



Diseño de sistemas de redundancia en educación

Design of redundancy systems in education

¹ David Alejandro Torres-López

Recibido: 5 de julio de 2021
Aceptado: 2 de agosto de 2021

Resumen

Se realiza un análisis de la noción, concepto y sistema conceptual de *redundancia* en ingeniería para hacer una aplicación de este. A partir del concepto y su significante, se pretende crear una nueva perspectiva, esbozado en una cosmovisión de prácticas educativas generadas en la actualidad con una nueva definición que funcione como mediador entre el planteamiento de la práctica educativa y el diseño de sistemas de redundancia en educación. Se presenta un análisis como detonador de investigaciones descriptivas y exploratorias sobre el tema. [Versión en lengua de señas mexicana](#)

Palabras clave: redundancia, diseño de sistemas educativos, estadística en educación.

Abstract

An analysis of the notion, concept and conceptual system of redundancy in engineering is carried out to make an application of it. From the concept and its signifier, it is intended to generate a new vision of it, raised in a worldview of educational practices that are currently generated with a new definition that works as a mediator between the approach of educational practice and the design of redundancy systems in education. It is presented an analysis as detonating for descriptive and exploratory research on the subject.

Keywords: *redundancy, educational systems design, statistics in education.*

¹ Es egresado de la Benemérita Escuela Normal Veracruzana (BENV) "Enrique C. Rébsamen" y candidato a doctor en Psicología por la Universidad Veracruzana (UV). Además, participa como enlace académico del Área de Desarrollo Curricular para la Unidad de Estudios de Posgrado de la BENV. C. e.: mca.benv@gmail.com y tel.: 228 817 10 90.

Introducción

La ingeniería computacional y las ciencias de la educación se coordinan con más frecuencia en las prácticas educativas; por lo tanto, relacionar sus enfoques tiene radical importancia en la generación de teoría. Para la conjugación de disciplinas, es necesario crear relaciones mediante conceptos propios de cada una de ellas. El material utilizado para realizar esa interacción es el lenguaje, el cual transforma todo lo representable en conceptos que facilitan las operaciones mentales internas, rebasando las limitaciones de la percepción sensorial directa (Torres, 2011).

En ingeniería, el uso del término *redundancia* es ampliamente conocido; consiste en la aplicación de diferentes elementos de *software* o *hardware* hacia un mismo fin (por ello redundantes), para limitar las posibilidades de fallo o error en el logro de un objetivo, desde salvaguardar la integridad de una base de datos, hasta lograr que una misión espacial cumpla con la meta de llegar a Marte. En el diseño de sistemas educativos, la redundancia, entendida bajo el enfoque de la ingeniería computacional, no tiene precedentes. En una revisión básica en Wikipedia ("Redundancy", 2021), se encontró que el término es aplicado en contextos lingüísticos, arte, ingeniería, informática, gestión de calidad, biología, laboral (*redundant*, como sinónimo de despido en Reino Unido) y otras.

La exploración de las palabras clave de este artículo (redundancia, diseño de sistemas educativos, estadística en educación) en Springer, resultó en un contenido de disciplinas, como ciencia computacional, medicina, ingeniería y negocios. En una búsqueda específica en educación, se obtuvo información sobre el *efecto*

de redundancia, también conocido como *efecto de coherencia* (Mayer, 2001); además de estudios que se desprenden de ese efecto, considerando recientemente investigaciones sobre ambientes virtuales de aprendizaje (Liu, Lin, Wang, Yeh y Kalyuga, 2021) y, en años anteriores, el uso del video, imágenes, audio y texto de forma complementaria. Así, el efecto de redundancia se define de la siguiente manera:

El fenómeno en la instrucción donde el aprendizaje se ve interferido cuando se presenta información adicional a los alumnos en comparación con la presentación de menos información. Puede tomar una de dos formas. Primera, cuando se proporciona información idéntica en dos o más formas, como imágenes y palabras, o texto tanto en forma escrita como en audio. Si una de estas formas es redundante, eliminarla puede mejorar el aprendizaje. En segundo lugar, cuando se proporciona información adicional con el fin de mejorar o elaborar información, por ejemplo, un texto completo y un texto resumido. Si las elaboraciones en el texto completo son redundantes, entonces la eliminación de la información adicional puede resultar en un mejor aprendizaje (Jin, 2012, p. 1).

Este concepto de redundancia no debe confundirse con el que se abordará más adelante. La investigación que se desprende del *efecto de redundancia* (Jin, 2012), considera al concepto como la presentación de información idéntica en diferentes formatos; mientras, en este artículo se aborda conforme al enfoque de la ingeniería

computacional, por lo que no se limita a la presentación de información, sino a posibilidades de fomentar el aprendizaje desde diversas fuentes que pudieran ser indirectas (como preparar a los padres en los mismos contenidos que se están abordando en clase con sus hijos, brindar apoyos en la alimentación y todo aquello que pudiera generar un estado óptimo de un sistema).

En otros buscadores (Dialnet, SciELO, WorldWideScience y Google Académico) se obtuvieron resultados de investigaciones en ingeniería, laborales (por el término utilizado en Reino Unido), electrónica y lingüística. Cuando se alude al ámbito educativo, se considera con las acepciones mencionadas, refiriéndose al enriquecimiento con esquemas en la instrucción científica y sus diferencias al presentar un texto (Morrison, Watson y Morrison, 2015) y otros que, sin sugerirlo, apuntan a los preceptos del *efecto de redundancia* (Jin, 2012).

La búsqueda en ResearchGate de las palabras clave arrojó información sobre temas de aeronáutica, informática y aplicaciones en la industria automotriz. En ese buscador, un artículo sin publicar de Borge (2015), titulado "Rethinking the Design of Educational Systems" (Repensar el diseño de sistemas educativos), no menciona los sistemas de redundancia; sin embargo, brinda pautas importantes que coinciden con la motivación del presente artículo: los sistemas económicos, políticos, educativos y otros pueden implicar que se vean afectadas poblaciones en desventaja de diferente índole:

Los estudiantes cuyas cualidades naturales son acordes con lo que es valorado por el sis-

tema educativo tienen más probabilidades de tener un buen desempeño dentro del mismo, y aquellos estudiantes cuyas cualidades naturales son contrarias a lo que es valorado por el sistema educativo tienen mayores probabilidades de fallar (Borge, 2015, p. 4).

Así, los sistemas de redundancia propuestos en este artículo tienen el propósito de convertirse en un modelo que invite a generar una articulación de las fuentes motivadoras del aprendizaje para ámbitos de carácter crítico, sea por el costo del error o por la necesidad de una continua presencia de este, lo que permite eliminar o disminuir las barreras para el aprendizaje y la participación. Estudiantes en desventaja por su capacidad de acceso a la tecnología, al lenguaje en el que se imparten las clases, a la nutrición necesaria para mejorar su capacidad cognitiva, entre otras, podrán acceder gracias a un diseño redundante que tome en consideración sus necesidades.

La redundancia será el enfoque que determine, a partir de la sugerencia de expertos o mediante ecuaciones matemáticas de probabilidad, cuándo es necesario reforzar un proceso de aprendizaje a través de sistemas que confluyen en un mismo objetivo para asegurar el éxito. El término de redundancia permitirá la mejor comprensión del uso planificado de situaciones de aprendizaje que permitan acceder continua y eficientemente a una diversidad de usuarios para que participen de los mismos contenidos con equidad, ante su capacidad tecnológica, condición, lenguaje, cultura, saberes previos, etcétera.

Desarrollo

En ingeniería, la redundancia es un enfoque que mejora la confiabilidad y disponibilidad de un sistema (National Instruments, 2020). Los sistemas redundantes repiten datos o *hardwares* considerados de carácter crítico para asegurar la probabilidad de un funcionamiento adecuado bajo las condiciones estándar (fiabilidad), logrando el propósito para el que fue diseñado (eficiencia); regularmente, esto brinda la oportunidad de aumentar la seguridad y el uso continuado del servicio en caso de error.

Hay diferentes tipos de redundancia, vistos desde varias posibilidades en su aplicación. Los conceptos básicos (National Instruments, 2020) sobre el tema, refieren a la redundancia en espera (Standby Redundancy), redundancia modular N (N Modular Redundancy) y la redundancia 1:N (1:N Redundancy):

- **Redundancia en espera.** Este tipo de redundancia, también conocida como redundancia de respaldo, implica que una unidad secundaria es idéntica a la unidad principal para hacer las funciones de respaldo. Es un 'repuesto' en caso de error utilizando a un tercero, como perro guardián que debe monitorear el sistema para la toma de decisiones en las condiciones de cambio por la unidad de reserva.
- **Redundancia modular N.** También conocida como redundancia paralela, porque implica contar con dos o más unidades funcionando en paralelo de manera sincronizada con la misma información, donde un tercer 'votante' evalúa la salida para decidir qué valores deben utilizarse. Debido a que

la elección de cuál sistema es más confiable, simplemente se elige uno sin complicar el sistema de votación.

- **Redundancia 1:N.** Es la más económica, en la que se tiene una copia única de varios sistemas que puede funcionar en el lugar de cualquiera de los sistemas activos. Cuando todas las unidades primarias tienen propósitos similares, la reserva realiza la copia de seguridad de cualquiera de ellas para reponer la información en caso de error.

Utilizar redundancia aumenta costos de la ejecución y complejidad en la planificación, por lo que el abuso en su implementación podrá hacer inviable una propuesta tecnológica o, en su caso, académica. Una redundancia inviable en nuestro contexto sería la puesta en operación de un sistema de educación para sordos que cuente con los materiales educativos en lengua de señas mexicana (LSM): docentes usuarios nativos de esa lengua, docentes de apoyo con dominio de la lengua, intérpretes y capacitación en LSM a padres y docentes de grupo. Si bien este diseño resultaría fiable y eficiente, no sería sostenible económicamente para la mayoría de los usuarios (costos de ejecución); y su puesta en operación sería difícil debido a que los recursos mencionados son limitados en nuestro entorno (complejidad de planificación). Por ello, los diseños deben ser enfrentados al contexto, considerando todas las posibilidades, pero entendiendo que la propuesta pueda ser ejecutada con los recursos disponibles.

La toma de decisiones sobre qué situaciones se verían beneficiadas con sistemas de

redundancia puede ser arbitraria, pero calculada con fórmulas de confiabilidad, definidas como la probabilidad estadística de fallo en un entorno durante un tiempo de misión:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde:

$R(t)$ es la probabilidad de éxito.

t es el tiempo de la misión.

λ es la tasa de fallas constante en el tiempo.

$1/\lambda$ es el tiempo medio de falla (MTTF).

¿Cuál sería la probabilidad de éxito calculada en el programa Aprende en Casa (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2020), que se ha emitido durante más de un año, si se consideran sus fallas al incorporarse a la educación básica en un grupo determinado, conforme a criterios y evaluaciones que la misma autoridad genere sobre el proceso?, ¿y si se calcula en relación con grupos vulnerables o de niños y jóvenes con discapacidad? De ese cálculo se podría determinar si el programa requiere o no de elementos redundantes en su aplicación en población general durante el siguiente ciclo escolar. Para asegurar la continuidad del servicio de manera eficiente, el equipo docente deberá detectar los factores (accesibilidad al sistema, facilidad de navegación, pertinencia de los horarios, secuenciación de las experiencias educativas, entre otros) que están afectando para que, mediante un diagnóstico del programa Aprende en Casa (SEP, 2020) y su impacto en el aprendizaje de los estudiantes, se permita devolver al sistema a su estado operativo completo.

En sistemas o entornos educativos diseñados para población vulnerable y en contenidos

críticos en educación, es recomendable la redundancia en la actuación docente, libros de texto, clases por televisión, materiales interactivos y clases programadas por videoconferencia. Por ejemplo:

- Los elementos físicos y digitales aplicados en educación, como los libros y material didáctico, se coordinan para permitir que el proceso educativo se mantenga en funcionamiento para todo tipo de acceso. Esto incluiría el uso de sistemas alternativos y aumentativos de comunicación (pictogramas, lengua de señas, braille, entre otros), diferentes tipos de material didáctico, etcétera. El programa Aprende en Casa (SEP, 2020), concebido desde el enfoque de redundancia, formaría a docentes y padres de familia de manera paralela sobre contenidos críticos, acompañando con los libros de texto y otros materiales, con el propósito de convertirse en una propuesta integrada con otras posibilidades de formación.
- El respaldo de la información en diferentes medios y actores del proceso entre las distintas modalidades, donde docentes de educación regular, especial y educación física dominen los contenidos críticos y sean capaces de presentarlos. De la misma manera, se puede transferir datos a otros actores, como los padres de familia o estudiantes que fungan como tutores. En condiciones reales, quien escribe estas líneas ha laborado en escuelas con aplicación de macroáreas con el método de proyectos, donde todos los actores planifican de

manera conjunta y presentan los contenidos en diferentes formatos para todos los estudiantes sin dividir por grados. De esta manera, cuando el proyecto fue la televisión, ese contenido se revisó en cuentos, visitas a la televisora local, prácticas sociales de lenguaje, donde los pequeños hicieron un noticiero, etcétera. Otro ejercicio de ejemplo: un sistema de educación para adultos que actúe de forma paralela, como parte de su programa de trabajo, formando a padres de familia analfabetas junto a sus pequeños que estudian educación básica; esto permitirá la transferencia en el acompañamiento de los contenidos al hogar, en espacios donde de otra manera sería complicado.

- Contenidos considerados críticos en las escuelas normales, como la necesidad de formar más y mejores investigadores (Medrano, Ángeles y Morales, 2017), pueden estar acompañados de conferencias, videos, manuales, aplicaciones informáticas, asesorías externas, concursos, ferias de presentación de prototipos, etcétera.

Los sistemas redundantes se verán enriquecidos con mayores opciones conforme el avance de la ciencia lo permita. Si un alimento, fármaco, tipo de agrupamiento en el aula, formato de presentación de la información o cualquier otro elemento han demostrado mejoras en el aprendizaje, puede ser retomado en el diseño para asegurar el éxito. Esto no es nada nuevo, ya se realiza, pero se invita a hacerlo con una planificación bajo el enfoque que se presenta.

Conclusión

La investigación que se realice combinando únicamente diferentes portadores del mensaje deberán enmarcarse en *efecto de redundancia* (Jin, 2012). Aquellos estudios de investigación orientados al diseño o de revisión de la práctica educativa que pretendan fomentar el aprendizaje desde fuentes más amplias, entre las que se incluyan la participación de otros actores o la aplicación de otras disciplinas contemplando la mejora en la eficiencia y fiabilidad, deben ser considerados dentro del diseño de sistemas de redundancia en educación.

El presente artículo invita a la reflexión sobre la posibilidad de otros tipos de diseño con sistemas de redundancia. Los ejemplos propuestos son limitados, porque no se pretende ofrecer resuelto el enigma de todo lo que es posible crear con esta visión. Además, existen otros tipos de redundancia en ingeniería que podrían ser empleados, pero no se retoman en este documento; por ejemplo, las redundancias de poder, que son “respaldos de alimentación eléctrica que mantiene a los servidores y salas de datos en ejecución en caso de una falla en el suministro de luz, como baterías y generadores externos” (ENI Networks, 2018, párr. 6). En el ámbito educativo se podría considerar una redundancia motivacional que mantenga a todos los actores en funcionamiento óptimo y energía suficiente. Esto implicaría estar al tanto de la nutrición de los participantes, de su salud emocional y física, de un sueldo constante y digno para el profesorado, de la retroalimentación permanente a los usuarios (estudiantes/padres de familia), etcétera.

Son los docentes, en coordinación con sus autoridades, las personas responsables de supervisar la aplicación de la redundancia con sistemas de control que deben contar, de la misma manera, con diferentes vías de reporte para el usuario. La redundancia como respuesta a la diversidad permite visualizar la importancia de que los contenidos se encuentren disponibles en diferentes opciones y acompañados de catalizadores del aprendizaje, para que el usuario acceda a los mismos por su preferencia y no por el diseño de enseñanza facilitado a la institución o docente.

En sistemas tecnológicos con costos de error altos, como en el ámbito aeroespacial, la redundancia se aplica a niveles máximos, sin hacer cálculos en cada proceso; se convierte en un estándar la aplicación de la redundancia. Esto aumenta el presupuesto, pero asegura la eliminación de errores catastróficos. En educación se deberá revisar qué sistemas deben ser intervenidos bajo el enfoque de redundancia para asegurar el éxito. ♦

Referencias

- Borge, M. (2015). *Rethinking the Design of Educational Systems*. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Marcela-Borge/publication/278303729_Rethinking_the_Design_of_Educational_Systems/links/557ee73a08aeb61eae260e9c/Rethinking-the-Design-of-Educational-Systems
- ENI Networks. (9 de julio de 2018). *¿Qué es la redundancia y cuál es su importancia?* Recuperado de <https://www.eninetworks.com/blog-que-es-la-redundancia/>
- Jin, P. (2012). Redundancy Effect. En Seel N. M. (Ed.) *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. EUA: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6>
- Liu, T. C., Lin, Y. C., Wang, T. N., Yeh, S. C., y Kalyuga, S. (2021). Studying the effect of redundancy in a virtual reality classroom. *Educational Technology Research and Development*, 69, 1183–1200. doi: <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09991-6>
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. EUA: Cambridge University Press.
- Medrano, V., Ángeles, E., y Morales, M. A. (2017). *La educación normal en México. Elementos para su análisis*. México: INEE.
- Morrison, J., Watson, G., y Morrison, G. (2015). Exploring the redundancy effect in print-based instruction containing representations. *British journal of educational technology*, 46(2), 423–436. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6505801>
- National Instruments. (2 de octubre de 2020). *Redundant System Basic Concepts*. Recuperado de <https://www.ni.com/es-mx/innovations/white-papers/08/redundant-system-basic-concepts.html>
- Redundancy. (3 de julio de 2021). En *Wikipedia*. Recuperado de <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Redundancy&oldid=1031735209>
- Secretaría de Educación Pública. (2020). *Aprende en Casa*. Recuperado de <https://aprendeen-casa.sep.gob.mx/>
- Torres, D. (2011). *Estrategias y recursos para el desarrollo de competencias en el niño Sordo Modelo de Educación Intercultural Bilingüe*. México: Kofo Ediciones.