

TEORÍA DE LA CARGA COGNITIVA APLICADA A LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INGENIERÍA GRÁFICA



La resolución de problemas en el ámbito de la expresión gráfica, persigue que el alumno, por un lado, sepa aplicar las nociones teóricas previas y por el otro, aprenda a resolverlos.

El auge investigador en psicología educativa de las últimas décadas ha resaltado la necesidad existente en la elaboración de material docente teniendo presente los procesos cognitivos asociados con el aprendizaje.

La Teoría de la Carga Cognitiva (TCC) se presenta como un marco conceptual perteneciente a las ciencias cognitivas con un elevado interés para el diseño de actividades y situaciones de aprendizaje.

Esta corriente se sitúa dentro del paradigma del procesamiento de la información, según el cual la cognición del ser humano es un "Sistema Natural de Procesamiento de Información", permitiendo analizar los procesos asociados a la transformación de la información en la resolución de problemas.

En este trabajo, se realiza un estudio sobre la Teoría de la Carga Cognitiva (TCC) aplicada a la resolución de un problema de expresión gráfica.

✉ **María Jesús Ávila Gutiérrez**

Ingeniera Técnica en Diseño Industrial y Máster Universitario en Diseño de Producto e Instalaciones Industriales.

✉ **Francisco Aguayo González**

Profesor del Máster de Profesorado de Educación Secundaria de la US.

✉ **Juan Ramón Lama Ruíz**

Profesor del Máster de Profesorado de Educación Secundaria de la US.

LA TEORÍA DE LA CARGA COGNITIVA (TCC)

La Teoría de la Carga Cognitiva (TCC) [1] pretende alinear el diseño de material instruccional con la Arquitectura Cognitiva Humana (ACH). Sus premisas son que los alumnos tienen una limitada capacidad de memoria de trabajo con la que deben enfrentarse a la nueva información proveniente de una situación de aprendizaje.

Por ello, el aprendizaje se verá amenazado si los materiales instruccionales sobrecargan estos recursos cognitivos. Dado que la información proveniente del entorno es recibida y procesada por medio de canales parcialmente independientes (auditivo y visual), la memoria de trabajo se puede ver beneficiada si el medio de presentación utiliza varios canales al mismo tiempo y/o evita sobrecargar uno solo. Además, la información nueva podrá ser adquirida solo si la actividad mental del alumno puede relacionarla con los esquemas mentales de la información previamente almacenada en la memoria de largo plazo [2,3].

Los teóricos de la TCC han postulado la manera en que el sistema cognitivo estructura la funcionalidad del cerebro. A esto se le ha llamado Arquitectura Cognitiva Humana (ACH) [4].

Arquitectura Cognitiva Humana (Ach)

Entender la forma como el cerebro procesa la información es uno de los principales retos para explicar y mejorar el aprendizaje. Según los teóricos de la TCC, cualquier instrucción o enseñanza es efectiva solo si su diseño ha tenido en cuenta las características de la cognición humana.

Así pues, la arquitectura cognitiva es la manera como las estructuras y funciones cognitivas del ser humano están organizadas. Según la TCC, la información que entra al cerebro es procesada en tres diferentes estructuras: a) la memoria sensorial, b) la memoria de trabajo, y c) la memoria de largo plazo (figura 1).

Memoria sensorial

Los canales sensoriales son sistemas como el visual y el auditivo, que constituyen la clave de nuestra capacidad para localizar los diferentes estímulos del entorno. La memoria sensorial recibe el estímulo de los sentidos y lo almacena por un muy corto tiempo (entre 1 y 3 segundos). Su función es convertir los

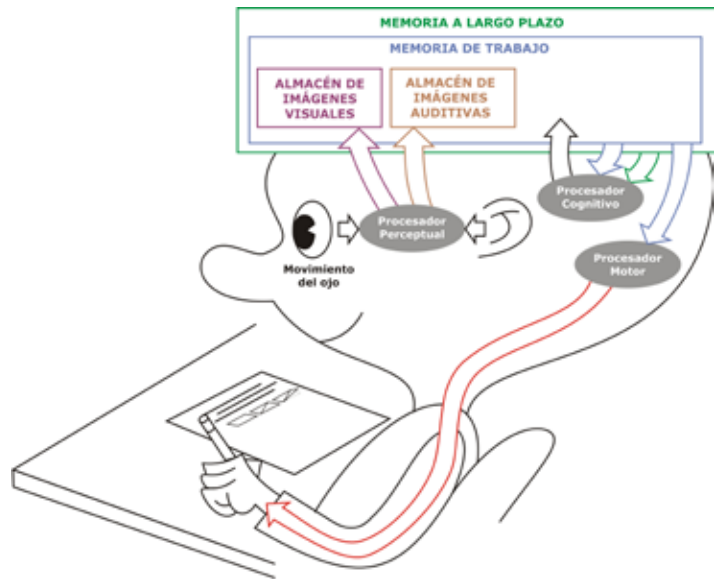


Figura1: Estructura de la Arquitectura Cognitiva Humana, ACH

estímulos sonoros y de la vista en información auditiva y visual.

No obstante no les asigna significado. Ambos canales se encuentran separados y la información que allí llega se procesa independientemente [5].

Memoria de trabajo

La memoria de trabajo permite retener y manipular la información por períodos cortos (de 15 a 30 segundos). El procesamiento de la información en esta memoria está relacionado con la actividad que estamos realizando de manera consciente [6]. Para la TCC, una de las más importantes características de la memoria de trabajo es su limitada capacidad de procesamiento. Según distintos autores, esta apenas puede manejar siete ítems a la vez de unidades informacionales[7]. No obstante, estas restricciones se aplican únicamente a toda información nueva que no está vinculada con esquemas de la memoria de largo plazo [5].

Además, recientes investigaciones han planteado que la memoria de trabajo está dividida en tres procesadores o canales [8]. La información procesada en esta memoria está distribuida en dos procesadores parcialmente independientes, el auditivo y el visual, los cuales manipulan la información verbal y pictórica respectivamente. Adicionalmente, existe un tercer procesador conocido como central-ejecutivo, que es el responsable de coordinar el procesamiento de la información que entra y sale de la memoria de trabajo.

Memoria de largo plazo

A diferencia de la memoria a corto plazo, la memoria de largo plazo es ilimitada. Este tipo de memoria está encargada de almacenar información diversa relacionada con hechos, conceptos, imágenes, recuerdos y procedimientos, entre otros aspectos. Este tipo de memoria organiza y almacena la información en “esquemas” o constructos cognitivos que incorporan múltiples unidades de información dentro de una unidad singular de mayor nivel.

Los esquemas son construidos en la memoria de trabajo y permiten procesar una cantidad mayor de información para crear pedazos más grandes de empaquetamiento (o *chunks*). No obstante, para que estos empaquetamientos se vuelvan esquemas, es necesaria su organización jerárquica. Es decir, mediante los esquemas se categorizan los conocimientos, para facilitar su posterior recuperación y aplicación en tareas particulares [5].

En teoría, los esquemas no consumen recursos cognitivos cuando son automatizados luego de una extensa práctica. La automatización como complemento de la construcción de esquemas se refiere al proceso mediante el cual la información almacenada en esos esquemas se procesa de forma automática e inconsciente. En este sentido, el desarrollo de habilidades mediante la práctica contribuye a garantizar la ejecución espontánea y fácil de una tarea, puesto que la memoria de trabajo no se encuentra sobrecargada con demasiada información a procesar al mismo tiempo [9].

Debido a que todo contenido nuevo debe ser procesado en la memoria de trabajo, demasiada carga cognitiva puede impedir que el alumno dedique recursos valiosos para la formación de esquemas y almacenamiento de información a largo plazo. Según la TCC, la carga cognitiva es la cantidad total de actividad mental procesada conscientemente en un momento dado cuando un sujeto está resolviendo una tarea [10]. No obstante, no toda la carga cognitiva es del mismo tipo. A continuación, se describen las clases de carga cognitiva y su relación con la memoria de corto y largo plazo.

Tipos de Carga Cognitiva

Fred Paas, Juhani E. Tuovinen, Huib Tabbers y Pascal W. M. van Gerven [10] distinguen tres tipos de carga cognitiva:

- a) intrínseca,
- b) extrínseca y
- c) relevante (o germánica) (figura 2).

Carga cognitiva intrínseca (CCI)

Se refiere a aquella carga inherente a la complejidad de la tarea y al nivel de experiencia del alumno. Depende entonces de dos variables: por un lado, la dificultad intrínseca del material a aprender, y por el otro, la pericia del alumno. En este sentido, la información previa deberá tenerse en cuenta, pues los empaquetamientos (o *chunks*) que ya están formados en la memoria de largo plazo influyen directamente en la capacidad de la memoria de trabajo del alumno. Una tarea específica puede ser compleja para un novato; no obstante, será sencilla para el experto [8]. Esta carga está asociada a la naturaleza y complejidad de la información presentada. La carga intrínseca depende del número de elementos a procesar simultáneamente, así como de las relaciones de los elementos entre sí. Los esquemas disponibles reducen la carga intrínseca; ya que logran integrar más información con menos elementos. Esta es la razón por la que las personas expertas son más eficaces que las noveles en la resolución de problemas.

Carga cognitiva extrínseca (CCE)

La carga extrínseca asociada a la naturaleza y complejidad de la información presentada, está asociada con procesos que no tienen relación directa con el aprendizaje del concepto mismo sino más bien con la lectura del material. Este tipo de carga puede ser

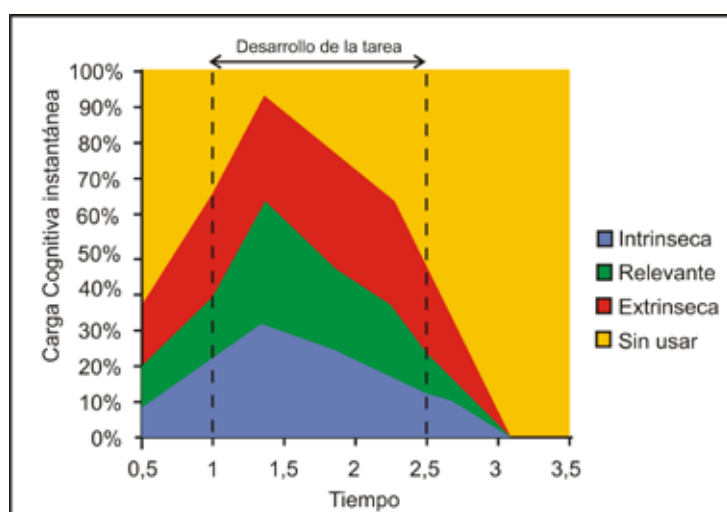


Figura 2: Memoria de Trabajo de un sujeto mientras resuelve una tarea



generada por el medio que se esté usando para exponer el concepto, procedimiento o actitud. [11].

Los conceptos y procedimientos de Expresión Gráfica tienen por sí mismos, una alta carga intrínseca, sin embargo, la carga extrínseca al presentarlos juega también un rol importante en la dificultad para entender el material y por lo tanto la carga cognitiva.

Si el concepto o el procedimiento es difícil no podemos hacer mucho al respecto, pero si la presentación es confusa seguro que si podemos hacer algo a ese respecto. Veamos un ejemplo:

La siguiente expresión representa una relación jerárquica única de la estrategia de resolución de un problema:

A(bc(e)d(fg))

Sin embargo, no es muy fácil de entender. La siguiente figura representa la misma información jerárquica:

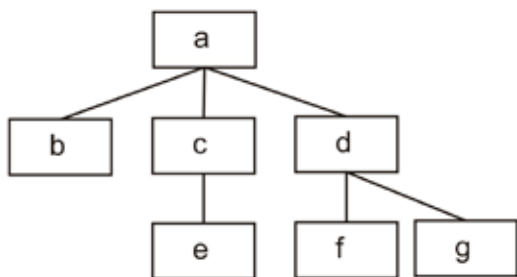


Figura 3: Representación jerárquica de estrategia de resolución

Esta vez es muy fácil de entender, es decir, su carga CCE es mucho más baja, no obstante, la CCI es la misma pues se trata de la misma información jerárquica. Se puede decir que un mismo concepto o procedimiento se puede explicar de un modo distinto y podría facilitar mucho su comprensión. Además, como la carga cognitiva es aditiva, las cargas intrínseca y extrínseca se suman, lo cual deja poco espacio para la carga relevante. La carga cognitiva es fruto del diseño instruccional y de la actuación docente.

Carga cognitiva relevante (o Germánica) (CCR ó CCG)

Por definición, la carga relevante es la directamente responsable de contribuir al aprendizaje. La carga germana, consistente en el uso necesario de recursos para construir y automatizar esquemas en la memoria de largo plazo. Se constituye a partir

de procesos cognitivos adecuados, como las abstracciones y las elaboraciones. Este tipo de carga está relacionada con los procesos cognitivos y psicomotores que soportan el aprendizaje, puesto que la manera como se presente la información y el tipo de actividades que se sugieran, puede favorecer el aprendizaje del individuo. Aunque la carga relevante también se suma a la carga cognitiva total, esta representa los recursos invertidos directamente al aprendizaje del material, como la construcción de esquemas [12-13]. Este último está relacionado con los estilos de aprendizaje.

La carga cognitiva germana está directamente vinculada con los procesos para generar aprendizaje, construyendo esquemas o automatizando su uso. La aplicación automática de los esquemas no genera carga cognitiva de la memoria de trabajo, puesto que se realizan sin consumo de atención. Las tres cargas descritas son acumulativas, por tanto una estrategia instruccional ha de procurar eliminar la carga extrínseca, disminuir la carga intrínseca, reduciendo la complejidad de informaciones y tareas, especialmente en las fases iniciales de aprendizaje; para así dejar la mayor capacidad disponible de memoria de trabajo para su uso germano en el aprendizaje.

CASO DE ESTUDIO

En este apartado se ilustra la aplicación de la TCC al diseño de una situación de aprendizaje de problemas básicos de geometría descriptiva.

Enunciado del problema

Tenemos una chapa, de espesor despreciable, definida por los puntos A(155,85,-50) B(155,115,-50) C(85,115,-50) D(85,85,-50), que ha sido doblada mediante un proceso de plegado según la dirección BD. Obtener la posición final de la misma hasta que el punto C aumente 20 mm su cota. Los puntos A, B y D no cambian su posición en el plegado.

NOTA: Tomar como origen de referencia el centro del formato.

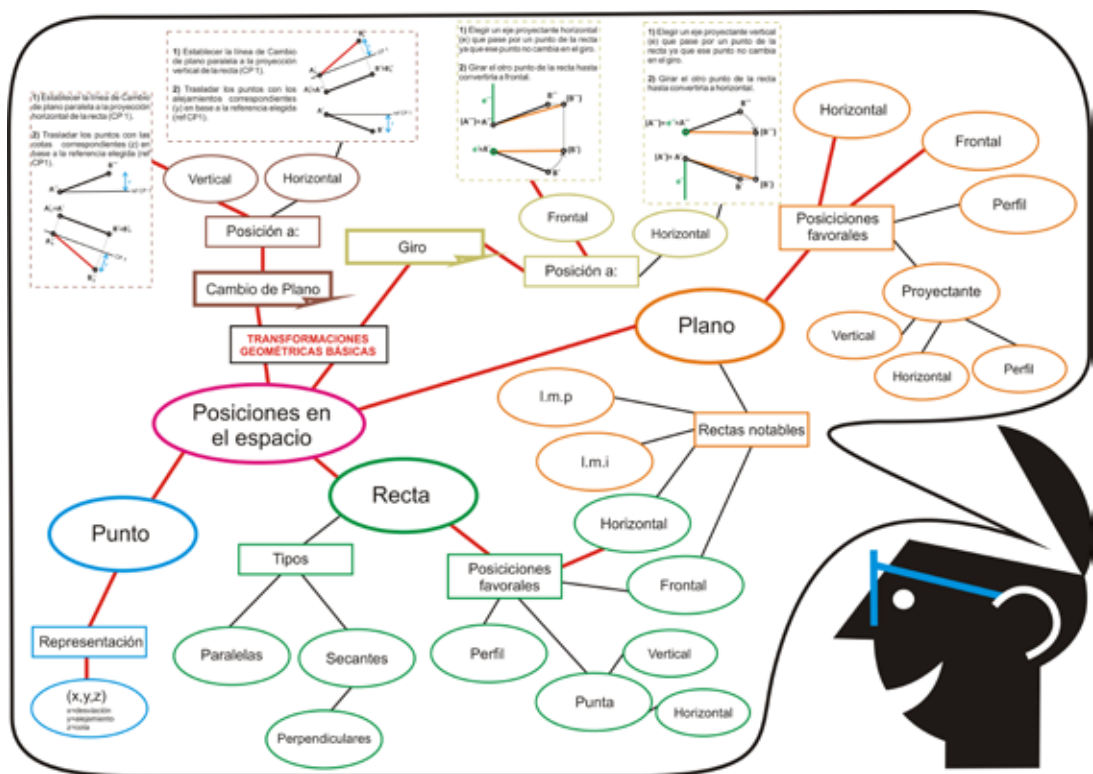
Conceptos previos necesarios

Pasos para la resolución del problema

Entre los pasos más relevantes en la resolución de problemas encontramos:



Figura 4. Modelo de conceptos y procedimientos previos requeridos para el aprendizaje



- **PASO 1:** Entender el problema.
- **PASO 2:** Realizar una representación gráfica del problema.
- **PASO 3:** Trazar un plan de actuación.
- **PASO 4:** Realizar las operaciones que hemos deducido.
- **PASO 5:** Comprobar la respuesta.

INDICADORES DE CARGA	TIPO DE CARGA
Nº de elementos procesados de forma simultánea	CCI
Nivel de interacción entre elementos	CCI
Conocimientos previos del lector	CCI
Análisis de información importante	CCE
Tipo de problema	CCI

Tabla 1: Carga cognitiva del paso 1

PASO 1: ENTENDER EL PROBLEMA

En este primer paso hacemos referencia a la identificación y definición del problema. En esta fase estarán implicados los conocimientos:

- **Lingüísticos.** Conocimiento del lenguaje en el que está expresado el enunciado.
- **Semántico.** Conocimiento del significado de las palabras, expresiones y oraciones del enunciado.
- **Esquemático.** Conocimiento del tipo de problema al que pertenece el enunciado. Este conocimiento aclara el problema y a la vez da pistas sobre su resolución.

Para lograr la correcta comprensión del problema, se deben de identificar los datos relevantes de los que no lo son.

PASO 2: REALIZAR UNA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PROBLEMA

La representación gráfica es un elemento clave, tanto para la comprensión del problema, como para la introducción en la resolución de problemas y en aquellos casos que la redacción del mismo resulte especialmente difícil.

Un recurso didáctico que da muy buenos resultados es la utilización de programas de modelado en 3D. Además de que el recurso en sí normalmente ya es motivador para el alumno, tiene la ventaja de presentar el problema de forma gráfica y se muestra directamente cómo se desarrolla el planteamiento del mismo.



Una vez superada esta fase es aconsejable continuar mediante la representación gráfica de los datos del problema.

INDICADORES DE CARGA	TIPO DE CARGA
Conversión del texto escrito a lenguaje gráfico	CCE
Relación entre 2D-3D	CCR
Identificar datos conocidos e incógnitas	CCI

Tabla 2: Carga cognitiva del paso 2

PASO 3: TRAZAR UN PLAN DE ACTUACIÓN

Esta fase consiste en la planificación de la solución. Se trata ahora de diseñar el esquema de actuación a seguir, lo que supone identificar las metas y las posibles submetas cuando tratamos de resolver problemas en los que debemos realizar operaciones intermedias, examinar las diversas estrategias generales que podemos aplicar, y elegir los procedimientos que se llevarán a cabo.

1. Representar las coordenadas de los puntos dados.
2. Realizar un cambio de plano perpendicular a la dirección de plegado.
3. Trasladar los puntos a la nueva proyección del cambio de plano.
4. Girar una parte de la chapa hasta que el punto B posea una cota de 20 mm.
5. Deshacer los cambios realizados trasladando los puntos a las proyecciones vertical y horizontal que teníamos inicialmente.

INDICADORES DE CARGA	TIPO DE CARGA
Nº de pasos e interrelaciones	CCE

Tablar 3: Carga cognitiva del paso 3

PASO 4: REALIZAR LAS OPERACIONES QUE HEMOS DEDUCIDO

Una vez configurado el plan, el paso siguiente es hacer que el alumno lleve a cabo las estrategias que eligió previamente. Para ello, conviene que el alumno se tome el tiempo necesario para resolver el problema.

En esta fase uno de los mayores problemas con los que se encuentra el alumno es la traducción de los términos numéricos o simbólicos a gráficos. En ge-

neral, son capaces de resolverlo mentalmente, pero no con los procedimientos gráficos necesarios. En este caso habrá que reforzar el significado de los distintos conceptos de terminología específica en el área de la expresión gráfica. Los procedimientos a realizar en este paso son:

6. Colocar los puntos del enunciado. Para ello utilizaremos los conceptos previamente estudiados de la colocación de un punto a través de 3 coordenadas (desviación, alejamiento, cota).
7. Realizar un cambio de plano perpendicular a la dirección de plegado. Sabiendo que la dirección de plegado es una recta horizontal y, al hacer un cambio de plano perpendicular a esa recta, ésta se ve como un punto. Sin embargo, un plano perpendicular al cambio de plano se vería como una recta.
8. Trasladar los puntos a la nueva proyección del cambio de plano. Los puntos trasladados a la nueva proyección se verían como puntos.
9. Girar una parte de la chapa hasta que el punto B posea una cota de 20 mm. Esto quiere decir que se girará la parte de la chapa indicada (en el cambio de plano es una recta) alrededor de la dirección de doblado (en el cambio de plano es un punto) hasta que el punto B tenga una altura de 20mm.
10. Deshacer los cambios realizados trasladando los puntos a las proyecciones vertical y horizontal que teníamos inicialmente. Se trasladarán los nuevos puntos girados a las proyecciones que inicialmente teníamos.

INDICADORES DE CARGA	TIPO DE CARGA
Colocación de los puntos en diédrico según coordenadas	CCI
Identificar que la dirección de plegado es una recta horizontal	CCI
Un cambio de plano perpendicular a una recta horizontal, se ve como un punto	CCI
Un plano en un cambio de plano se ve como una recta	CCI
La cota es la altura de un punto sobre el plano horizontal	CCI
Girar una recta alrededor de un punto hasta una cota de 20mm	CCI
Pasar los puntos obtenidos en el cambio de plano a sus proyecciones iniciales	CCI
Exigencia temporal	CCE

Tabla 4: Carga cognitiva del paso 4



PASO 5. COMPROBAR LA RESPUESTA

Esta fase es la de verificación, de mirar hacia atrás, –retrospectiva– recorrer los pasos que se han seguido para la resolución del problema con objeto de detectar posibles errores o deficiencias. Sobre todo si se ha cometido un error debemos comprobar las decisiones tomadas (análisis de la información, ejecución del trazado, etc.) y de los resultados del plan ejecutado (exactitud de la respuesta, correspondencia con el enunciado que la originó, etc).

INDICADORES DE CARGA	TIPO DE CARGA
Precisión, minuciosidad de resolución	CCE

Tabla 5: Carga cognitiva del paso 5

Carga Cognitiva Asociada

En este apartado se estudiará y valorará la Carga Cognitiva Inicial del caso práctico propuesto. Así mismo, se introducirán una serie de mitigadores de carga para reducir en la medida de lo posible la CCE y aumentar la CCR mejorando así la Carga Cognitiva Inicial e introduciendo estas mejoras a través de la implementación de un nuevo caso.

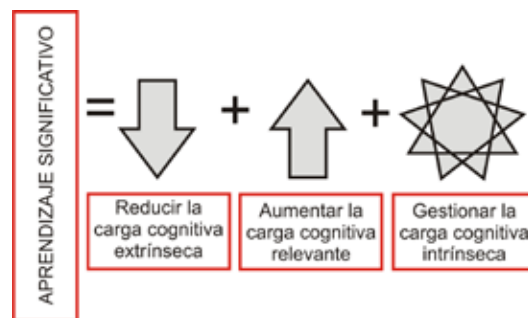


Figura 5: Estrategia de diseño sobre CC para aprendizaje significativo.

PROBLEMA IMPLEMENTADO

Dada una chapa de espesor despreciable y definida por los puntos ABCD representados, se pide obtener la posición final de la misma al ser plegada según la dirección BD y hasta que el punto C alcance 20 mm de cota. Los puntos A, B y D mantienen su posición inicial.

TABLA 6. CARGA COGNITIVA INICIAL

PROBLEMA: Tenemos una chapa, de espesor despreciable, definida por los puntos A(155,85,-50) B(155,115,-50) C(85,115,-50) D(85,85,-50), que ha sido doblada mediante un proceso de plegado según la dirección BD. Obtener la posición final de la misma hasta que el punto C aumente 20 mm su cota. Los puntos A, B y D no cambian su posición en el plegado.
 NOTA: Tomar como origen de referencia el centro del formato

INDICADORES DE CARGA		VALOR			TOTAL	MITIGADORES DE CARGA
		BAJO (1)	MEDIO (2)	ALTO(3)		
CCI	Nº de elementos procesados de forma simultánea		X		2,20	
	Nivel de interacción entre elementos			X		
	Conocimientos previos del lector		X			
	Tipo de problema		X			
	Identificar datos conocidos e incógnitas		X			
CCE	Análisis de información importante			X	2,80	Señalar en negrita o cursiva datos relevantes
	Conversión del texto escrito a lenguaje gráfico			X		Representar los puntos directamente. Añadir notas aclaratorias
	Nº de pasos e interrelaciones		X			Dividir en apartados más simples Usar problemas parcialmente completos (evita la búsqueda aleatoria de información)
	Exigencia temporal			X		Ejercitar el manejo del tiempo. Eliminar tiempo exigido
	Precisión, minuciosidad de resolución			X		Tener en cuenta el proceso de resolución. Evaluación parcial de resultados
CCR	Relación entre 2D-3D	X			1	Añadir croquis 3D Uso de programas de modelado 3D



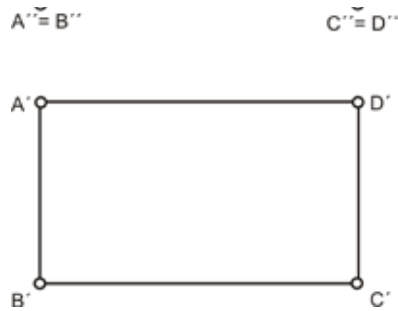
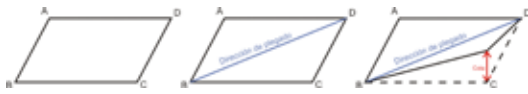


Figura 6. Reformulación del problema para minimizar la C.C.

Los resultados de evaluación de la Carga Cognitiva de la nueva reformulación del problema, quedan recogidos en la Tabla 2 (Carga Cognitiva Final) y en la Figura 11, que contiene la comparación de las dos situaciones del C.C. del problema.

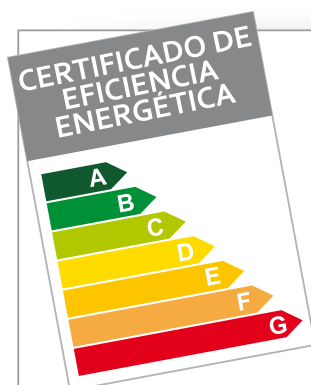
TABLA 7. CARGA COGNITIVA FINAL					
INDICADORES DE CARGA		VALOR			TOTAL
		BAJO (1)	MEDIO (2)	ALTO(3)	
CCI	Nº de elementos procesados de forma simultánea		X		2,20
	Nivel de interacción entre elementos			X	
	Conocimientos previos del lector		X		
	Tipo de problema		X		
	Identificar datos conocidos e incógnitas		X		
CCE	Análisis de información importante		X		1,40
	Conversión del texto escrito a lenguaje gráfico	X			
	Nº de pasos e interrelaciones	X			
	Exigencia temporal	X			
	Precisión, minuciosidad de resolución		X		
CCR	Relación entre 2D-3D			X	3



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE SEVILLA

Informa:

“Si vende o alquila cualquier tipo de inmueble, vivienda, oficina, local comercial...”



TENGA EN CUENTA QUE:

El pasado 1 de junio entró en vigor la obligatoriedad de realizar el Certificado de Eficiencia Energética en cualquier venta o alquiler de cualquier edificación. (R.D. 235/2013 de 5 de abril)

CÓMO CONSEGUIRLO?

Los Ingenieros Técnicos Industriales somos profesionales habilitados para realizar estos certificados. Las organizaciones colegiales oficiales de la INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL garantizan que los Ingenieros Técnicos Industriales que puedes encontrar en nuestra plataforma de internet cumplen los siguientes requisitos:

- Están **altamente cualificados** en el ámbito de las auditorías energéticas.
- Sus **trabajos de certificación son registrados y supervisados** por los respectivos Colegios Oficiales.
- Su actuación profesional está **amparada por un seguro de responsabilidad civil**.

DÓNDE ENCONTRAR A MI INGENIERO CERTIFICADOR?

Podrá contratar el servicio de un ingeniero técnico industrial en cualquier punto de España en donde se encuentre la propiedad que se desea vender o alquilar de manera fácil a través de nuestra plataforma en internet:

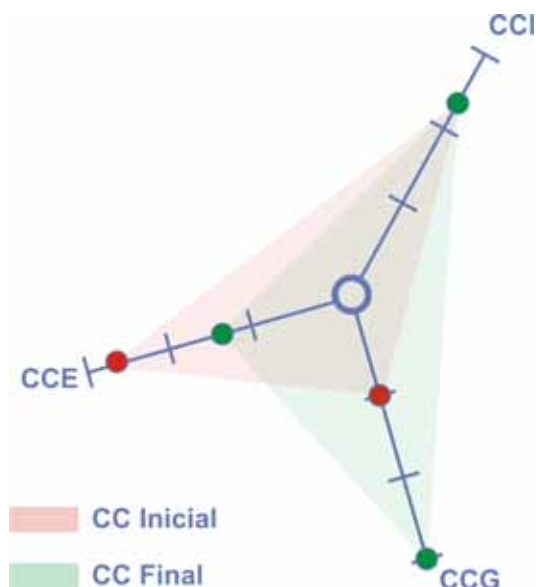
www.certificacionenergeticacogiti.es

TAMBIÉN PUEDE ENCONTRAR A SU INGENIERO EN

Colegio oficial de PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE SEVILLA
Plaza del Museo, 6 - 41001 Sevilla - Tel: 95 450 25 07 / Fax: 95 421 90 28

www.copitise.es
copitise@copitise.es

Figura 7.
Comparación de la C.C. para el problema antes y después del rediseño para mínima C.C.



CONCLUSIONES

En el presente documento se ha planteado que es necesario entender las estructuras de la cognición humana para mejorar el diseño de material instruccional. Los investigadores de la Teoría de la Carga Cognitiva han desarrollado un marco teórico para comprender los fenómenos del aprendizaje basados en el planteamiento de una sencilla y específica Arquitectura Cognitiva Humana. Esta arquitectura plantea que la información se manipula a lo largo de tres procesadores o memorias que determinan la carga cognitiva.

La variable más importante a controlar es que la instrucción no debe sobrecargar la memoria de trabajo del alumno, lo cual impediría el aprendizaje. Así pues, la *carga cognitiva* debe ser el centro de atención, pues relaciona directamente el diseño del material con el aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sweller, J. (1994). Cognitive Load Theory, Learning Difficulty, and Instructional Design. *Learning and Instruction*, 4 (4), 295-312.
- [2] Clark, R. C. & Mayer, R. E. (2007). *E-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. New York: John Wiley and Sons.
- [3] Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
- [4] Sweller, J. (2008). Human Cognitive Architecture. *California State University*.
- [5] Shaffer, D.; Doube, W. & Tuovinen, J. (2003). *Applying Cognitive Load Theory to Computer Science Education*. Paper presented at the 15th Workshop of the Psychology of Programming Interest Group, Keele UK.
- [6] Sweller, J. (2006a). Discussion of 'Emerging Topics in Cognitive Load Research: Using Learner and Information Characteristics in the Design of Powerful Learning Environments'. *Applied Cognitive Psychology*, 20 (3), 353-357.
- [7] Miller, G. A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *The Psychological Review*, 63, 16.
- [8] Chong, T. S. (2005). Recent Advances in Cognitive Load Theory Research: Implications for Instructional Designers. *Malaysian Online Journal of Instructional Technology (MOJIT)*, 2 (3), 106-117.
- [9] Sweller, J. (2002). Visualisation and Instructional Design. *Knowledge Media Research Center*.
- [10] Paas, F.; Tuovinen, J. E.; Tabbers, H. & Gerven, P. W. M. van (2003). Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory. *Educational Psychologist*, 38 (1), 63-71.
- [11] Sweller, J. (2007). Keynote address: Cognitive load. Ponencia en el Symposium on Cognitive Load: Theory and Applications. Universidad FoGuand, Yilan Taiwán.
- [12] Artino, A. R. (2008). Cognitive Load Theory and the Role of Learner Experience: An Abbreviated Review for Educational Practitioners. *Association for the Advancement of Computing in Education Journal, AACE Journal*, 16 (4), 425-439.
- [13] Paas, F.; Renkl, A. & Sweller, J. (2004). Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture. *Instructional Science*, 32 (1-2), 1-8.

