TIEMPOS MEDIOS DE GRADUACIÓN EN CARRERAS DE INGENIERIA MEDIANTE ANALISIS DE SUPERVIVENCIA. ESTUDIO DE CASO.

María del Carmen Ibarra – Juan Carlos Michalus
Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Misiones –Argentina.
ibarra@fio.unam.edu.ar - michalus@fio.unam.edu.ar
Area Temática: Aplicaciones de la Matemática
Palabras Claves: Graduación, Duración de carrera, Ingeniería, Análisis de Supervivencia.

Resumen
Se presenta un análisis cuantitativo de los tiempos de graduación para estudiantes de ingeniería mediante la utilización de técnicas estadísticas del Análisis de Supervivencia. La población está constituida por alumnos de cuatro cohortes de las carreras de Ingeniería en las especialidades: Civil, Electromecánica, Electrónica e Industrial que se dictan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones. El índice promedio de graduación es del 15%; pero solamente el 3% de los alumnos culmina sus estudios en el tiempo teórico de 10 semestres; los resultados indican diferencias significativas entre las distintas carreras y cohortes; también son relevantes la situación laboral del alumno, la de sus padres y el nivel educativo de estos últimos.

1. Introducción

Se busca analizar la performance de graduación de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (FI-UNaM) con el objetivo de determinar los tiempos medios empleados en completar la carrera, así como también la incidencia de ciertas variables que se definen más adelante, mediante técnicas estadísticas de Análisis de Supervivencia, en particular las Curvas de Kaplan – Meier y el Modelo de Regresión de Cox.

En diversas ponencias en el marco de investigaciones previas (Ibarra y Michalus, 2008; 2009) los autores han presentado resultados respecto al Rendimiento Académico de varias cohortes de estudiantes de la FI-UNaM, en las cuales se ha analizado la incidencia de ciertos factores (de índole personal, socioeconómicos y académicos) sobre el desempeño del alumno a lo largo de su carrera; las técnicas estadísticas utilizadas fueron los Modelos de Regresión Lineal Múltiple y Regresión Logística. En lo que respecta particularmente al proceso de graduación, la mayor parte de la información con que cuenta la Institución es de tipo descriptiva (duración promedio de carreras, índice de graduación, relación ingresantes / graduados, entre otros) obtenida por el Área de Alumnado, dependiente de Secretaría Académica; pero hasta la fecha no se habían realizado estudios cuantitativos de la performance de graduación mediante técnicas estadísticas específicas; he aquí la justificación y relevancia de la presente investigación.

2. Caracterización de la población

La población bajo estudio está conformada por estudiantes de ingeniería de la FI-UNaM pertenecientes a las cohortes 1999, 2000, 2001 y 2002, de las cuatro especialidades que se dictan en la Institución (Civil, Electromecánica, Electrónica e Industrial), las que en adelante serán designadas como A, B, C y D.
El estudio comprende un período de observación de 20 semestres (Marzo de 1999 hasta Mayo de 2009); la última cohorte analizada ha sido 2002, pues si bien la duración teórica de las carreras es de 5 años, en general a partir de los 7 años recién comienza a haber un número relativamente importante de graduados.

Del total de 625 estudiantes de la población, 176 corresponden a la carrera A, 138 a la carrera B, 191 a la carrera C y 120 a la carrera D. Al finalizar el período de seguimiento, se habían graduado un total de 97 alumnos (índice graduación 15,5%); mientras que 153 estudiantes aún continuaban desarrollando actividades académicas en la Institución - al menos una materia cursada y/o rendida anualmente – (índice de permanencia 24,5%). El tiempo promedio empleado hasta la graduación ha sido de 15 semestres para las cohortes 1999 y 2000; 14,4 semestres para la cohorte 2001 y 12,2 semestres para la cohorte 2002. La razón promedio entre materias aprobadas y materias rendidas, se ha mantenido prácticamente constante en un valor de 0,74 para todas las cohortes y carreras en el período observado.

3. Antecedentes

A continuación se exponen brevemente antecedentes de investigaciones previas en las cuales se han utilizado técnicas del Análisis de Supervivencia para el estudio del desempeño académico y graduación de estudiantes universitarios.

Díaz (2009), utiliza las curvas de Kaplan-Meier y la Regresión de Cox para analizar la deserción de los ingresantes 2004 en tres carreras de ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santísima Concepción, Chile. La población bajo estudio está compuesta por 267 estudiantes, el seguimiento ha sido realizado hasta enero de 2007 y la variable dependiente es el tiempo transcurrido hasta que se produce la deserción. Los principales resultados son que el 67% de los alumnos desertó durante el período observado, el mayor riesgo de deserción se produjo en los tres primeros semestres, alcanzando un máximo de 27% en el tercero; luego hay una disminución sostenida hasta el séptimo semestre; tienen menores probabilidades de desertar aquellos estudiantes que han logrado elevados puntajes en el ingreso y con altos niveles

socioeconómicos; mientras que las mayores probabilidades de deserción se presentan para alumnos becados por la universidad y con mayores edades de egreso del nivel medio.

Lopera Oquendo, C. (2008) utiliza Modelos de Duración y Riesgo proporcional para analizar la deserción en la Facultad de Economía de la Universidad del Rosario, Colombia. Las cohortes analizadas son la 2001 y la 2002, el período de seguimiento es de 14 semestres; con un total de 209 estudiantes, de los cuales 84 desertaron en el lapso observado. Concluye que la probabilidad de supervivencia disminuye hasta el 9º semestre, a partir del cual se estabiliza. Las curvas de Kaplan Meier muestran mejores condiciones de supervivencia académica para las mujeres; la función de Hazard (que permite estimar el riesgo de deserción) muestra que para ambos géneros, dicho riesgo es mayor entre el 2º y el 4º semestre (es decir en los dos primeros años de carrera) para luego disminuir sostenidamente.

Castaño et al. (2006) utilizan las curvas de Kaplan-Meier y Modelos de Riesgos proporcionales para analizar la graduación y deserción de 624 estudiantes de la cohorte 1996 (II semestre) de las facultades de Ingeniería y Ciencias Económicas de la Universidad de Antioquia, Colombia. El período de observación es de 14 semestres y la duración curricular de las carreras de 10 semestres en ambos casos. Al finalizar el estudio el índice de graduación fue del 21,8% y el de deserción del orden del 51%. Concluyen que los estudiantes de ingeniería se demoran más en graduarse y presentan mayores probabilidades de desertar que sus pares de ciencias económicas; el tiempo medio de graduación para ambas carreras es de 12,5 semestres. Los mayores riesgos de deserción se presentan en los estudiantes varones, casados, egresados de colegios privados y que trabajan. Las mayores probabilidades de graduación se presentan en estudiantes solteros, con menores edades de ingreso a la universidad, pertenecientes a estratos sociales medio-altos, que trabajan durante el último año de carrera y que han conseguido establecer una buena relación con el cuerpo de profesores.

Castaño et al. (2004) utilizan Modelos de Riesgo Proporcional para analizar la deserción estudiantil de la cohorte 1996 (II semestre) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, Colombia. La población es de 133 alumnos y el período de observación se extiende por 10 semestres. Los principales resultados reflejan que el índice de deserción asciende al 56% y que el 3,65% del alumnado completó la carrera en el tiempo curricular; a su vez, los menores riesgos de deserción se presentan para estudiantes solteros, que han recibido orientación vocacional, egresados de colegios públicos y pertenecientes a estratos socioeconómicos medios–altos. Los estudiantes varones presentan 8 veces más riesgo de desertar que sus pares mujeres, a igualdad de todos los demás factores.

4. Metodología

La variable dependiente en el Análisis de Supervivencia es *el tiempo transcurrido hasta la ocurrencia de un evento*, de manera que reviste características cualitativas (si el evento ha ocurrido ó no) y cuantitativas (tiempo transcurrido); en esta investigación el evento de interés es la graduación y el tiempo considerado será el empleado por el estudiante para culminar su carrera (medido en semestres). Esta técnica permite trabajar con modelos no paramétricos, apropiados en casos como este donde la variable *tiempo de seguimiento* generalmente no sigue una distribución determinada; además ofrece la posibilidad de manejar datos incompletos, que tienen lugar cuando algunos integrantes de la población se retiran del estudio antes de que finalice (es el caso de aquellos estudiantes que abandonan la carrera) ó al completarse el período de seguimiento aún no se había presentado el evento (es el caso de aquellos alumnos que al momento de cumplirse dicho período aún no se habían graduado). Del conjunto de técnicas que ofrece el Análisis de Supervivencia, en este estudio se han seleccionado dos de ellas, las Curvas de Kaplan-Meier y el Modelo de Regresión de Cox (Pérez, 2004; Pere Rebasa, 2005; Martínez González e Irala Estévez, 2006, Carreño Serra, 2006; Martínez González, Sánchez Villegas y Faulín Fajardo, 2008; Martínez González, Alonso y López Fidalgo, 2008; Salinas, 2008).

Con las curvas de Kaplan–Meier es posible realizar un análisis descriptivo de la situación, ya que permiten estimar en cada intervalo de tiempo (semestres, en este caso) la probabilidad de supervivencia; para la presente investigación aquellos alumnos que sobreviven en el sistema, son los que aún no se han graduado; de manera que una buena performance de graduación se corresponde con bajos valores de supervivencia. Mediante la interpretación de éstas curvas también es posible analizar la incidencia de ciertos factores en la graduación, pero como ya se ha indicado, solamente desde un punto de vista descriptivo.

Por otra parte, la Regresión de Cox ofrece la posibilidad de analizar cuantitativamente la incidencia de cada uno de los factores sobre el evento de interés, a través de un modelo que permite obtener resultados estadísticos específicos para cada variable y comparar los efectos de cada una de ellas.

5. Variables utilizadas

La variable dependiente en estudio es *el tiempo empleado hasta la graduación*, que es una combinación de una variable dicótoma que hace referencia a si el alumno culminó (o no) sus estudios con una componente cuantitativa, referida al tiempo (en semestres) necesario para culminar la carrera.

Las principales variables independientes se han definido en base a investigaciones previas (Ibarra y Michalus, 2008; 2009) y las seleccionadas para este estudio son las siguientes

- Cohorte
- Carrera
- Inicio de la carrera inmediatamente de finalizar el nivel medio

- Situación laboral del alumno (hacia el final de la carrera)
- Situación laboral de los padres
- Nivel de formación de los padres

6. Resultados

Mediante el método de Kaplan- Meier se obtienen la curva de supervivencia general de la población y las curvas correspondientes a cada uno de los factores analizados; algunas de ellas se muestran a continuación:

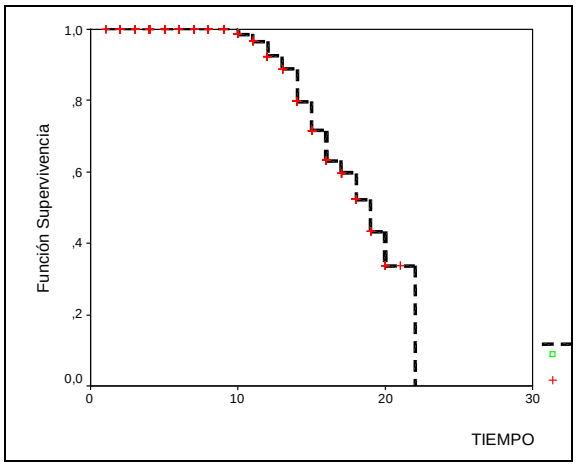

Figura 1. Curva de supervivencia general de la población.

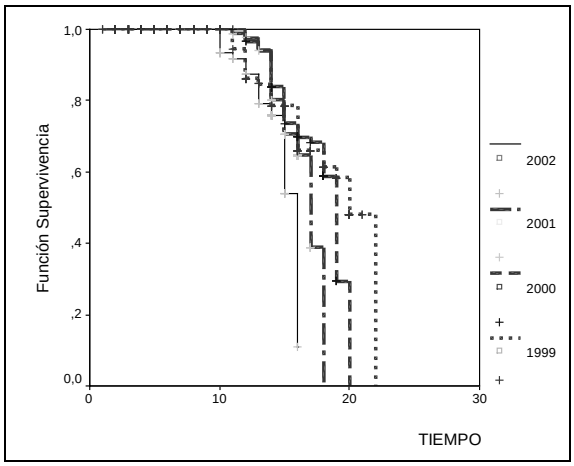

Figura 2. Curvas de supervivencia – Cohorte

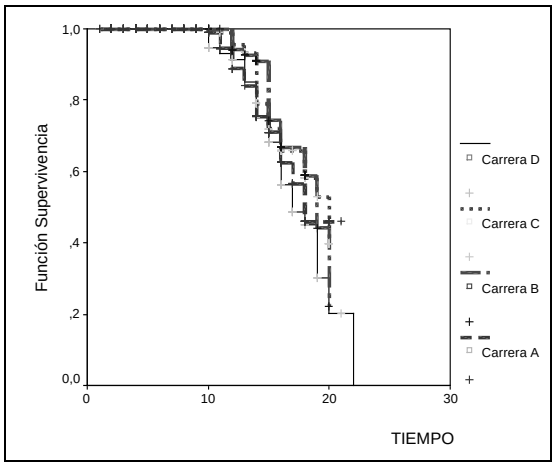

Figura 3. Curvas de supervivencia – Carrera

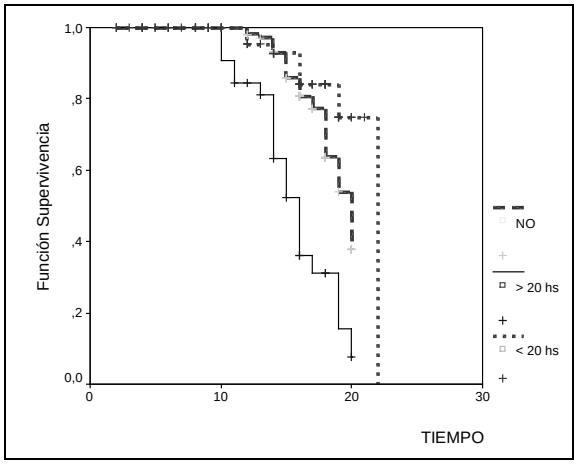

Figura 4. Curvas de supervivencia – Situación laboral del estudiante

De la curva general para la población (figura 1), se desprenden las siguientes consideraciones:

- Solamente el 3% se gradúa en el tiempo teórico de 10 semestres
- El 90% emplea más de 13 semestres en graduarse
- El 75% emplea más de 15 semestres en graduarse
- La mediana es de 18 semestres; es decir que el 50% se gradúa en 18 semestres ó más

Respecto a las curvas de supervivencia para cada factor, en algunos casos (figuras 2 y 4) se aprecia mejor el efecto de la variable, pues las curvas están más espaciadas entre sí, así la gráfica que se encuentre más a la izquierda representa la mejor performance de graduación, pues tiene las menores probabilidades de supervivencia y por ende, mayores probabilidades de graduación (puesto que los integrantes de la población que sobreviven son aquellos que aún no se han graduado). Para otras variables (figura 3) la separación entre curvas no es apreciable y no sería prudente sacar conclusiones en base a dichas gráficas, en estos casos el efecto del factor se analiza a través del modelo de Regresión de Cox.

Un análisis de las curvas de supervivencia permite hacer las siguientes consideraciones respecto a algunos factores:

- Se aprecian diferencias en la performance de graduación entre las cuatro cohortes, siendo la cohorte 2002 más favorecida, seguida por la cohorte 2001, luego la cohorte 2000 y finalmente la cohorte 1999. Esto indica una mejora sostenida en el proceso de graduación, desde 1999 hasta 2002, tanto en el aumento del número de graduados como en la disminución de la duración real de carrera.

- Se aprecia cierta ventaja en la performance de graduación para aquellos alumnos que iniciaron sus estudios universitarios inmediatamente después de haber finalizado los correspondientes al nivel medio, frente a quienes postergaron su ingreso a la universidad uno o más años.
- Se observan diferencias en la performance de graduación respecto a la situación laboral del alumno hacia el final de la carrera, con cierta ventaja para quienes trabajan frente a quienes no lo hacen. Cabe destacar que los alumnos de los últimos años generalmente optan por realizar pasantías o prácticas profesionales en empresas del medio, en áreas específicas de la especialidad y esta experiencia se transforma en un impulso importante para que el estudiante culmine sus estudios.
- Se aprecian diferencias en la performance de graduación respecto a la situación laboral de los padres del alumno, con cierta ventaja para quienes tienen padres laboralmente activos frente a quienes tienen padres jubilados ó desocupados.
- Se aprecian diferencias en la performance de graduación respecto al nivel de formación de los padres del alumno, con cierta ventaja para quienes tienen padres con estudios universitarios, frente a quienes tienen padres con menores niveles de educación formal.

Para analizar más detenidamente el efecto de cada factor y cuantificarlo, se utiliza la Regresión de Cox, cuyos resultados se resumen en el Cuadro 1.

Factor	Coef. b	Est. Wald	Exp(b)
Cohorte		17,756	
Cohorte 1999	-2,056	9,032	0,128
Cohorte 2000	-2,128	16,408	0,119
Cohorte 2001	-0,952	3,757	0,386
Carrera		1,805	
Carrera A	-0,181	0,141	0,834
Carrera B	-0,655	1,193	0,519
Carrera C	-0,481	1,070	0,618
Inmediato	0,387	0,682	1,473
Horas trabajo semanales		18,006	
Menos 20 h.	-1,296	2,336	0,274
Más 20 h.	1,616	13,515	5,034
Situación laboral del padre		6,739	
Activo	1,426	2,086	4,160
Estudios del padres		1,42	
Primario	-0,398	0,493	0,672
Secundario	-0,686	1,368	0,504
Terciario	-0,416	0,321	0,659

Cuadro 1. Resultados del Modelo de Regresión de Cox

De los resultados obtenidos surgen las siguientes consideraciones:

- Existen diferencias significativas en la performance de graduación entre las **Cohortes** analizadas, con ventaja para la 2002 frente a las otras tres. A igualdad de todas las demás condiciones, un alumno de la cohorte 2002 tiene 2,6 veces más probabilidades de culminar sus estudios en un tiempo determinado que un alumno de la cohorte 2001. Cabe señalar que los resultados para las cohortes 1999 y 2000 son muy similares, las mayores diferencias aparecen entre estas cohortes y las dos siguientes. Esta mejora sostenida en el proceso de graduación está reflejando el impacto favorable de una serie de actividades y programas de trabajo que viene desarrollando la Institución desde hace algunos años[1].
- Existen diferencias significativas en la performance de graduación entre las **Carreras** analizadas, siendo la carrera D la más favorecida, seguida por la carrera A, luego la carrera C y finalmente la carrera B. A igualdad de todas las demás condiciones, para un alumno de la carrera D las probabilidades de culminar sus estudios en un determinado tiempo es 1,2 veces superior que un otro estudiante de la carrera A; 1,62 veces superior que para un estudiante de la carrera C y 1,92 veces superior que para un estudiante de la carrera B.

[1] Cursos de apoyo a ingresantes; Sistema de Tutorías; Incremento en la planta docente y consiguiente mejora en la relación docente / alumnos; Mejoras en equipamientos de laboratorios; Implementación de Prácticas Profesionales Supervisadas.

- Aquellos alumnos que han dado **Inicio** a sus estudios superiores inmediatamente después de haber finalizado el nivel medio tienen 1,47 veces más probabilidades de graduarse en un tiempo determinado (a igualdad de todas las demás condiciones) que aquellos que han postergado uno ó más años el comienzo de su carrera universitaria.
- Existen diferencias significativas en la performance de graduación respecto a la **Situación Laboral del alumno**, con cierta ventaja para quienes trabajan más de 20 horas semanales, frente a quienes trabajan menos horas o no trabajan. A igualdad de todas las demás condiciones, para un alumno que trabaja más de 20 horas semanales (en los últimos años de carrera) las probabilidades de graduarse en determinado tiempo es 5 veces superior que para otro alumno que no trabaja; mientras que un estudiante que trabaja menos de 20 horas a la semana tiene 3,65 veces menos probabilidades de graduarse en cierto período que otro alumno que no trabaja. Esta situación podría explicarse considerando que quienes trabajan menos de 20 horas no lo hacen en el marco de pasantías ó prácticas profesionales (ya que estas implican más carga horaria), sino en tareas que generalmente no son afines ni específicas de la carrera.
- Existen diferencias significativas en la performance de graduación respecto a la **Situación Laboral de los padres** del alumno, con cierta ventaja para quienes tienen padres activos, frente a quienes tienen padres desocupados ó jubilados. A igualdad de todas las demás condiciones, un alumno cuyos padres son activos laboralmente tiene 4,16 veces más probabilidades de graduarse en determinado tiempo que otro estudiante cuyos padres son jubilados.
- Existen diferencias significativas en la performance de graduación respecto al **Nivel de formación de los padres** del alumno, con cierta ventaja para quienes tienen padres con estudios universitarios, frente a otros estudiantes cuyos padres completaron niveles menores de formación. A igualdad de todas las demás condiciones, para un alumno cuyos padres tienen formación universitaria las probabilidades de graduarse en determinado tiempo son 1,52 veces superior que para quienes tienen padres con nivel terciario y 1,98 veces superior que para quienes tienen padres con nivel secundario.

7. Conclusiones

Los resultados de ambas técnicas utilizadas coinciden en que las mejores condiciones de graduación para la población considerada, se dan para un estudiante de la cohorte 2002, que inició sus estudios superiores inmediatamente después de haber finalizado el nivel medio, cuyos padres son laboralmente activos, con niveles elevados de formación, que cursa la carrera D y que trabaja más de 20 horas semanales en el último año de carrera.

La mejora sostenida en el tiempo de graduación desde la cohorte 1999 hasta la 2002 se sustenta principalmente en varias actividades y líneas de trabajo que la FI-UNaM viene implementado en los últimos años, tendientes a acompañar al alumno tanto en los primeros años (Cursos de Ingreso y permanencia, Sistema de Tutorías) como en las demás etapas de su carrera (Prácticas Profesionales y Pasantías).

Respecto a la situación laboral del alumno, se destacan diferencias entre estudiantes que trabajan en el último año de carrera y quienes no lo hacen, así como en el tipo de tareas que desarrolla, con ventajas para quienes desarrollan pasantías ó prácticas laborales en áreas de su especialidad.

Ambos modelos muestran como factores relevantes para la performance de graduación las condiciones del entorno socioeconómico y familiar del alumno, reflejados en el hecho que tener padres laboralmente activos y con altos niveles de formación favorece la culminación exitosa de la carrera.

8. Referencias Bibliográficas

1. CARREÑO SERRA, A.; 2006. Análisis de Supervivencia. Seden. Métodos Estadísticos para Enfermería Nefrológica. http://www.revistaseden.org/files/16-CAP%2016.pdf

2. MARTINEZ GONZALEZ, M; IRALA ESTÉVEZ, J. 2006. Análisis de Supervivencia. Editorial El Manual Moderno.

3. PERE REBASA, C.; 2005. Conceptos básicos del Análisis de Supervivencia. Corporación Parc Paulí. http://epidemiologiaanimalhumana.com/yahoo_site_admin/assets/docs/conceptos_basicos_de_analisis_de_supervivencia.279100431.pdf

4. PEREZ, C. 2004. Técnicas de Análisis Multivariante de datos – Aplicaciones con SPSS. Prentice Hall. Madrid, España.

5. SALINAS, M. 2008. Modelos de Regresión. Análisis de Supervivencia. Ciencia & Trabajo, Año 10, Nº 28, 75-78. http://www.cienciaytrabajo.cl/publicacion2.asp?id=348

6. CASTAÑO, E; GALLON, S; GOMEZ, K.; VASQUEZ, J.; 2006. Análisis de los factores asociados a la deserción y graduación estudiantil universitaria. Universidad de Antioquia, Colombia. Lecturas de Economia, 9-36. http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/lecturasdeeconomia/article/viewFile/2639/2099

7. CASTAÑO, E; GALLON, S; GOMEZ, K.; VASQUEZ, J.; 2004. Deserción estudiantil universitaria: Una aplicación de modelos de duración. Lecturas de Economia, 39-65. http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/lecturasdeeconomia/article/view/2707

8. DIAZ, C. 2009. Factores de deserción estudiantil en ingeniería: Una aplicación de modelos de duración. Información tecnológica, Vol 20, Nº 5, 129-145.
9. IBARRA, M. y MICHALUS, J. C.; 2008. Dos miradas al desempeño académico: regresión Lineal / Logística; XIV EMCI NACIONAL – VI EMCI INTERNACIONAL; Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza; Mendoza, Argentina.
10. IBARRA, M. y MICHALUS, J. C.; 2009. Desempeño académico de estudiantes de ingeniería; XXII Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa; Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires; Buenos Aires, Argentina.
11. IBARRA, M. y MICHALUS, J. C.; 2009. Análisis de factores incidentes en el desempeño académico y graduación de estudiantes universitarios. Secretaría de Ciencia y Técnica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones.
12 LOPERA OQUENDO, C.; 2008. Determinantes de la deserción universitaria en la Facultad de Economía Universidad del Rosario; Economía, Nº 95; Colombia.
13. MARTINEZ GONZALEZ, M; SÁNCHEZ VILLEGAS, A.; FAULIN FAJARDO, J. 2008. Bioestadística Amigable. Segunda Edición. Ediciones Díaz de Santos. Medellín, Colombia.
14. MARTINEZ GONZALEZ, M; ALONSO, A; LOPEZ FIDALGO, J. 2008. ¿Qué es un Hazard Ratio? Nociones de Análisis de Supervivencia. Departamento de medicina preventiva, Universidad de Navarra.