

UN MODELO FISICO – MATEMATICO PARA EL ANALISIS DEL AUSENTISMO EN LA EDUCACION SUPERIOR

Julio Pozo Pérez
Instituto de Ciencias Básicas
Facultad de Ingeniería
Universidad Diego Portales
Avenida Ejercito 441. Santiago
e-mail: julio.pozo@mail.udp.cl

Rosa María Chorbadjian Rosales
Rengo 751, Ñuñoa, Santiago
e-mail: rm_chorbadjian@yahoo.com

Alejandra Pozo Chorbadjian
Rengo 751, Ñuñoa, Santiago
e-mail: alejandra_pozo@yahoo.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es entregar una base teórica a través de un formalismo matemático que permita realizar un análisis más acabado del ausentismo en las Universidades y las consecuencias que trae consigo tanto a la persona como a la institución.

La metodología de esta investigación se basa en la utilización del espacio (o plano) de fase que permite determinar punto a punto el comportamiento dinámico de un estudiante a través de la trayectoria u orbitas que realiza en este espacio, lográndose con esto describir e interpretar los factores de los cuales depende el ausentismo. Dentro de este contexto, al estudiante se le considera como un sistema dinámico y su comportamiento respecto al ausentismo se modela utilizando un oscilador armónico amortiguado, encontrándose que el factor de amortiguamiento es el que juega un rol fundamental.

La importancia, utilidad y aplicación del espacio de fase radica en que éste entrega información tanto de la función (posición) como de su derivada temporal.

PALABRAS CLAVES: Espacio de fase, ausentismo, oscilador armónico, factor de amortiguamiento.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se pretende estudiar el comportamiento del estudiante en la educación superior en relación con su asistencia a clases, para ello el modelo matemático más adecuado que puede dar cuenta de asistir o no, es el oscilador armónico amortiguado donde el factor de amortiguamiento α está relacionado con factores que permitan al estudiante modificar su actitud, si éste es positivo permanecerá en el sistema educativo y si es negativo generara un

ausentismo (no asistencia a clases) permanente y el estudiante saldrá del sistema en forma definitiva (deserción).

El ausentismo es un problema que está presente en la mayoría de los colegios y las universidades, además se sabe que los estudios relacionados con esta materia no han sido uno de los objetivos preferentes cuando se eligen los temas de investigación educativa.

En la actualidad el ausentismo se ha transformado en un problema que crece a pasos agigantados en organizaciones y empresas. Es en este contexto que el entorno educativo en su rol de entidad formadora debe analizar este tema en detalle y con ello desarrollar estrategias y herramientas que minimicen esta problemática. La mayoría de los estudios relacionados con el ausentismo, cuyas causas obedecen a múltiples factores, se centran en estudios empíricos sin contar con una base matemática.

Es por lo anteriormente expuesto que este trabajo pretende a través de un modelo matemático (oscilador armónico amortiguado) validar los estudios realizados en forma empírica por diversos autores a través de cuestionarios que reflejan el pensamiento del estudiante, profesor y análisis de la institución.

Cabe señalar que los factores tanto positivos como negativos asociados al amortiguamiento α que van a influir en el comportamiento del estudiante ya sea minimizando el ausentismo o aumentándolo son los siguientes:

Factores positivos (que hacen que el alumno vaya a clases): Gusto e interés por la carrera. Grado de compromiso y responsabilidad con sus estudio. Apoyo familiar. Grupos de estudios. Clases entretenidas. Profesores que motivan y realizan buenas clases. Clases obligatorias - controladas. Incentivo a la asistencia, participación y trabajos en clases.

Factores negativos (que hacen que el alumno falte a clases): Problemas familiares. Amistades problemáticas. Entorno de riesgo. Facilidad para conseguir las materias. Facilidad para aprobar el ramo. Lejanía con la casa de estudios. Adversidades climáticas. Contingencias estudiantiles. Tener otros intereses personales distintos a los estudios de su carrera. Tener otras obligaciones personales. Problemas económicos o de dinero. Dificultad para compatibilizar trabajo y estudio. Los estudiantes piensan que no es importante ir a clases y en algunos casos no es determinante para aprobar. Interés por aprobar y no aprender.

El ausentismo estudiantil o falta de asistencia a clase es un problema estructural en muchas Universidades según los autores (Lancaster y Strand, 2001; Rodríguez et al., 2003; Gump, 2006; Parra et al. 2008; Triadó Ivern et al. 2009; Jiménez Caballero y Rodríguez Díaz, 2010), que sobrepasa con creces los límites de las asignaturas individuales¹.

DESARROLLO

Algunos antecedentes del espacio de fase: Para lograr una mayor comprensión respecto del espacio de fase que es donde se pretende describir el comportamiento del sistema para el caso del ausentismo, es conveniente en una primera instancia señalar algunos aspectos fundamentales de este espacio.

¹ Sacristán-Díaz, M; et al. (s.f). "¿Por qué los alumnos no asisten a clase y no se presentan a los exámenes? Datos y reflexiones sobre absentismo y abandono universitarios", pp. 102.

En la dinámica clásica, el espacio de fase (plano de fase) o diagrama de fase (Devaney 1994), es una construcción matemática que permite representar el conjunto de posiciones x_j y velocidades \dot{x}_j de un sistema de partículas (Pozo 2004). En este espacio o plano, las ordenadas están representadas por las velocidades \dot{x}_j y las abscisas por las posiciones x_j tal como se muestra en la figura 1.

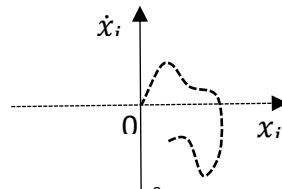


Figura N° 1

El valor de x_j y \dot{x}_j en cada instante queda representado por un punto (en el caso de la figura anterior un segmento) en el plano de fase que define completamente el estado del sistema. A medida que transcurre el tiempo, dicho punto va evolucionando y dibuja una curva en este espacio denominada curva de fase. El movimiento del punto a lo largo de esta curva se denomina flujo de fase, órbita o trayectoria, la cual puede ser cerrada o abierta (Pozo 2003) tal como se muestra en las figuras N° 2 y N° 3. Un punto relevante en este espacio es el que está en el origen (para el ausentismo es la sala de clases) que recibe el nombre de punto vórtice a menudo llamado centro o atractor y que se obtiene cuando $x_j = 0$ y $\dot{x}_j = 0$.

Aspectos cualitativos del comportamiento del sistema: Dentro del modelo Físico-Matemático propuesto un estudiante es considerado como un sistema dinámico, donde x_j representa la posición del estudiante en un tiempo determinado y \dot{x}_j su derivada temporal respectiva, entonces el control sobre la ubicación de donde se encuentra el estudiante está centrado en conocer ambos términos y con ellos construir las trayectorias u órbitas en el espacio o plano de fase (x_j, \dot{x}_j) asociado a su comportamiento.

En la figura N° 1 la curva segmentada representa una trayectoria arbitraria cualquiera, realizada por un estudiante, que muestra las distintas posiciones de él respecto del origen 0 que es donde se asume está ubicada la sala de clase y que sería el lugar del plano donde él debería permanecer el mayor tiempo posible.

Entonces todos los puntos más cercanos al origen 0 (primeras vecindades) entregan una probabilidad de presencia favorable de que el estudiante esté asistiendo a clase, los puntos más lejanos indican ausentismo (probabilidad que esté fuera de la sala de clases).

La consideración anterior respecto del comportamiento estacionario se puede modelar con trayectorias en el espacio de fase tal como se muestra en figura N° 2.

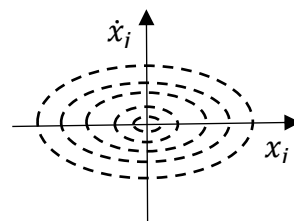


Figura N° 2

Estas trayectorias u órbitas estacionarias cerradas (conjunto de elipses), mantienen al estudiante en posiciones bien determinadas y sólo marcan tendencias de acercamiento o alejamiento de la sala de clase (origen) pero en ningún caso permiten ir pasando por las distintas órbitas ya sea acercándose o alejándose al origen.

Lo anterior trae como consecuencia que el modelo propuesto debe considerar órbitas abiertas y cerradas tal que permitan estando en alguna posición acercarse al origen o alejarse de él (ausentismo).

Para obtener trayectorias u órbitas abiertas y no estar siempre en una trayectoria cerrada estacionaria, se pueden asumir dos casos de interés que son relevantes.

Primero la tendencia al ausentismo (figura N° 3) el estudiante estando en la sala de clase (origen) empieza a incursionar describiendo una trayectoria abierta en el espacio de fase que cada vez se encuentra más lejano del lugar donde debería estar, del mismo modo si esta curva se recorre en sentido opuesto, se obtiene la tendencia a asistir a clase y converge a un atractor o vórtice (sala de clase).

Un **atractor** es un conjunto de valores numéricos hacia el cual un sistema dinámico tiende a evolucionar, en base a una amplia variedad de condiciones iniciales. Geométricamente, un atractor puede ser un punto, una curva, una variedad o incluso un conjunto complicado de estructura fractal conocido como atractor extraño (Devaney 1994 y Strogast 1994).

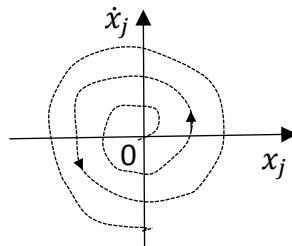


Figura N° 3

Aspectos cuantitativos del comportamiento del sistema (Modelo matemático): Este modelo matemático debe ser tal, que sea capaz de reproducir mediante ecuaciones algebraicas todos los casos de las trayectorias presentadas anteriormente.

Modelo para las curvas cerradas (Elipses): Entonces el objetivo es utilizar las ecuaciones adecuadas que permitan realizar la descripción del comportamiento del sistema en el espacio de fase para las órbitas en los estados estacionarios, curvas cerradas (elipses).

Dado que para las trayectorias estacionarias, en el espacio de fase existe cierta estructura periódica armónica, entonces la posición del estudiante en el tiempo estará dada por:

$$x_j = A_j \cos(\omega t + \alpha) \quad (1)$$

Derivando con respecto al tiempo se encuentra y ordenado la ecuación se tiene

$$\frac{\dot{x}_j}{\omega} = -A_j \sin(\omega t + \alpha) \quad (2)$$

Elevando al cuadrado cada una de las ecuaciones y luego sumando se encuentra:

$$x_j^2 + \left(\frac{\dot{x}_j}{\omega}\right)^2 = A_j^2 [\cos^2(\omega t + \alpha) + \sin^2(\omega t + \alpha)] \quad (3)$$

Utilizando la propiedad $[\cos^2(\omega t + \alpha) + \sin^2(\omega t + \alpha)] = 1$, la ecuación (3) se escribe como:

$$\left(\frac{\dot{x}_j}{\omega}\right)^2 + x_j^2 = A_j^2 \quad (4)$$

Es fácil darse cuenta que la ecuación (4) representa una familia de elipses (en un espacio de fase) dada por valores que asuma A_j , si éstos son pequeños entonces se obtiene elipses cercana al origen que representa asistencia o presencia, si los valores son grandes se obtienen aquellas que dan cuenta del ausentismo.

Cabe destacar que a través de la representación de la ecuación (4) en el espacio de fase, es posible reproducir matemáticamente el comportamiento cualitativo de la figura N° 3, donde cada trayectoria estacionaria corresponde a un determinado valor de la constante A_j (cuyo módulo puede representar una amplitud de presencia (valores pequeños) o ausencia (valores grandes) ver figura N° 4.

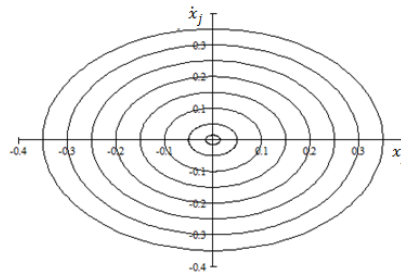


Figura N° 4

Ecuación diferencial del modelo matemático para las trayectorias estacionarias. Oscilaciones armónicas libres: A partir de la posición, ecuación (1), derivando dos veces con respecto al tiempo se encuentra:

$$\ddot{x}_j = -\omega^2 A_j \cos(\omega t + \alpha) \quad (5)$$

Dado que $x_j = A_j \cos(\omega t + \alpha)$, entonces la ecuación anterior también puede ser escrita en términos de la posición a través de

$$\ddot{x}_j = -\omega^2 x_j \quad (6)$$

Por otra lado, teniendo presente la segunda ley de Newton, ecuación diferencial de movimiento que describe el comportamiento dinámico de un sistema.

$$F_j = m \frac{d^2 x_j}{dt^2} \equiv m \ddot{x}_j \quad (7)$$

Sustituyendo (6) en (7) se encuentra que la ecuación de movimiento está dada por:

$$F_j = -m\omega^2 x_j \quad (8)$$

Teniendo presente que un sistema masa resorte (oscilador armónico simple) la ley de fuerza (Hooke) está dada por

$$F_j = -kx_j \quad (9)$$

Se encuentra que la ecuación diferencial de movimiento que describe al sistema puede ser descrito por un movimiento armónico simple, donde k representa la constante del resorte que al comparar las ecuaciones (8) y (9) se encuentra que está dada por:

$$k = m\omega^2 \quad (10)$$

De donde la frecuencia angular de las oscilaciones libres, en este caso se expresa como:

$$\omega = \sqrt{k/m} \quad (11)$$

Teniendo presente lo anterior, comparando (7) y (9), la ecuación diferencial para las oscilaciones libres, puede ser escrita en la forma siguiente:

$$\ddot{x}_j + \omega^2 x_j = 0 \quad (12)$$

Dado que el sistema está formado por un estudiante, en adelante y por simplicidad se considerará

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0$$

Modelo para las curvas abiertas (acercamiento o alejamiento del origen): **Oscilaciones armónicas amortiguadas**: El modelo matemático del oscilador armónico lineal o simple que describe al sistema en las trayectorias cerradas estacionaras, puede ser considerado sólo como base estructural del modelo. Para describir las curvas abiertas que representan el alejamiento o acercamiento del sistema al origen es necesario utilizar el caso de un oscilador armónico amortiguado donde la amplitud de las oscilaciones no es constante y depende del tiempo. Esto se logra al agregar al sistema (ecuación 9) una fuerza de amortiguamiento proporcional a la velocidad ($F_A = -b\dot{x}$) (Pozo 203), con esto la ecuación diferencial de movimiento toma la forma:

$$F = m\ddot{x} \equiv -kx - b\dot{x} \quad (13)$$

A partir de esta ecuación es posible expresar $\dot{x} = f(x)$ y al construir el espacio de fase correspondiente, se encuentra un comportamiento similar al de la figura N° 3.

Después de algún ordenamiento algebraico en (13), la ecuación diferencial que describe el comportamiento de las oscilaciones armónicas amortiguadas se expresa como:

$$\ddot{x} + 2\alpha\dot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad (14)$$

Donde: $b/m = 2\alpha$, $\omega_0^2 = k/m$ (corresponde a las frecuencias de las oscilaciones libres).

RESULTADOS

La solución de la ecuación diferencial para el movimiento amortiguado (Perko 1991 y Pozo 2005) está dada por:

$$x(t) = Ae^{-\alpha t} \cos(\omega_A t + \varphi) \quad (15)$$

Donde ω_A representa la frecuencia de las oscilaciones amortiguadas y se expresa como:

$$\omega_A = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} \quad (16)$$

En este caso la amplitud del sistema no es constante y depende del tiempo a través de:

$$A(t) = Ae^{-\alpha t} \quad (17)$$

Según la ecuación anterior la amplitud el estudiante parte desde una posición muy lejana del origen pero a medida que transcurre el tiempo se acerca en forma exponencial.

Dentro de este contexto, α corresponde al factor de amortiguamiento muy relevante para explicar tanto la tendencia del estudiante de acercarse a la sala de clase como de alejarse de esta misma (ausentismo). Los valores que puede tomar α provienen del análisis del discriminante de la ecuación (16).

Según la ecuación (15) muestra que la respuesta del sistema en el tiempo es una señal cosenoidal en una envolvente exponencial con una caída negativa de α (figura N° 5), es conveniente tener presente que el sistema se comporta amortiguado siempre que $\alpha > 0$ Si $\alpha = 0$ se obtiene oscilaciones armónicas libres ecuación (11) (Pozo 2004 y 2003). Para el caso en que $\alpha < 0$ el sistema se comporta de una manera inestable figuras 6.

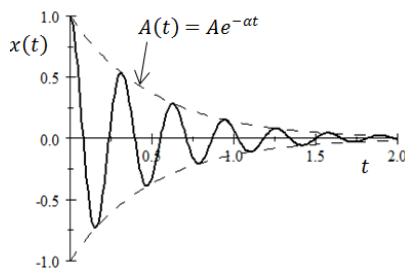


Figura N° 5 ($\alpha > 0$)

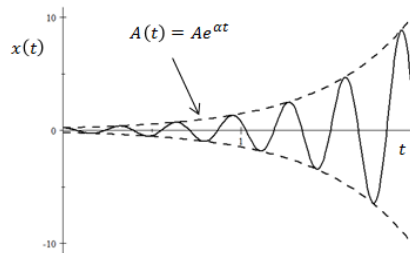


Figura N° 6 ($\alpha < 0$)

En la (figura N° 7) ($\alpha > 0$) se puede observar que la órbita en el espacio de fase es una espiral que disminuye su radio a medida que transcurre el tiempo al hacer tender al sistema a una estabilidad cuando $t \rightarrow \infty$ entonces $x \rightarrow 0$, para el plano de fase la dirección de la órbita siempre es en sentido horario y se reduce asintóticamente al punto $x = 0$ y $\dot{x} = 0$ que corresponde al origen (Vórtice), esto muestra la tendencia de que el estudiante se acerca a la sala de clases y permanece en esa posición.

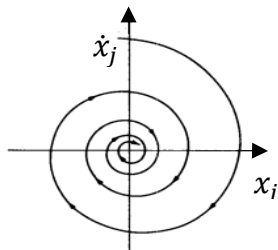


Figura N° 7 ($\alpha > 0$)

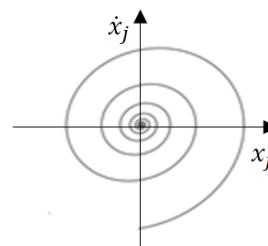


Figura N° 8 ($\alpha < 0$)

Como ya se mencionó cuando $\alpha < 0$ (figura N° 8) el oscilador describe una órbita asintóticamente inestable (órbita siempre es en sentido horario), de esta forma se observa que el sistema se aleja cada vez más del origen a medida que transcurre el tiempo mostrando la tendencia al ausentismo.

CONCLUSIONES

La mayoría de los estudios sobre ausentismo se basan en resultados experimentales, sin embargo, para validar lo obtenido al respecto por diferentes autores, se propone un modelo

físico-matemático (oscilador armónico amortiguado) el cual resulta ser el más adecuado para describir el comportamiento del sistema, ya que a través del factor de amortiguamiento α es posible conocer la evolución del estudiante ya sea que asista a clases o se ausente de ella, esto se puede observar en un plano de fase de Poincaré, en el cual el valor de las variables x y \dot{x} representan un punto en este espacio, a medida que transcurre el tiempo, el sistema evoluciona y describe trayectorias llamadas orbitas, en ella se ubica el estudiante y bajo ciertas condiciones ya sean estas positivas o negativas se determina si converge a un atractor (lugar de la sala) y con ello asistir a clases o alejarse de ella.

Este trabajo establece que existen una serie de factores de éxito y fracaso que condicionan la asistencia del alumno, es decir, que frente a ciertos estímulos positivos o negativos el alumno define su actitud y comportamiento en relación a sus estudios.

Para producir un cambio en el estudiante que se encuentra en $\alpha = 0$ se deben considerar los factores positivos $\alpha > 0$ con el objeto que evolucione hacia el origen, esto es que asista a clases, en el caso que $\alpha < 0$ el estudiante se aleja de la posición en que estaba y se ausentará en forma permanente, de este modo saldrá del sistema educativo con las consecuencias que esto implica en lo personal (frustración), en lo social (situación de riesgo) e institucional (deserción).

Con el objeto de minimizar el ausentismo se recomienda, tener en cuenta las siguientes sugerencias:

Académicas: Hacer de la educación una prioridad familiar y enfatizar sobre la importancia que la educación juega en la vida de cada uno de sus hijos. Ayudar a que ellos desarrollen buenos hábitos de estudio y de trabajo, así como, a que establezcan sus metas académicas.

Sociales: Las demostraciones de preocupación de los padres son necesarias para el desarrollo de sus hijos y estas hacen la diferencia en la vida de ellos, además deben asegurarse de que sus hijos se rodeen de personas con actitudes positivas.

Se les debe explicar a los estudiantes cómo el ausentismo afecta su vida futura en el hecho de obtener mejores empleos y la permanencia en los mismos, ya que el no asistir a clases en forma permanente trae como consecuencia que desertan del sistema educativo, quedando en desmedradas condiciones en comparación con los que se gradúan.

Personales: En grupos masivos se ha identificado un distanciamiento entre el docente y los estudiantes lo que reduce el contacto profesor-alumno y puede conllevar a mayor ausentismo por parte de ellos. Falta que el alumno identifique la relación que existe entre los conceptos y técnicas con la realidad profesional y con el mundo real en que viven.

Institucionales: Las instituciones universitarias deben mantener contacto permanente con el mercado laboral (empresarios), brindando la posibilidad a los estudiantes para realizar sus prácticas profesionales, enriqueciéndolos en experiencia y de paso haciendo que sientan la necesidad de asistir ininterrumpidamente a adquirir y compartir mayores conocimientos.

Es necesario establecer controles en las universidades a aquellos estudiantes que incurran en continuas ausencias injustificadas o las excusas no estén debidamente justificadas, de modo que puedan comprender las implicancias que ello conlleva y así minimizar el ausentismo.

Finalmente, cabe señalar que al considerar el factor de amortiguamiento α se puede conocer la evolución del estudiante y con ello generar las estrategias pertinentes con el objeto de poder minimizar el ausentismo.

REFERENCIAS

Álvarez, P. & López, D. (2011). "El absentismo en la enseñanza universitaria: un obstáculo para la participación y el trabajo autónomo del alumnado". Revista Bordón 63 (3), pp. 43-56, ISSN: 0210-5934 43.

Camargo, D. (2010). "Código de ética del estudiante universitario". Edición Electrónica Eumed. ISBN-13: 978-84-693-3772-1.

Devaney, R. (1994). Chaotic Dynamical Systems, Addison Wesley.

Perko, L. (1991). Differential Equations and Dynamical System, Springer Verlag.

Pozo, J; et al. (2003). Revista Electrónica Ciencia Abierta, vol. 22.

Pozo, J. & Makuc, J. (2003). Revista Electrónica Ciencia Abierta, vol. 22.

Pozo, J. (2004). "Utilidad del espacio de fase en el estudio de algunos sistemas dinámicos no lineales Actas", XVIII Congreso Chileno de Educación en Ingeniería.

Pozo, J. (2005). "Algunos tópicos y aplicaciones de Mecánica Racional". Revista Electrónica Ciencia Abierta.

Sacristán-Díaz, M; et al. (s.f). "¿Por qué los alumnos no asisten a clase y no se presentan a los exámenes? Datos y reflexiones sobre absentismo y abandono universitarios". Working Papers on Operations Management, vol. 3, Nº 2, pp.101-112, ISSN: 1989-9068.

Strogatz, S. (1994). Nonlinear Dynamics and Chaos, Addison Wesley.

Tejedor, F. & García-Valcárcel, A. (2007). "Causas del bajo rendimiento del estudiante universitario (en opinión de los profesores y alumnos). Propuestas de mejora en el marco del EEES". Revista de Educación, 342. Enero-Abril, pp. 443-473.

Triadó-Ivern, X; et al. (2009). "Aproximación empírica al análisis del absentismo de los estudiantes universitarios. Estudio del caso de la Facultad de Economía y Empresa (UB)". Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria, vol. 2, Nº 4, pp.182-192.