

Monitoring Strategy for Analyzing the first-year University Students' Performance according to their Profiles of Provenance

María Fernanda Papa
GIDIS_Web Group
Universidad Nacional de La Pampa
General Pico, La Pampa, Argentina
pmfer@ing.unlpam.edu.ar

María Valeria de Castro
Kybele R&D Group
Universidad Rey Juan Carlos
Móstoles, Madrid, España
valeria.decastro@urjc.es

Pablo Becker
GIDIS_Web Group
Universidad Nacional de La Pampa
General Pico, La Pampa, Argentina
beckerp@ing.unlpam.edu.ar

Esperanza Marcos Martinez
Kybele R&D Group
Universidad Rey Juan Carlos
Móstoles, Madrid, España
esperanza.marcos@urjc.es

Luis Olsina
GIDIS_Web Group
Universidad Nacional de La Pampa
General Pico, La Pampa, Argentina
olsinal@ing.unlpam.edu.ar

Abstract—In 2014, Rey Juan Carlos University (from Spain) has implemented the Service Science, Management and Engineering career. From the study conducted in 2016, the formulated hypothesis that the students' evidenced performance in the different modules of the career (i.e., Fundamentals, Technology, Personal Skills, Services and Companies) is affected by the secondary school modality of provenance. Aimed at monitoring the performance of first-year students of this career, in the present work we propose the use of a Holistic Evaluation Approach for Quality. This approach has a family of integrated evaluation strategies which allows achieving goals for diverse purposes such as to understand, compare, monitor, among others. In a nutshell, a strategy integrates a conceptual base with process and method specifications, which ensures that evaluation projects' results are consistent and comparable over time. Particularly, in this work, we use the monitoring strategy for understanding the performance of students, in the first year of the abovementioned career, from 2014 to 2017 period of time. The yielded outcomes will serve as a basis for the development of a predictive model. This will allow to the University to propose instruments aimed at improving the performance of students regarding the predominant modality of provenance.

Keywords—education, students' performance, monitoring strategy, service sector

I. INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios la Universidad Rey Juan Carlos (URJC) asumió el compromiso de garantizar la calidad de todas sus titulaciones y, de este modo, permitir la formación de personas competentes. Consecuentemente posee una Política de Calidad, donde uno de sus objetivos generales hace referencia a comprobar que las acciones llevadas a cabo para cumplir los propósitos de los programas de sus carreras favorecen el aprendizaje del estudiante.

Asimismo, la URJC ha orientado su enseñanza e investigación a buscar soluciones interdisciplinarias a los

problemas actuales. En este contexto, una de sus titulaciones más recientes es la carrera Ciencia, Gestión e Ingeniería de Servicios (CGIS), la cual comenzó a dictarse en el ciclo lectivo de 2014-15 y pretende dar respuesta a la creciente demanda de profesionales orientados hacia el sector de servicios¹.

Dicho sector, es aquel que no produce bienes materiales, sino que proporciona a la población los servicios necesarios para satisfacer sus necesidades [1]. Abarca actividades como comunicaciones, educación, salud, turismo, servicios informáticos, entre otros.

El grado de CGIS es una carrera innovadora que ofrece un amplio abanico de oportunidades a sus egresados y cuyo plan de estudios ha sido realizado junto a EULEN, IBM y MELIA, compañías expertas en el sector de servicios integrales (limpieza, seguridad, etc.), informáticos y de hotelería, respectivamente. Cuando se concibió el grado se lo pensó a partir de un perfil de ingreso determinado, esto es, estudiantes provenientes preferentemente de las modalidades de bachillerato "Ciencias y Tecnología" y "Humanidades y Ciencias Sociales". Cabe destacar que, en España aparte de estas dos modalidades existe el bachillerato con orientación en "Artes".

El plan de estudios de CGIS gira alrededor del concepto de servicios desde una perspectiva transdisciplinaria. Es decir, integra aspectos de gestión de negocios con tecnologías de la información y comunicación, ingeniería y ciencias sociales con la finalidad de cubrir las habilidades requeridas por un profesional del sector de servicios, el cual debe poseer una visión holística e integral del servicio y de los sistemas de servicios. En este sentido, las asignaturas afines impartidas se agrupan en los siguientes módulos: 'Fundamentos',

¹Según datos del Banco Mundial (www.worldbank.org).

‘Tecnologías’, ‘Empresas’, ‘Servicios’, ‘Ciencias sociales’ y ‘Habilidades personales’. De las 46 materias un porcentaje elevado se refieren a tecnologías y comunicaciones. Algunos ejemplos son: Introducción a la programación, Bases de datos, Tecnologías para la gestión de grandes volúmenes de datos, Ingeniería de software, etc.. Para mayor detalle del plan de estudios consultar [2].

El grado de CGIS debe cumplir con la Política de Calidad planteada por la institución. Por esta razón, anualmente genera memorias² de seguimiento de los cursos académicos donde obtiene, entre otros, indicadores de rendimiento y superación de las distintas asignaturas. A partir del análisis de los cursos académicos impartidos desde sus inicios surge que el nivel promedio de rendimiento y superación de los estudiantes en las asignaturas referidas al módulo de Tecnología poseen en general una tendencia negativa.

Ante la situación detectada, tanto el equipo docente como las autoridades de la URJC, se plantearon la necesidad de averiguar las causas de esta situación y así tomar decisiones con un mayor nivel de información y alineadas a los objetivos de su Política de Calidad. Se partió de la premisa que la heterogeneidad de los ingresantes, puede ser un factor determinante en el desempeño del estudiante en los distintos módulos. Los dos factores de heterogeneidad que se presuponía podían afectar el desempeño eran la modalidad del bachillerato cursado y la nota de selectividad. La justificación de estos supuestos se basa en que la carrera posee un perfil de ingreso recomendado y una nota de corte baja, por ser una carrera recientemente implementada.

En España, para acceder a los estudios universitarios, los estudiantes realizan una “prueba de acceso a la universidad” (PAU). La nota obtenida en dicho examen, ponderada con la nota media del bachillerato, determinan la ‘nota de selectividad’ del aspirante, la cual debe superar la nota de corte del grado que desee estudiar. Si bien, esta forma de acceso a la educación superior ayuda a que los estudiantes posean cierto nivel, sigue habiendo una gran heterogeneidad de ingresantes debido a las modalidades de bachillerato de origen.

A raíz de esta situación, en el año 2016 se decidió aplicar la estrategia de medición y evaluación GOCAME (Goal-Oriented Context-Aware Measurement and Evaluation) [3] para realizar un primer estudio exploratorio que permita comprender el desempeño académico de los estudiantes de CGIS y caracterizarlo en función de la modalidad de bachillerato cursado [4]. A partir de lo expuesto y tomando como base el estudio de 2016, en el presente trabajo se propone la utilización de la estrategia de medición, evaluación y monitoreo llamada GOCAMEM (Goal-Oriented Context-Aware Measurement, Evaluation and Monitoring) [5] para dar seguimiento al desempeño académico de los ingresantes, durante su primer año de carrera, en función de su bachillerato de procedencia desde que se comenzó a dictar el grado. El uso de la estrategia integrada GOCAMEM garantiza que los resultados obtenidos en las distintas evaluaciones sean

consistentes, repetibles y comparables, agregando valor a las conclusiones alcanzadas.

GOCAME y GOCAMEM forman parte de la familia de estrategias del Enfoque Holístico de Evaluación de Calidad Multipropósito y Multinivel [6]. Esto, como se discutirá en la Sección IV, no sólo facilitó el trabajo a realizar, sino que permitió establecer un paralelismo entre los resultados obtenidos en el presente estudio y los resultados del 2016. Dicho análisis es interesante ya que parten de objetivos diferentes. Mientras que el primer estudio analizaba el desempeño de la totalidad de los estudiantes durante su vida académica según su modalidad de bachillerato, en esta oportunidad, se lo hace en función del monitoreo del desempeño de los ingresantes durante su primer año de carrera.

En resumen, la contribución de este artículo es la aplicación de la estrategia GOCAMEM con el objetivo de realizar el seguimiento del desempeño académico en los distintos módulos (en su primer año de carrera) de los ingresantes del grado de CGIS considerando el perfil de procedencia respecto a la modalidad del bachillerato cursado.

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera, en la Sección II se discuten los trabajos relacionados, en la Sección III se presentan los fundamentos sobre la estrategia utilizada en el estudio realizado y descrito en la Sección IV. Por último, en la Sección V se presenta el análisis de los resultados y en la Sección VI las conclusiones y trabajos futuros.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

El desempeño académico es una preocupación que se repite a lo largo de todo el mundo desde hace muchos años y en todos los niveles educacionales. En consecuencia, existen muchos trabajos de investigación realizados al respecto, enfocados desde perspectivas muy diferentes y que utilizan distintas técnicas o metodologías, pero con una finalidad común, plantear lineamientos para mejorar el desempeño de sus estudiantes.

Existe una importante cantidad de factores que pueden influenciar el desempeño de los estudiantes. Por ejemplo, en [7] se estudia si el rendimiento académico es afectado por el tiempo que el aprendiz dedica a estudiar y a trabajar teniendo en cuenta, la interacción del tiempo con la motivación y la capacidad del estudiante. Otro factor analizado es la relación entre el estrés del estudiante y su rendimiento académico [8]. Teniendo en cuenta la nota de selectividad, en [9] se investiga si ésta tiene relación con la tasa de superación, el nivel de calificaciones y la duración media de los estudios. Un panorama más amplio de estos factores se puede encontrar en [10], donde se presenta una revisión documental acerca del rendimiento académico de los estudiantes universitarios. Para tal fin analiza estudios realizados durante el siglo XXI en diversos países y carreras, algunas de ingeniería. Por último, en [11] se destaca la importancia de que la institución educativa posea información que pueda ser apropiadamente interpretada como un medio para identificar dónde existen problemas de deserción de sus estudiantes y sus factores. Así como también,

²Las memorias pueden encontrarse en www.urjc.es.

plantear lineamientos a seguir y evaluar si el uso de dicha información incrementó la retención estudiantil.

Respecto a los métodos utilizados para analizar el desempeño estudiantil, en [12] se hace uso de técnicas estadísticas que muestran la correlación entre las competencias matemáticas en la prueba de acceso y el conocimiento inicial que marcan los programas de estudio para los ingresantes provenientes de diferentes instituciones educativas de nivel medio, en una carrera de Ingeniería en Computación del Estado de México. En [13], basándose en un modelo de regresión lineal múltiple, desarrollado y testeado en trabajos previos, crean una tabla de predicción que permite estimar la nota final de un estudiante a partir de una nota inicial.

Otros trabajos se apoyan en la minería de datos para estudiar el rendimiento académico. Por ejemplo, [14] compara la precisión de técnicas basadas en algoritmos de árboles de decisión y redes bayesianas para predecir el desempeño académico de pregrado y postgrado de institutos educacionales en Vietnam y Tailandia. Utilizando técnicas de clasificación, [15] propone proveer ayuda temprana a aquellos estudiantes que poseen características relacionadas con la posibilidad de abandono en una carrera de Ingeniería en Informática de Argentina. En [16] se han utilizado técnicas de clustering para estudiar cómo evoluciona el progreso de los estudiantes durante sus estudios. En [17] proponen un marco de trabajo inteligente que por medio de técnicas de descubrimiento de conocimiento permiten monitorear el desempeño y las actividades de los estudiantes. Particularmente, [18] y [19] versan sobre la minería de datos educacional un área interdisciplinaria de investigación que trata con el desarrollo de métodos para explorar los datos originados en el contexto educacional con la finalidad de estudiar cuestiones educativas.

Con una motivación similar a [7], en [20] se aplica el proceso de Extracción de Conocimiento (Knowledge Discovery in Databases) a la información disponible de estudiantes regulares y no regulares de la UNLP (Argentina) detectando la relación entre el avance académico y la situación laboral.

Lo expuesto es sólo un subconjunto pequeño del universo de investigaciones publicadas. A modo de resumen, se puede indicar que: 1) todas parten del análisis -mediante diferentes técnicas- de un volumen importante de datos; 2) los modelos utilizados para el estudio del rendimiento académico se basan en la selección de diferentes atributos (horas de estudio, motivación, estrés); y 3) consideran importante que los resultados de la evaluación del desempeño deben proveer mecanismos para que, de manera temprana, se planifiquen y ejecuten acciones permitiendo el análisis de su impacto.

En este sentido, el trabajo aquí presentado se aproxima a [12], si se tiene en cuenta que analiza los datos de desempeño en función de las instituciones educativas desde la cual provienen sus estudiantes. Pero se diferencia porque sólo evalúa competencias matemáticas del ingresante y no tiene en cuenta el desempeño en el resto de los módulos, como lo hace este trabajo.

Por otro lado, a diferencia del resto de las investigaciones

que utilizan técnicas estadísticas o de minería de datos, en este trabajo se propone el uso de estrategias integradas de medición y evaluación (ver Sección III), para el cual, no es necesario contar con gran cantidad de datos como se requieren en las técnicas mencionadas.

III. ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN GOCAMEM

GOCAMEM es una estrategia de Medición, Evaluación y Monitoreo que forma parte de la familia de estrategias del Enfoque Holístico de Evaluación de Calidad Multipropósito y Multinivel [6]. Dicho enfoque se encuentra basado sobre tres principios, a saber:

- 1) la definición de metas de negocio y de necesidades de información a diferentes niveles organizacionales;
- 2) la definición de diferentes propósitos de evaluación para las metas;
- 3) la concepción de una familia de estrategias de Medición y Evaluación (ME)/Medición, Evaluación y Cambio (MEC) que ayude al logro del propósito de la meta.

Específicamente, GOCAMEM da soporte a metas con el propósito “monitorear”, el cual se incluye dentro de la categoría de propósito *Caracterizar y Entender* [5]. GOCAMEM es una estrategia integrada, orientada a metas, sensible al contexto y centrada en la necesidad de información organizacional. La característica de integrada la adquiere porque define simultáneamente tres capacidades [21]: 1) un proceso; 2) un marco conceptual; y, 3) un soporte metodológico y tecnológico.

GOCAMEM garantiza repetitividad y reproducibilidad de las actividades porque posee su proceso definido formalmente. La descripción textual y el modelado de distintas perspectivas del proceso con SPEM³ permite conocer exactamente qué hacer y en qué orden. Para cada actividad a realizar identifica cuál es su objetivo, sus pre y post condiciones, y sus entradas y salidas. La Fig. 1 presenta el proceso genérico de GOCAMEM desde una perspectiva funcional y de comportamiento. Las actividades mostradas son las que se deben instanciar en el desarrollo de este trabajo.

El marco conceptual apoyado en la ontología de ME [3] promueve la uniformidad y consistencia en el empleo de los términos en las capacidades anteriores y la especificación de los metadatos necesarios para que los resultados sean consistentes, evitando ambigüedades e imprecisiones al momento de comunicarlos o analizarlos.

El marco metodológico brinda respuesta a la pregunta ¿cómo implementar cada actividad del proceso? Esto es, propone métodos de medición, evaluación y análisis a partir de la especificación de plantillas, por ejemplo de métricas.

IV. MONITOREO DEL DESEMPEÑO ESTUDIANTIL

En la presente sección, se describen las actividades realizadas siguiendo el proceso de GOCAMEM, pero divididas en fase de diseño y de implementación. La descripción es guiada utilizando como ejemplo el diseño e implementación

³<http://www.omg.org/spec/SPEM/2.0/>

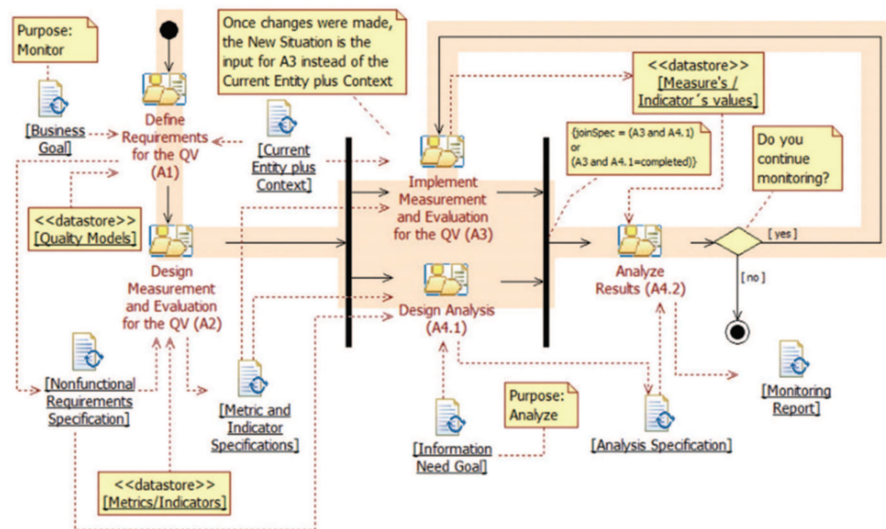


Fig. 1. Proceso genérico de GOCAMEM especificado en SPEM desde las perspectivas funcional y de comportamiento.

de la ME del atributo referido al *avance* de los estudiantes en un determinado módulo.

Como se comentó en la Sección I, este trabajo se construye a partir del publicado en [4], donde se utilizó la estrategia GOCAME para realizar un primer estudio exploratorio que registró una instantánea del desempeño de los estudiantes a julio de 2016. Por lo tanto, si se desea una visión completa de la forma en que se medirán y evaluarán el resto de los atributos, se puede consultar dicha referencia. De igual manera, si surgen dudas con la terminología utilizada en la descripción de esta sección se puede revisar la ontología de ME especificada en [3].

A. Diseño de la Evaluación

La actividad *Definir los requisitos no funcionales (A1)* -ver Fig. 1- produce como salida el documento “Especificación de requisitos no funcionales” que incluye principalmente la necesidad de información y el modelo de evaluación. El propósito de la necesidad de información que motiva este estudio es el monitoreo del desempeño académico de los ingresantes en el primer año de carrera en función de su bachillerato de procedencia.

El desempeño de un estudiante fue definido como el *grado de cumplimiento en relación al rendimiento alcanzado en los diferentes módulos y su nota de selectividad*. Donde el rendimiento se mide a partir de atributos que contemplan las calificaciones, el avance y la efectividad en la aprobación de los módulos del grado. Las definiciones de los atributos⁴ se presentan en la Tabla I.

Luego, teniendo en cuenta la necesidad de información y las definiciones enunciadas se especificó el modelo conceptual para evaluar el desempeño de los estudiantes de una determinada modalidad de bachillerato en los

⁴En el presente estudio se mejoraron con respecto a [4] los nombres de los atributos, métricas e indicadores para cumplir con lo especificado en la base conceptual de ME y evitar confusiones.

Tabla I
DEFINICIÓN DE LOS ATRIBUTOS QUE CONFORMAN EL MODELO DE EVALUACIÓN

Atributo	Definición
Calificación	Representa las calificaciones obtenidas en las asignaturas de un módulo
Efectividad de aprobación	Representa el número de convocatoria en la cual se aprobaron las asignaturas de un módulo
Avance	Representa el progreso respecto el plan de estudios en las asignaturas de un módulo
Nota de selectividad	Representa la nota PAU con la cual acceden al grado

diferentes módulos de la carrera (ver Tabla II, 1^{ra} columna). Recordar que las modalidades de bachillerato son “Ciencias y Tecnología” (CyT), “Humanidades y Ciencias Sociales” (HyCs) y “Artes” (A), mientras que los módulos son ‘Fundamentos’, ‘Empresas’, ‘Sociales’, ‘Tecnologías’, ‘Servicios’ y ‘Habilidades personales’. El modelo de evaluación completo relaciona el desempeño de los estudiantes en estas tres modalidades según lo expresado en la Tabla III.

En este punto se puede apreciar una diferencia respecto al modelo de evaluación presentado en [4]. Para el estudio que aquí se detalla se reagruparon las asignaturas y se agregó el módulo de servicios. Dicho módulo no se tuvo en cuenta en el trabajo anterior debido a que en el momento de la medición los estudiantes aún no habían cursado⁵ ninguna asignatura perteneciente a este módulo como consecuencia de la clasificación realizada. La nueva distribución de asignaturas implica agrupar el módulo de ‘Sociales’ y ‘Habilidades personales’ en un nuevo módulo denominado ‘Ciencias sociales’.

Diseñar la medición y la evaluación (A2) es la siguiente

⁵En julio de 2016 la carrera llevaba sólo dos años de dictado.

Tabla II
 MODELO DE EVALUACIÓN PARA EL DESEMPEÑO DE LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA CGIS

Características / Sub-características / Atributos	Parámetros		Período lectivo						
	P.	Op.	2014-15		2015-16		2016-17		
			HyCs	CyT	A	HyCs	CyT	HyCs	CyT
Desempeño de los estudiantes de CGIS			72.79		74.44		76.07		
1. Desempeño en la modalidad	0,33	C-	80,18	75,21	86,20	76,89	81,85	75,21	79,64
1.1. Rendimiento	0,70	A	85,76	80,73	90,68	81,42	88,22	75,91	82,076
1.1. Rendimiento en el módulo Fundamentos	0,20	A	82,02	76,46	85,94	70,40	85,20	78,05	81,70
1.1.1. <i>Calificación</i>	0,40		68,38	61,99	64,85	58,50	62,99	80,13	72,57
1.1.2. <i>Efectividad de aprobación</i>	0,20		100,0	100,0	100,0	95,00	100,0	100,0	100,0
1.1.3. <i>Avance</i>	0,40		86,67	79,17	100,0	70,00	100,0	65,00	81,67
1.2. Rendimiento en el módulo Tecnología	0,20	A	85,51	79,47	91,45	80,72	88,60	78,05	78,13
1.2.1. <i>Calificación</i>	0,40		65,99	59,74	78,63	67,63	71,51	71,79	71,99
1.2.2. <i>Efectividad de aprobación</i>	0,20		100,0	100,0	100,0	95,00	100,0	100,0	86,67
1.2.3. <i>Avance</i>	0,40		97,78	88,89	100,0	86,67	100,0	73,33	80,00
1.3. Rendimiento en el módulo ciencias sociales	0,20	A	87,49	80,37	88,00	82,59	88,31	74,55	86,70
1.3.1. Rendimiento en el módulo Habilidades personales	0,50	A	86,37	74,14	80,00	76,21	85,18	69,80	83,32
1.3.1.1. <i>Calificación</i>	0,40		65,93	60,36	50,00	63,03	62,96	84,50	68,30
1.3.1.2. <i>Efectividad de aprobación</i>	0,20		100,0	83,33	100,0	85,00	100,0	60,00	93,33
1.3.1.3. <i>Avance</i>	0,40		100,0	83,33	100,0	85,00	100,0	60,00	93,33
1.3.2. Rendimiento en el módulo Sociales	0,50	A	88,61	86,60	96,00	88,96	91,43	79,30	90,08
1.3.2.1. <i>Calificación</i>	0,40		71,53	66,50	90,00	72,40	78,57	78,25	75,20
1.3.2.2. <i>Efectividad de aprobación</i>	0,20		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	80,00	100,0
1.3.2.3. <i>Avance</i>	0,40		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	80,00	100,0
1.4. Rendimiento en el módulo Empresas	0,20	A	86,19	84,23	96,80	84,30	87,08	59,87	77,77
1.4.1. <i>Calificación</i>	0,40		65,47	60,58	92,00	68,26	67,71	57,67	64,41
1.4.2. <i>Efectividad de aprobación</i>	0,20		100,0	100,0	100,0	95,00	100,0	60,00	86,67
1.4.3. <i>Avance</i>	0,40		100,0	100,0	100,0	95,00	100,0	60,00	86,67
1.5. Rendimiento en el módulo Servicios	0,20	A	87,62	83,12	91,20	89,08	91,93	89,03	86,03
1.5.1. <i>Calificación</i>	0,40		69,04	66,14	78,00	75,21	79,82	82,57	75,09
1.5.2. <i>Efectividad de aprobación</i>	0,20		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,33
1.5.3. <i>Avance</i>	0,40		100,0	91,67	100,0	97,50	100,0	90,00	93,33
1.2. Nivel de selectividad	0,30	A	68,21	63,41	76,40	67,06	68,32	73,60	74,18
1.2. <i>Nota de selectividad</i>			68,21	63,41	76,40	67,06	68,32	73,60	74,18

Donde **P.** es la importancia relativa del elemento respecto a los elementos de su nivel, **Op.** es el operador que modela tipos de requisitos (mandatorios/no mandatorios), **A** es Artes, **HyCs** es Humanidades y Ciencias Sociales, **CyT** es Ciencias y Tecnología. Los atributos se destacan en cursiva. Notar que en los ciclos lectivos 2014-15 y 2016-17 no hubo ingresantes con modalidad "Artes".

actividad a realizar. En este punto, la definición de métricas e indicadores se limita a recuperar del repositorio la especificación de los metadatos de los métodos⁶ de medición y evaluación utilizados en el estudio anterior. Esta información es registrada en el documento denominado "Especificación de métricas e indicadores".

A modo de ejemplo del *Diseño de la medición*, en (1) se muestra la fórmula utilizada para calcular el *avance* de un estudiante en un determinado módulo y en (2) se muestra cómo calcular el valor del *avance* de un conjunto de estudiantes. Notar que ambas fórmulas deben aplicarse en seis oportunidades (una por cada módulo), pero mientras que (1) se

aplica por cada estudiante, (2) se aplica por cada modalidad.

$$A_{m_i}^{(k)} = \text{Mat}_{m_i} / \text{Mat}P_{m_i} \quad (1)$$

donde $A_{m_i}^{(k)}$ representa el avance promedio del k -ésimo estudiante en el módulo m_i , Mat_{m_i} es la cantidad de materias aprobadas del módulo m_i y $\text{Mat}P_{m_i}$ es la cantidad de materias que debería tener aprobadas por el plan de estudios según su fecha de ingreso.

$$AG_{m_i} = \sum_{K=1}^{m_i} A_{m_i}^{(k)} / T_{m_i} \quad (2)$$

donde AG_{m_i} representa el avance promedio del i -ésimo módulo, $A_{m_i}^{(k)}$ es el nivel de avance promedio del k -ésimo estudiante en el módulo m_i y T_{m_i} es la cantidad de estudiantes del i -ésimo módulo.

⁶Según la ontología de ME definida en [22] tanto la métrica como el indicador poseen la semántica de un método, esto es, especifican cómo deben realizarse los pasos de una tarea de medición o evaluación, respectivamente.

Tabla III
 MODELO DE EVALUACIÓN PARA EL DESEMPEÑO DE LOS ESTUDIANTES
 EN EL GRADO DE CGIS

Características / Sub-características	P.	Op.
1.Desempeño en el grado de CGIS		D++
1.1. Desempeño en la modalidad “Artes”	0,33	C-
...		
1.2. Desempeño en la modalidad “CyT”	0,33	C-
...		
1.3. Desempeño en la modalidad “HyCs”	0,33	C-
...		

Donde **P.** es la importancia relativa del elemento respecto a los elementos de su nivel, **Op.** es el operador que modela tipos de requisitos (mandatorios/no mandatorios).

Tabla IV
 ESPECIFICACIÓN DE LA ESCALA UTILIZADA POR LOS INDICADORES
 ELEMENTALES Y DERIVADOS

Escala numérica			
Tipo de valor	real	Unidad:	
Tipo de escala	porcentaje	Nombre	porcentaje
Representación	continua	Acrónimo	%

En el *Diseño de la evaluación* se define la escala, los criterios de decisión y la especificación de los indicadores (elementales y derivados). En la Tabla IV se especifica la escala que compartirán todos los valores de indicadores del modelo de evaluación. Estos valores se interpretan por medio de un criterio de decisión con dos categorías, especificado teniendo en cuenta lo que la universidad espera del desempeño de sus estudiantes. La primera categoría abarca valores de indicadores entre [90–100], valores considerados satisfactorios por parte de la URJC, mientras que la otra categoría, reúne valores entre [0 – 90) que no llegan a satisfacer lo esperado debiendo ser examinados al momento de su análisis.

La formula (3) indica cómo transformar el valor medido del atributo (VM) de nuestro ejemplo a un valor de indicador elemental (VIE) que respeta la escala especificada y, en consecuencia, puede interpretarse teniendo en cuenta el criterio de decisión fijado por la universidad.

$$VIE = VMx100 \quad (3)$$

Para finalizar con el diseño de la evaluación es necesario especificar los indicadores derivados. Esta transformación permite conocer el nivel de satisfacción alcanzado por las características y sub-características presentes en el modelo de evaluación (ver Tablas II y III, 1^{ra} columna). Para todos estos indicadores se utilizó el mismo modelo de agregación lógica de preferencias (LSP propuesto por [23]) cuya función queda especificada en (4).

$$ID_{(r)} = (P_1xVI_1^r + P_2xVI_2^r + \dots + P_mxVI_m^r)^{1/r} \quad (4)$$

donde ID representa el valor de indicador derivado a ser calculado, VI_i son los valores de los indicadores del nivel

inmediatamente inferior; $0 \leq VI_i \leq 100$, P_i representa los pesos que cumplen con $(P_1 + P_2 + \dots + P_m) = 1$; $P_i > 0$; $i = 1 \dots m$ y r es un coeficiente conjuntivo/disyuntivo para el modelo de agregación LSP.

Para cada elemento del modelo de evaluación se determinó mediante juicio de expertos un peso P que indica su importancia relativa con respecto a los elementos de su nivel y adicionalmente, para cada característica y sub-característica se asignó un operador r . En la 2^{da} y 3^{ra} columna de las Tablas II y III se observan los diferentes pesos y operadores utilizados, respectivamente. En este punto se tuvo que modificar respecto a [4] los valores de los operadores⁷ para considerar la posibilidad de que no existan estudiantes pertenecientes a una determinada modalidad de bachillerato. Como es el caso de los ciclos lectivos 2014-15 y 2016-17 donde no ingresaron estudiantes provenientes de la modalidad “Artes”.

La actividad *Diseñar el análisis (A4.1)* permite anticipar cuál es la mejor forma de comunicar los resultados mediante la visualización de la información obtenida, las operaciones que pueden ser realizadas en base a la escala y la unidad de los resultados, etc.

B. Implementación de la Evaluación del Desempeño Estudiantil

Para comenzar con la actividad de *Implementar la medición y la evaluación (A3)* es necesario contar con la información académica de los estudiantes. A diferencia del estudio anterior donde los datos utilizados en la medición se obtuvieron de cuestionarios online que los estudiantes completaron en el sitio web de la carrera, en esta oportunidad los datos son oficiales. La fecha de ingreso al grado, la modalidad de bachillerato cursado, la nota de selectividad y su historial académico fueron los insumos de la medición que permitieron cuantificar los atributos del modelo de evaluación.

Antes de comenzar con la medición propiamente dicha se clasificaron a los estudiantes según la modalidad de bachillerato cursada. A modo de ejemplo, en la Tabla V se presentan los datos de un estudiante cuyo ingreso fue en 2014-15 proveniente de un bachillerato con modalidad CyT. Aplicando la ecuación (1) en seis oportunidades -una por cada módulo, se obtiene el avance de dicho estudiante en todos los módulos del grado (ver Tabla VI). Notar que es necesario calcular estas medidas para todos los estudiantes del grado.

Para calcular el valor del avance de los estudiantes que provienen de la modalidad CyT para los distintos módulos se aplica la ecuación (2) en seis oportunidades, una por cada módulo. Los datos de entrada son los valores medidos del avance de cada estudiante de dicha modalidad. La Tabla VII muestra todas las medidas que cuantifican los atributos para la modalidad de nuestro ejemplo. Notar que es necesario calcular estas medidas para las tres modalidades de bachillerato.

Como el lector puede apreciar, los valores medidos (ver Tabla VII) no representan el nivel de satisfacción del atributo

⁷Se cambió el operador C- por el D++ que modela requerimientos no mandatorios.

Tabla V
DATOS DE UN ESTUDIANTE DE LA MODALIDAD “CIENCIAS Y TECNOLOGÍA” QUE INGRESÓ EN EL AÑO LECTIVO 2014-15

Asignatura	Nota	Conv.
Módulo Fundamentos (4)		
Matemáticas para la computación	6,60	1
Teoría de sistemas	7,39	1
Aspectos éticos, legislación y profesión	6,50	1
Módulo Tecnologías (3)		
Arquitectura de computadores	5,73	1
Introducción a la programación	5,20	1
Sistemas operativos y redes	6,10	1
Módulo Habilidades personales (1)		
Inteligencia emocional	5,10	1
Módulo Sociales (1)		
Sociología de los servicios	7,30	1
Módulo Empresas (1)		
Organización empresarial	5,05	1
Módulo Servicios (2)		
Historia y fundamentos de servicios	8,35	1
Desarrollo de servicios	5,74	1

Donde *Conv.* es la convocatoria en la cual se aprobó la asignatura y entre paréntesis se indica la cantidad de materias que el estudiante debe tener aprobadas según el plan de estudios.

Tabla VI
VALORES DEL AVANCE DE UN ESTUDIANTE DE LA MODALIDAD “CIENCIAS Y TECNOLOGÍA” QUE INGRESÓ EN EL AÑO LECTIVO 2014-15

Nivel de avance por módulo	Resultado
$A_{Fundamentos} = 3/4$	75,0
$A_{Tecnologías} = 3/3$	100,0
$A_{HabilidadesPersonales} = 1/1$	100,0
$A_{Sociales} = 1/1$	100,0
$A_{Empresas} = 1/1$	100,0
$A_{Servicios} = 2/2$	100,0

Tabla VII
VALORES MEDIDOS PARA LA MODALIDAD “CIENCIAS Y TECNOLOGÍA” DEL GRUPO DE ESTUDIANTES QUE INGRESO EN 2014-15

	F.	T.	HP.	Soc.	E.	Ser.
Nota de selectividad:	6,83					
Calificación promedio	6,19	5,97	6,03	6,65	6,05	6,61
Efectividad de aprobación promedio	1	1	8,33	1	1	1
Nivel de avance promedio	7,91	8,88	8,33	1	1	9,16

Donde F. es Fundamentos, HP. es Habilidades personales, Soc. es Sociales, E. es Empresas y Ser. es Servicios

cuantificado, por lo que se debe realizar una transformación que convierta el valor medido (VM) a un valor de indicador (VI) que pueda ser interpretado por los criterios de decisión establecidos. Esto se lleva a cabo aplicando las fórmulas de

los modelos elementales. En caso del ejemplo, a partir de la ecuación (3) se transforma el valor medido del avance para la modalidad CyT de 7,1 a 71,51%⁸. De este modo se aplican los modelos elementales a todos los atributos medidos pertenecientes al modelo de evaluación.

A continuación, teniendo en cuenta los valores de los indicadores elementales, los operadores y los pesos diseñados se aplica la transformación de la fórmula (4) para obtener el nivel de satisfacción global y del resto de las características/sub-características del modelo.

Por último, cabe aclarar que al estar utilizando una estrategia de monitoreo, las actividades A3 y A4.2 (ver ciclo en Fig. 1) fueron ejecutadas en 3 oportunidades, al finalizar cada año académico. De este modo se evaluó el desempeño de los ingresantes a julio de 2015, 2016 y 2017. Todos los valores medidos y evaluados, obtenidos de la ejecución de esta actividad (A3), se almacenan en un repositorio (ver <<datastore>> en Fig. 1) para ser consultados en la actividad *Analizar los resultados (A4.2)*.

Dada la relevancia de la actividad de Análisis y la importancia de la discusión de los resultados se le dedica la siguiente sección.

V. ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ESTUDIANTIL

El “Informe de conclusiones” es el resultado de ejecutar la actividad *Analizar los resultados (A4.2)*. Dicho informe consta de dos secciones bien definidas, a saber: 1) la que presenta, a partir de tablas y gráficos con sus interpretaciones, los resultados obtenidos; y 2) la caracterización de la entidad evaluada en función de los años monitoreados destacando los resultados que se relacionan con la premisa planteada por la necesidad de información.

A. Presentación de Resultados

La Fig. 2 muestra el monitoreo del desempeño en el primer año de los ingresantes de la carrera CGIS desde sus comienzos. Esto es, durante los ciclos lectivos 2014-15, 2015-16 y 2016-17.

Dichos valores surgen del desempeño obtenido por los ingresantes en las distintas modalidades. En la Fig. 3 se aprecia que el desempeño de los estudiantes de todas las modalidades a lo largo del tiempo monitoreado se encuentra entre un valor de 75,21% y 86,20%, por debajo del valor esperado por la URJC (mayor o igual a 90,00%).

También muestra una tendencia positiva en el desempeño de los ingresantes de la modalidad CyT, que si bien en el ciclo lectivo 2016-17 decae, no queda por debajo del valor obtenido en el primer período monitoreado. Mientras que los ingresantes de la modalidad HyCs bajan su desempeño periodo a periodo.

Por otro lado, los ingresantes que mejor desempeño presentaron fueron los de “Artes” en el ciclo lectivo 2015-16, logrando una diferencia de 9,31 y 4,35 puntos porcentuales (p.p.) respecto a la modalidad CyT y HyCs, respectivamente.

⁸Si se consideran únicamente dos decimales.

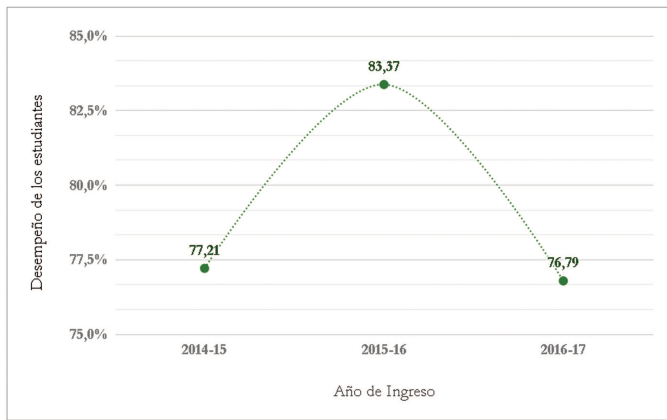


Fig. 2. Desempeño de los ingresantes del Grado CGIS durante el periodo monitoreado.

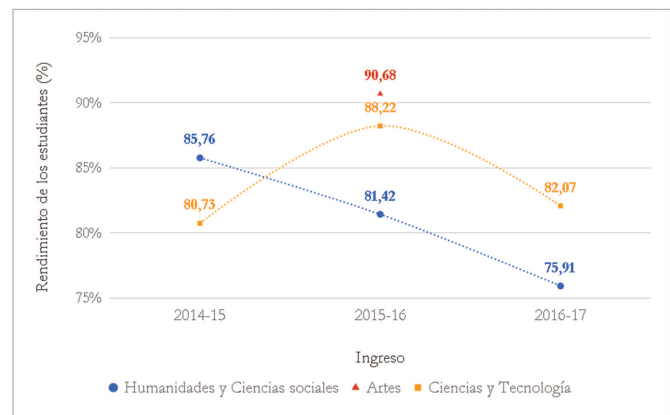


Fig. 4. Variación del rendimiento de los estudiantes de las distintas modalidades de bachillerato durante los años monitoreados.

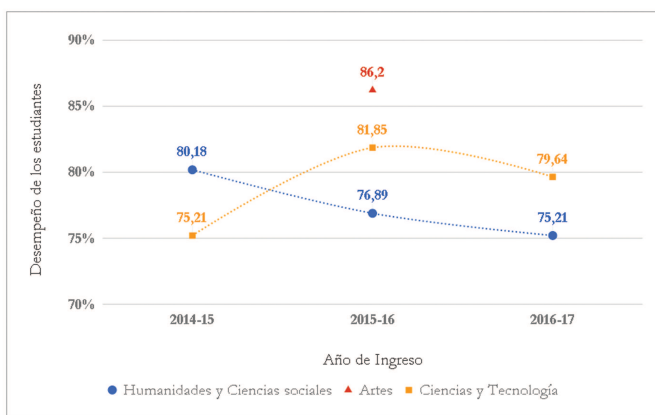


Fig. 3. Desempeño de los ingresantes del Grado CGIS en función de la modalidad de bachillerato cursado durante los años monitoreados.

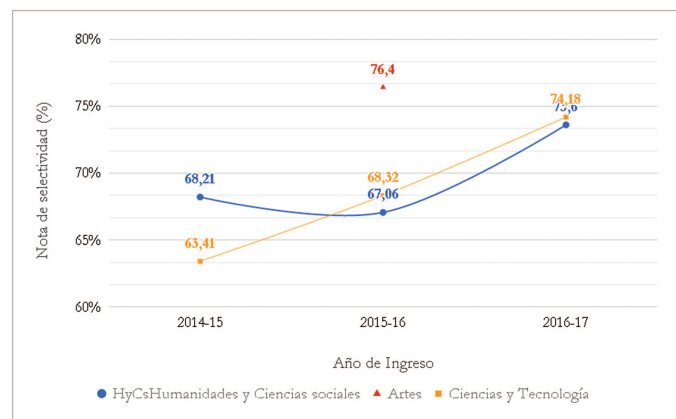


Fig. 5. Variación de la nota de selectividad de los estudiantes de las distintas modalidades de bachillerato durante los años monitoreados.

Una posible explicación para este resultado puede ser que, del total de los datos medidos en dicho periodo, el porcentaje menor está representado por los estudiantes que provienen de la modalidad “Artes” (4%), mientras que el 25% provienen de CyT y el 71% restante de la modalidad HyCs. Estos porcentajes llevados a la totalidad de estudiantes del grado reflejan la siguiente distribución 2% para “Artes”, 40% para CyT y 58% para HyCs. Lo que mostraría que la carrera de CGIS es preferida por estudiantes que provienen de las dos últimas modalidades.

El desempeño de los estudiantes de cada una de las modalidades se calcula en función de su rendimiento (ver Fig. 4) en los distintos módulos y su nota de selectividad (ver Fig. 5) según el modelo de evaluación de la Tabla II. Analizando estos valores se puede apreciar que en los tres periodos monitoreados, existe una relación entre la nota de selectividad y el rendimiento alcanzado. En otras palabras, para cada año monitoreado la modalidad que posea mayor nota de selectividad lograba mayor rendimiento. Lo que podría sugerir que la nota de selectividad del estudiante estaría afectando su posterior desempeño. Esto puede ser chequeado en los valores de nota de selectividad y el rendimiento en la

Tabla II.

El rendimiento de los estudiantes se calcula en función del rendimiento alcanzado en los distintos módulos. Analizando los valores de la Tabla II se aprecia que el rendimiento de los ingresantes en su primer año siempre está por arriba de los 75,50%. Particularmente, el ciclo lectivo con mejor rendimiento fue 2015-16. Donde los estudiantes de Artes presentaron mejor rendimiento en casi todos los módulos, excepto en ‘Servicios’ y ‘Habilidades personales’ seguidos por los estudiantes de CyT.

No obstante, en el ciclo lectivo 2014-15 la modalidad con mejor rendimiento en todos los módulos fue HyCs y en 2016-17 lo fue la modalidad de CyT excepto en el módulo de ‘Servicios’. Aquí se puede apreciar lo comentado anteriormente respecto a que la nota de selectividad estaría afectando su posterior desempeño más que la modalidad de ingreso.

B. Caracterización del Desempeño Respecto a las Modalidades de Bachillerato de Procedencia

Luego de analizar los resultados obtenidos poniendo especial énfasis en el rendimiento de los distintos módulos

se pueden caracterizar las distintas modalidades, a saber:

-“Artes” (A): El rendimiento en los distintos módulos de los ingresantes pertenecientes a esta orientación de bachillerato es superior al 80 %. El mejor rendimiento esta presente en las asignaturas de los módulos de ‘Empresas’ y ‘Sociales’ (más del 96 %) en contraposición a los módulos de ‘Fundamentos’ y ‘Habilidades personales’ donde poseen un rendimiento menor (por debajo del 90 %). Con un rendimiento aceptable a los criterios de la universidad se encuentran las asignaturas de los módulos ‘Tecnologías’ y ‘Servicios’.

Sus calificaciones varían en un rango que van desde 5 en ‘Habilidades personales’ hasta 9,2 en el módulo de ‘Empresas’. Respecto a la efectividad y avance en la carrera ambos valores se encuentran puntuados al 100 % en todos los módulos, lo que indica que aprueban las asignaturas en la primera convocatoria y van al día con su carrera.

-“Humanidades y Ciencias sociales” (HyCs): El rendimiento promedio⁹ en los distintos módulos de los ingresantes pertenecientes a esta orientación de bachillerato es superior al 76 %. El mejor rendimiento promedio esta presente en las asignaturas de los módulos de ‘Servicios’ y ‘Sociales’ (más del 85 %) en contraposición a los módulos de ‘Habilidades personales’, ‘Fundamentos’ y ‘Empresas’ donde poseen un rendimiento promedio menor, que ronda en el 77 %. El rendimiento en el módulo de ‘Tecnología’ es de 81,43 %. Si analizamos la variación presente en los distintos módulos (calculada como la diferencia entre el mayor y el menor rendimiento presentado durante los años estudiados para el conjunto de asignaturas afines) se puede apreciar que los módulos con menor variación son los de ‘Servicios’ con 1,47 p.p., ‘Tecnología’ con 7,46 p.p. y ‘Sociales’ con 9,66 p.p. Estas variaciones sugieren que los ingresantes de esta modalidad presentan un mejor rendimiento en estos módulos, pero no son significativos para indicar que les cuesta más el resto de los módulos. Esto es debido a que poseen una variación superior que indicaría que el desempeño fluctúa en el tiempo según los ingresantes mas allá de la modalidad.

Las calificaciones promedio van desde 6,4 en el módulo de ‘Empresas’ hasta 7,5 en el módulo de ‘Servicios’. Donde la menor variación es en las notas de los módulos ‘Tecnologías’ (6,8 p.p.) y ‘Sociales’ (7,4 p.p.). Respecto a la efectividad promedio, el módulo de ‘Servicios’ siempre se aprobó en la primera convocatoria, mientras que, los módulos de ‘Habilidades personales’ (81,67 %) y ‘Empresas’ (85 %) son aprobados en convocatorias posteriores. Notar que la variabilidad respecto a éstos dos últimos módulos es importante (40 p.p.). En el avance de la carrera se observa que en ningún módulo poseen aprobadas la totalidad de materias que deberían tener según el plan de estudios, pero en todos ellos la variabilidad es importante lo cual restringe la información a obtener respecto a esta característica.

-“Ciencias y Tecnología” (CyT): El rendimiento promedio en los distintos módulos de los ingresantes pertenecientes a

esta orientación de bachillerato es superior al 80 %.

El mejor rendimiento promedio esta presente en las asignaturas de los módulos de ‘Sociales’ y ‘Servicios’ (más del 87 %) en contraposición a los módulos de ‘Habilidades personales’ (80,88 %) y ‘Fundamentos’ (81,12 %) donde poseen un rendimiento promedio menor. El rendimiento en los módulos de ‘Empresas’ y ‘Tecnologías’ es intermedio, siendo de 83,03 % y 82,06 %, respectivamente. Si se analiza la variación presente en los distintos módulos se puede apreciar que esta modalidad presenta una variación menor comparada al resto de las modalidades. Los módulos con menor variación son los de ‘Sociales’ con 4,83 p.p., ‘Fundamentos’ con 8,73 p.p. y ‘Servicios’ con 8,80 p.p. Esto sugiere que los ingresantes de esta modalidad presentan un mejor rendimiento en los módulos de ‘Sociales’ y ‘Servicios’ en contraposición del módulo de ‘Fundamentos’ en el cual presentan menor rendimiento. Mientras que en el resto de los módulos presentan un rendimiento intermedio.

Las calificaciones promedio van desde 6,3 en el módulo de ‘Habilidades personales’ hasta 7,3 en los módulos de ‘Sociales’ y ‘Servicios’. Donde la menor variación es en las notas de los módulos ‘Empresas’ (6,4 p.p.) y ‘Habilidades personales’ (6,3 p.p.). Respecto a la efectividad promedio, los módulos de ‘Sociales’ y ‘Fundamentos’ siempre se aprobaron en la primera convocatoria, mientras que, los módulos de ‘Habilidades personales’ (92,22 %) y ‘Tecnología’ (95,56 %) son los que necesitan más convocatorias para aprobar. Notar que la variabilidad respecto a éstos dos últimos módulos es de 16,67 y 13,33 p.p., respectivamente. En el avance de la carrera se muestra que sólo en el módulo de ‘Sociales’ van según el plan de estudios. Siendo el módulo de ‘Fundamentos’ en el que van más retrasados pero con una variabilidad de 20,83 p.p., mientras que el módulo ‘Servicios’ es el que posee menor variabilidad (8,33 p.p.).

En este apartado se presentó un resumen del análisis surgido de los resultados monitoreados de los ingresantes, en su primer año de cursada, durante los tres años en que la carrera se viene dictando.

VI. CONCLUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS

Este trabajo presenta los resultados obtenidos del monitoreo del desempeño en los distintos módulos del grado de Ciencia, Gestión e Ingeniería de Servicios de la Universidad Rey Juan Carlos en función de la modalidad del bachillerato de procedencia. Donde se monitoreó el desempeño de los ingresantes en su primer año de carrera.

Para llevar a cabo el monitoreo se utilizó la estrategia GOCAMEM (descrita en la Sección III) que pertenece a la familia de estrategias integradas del Enfoque Holístico de Evaluación de Calidad Multipropósito y Multinivel utilizado en el área de Ingeniería de Software, pero aplicable a cualquier contexto. Al ser una estrategia orientada a metas, sensible al contexto y centrada en la necesidad de información permite medir únicamente los atributos que se requieren evaluar según el propósito planteado, sin necesidad de contar a priori con un conjunto amplio de datos. Adicionalmente, al ser sistemática

⁹Calculado como el promedio del rendimiento obtenido a lo largo de los tres años monitoreados.

y disciplinada garantiza que los resultados obtenidos son repetibles y comparables lo cual permite realizar análisis longitudinales permitiendo el monitoreo de la entidad evaluada y la generación de modelos predictivos como se discutió en la Sección I.

Adicionalmente, en las Secciones IV y V, se utiliza GOCAMEM en el caso particular de la carrera de CGIS con el propósito de monitorear el desempeño de sus estudiantes y se analizan los resultados obtenidos, respectivamente. Estos resultados, obtenidos en el transcurso de los tres años de dictado del grado, permitieron analizar tendencias y variaciones en el desempeño de los ingresantes, por modalidad de bachillerato e incluso por módulo de asignaturas. En este punto cabe destacar que, el uso de una estrategia integrada guió en su totalidad las actividades realizadas lo que permite, con un esfuerzo menor, replicar el estudio realizado en cualquier carrera de informática universitaria que desee conocer cómo el desempeño de los estudiantes en la carrera es influenciado por la heterogeneidad de los mismos al ingresar.

Si bien ya se pueden esbozar algunas conclusiones preliminares, como por ejemplo, que la nota de selectividad podría influir en el desempeño del estudiante o que las calificaciones en el módulo de habilidades personales son las más bajas sin que dependa de la modalidad, entre otras, como trabajo futuro se planea seguir monitoreando el desempeño. Esto permitirá conseguir más resultados para desarrollar un modelo de predicción que ayude a la URJC -al conocer la cantidad de estudiantes provenientes de cada una de las modalidades de bachillerato- a plantear instrumentos puntuales que ayuden a los ingresantes a mejorar su desempeño. Por otro lado, sería importante que una vez que la universidad posea un conjunto de datos significativos acerca de la carrera se apliquen técnicas de minería de datos educacional para ver si se llega a las mismas conclusiones, verificando de este modo los resultados obtenidos.

AGRADECIMIENTOS

Esta línea de investigación esta financiada por la Agencia de Ciencia y Tecnología de Argentina (proyecto PICT 2014-1224 de la UNLPam) y ha sido parcialmente financiada por el Gobierno de la Comunidad de Madrid bajo el proyecto SICOMORo-CM (S2013/ICE-3006) y por los proyectos ELASTIC (TIN2014-52938-C2-1-R) y MADRID (TIN2017-88557-R), financiados por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad del Gobierno de España.

REFERENCIAS

- [1] D.I. Riddle, "Service Led Growth: The Role of the Service Sector in World Development", Greenwood Pub Group Inc., Apr. 1987.
- [2] E. Marcos, V. de Castro, M.L. Martín Peña, E. Díaz Garrido, M. López Sanz, and J.M. Vara, "Education on Service Science Management and Engineering: A Comparative Analysis," *Exploring Services Science*, H. Nóvoa and M. Dragoicea, eds., Lecture Notes in Business Information Processing, vol. 201, Springer, IESS 2015: Exploring Services Science, Portugal, pp. 264-277, 2015.
- [3] L. Olsina, M.F. Papa, and H. Molina, "How to Measure and Evaluate Web Applications in a Consistent Way," *Web Engineering: Modeling and Implementing Web Applications*, Human-Computer Interaction Series, Springer book, pp. 385-420, 2008.
- [4] M. F. Papa, P. Becker, E. M. Martínez, M. V. de Castro and L. Olsina, "Strategy to evaluate the performance of university students according to their profiles of provenance," 2017 XLIII Latin American Computer Conference (CLEI), Cordoba, Argentina, pp. 1-10, 2017.
- [5] L. Olsina, and P. Becker, "Family of Strategies for different Evaluation Purposes," *Proc. de la XX Conferencia Iberoamericana en "Software Engineering"(CIBSE)*, CABA, Argentina, 14 pag., 2017.
- [6] B. Rivera, P. Becker, M.F. Papa, and L. Olsina, "A Holistic Quality Evaluation, Selection and Improvement Approach driven by Multilevel Goals and Strategies," *J. CLEI Electronic*, vol. 19, no. 3, pp. 1-28, 2016.
- [7] A. Sarath, and G. I. Hudson, "Academic Performance of College Students: Influence of Time Spent Studying and Working," *J. of Education for Business*, vol. 81, no. 3, pp. 151-159, 2010.
- [8] T. Macan, C. Shahani, R.L. Dipboye, and A.P. Phillips, "College Students' Time Management: Correlations with Academic Performance and Stress," *J. Educational Psychology*, vol. 82, no. 4, pp. 760-768, 1990.
- [9] J. Más-Estellés et al., "Rendimiento académico de los estudios de Informática en algunos centros españoles," in *XV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, pp. 8-10, 2009.
- [10] M. López, "Rendimiento Estudiantil Universitario. Visión Sistémica y Compleja y Propuestas Para su Mejora," *Rev. Tekhné*, vol. 20, pp. 53-66, 2017.
- [11] A. Ashby, "Monitoring student retention in the Open University: definition, measurement, interpretation and action," *Open Learn. J. Open, Distance e-Learning*, vol. 19, no. 1, pp. 65-77, 2004.
- [12] M. Martínez Reyes, A. Soberanes-Martín, and J. M. Sánchez Soto, "Análisis correlacional de competencias matemáticas de pruebas estandarizadas y pre-requisitos matemáticos en estudiantes de nuevo ingreso a Ingeniería en Computación," *RIDE Rev. Iberoam. para la Investig. y el Desarro. Educ.*, vol. 8, no. 15, p. 946, 2018.
- [13] K. A. D'Souza and S. K. Maheshwari, "Predicting and monitoring student performance in the introductory management science course," *Acad. Educ. Leadersh. J.*, vol. 15, no. 2, 2011.
- [14] N. T. Nghe, P. Janecek, and P. Haddawy, "A comparative analysis of techniques for predicting academic performance," *Front. Educ. Conf. - Glob. Eng. Knowl. Without Borders, Oppor. Without Passports*, 2007. FIE '07. 37th Annu., p. T2G-7-T2G-12, 2007.
- [15] K. B. Eckert and R. Suénaga, "Análisis de deserción-permanencia de estudiantes universitarios utilizando técnica de clasificación en minería de datos," *Form. Univ.*, vol. 8, no. 5, pp. 3-12, 2015.
- [16] R. Asif, A. Merceron, and M. K. Pathan, "Investigating performance of students: A longitudinal study," *5 International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK '15)*, ACM, pp. 108-112, 2015.
- [17] F. Doctor and R. Iqbal, "An intelligent framework for monitoring student performance using fuzzy rule-based Linguistic Summarisation," in *2012 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, pp. 1-8, 2012.
- [18] C. Romero and S. Ventura, "Educational data mining: A survey from 1995 to 2005," *Expert Syst. Appl.*, vol. 33, no. 1, pp. 135-146, 2007.
- [19] S. Suganya and V. Narayani, "Higher Education System Using Data Mining Methods," *Int. J. Adv. Res. Sci. Eng.*, vol. 6, no. 3, pp. 292-299, 2017.
- [20] L. Lanzarini, M.E. Charnelli, and J. Díaz, "Academic performance of university students and its relation with employment," 2015 Latin American Computing Conference (CLEI), Arequipa, pp. 1-6, 2015.
- [21] M.F. Papa, "Toward the Improvement of a Measurement and Evaluation Strategy from a Comparative Study," *Current Trends in Web Engineering*, M. Grossniklauss and M. Wimmer, eds., Lecture Notes in Computer Science, vol. 7703, Springer: ICWE Int'l Workshops, Berlin, Heidelberg, pp. 189-203, 2012.
- [22] P. Becker, M.F. Papa, and L. Olsina, "Process Ontology Specification for Enhancing the Process Compliance of a Measurement and Evaluation Strategy," *CLEI Electronic Journal*, vol. 18, no.1, ISSN: 0717-5000, 2015.
- [23] J. J. Dujmovic, "A Method for Evaluation and Selection of Complex Hardware and Software Systems", *22 Int. Conf. for the Resource Management and Performance Evaluation of Enterprise*, pp. 368-378, 1996.