicaciones que utilizan arquitecturas CDN (<i>overlay</i>, P2P).</p> <p>4. Determine reglas de tratamiento de paquetes en nodos de red SDN para implementar funciones avanzadas de control y gestión de red.</p> <p>5. Describa configuraciones arquitectónicas de redes de radio y medulares 5G, y las compatibilidades con arquitecturas de generaciones anteriores.</p> <p>6. Identifique y explique la utilidad de las nuevas funciones más importantes de la arquitectura de red medular 5G.</p>	<p>[1] Cap. 2, 4, 5, 7.</p> <p>[2] Cap. 2.</p> <p>[4] Recs. UIT: G.800, Y.2012, Y.2201, Y.2340, Y.3001, M.2083-0, Y.3102, Y.3104, G.8300, Y.3300, Y.4000, Y.4416, Y.Sup66, FG-NET2030.</p> <p>[5] Cap. 1, 17</p> <p>[6] Cap. 1–3.</p> <p>[7] Cap. 2, 4.</p> <p>[8] Cap. 2, 3, 4, 6.</p> <p>[9] Cap. 1–3.</p> <p>[10] Cap. 1, 2.</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	Dimensionado de recursos de redes de transporte con garantías de calidad de servicio	6 semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>1. Calidad de servicio y calidad de funcionamiento de red.</p> <p>a. Categorías de calidad de servicio para los usuarios de servicios multimedios.</p> <p>b. Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en IP.</p> <p>c. Marco arquitectural para el soporte de la calidad de servicio en redes por paquetes.</p> <p>2. Análisis de redes de comunicación basado en la teoría de redes de colas.</p> <p>a. Modelos de redes de colas.</p> <p>b. Medidas de desempeño de redes de colas.</p> <p>c. Análisis de técnicas de control de flujo y control de congestión.</p> <p>3. Análisis de redes de comunicación basado en la teoría cálculo de red (*).</p> <p>a. Fundamentos de álgebra mínimo-suma.</p> <p>b. Modelos de tráfico.</p> <p>c. Modelos de servidor (nodo de red).</p> <p>d. Resultados básicos de la teoría cálculo de red.</p> <p>(*) Opcional</p>	<p>Al final de la unidad se espera que el estudiante:</p> <p>1. Interprete los parámetros de calidad de servicio para los usuarios finales de servicios multimedios, y los parámetros de calidad de funcionamiento de red relativos a la disponibilidad y transferencia de paquetes del Protocolo Internet (IP).</p> <p>2. Identifique el propósito y explique el principio de funcionamiento de los mecanismos de red genéricos utilizados para controlar la respuesta del servicio de red a una petición de servicio, o para administrar y controlar tráfico a través de una red por paquetes.</p> <p>3. Realice el dimensionado óptimo de capacidad de enlaces y tamaño de buffers en redes por paquetes que deben ofrecer garantías de calidad de servicio, aplicando modelos y métodos de análisis de la teoría de redes de colas y de la teoría cálculo de red.</p>	<p>[1] Cap. 2–4.</p> <p>[2] Cap. 3, 4, 5, 7.</p> <p>[3] Cap. 1, 5, 6.</p> <p>[4] Recs. UIT-T: G.1010, Y.1221, Y.1291, Y.1540, Y.1541, Y.1542.</p> <p>[11] Cap. 2, 3.</p> <p>[12] Cap. 1–6.</p> <p>[13] Cap. 1–3.</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas	
4	Supervisión y protección de redes de transporte.	3 semanas	
Contenidos		Resultados de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1. Protección de redes de transporte. <ul style="list-style-type: none"> a. Modelo de referencia de red para la medición de la calidad de funcionamiento en entornos NGN. b. Arquitecturas de protección lineal de camino y de subred. c. Conmutación de protección automática (APS). d. Análisis de sistemas de protección de redes de transporte: supervivencia, disponibilidad y frecuencia de fallas. 2. Mecanismos de recuperación de redes de transporte MPLS con Ingeniería de Tráfico. <ul style="list-style-type: none"> a. Ciclo de recuperación. b. Protección local y global 		Al final de la unidad se espera que el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> 1. Explique el rol de las entidades funcionales que intervienen en la supervisión de red y en la conmutación de protección de diferentes esquemas de protección. 2. Calcule el nivel de supervivencia, la disponibilidad y la frecuencia de fallas que es posible conseguir con esquemas de protección de red de transporte, considerando ocurrencia aleatoria de fallas y ocurrencia dada de fallas. 	[1] Cap. 6. [2] Cap. 2. [4] Recs. UIT-T: G.808.X, Y.2173, Y.2614, Y.2701, Y.2704. [14] Cap. 2, 3. [15] Cap. 1, 2. [16]

Bibliografía General

Bibliografía Básica

- [1] Kurose, J.F., Ross, K.W. *Computer Networking. A Top-Down Approach*. Eighth edition. Pearson Education, 2021.
- [2] Giambene, G. *Queuing Theory and Telecommunications. Networks and Applications*. Third edition. Springer, 2021.
- [3] Bouillard, A., Boyer, M., Le Corronc, E. *Deterministic Network Calculus: From Theory to Practical Implementation*. Wiley-ISTE, 2018.

Bibliografía Complementaria

- [4] Selección de Recomendaciones del UIT-T vigentes hasta la fecha. Serie G: *Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales*. Serie M: *Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes*. Serie Y: *Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo internet y redes de próxima generación, Internet de las Cosas y ciudades inteligentes*. Especificaciones técnicas elaboradas recientemente por Grupos Temáticos (Focus Groups) del UIT-T. Documentos disponibles en: <https://www.itu.int/rec/T-REC/es>
- [5] Ligang, H. *Data Communications and Network Technologies*. Huawei Technologies Co., Ltd. Posts & Telecom Press, 2023.
- [6] Rommer, S. et al. *5G Core Networks: Powering Digitalization*. Academic Press, 2020.
- [7] Sunyaev, A. *Internet Computing. Principles of Distributed Systems and Emerging Internet-Based Technologies*. Springer, 2020.
- [8] Göransson, P., Black, C., Culver, T. *Software Defined Networks: A Comprehensive Approach*. Second edition. Morgan Kaufmann, 2017.
- [9] Dutta, N. et al. *Information Centric Networks (ICN). Architecture & Current Trends*. Springer, 2021.
- [10] Bala Krishna M. (Editor). *User-Centric and Information-Centric Networking and Services. Access Networks, Storage and Cloud Perspective*. CRC Press, 2019.
- [11] Robertazzi, T., Shi, L. *Networking and Computation: Technology, Modeling and Performance*. Second edition. Springer, 2020.
- [12] Walrand, J. *Probability in Electrical Engineering and Computer Science. An Application-Driven Course*. Second edition. Springer, 2021.
- [13] Le Boudec, J-Y., Thiran, P. *Network Calculus: A Theory of Deterministic Queuing Systems for the Internet*. Springer, 2012.
- [14] Gertsbakh, I., Shpungin, Y. *Network Reliability: A Lecture Course*. Springer, 2020.
- [15] Rak, J. *Resilient Routing in Communication Networks*. Springer, 2015.
- [16] Hayashi, M., Yamamoto, H. "A new method of approximation for computing system-failure frequency". *Journal Operations Research Soc. of Japan*, Vol. 59, No. 3, July 2016, pp. 258-268.

Vigencia desde:	1 de marzo 2012
Actualizado:	12 de febrero 2023
Elaborado por:	Guillermo Vásquez Y.