

Estado de la publicación: No informado por el autor que envía

# Aplicación de Técnicas de Análisis de Supervivencia al Estudio del Retraso Estudiantil en la Carrera de Ingeniería Civil-FACET-UNT

Hugo Roger Paz

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.4490>

Enviado en: 2022-07-25

Postado en: 2022-07-29 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

## Aplicación de Técnicas de Análisis de Supervivencia al Estudio del Retraso Estudiantil en la Carrera de Ingeniería Civil-FACET-UNT.

Hugo Roger Paz<sup>1</sup>

**Resumen:** En este trabajo se exponen los análisis realizados para determinar las posibles causas del atraso en la culminación de los estudios de grado que se observa en la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET) de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Argentina. En el año 2019, la duración promedio de la carrera fue de 12,15 años, lo cual más que duplica la prevista en el plan de estudio (5,5 años). Conocer sus causas puede permitirnos generar propuestas de mejora para mitigarlos. Para el análisis se han utilizado historias académicas de 1615 estudiantes de ingeniería civil de la FACET-UNT, obtenidos de la base de datos SIGEA (Sistema de Gestión Administrativa y de Alumnos) cuyo período comprende desde el año 2004 al año 2019. En el presente trabajo se han aplicado técnicas de análisis estadístico conocidas como "Análisis de Supervivencia", las cuales se utilizan para analizar la duración esperada de tiempo hasta que ocurran uno o más eventos, en este caso el egreso de la carrera por parte del estudiante. Asimismo, se analizan las covariantes que influyen en el tiempo que tarda en alumno en realizar sus estudios y se cuantifica su efecto. En relación a la metodología de análisis aplicada, el método de Kaplan-Meier entrega como resultado que el tiempo medio de duración de la carrera de un alumno es de 12,15 años. Finalmente se analiza la influencia que tienen el rendimiento en la aprobación de asignaturas en la duración total de la carrera.

**Palabras clave:** análisis de supervivencia, retraso estudiantil, educación superior, ingeniería civil,

## Application of Survival Analysis Techniques to the Study of Student Delay in the Civil Engineering Major-FACET-UNT.

**Abstract:** This paper presents the analyses carried out to determine the possible causes of the delay in the completion of undergraduate studies that is observed in the Civil Engineering Major of the Faculty of Exact Sciences and Technology (FACET) of the National University of Tucumán (UNT), Argentina. In 2019, the average time to finish the degree was 12.15 years, which is more than double the time foreseen in the study plan (5.5 years). Knowing their causes can allow us to generate improvement proposals to mitigate them. For the analysis, academic histories of 1615 civil engineering students from FACET-UNT, obtained from the SIGEA database (Administrative and Student Management System) whose period ranges from 2004 to 2019, have been used. In this work, statistical analysis techniques known as "Survival Analysis" have been utilized, which are used to analyze the expected duration of time until one or more events occur, in this case, the graduation of the career by the student. Likewise, the covariates that influence the time it takes for a student to complete their studies are analyzed, and their effect is quantified. Concerning the analysis methodology that was used, the Kaplan-Meier method gives a result that the average duration of a student's career is 12.15 years. Finally, the influence of the performance on the approval of subjects in the total duration of the career is analyzed.

**Keywords:** survival analysis, student delay, higher education, civil engineering

---

<sup>1</sup> Docente e investigador de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Argentina, Doctorando en Educación de la Facultad de Filosofía y Letras de las UNT. Dirección electrónica: [hpaz@herrera.unt.edu.ar](mailto:hpaz@herrera.unt.edu.ar) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1237-7983>

## 1. Introducción

El desgranamiento y el abandono estudiantil es un tema muy preocupante en la Carrera de Ingeniería Civil de la FACET-UNT. Conocer en profundidad las posibles causas, o motivos que generan esta situación puede permitirnos avizorar propuestas de mejora para mitigarla.

En el año 2019, la duración promedio de la carrera de ingeniería civil casi duplica la prevista en el plan de estudio. En efecto, el tiempo promedio que tardan los alumnos en completar la carrera es igual a 8,56 años. Sin embargo, esta forma de calcular los promedios de duración de la carrera no nos indica la verdadera duración de la misma. Para ello debemos hacer un análisis estadístico que tenga en cuenta a los que aún no egresaron y que aún están cursando sus estudios. Para ilustrar esta situación, a continuación, veremos el tiempo de egreso en función del año de ingreso (o cohorte) y del año de egreso (Ver Tabla 1 y Tabla 2).

**Tabla 1**

**Tiempo de duración de la carrera en función del año de ingreso (cohorte)**

<b>Año Ingreso - Cohorte</b>	<b>Promedio de Años Cursados</b>
2004	9.14
2005	8.75
2006	8.83
2007	8.88
2008	8.41
2009	8.09
2010	7.68
2011	7.45
2012	6.42
<b>Promedio general</b>	<b>8.56</b>

Fuente: **Fuente:** Elaboración propia, con información obtenida de base de datos SIGEA.

**Tabla 2**

**Tiempo de duración de la carrera en función del año del año de egreso**

<b>Año egreso</b>	<b>Promedio de Años Cursados</b>
2010	6.26
2011	6.51
2012	7.35
2013	7.63
2014	8.17
2015	8.80
2016	8.75
2017	10.23
2018	8.90
<b>Promedio general</b>	<b>8.56</b>

Fuente: **Fuente:** Elaboración propia, con información obtenida de base de datos SIGEA.

Como podemos observar, la evolución del promedio de duración de la carrera en el tiempo es diferente según el criterio con el que elijamos el año para hacer el ordenamiento del cálculo. Para el primer caso, podríamos decir que la duración promedio está disminuyendo con el transcurso del tiempo. Sin embargo, lo opuesto ocurre cuando lo analizamos en función del año en el que egresan los alumnos. Y esto es así porque para el primer caso, los que egresaron, por ejemplo, de la cohorte 2012, son los que mejor rendimiento académico tuvo, los que egresaron primero. Esto lleva a que el promedio sea relativamente bajo (igual vemos que supera en un año y medio al previsto en el plan de estudios). En este caso, todavía quedan muchos alumnos que ingresaron en el 2012 que aún están cursando la carrera.

Al momento de egresar, en un tiempo mayor, terminarán haciendo que el promedio de la cohorte se incremente. Un razonamiento similar, pero en sentido inverso se puede aplicar a los datos de la Tabla 2. Como el plan de estudios se inicia formalmente en el año 2005, con alumnos que ingresaron a la carrera en el plan anterior e hicieron validar las asignaturas que ya venían cursando en el plan anterior alumnos que hicieron, los alumnos que egresaron en el año 2010 también son los que presentaron mejor desempeño académico.

A medida que transcurren los años, el promedio de años de cursado se incrementa ya que comienzan a egresar los alumnos que ingresaron en los primeros tiempos de la carrera. De esta manera podemos ver que la determinación del promedio de duración de la carrera debe tener en cuenta todos estos aspectos. Los valores reales de tiempo medio de duración de la carrera son aún superiores a los antes mencionados si se realizan los análisis estadísticos de la manera adecuada.

## **2. Referente teórico: El análisis de supervivencia**

El análisis de supervivencia es una rama de las estadísticas que se utiliza para analizar la duración esperada de tiempo hasta que ocurran uno o más eventos. El método también se conoce como análisis de duración o modelado de duración, análisis de tiempo hasta el evento, análisis de confiabilidad y análisis de historial de eventos. El "evento" a analizar en este caso será en primer lugar la el egreso, con lo que se pretende estudiar la duración de la carrera, el desgranamiento y los factores que influyen en el proceso. Asimismo, se analizará el proceso de deserción de la carrera por parte del alumno.

El análisis de sobrevivencia consiste en un conjunto de técnicas para analizar el tiempo de seguimiento hasta la ocurrencia de un evento de interés. Este tiempo de

seguimiento hasta que ocurra el evento de interés, también denominado tiempo de vida puede observarse completa o parcialmente.

Un caso poco frecuente en la práctica es aquel en que se observan los individuos desde un evento inicial hasta el evento de final o de ocurrencia del fenómeno que se desea observar. Ahora bien, es posible, y muy frecuente en la práctica encontrarse con situaciones en que se cuenten con observaciones incompletas de los períodos que transcurren entre el tiempo inicial y el tiempo final. Esto puede darse por censura o por truncamiento, y es precisamente bajo la presencia de censura o truncamiento que el análisis de supervivencia cobra una importancia primordial. El truncamiento o censura corresponde a aquellos estudiantes a los cuales no les ha ocurrido el "evento", el cual puede ser la deserción o el egreso, de acuerdo al caso en análisis.

- El análisis de supervivencia se utiliza en este caso para la determinación de:
- Proporción de la población que permanece en la carrera hasta un momento dado.
- Tiempo medio de ocurrencia del evento analizado (deserción o egreso).
- Comprender el impacto de las covariables en la permanencia en la carrera.

Existen básicamente tres tipos de análisis de supervivencia, los que son no paramétricos, los semi-paramétricos y los paramétricos. Para el análisis se utilizaron los siguientes tipos:

- Estimador de Kaplan-Meier (no paramétrico)
- Modelo de tiempo de falla acelerado o AFT por sus siglas en inglés (paramétrico)

A continuación, se expondrán las características de cada uno de ellos.

## **2.1 Estimador de Kaplan-Meier**

El estimador de Kaplan-Meier, es un método que estima la probabilidad de supervivencia cada vez que ocurre un evento. Es un método no paramétrico, significa que no asume la distribución de la variable de resultado, es decir, el tiempo ((Kaplan & Meier, 1958).

Existen muchas situaciones en las se desea examinar la distribución de un período entre dos eventos, como la duración del tiempo transcurrido entre el ingreso y el abandono de la carrera. Sin embargo, este tipo de datos incluye generalmente algunos casos censurados. El procedimiento de Kaplan-Meier es un método de estimación de modelos hasta el evento en presencia de casos censurados. El modelo de Kaplan-Meier se basa en la estimación de las probabilidades condicionales en cada punto temporal cuando tiene lugar un evento y en tomar el límite del producto de esas probabilidades para estimar la

tasa de supervivencia en cada punto temporal (Kaplan y Meier, 1958). Es un método no paramétrico (no asume ninguna función de probabilidad) y por máxima verosimilitud, es decir se basa en maximizar la función de verosimilitud de la muestra.

## 2.2 Modelo de tiempo de falla acelerado (AFT)

El modelo AFT ofrece un enfoque estadístico potencial en caso de datos de supervivencia que se basa en la curva de supervivencia en lugar de la función de riesgo. Se conoce como modelo de tiempo de falla acelerado, porque el término "falla" indica la ocurrencia del evento analizado, enfermedad, etc. y el término "Acelerado" indica el factor responsable por el cual se incrementa la tasa de falla, ese factor es denominado "factor de aceleración" (Saikia & Barman, 2017).

Pike (1966) propuso el Modelo AFT en caso de datos de carcinogénesis. Desarrolló la estadística básica, su metodología y discutió la estimación de probabilidad para la distribución de Weibull.

El modelo AFT describe la relación entre la variable de respuesta y el tiempo de supervivencia. En este modelo, los logaritmos del tiempo de supervivencia se consideran como una variable de respuesta e incluye un término de error que se supone que sigue una distribución de probabilidad. El supuesto del modelo AFT es que el efecto de las covariables actúa multiplicativamente (proporcionalmente) con respecto al tiempo de supervivencia.

La aplicación de las técnicas antes mencionadas se realizó mediante la programación en lenguaje Python, utilizando el entorno Anaconda. Se utilizó para el desarrollo del código la librería específica Lifeline (Davidson-Pilon, 2022), la cual es una librería de análisis de supervivencia escrita en Python.

Para la aplicación de este método se pueden adoptar distintas distribuciones de probabilidad para la estimación de los parámetros estadísticos.

Pike (1966) en su trabajo sugiere dos formas para el ajuste parámetros para la distribución de probabilidad de Weibull. Johnson et al. (1995) discutieron sobre la estimación de parámetros para los modelos de ajuste exponencial, weibull, log-normal, gamma, log-logística. Teniendo en cuenta que se pueden ajustar distintas distribuciones de probabilidad, para comparar la eficiencia de las mismas, se realiza la determinación del parámetro AIC.

El criterio de información de Akaike (AIC) es una forma de medir la calidad de un modelo estadístico que se aplica a un conjunto de datos. Su determinación permite una

forma de seleccionar cuál de los modelos se ajusta mejor a los datos. AIC se basa en la entropía de la información: proporciona una estimación relativa de la información que se pierde cuando se utiliza un modelo dado para representar el proceso de generación de datos. AIC no proporciona pruebas de modelos en el sentido de pruebas de hipótesis, es decir, AIC no puede decir nada sobre la calidad del modelo en el sentido absoluto. Si todos los modelos candidatos funcionan mal, AIC no lo notificará. El criterio sólo realiza una comparación entre distintos modelos de manera que se pueda seleccionar el que mejor se ajusta a los datos. AIC es uno de los criterios comunes para seleccionar el mejor modelo (Akaike, 1974).

### **3. Metodología**

Como estrategia de investigación se propone un estudio de casos, lo cual se entiende como más adecuado para el tipo de investigación que se pretende desarrollar. Entendemos como “caso” el objeto de estudio con unas fronteras más o menos claras que se analiza en su contexto y que se considera relevante bien sea para comprobar, ilustrar o construir una teoría o parte de ella.

Simons (2011), centrándose en la investigación con el estudio de casos en la educación y la evaluación educativa, propone la siguiente definición:

El estudio de caso es una investigación exhaustiva y desde múltiples perspectivas de la complejidad y unicidad de un determinado proyecto, política, institución, programa o sistema en un contexto “real”. Se basa en la investigación, integra diferentes métodos y se guía por las pruebas. La finalidad primordial es generar una comprensión exhaustiva de un tema determinado (por ejemplo, en una tesis), un programa, una política, una institución o un sistema, para generar conocimientos y/o informar el desarrollo de políticas, la práctica profesional y la acción civil o de la comunidad. (p. 42)

“El estudio tiende a optimizar el entendimiento del caso en vez de hacer generalizaciones más allá del caso mismo”. “.. el estudio de caso se concentra en el conocimiento experiencial del caso y se presta detallada atención a la influencia de sus contextos social, político y otros” (Denzin y Lincoln, 2013, p. 155).

#### **3.1 Unidad de análisis**

Los datos analizados corresponden a historias académicas de 1615 alumnos de ingeniería civil, los cuales presentan diferentes avances en la carrera, desde primer año a aquellos que están próximos a egresar, así como los que han desertado de la carrera y los

que han egresado. Los datos corresponden al Sistema de Gestión Administrativa y de Alumnos (SIGEA) de la FACET-UNT.

Para el análisis se han excluido aquellos alumnos que presentaban asignaturas aprobadas por algún sistema de equivalencia (por haber cambiado de carrera, de plan de estudios o de universidad), ya que en estos casos al momento de ingresar a la carrera (desde donde se comienza a computar el tiempo de permanencia) generalmente tienen materias aprobadas, lo que en algunos casos lleva a que el alumno esté cursando asignaturas del 8º cuatrimestre cuando sólo ha pasado un año desde su ingreso a la carrera. Por esta razón, de un total de 1615 historias académicas, se seleccionaron 1343 alumnos, los cuales no presentaban aprobaciones de asignaturas por equivalencia.

Teniendo en cuenta lo anterior, para este trabajo se han separado los alumnos en tres grupos, los que continúan cursando sus estudios, los que egresaron y los que abandonaron la carrera, tomando para el análisis el período comprendido entre los años 2005 y 2019.

Los alumnos que egresaron son aquellos que han completado sus estudios en el período de análisis (2005-2019), sin tener en cuenta los años que han transcurrido entre su ingreso y egreso ni si tuvieron períodos en los cuales no han registrado inscripción en el sistema de gestión de alumnos de la facultad.

Los alumnos que permanecen en la facultad son aquellos que registran inscripción en la carrera el sistema de gestión de alumnos hasta el año 2019 y que aún no han completado sus estudios.

Finalmente, se considera que un alumno a desertado cuando no registra inscripción en el año 2020 y no ha completado sus estudios. Con este criterio estaríamos adoptando la propuesta de González Fiegehen (2007) (criterio estricto), aunque sólo para los alumnos que ingresaron en el año 2019 (73 alumnos, lo que representa sólo el 5% del total analizado). Para el resto de los alumnos, se estaría adoptando un criterio menos estricto ya que en este caso se incluirían aquellos alumnos que se reinscriben en la carrera y retoman sus estudios luego de un período de tiempo. Debido a los datos disponibles y los reglamentos vigentes (las inscripciones en la carrera son de tipo anual), el paso de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis fue de un año. Sin embargo, en algunos casos, se han tomado las fechas de inscripción y de aprobación de asignatura (por ejemplo), por lo que el paso de tiempo se calcula como diferencia entre fechas.

### **3.2 Procesamiento de análisis**

De un total de 1343 alumnos que ingresaron a la carrera entre el año 2005 y el año <sup>7</sup>

2019, 92 alumnos egresaron de la carrera. Para el análisis se utilizaron las historias académicas, de las cuales se extrajeron los siguientes datos:

- Fecha de ingreso a la facultad.
- Fecha de la última actividad del alumno registrada en el sistema actividad.
- Fecha en el que alcanzan la regularidad de las asignaturas cursadas.
- Fecha en que aprueban el examen final de las asignaturas.
- Género
- Localidad de procedencia
- Provincia de procedencia

El tiempo de permanencia, necesario para la aplicación del método, se determinó restando la fecha de la última actividad a la fecha de ingreso en la facultad.

Las fechas de regularización y aprobación de las asignaturas, así como el lugar de procedencia se utilizaron para analizar la incidencia de estas variables en el alargamiento de la duración de la carrera, y por ende en el desgranamiento de los alumnos.

Para la aplicación del estimador de Kaplan-Meier se generó una tabla en la cual se utilizaron todos los parámetros citados en el apartado anterior, considerando la situación de egreso.

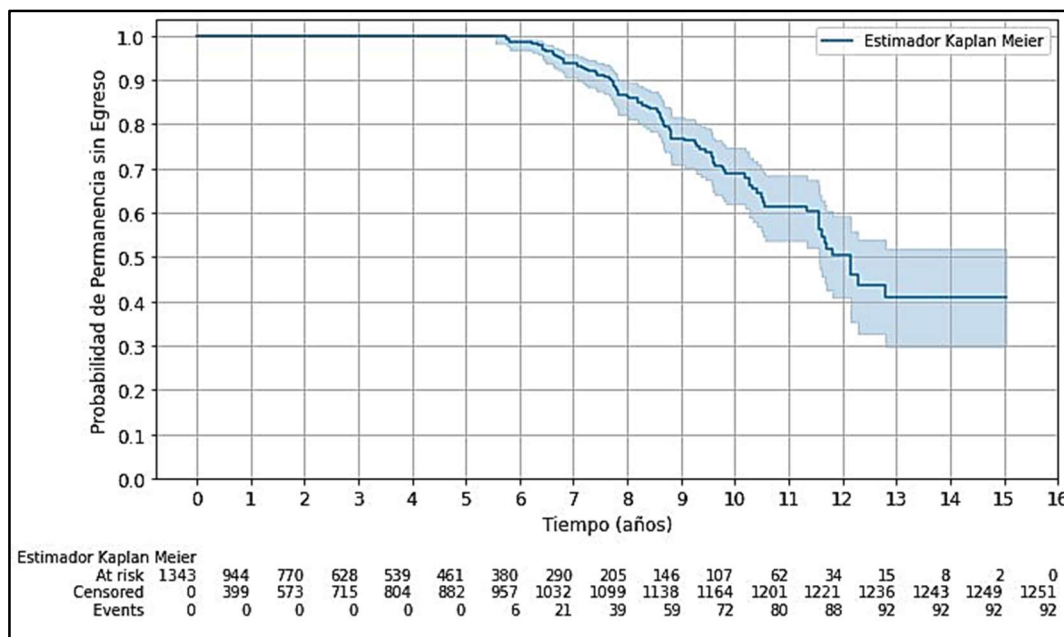
El método se aplicó mediante la utilización de la librería Lifeline (Davidson-Pilon, 2022) en lenguaje Python. Una vez aplicado el estimador, mediante el código generado en Python (Van Rossum & Drake Jr, 1995), se obtuvieron los resultados que se exponen a continuación.

## **4. Resultados**

### **4.1 Aplicación del Estimador de Kaplan-Meier**

En primer lugar, se determinó la curva de supervivencia sin egreso para todos los alumnos, considerando solamente la variable tiempo de permanencia y si se produjo el evento egreso o no. En la Figura 1 se puede observar el resultado.

Figura 1 Estimador de Supervivencia para Duración de Carrera. Método de Kaplan-Meier



En la Figura 1, el eje y representa la supervivencia sin eventos, específicamente la fracción de alumnos que aún no se graduaron o tienen un evento de censura (deserción). El eje x representa el número de años desde el ingreso a la Facultad. De acuerdo a esta curva, el tiempo medio desde que el alumno ingresa a la facultad hasta que se produce el evento, en este caso el egreso, es de aproximadamente 12 años. El sombreado indica la zona cubierta por el estimador de confianza del 95% superior e inferior. En la Tabla 1 se exponen los datos estadísticos para los valores medios calculados con este estimador.

Tabla 1 Estimador Kaplan-Meier: Valores Estadísticos

Estimador Kaplan-Meier: Valores Estadísticos	Tiempo supervivencia (años)
Media de supervivencia	12,15
Estimador para el 95% de confianza (límite inferior)	11,56
Estimador para el 95% de confianza (límite superior)	> 15 años

De igual manera, se ha determinado el tiempo diferenciando el cálculo por género. En la Figura 2 y Tabla 2 se pueden ver los resultados.

Figura 2 Estimador de Supervivencia para Duración de Carrera por género.  
Método de Kaplan-Meier

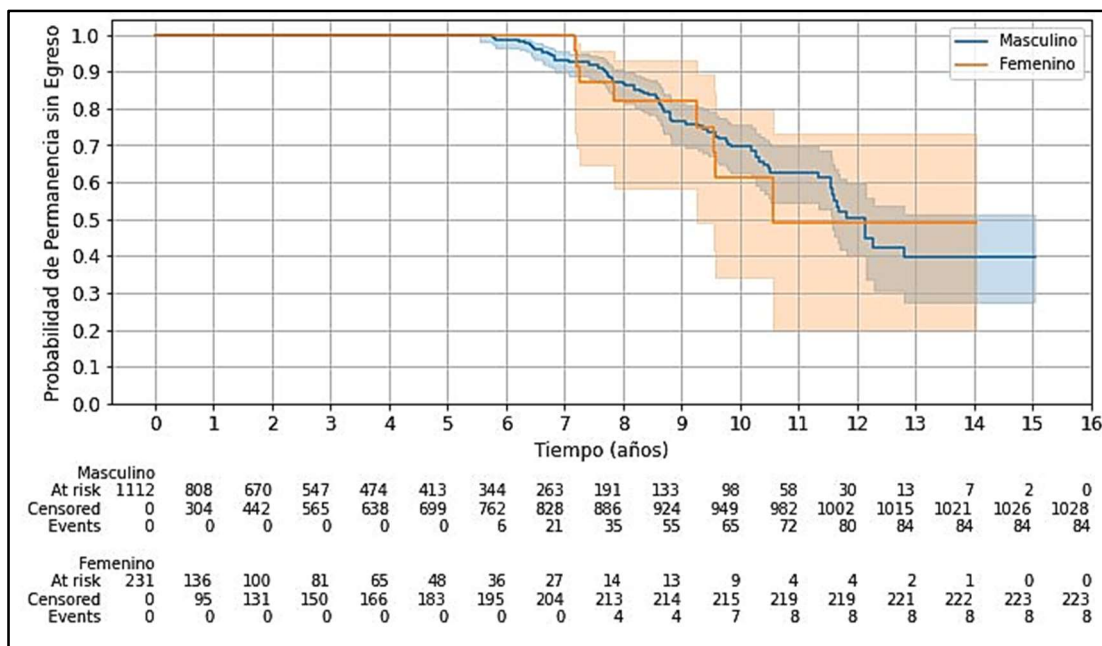


Tabla 2 Estimador Kaplan-Meier: Valores Estadísticos por género

Valores Estadísticos	Masculino	Femenino
Media de supervivencia (años)	12,14	10,56
Estimador para el 95% de confianza (límite inferior)	11,56	9,25
Estimador para el 95% de confianza (límite superior)	> 15 años	> 15 años

Si analizamos los resultados por género, vemos que la media de supervivencia del género femenino es inferior al masculino, esto implica que estos últimos demoran en promedio casi un año y medio más en egresar.

Seguidamente se realizó el análisis discriminando la localidad de origen, en este caso se diferenciaron los que proceden del Gran San Miguel de Tucumán de los que no lo son. Los resultados se pueden observar en la Figura 3 y en la Tabla 3.

Figura 3 Estimador de Supervivencia para Duración de Carrera por Localidad.  
Método de Kaplan-Meier

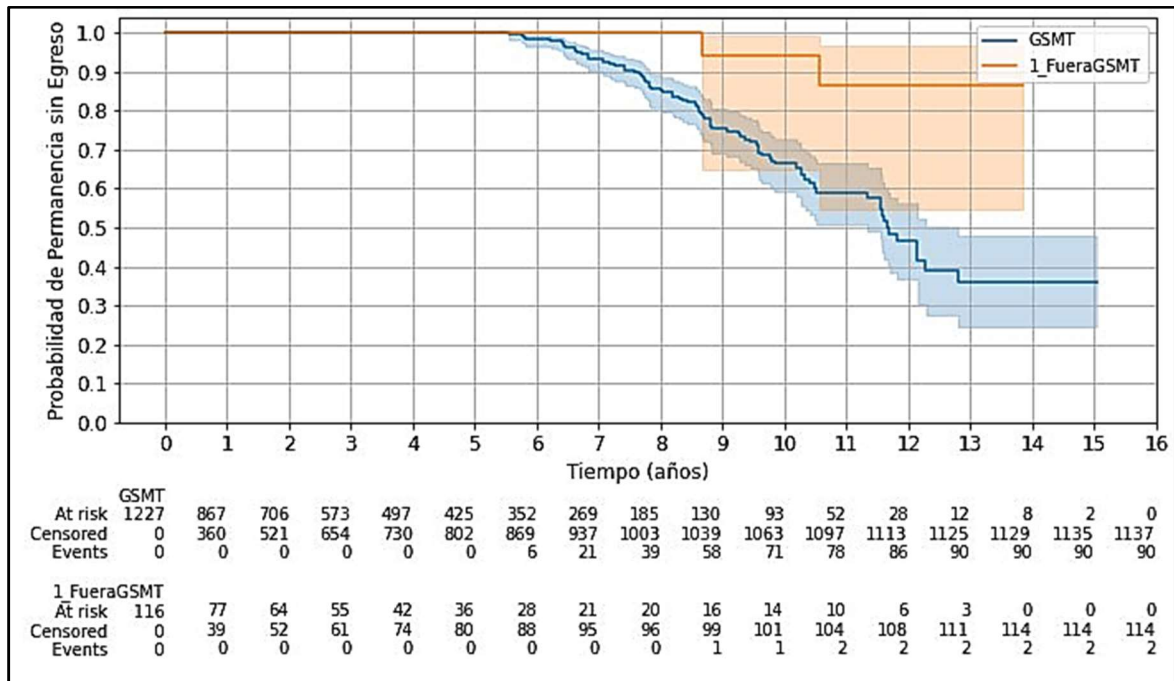


Tabla 3 Estimador Kaplan-Meier: Valores Estadísticos por Localidad

Valores Estadísticos	GSMT	Fuera GSMT
Media de supervivencia (años)	11,66	> 15 años
Estimador para el 95% de confianza (límite inferior)	11,33	> 15 años
Estimador para el 95% de confianza (límite superior)	12,79	> 15 años

Finalmente, el análisis se realizó en función de la provincia de procedencia. Los resultados se pueden observar en la Figura 4 y en la Tabla 4.

Figura 4 Estimador de Supervivencia para Duración de Carrera por Provincia.  
Método de Kaplan-Meier

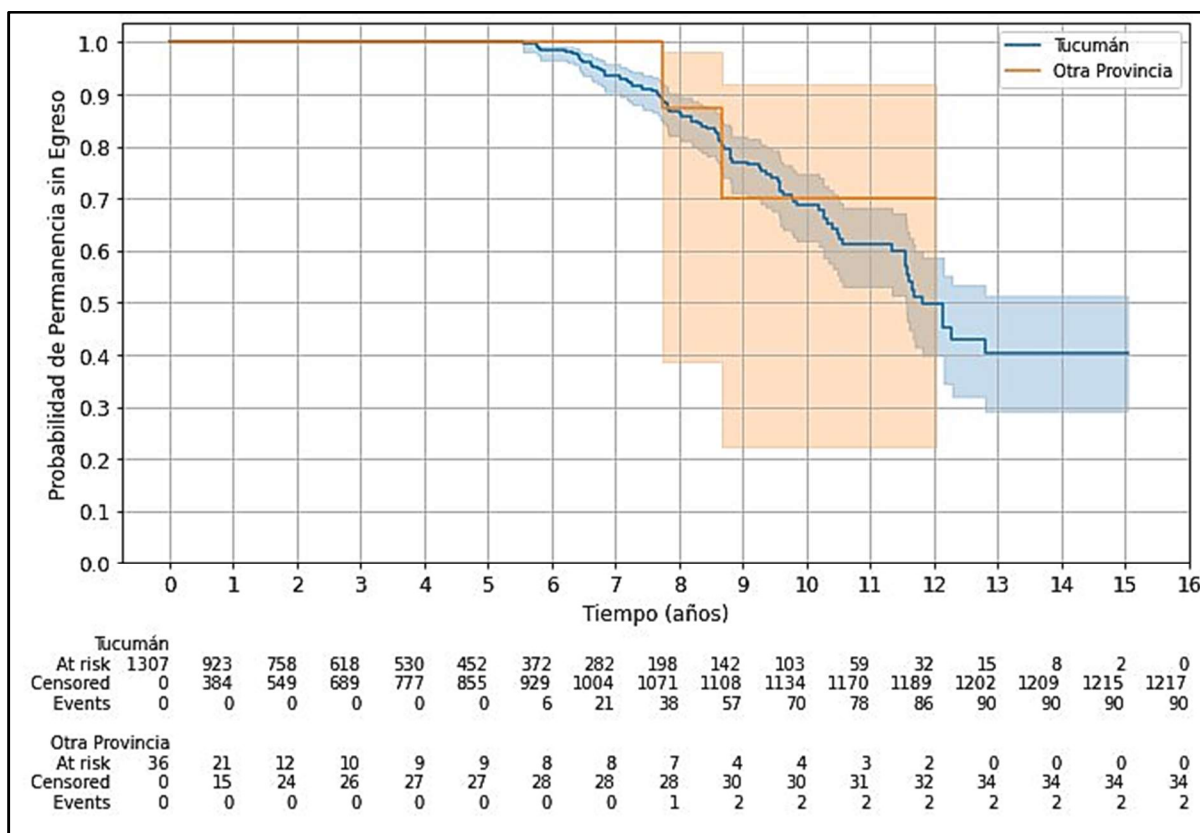


Tabla 4 Estimador Kaplan-Meier: Valores Estadísticos por Provincia

Valores Estadísticos	Tucumán	Otra Provincia
Media de supervivencia (años)	11,81	> 15 años
Estimador para el 95% de confianza (límite inferior)	11,55	7,74
Estimador para el 95% de confianza (límite superior)	> 15 años	> 15 años

Finalmente, se aplicó el método de Kaplan-Meier para el análisis de la influencia del resultado del cursado y aprobación de las asignaturas.

La variable de análisis seleccionada fue el año en el cual los alumnos alcanzaron la regularidad de las asignaturas, así como el año en que aprobaron el examen final correspondiente. Esta situación no siempre se presentaba, ya que algunos alumnos no regularizaron o aprobaron (según el caso en análisis) la asignatura antes de producirse la deserción de los estudios. También se produce cuando el alumno aún no ha llegado a la instancia de cursado de la asignatura. Ante esta situación, se ha categorizado esta variable, tomando como parámetro el año en que el alumno, si cumpliera con lo prescrito en el plan de estudios, debiera regularizar o aprobar la asignatura. Se ha dividido entonces esta 12

variable en dos categorías, la primera de ellas se corresponde con aquellos estudiantes que han conseguido el objetivo prescrito en el plan de estudios (regularización o aprobación) en el año correspondiente al cursado normal según el plan de estudios. A esta situación se le asignó la categoría: “0\_ET” (0\_En Terminado). Para aquellos alumnos que no han alcanzado el objetivo o lo hicieron en un tiempo mayor al prescrito en el plan de estudios se le asignó la categoría “1\_FT” (1\_Fuera de Terminado). De esta manera se busca cuantificar la incidencia que tiene en la duración de la carrera el hecho de que el alumno no cumpla con lo prescrito en el plan de estudios.

En primer lugar, se analizó la incidencia que tiene el tiempo en el cual los alumnos alcanzan la **regularidad** en la asignatura. Los resultados se pueden observar en la Tabla 5.

Tabla 5 Resultados aplicación Estimador Kaplan-Meier a Tiempo de Regularización de Asignatura – Duración de la Carrera

Asignatura	En Terminado	Fuera de Terminado	Incremento de Tiempo
01 Cálculo I	11.6	12.3	0.7
02 Física I	10.4	NC	NC
03 Sistemas de Representación	12.1	12.3	0.1
04 Álgebra y Geometría Analítica	11.3	NC	NC
05 Cálculo II	10.5	12.8	2.3
06 Física II	9.8	NC	NC
07 Fundamentos de Química General	11.6	NC	NC
08 Informática	10.2	12.3	2.1
09 Elementos de Álgebra Lineal	9.6	NC	NC
10 Cálculo III	9.5	NC	NC
11 Diseño Asistido	9.6	NC	NC
12 Mecánica Técnica	9.8	NC	NC
13 Física III	8.6	NC	NC
14 Probabilidad y Estadística	8.4	12.3	3.9
15 Cálculo IV	8.2	NC	NC
16 Geología Básica	10.4	12.8	2.4
17 Estabilidad I	8.6	12.3	3.7
18 Mecánica de los Fluidos	7.8	NC	NC
19 Topografía y Geodesia	7.8	NC	NC
20 Estudio de Materiales I	8.2	NC	NC
21 Estabilidad II	8.2	12.8	4.6
22 Hidráulica Básica	7.7	12.8	5.1
23 Mecánica de los Suelos	7.6	12.3	4.7
24 Estudio de Materiales II	7.7	12.3	4.6
25 Estabilidad III	7.8	NC	NC
26 Estabilidad IV	7.2	12.8	5.6
27 Hormigón I	7.4	12.8	5.4
28 Hidrología	7.4	12.3	4.9
29 Diseño Geométrico Vial	6.8	12.3	5.4
30 Hidráulica Aplicada I	7.7	12.8	5.1
31 Obras Básicas Viales	6.7	12.3	5.6
32 Hormigón II	6.8	12.3	5.5
33 Cimentaciones	7.1	12.8	5.7
34 Hidráulica Aplicada II	6.8	12.3	5.4
35 Construcciones Sismorresistentes	6.6	12.3	5.6

Asignatura	En Termino	Fuera de Termino	Incremento de Tiempo
36 Estructuras Metálicas y de Madera	7.1	12.3	5.2
37 Diseño y Construcción de Pavimentos	6.5	12.1	5.7
38 Arquitectura y Urbanismo	6.6	12.1	5.5
39 Organización y Conducción de Obras	6.5	12.1	5.7
40 Derecho y Ciencias Sociales	6.6	12.1	5.5
41_Instalaciones_Complementarias_de_Edificios	6.6	12.1	5.5
42 Economía y Evaluación de Proyectos	6.5	12.1	5.7

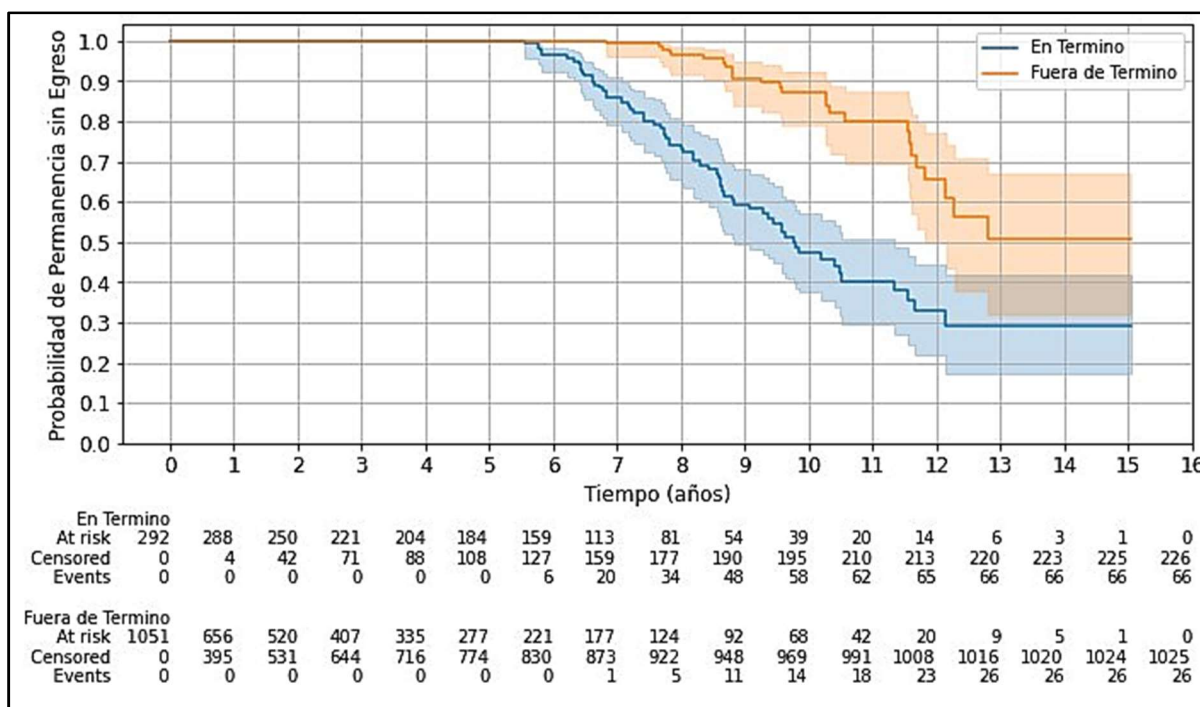
#### Referencias:

NC: No Calculado. En estos casos, la curva de supervivencia no llega al 50 % de probabilidad, por lo que no se puede calcular. Por esta misma razón no se puede determinar el incremento de tiempo que ocurre entre las dos situaciones analizadas.

Los valores determinados por este método para las 20 primeras asignaturas no pueden considerarse como válidos, salvo para 14\_Probabilidad\_y\_Estadística y 17\_Estabilidad\_I. En la mayoría de estas asignaturas, el valor del tiempo para la situación En Termino no se puede calcular, por las razones expuestas en la referencia de la Tabla 30, en los casos en los que se ha calculado un valor de tiempo para esta situación, el valor determinado para la situación Fuera de Término es relativamente bajo y no refleja completamente la realidad. Esto se puede observar en la Figura 5, en donde se ha graficado la curva para la Asignatura 01\_Cálculo I.

Como se puede ver claramente que la separación entre las curvas En Termino y Fuera de Termino es muy variable según el tiempo considerado. En efecto, si calculamos el incremento de tiempo para el 50% de porcentaje de supervivencia sin egreso, vemos que el resultado es de 0,73 años. Sin embargo, se puede observar claramente que dicho incremento es mucho mayor para un 70 % de porcentaje de supervivencia, llegando en este caso a un poco más de 3 años. Es por ello que, para estos casos, se propone la aplicación del Modelo de Tiempo de Falla Acelerado (AFT), en el cual se ajusta una curva de distribución de distribución que permitirá un cálculo más realista de la diferencia de tiempo entre las dos situaciones analizadas.

Figura 5 Curvas de Estimador de Kaplan-Meier para Duración de Carrera de Tiempo de Regularización de Asignatura 01\_Cálculo I



Finalmente, aplicamos la misma metodología para analizar el tiempo en el que aprueban el examen final de la asignatura. Para este caso, las asignaturas que se indican a continuación no tienen ningún alumno que hayan aprobado el examen final en el tiempo estipulado en el plan de estudios, por lo cual, no se puede calcular el tiempo medio para la situación En Terminó:

- 24\_Estudio\_de\_Materiales\_II
- 25\_Estabilidad\_III
- 31\_Obras\_Básicas\_Viales
- 32\_Hormigón\_II
- 33\_Cimentaciones
- 35\_Construcciones\_Sismorresistentes
- 39\_Organización\_y\_Conducción\_de\_Obras
- 42\_Economía\_y\_Evaluación\_de\_Proyectos

Para estas asignaturas, el tiempo medio para la situación Fuera de Terminó corresponde entonces al tiempo medio que se pueden observar en la Figura 1 y Tabla 1, es decir que es igual a 12,15 años. Los resultados se pueden observar en la Tabla 6.

Tabla 6 Resultados aplicación Estimador Kaplan-Meier a Tiempo de Aprobación de Examen Final de Asignatura – Duración de la Carrera

Asignatura	En Terminó	Fuera de Terminó	Incremento de Tiempo
01 Cálculo I	9.76	NC	NC
02 Física I	9.28	NC	NC
03 Sistemas de Representación	10.33	NC	NC
04 Álgebra y Geometría Analítica	8.67	NC	NC
05 Cálculo II	6.83	12.15	5.3
06 Física II	6.62	12.15	5.5
07 Fundamentos de Química General	9.26	12.15	2.9
08 Informática	7.81	12.15	4.3
09 Elementos de Álgebra Lineal	6.83	12.15	5.3
10 Cálculo III	7.25	12.28	5.0
11 Diseño Asistido	8.58	NC	NC
12 Mecánica Técnica	8.63	NC	NC
13 Física III	6.62	12.15	5.5
14 Probabilidad y Estadística	7.07	12.15	5.1
15 Cálculo IV	7.07	12.15	5.1
16 Geología Básica	9.57	12.15	2.6
17 Estabilidad I	7.16	12.15	5.0
18 Mecánica de los Fluidos	6.33	12.15	5.8
19 Topografía y Geodesia	6.83	12.15	5.3
20 Estudio de Materiales I	7.41	12.80	5.4
21 Estabilidad II	7.66	12.80	5.1
22 Hidráulica Básica	6.33	12.15	5.8
23 Mecánica de los Suelos	6.41	12.15	5.7
24 Estudio de Materiales II	NC	12.15	NC
25 Estabilidad III	NC	12.15	NC
26 Estabilidad IV	NC	12.28	NC
27 Hormigón I	NC	12.15	NC
28 Hidrología	NC	12.15	NC
29 Diseño Geométrico Vial	NC	12.15	NC
30 Hidráulica Aplicada I	NC	12.15	NC
31 Obras Básicas Viales	NC	12.15	NC
32 Hormigón II	NC	12.15	NC
33 Cimentaciones	NC	12.15	NC
34 Hidráulica Aplicada II	6.61	12.15	5.5
35 Construcciones Sismorresistentes	NC	12.15	NC
36 Estructuras Metálicas y de Madera	5.55	12.15	6.6
37 Diseño y Construcción de Pavimentos	NC	12.15	NC
38 Arquitectura y Urbanismo	6.23	12.15	5.9
39 Organización y Conducción de Obras	NC	12.15	NC
40 Derecho y Ciencias Sociales	6.43	12.15	5.7
41 Instalaciones Complementarias de Edificios	NC	12.15	NC
42 Economía y Evaluación de Proyectos	NC	12.15	NC
43 Práctica Profesional Supervisada	5.80	12.15	6.4
44 Proyecto Final	5.80	12.15	6.4

Referencias: NC: No Calculado. En estos casos, la curva de supervivencia no llega al 50 % de probabilidad, por lo que no se puede calcular. Por esta misma razón no se puede determinar el incremento de tiempo que ocurre entre las dos situaciones analizadas.

Una forma de comparar la diferencia entre estos dos factores (regularización y aprobación del examen final) es determinar cómo varían el tiempo medio En Termino y Fuera de Termino para estas dos situaciones. Esto lo podemos observar en la Tabla 7.

Tabla 7 Diferencias de Tiempo Medio de Regularización-Aprobación de Asignatura para Estimador Kaplan-Meier – Duración de la Carrera

Asignatura	Diferencias Tiempo En Termino	Diferencias Tiempo Fuera de Termino
01 Cálculo I	1.79	
02 Física I	1.13	
03 Sistemas de Representación	1.81	
04 Álgebra y Geometría Analítica	2.67	
05 Cálculo II	3.68	0.65
06 Física II	3.13	
07 Fundamentos de Química General	2.35	
08 Informática	2.38	0.13
09 Elementos de Álgebra Lineal	2.74	
10 Cálculo III	2.20	
11 Diseño Asistido	0.98	
12 Mecánica Técnica	1.16	
13 Física III	2.01	
14 Probabilidad y Estadística	1.28	0.13
15 Cálculo IV	1.14	
16 Geología Básica	0.84	0.65
17 Estabilidad I	1.40	0.13
18 Mecánica de los Fluidos	1.44	
19 Topografía y Geodesia	0.94	
20 Estudio de Materiales I	0.79	
21 Estabilidad II	0.54	0.00
22 Hidráulica Básica	1.33	0.65
23 Mecánica de los Suelos	1.15	0.13
24 Estudio de Materiales II		0.13
25 Estabilidad III		
26 Estabilidad IV		0.52
27 Hormigón I		0.65
28 Hidrología		0.13
29 Diseño Geométrico Vial		0.13
30 Hidráulica Aplicada I		0.65
31 Obras Básicas Viales		0.13
32 Hormigón II		0.13
33 Cimentaciones		0.65
34 Hidráulica Aplicada II	0.22	0.13
35 Construcciones Sismorresistentes		0.13
36 Estructuras Metálicas y de Madera	1.52	0.13
37 Diseño y Construcción de Pavimentos		0.00
38 Arquitectura y Urbanismo	0.39	0.00
39 Organización y Conducción de Obras		0.00
40 Derecho y Ciencias Sociales	0.18	0.00
41 Instalaciones Complementarias de Edificios		0.00
42 Economía y Evaluación de Proyectos		0.00
43 Práctica Profesional Supervisada		
44 Proyecto Final		

Ref.: Los lugares en blanco corresponden con asignaturas en las cuales no se ha podido 17

calcular alguno de los dos tiempos medios, ya sea para la regularización de la asignatura como para la aprobación del examen final. Esta situación se tratará de salvar mediante la aplicación del Modelo de Tiempo de Falla Acelerado (AFT).

Como podemos ver, los resultados en primer lugar, son siempre positivos, es decir que aprobar la asignatura en termino tiene un efecto siempre positivo en relación a la reducción de la duración de la carrera antes que la regularización en tiempo. Este efecto es notorio sobre todo para las asignaturas de los primeros años. En las conclusiones discutiremos las posibles causas de este hecho y aportaremos una propuesta que aporte a la disminución del tiempo de duración de la carrera en relación a este resultado.

#### **4.2 Aplicación del Modelo de Tiempo de Falla Acelerado (AFT)**

La aplicación de este método se utilizó para analizar la influencia del momento en que regularizaban y del momento en que aprobaban el examen final de cada una de las asignaturas presentes en el plan de estudios en relación con el momento prescrito por éste. Se decidió aplicar este método para estimar el tiempo de retraso que sufren los alumnos cuando no regularizan o aprueban una asignatura en el tiempo estipulado ya que permite un cálculo directo del mismo. Esto no se puede realizar de forma univoca con el método de Kaplan-Meier, ya que el mismo generalmente varía con el tiempo y la probabilidad de supervivencia.

Para la aplicación de este modelo se generó una tabla en la cual se determinaron los tiempos de permanencia de los alumnos en la carrera para la situación de egreso o no. A estas dos variables, se sumaron los resultados de cursado de las asignaturas.

La variable de análisis seleccionada fue el año en el cual los alumnos alcanzaron la regularidad de las asignaturas, así como el año en que aprobaron el examen final correspondiente. Esta situación no siempre se presentaba, ya que algunos alumnos no regularizaron o aprobaron (según el caso en análisis) la asignatura antes de producirse la deserción de los estudios. También se produce cuando el alumno aún no ha llegado a la instancia de cursado de la asignatura. Ante esta situación, se ha categorizado esta variable, tomando como parámetro el año en que el alumno, si cumpliera con lo prescrito en el plan de estudios, debiera regularizar o aprobar la asignatura. Se ha dividido entonces esta variable en dos categorías, la primera de ellas se corresponde con aquellos estudiantes que han conseguido el objetivo prescrito en el plan de estudios (regularización o aprobación) en el año correspondiente al cursado normal según el plan de estudios. A esta situación se le asignó la categoría: "0\_ET" (0\_En Tiempo). Para aquellos alumnos que no han alcanzado el objetivo o lo hicieron en un tiempo mayor al prescrito en el plan de 18

estudios se le asignó la categoría “1\_FT” (1\_Fuera de Tiempo). De esta manera se busca cuantificar la incidencia que tiene en la duración de la carrera el hecho de que el alumno no cumpla con lo prescrito en el plan de estudios.

En primer lugar, se analizó la incidencia que tiene el tiempo en el cual los alumnos alcanzan la regularidad en la asignatura. En primera instancia, se determinó cual es el modelo que mejor se ajusta a los datos. Para ello se aplicó el Criterio de Información de Akaike (AIC). Se analizaron cuatro modelos de regresión. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Valor de AIC para Weibull: 670.42
- Valor de AIC para Exponential: 918.85
- Valor de AIC para LogNormal: 647.45
- Valor de AIC para LogLogistic: 658.37

El criterio para la elección sugiere aplicar el que tiene menor valor de AIC, que en este caso es el modelo LogNormal. Una vez aplicado el estimador, mediante el código generado en Python, se obtuvieron los siguientes resultados por asignatura (Ver Tabla 8). En la Figura 6 podemos observar las Curvas de Estimador de Kaplan-Meier de Tiempo de Regularización la Asignatura 01\_Cálculo I a las cuales se les agregó las correspondientes al ajuste de distribución del modelo LogNormal.

Figura 6 Curvas de Estimador de Kaplan-Meier – Ajuste distribución LogNormal de Tiempo de Regularización de Asignatura 02\_Física I

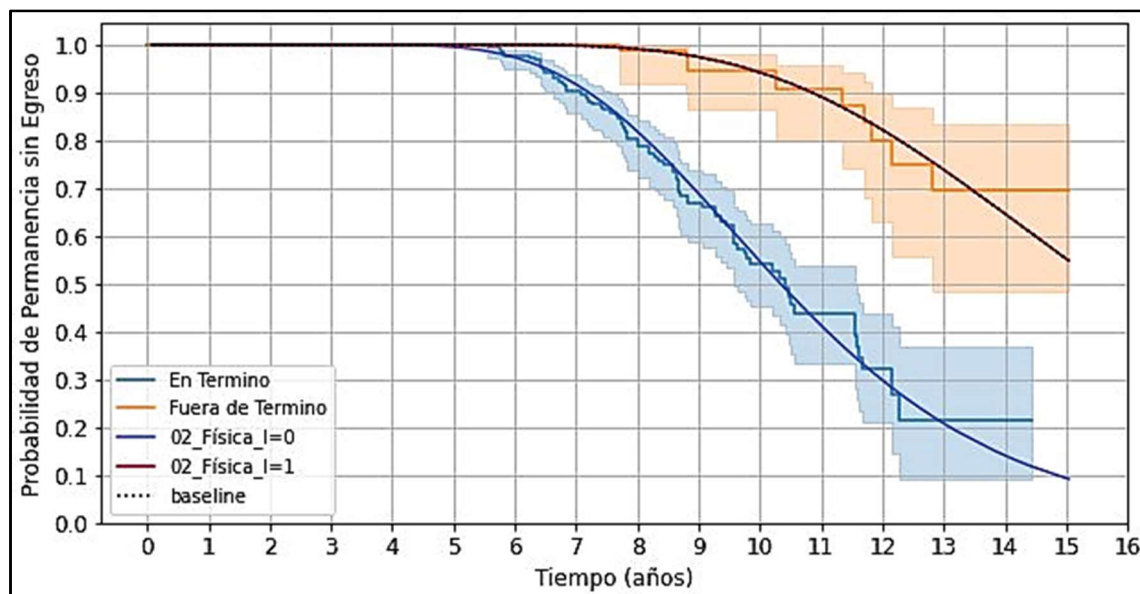


Tabla 8 Resultados aplicación Modelo (AFT) – Distribución LogNormal a Tiempo de Regularización de Asignatura – Duración de la Carrera

Covariante	Coef	exp(coef)	p	Media Supervivencia (años)	$\Delta T$ (años)
01 Cálculo I	0.305	1.357	0.000	15.1	4.0
02 Física I	0.409	1.506	0.000	15.6	5.2
03 Sistemas de Representación	-0.025	0.976	0.616	11.8	NC
04 Álgebra y Geometría Analítica	0.366	1.442	0.000	15.8	4.8
05 Cálculo II	0.331	1.392	0.000	14.9	4.2
06 Física II	0.391	1.478	0.000	14.5	4.7
07 Fundamentos de Química General	0.388	1.474	0.000	16.6	5.3
08 Informática	0.107	1.113	0.029	12.3	NC
09 Elementos de Álgebra Lineal	0.443	1.557	0.000	15.2	5.4
10 Cálculo III	0.427	1.532	0.000	14.6	5.1
11 Diseño Asistido	0.350	1.418	0.000	13.8	4.1
12 Mecánica Técnica	0.260	1.297	0.000	13.2	3.0
13 Física III	0.444	1.558	0.000	13.7	4.9
14 Probabilidad y Estadística	0.280	1.324	0.000	12.4	3.0
15 Cálculo IV	0.437	1.548	0.000	13.0	4.6
16 Geología Básica	0.116	1.123	0.013	12.4	NC
17 Estabilidad I	0.283	1.327	0.000	12.3	3.0
18 Mecánica de los Fluidos	0.486	1.627	0.000	13.0	5.0
19 Topografía y Geodesia	0.458	1.581	0.000	12.8	4.7
20 Estudio de Materiales I	0.394	1.483	0.000	12.7	4.1
21 Estabilidad II	0.365	1.441	0.000	12.7	3.9
22 Hidráulica Básica	0.420	1.523	0.000	12.5	4.3
23 Mecánica de los Suelos	0.451	1.570	0.000	12.4	4.5
24 Estudio de Materiales II	0.431	1.539	0.000	12.4	4.3
25 Estabilidad III	0.458	1.581	0.000	12.8	4.7
26 Estabilidad IV	0.508	1.662	0.000	12.4	4.9
27 Hormigón I	0.486	1.625	0.000	12.4	4.8
28 Hidrología	0.463	1.588	0.000	12.3	4.6
29 Diseño Geométrico Vial	0.522	1.686	0.000	12.2	4.9
30 Hidráulica Aplicada I	0.475	1.608	0.000	12.5	4.7
31 Obras Básicas Viales	0.532	1.702	0.000	12.2	5.0
32 Hormigón II	0.513	1.671	0.000	12.2	4.9
33 Cimentaciones	0.518	1.678	0.000	12.3	5.0
34 Hidráulica Aplicada II	0.544	1.722	0.000	12.2	5.1
35 Construcciones Sismorresistentes	0.572	1.771	0.000	12.0	5.2

Covariante	Coef	exp(coef)	p	Media Supervivencia (años)	$\Delta T$ (años)
36 Estructuras Metálicas y de Madera	0.519	1.680	0.000	12.2	4.9
37 Diseño y Construcción de Pavimentos	0.609	1.839	0.000	12.0	5.5
38 Arquitectura y Urbanismo	0.570	1.768	0.000	12.0	5.2
39 Organización y Conducción de Obras	0.601	1.825	0.000	12.0	5.4
40 Derecho y Ciencias Sociales	0.577	1.781	0.000	12.0	5.3
41 Instalaciones Complementarias de Edificios	0.572	1.772	0.000	12.0	5.2
42 Economía y Evaluación de Proyectos	0.588	1.800	0.000	12.0	5.3

#### Referencias:

NC: No Calculado. En estos casos, el valor de p es  $p > 0.005$ , por lo cual se desestima la Covariante. Por esta misma razón no se puede determinar el incremento de tiempo que ocurre entre las dos situaciones analizadas.

Finalmente, se analizó la incidencia que tiene el tiempo en el cual los alumnos aprueban el examen final en la asignatura. En primera instancia, se determinó cual es el modelo que mejor se ajusta a los datos. Para ello se aplicó el Criterio de Información de Akaike (AIC). Se analizaron cuatro modelos de regresión. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Valor de AIC para Weibull: 670.42
- Valor de AIC para Exponential: 918.85
- Valor de AIC para LogNormal: 647.45
- Valor de AIC para LogLogistic: 658.37

El criterio para la elección sugiere aplicar el que tiene menor valor de AIC, que en este caso es el modelo LogNormal. Una vez aplicado el estimador, mediante el código generado en Python, se obtuvieron los siguientes resultados por asignatura (Ver Tabla 9).

En Tabla 10 se muestran las diferencias en el incremento de tiempo entre Regularizado y Aprobación de Asignatura. Modelo (AFT) – Distribución LogNormal.

Tabla 9 Resultados aplicación Modelo (AFT) – Distribución LogNormal a Tiempo de Aprobación de Asignatura – Duración de la Carrera

Covariante	Coef	exp(coef)	p	Media Supervivencia (años)	$\Delta T$ (años)
01_Cálculo_I	0.333	1.396	0.000	14.0	4.0

Covariante	Coef	exp(coef)	p	Media Supervivencia (años)	$\Delta T$ (años)
02 Física I	0.328	1.388	0.000	13.1	3.7
03 Sistemas de Representación	0.283	1.327	0.000	13.7	3.4
04 Álgebra y Geometría Analítica	0.366	1.442	0.000	13.0	4.0
05 Cálculo II	0.431	1.539	0.000	12.0	4.2
06 Física II	0.479	1.615	0.000	12.0	4.6
07 Fundamentos de Química General	-0.126	0.882	0.299	11.9	NC
08 Informática	0.431	1.539	0.010	12.0	4.2
09 Elementos de Álgebra Lineal	0.409	1.506	0.030	12.0	4.0
10 Cálculo III	0.482	1.619	0.000	12.2	4.7
11 Diseño Asistido	0.403	1.496	0.000	13.1	4.3
12 Mecánica Técnica	0.451	1.570	0.000	13.8	5.0
13 Física III	0.579	1.783	0.000	12.1	5.3
14 Probabilidad y Estadística	0.474	1.606	0.000	12.0	4.5
15 Cálculo IV	0.503	1.654	0.000	12.0	4.8
16 Geología Básica	0.123	1.131	0.307	12.0	NC
17 Estabilidad I	0.512	1.669	0.125	12.0	NC
18 Mecánica de los Fluidos	0.592	1.808	0.000	12.0	5.4
19 Topografía y Geodesia	0.529	1.698	0.000	12.2	5.0
20 Estudio de Materiales I	0.454	1.575	0.000	12.4	4.5
21 Estabilidad II	0.459	1.582	0.000	12.4	4.6
22 Hidráulica Básica	0.634	1.885	0.000	12.0	5.6
23 Mecánica de los Suelos	0.649	1.914	0.000	12.0	5.7
24 Estudio de Materiales II	1.694	5.441	1.000	11.9	NC
25 Estabilidad III	1.694	5.441	1.000	11.9	NC
26 Estabilidad IV	0.556	1.743	0.000	12.1	5.2
27 Hormigón I	0.577	1.781	0.000	12.0	5.3
28 Hidrología	0.543	1.721	0.000	12.0	5.0
29 Diseño Geométrico Vial	0.694	2.001	0.000	11.9	6.0
30 Hidráulica Aplicada I	0.311	1.365	0.166	11.9	3.2
31 Obras Básicas Viales	1.694	5.441	1.000	11.9	NC
32 Hormigón II	1.694	5.441	1.000	11.9	NC
33 Cimentaciones	1.694	5.441	1.000	11.9	NC
34 Hidráulica Aplicada II	0.588	1.800	0.000	12.1	5.4
35 Construcciones Sismorresistentes	1.694	5.441	1.000	11.9	NC
36 Estructuras Metálicas y de Madera	0.743	2.103	0.001	11.9	6.3
37 Diseño y Construcción de Pavimentos	-0.601	0.548	0.914	11.9	NC
38 Arquitectura y Urbanismo	0.624	1.867	0.000	12.0	5.6
39 Organización y Conducción de Obras	1.694	5.441	1.000	11.9	NC
40 Derecho y Ciencias Sociales	0.620	1.858	0.062	12.0	5.5
41 Instalaciones Complementarias de Edificios	1.694	5.441	1.000	11.9	NC
42 Economía y Evaluación de Proyectos	1.694	5.441	1.000	11.9	NC
43 Práctica Profesional Supervisada	0.727	2.069	0.000	11.9	6.1
44 Proyecto Final	0.727	2.069	0.000	11.9	6.1

## Referencias:

NC: No Calculado. En estos casos, el valor de p es  $p > 0.005$ , por lo cual se desestima la Covariante. Por esta misma razón no se puede determinar el incremento de tiempo que ocurre entre las dos situaciones analizadas.

Tabla 10 Diferencias de Tiempo Medio de Regularización-Aprobación de Asignatura para Modelo (AFT) – Distribución LogNormal – Duración de la Carrera

Asignatura	Diferencias Tiempo En Termino	Diferencias Tiempo Fuera de Termino
01 Cálculo I	1.10	1.10

Asignatura	Diferencias Tiempo En Termino	Diferencias Tiempo Fuera de Termino
02 Física I	0.87	2.42
03 Sistemas de Representación		
04 Álgebra y Geometría Analítica	1.90	2.75
05 Cálculo II	2.90	2.89
06 Física II	2.40	2.54
07 Fundamentos de Química General		
08 Informática		
09 Elementos de Álgebra Lineal		
10 Cálculo III	1.98	2.38
11 Diseño Asistido	0.95	0.67
12 Mecánica Técnica	1.37	-0.62
13 Física III	2.03	1.64
14 Probabilidad y Estadística	1.86	0.34
15 Cálculo IV	1.11	0.94
16 Geología Básica		
17 Estabilidad I		
18 Mecánica de los Fluidos	1.34	0.99
19 Topografía y Geodesia	0.91	0.60
20 Estudio de Materiales I	0.70	0.31
21 Estabilidad II	0.94	0.25
22 Hidráulica Básica	1.84	0.50
23 Mecánica de los Suelos	1.66	0.45
24 Estudio de Materiales II		
25 Estabilidad III		
26 Estabilidad IV	0.52	0.30
27 Hormigón I	0.92	0.44
28 Hidrología	0.75	0.27
29 Diseño Geométrico Vial	1.26	0.24
30 Hidráulica Aplicada I		
31 Obras Básicas Viales		
32 Hormigón II		
33 Cimentaciones		
34 Hidráulica Aplicada II	0.36	0.10
35 Construcciones Sismorresistentes		
36 Estructuras Metálicas y de Madera	1.61	0.30
37 Diseño y Construcción de Pavimentos		
38 Arquitectura y Urbanismo	0.37	0.02
39 Organización y Conducción de Obras		
40 Derecho y Ciencias Sociales	0.31	0.05
41 Instalaciones Complementarias de Edificios		
42 Economía y Evaluación de Proyectos		
43 Práctica Profesional Supervisada	0.00	
44 Proyecto Final	0.00	

Referencia: Los lugares en blanco corresponden con asignaturas en las cuales no se ha calculado alguno de los dos tiempos medios, ya sea para la regularización de la asignatura como para la aprobación del examen final.

## 5. Discusión

Se aplicaron dos métodos de análisis de supervivencia al estudio de la duración de la carrera. En relación a la metodología de análisis aplicada, el método de Kaplan-Meier entrega como resultado que el tiempo medio de duración de la carrera de un alumno, el cual es de 12,15 años. Esto quiere decir que a los 12 años existe un 50 % de probabilidad de que un alumno haya alcanzado la finalización de sus estudios. En esta evaluación no

se han tenido en cuenta aun las variables que tienen que ver con las asignaturas y el desempeño de los alumnos.

Asimismo, podemos ver que existe una diferencia entre el tiempo de duración de la carrera entre varones (12,14 años) y mujeres (10,56 años). Cuando se analiza la localidad de origen del alumno, existe una marcada diferencia entre los que provienen del Gran San Miguel de Tucumán de aquellos que no lo son. Del total de 92 alumnos analizados, sólo dos no pertenecen a este conglomerado urbano, por lo que las estimaciones arrojan tiempos superiores a los 15 años, fundamentalmente por la escasez de datos. Una situación similar ocurre cuando se analiza la provincia de procedencia. Esto nos está indicando que el lugar de origen juega un papel muy importante a la hora de terminar la carrera y de la duración de la misma.

Cuando se analizan las asignaturas y su influencia en la duración de la carrera, se ha detectado que existe una gran diferencia entre regularizar la asignatura en “termino”, lo que quiere decir en el momento que se corresponde con su cursado, si se la compara cuando la regularización se hace “fuera de término”, es decir en un tiempo posterior. En la mayoría de las asignaturas el tiempo se cursado de la carrera se incrementa en una media de 5 años, considerando la influencia de cada asignatura aisladamente

Cuando se analiza el tiempo de aprobación de las asignaturas, podemos ver que aprobar la asignatura en termino tiene un efecto siempre positivo en relación a la reducción de la duración de la carrera antes que la regularización en tiempo. Este efecto es notorio sobre todo para las asignaturas de los primeros años. Es decir que aprobar la asignatura en termino reduce el tiempo de cursado de la carrera si la comparamos con regularizar la asignatura en tiempo, sobre todo para las asignaturas de los primeros años. Esto puede tomarse como un indicador de que los procesos de regularización que implican la posibilidad de realizar los exámenes finales en un tiempo posterior al que corresponde al cursado propio de la asignatura son un factor de alargamiento en el cursado de la carrera. La aplicación del método AFT confirma los resultados obtenidos con el modelo de Kaplan Meier en este sentido.

## **6. Conclusiones**

Claramente no se cumple el objetivo de que los alumnos puedan completar la carrera en el tiempo estipulado en el plan de estudios vigente. El tiempo de 50 % de probabilidad de duración de la carrera determinado con la técnica de análisis de supervivencia arroja un valor de 12,15 años.

La estructura del plan y la reglamentación del mismo en relación a la existencia de Exámenes Finales de cada asignatura, los cuales el alumno realiza generalmente hasta dos años después de cursar la misma atentan seriamente contra la duración de la carrera

y constituye un factor de alargamiento de la misma.

Panaia y Delfino (2019) proponen cuatro indicadores analíticos que participan en el proceso de desgranamiento y abandono. Dos de ellos tienen que ver con una “racionalidad institucional”, entendida como preocupación política en relación a las prácticas pedagógicas y de acompañamiento de los estudiantes al título.

Entendemos que, en la situación analizada, una parte importante de la solución a los problemas detectados debería surgir de los propios docentes.

En relación con ello, siguiendo a Lai y Peng (2020) consideramos oportuno desarrollar un conjunto de acciones orientadas a alcanzar una educación para el desarrollo sostenible, de acuerdo a lo propuesto por las Naciones Unidas en 2015.

- Capacitar a los docentes en los nuevos paradigmas de enseñanza-aprendizaje y fundamentalmente en técnicas de evaluación.
- Establecer una comunidad de aprendizaje entre el cuerpo docente para aumentar la profesionalidad de estos y mejorar la enseñanza a través de la cooperación.
- Crear instancias que permitan a los docentes observar o aprender de profesores excelentes, centrándose en cómo enseñan y motivan a los estudiantes.
- Promover la incorporación de la ética del trabajo en los cursos para que los estudiantes sean conscientes de que deben observar las reglas, los reglamentos y la ética en el lugar de trabajo y construir un mundo de desarrollo sostenible pacífico, justo e inclusivo.

“La institución tiene un rol fundamental en la salida sin diploma de la universidad y también en el acceso a una mejor inserción en el mercado del trabajo” (Panaia y Delfino, 2019), es por ello que creemos debe tener un rol más activo en la detección de aquellos alumnos que muestren indicios de abandono desarrollando para ello las estrategias apropiadas.

## Referencias

Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>

Davidson-Pilon, C. (2022). *Lifelines, survival analysis in Python* (v0.27.0) [Computer software]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6359609>

Denzin, N. K., y Lincoln, S. Y. (2013). *Manual de Investigación Cualitativa: Las 25 Estrategias de Investigación Cualitativa* (G. S.A., Ed.; Primera Ed).

González Fiegehen, L. E. (2007). Repitencia y deserción universitaria en América Latina. En *Informe sobre la Educación Superior en America Latina y el Caribe 200-2005. La Metamorfosis de la educación superior*. (pp. 156-170). IESALC.

Johnson, N. L., Kotz, S., & Balakrishnan, N. (1995). *Continuous Univariate Distributions: Vol. Volumen 2* (Edición 2).

Kaplan, E. L., y Meier, P. (1958). Nonparametric Estimation from Incomplete Observations. *Journal of the American Statistical Association*, 53(282), 457-481. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/2281868>

Lai, Y.-C., y Peng, L.-H. (2020). Effective Teaching and Activities of Excellent Teachers for the Sustainable Development of Higher Design Education. *Sustainability*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/su12010028>

Panaia, M., y Delfino, A. (2019). *El estallido del tiempo. De la formación al trabajo y el empleo* (1º ed). Miño y Davila.

Pike, M. C. (1966). A method of analysis of a certain class of experiments in carcinogenesis. *Biometrics*, 22(1), 142-161.

Saikia, R., y Barman, M. P. (2017). A Review on Accelerated Failure Time Models. *International Journal of Statistics and Systems*, Volume 12(Number 2), 311-322.

Simons, H. (2011). *El estudio de caso: Teoría y práctica* (Morata, Ed.).

Van Rossum, G., y Drake Jr, F. L. (1995). *Python tutorial*. Centrum voor Wiskunde en Informatica Amsterdam, The Netherlands.

## **CONFLICTOS DE INTERESES**

El autor declara que no tienen intereses financieros en competencia ni relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el manuscrito que se presenta en este artículo.

## DECLARACIÓN DE APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN.



Universidad Nacional de Tucumán



2020 - AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO

San Miguel de Tucumán, 12 de noviembre de 2020.

Ref. Expte. Nº: 60.183/2020

—VISTO: la presentación efectuada por el Prof. Ing. Hugo Roger Paz, Profesor Asociado de la cátedra Hidráulica Básica, por la cual solicita autorización para desarrollar su tesis en el ámbito del Departamento de Construcciones y Obras Civiles de la FACET; y CONSIDERANDO: Que el Prof. Roger Paz, se encuentra cursando el Doctorado en Educación en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNT; Que para desarrollar su trabajo de tesis debe realizar encuestas anónimas a docentes y alumnos de la carrera, Ingeniería Civil, como así también solicitar datos estadísticos de los alumnos; Que el Ing. Domingo Sfer, Jefe del Departamento Construcciones y Obras Civiles, avala el presente pedido; Por ello; ESTE DECANATO, AUTORIZA al Prof. Ing. Hugo Roger Paz, Profesor Asociado de la cátedra Hidráulica Básica, a desarrollar su tesis en el ámbito del Departamento de Construcciones y Obras Civiles de la FACET.-----

Mb.

  
Dr. Ing. MIGUEL ANZEL CARRERA  
DECANO  
FAC. DE CS. EXACTAS Y TECNOLOGIA  
U.N.T.

## Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores declaran que una vez que un manuscrito es postado en el servidor SciELO Preprints, sólo puede ser retirado mediante solicitud a la Secretaría Editorial deSciELO Preprints, que publicará un aviso de retracción en su lugar.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.