

# Revista Electrónica de investigación Educativa

Vol. 4, No. 2, 2002

## Aplicaciones de la cibernética en la detección temprana de problemas de enseñanza en el sistema educativo chileno

### Using Cybernetics for Early Detection of Instructional Problems in the Chilean Educational System

Martín Schaffernicht S. (\*)

[martin@pehuenche.otalca.cl](mailto:martin@pehuenche.otalca.cl)

Departamento de Informática de Gestión  
Facultad de Ciencias Empresariales  
Universidad de Talca

Patricio Madariaga A. (\*)

[pmadar@pehuenche.otalca.cl](mailto:pmadar@pehuenche.otalca.cl)

Dirección de Tecnologías para el Aprendizaje  
Universidad de Talca

\* Avenida Lircay s/n  
Talca, Chile

(Recibido: 29 de enero de 2002; aceptado para su publicación: 17 de septiembre de 2002)

#### Resumen

Postulamos que para evitar la pérdida de oportunidades de aprendizaje, es deseable y factible desarrollar un sistema de detección de problemas durante los procesos de enseñanza. Nos basamos en dos disciplinas. Desde la *cibernética*, tomamos la idea del sistema lógicamente autorreferencial que se ajusta autónomamente y es análogo al modelo del sistema viable de Beer. Desde las *teorías de aprendizaje*, presentamos un enfoque de aprendizaje-acción que distingue varios ciclos jerárquicos. Distinguimos dos horizontes de tiempo: uno, el de cursos que se concentran las mejoras entre dos versiones del mismo; el otro, se ocupa de mejorar los procesos durante la realización de un curso. A este nivel, diferenciamos entre el alumno, el grupo de alumnos y el docente como posibles fuentes de desequilibrios. El proceso general de tres ciclos propone indicadores para la detección temprana de problemas; además ha mostrado una capacidad de autoajuste y es sujeto de investigaciones ulteriores. La experiencia se ha

desarrollado en el contexto de la capacitación asociada a la Red ENLACES que la Universidad de Talca ofrece a docentes de escuelas y liceos municipales y particulares subvencionados en el uso de computadoras en la Región del Maule, Chile.

*Palabras clave:* Mejoramiento de la enseñanza, administración de calidad total, cibernética, sistemas de información para administración.

## **Abstract**

This paper is based on the premise that in order to avoid opportunity losses in education, it is desirable and possible to develop a early-warning system for detecting errors during such processes. Our proposal draws from two perspectives. From cybernetics we take the idea that a logically selfreferring system can autonomously transform itself, shaping what Beer named a "viable system". From learning theories we incorporate an action-learning stance with multi-levelled cycles. Our system distinguishes two different time-horizons: a long cycle manages changes made to courses, and a shorter one manages intra-course corrective actions. At the intra-course level, we pay attention to three levels of possible dysbalances: the learner, the group of learners and the instructor. We shape a triple cycle for each of the levels and propose a set of indicators for early warning. This system has shown a capability to self-adjustment and is under further investigation. This paper is based on field work in the ENLACES Project in Chile; in this framework, the University of Talca trains basic and secondary school teachers of the Maule region in the use of computers.

*Key words:* Instructional improvement, total quality management, cybernetics, management information systems.

## **Introducción**

Cuando una institución educativa genera cursos, ¿definen éstos el marco en el que se organiza la prestación del servicio que, se espera tendrá efectos de aprendizaje para los usuarios? De hecho, se establece una división en dos tiempos: por una parte, se establece el diseño del curso, el cual influye en su realización; por otra, está su realización con un determinado conjunto de usuarios, lo que puede influir en la próxima etapa de diseño. Así, surgen dos escenarios: la realización puede evidenciar problemas ajenos al diseño o el diseño mismo puede presentar deficiencias. No superar el primer tipo de problemas conduce a perder oportunidades de aprendizaje; no atender el segundo tipo de problemas equivale a repetir, a futuro, una pérdida de oportunidades.

Para poder superar un problema, primero hay que detectarlo. Parece obvio, y de hecho las industrias lo practican para asegurar la calidad; sin embargo, en el campo de la educación no es una práctica frecuente. Entonces, ¿cómo organizar un proceso de información que permita detectar problemas tempranamente, es decir, cuando aún hay tiempo para tomar acciones correctivas?

Este artículo presenta nuestra respuesta a esta pregunta central.

La propuesta es fruto de nuestra participación en el proyecto ENLACES, que forma parte de la actual Reforma Educacional del Ministerio de Educación en Chile. Ésta consiste en instalar en las escuelas y liceos del país laboratorios con computadoras conectadas a Internet y capacitar a los docentes. Los objetivos son la incorporación efectiva de la computadora e Internet a la práctica pedagógica y administrativa de los establecimientos para lograr una autonomía mínima de los docentes. El Ministerio ha formado una red de universidades que operan como “Centros Zonales” (CZ) en diversas regiones de Chile; éstos realizan subcontratos con otras universidades que actúan como “Unidades Ejecutoras” (UE) y éstas, a su vez, administran la capacitación con un cierto grado de libertad en cuanto a su gestión interna y la realización de los cursos.

El presente artículo presenta el enfoque de gestión de este proceso de formación elaborado en nuestra UE, de acuerdo con las investigaciones doctorales de uno de los autores (Schaffernicht, 2001) y la responsabilidad del otro en la dirección del citado proyecto.

Se presentan, en primera instancia, dos facetas del marco teórico.

- La *cibernética* es la ciencia de la conducción de los sistemas; sugiere considerar que los sistemas se autorregulan mediante ciclos cerrados de control apoyándose en el proceso de retroalimentación. Este tipo de corrección de errores es importante en nuestro trabajo.
- Los enfoques de *aprendizaje-acción* hacen énfasis en la importancia de la acción para aprender; de hecho, sólo la acción revela la validez de las ideas y alimenta la reflexión. Entendemos el mejoramiento de la calidad como un desafío de aprendizaje y, por lo tanto, nos posicionamos en este campo.

Posteriormente se detalla el enfoque que diseñamos. Dado que se basa en varios cómputos, explicamos cómo calculamos con valores cualitativos. Se definen los ciclos de gestión y los ámbitos de aplicación en el proceso instructivo. Finalmente se presenta el diseño general del doble ciclo de corrección y aplicación.

## 1. Fundamento teórico

Nuestro trabajo es transdisciplinario y ecléctico: usamos conceptos y métodos de diversos dominios científicos; por lo tanto, el enfoque incluye aspectos de varias disciplinas. En esta sección, para argumentar nuestra propuesta, presentamos los que tomamos de cada una.

Los dos aspectos teóricos contemplados a continuación representan una visión general acerca de conceptos globales a considerar al momento de diseñar e implementar dichos diseños explícitos de información. Una cuestión trascendente a tal fin será, entonces, la cibernética en la gestión porque representa la forma cómo los sistemas avanzan a través de procesos de retroalimentación. Coherente

con lo anterior conectamos los procesos de aprendizaje en torno a la existencia de ciclos para optimar los procesos de gestión con base cibernética.

### 1.1. La cibernética en la gestión

El neologismo *cibernética* fue propuesto por Norbert Wiener (1958), para separar esta nueva disciplina de las anteriores enmarcadas en el paradigma reduccionista. Bajo este nombre, se investigan mecanismos de causalidad circular y de retroalimentación en los sistemas biológicos y sociales (von Foerster y von Glaserfeld, 1999). Se trata de *gobernar* sistemas porque éstos son unidades autónomas: aunque interactúen con su medio, realizan cambios y adaptaciones internas solamente en relación con elementos interiores. Por lo tanto, tales sistemas no pueden *predeterminarse* externamente; en cambio, sí puede influirse en su conducta.

Un sistema dispone de procesos cíclicos capaces de detectar ciertos desequilibrios internos y tomar acciones correctivas para restablecer su equilibrio. Se les llama “control” y requieren retroalimentación. Para cada aspecto distinguido por el sistema, se compara la situación actual con la posición meta; si hay una diferencia, significa que el proceso interno que conduce de un estímulo a una acción debe ser corregido. La corrección se hace en función de la diferencia observada.

El cuerpo humano se presta para un ejemplo sobre lo anterior: si un deportista corre, sus músculos producen calor. Como consecuencia, la temperatura de su cuerpo puede subir más allá de lo “normal”. Si esto sucede, se activa un proceso de corrección automática llamado “transpiración”, que reducirá la temperatura corporal hasta alcanzar nuevamente el equilibrio de aproximadamente 37° C.

La cibernética apuesta a que estos principios, que han funcionado tan bien en el desarrollo de la vida en nuestro planeta, también deben ser válidos para diseñar sistemas en otros dominios, específicamente en la gestión. Definimos “gestión” como la transformación de información en acción (Forrester, 1994), y viceversa.

Llamamos la atención del lector a la pregunta ¿quién o cómo se definen las dimensiones para comparar alguna meta con una observación, los niveles que se determinan como meta y la manera como el sistema actúa para corregir diferencias? Esto es un cuestionamiento importante para quienes diseñan sistemas; nuestra propuesta contiene una posible respuesta.

Beer (1981) propone la noción del “sistema viable”, en el cual se diseña la organización como una ecología de subsistemas en cinco niveles:

Tabla I. Niveles del modelo de sistema viable

Sistema	Definición	Nuestro caso
1	Subsistemas (viables) que interactúan con el medio.	Cada curso realizado por un capacitador nuestro.
2	Sistema de coordinación para evitar oscilaciones entre los sistemas 1.	Planificaciones diversas que evitan topones.
3	Sistema de dirección a corto plazo.	Coordinación de los cursos activos.
4	Dirección a largo plazo.	Mejoramiento de cursos (no considerado en este artículo).
5	Evitar oscilaciones entre sistemas 3 y 4.	Coordinación ejecutiva del sistema de capacitación (no considerado en este artículo).

Rescatamos de la cibernética las nociones de autonomía y de control (en sentido de “corrección del error”).

## 1.2. El aprendizaje-acción en doble ciclo

Definimos “aprendizaje” como un cambio de comportamiento (acción) que redunde en mejores resultados, según los criterios del sistema que habla del aprendizaje (Maturana, 1997). Esta definición es compatible con otras dos que, aparentemente, se contradicen (Weick, 1991):

- Aprendizaje es cuando frente a un mismo estímulo se observa una nueva conducta.
- Aprendizaje es una conducta exitosa frente a un estímulo nuevo.

En estas dos definiciones, se habla de conductas observables. Sin embargo, el comportamiento puede ser interno (no observable desde afuera): una idea, una comprensión o una mayor “certeza” respecto a una idea. Nuestra conceptualización abarca todos los casos de manera que el motor del aprendizaje es reconocer una diferencia entre lo que se quiere obtener y lo que se tiene; en este sentido, reconocemos la idea cibernética.

Así, la necesidad de aprendizaje es considerada bajo diferentes ópticas, a saber: Bateson (1990) postula diversos niveles (0: informarse; 1: cambiar la conducta; 2: aprender a cambiar la conducta); Bohm (1980) sostiene que cuando un curso de acción nos da resultados insatisfactorios, entonces, nuestra comprensión falla. Si intentamos solucionar el problema sin una corrección previa de nuestras ideas, sólo vamos a reproducir el problema en otra forma.

Argyris (1993) propone un ciclo simple de acción-control, como la adaptación de los valores internos dentro de un marco estable, y un doble ciclo como la revisión de este mismo marco, lo que satisfaría el nivel 2 de Bateson y la idea de Bohm. En Kolb (1984) se muestran más enfoques cíclicos, pero sin doble ciclo; Kolb mismo no sigue un enfoque con ciclos ordenados.

Nosotros nos apropiamos de la idea de considerar dos niveles de aprendizaje. Además, seguimos a Argyris cuando dice que las representaciones que los actores hacen de sus actividades no son por defecto adecuadas: hay que ponerlas en la práctica para ver si son válidas.

Para aprender de manera dirigida (enfocada), se requiere explicitar las reglas y respetar tales diseños; así el conocimiento expresado se confronta empíricamente y se obtiene claridad acerca de su validez.

### **1.3. Gestión de la calidad**

Por “calidad” entendemos el grado con el cual las cualidades percibidas de algo – producto o servicio– satisfacen las expectativas de los usuarios o destinatarios. Es obvio que pueden existir diferencias entre las cualidades esperadas y las percibidas.

Bajo esta premisa consideramos como “variable controlada” por el propio sistema el fenómeno conocido como “propiedad de Heisenberg” (Martínez, 1998), el cual consiste, en palabras de Oppenheimer, en que “toda intervención para tomar una medida o para estudiar lo que sucede en el mundo atómico, crea, no obstante todo el orden de este mundo, una situación nueva, única, no plenamente previsible” (Oppenheimer, 1954, p. 62). Entendemos que mientras existimos, ninguno de nuestros actos resulta exactamente igual en sus consecuencias que los otros actos posibles; así, no podemos escapar a la necesidad de elegir y nos encontramos *proyectados en el mundo* (Heidegger, 1993).

De este modo resulta plausible usar técnicas de aprendizaje organizacional para mejorar la calidad en la gestión.

## **2. Propuesta de un enfoque para el mejoramiento autónomo**

### **2.1. Acerca del cálculo con información cualitativa**

En todos los sistemas de enseñanza donde las calificaciones “muy bien”, “bien”, “satisfactorio” o similares se han transformado en números ordinales (1, 2, 3...), se empieza a calcular como si fueran números cardinales. Sin embargo, las distancias entre una calificación de 5 y una de 6, por ejemplo, no son necesariamente las mismas que entre una de 2 y una de 3. ¿Qué significa, entonces, que un alumno tenga 5.5 y otro 5.6?

En sentido inverso existe una tendencia a evaluar en términos cualitativos, es decir, no se realizan cálculos para reordenar nominalmente a los alumnos. Si bien esto evita hacer cálculos sin sentido, abre las puertas a evaluaciones inexactas.

En una lógica que busca la evaluación para promover correcciones (el mejoramiento por eliminación de la causa del error), se requiere información exacta, sobre todo si pensamos en una fórmula de evaluación-corrección que no deforme la información, pero sí permita varios grados de globalidad / detalle. Las siguientes consideraciones aclaran el cómo:

- Para cada competencia se puede decir, en un determinado momento, algo acerca del grado de dominio que muestra cada alumno; esto equivale a una calificación al nivel de micro-granularidad.
- En cada competencia, se puede especificar un umbral de dominio que cada alumno debe mostrar para poder decir “suficiente” (umbral mínimo de aprobación).
- Cada competencia forma parte de una agrupación más grande (tema, unidad o subsector). Cada agrupación cuenta, entonces, con un determinado número de miembros que presentan en cada momento un perfil de logro por persona.
- Para cada alumno se puede determinar, en cada momento, el porcentaje de competencias en las cuales ya obtuvo o superó el umbral de satisfacción por agrupación comprendiendo así su situación global; comparando una meta con ese porcentaje, podemos saber si un alumno presenta un problema o no.
- La comparación de dos imágenes consecutivas revela el aprendizaje como el cambio del dominio de competencias.

## **2.2. Dos dominios de gestión con temporalidad diferente**

Cuando se trata de enseñar un conjunto de competencias a diferentes conjuntos de alumnos en diferentes periodos de tiempo, entonces uno intenta enseñar de manera repetitiva: así, cada curso se puede entender como un experimento particular para enseñar a ese conjunto. Distinguimos en esto dos niveles de operación:

- Entre dos repeticiones de un curso, se presenta la oportunidad de aprender de lo sucedido y mejorar el curso.
- Durante el funcionamiento de un curso, hay que aprovechar toda información emergente para evitar o resolver problemas.

En el presente artículo nos concentramos en el segundo de estos ciclos.

### **2.2.1. El dominio de largo plazo: diseño de cursos**

En un *curso*, se propone un conjunto de *actividades*, desarrolladas en forma de un conjunto de *materiales*, para permitir a los alumnos lograr las *competencias*. Hay aquí ciertas libertades de elección y espacios de diseño, según el nivel del sistema educativo donde nos ubicamos:

Tabla II. Competencias de decisión en la organización de ENLACES

Objeto	Entidad responsable de la ejecución (UE)	Entidad superior (CZ)
Temas o unidades (conjuntos de competencias mínimas).	Obligatorios como conjunto; sólo se puede cambiar la secuencia o añadir algo.	Autonomía de diseño
Objetivos fundamentales	Obligatorios	Autonomía de diseño
Actividades	Autonomía de diseño	
Materiales	Autonomía de diseño	

Apreciamos que algunos elementos son diseñados al nivel superior, y el nivel "sistema 1" los debe aceptar tal cual; pongamos énfasis en que la calidad del diseño es responsabilidad de la entidad diseñadora: la UE no puede mejorar lo que el CZ debe diseñar. A su vez, el CZ no puede mejorar lo que diseña si no dispone de información adecuada proveniente de la UE, que responde por la calidad de sus actividades y materiales.

En consecuencia, se puede evaluar al final de una iteración del curso el éxito que tuvieron las actividades, materiales y competencias. Si se han especificado objetivos (umbrales de satisfacción), entonces se pueden comparar con el logro de aprendizaje de la población de alumnos, y se puede proceder a los cambios que aparecen como oportunos. Si una actividad se diseñó para que todos los alumnos aprendan 100% de las competencias referidas, pero el promedio de logro del alumnado es inferior al 100%, entonces sabemos que esta actividad debe ser mejorada.

### 2.2.2. El dominio de corto plazo: operación de cursos a tres niveles

Durante una iteración del curso, las actividades, materiales y competencias no pueden variar sino en casos de emergencia: esto equivale a reconocer que lo planificado sería peor que una improvisación y obliga por oficio a reformular los elementos en cuestión. Se busca mantener el curso de lo previsto en el plan y usar diferentes compilaciones de información para evaluar los elementos en función de la experiencia registrada:

- Cada alumno es responsable individualmente de su aprendizaje y de la conformidad con su evaluación.
- Los alumnos que aprenden juntos conforman un grupo.
- El docente es responsable del curso y el éxito de aprendizaje de sus grupos de alumnos.

Cada uno de estos niveles de control se encuentra en un nivel de granularidad: el docente tiene grupos, y cada grupo tiene alumnos. Por lo tanto, la unidad más chica de aseguramiento será el alumno, y la más grande el docente.



Nuestro proceso opera con un conjunto de indicadores definidos para cada uno de estos niveles. En esta base, se montan tres ciclos de tipo *double-loop* (Argyris, 1993), que expresan de manera más completa la incorporación de los conceptos cibernéticos, aprendizaje de doble ciclo y gestión de calidad, que a continuación se presentan.

## 2.3. Los ciclos de mejoramiento

### 2.3.1. El doble ciclo general de intervención y el auto-ajuste

El siguiente diagrama general presenta las etapas del ciclo (es el mismo diseño para los tres niveles que distinguimos):

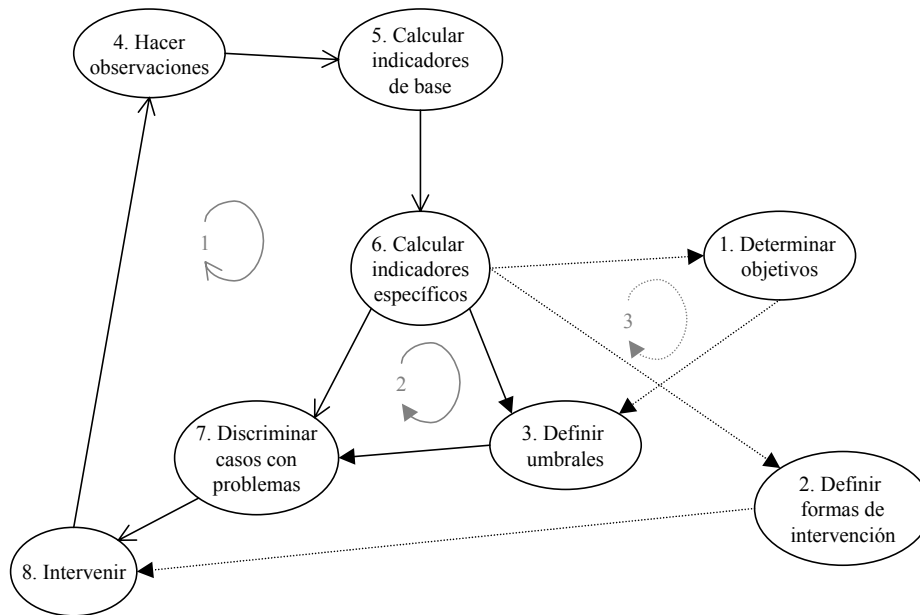


Figura 1. Esquema general del proceso de detección temprana

En este diagrama, los ovals representan las actividades que realizamos. Contestando la pregunta abierta en la sección acerca de la cibernética, reconocemos que nosotros definimos los objetivos que nos importan (actividad 1). Para cada objetivo definimos los niveles exigidos, los llamamos "umbrales" (actividad 3). En el punto 2 definimos qué hacer para corregir diferencias. Una vez definidos estos tres conceptos podemos usarlos para: hacer observaciones (actividad 4), calcular indicadores de base (actividad 5) y específicos por nivel (actividad 6), discriminar problemas (actividad 7) e intervenir (actividad 8).

Así se establecen tres ciclos: el ciclo 1 (señalado por las flechas de punta abierta) discrimina entre los individuos (alumnos, grupos, formadores) que tienen

problemas (su perfil no satisface los umbrales) y quienes no los tienen, y se asigna a cada problema una táctica de intervención, según las reglas definidas.

Según las experiencias de intervención y el cumplimiento de las expectativas, el segundo ciclo (flechas con punta sólida) procede a adaptar los umbrales de clasificación. Junto con el umbral se menciona el valor de ajuste. Si durante dos iteraciones, el problema al que apunta el umbral no se resuelve, entonces consideramos que el umbral no era lo suficientemente adecuado: si era mínimo, se sube; si era máximo, se baja, según el paso de ajuste fijado. Si durante dos iteraciones no hubo problema, entonces el umbral se relaja análogamente.

Finalmente, hay un tercer ciclo (flechas con líneas punteadas) que consiste en redefinir las dimensiones y las formas de intervenir. Este ciclo se activa cuando los otros dos ciclos, en conjunto, no logran obtener los resultados esperados. Por su naturaleza no lo podemos automatizar; por lo tanto, los dos primeros ciclos se implementaron en computadoras y el tercero queda como tarea humana.

En términos generales, la expectativa es que los posibles problemas se resuelvan en el periodo que pasa entre dos iteraciones del respectivo ciclo.

Revisemos ahora los aspectos particulares de cada uno de los niveles.

### 2.3.2. Los ciclos de operación de cursos a tres niveles

#### 2.3.2.1. El ciclo para los alumnos

La base de todos los cálculos son dos indicadores. Sean  $G$  los  $g$  grupos en capacitación y  $A$  los  $a$  alumnos; tenemos  $C$  competencias que pueden ser clasificadas de manera satisfactoria (+) o no (-), y  $S$  el número total de sesiones de trabajo, de las cuales  $s$  es la última realizada. Podemos definir:

- Indicador de dominio de competencias en el momento  $s$  (*correspondiente a la última de las  $S$  sesiones del curso hasta ahora realizada*):  $IDC_s = \frac{c(+)_s}{C}$  : número de competencias dominadas en relación con el número de competencias que los alumnos deben aprender.
- Indicador de avance (del grupo) en el tiempo en el momento  $s$ :  $IAT_s = \frac{s}{S}$  , número de sesiones realizadas en relación con el número total de sesiones.

Cada alumno debería lograr o superar el umbral de satisfacción de cada competencia, en el tiempo disponible. En general, tendremos la expectativa que entre dos momentos, suba el nivel de logro de cada alumno. También sería razonable creer que no habrá demasiada diferencia entre los alumnos de un mismo grupo. Finalmente, creemos que los problemas que pudieran aparecer en

uno u otro punto, se resuelven en un periodo aceptable (definimos un mes para todos los niveles).

Animados por estas ideas, podemos determinar los aspectos que nos interesan:

- Aspecto de progreso entre las sesiones  $s$  y  $s-1$  (la previa):  $APS_s = \frac{IDC_s}{IDC_{s-1}}$
- Aspecto de sincronización dominio-tiempo:  $ASDT_s = \frac{IDC_s}{APS_s}$ . Cubierto 100% de las sesiones, los alumnos deben dominar 100% de las competencias; la relación entre el IDC y el APS anticipa si la progresión es adecuada.
- Aspecto de cohesión con el grupo:  $ACG_s = \frac{IDC_{a,s}}{IDC_{g,s}}$ : la relación entre el IDC de un capacitado individual  $a$  con el promedio de los IDC de su grupo  $g$ , en el momento de la última sesión realizada  $s$ .

Para cada uno de estos aspectos, se define un umbral de satisfacción: si el aspecto lo satisface, estamos bien; si no es así, tenemos un problema en dicha área. Podemos definir:

- problema  $P_{a1}$ :  $\begin{cases} si APS_s \geq umbral_{APS} \rightarrow 0 \\ si APS_s < umbral_{APS} \rightarrow 1 \end{cases}$
- problema  $P_{a2}$ :  $\begin{cases} si ASDT_s \geq umbral_{ASDT} \rightarrow 0 \\ si ASDT_s < umbral_{ASDT} \rightarrow 1 \end{cases}$
- problema  $P_{a3}$ :  $\begin{cases} si ACG_s \geq umbral_{ACG} \rightarrow 0 \\ si ACG_s < umbral_{ACG} \rightarrow 1 \end{cases}$

Además distinguimos el aspecto de superación de problemas, que es la base para definir el:

- problema  $P_{a4}$ :  $\begin{cases} si : P_{a1s-1} + P_{a2s-1} + P_{a3s-1} = 0 \rightarrow 0 \\ si : P_{a1s-1} + P_{a2s-1} + P_{a3s-1} > 0 \rightarrow 1 \end{cases}$

Diremos que un alumno tiene un problema cuando  $P_{a1} + P_{a2} + P_{a3} + P_{a4} > 0$ .

### 2.3.2.2. El ciclo para los grupos de alumnos

Cada grupo de alumnos debería avanzar de manera medianamente homogénea: si hay demasiados individuos con problemas, diremos que el grupo tiene un problema. También comparamos cada grupo con los demás grupos del mismo

docente; si uno se atrasa demasiado respecto a los demás, hay un problema. Como en el caso de los alumnos, queremos evitar posibles problemas.

Los indicadores que construimos para este propósito son:

- Aspecto de homogeneidad del grupo:  $AHG = \frac{\sum_{i=1}^n i(\text{problema})}{\sum_{i=1}^n i}$ ,

donde  $n$  es el número de alumnos.

- Aspecto de cohesión con el meta-grupo:  $ACM = \frac{IDC_{s,g}}{\sum_{i=1}^m IDC_{s,i} / m}$ ,

donde  $m$  es el número de grupos  $g$  en  $G$ . IDC es la relación del grupo  $g$  con el promedio de los IDC de todos los grupos en  $G$ .

Para cada uno de estos aspectos, se define un umbral de satisfacción: si es adecuado, estamos bien; si no tenemos un problema en este aspecto. Podemos definir:

- problema  $P_g1$ :  $\begin{cases} si AHG_s \geq umbral_{AHG} \rightarrow 0 \\ si AHG_s < umbral_{AHG} \rightarrow 1 \end{cases}$
- problema  $P_g2$ :  $\begin{cases} si ACM_s \geq umbral_{ACM} \rightarrow 0 \\ si ACM_s < umbral_{ACM} \rightarrow 1 \end{cases}$

Adicionalmente distinguimos el aspecto de superación de problemas, que es la base para definir el:

- problema  $P_g3$ :  $\begin{cases} si : P_g1_{s-1} + P_g2_{s-1} = 0 \rightarrow 0 \\ si : P_g1_{s-1} + P_g2_{s-1} > 0 \rightarrow 1 \end{cases}$

Diremos que un grupo tiene un problema cuando  $P_g1 + P_g2 + P_g3 > 0$ .

### 2.3.2.3. El ciclo para los docentes

De manera muy similar a los grupos de alumnos, podemos distinguir varios aspectos relacionados con los docentes. Podemos fijarnos en la homogeneidad entre sus grupos: ¿cuántos del total de grupos tienen problemas? Y ¿cómo se ve el indicador de dominio de competencias en su grupo comparado con toda la

población de grupos? Como en los otros niveles, eventuales problemas no deben persistir.

Los indicadores que construimos para este propósito son:

- Aspecto de homogeneidad del meta-grupo:  $AHM = \frac{\sum_{i=1}^n i(\text{problema})}{\sum_{i=1}^n i}$ ,

donde  $n$  es el número de grupos.

- Aspecto de cohesión del meta-grupo con el universo:  $ACU = \frac{IDC_{s,g}}{\sum_{i=1}^m IDC_{s,i} / m}$ ,

donde  $m$  es el número de todos los meta-grupos.

Para cada uno de estos aspectos, se define un umbral de satisfacción: si es el adecuado estamos bien; si no tenemos un problema en este aspecto. Podemos definir:

- problema  $P_d1$ :  $\begin{cases} si AHM_s \geq umbral_{AHM} \rightarrow 0 \\ si AHM_s < umbral_{AHM} \rightarrow 1 \end{cases}$
- problema  $P_d2$ :  $\begin{cases} si ACU_s \geq umbral_{ACU} \rightarrow 0 \\ si ACU_s < umbral_{ACU} \rightarrow 1 \end{cases}$

Adicionalmente distinguimos el aspecto de superación de problemas, que es la base para definir el:

- problema  $P_d3$ :  $\begin{cases} si : Pd1_{s-1} + Pd2_{s-1} = 0 \rightarrow 0 \\ si : Pd1_{s-1} + Pd2_{s-1} > 0 \rightarrow 1 \end{cases}$

Diremos que un grupo tiene un problema cuando  $P_d1 + P_d2 + P_d3 > 0$ .

### 3. Primera experiencia

En el marco de la Unidad Ejecutora de ENLACES, de la Universidad de Talca (Chile), hemos adoptado el sistema descrito. El proceso se ha implementado en un sistema de información. Sólo de esta forma se puede procesar la cantidad de observaciones de base: para una población de 2,000 alumnos que deben aprender 100 competencias corresponden 200,000 registros de base. Superados los

desafíos de la implementación informática; hoy opera un sistema de páginas *web* para acceder a una base de datos que organiza toda la información.

La configuración de los umbrales se ajustó durante la primera fase de uso; a raíz de algunas iteraciones de clasificación automática evaluada por los coordinadores, se han asignado umbrales convenientes.

Desde el funcionamiento del sistema de información hemos observado cambios en dos dominios: los roles que cumplen los diversos actores en la organización del proyecto ENLACES y la configuración del proceso de detección de problemas.

Tabla III. Roles y cambios de roles

Actor	Rol tradicional	Cambio provocado por el sistema	Nuevo rol del actor
Alumno	Atender el curso; preocuparse por la nota final.	Ver la evaluación casi en tiempo real.	Aprender e informarse de su estado actual de competencias (que define la nota); coordinarse con el capacitador cuando hay dudas o diferencias.
Docente	Impartir la materia; calificar.	Necesidad de registrar observaciones para la implementación del curso; ver indicadores de problemas casi en tiempo real.	Capacitar, observar, registrar las observaciones y superar los problemas de atraso en el aprendizaje.
Coordinador pedagógico del proyecto	Inspecciones de sondeo; atender reclamos para darse cuenta de que algo no funciona bien.	Ver indicadores de problemas casi en tiempo real.	Supervisar los indicadores de problemas no resueltos e intervenir para ayudar al capacitador a superar los problemas.

Observamos que al usar el proceso diseñado, surge una forma de organización comparable con el "modelo del sistema viable" (Beer, 1981). Los indicadores son una base relativamente objetiva para la discusión entre los actores –alumnos con docentes, docentes con coordinadores– y las comunicaciones se hacen más productivas.

La tentación de interpretar el sistema como *Big Brother* es grande; sin embargo, en su definición actual, los roles y el uso de los indicadores con diferentes horizontes de tiempo guardan toda la autonomía posible al nivel de los alumnos.

La introducción de nuestro sistema ha tenido efectos sobre el mismo proceso: fue necesario cambiar los indicadores debido al descubrimiento de problemas antes no considerados. Por ejemplo, se ha incorporado un *indicador de puntualidad de las observaciones* para ayudar a los docentes a registrar puntualmente sus consideraciones. Aceptamos como puntual el conjunto de observaciones sobre un alumno con, por lo menos, una actualización a lo largo del mes pasado. Esto supone un porcentaje de registros actualizados *PRA*, que puede variar entre 0 y 1:

- problema P<sub>a</sub>3b: 
$$\begin{cases} \text{si } PRA = 1 \rightarrow 0 \\ \text{si } PRA < 1 \rightarrow 1 \end{cases}$$

También descubrimos la necesidad de incorporar la *nota hasta ahora* para los alumnos que tenían problemas para conectar mentalmente su perfil y sus indicadores con dicha calificación. La nota se determina por la relación entre los puntos que el alumno ha obtenido hasta ahora y los que puede obtener al terminar el curso.

Cabe destacar que los indicadores no ayudan a diagnosticar la causas de aparentes problemas, solamente señalan que algo no funciona: son como un fusible. El enfoque es abierto, es decir, en cualquier momento podemos entender que hace falta otro indicador y realizar pasos de aprendizaje de orden superior que nos permitan mejorar la manera cómo detectamos y corregimos los problemas.

Actualmente, conocemos y gestionamos cada caso individual, mejorando la calidad de nuestro servicio para los alumnos que realmente desean aprender. Cada agente participante en el proceso (alumnos, docentes, coordinadores, supervisores, etc.) tiene la posibilidad de conocer con un alto grado de especificidad las fortalezas y debilidades de las competencias adquiridas en el transcurso del proceso de enseñanza. Así, los aproximadamente 1,000 alumnos correspondientes al año 2001 tienen acceso a la información en detalle. El cálculo automático de la calificación que provee el sistema, no solamente da cuenta de un aspecto cuantitativo, sino también cualitativo, ya que puede ser comprobado por cualquier interesado. No obstante, no podemos afirmar que la diferencia entre las notas obtenidas antes de usar el sistema y las de ahora den cuenta de la diferencia entre los aprendizajes logrados antes y ahora. A pesar de una mayor exigencia actual, no pueden derivarse conclusiones de rendimiento; sin embargo, podemos afirmar que favorece un ambiente estimulante para la autonomía y la autorresponsabilidad de nuestros alumnos y docentes, y que nuestra certificación se apoya en un proceso objetivo, transparente y estable intersubjetivamente. Nuestro proceso nos conduce a reconocer y prever los problemas, lo cual es prerequisite para el mejoramiento.

Por lo aquí expuesto, tenemos un sistema imperfecto pero capaz de perfeccionarse para dar servicio a quienes quieren aprender. Nos sentimos plenamente identificados con la raíz indoeuropea de la palabra *aprender*, que significa *seguir una senda*.

#### 4. Conclusiones

Propusimos que un proceso de detección de posibles problemas con resolución proactiva tiende a mejorar la formación. Hemos mostrado el diseño general de este proceso: se trata de un sistema de reglas organizado en ciclos a varios niveles, que no sólo clasifica a los individuos sino que, también, explica cómo se

configuran estas reglas desde la propia experiencia. Este sistema se puede entender como un dispositivo cibernético y como un dispositivo de aprendizaje-acción.

A pesar de la corta experiencia empírica, sostenemos que este diseño es útil (su descripción va más allá del marco de este artículo) por las siguientes razones:

- hemos podido detectar y superar problemas en la conducta de los capacitadores;
- hemos identificado y superado debilidades del mismo sistema de indicadores;
- hemos obtenido un cambio de roles de los alumnos y los docentes;
- la transparencia del sistema de evaluación ha contribuido a disminuir la cantidad de reclamos por las calificaciones.

Sin embargo, tenemos que señalar que en la actualidad, somos los únicos usuarios de este enfoque cibernético; sospechamos que la baja adopción se relaciona con el esfuerzo requerido y la alta transparencia que genera.

Creemos que esta propuesta es aplicable en otros contextos de formación. Evidentemente, nuestra afirmación es sujeta a futuras investigaciones en estudios de caso. Nuestros esfuerzos se dirigen actualmente al ámbito universitario.

## Referencias

Argyris, C. (1993). *Knowledge for action: a guide to overcoming barriers to organizational change*. San Francisco: Jossey-Bass.

Bateson, G. (1990). *Vers une écologie de l'esprit*. Paris: Editions du Seuil.

Beer, S. (1981). *Brain of the firm* (2ª ed.). Chichester: John Wiley.

Bohm, D. (1980). *Wholeness and the implicate order*. Londres: Routledge.

Foerster, H. von y Glaserfeld, E. von. (1999). *Wie wir uns selbst erfinden*. Heidelberg: Carl Auer Systeme.

Forrester, J. W. (1994). Policies, decisions and information sources for modeling. En J. D. W. Morecroft y J. D. Sterman (Eds.), *Modeling for learning organizations* (pp.51-84). Portland, OR: Productivity Press.

Heidegger, M. (1993). *Sein und zeit* (17ª. ed). Tübingen: Max Niemeier.

Kolb, D. (1984). *Experiential learning*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.



Martínez, J. (1998). *La investigación cualitativa etnológica en educación*. México: Trillas.

Maturana, H. (1997). *La objetividad: un argumento para obligar*. Santiago de Chile: Dolmen.

Oppenheimer, R. (1954). *Science and the common understanding*. Nueva York: Simon and Schuster.

Schaffernicht, M. (2001, julio). A method for managing organizational learning, proceedings. Trabajo presentado en la *World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics*, Orlando, Florida.

Weick, K. (1991). The nontraditional quality of organizational learning. *Organization science*, 2 (1), 116-124.

Wiener, N. (1958). *Cibernética y sociedad*. Buenos Aires: Sudamericana (Trabajo original publicado en 1950).

**Para citar este artículo, le recomendamos el siguiente formato:**

Schaffernicht, M. y Madariaga, P. (2002). Aplicaciones de la cibernética en la detección temprana de problemas de enseñanza en el sistema educativo chileno. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4 (2). Consultado el día de mes de año en el World Wide Web:

<http://redie.ens.uabc.mx/vol4no2/contenido-schaffernicht.html>

**Please cite the source as:**

Schaffernicht, M. & Madariaga, P. (2002). Using cybernetics for early detection of instructional problems in the Chilean educational system. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4 (2). Retrieved month day, year from the World Wide Web:

<http://redie.ens.uabc.mx/vol4no2/contents-schaffernicht.html>