

# Multimedia principles applied to a virtual reality application design for procedural learning

Luis Bautista, José Guerrero, Carmen Plata\*

Published: 30 November 2022

## Abstract

Designing immersive learning environments based on simulations has evolved into a tool for practicing procedures in fields such as industrial safety. This document describes the design of a virtual reality learning environment for the practice of safe bench saw use in the carpentry workshops of the Industrial Design Program at Universidad Industrial de Santander (Colombia). The user interface was created using the multimedia principles of spatial contiguity, temporal contiguity, redundancy, and signaling from the Four-Components Instructional Design Model. The qualities mentioned have ties to the 4C/ID model's elements, learning tasks, procedural information, support information, and practical tasks, which allowed for their incorporation into the user interface elements of a virtual reality environment. A design for evaluating the prototype is also presented in order to assess how well it performs in terms of teaching students who use the learning environment how to use the machine safely.

## Keywords:

Virtual Reality; Industrial Safety; learning.

## 1 Introducción

La Realidad Virtual (RV) es una tecnología que se ha convertido en un punto de inflexión para transformar modelos educativos, aportando mejoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje [6], por esto ha sido empleada en áreas como la industria aeroespacial, el pilotaje de aviones, la medicina y la seguridad y salud ocupacional [5], este último se desarrolló en búsqueda de aumentar la conciencia de los estudiantes sobre la importancia de hacer uso de equipos de protección personal en actividades que puedan representar un riesgo para la salud del trabajador, según [5] los informes y actuaciones de los participantes confirman la pertinencia y eficacia

---

Bautista, Luis, Guerrero, José, Plata, Carmen  
Universidad Industrial de Santander  
Bucaramanga, Colombia  
Email: [lueduba@uis.edu.co](mailto:lueduba@uis.edu.co), [jose2180430@correo.uis.edu.co](mailto:jose2180430@correo.uis.edu.co),  
Correspondence: [carmen2180428@correo.uis.edu.co](mailto:carmen2180428@correo.uis.edu.co)

del uso de la gamificación y la RV como facilitadoras del proceso de enseñanza y aprendizaje en la formación profesional.

Ahora bien, el Modelo Instruccional de Cuatro Componentes (4C/ID), permite la especificación del diseño instruccional para entornos de aprendizaje de realidad virtual empleando elementos necesarios para el aprendizaje de tareas complejas, (1) learning task, (2) supportive information, (3) procedural information and (4) part-task practice, estos componentes se pueden asociar con principios de diseño en entornos de aprendizaje complejos, para el caso de estudio abordado, se seleccionaron cuatro principios, redundancia, contigüidad espacial, contigüidad temporal y señalización, la selección de estos principios se realizó de acuerdo a la aplicabilidad de los mismos en el entorno a desarrollar. Ahora bien, mientras el modelo 4C/ID permite la visualización del desarrollo de las tareas en el contexto real en el que se desenvuelven, los principios de diseño permiten su aplicación en la conceptualización de la interfaz de usuario del entorno de realidad virtual [7]. Con el diseño de la interfaz de usuario se busca determinar si existe un incremento en la transferencia de aprendizaje del procedimiento de uso seguro de la sierra de banco, por lo que se estipula organizar tres muestras de estudiantes, uno de ellos hará uso de la herramienta con las características, un segundo grupo que hará uso de la herramienta sin las características o principios de diseño y un tercer grupo que no hará uso de la herramienta.

## 2 Antecedentes teóricos

### 2.1 Análisis cognitivo de tareas

El análisis cognitivo de tareas (CTA, cognitive task-analysis), es una herramienta que permite la recopilación de datos a partir de entrevistas realizadas a expertos en un área determinada, con el propósito de construir un diagrama de flujo que represente la secuencia de tareas necesaria para cumplir un objetivo dado. Este análisis parte de la formulación de cinco preguntas referentes al proceso por se, grados o escenarios de dificultad que pueden presentarse durante el procedimiento, complicaciones durante el proceso, prevención de dichos errores y a la identificación de tareas automáticas y no automáticas en el mismo. Estas últimas, permiten obtener información para el diseño de contenido instruccional que se contendrá en simuladores, de igual forma, la información obtenida por parte de los expertos otorga datos sobre la etapa sobre la que se debe realizar énfasis dentro de la experiencia del usuario al interactuar con el producto [3].

## 2.2 Modelo instruccional de cuatro componentes

El modelo de diseño de instructivo de cuatro componentes, conocido como 4C/ID, es una herramienta que permite dividir el desarrollo de la experiencia de un entorno virtual (con enfoque pedagógico) en cuatro aspectos: los escenarios, que se componen por el aprendizaje de la tarea bajo determinadas variables y condiciones controladas. la información de soporte, según el contexto en el que se presenta al usuario, se clasifica en prescriptiva, descriptiva y de feedback. La prescriptiva hace referencia a información base o requisito para poder comprender la tarea a realizar; la información descriptiva que se relaciona con el procedimiento y el contenido en sí del simulador. finalmente, el feedback cognitivo que apunta a información que obtiene el usuario como resultado de usar el simulador. Por otro lado, el tercer componente de la herramienta es la información JIT (justo a tiempo) que cumple el papel de aclarar al usuario su estado en la tarea y despejar sus dudas del procedimiento. El último componente, son las tareas de práctica que se relacionan con las habilidades que va a desarrollar la persona en el entorno virtual [3].

## 2.3 Principio de modalidad

El principio de modalidad refiere que la presentación de información en dos fuentes distintas (audio y texto) para expresar acciones a realizar, presenta mejor desempeño en el aprendizaje que la presentación en un único medio de información. El efecto positivo de este principio se debe a un aumento en la capacidad de la memoria de trabajo efectiva, al considerar que la presentación de información en dos canales distintos (visual y auditivo) puede ser empleados como subsistemas de la memoria de trabajo simultáneamente. En su aplicación al modelo 4C/ID, el principio de modalidad se evidencia en la información Just in Time, en la que un estímulo auditivo puede emplearse como complemento a un soporte visual [7].

## 2.4 Principio de contigüidad espacial

El principio de contigüidad espacial sugiere que elementos integrados físicamente en el espacio, suelen tener un mejor desempeño cuando estos brindan información relacionada entre sí, en ese sentido, integrar espacialmente textos con imágenes u objetos crea vínculos entre ambos elementos y facilita la segmentación de la información por parte del usuario [7].

En el contexto del modelo 4C/ID, Kester, Kirschner y Van Merriënboer, realizaron estudios en la manera como se desarrollaron aprendices en el diagnóstico de circuitos electrónicos, los resultados arrojaron un incremento en las pruebas de transferencia de conocimiento para aquellas herramientas que empleaban el principio de contigüidad espacial [7].

## 2.5 Principio de contigüidad temporal

El principio de contigüidad temporal, también llamado principio de atención dividida temporal, refiere a la facilidad para asociar elementos cuando estos suceden de forma simultánea, en el modelo 4C/ID, el uso de este principio permite organizar información procedimental y presentar las instrucciones paso a paso, de forma que el aprendiz realice el procedimiento de forma paralela a los estímulos que se vayan dando, adicionalmente, la información Just in time le da a entender al usuario, qué elementos o qué tarea debe llevar a cabo en un momento determinado durante la duración del aprendizaje [7].

## 2.6 Principio de señalización

El principio de señalización sugiere que el aprendiz puede mejorar su proceso de aprendizaje si éste centra su atención en un elemento clave durante cada etapa del aprendizaje. Esto libera recursos cognitivos, a la vez que reduce la necesidad de la persona de buscar los elementos asociados a la tarea. Adicionalmente, [4] encontraron desempeños positivos del principio de señalización al emplearse con textos impresos y audios. En el modelo 4C/ID, el principio de señalización es fundamental para el diseño de la información procedimental, puesto que facilita la concentración de los aprendices en componentes específicos de la tarea que desea llevarse a cabo [7].

## 3 Diseño de la investigación

### 3.1 Caso de estudio

L a escuela de Diseño Industrial, de la Universidad Industrial de Santander capacita a sus estudiantes en el manejo y transformación de diferentes materiales, como las maderas, metales, polímeros, cueros y cerámicos, para esto cuenta con unas máquinas y herramientas que se encuentran en el edificio 25, talleres de Diseño Industrial; La mayor cantidad de estas máquinas y herramientas son usadas por los estudiantes bajo la supervisión del técnico encargado de los talleres, sin embargo, para el semestre 2022-1 se encuentran activos 157 estudiantes de primer a cuarto nivel y los talleres cuentan con 1 solo técnico y 1 estudiante auxiliar, sumado a esto los estudiantes no reciben una capacitación formal en normas de seguridad industrial y procedimientos correctos de uso correspondientes a cada máquina, en una encuesta realizada a 40 estudiantes de todos los niveles de la carrera, el 76.3% afirma que no tiene conocimientos en primeros auxilios.

Para el desarrollo del proyecto, se solicitó, en primera instancia, a una profesional en seguridad y salud en el trabajo de la Universidad Industrial de Santander realizar un estudio de riesgos a las máquinas del taller de maderas, la máquina con mayor cantidad de riesgos asociados fue la sierra de banco, el trabajo con esta presenta riesgos mecánicos que pueden reflejarse en lesiones como aplastamientos, cortes, atrapamientos, impactos, entre otras [2].

Ahora bien, la probabilidad de accidentarse con una de estas máquinas es 0.39%, esta probabilidad se ve influenciada por otras variables como los componentes de seguridad que trae el producto por defecto y la experticia del usuario, en consecuencia, la práctica de comportamientos inseguros durante el uso de esta máquina puede incrementar en un 33% la probabilidad de que ocurra un eventual accidente [1]. En ese sentido y con todo lo anterior, se requiere diseñar una herramienta que permita entrenar a los usuarios en el procedimiento seguro de uso de la máquina.

#### 3.1.1 Procedimiento seguro del uso de la máquina

Para determinar los pasos a seguir por el estudiante, se hizo una revisión de la normativa y se realizó un análisis cognitivo de tareas, con el apoyo de tres profesionales en carpintería mediante entrevistas, las cuales fueron grabadas con el consentimiento de los implicados, esta información se compiló y se obtuvo como resultado el paso a paso del procedimiento seguro de uso de la sierra de banco (Ver Figura 1).

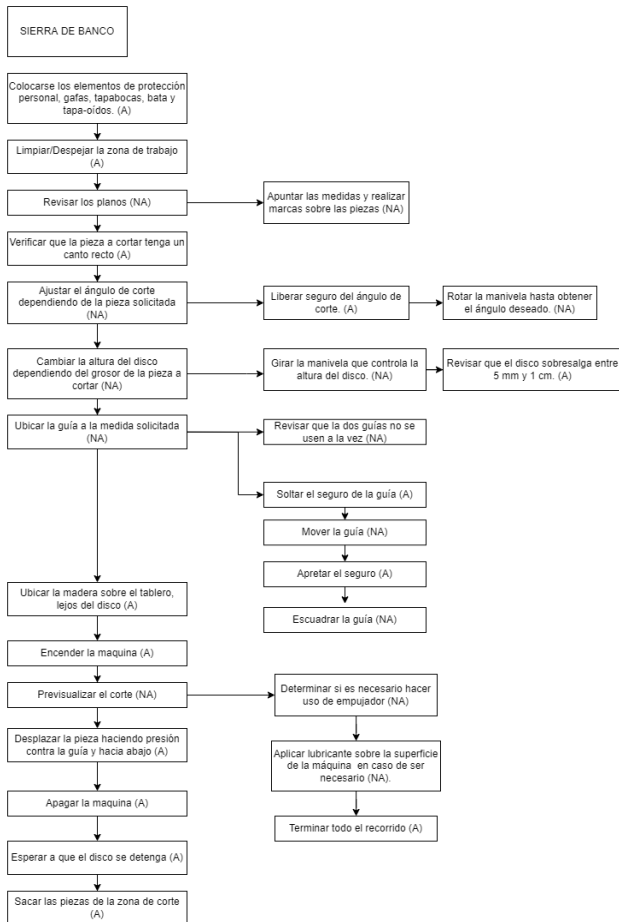


Figura 1. Procedimiento seguro de uso de la sierra de banco.

### 3.1.2 Usuarios

Para definir el usuario, con base en encuestas y entrevistas, se establecieron en tres segmentos; El primero, los estudiantes que tienen conocimiento en el uso de las máquinas y las normas de seguridad, estos estudiantes se destacan por tener cursos cortos, técnicos de carpintería, y/o familiares carpinteros, el segundo, los estudiantes que creen saber cómo usar las máquinas, pero no son conscientes de los riesgos presentes al hacer uso de ellas, estos estudiantes no usan los elementos de protección personal dentro del taller, y por último, el grupo de estudiantes que no saben cómo usar las máquinas, sin embargo estos sienten temor al usarlas, por eso son más prevenidos, prefieren no hacer uso de ellas y recurrir a ayuda de otros compañeros o del técnico de talleres. Este último grupo es de especial interés del proyecto.

Con la herramienta persona, se realizó una descripción más detallada del usuario, la cual se validó por medio de una encuesta a los estudiantes. El arquetipo se describe como: “Juliana Reyes, edad: 19 años, vive en la ciudad de Bucaramanga, es soltera, cursa tercer semestre de Diseño Industrial, le gusta la ilustración digital, está iniciando su formación profesional pero considera que tiene clara su vocación como diseñadora, en las materias en general le va bien, excepto en los cálculos, nunca ha entrado a los talleres de la escuela, las máquinas grandes le generan un poco de miedo pero siente emoción por aprender a usarlas”.

### 3.1.3 Escenario

Se hará uso del entorno de aprendizaje como herramienta en la asignatura Materiales y Procesos I: Maderas, en horarios extra a la Clase Magistral, para esto se pondrá a la disposición de los estudiantes un espacio equipado para las prácticas básicas en el uso de la máquina. Esta herramienta no habilita al estudiante para hacer uso o de la sierra de banco real, el resultado es un porcentaje con respecto al desempeño del estudiante en términos del aprendizaje que tuvo del procedimiento seguro de uso de la máquina, la decisión de si el estudiante puede o no hacer uso de la sierra de banco real la toma el docente.

### 3.1.4 Diseño de la información

Para el diseño de la información se usó el modelo 4C/ID, se definieron tres niveles de acuerdo con las variables encontradas al realizar el CTA, variables que se pueden observar en la tabla 1, y un nivel adicional donde el estudiante identifica el proceso recomendado para brindar primeros auxilios en la atención de heridas cortantes o incisivas y amputaciones (Ver Tabla 2).

Tabla 1. Variables

Variable	Básico	Avanzado
Dirección de corte	Longitudinal	Transversal
Ángulo de corte	Ángulo recto	Ángulo agudo
Tamaño de la pieza	Longitud inferior a la superficie de la bandeja de corte	Longitud superior a la superficie de la bandeja de corte

El aprendizaje involucra la manipulación de algunas de las variables involucradas en el proceso de corte como la altura del disco, ángulo y ancho del corte; sin embargo, no incluirá procedimientos relacionados con la etapa de calibración de los componentes mecánicos de la sierra, es decir, los aprendices no recibirán formación relacionada con manipulación del disco, motor, cintas y demás elementos que se relacionen directamente con el mecanismo de la máquina, puesto que, la manipulación y mantenimiento de estas partes están a cargo del técnico encargado del taller de maderas.

Cada uno de estos niveles, cuenta con unas herramientas, información de soporte, retroalimentación, información procedimental y una tarea de aprendizaje.

Tabla 2. Objetos generales por nivel.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Tres cortes longitudinales para una tabla.	Tres cortes con distintas alturas y anchos de corte.	Un corte para madera con irregularidad es como nudos.	Primeros auxilios a una herida incisa causada por la sierra de banco.
Tres cortes transversales para una tabla	Tres cortes con distintas alturas y ángulos de corte	Un corte en madera dura con un espesor superior a 4 cm	Primeros auxilios a una amputación de un dedo causada por un corte en la sierra de banco
		Un corte en una tabla de 12m x 12m	

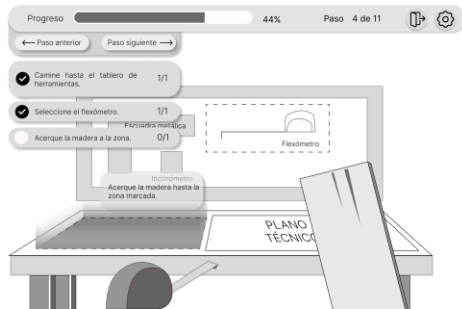
### 3.1.5 Prototipos

El primer prototipo se realizó en papel, donde se buscó definir lo que debería ver el usuario en cada paso, y en qué momento se deben implementar cada una de las características.

**Tabla 3. Principios y cómo son usados en el entorno**

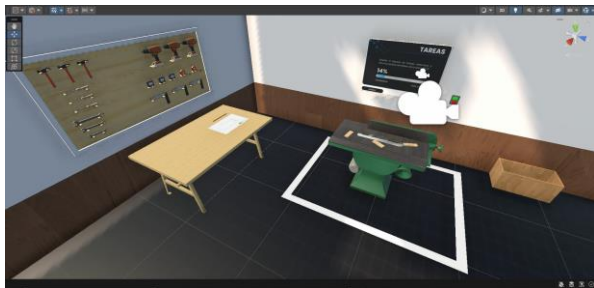
Principio	Forma en la que se usa dentro del entorno de aprendizaje
Modalidad	Canvas que muestran el paso a paso en momentos determinados junto con audios.
Señalización	Auras de color sobre objetos involucrados en una acción determinada.
Contigüidad espacial	Indicar riesgos asociados a los componentes de cada una de las máquinas.  Indicar nombre de objetos al interactuar con los mismos.
Contigüidad temporal	Indicar el paso a paso para el desarrollo de la actividad. (Canvas UI y vídeos).

Este prototipo se evolucionó a vector.



**Figura 2. Storyboard. Prototipo vectorizado.**

Para definir el espacio y la distribución del entorno se hizo un prototipo a modo de gray box en la aplicación Shapes XR. Los modelos para el prototipo final se hicieron en Rhinoceros y Blender, y la escena fue creada en Unity. Actualmente el prototipo está en fase de Desarrollo



**Figura 3. Modelos finales del entorno**

Para definir el espacio y la distribución del entorno se hizo un prototipo a modo de gray box en la aplicación Shapes XR. Los



© 2022 by the authors. This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

modelos para el prototipo final se hicieron en Rhinoceros y Blender, y la escena fue creada en Unity. Actualmente el prototipo está en fase de Desarrollo

### 3.2 Evaluación

La evaluación se hará con el procedimiento simulado, y no con la máquina real del taller, se medirá el desempeño del usuario en términos de aprendizaje en el conocimiento del procedimiento seguro para el uso de la sierra circular de banco, del grupo que hizo uso del prototipo principal con características, comparando los resultados con dos grupos de control, el primero de estos hará uso de un prototipo paralelo sin características y el segundo no usará la herramienta, sino métodos tradicionales como manuales, videos y charlas.

### 4 Conclusión

Se propone el diseño y desarrollo del entorno de aprendizaje del procedimiento de uso seguro de la sierra de banco mediante la aplicación de principios multimedia para entornos de aprendizaje complejo. Como resultado de esta investigación, se espera un incremento en la transferencia de aprendizaje de los estudiantes que hagan uso de la herramienta con respecto a los grupos de control que no harán uso de ella y que harán uso de la herramienta sin la incorporación de estos principios.

### 5 Referencias

- [1] Graham, J.D., & Chang, J. Reducing the risk of injury and from Table Saw Use: The Potential Benefits and Costs of Automatic Protection. Risk Analysis. Vol. 35 (2015) <http://doi.org/10.1111/risa.12258>
- [2] Ibarra Zubia, J. (2007). Máquinas para trabajar la madera. País Vasco: OSALAN – Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales.
- [3] Irene T., Barbara M.A., Ad J.M, Albert J.J.M. Scherpbier, J. Alfred & Jeroen J.G. Designing simulator-based training: An approach integrating cognitive task analysis and four-component instructional design. Medical teacher. (2012) 34:10, <https://doi.org/10.3109/0142159X.2012.687480>
- [4] Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. Journal of Educational Psychology, (2001) 93(2), 377–389. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.2.377>
- [5] Nemer, E., Ramirez, R., Frohmut, B., & Bergamo, R. A case study on the use of gamification and virtual reality in Professional Education. Rev Fatec Zona Sul REFAS, (2020).
- [6] Sousa Ferreira, R., Campanari, X., y Rodrigues, A. (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. Revista Científica "General José María Córdova.", 19(33), 223-241.
- [7] Van Merriënboer J. & Kester L. (S.f) The Four-Component Instructional Design Model: Multimedia Principles in Environments for Complex Learning <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.007>