

La Ingeniería de Software en México: hacia la consolidación del primer programa de licenciatura

Raúl A. Aguilar Vera, Julio C. Díaz Mendoza
Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Matemáticas,
Cuerpo Académico de Tecnologías para la Formación en Ingeniería de Software,
Anillo Periférico Norte, Tablaje Cat. 13615, Colonia Chuburná Hidalgo Inn,
C.P. 97000, Mérida, México.
{avera, dmendoza}@uady.mx

Fecha de recepción: 24 de agosto 2015

Fecha de aceptación: 27 de octubre 2015

Resumen. En este trabajo se presentan brevemente los antecedentes de la Ingeniería de Software como disciplina profesional, así como de los primeros programas curriculares en el mundo. Se describe en detalle el desarrollo del primer programa educativo de nivel licenciatura ofertado en México; se comentan sus antecedentes, indicadores de oferta, demanda, aprobación, deserción, egreso y titulación, así como el desempeño de sus estudiantes en los exámenes (EXANI II y EGEL-ISOFT) del CENEVAL. Finalmente se hace una reflexión por parte de los autores, sobre las acciones que se vislumbra necesarias para la consolidación de dicho programa educativo, luego de haber transitado durante una década de existencia.

Palabras Clave: Acreditación, Calidad de la Educación, Examen General de Egreso de Licenciatura, Ingeniería de Software, Trayectoria Escolar

Summary. This paper briefly discusses the history of Software Engineering as a professional discipline and the first curricular programs in the world. The development of undergraduate education program first offered in Mexico is described in detail; background, indicators of supply, demand, approval, desertion and graduation as well as student performance on CENEVAL-tests (EXANI II and EGEL-ISOFT) are presented. Finally a reflection by the authors about the actions that are considered necessary for the consolidation of the educational program, a decade of existence

Keywords: Accreditation, Career School, Educational Quality, General undergraduate exit test, National Evaluation Center, Software Engineering.

1. Introducción

La Ingeniería de Software (IS) es una disciplina profesional que cumplirá en un par de años apenas medio siglo de existencia. En el ámbito educativo, el desarrollo de la disciplina comenzó en 1978 con programas de posgrado en los Estados Unidos de Norteamérica, y en 1987 con programas en el nivel de licenciatura en el Reino Unido. Actualmente, el impacto que la IS tiene en la sociedad hace evidente la pertinencia de capital humano con talento en desarrollo de software, y por ende, la proliferación de programas educativos para la formación de dichos profesionistas ha ido en aumento.

Los procesos que las instituciones de educación superior enfrentan actualmente para la obtención de recursos, en el contexto de la era de la evaluación, les obliga a demostrar un crecimiento en una serie de indicadores, tales que les permitan recibir el aval en cuanto a su calidad por parte de organismos nacionales reconocidos.

En este trabajo se describe la numeralia sobre el desarrollo del primer programa educativo de nivel licenciatura ofertado en México desde 2004; se presentan sus antecedentes, indicadores sobre oferta, demanda, aprobación, deserción, egreso y titulación, así como el desempeño de sus estudiantes en los exámenes (EXANI II y EGEL-ISOFT) del Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (CENEVAL). Se presentan las principales características que le permitieron al programa obtener un reconocimiento su calidad por parte del CONAIC en 2013, y por CENEVAL en 2014. Finalmente se hace una reflexión por parte de los autores, sobre las acciones que se vislumbra necesarias para la consolidación de dicho programa educativo, luego de haber transitado durante una década de existencia.

2. Antecedentes de la Educación en Ingeniería de Software

La Ingeniería de Software (IS) como disciplina profesional tiene pocas décadas de existencia; de hecho, el término “Ingeniería de Software” fue propuesto hace poco menos de medio siglo por Friedrich L. Bauer en una reunión del Comité de Ciencia de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) celebrada a finales de 1967. En aquella época se discutía la creciente complejidad que la Programación, como disciplina, presentaba al tratar de solucionar problemas cada vez más complejos (Wirth, 2008); dicha problemática, bautizada como la “Crisis del Software”, dio origen a un par de conferencias auspiciadas por la OTAN entre 1968 y 1969, en las que se sentaron las bases para diversos aspectos vinculados con la naciente disciplina (Naur y Randell, 1969; Buxton y Randell, 1970).

A diferencia de otras disciplinas ingenieriles, la Ingeniería de Software genera un tipo de producto conocido como software, un artefacto intangible que requiere métricas distintas a las tradicionalmente utilizadas por los ingenieros; dicho aspecto ha generado diferencias de opinión en el ámbito profesional en cuanto a si se debería considerar a la mencionada disciplina, una Ingeniería. En este trabajo no se pretende asumir una postura, sin embargo, los autores consideran importante mencionarlo debido a que en parte, las diferencias en su concepción, implicaron una evolución distinta en los países en los que se originaron los primeros programas educativos.

Transcurrida apenas a una década de las conferencias organizadas por la OTAN, surgen en Estados Unidos de Norteamérica los primeros programas curriculares en Ingeniería de Software; en particular, programas de posgrado para profesionistas en activo del área de desarrollo de software, con los que se pretendía dar respuesta a las necesidades de la industria local (Gibbs & Fairley, 1987). El primer programa denominado Master en Ingeniería de Software (MIS) surge en 1978 en la Universidad Cristiana de Texas; un año más tarde, la Universidad de Seattle responde también a la demanda local con un programa similar de aproximadamente tres años de duración; en 1982 el Instituto de Estudios de Posgrado Wang comienza a ofrecer un programa similar a los dos anteriores; no obstante, a diferencia de los programas de Seattle y Texas, en el Instituto Wang la mayoría de los estudiantes eran de tiempo completo, lo cual le permitía generar graduados en el período de un año (Tomayko, 1998).

En el caso de programas en el nivel de licenciatura, Inglaterra fue el primer país en adoptar programas en el área de la Ingeniería de Software; Lehman (1987) describe las estructuras de los programas de nivel licenciatura en Inglaterra y cita al *Imperial College* como la primera Institución en ofrecer en 1987 un programa de licenciatura. Couling (1998) describe el caso de la Universidad de Sheffield, pionera también en este tipo de programas desde 1988. Lutz y Naveda (1997) reportan que en el caso de los Estados Unidos de Norteamérica, el primer programa de licenciatura fue implementado en 1996 por el *Rochester Institute of Technology*.

En el caso de México, los programas en el área de Ingeniería de Software no vieron la luz en el siglo pasado; incidentalmente es 2004 el año en el que se comienzan a ofrecer tanto el primer programa de maestría como el primer programa de nivel licenciatura; análogamente se conciben en dependencias tradicionalmente de corte matemático; en el caso del posgrado, la Maestría en Ingeniería de Software en el Centro de Investigación en Matemáticas Aplicadas (CIMAT), y en el caso de la Licenciatura, es la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán, la primera que comienza a ofrecer el título de Ingeniero de Software.

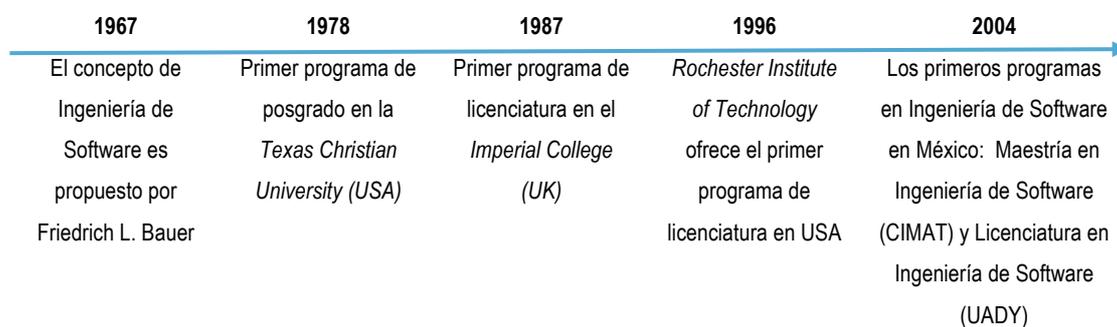


Figura 1. Primeros Programas Educativos en IS.

El rápido desarrollo de la Ingeniería de Software en el ámbito académico (ver Figura 1) recibió fuerte influencia por entidades como el Software Engineering Institute (SEI, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Carnegie y Mellon; su aportación consistió en un Modelo de Currículo para un Master en Ingeniería de Software (Ardis y Ford, 1989) sustentado en un conjunto de reportes publicados por el SEI con los que se

argumenta la profesión del Ingeniero de Software; así mismo, presenta el análisis de quince programas de posgrado con reconocimiento internacional y la descripción detallada de seis cursos básicos. Otras referencias obligadas, se derivan de la Association for Computing Machinery (ACM, por sus siglas en inglés) y de la Computer Society of the Institute for Electrical and Electronic Engineers (IEEE) quienes publicaron en 2004 la guía SWEBOK, documento que presenta un esquema de conocimientos y competencias que todo ingeniero de software debe conocer por ser relevante para su actividad profesional (IEEE-CS, 2004); publicaron también el SE2004, en el que se propone el currículo en el nivel de licenciatura para un programa en Ingeniería de Software, el cual puede servir de referencia para las Instituciones Educativas y Consejos de Acreditación (IEEE-CS & ACM, 2004).

En México, la Asociación Nacional de Instituciones de Educación en Informática (ANIEI) constituida en octubre de 1982, y actualmente denominada Asociación Nacional de Instituciones de Educación en Tecnologías de la Información, ante la ausencia de un núcleo básico de conocimientos para un profesionista en Computación, comenzó a trabajar desde 1983 en un conjunto de Modelos Curriculares del Nivel Superior de Informática y Computación (García et al, 2015); la propuesta presenta cuatro perfiles profesionales en Informática y Computación, un conjunto de áreas de conocimientos en estos campos del saber, así como una matriz de ponderaciones porcentuales de las áreas de conocimiento con base en la cual se configura cada uno de los cuatro perfiles; el segundo de dichos perfiles, conocido inicialmente como Licenciado en Sistemas Computacionales, adoptó en la cuarta edición de dichos modelos aprobada en junio de 2006, el nombre de Licenciatura en Ingeniería de Software. Cabe mencionar que dichos modelos son considerados por el Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación (CONAIC) en su Marco de Referencia definido para el proceso de acreditación de programas académicos en el nivel de Licenciatura.

3. Pertinencia de un Programa de Ingeniería de Software en Yucatán

El Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 (PND), durante el sexenio del presidente Vicente Fox, estableció en su apartado de crecimiento con calidad, la estrategia de elevar y extender la competitividad del país mediante el uso y aprovechamiento de las Tecnologías de la Información (TI); de acuerdo con lo anterior, la Secretaría de Economía reconoció al sector del software como uno de los doce sectores estratégicos y convocó en 2002 a representantes de la industria, academia y de otras dependencias gubernamentales, a trabajar en un programa sectorial de competitividad para la industria del software. Como fruto de esos trabajos se obtuvo el Programa para el Desarrollo de la Industria de Software (PDIS), en el cual se establecieron estrategias y líneas de acción para convertir a la industria de software nacional en una potencia mundial.

A mediados de 2002, el Gobierno del Estado de Yucatán, a través de la Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial, realizó gestiones ante la Secretaría de Economía, para que Yucatán fuera tomado en cuenta en el PDIS, y como consecuencia de ello, en septiembre del mismo año, se estableció el Consejo de la Industria de la Tecnología de Información del Estado de Yucatán (CITI), con el cual se comprometió a las Instituciones de Educación Superior e Investigación de la entidad, al Gobierno del Estado y a los industriales locales del sector a diseñar e implementar estrategias que sean motores de desarrollo de la industria de TI en el estado. A mediados del 2003, diversas compañías ya se encontraban instaladas en el edificio del CITI, el cual se ubicó a un costado del Centro de Convenciones Siglo XXI, y su consejo elaboró un plan estratégico de capacitación y de búsqueda de proyectos; en aquellos momentos, el CITI pronosticó requerir para los próximos dos años, a 800 especialistas de software. Para 2004, Yucatán se encontraba entre las 19 entidades del país que recibían recursos del Fondo de Apoyo para el Desarrollo de la Industria del Software y Servicios Relacionados (PROSOFT). Por lo anterior, el escenario de crecimiento del sector de TI en el país, y en particular en el sureste mexicano, era prometedor.

4. El Plan de Estudios de la UADY

Como resultado de un estudio de mercado que tenía como propósito el analizar la pertinencia de diversificar las opciones curriculares de la Facultad de Matemáticas en el área de computación, y en respuesta a las demandas de nuevos profesionistas del sector de TI en Yucatán, el H. Consejo Universitario de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) aprobó el 29 de junio de 2004 el Plan de Estudios de nueva creación de la Licenciatura en Ingeniería de Software (Curi, Madera y Mojica, 2004); dicho programa educativo comenzó a operar en la Facultad de Matemáticas en septiembre de ese mismo año. Cabe destacar que a la par con LIS se comienza a ofrecer también la Licenciatura en Ingeniería en Computación y la oferta en el ámbito de

la Computación se diversifica a tres opciones curriculares: Ciencias Computacionales (LCC), Ingeniería de Software (LIS) e Ingeniería en Computación (LIC).

El Plan de Estudios declara como objetivo de la Licenciatura en Ingeniería de Software: Formar profesionales en el proceso de desarrollo y la evolución de sistemas de software a pequeña y gran escala, que solucionen problemas dentro de diferentes áreas de concentración, utilizando las herramientas adecuadas para optimizar los recursos de tiempo y costo, con apego a la ética profesional; para el logro del mismo, se estableció un plan de estudios semestral, integrado por 40 asignaturas (34 obligatorias y 6 Optativas) y dos talleres de apoyo, organizados en ocho semestres.

La organización del Plan de Estudios consta de tres niveles: el nivel básico, con el que se promueve el desarrollo de habilidades intelectuales básicas y técnicas necesarias para la formación profesional; el nivel disciplinario, que se corresponde con los conocimientos y habilidades relativas a las Ciencias Computacionales y a la Ingeniería de Software; y un tercer bloque de asignaturas de especialidad (áreas de concentración) que tienen como propósito promover competencias en al menos un campo de especialización.

Es importante mencionar que durante el proceso de diseño curricular se consideraron los Modelos Curriculares propuestos por la ANIEI, en particular, el perfil “B”; también se tuvo como referencia el Plan de Estudios del Instituto de Tecnología de Rochester, institución con la que se mantuvieron reuniones de trabajo.

A la fecha, el programa educativo de LIS ha recibido una única modificación en su plan de estudios (Aguilar et al, 2009). Su aprobación el 28 de julio de 2009 consistió en una flexibilización del régimen académico-administrativo con el que operaban los programas educativos; con dicha modificación, se redujeron (junto con los otros cinco programas educativos ofertados por la Facultad de Matemáticas) las restricciones administrativas para la inscripción y avance de los alumnos a lo largo de su formación; así mismo se reforzó la importancia del programa de tutorías en la dependencia y se mejoraron las condiciones para la realización de movilidad estudiantil.

La Tabla 1 ilustra la configuración recomendada de asignaturas del plan en ocho semestres; dicha configuración que se corresponde con la utilizada en el plan rígido, se considera como el mapa curricular idóneo para un alumno de tiempo completo; en la tabla antes citada se resaltan las once asignaturas propias de la disciplina de la Ingeniería de Software.

Tabla 1. Mapa curricular propuesto para alumnos de LIS (Plan 2004 y 2009)

Período 1		Período 2		Período 3		Período 4	
Cálculo Diferencial	15	Cálculo Integral	15	Teoría de la Computación	10	Arquitectura de Computadoras	9
Algebra Superior I	10	Algebra Superior II	10	Algebra Lineal	10	Teoría de lenguajes de Programación	8
Fundamentos de Programación	8	Programación	8	Estructuras de Datos	8	Sistemas Operativos	10
Metodología de la Investigación	10	Matemáticas Discretas	9	Interacción Humano-Computadora	8	Diseño de Software	8
Fundamentos de Ingeniería de Software	9	Gestión Tecnológica	10	Probabilidad	10	Inferencia Estadística	10
Créditos 52		Créditos 52		Créditos 46		Créditos 45	

Período 5		Período 6		Período 7		Período 8	
Redes y Seguridad de Computadoras	9	Programación en la WEB	8	Métodos Formales en Especificación y Diseño de Software	9	Métricas de Software	9
Bases de Datos	10	Sistemas Distribuidos	9	Administración de Proyectos I	8	Administración de Proyectos II	8
Arquitecturas de Software	8	Aseguramiento de la Calidad	8	Evaluación de Proyectos	9	Asignatura 3 del área de Concentración A	7+
Construcción y Evolución de Software	8	Desarrollo de Requisitos de Software	8	Asignatura 2 del área de Concentración A	7+	Asignatura 3 del área de Concentración B	7+
Diseño de Experimentos en IS	9	Asignatura 1 del área de Concentración A	7+	Asignatura 2 del área de Concentración B	7+		
Taller de Prácticas	8	Asignatura 1 del área de Concentración A	7+			Taller de Servicio	12

Profesionales	Concentración B		Social
Créditos 52	Créditos 47-53	Créditos 40-46	Créditos 42-48

5. Análisis de la demanda atendida

A enero de 2015 habían ingresado al programa educativo un total de 424 alumnos pertenecientes a once generaciones, de los cuales, el 92% ingresó a través del proceso de selección, y el restante 8% fue incorporado mediante el proceso de revalidación. Sin contar a la primera generación, cuyo ingreso fue por invitación, 866 alumnos han solicitado ingresar al programa, y en promedio, el 43% de la demanda presentada en el proceso de selección, ha sido atendida. La Tabla 2 ilustra la evolución de la demanda atendida por el programa educativo de 2004 a 2014. Cabe mencionar que al momento de elaborar el artículo se contaba con el reporte del registro (en línea) de 147 aspirantes para el proceso de selección de 2015.

Tabla 2. Demanda del programa educativo de 2004 a 2014

	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
Demanda en Proceso de Selección (PS)	--	54	71	98	72	86	71	88	95	109	122
Demanda Atendida en PS	17	31	32	35	40	34	51	38	39	40	35
Demanda Total Atendida *	21	37	35	36	44	35	54	42	44	43	35

* Incluye la demanda atendida por revalidación de estudios

Como parte del proceso de selección, los aspirantes presentan un Examen Nacional de Ingreso a Licenciatura administrado por el CENEVAL, conocido como EXANI II; en los últimos cuatro años, el 93% de los sustentantes, en promedio, obtuvo valores por arriba de los 1000 puntos del ICNE (principal indicador reportado por el CENEVAL); no obstante los buenos resultados, se mantiene la problemática de cubrir la oferta disponible debido a que no todos los jóvenes que resultan seleccionados concluyen finalmente su bachillerato al momento de la inscripción, y por ello, a pesar de que desde 2011 se acordó aceptar a un número mayor a los 40 reportados a la Coordinación de Licenciatura en las cédulas de registro, la oferta no se logra cubrir al 100% con el proceso de selección. La Tabla 3 presenta indicadores del proceso de selección para los últimos cuatro años.

Tabla 3. Indicadores del proceso de selección en los últimos cuatro años

	2011	2012	2013	2014
Valores del ICNE (Máximo/Mínimo)	1252-1126	1276-1168	1258-1168	1270-1198
Alumnos con ICNE > 1000 pts.	83	87	101	113
Aceptados en Proceso de Selección	45	44	44	44

6. Indicadores de Trayectoria Escolar

De acuerdo con la normatividad de la UADY, el período de permanencia para que un estudiante concluya el Plan de Estudios, es de dos veces el tiempo idóneo declarado en dicho documento; por tanto, para los alumnos inscritos en los planes 2004 y 2009, el período de permanencia es de ocho años. Con base en la información de las primeras tres generaciones, para las cuales se ha agotado el período de permanencia, en promedio el índice de deserción ha sido del 60%; no obstante, la evolución de las siguientes generaciones presenta una tendencia decreciente, que se espera se mantenga conforme se vaya agotando la permanencia de las siguientes generaciones (ver Tabla 4). Con base en el análisis de la trayectoria escolar presentada por los egresados, se puede reportar que en promedio les ha tomado diez semestres concluir sus estudios, y dos semestres adicionales titularse.

Tabla 4. Evolución de la Matrícula

Cohorte	Inscritos	Evolución anual de la retención								E	P	D
		1	2	3	4	5	6	7	8			
2004	21	16	12	9	1	1	-	-	-	7	0	14
2005	37	30	24	15	14	6	8	5	3	19	0	18
2006	35	24	18	19	15	3	2	-	-	12	0	23
2007	36	28	29	24	7	5	4	-	-	14	2	20
2008	44	40	35	22	11	5	2	-	-	18	7	19
2009	35	32	31	24	14	5	-	-	-	14	9	12
2010	54	47	36	33	24	-	-	-	-	3	28	23
2011	42	34	33	28	-	-	-	-	-	-	32	10
2012	44	39	34	-	-	-	-	-	-	-	38	6
2013	43	35	-	-	-	-	-	-	-	-	39	4
2014	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	-

E: Egresados; P: Pendientes; D: Desertores.

De acuerdo con el mapa curricular sugerido y la oferta disponible en cada período semestral, en el período agosto-diciembre de cada año se ofertan las asignaturas de los semestres impares, y en el período de enero-mayo se ofertan las asignaturas de los semestres pares. Con base en el registro de los cursos agosto-diciembre de 2013 y 2014, respectivamente, los indicadores de aprobación para cada una de las asignaturas, se ilustra en la Tabla 5.

Tabla 5. Índices de aprobación de asignaturas en semestres impares

Semestre Sugerido	Asignatura	Índice de Aprobación	
		2013 (%)	2014 (%)
Primero	Cálculo Diferencial	90	76
	Álgebra Superior I	64	51
	Fundamentos de Programación	84	67
	Metodología de la Investigación	88	67
	Fundamentos de Ingeniería de Software	93	86
Tercero	Teoría de la Computación	83	84
	Álgebra Lineal	74	81
	Estructuras de Datos	78	74
	Interacción Humano-Computadora	91	89
	Probabilidad	36	60
Quinto	Redes y Seguridad de Computadoras	97	97
	Bases de Datos	90	81
	Arquitecturas de Software	89	77
	Construcción y Evolución de Software	96	79
	Diseño de Experimentos en IS	100	88
Séptimo	Métodos Formales en Esp. y Diseño de SW	96	93
	Administración de Proyectos I	100	100
	Evaluación de Proyectos	97	98
	Taller de SS	78	60
	Taller de PP	94	82

Así mismo, de acuerdo al registro de los cursos enero-mayo de 2013 y 2014, respectivamente, los indicadores de aprobación para cada una de las asignaturas, se ilustra en la Tabla 6.

Tabla 6. Índices de aprobación de asignaturas en semestres pares

Semestre Sugerido	Asignatura	Índice de Aprobación	
		2013 (%)	2014 (%)
Segundo	Cálculo Integral	69	65
	Algebra Superior II	63	63
	Programación	79	67
	Matemáticas Discretas	56	77
	Gestión Tecnológica	94	81
Cuarto	Arquitectura de Computadoras	61	62
	Teoría de Lenguajes de Programación	79	77
	Sistemas Operativos	97	90
	Diseño de Software	100	97
	Inferencia Estadística	59	49
Sexto	Programación en la Web	94	77
	Sistemas Distribuidos	87	88
	Aseguramiento. de la calidad del SW	93	88
	Desarrollo de requisitos SW	97	97
Octavo	Métricas de SW	97	87
	Administración de Proyectos II	97	100
	TSS	88	100
	TPP	100	94

En las Tablas 5 y 6 se puede apreciar que en general, las asignaturas del área de Matemáticas presentan índices de aprobación bajos, en particular, las asignaturas “Probabilidad” e “Inferencia Estadística” se encuentran por debajo del 60% y en el caso de las asignaturas Algebra Superior I y II, apenas superan el 60%; resulta interesante observar que la única asignatura del área de Arquitectura de Computadoras mantiene también un bajo índice de aprobación. En el caso de las asignaturas del área de Programación, la problemática de la comprensión del software, es un tema reconocido que ha sido abordado desde una variedad de perspectivas (Ko, 2008). En contraparte, se observa que en las asignaturas propias de la disciplina de IS, los indicadores superan el 87% de aprobación.

En relación con la eficiencia terminal, a finales de enero de 2015 —en las primeras seis generaciones— el número de egresados registrado fue de 81 alumnos (38%), de los cuales 73 (90%) habían realizado el proceso de titulación (ver Tabla 7).

Tabla 7. Indicadores de Egreso y Titulación

Año de Ingreso	Ingreso (#)	Egresados (#)	Índice de Egreso (%)	Titulados (#)	Índice de Titulación (%)
2004	21	7	33	7	100
2005	37	19	51	17	90
2006	35	12	34	11	92
2007	36	12	31	11	92
2008	44	18	39	17	100
2009	35	14	40	10	71
Total	208	81	38	73	90

Hablar de indicadores de egreso y titulación como métricas de la eficiencia de las Instituciones de Educación Superior, siempre resulta controversial; primero, por las fórmulas propuestas para programas que no mantienen contextos de operación homogéneos, y segundo, por la diferencia existente en los valores que se reportan para las diferentes áreas del conocimiento. Entre los trabajos sobre eficiencia terminal citados con mayor frecuencia, se encuentra el realizado por Díaz de Cossío (1998); en dicho trabajo se ofrecen las cifras del 60% para el egreso y del 20% para la titulación; no obstante, en un estudio más reciente, Pérez (2006) menciona que la media nacional en 2002 era del 54% para el egreso y del 32% para la titulación, y aclara que dichos valores para el área de Ingeniería y Tecnología, son aún más bajos, 44.8% para el egreso y 27.5% para la titulación. Como parte de la respuesta a las recomendaciones del informe de evaluación al programa de LIS en el año 2012, realizadas por los Comités Interinstitucionales para la evaluación de la educación superior

(CIEES), los autores realizaron un estudio para tener cifras sobre eficiencia terminal de programas más cercanos a la disciplina de la IS (Aguilar y Díaz, 2012); en dicho estudio se utilizó un procedimiento similar al descrito por Pérez (2006) en cuanto al cálculo de los indicadores de eficiencia terminal; con base en la información publicada en los anuarios de la ANUIES para el año 2000 (la más reciente de la que se dispuso) se obtuvo para los programas educativos de Computación y Sistemas (sub-área de Ingeniería y Tecnología) en México, indicadores del 36.7% para el egreso y del 18.2% para la titulación; comparando dichos valores con los obtenidos con la Tabla 7, podemos darnos una idea de la eficiencia de la UADY en la formación de profesionistas a través de la carrera de LIS.

En cuanto a las alternativas para el proceso de titulación de un egresado, a pesar de que la UADY dispone de diez modalidades diferentes, las opciones de Promedio General (67%) y Examen General de Egreso (26%), como se puede observar en la Tabla 8, han sido las seleccionadas con mayor frecuencia por los egresados; dicha selección es explicable por la pronta incorporación de nuestros egresados a la industria del software.

Tabla 8. Modalidad de Titulación Utilizada

Año de Ingreso	Titulados (#)	Promedio General	Modalidad de Titulación			
			EGEL	Curso en Opción a Titulación	Tesis	Otras
2004	7	6	1	-	-	-
2005	17	8	6	2	-	1
2006	11	6	5	-	-	-
2007	11	9	2	-	-	-
2008	17	14	3	-	-	-
2009	10	6	2	-	2	-
Total	73	49	19	2	2	1

7. Desempeño de los estudiantes en el Examen General de Egreso

El Examen General de Egreso de Licenciatura (EGEL) es un examen estandarizado que se administra a nivel nacional por el CENEVAL; a la fecha se dispone de 39 instrumentos para igual número de carreras en el país, entre ellas, el correspondiente para la Licenciatura en Ingeniería de Software (EGEL-ISOFT). De acuerdo con la Guía para el sustentante, disponible en el sitio del CENEVAL, el examen evalúa cuatro áreas de conocimiento, y su estructura, aprobada por el Consejo Técnico en junio de 2012, es la que se ilustra en la Tabla 9.

Tabla 9. Estructura del EGEL-ISOFT

Área de conocimiento	# de reactivos	% en el examen	Sesión 1	Sesión 2
A. Análisis de sistemas de Información	24	13.26	24	
B. Desarrollo e implantación de aplicaciones computacionales	74	40.88	74	
C. Gestión de proyectos de tecnologías de información	26	14.37		26
D. Implementación de redes, bases de datos, sistemas operativos y lenguajes de desarrollo	57	31.49		57
Total de reactivos considerados para determinar el tipo de Testimonio	181	100	98	83

Considerando que los estudiantes de la LIS comenzaron a egresar en 2008, la Tabla 10 presenta la distribución anual de los 40 sustentantes que hasta 2014 —incluyendo la fecha de diciembre de 2014— han presentado el EGEL-ISOFT; como se puede observar en dicha tabla, ningún egresado ha obtenido en su reporte de resultados una calificación de Sin Testimonio (ST), el 40% ha obtenido un Testimonio de Desempeño Satisfactorio (TDS) y el 60% ha obtenido Testimonio de Desempeño Sobresaliente (TDSS).

Tabla 10. Egresados de la UADY que han presentado el EGEL-ISOFT de 2008 a 2014

Testimonio	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
DSS	2	-	2	2	4	4	10
DS	1	-	-	-	4	4	7
ST	-	-	-	-	-	-	-
Total	3	0	2	2	8	8	17

A partir de 2011, la administración de la Facultad de Matemáticas intensificó, a través de los coordinadores de los programas educativos, la promoción del EGEL (EGEL-ISOFT, EGEL-COMPU, y EGEL-ICOM) entre egresados y alumnos de los tres programas de Computación que se ofertan en dicha dependencia (LIS, LCC y LIC); se pretendía que los estudiantes consideraran al EGEL un mecanismo que les permitiese validar la formación recibida en su Programa Educativo a través de un examen externo, y no solo como una alternativa de titulación. En la Tabla 11 se puede observar que dichos esfuerzos rindieron frutos en cuanto al número de sustentantes; no obstante, lo destacable es que la calidad de los resultados también presentó importantes mejoras, prueba de ello es que cuatro jóvenes recibieron el Premio CENEVAL al Desempeño de Excelencia-EGEL (ver Tabla 11).

Tabla 11. Desempeño de los Egresados que han recibido el Premio CENEVAL al Desempeño de Excelencia-EGEL

Período de Evaluación	Alumno	Puntaje obtenido en las áreas del EGEL-ISOFT			
		I	II	III	IV
2do Semestre de 2013	JIPA	1164	1157	1152	1209
1er Semestre de 2014	AJCB	1164	1205	1152	1173
1er Semestre de 2014	OCZ	1164	1199	1152	1200
2do Semestre de 2014	FECC	1218	1252	1152	1227

8. Reconocimiento externo a la calidad del Programa Educativo

Las Instituciones de Educación Superior se encuentran desde hace algunos años en un contexto denominado como la era de la evaluación, la cual se caracteriza por un conjunto de acciones derivadas de las políticas del Gobierno Federal, en particular, de la Secretaría de Educación Pública, las cuales tienen como propósito mejorar lo que ha sido denominado “la Calidad de la Educación”; entendiéndose por Calidad, como la capacidad institucional de demostrar un crecimiento en una serie de indicadores (Díaz Barriga, 2007). En este contexto, la UADY —y por ende la Facultad de Matemáticas— año con año ha tenido que adaptarse a las cambiantes políticas federales para lograr el acceso a recursos económicos que le permitan financiar diversos aspectos de su operación, como por ejemplo, la mejora de la infraestructura a través de Proyectos del Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI); en el caso de los Programas Educativos, hoy día resulta fundamental contar con el reconocimiento, o dicho de otra manera, con el aval de organismos externos.

Los sistemas actualmente reconocidos y con autoridad de otorgar un reconocimiento a la calidad de los programas educativos, son: 1) los Comités Interinstitucionales de Evaluación de la Educación Superior (CIEES); dichos comités clasifican en tres niveles (de calidad) a los programas educativos, siendo el Nivel 1 el considerado como de mayor calidad; 2) los diferentes consejos acreditadores reconocidos por el Consejo de Acreditación de Programas de la Educación Superior; en el caso de los programas del área de Computación, es el Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación (CONAIC) quién otorga la acreditación por un período de cinco años. Un tercer reconocimiento a nivel nacional, que año con año —desde el curso 2010-2011— ha venido creciendo en importancia, es el que otorga el CENEVAL a los programas educativos que logran obtener cierto valor en un Indicador conocido como Indicador de Desempeño Académico por Programa de Licenciatura (IDAP), dicho valor permite ingresar al denominado Padrón de Programas de Licenciatura de Alto rendimiento académico-EGEL, el cual es actualizado cada año.

La Facultad de Matemáticas, como parte de un plan de gestión para la obtención del reconocimiento externo a la calidad de sus programas educativos, como se reporta en Aguilar y Díaz (2015), sometió entre 2011 y 2014 el programa educativo de LIS a las tres instancias nacionales citadas anteriormente.

En el caso de CIEES, se trabajó en el proceso entre 2011 y 2012, obteniéndose en marzo de 2012 un dictamen que clasificaba al programa en el Nivel 2 del Padrón de los Programas de Nivel Superior reconocidos por su buena calidad.

En cuanto al CONAIC —proyecto que surge en el seno de la ANIEI al identificar la necesidad de contar con un organismo que pudiese acreditar programas académicos de educación en Informática y Computación— se comenzó a trabajar en 2012 con la documentación correspondiente y se recibió la visita de la comisión técnica en febrero de 2013; finalmente en junio del mismo año se recibió un dictamen positivo, obteniendo la acreditación para un período de cinco años. La Figura 2 presenta una imagen de la Constancia que acredita a la Licenciatura en Ingeniería de Software, como un programa de Calidad a nivel nacional.

Figura 2. Constancia de Acreditación de la Licenciatura en Ingeniería de Software en 2013



El dictamen sobre la evaluación de la Licenciatura en Ingeniería de Software otorga LA ACREDITACIÓN a dicho programa, bajo el perfil "B" con una vigencia de 5 años a partir del 12 de Junio de 2013.

Por lo que respecta al CENEVAL, con base en el incremento tanto en cantidad, como en la calidad de los resultados obtenidos en el EGEL (ver Tablas 10 y 11), en el curso escolar 2013-2014 se logró reunir el número de sustentantes requerido para someter a evaluación el programa educativo; y fue en el mes de noviembre de 2014 cuando se obtuvo la notificación del ingreso del programa educativo al Padrón de Programas de Licenciatura de Alto rendimiento académico-EGEL en el Estándar 1, obteniendo el valor en el IDAP de 2.80, el segundo valor más alto, de entre los 15 programas de la UADY que recibieron dicha distinción en 2014 (ver Figura 3).

9. Conclusiones

La Ingeniería de Software es una disciplina que tiene poco menos de medio siglo de existencia, y por ende, los Programas Educativos en IS han tenido poco tiempo para su consolidación. En México, la educación en IS acaba de cumplir apenas una década de existencia; sin embargo, el impacto de esta disciplina en la sociedad, hace evidente la pertinencia de este tipo de programas educativos.

Los programas en IS no son ajenos a los retos que actualmente enfrenta la Educación Superior en el contexto de la era de la evaluación, y por ello, dichos programas han requerido un doble esfuerzo para su desarrollo al interior de las Instituciones Educativas.

Figura 3. Reconocimiento del CENEVAL a la Licenciatura en Ingeniería de Software en 2014

Reconocimiento por el ingreso de LIS-UADY al Padrón de Programas de Licenciatura de Alto rendimiento académico-EGEL en el Estándar 1, entregado el viernes 14 de noviembre de 2014 en una ceremonia celebrada en el Teatro Universitario Rubén Vizcaíno Valencia de la Universidad Autónoma de Baja California, en la Ciudad de Tijuana, Baja California.



La Licenciatura en Ingeniería de Software de la UADY fue la primera alternativa de formación en el nivel de licenciatura en México; a lo largo de su corta historia ha presentado una mejora creciente en cuanto a sus indicadores de calidad. En este artículo se ha reportado la demanda creciente del programa educativo, el estado actual de los indicadores de trayectoria escolar, el crecimiento en los indicadores de egreso y titulación, así como la mejora en el desempeño de sus egresados en el EGEL; todos estos logros han permitido que dicho programa educativo haya recibido en 2013 y 2014 el aval de dos de las principales organismos de evaluación reconocidos a nivel nacional; para los autores, involucrados en los procesos de gestión educativa de dicho programa de 2009 a 2014, la consolidación de dicho programa es casi una realidad. El reto actual es mantener esa mejora creciente en los indicadores de calidad, atendiendo las necesidades de infraestructura, personal académico, procesos de gestión académico-administrativos, así como a las necesidades cambiantes de la Industria del Software y del propio desarrollo de la disciplina; todo ello con una clara visión de las diferencias existentes entre los programas educativos en el nivel de licenciatura —en el ámbito de las TI que operan en la UADY, pero sobre todo, con la sensibilidad a las necesidades de los estudiantes, quienes son finalmente la razón de ser de la Institución.

Referencias

1. Aguilar, R., Chi, M., Basto, L., Cambranes, E. y Curi, L. (2009). Modificación del Plan de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería de Software. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México.
2. Aguilar, R. y Díaz, J. (2012). Respuesta a las recomendaciones del Informe de evaluación de la LIS por parte del Comité de Ingeniería y Tecnología de los CIEES, Universidad Autónoma de Yucatán (documento de trabajo no publicado).
3. Aguilar, R. y Díaz, J. (2015). Evaluando la Primera Licenciatura en Ingeniería de Software en México: Lecciones Aprendidas. Memorias del Congreso Nacional de Evaluadores (CONAEVAL), Veracruz: México.
4. Curi, L., Madera, F. y Mojica, C. (2004). Plan de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería de Software. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México.
5. Ardis, M. & Ford, G. (1989). SEI Report on Graduate Software Engineering Education, Pittsburgh, Carnegie Mellon University.
6. ACM/IEEE-CS (2004). Software Engineering 2004: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering (SE2004), Association for Computing Machinery/IEEE Computer Society.

7. Buxton, J. & Randell, B. (1970). *Software Engineering Techniques: Report of a conference sponsored by the NATO Science Committee, Rome, Italy, 27-31 Oct. 1969*, Brussels, Scientific Affairs Division, NATO.
8. CONAIC (2012). *Manual para el Proceso de Acreditación de Programas Académicos: Nivel de Educación Superior, D.F., Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación.*
9. Cowling, A. (1998). The first decade of an undergraduate degree programme in Software Engineering, *Annals of Software Engineering*, vol 6, pp. 61–90.
10. Díaz Barriga, A. (2007). Los sistemas de evaluación y acreditación de programas en la educación superior. En Ángel Díaz Barriga y Teresa Pacheco (comps.) *Evaluación y cambio institucional, D.F, Paidós*, pp. 55-92.
11. Díaz de Cossío, R. (1998). Los desafíos de la educación superior mexicana, *Revista de la Educación Superior*, vol. 27, No. 106.
12. García, A., Álvarez, F. y Sánchez, M. (2015). *Modelos Curriculares del Nivel Superior de Informática y Computación*. Pearson.
13. Gibbs, N. & Fairley, R. (1987). *Software Engineering Education: The Educational Needs of the Software Community*, New York, Springer-Verlag.
14. IEEE Computer Society (2004). *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK 2004)*, IEEE Computer Society.
15. Ko, A. (2008). *Asking and Answering Questions about the causes of Software Behavior*, PhD Thesis, University of British Columbia.
16. Lehman, M. (1987). The Software Engineering First Degree at Imperial College, London, In Gibbs & Fairley (Eds) *Software Engineering Education. The Education Needs of Software Community* New York, Springer- Verlag, pp. 172-181.
17. Lutz, M. & Naveda, F. (1997). The Road Less Traveled: A Baccalaureate Degree in Software Engineering, In *Proceedings of the 1997 ACM SIGSCE Conference*.
18. Naur, P. & Randell, B. (1969). *Software Engineering: Report of a conference sponsored by the NATO Science Committee, Garmisch, Germany, 7-11 Oct. 1968*, Brussels, Scientific Affairs Division, NATO.
19. Pérez, J. (2006). La Eficiencia Terminal en programas de Licenciatura y su relación con la calidad educativa, *Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en la Educación (RIECE)*, vol. 4, No. 1, pp. 130-148.
20. Tomayko, J. (1998). Forging a discipline: An outline history of software engineering education, *Annals of Software Engineering*, vol. 6, pp. 3–18.
21. Wirth, N. (2008). A Brief History of Software Engineering, *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 30, No. 3, pp. 32-39.