

# Carga mental en simulación de baja fidelidad asociada con material instruccional interactivo

Eduardo Herrera-Aliaga<sup>a,†,\*</sup>, Ximena Moreno Gálvez<sup>b,§</sup>, Renán Orellana-Walden<sup>c,◊</sup>, Gloria Madrid Avilés<sup>d,¶</sup>, Cecilia Ruiz Arriagada<sup>d,‡</sup>

Facultad de Medicina



## Resumen

**Introducción:** Las actividades de simulación clínica a menudo se acompañan de un material instruccional de apoyo que se entrega previamente. Este, paradójicamente, puede implicar aumento de la demanda de recursos mentales para poder procesarlos. La teoría de la carga mental propone una capacidad limitada de la memoria de trabajo, por tanto, se hace necesaria la medición de la carga mental asociada con el material instruccional.

**Objetivo:** Evaluar la carga mental en simulaciones de baja fidelidad en estudiantes de enfermería, con y sin el uso de material instruccional interactivo.

**Método:** Estudio cuantitativo, experimental, diseño de caso y control. La muestra fue de 105 estudiantes, de tipo censal, con asignación aleatoria al grupo control y caso.

El grupo caso fue expuesto a material instruccional tipo video y lectura de guía de aprendizaje, versus el grupo control, expuesto solo a lectura. Se midió la carga mental con instrumento NASA-TXL, después de una simulación de baja fidelidad.

**Resultados:** Las medias de puntaje para los grupos control y caso, fueron, respectivamente: demanda mental  $5.69 \pm 1.93$  vs  $6.24 \pm 2.17$  ( $p > 0.05$ ), demanda física  $3.22 \pm 1.91$  vs  $3.47 \pm 2.13$  ( $p > 0.05$ ), demanda temporal  $4.89 \pm 2.32$  vs  $5.49 \pm 2.71$  ( $p > 0.05$ ), esfuerzo  $6.98 \pm 1.78$  vs  $7.61 \pm 1.83$  ( $p < 0.05$ ), nivel de frustración  $4.81 \pm 2.50$  vs  $6.02 \pm 2.83$  ( $p < 0.05$ ) y rendimiento  $7.91 \pm 1.49$  vs  $7.71 \pm 1.45$  ( $p > 0.05$ ).

**Conclusiones:** Existieron diferencias significativas en las escalas esfuerzo y nivel de frustración. En las escalas

<sup>a</sup> Hospital de Simulación y Laboratorios, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago, Chile.

<sup>b</sup> Escuela de Enfermería, Facultad de Ciencias para el Cuidado de la Salud, Universidad San Sebastián, Santiago, Chile.

<sup>c</sup> Programa de Magíster en Ciencias Químico-Biológicas, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago, Chile.

<sup>d</sup> Escuela de Enfermería, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago, Chile.

ORCID ID:

<sup>†</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6153-6461>

<sup>§</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6475-8580>

<sup>◊</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7575-6908>

<sup>¶</sup> <https://orcid.org/0009-0009-0676-7361>

<sup>‡</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9521-3743>

Recibido: 23-agosto-2023. Aceptado: 7-noviembre-2023.

\* Autor para correspondencia: Eduardo Herrera-Aliaga.

Correo electrónico: eduardo.herrera@ubo.cl

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

demanda mental, física y temporal, el grupo caso presenta mayores puntajes, sin diferencias significativas. El rendimiento auto percibido fue menor en el grupo caso.

**Palabras clave:** Carga mental; entrenamiento simulado; estudiantes de enfermería; material instruccional; NASA-TLX.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Mental load in low fidelity simulation associated with interactive instructional material

### Abstract

**Introduction:** Clinical simulation activities are often accompanied by pre-delivered supporting instructional material. This, paradoxically, may imply an increase in the demand for mental resources to be able to process them. The mental load theory proposes a limited capacity of the working memory, for which it is necessary to measure the mental load associated with the instructional material.

**Objective:** To evaluate mental workload in low fidelity simulations in nursing students, with and without the use of interactive instructional material.

**Method:** Quantitative, experimental, case-control design. The sample was 105 students, of census type, with random assignment to the control and case group. The case group was exposed to video-type instructional material and reading of the learning guide, versus the control group, exposed only to reading. Mental load was measured with the NASA-TLX instrument, after a low-fidelity simulation.

**Results:** The mean scores for the control and case groups were, respectively: mental demand  $5.69 \pm 1.93$  vs  $6.24 \pm 2.17$  ( $p > 0.05$ ), physical demand  $3.22 \pm 1.91$  vs  $3.47 \pm 2.13$  ( $p > 0.05$ ), temporal demand  $4.89 \pm 2.32$  vs  $5.49 \pm 2.71$  ( $p > 0.05$ ), effort  $6.98 \pm 1.78$  vs  $7.61 \pm 1.83$  ( $p < 0.05$ ), frustration level  $4.81 \pm 2.50$  vs  $6.02 \pm 2.83$  ( $p < 0.05$ ) and performance  $7.91 \pm 1.49$  vs  $7.71 \pm 1.45$  ( $p > 0.05$ ).

**Conclusions:** There were significant differences in the effort and frustration level scales. In the mental, physical and temporal demand scales, the case group presented higher scores, without significant differences. Self-perceived performance was lower in the case group.

**Key words:** Mental load; simulation training; nursing students; instructional material; NASA-TLX.

This is an Open Access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## INTRODUCCIÓN

La simulación clínica permite que el estudiante interactúe con situaciones similares a la realidad<sup>1-5</sup>, que aprenda del error, experimente emociones, genere seguridad y desarrolle sus habilidades clínicas<sup>5,6</sup>. La inserción curricular de la simulación debe considerar un nivel de complejidad creciente<sup>1,2,5,7,8</sup>, por esto, en los primeros años de la formación de pregrado de enfermería, se utiliza, principalmente, la simulación de baja fidelidad para el desarrollo de habilidades motoras básicas o técnicas<sup>1,4,5</sup>, que se basa en una baja interacción con aspectos de la realidad, asimismo, se sustenta en propósitos claros, práctica repetitiva, supervisada y con retroalimentación dirigida, y posteriormente, en razón del progreso curricular, se añaden situaciones de mayor complejidad y fidelidad<sup>1,5,6</sup>.

Es habitual la entrega de material instruccional al estudiante antes de una clase de simulación<sup>2,4</sup>, el cual contiene los objetivos que se desean alcanzar, contenido teórico y un instrumento de evaluación que oriente al estudiante al logro de un desempeño específico<sup>9</sup>. En este contexto, los contenidos virtuales han ganado terreno<sup>9</sup>, y es frecuente la entrega de material teórico escrito, audio, video, lecturas adicionales y otros<sup>4</sup>, con el propósito que los estudiantes se enfrenten a las clases con mayores herramientas y conocimiento. Partiendo del supuesto de que los jóvenes son considerados “nativos digitales”<sup>10</sup>, entregar contenido digital permitiría mayor interacción con los mismos, mayor independencia en el aprendizaje y acceso a mayor cantidad de información, basándose en el hecho de que los estudiantes universitarios utilizan tecnologías como el teléfono móvil, tanto

para la comunicación y redes sociales<sup>10,11</sup>, como para descargar material de estudio, hacer tareas y grabar clases, entre otras actividades académicas<sup>11,12</sup>.

A partir de esto, se han creado herramientas tecnológicas de uso frecuente en educación, y es innovador incluir elementos interactivos y multimedia para el aprendizaje<sup>9</sup>. Sin embargo, estos elementos pueden representar un aumento de la carga mental, la cual se relaciona con la teoría de la carga cognitiva y corresponde a la cantidad de recursos mentales que una persona debe utilizar en una tarea específica<sup>8</sup>. Esta teoría se basa en la capacidad limitada de la memoria de trabajo para procesar información y ejecutar tareas simultáneas<sup>3,13-20</sup>, y en la intensidad que tienen las actividades cognitivas complejas que el individuo debe ejecutar durante una situación de trabajo o aprendizaje<sup>21-24</sup>. En el proceso cognitivo la memoria de trabajo interpreta y procesa la información, para luego fijarla en la memoria de largo plazo y generar el aprendizaje<sup>13</sup>. En este sentido, en una misma unidad de tiempo, una sobrecarga de actividades e información genera menor conocimiento almacenado en la memoria de largo plazo, lo que puede afectar el aprendizaje<sup>8,16</sup>. Por lo anterior, es importante que el material de estudio se construya con un nivel de complejidad óptimo y se evalúe la carga mental con el fin de no superar la capacidad de la memoria de trabajo. Así también, la cantidad de carga puede ser un predictor del proceso de aprendizaje<sup>3</sup>.

Existen estudios que demuestran que las calificaciones obtenidas en cursos dictados en modalidades virtuales tienen mejores resultados en la evaluación sumativa que los cursos dictados en modalidad presencial<sup>25</sup>, lo que lleva a inferir que el material digital podría ser un elemento que aporte en la mejora del proceso formativo<sup>6</sup>. Es por ello que se hace necesario evaluar la carga mental que genera el contenido digital y valorar su aporte como material instruccional previo a las simulaciones de baja fidelidad.

## OBJETIVO

Este trabajo tuvo como propósito evaluar la carga mental en simulaciones de baja fidelidad en estudiantes de enfermería, con y sin el uso de material instruccional interactivo en una universidad privada de Santiago de Chile.

## MÉTODO

Estudio cuantitativo, experimental, diseño de caso y control. La población correspondió a estudiantes de enfermería que cursaban la asignatura Práctica Integrada II, del segundo año de la carrera, durante el año 2022. La muestra fue de tipo censal, con asignación aleatoria al grupo control y caso, y correspondió a 105 estudiantes: 54 en el grupo control y 51 en el grupo caso. Para el grupo caso la edad promedio fue  $21.53 \pm 2.98$  (rango 19-29 años) y para el grupo control fue de  $20.83 \pm 2.01$  (rango 19-34 años) ( $p > 0.05$ ).

Al grupo control se le asignó la lectura de una guía de aprendizaje previo a una simulación de baja fidelidad de aspiración de secreciones; la guía de aprendizaje consistía en contenido teórico sobre la aspiración de secreciones y que describía la ejecución paso a paso de la técnica, y contenía aproximadamente 1200 palabras; al grupo caso se le asignó la lectura de esta misma guía de aprendizaje, más la revisión de un video de la técnica de aspiración ejecutada por un docente sobre un simulador, con opciones interactivas, con una duración aproximada de 90 segundos. Este material instruccional, tanto la lectura como el video, le fue entregado a ambos grupos una semana antes de la simulación, la cual trataba sobre el mismo contenido de la lectura y el video.

A su vez, la simulación fue estructurada de modo tal que se dividió en tres componentes: inicio, práctica de la técnica de aspiración de secreciones y retroalimentación<sup>2,18</sup>; se desarrolló en forma estandarizada para ambos grupos y se consideró el mismo tiempo, número de repeticiones, insumos clínicos, simuladores y condiciones de infraestructura. Inmediatamente<sup>15,17,26</sup>, transcurridos menos de diez minutos desde el final de la retroalimentación, se midió la carga mental con el instrumento NASA-Task Load Index (NASA-TLX), tanto para el grupo control y caso.

## Instrumento

Se utilizó el instrumento NASA-TLX que mide la carga mental, en forma indirecta y subjetiva<sup>15-17,20,27-29</sup>, en seis escalas: demanda mental, demanda física, demanda temporal, esfuerzo, nivel de frustración y rendimiento global<sup>15-17,28-35</sup>. En cada escala el par-

participante gradúa entre 1 (“muy poco”) y 10 (“demasiado”) su percepción sobre lo que le demanda una actividad, basándose en la descripción de cada escala:

1. La demanda mental, se refiere a actividad mental y perceptiva que requiere la tarea (pensar, decidir, calcular, recordar, etc.)<sup>31,34,35</sup>.
2. La demanda física, hace referencia a la cantidad de actividad física necesaria para la tarea<sup>31,34,35</sup>.
3. La demanda temporal, está relacionada con la presión de tiempo percibida, la razón entre el tiempo requerido y el disponible<sup>31,34,35</sup>.
4. El esfuerzo, está en relación con el esfuerzo mental y físico que tiene que realizar el sujeto para obtener su nivel de rendimiento<sup>31,34,35</sup>.
5. Nivel de frustración, hace alusión a si el sujeto se siente inseguro, estresado, irritado, descontento durante la ejecución de la tarea<sup>31,34,35</sup>.
6. Rendimiento, se refiere al nivel de satisfacción con el rendimiento percibido sobre el logro de la tarea<sup>31,34,35</sup>.

Para la interpretación de las escalas se analizaron cada una por separado y en combinaciones. Se interpretó por separado las escalas demanda mental, demanda temporal, esfuerzo, nivel de frustración, considerando que a mayor puntaje (con límite máximo 10) se estima mayor carga.

Respecto a la escala rendimiento, en este caso, un mayor puntaje (con límite máximo 10) se considera mejor percepción de rendimiento. Las escalas combinadas se trataron de la siguiente forma: demanda mental, demanda física y demanda temporal, que hacen alusión a las características de la tarea impuesta a la persona<sup>32,34,36</sup>; y las escalas esfuerzo y nivel de frustración, que se relacionan con cómo la persona enfrenta la tarea<sup>32,34,35</sup>.

El instrumento ha sido utilizado en distintas investigaciones que incluyen ambientes laborales<sup>26,28,31,33,34,37</sup>, e incluso, más allá de su aplicación original, que era la aviación<sup>26,32</sup>, debido a su facilidad de uso<sup>31</sup>, y también en situaciones de aprendizaje en educación<sup>15,26,35</sup>, siendo validado en estos contextos, tanto en inglés<sup>15,16,26,28,32,33</sup>, como en español<sup>29,36</sup>, ya sea en la versión de cuatro escalas (TLX-4), que excluye rendimiento y frustración, y la que ha sido

utilizada en este estudio que incluye las seis escalas (TLX-6)<sup>33</sup>.

El instrumento fue entregado a los estudiantes en formato impreso con las instrucciones de llenado para cada escala y sus definiciones.

### Análisis de datos

Para el análisis de datos se obvió la fase de ponderación y se tomaron los puntajes brutos, siguiendo lo realizado por otros autores<sup>32,34-36</sup>. El análisis se hizo con base en las escalas de puntaje de 1 a 10 puntos. Para ambos grupos (control y caso) se calculó la media aritmética y la desviación estándar por cada escala; para establecer al valor de  $p$  se utilizó la prueba T-Student, con un nivel de significancia  $<0.05$ . La correlación entre las escalas fue medida a través del coeficiente de correlación producto-momento de Pearson, estableciendo un nivel de significancia  $<0.05$ . La confiabilidad se estableció a través del coeficiente omega de McDonald ( $\omega$ ), debido a la naturaleza discreta (1 a 10 puntos) de las escalas de NASA-TLX; para el grupo control, el coeficiente  $\omega$  fue de 0.58 y para el grupo caso fue de 0.74. El análisis de los datos se realizó con el software Microsoft® Excel para Mac versión 17.78.3 y con el software jamovi® para Mac, versión 2.4.8.0.

### Consideraciones éticas

La participación en el estudio fue voluntaria. A los participantes que accedieron se les aplicaron consentimientos informados. El llenado de las respuestas se realizó en condiciones anónimas. No se observan riesgos para las personas ni para el medio ambiente derivados del estudio.

### RESULTADOS

En el grupo control participaron 44 (81.50%) estudiantes que se identificaron como sexo femenino y 10 (18.50%) estudiantes que se identificaron como sexo masculino. En el grupo caso participaron 46 (90.20%) estudiantes que se identificaron como sexo femenino y 5 (9.80%) estudiantes que se identificaron como sexo masculino.

Las medias de las escalas del NASA-TLX, por separado y en combinaciones, para los grupos control y caso se muestran en la **tabla 1**.

La distribución de frecuencias se observa en la **tabla 2** para los grupos control y caso.

Se calcularon las correlaciones entre las escalas y la edad para ambos grupos (**tablas 2 y 3**).

La confiabilidad se observa en la **tabla 4**.

## DISCUSIÓN

Las escalas esfuerzo y nivel de frustración mostraron diferencias significativas entre ambos grupos, siendo las medias de ambas escalas superiores en el grupo caso (**tabla 1**). Al respecto, es de esperarse que, al incorporar un elemento interactivo, los estudiantes lo perciban como un esfuerzo adicional,

el cual requiere revisión, análisis y repetición, las veces necesarias hasta su comprensión y asimilación. Por tanto, todo material, por didáctico y eficiente que sea, genera impacto en la carga mental. Llama la atención el mayor puntaje en la escala nivel de frustración en el grupo caso, dado que se hubiera esperado un menor puntaje en este grupo, basándose en el hecho de que un video puede modelar el procedimiento que el estudiante va a realizar durante la simulación; ahora bien, esto podría explicarse de la siguiente forma: el estudiante al observar un

**Tabla 1.** Medias de las escalas NASA-TLX

Escala	Grupo control	Grupo caso	Valor p
Escalas por separado			
Demanda mental	5.69 ± 1.93	6.24 ± 2.17	0.09
Demanda física	3.22 ± 1.91	3.47 ± 2.13	0.27
Demanda temporal	4.89 ± 2.32	5.49 ± 2.71	0.11
Esfuerzo	6.98 ± 1.78	7.61 ± 1.83	0.03*
Nivel de frustración	4.81 ± 2.50	6.02 ± 2.83	0.01*
Rendimiento global	7.91 ± 1.49	7.71 ± 1.45	0.24
Combinaciones			
Tarea impuesta a la persona (demanda mental, demanda física, demanda temporal)	4.60 ± 2.29	5.07 ± 2.61	0.04*
Enfrentamiento de la persona a la tarea (esfuerzo, nivel de frustración)	5.90 ± 2.42	6.81 ± 2.50	0.004*

Media ± desviación estándar; grupo control N = 54; grupo caso N = 51; \*diferencia significativa.

**Tabla 2.** Matriz de correlaciones grupo control

Escala	Demanda mental	Demanda física	Demanda temporal	Esfuerzo	Nivel de frustración	Rendimiento global
Demanda física	0.47 (<0.05)	-	-	-	-	-
Demanda temporal	0.40 (<0.05)	0.33 (<0.05)	-	-	-	-
Esfuerzo	0.39 (<0.05)	0.45 (<0.05)	0.41 (<0.05)	-	-	-
Nivel frustración	0.01 (>0.05)	-0.01 (>0.05)	0.41 (<0.05)	0.00 (0>0.05)	-	-
Rendimiento	0.02 (>0.05)	-0.04 (>0.05)	-0.23 (>0.05)	0.18 (>0.05)	-0.59 (<0.05)	-

Coefficiente de correlación de Pearson (valor de p); N = 54.

**Tabla 3.** Matriz de correlaciones grupo caso

Escala	Demanda mental	Demanda física	Demanda temporal	Esfuerzo	Nivel de frustración	Rendimiento global
Demanda física	0.37 (<0.05)	-	-	-	-	-
Demanda temporal	0.39 (<0.05)	0.44 (<0.05)	-	-	-	-
Esfuerzo	0.41 (<0.05)	0.48 (<0.05)	0.70 (<0.05)	-	-	-
Nivel frustración	0.00 (>0.05)	0.23 (>0.05)	0.57 (<0.05)	0.33 (<0.05)	-	-
Rendimiento	0.20 (>0.05)	0.23 (>0.05)	0.12 (>0.05)	0.20 (>0.05)	-0.25 (>0.05)	-

Coefficiente de correlación de Pearson (valor de p); N = 51.

procedimiento bien realizado, con cierto nivel de producción y edición y en contraste realice la técnica en condiciones simuladas, esto marque un diferencial con lo observado de forma previa en el video (materiales, cantidad de luz, condiciones de brazo simulado). Asimismo, esto puede concordar con lo encontrado en una revisión sistemática sobre el uso de modelado con video, donde su uso aumentó la carga de tipo intrínseca y pertinente<sup>15,38</sup>.

Cuando se examina en específico la escala esfuerzo en el grupo control, se observa una correlación positiva débil con la demanda física y la demanda temporal. Para el grupo caso muestra una correlación positiva débil con la demanda mental y física, y correlación moderada con la demanda temporal; esto está en concordancia con la descripción de la escala esfuerzo: “esfuerzo mental y físico que tiene que realizar el sujeto para obtener su nivel de

rendimiento”. Ahora, al analizar las frecuencias, se obtiene que para el grupo control los niveles de carga igual o superior a 7 son alcanzados por el 61.1% de los participantes, mientras que es mayor para el grupo caso, donde los niveles de carga igual o superior a 7 son alcanzados por el 70.6% de los participantes (tabla 5). Lo anterior puede confirmar que mientras más elementos se tengan que procesar cognitivamente, mayor será la carga mental. Así también, se puede estar frente a un “efecto de redundancia”, que ocurre al utilizar simultáneamente varias fuentes de información que deben ser comprendidas por separado<sup>39</sup>; para el grupo caso, se contó con un video y una guía de aprendizaje, la guía de aprendizaje consistía en contenido teórico sobre la aspiración de secreciones y el video mostraba la ejecución de esta técnica en un simulador.

A su vez, la escala nivel de frustración, hace alu-

**Tabla 4.** Confiabilidad de NASA-TLX si se descartan escalas

Escala	Grupo control	Grupo caso
Sin escala demanda mental	0.48	0.73
Sin escala demanda física	0.51	0.71
Sin escala demanda temporal	0.46	0.63
Sin escala esfuerzo	0.46	0.65
Sin escala nivel de frustración	0.66	0.75
Sin escala rendimiento	0.69	0.78

Coefficiente omega de McDonald ( $\omega$ ).

**Tabla 5.** Distribución de frecuencias para rangos de carga

Escala	Cantidad de carga					Total
	Rango 1-2	Rango 3-4	Rango 5-6	Rango 7-8	Rango 9-10	
Demanda mental (control)	5 (9.3%)	6 (11.1%)	24 (44.4%)	17 (31.5%)	2 (3.7%)	54 (100%)
Demanda mental (caso)	1 (2.0%)	11 (21.6%)	15 (29.4%)	16 (31.4%)	8 (15.7%)	51 (100%)
Demanda física (control)	23 (42.6%)	16 (29.6%)	14 (25.9%)	0 (0%)	1 (1.9%)	54 (100%)
Demanda física (caso)	20 (39.2%)	17 (33.3%)	8 (15.7%)	5 (9.8%)	1 (2.0%)	51 (100%)
Demanda temporal (control)	11 (20.4%)	11 (20.4%)	22 (40.7)	5 (9.3%)	5 (9.3%)	54 (100%)
Demanda temporal (caso)	10 (19.6%)	9 (17.6%)	12 (23.5%)	14 (27.5%)	6 (11.8%)	51 (100%)
Esfuerzo (control)	1 (1.9%)	2 (3.7%)	18 (33.3%)	19 (35.2%)	14 (25.9%)	54 (100%)
Esfuerzo (caso)	0 (0.0%)	3 (5.9%)	12 (23.5%)	18 (35.3%)	18 (35.3%)	51 (100%)
Nivel de frustración (control)	11 (20.4%)	13 (24.1%)	18 (33.3%)	7 (13.0%)	5 (9.3%)	54 (100%)
Nivel de frustración (caso)	8 (15.7%)	7 (13.7%)	14 (27.5%)	8 (15.7%)	14 (27.5%)	51 (100%)
Rendimiento global (control)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	9 (16.7%)	23 (42.6%)	22 (40.7%)	54 (100%)
Rendimiento global (caso)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	10 (19.6%)	24 (47.1%)	17 (33.3%)	51 (100%)

Frecuencia (%); grupo control N = 54; grupo caso N = 51.

sión a si el sujeto se siente inseguro, estresado, irritado, descontento, durante la ejecución de la tarea, que fue significativamente menor en el grupo control y se correlaciona, en este grupo, de forma negativa-moderada con el rendimiento, y para el grupo caso se correlaciona de forma positiva-moderada con la demanda temporal. Al analizar las frecuencias, se obtiene que para el grupo control los niveles de carga igual o superior a 7 son alcanzados por el 22.3% de los participantes, mientras que para el grupo caso son alcanzados por el 43.2% de los participantes (**tabla 5**). Lo anterior podría estar explicado, como se comentó, en el diferencial expectativa-realidad que se produce al comparar lo ejecutado de manera experta en un video, versus la ejecución propia del procedimiento por parte del estudiante durante la simulación.

Si bien no se evidenciaron diferencias significativas en las escalas demanda mental, demanda física, demanda temporal y rendimiento global, sí se consiguieron puntajes mayores en el grupo caso versus el grupo control. La demanda mental, concebida como la cantidad de actividad mental y perceptiva necesaria para una tarea, esto es “pensar”, “decidir”, “calcular” fue superior en el grupo caso. Para ambos grupos la demanda mental tuvo correlación positiva débil con la demanda física, la demanda temporal y el esfuerzo. Al analizar las frecuencias en los niveles de carga igual o superior a 7 se observa que 35.20% de los participantes alcanza este rango para el grupo control; para el grupo caso este valor llega a 47.10% (**tabla 5**).

Respecto a la escala demanda física, el puntaje fue superior en el grupo caso. Para ambos grupos se encontró correlación positiva débil con la demanda mental, temporal y el esfuerzo. Al analizar las frecuencias en niveles de carga igual o superior a 7 se observa que 1.90% de los participantes alcanza este rango para el grupo control, y para el grupo caso este valor llega al 11.80% (**tabla 5**).

La demanda temporal fue también superior en el grupo caso. Se observa correlación con la demanda mental, demanda física, esfuerzo y nivel de frustración, para el grupo control. Cuando se examina el grupo caso se observa correlación moderada-significativa con el esfuerzo y el nivel de frustración. Al analizar la escala rendimiento, se obtiene que los

puntajes fueron superiores en el grupo control. Para el grupo control se correlaciona de forma negativa con el nivel de frustración, para el grupo caso no se encontraron correlaciones significativas. Sin embargo, debido a que el instrumento mide el rendimiento en relación con la percepción que el estudiante tiene sobre él mismo, no es posible concluir que en el grupo caso exista un rendimiento menor objetivo, lo cual debe ser medido de forma más precisa a través de evaluación auténtica del aprendizaje. A pesar de lo anterior, es posible inferir, y así también lo señalan otros autores, que el aumento de la carga mental implica disminución del rendimiento en tareas específicas<sup>20,27</sup>.

El mayor puntaje en las escalas demanda mental, demanda física, demanda temporal, esfuerzo y frustración en el grupo caso, podría derivar del hecho de incorporar el video, dado que el participante tiene que procesar más información, lo cual se condice con la teoría de la carga mental.

En general la suma de elementos a procesar cognitivamente da como resultado una mayor carga mental, lo que podría dejar pocas opciones para procesar otras actividades, y podría disminuir la precisión para realizar las tareas<sup>40</sup>. Sin bien la propia simulación implica carga mental<sup>8,15,38</sup> debido a la interacción con simuladores, el ambiente, los insumos clínicos, la ejecución de la técnica, entre otros aspectos, es destacable la carga añadida que experimentó el grupo caso y que se atribuye al material instruccional extra que fue el video, ya que ambos grupos tuvieron las mismas condiciones.

Como implicaciones prácticas para la formación de enfermería, es importante consignar que se deben realizar mediciones de la carga mental en las actividades de aprendizaje y determinar su impacto, tanto en la interacción del estudiante con una tarea, en el diseño del material instruccional y en el diseño de los ambientes de aprendizaje y establecer la relación con otras variables como edad, nivel de avance curricular, tipo de metodología, y en la incorporación de estrategias innovadoras para conocer su verdadero efecto. Asimismo, es necesario tener en cuenta el contexto donde se realizan las mediciones, porque los resultados pueden variar dependiendo de ello, por lo tanto, se requiere más investigaciones en esta área.

Como limitantes del estudio se tiene que los estudiantes perciben un rendimiento inferior en el grupo caso, sin embargo, el estudio no pudo profundizar en una evaluación auténtica del rendimiento mediante instrumentos como pauta de evaluación u otros, para determinar si es efectivo que la percepción de rendimiento menor se asocia con un aprendizaje más menguado. El estudio tampoco permite estimar cuál es el nivel de carga preciso donde ocurre o no ocurre el aprendizaje y asimismo cuál de los factores (demanda mental, demanda física, etc.) tiene mayor correlación con el aprendizaje, dado que se estima que niveles elevados de carga e incluso niveles muy bajos pueden afectar el aprendizaje<sup>26</sup>, lo que se denomina “relación parabólica”<sup>15,17</sup>. Otras limitantes tienen relación con la escasez de trabajos publicados sobre la interpretación de los datos de las escalas<sup>34-35</sup> y que la mayoría de los estudios están realizados sobre desempeño en tareas laborales. También es importante mencionar como limitación la confiabilidad del instrumento obtenida en este estudio, que puede estar asociada con la forma de medición de la escala rendimiento, que va en un sentido diferente al resto de las escalas, dado que un mayor puntaje en rendimiento implica una interpretación positiva de la actuación del sujeto, versus el resto de las escalas, donde mayor puntaje implica mayor cantidad de carga, lo que se demuestra en las mediciones de confiabilidad retirando cada escala (**tabla 4**); valores de confiabilidad cercanos a los de este estudio han sido reportado por otros autores, sin embargo fueron medidos con el coeficiente alpha de Cronbach<sup>29,33</sup>; otro reporte ha comunicado valores más altos, y en este caso se utilizó la fase de ponderación de NASA-TLX<sup>36</sup>. Finalmente, otra limitante radica en que se realizó solo una medición de carga mental; sería interesante explorar cómo evoluciona la carga en más interacciones ya sea con elementos instruccionales o con el entrenamiento, debido a que exposición repetida a estos factores puede disminuir la carga mental y aumentar el rendimiento<sup>3,15</sup>.

## CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias significativas en las escalas esfuerzo y nivel de frustración, obteniendo mayores niveles de carga el grupo caso. En las escalas demanda mental, física y temporal los puntajes en el

grupo caso fueron mayores, pero sin diferencias significativas. El rendimiento autopercebido fue menor en el grupo caso. Es necesario evidenciar el impacto en el rendimiento real a través de evaluación auténtica del aprendizaje.

## CONTRIBUCIÓN INDIVIDUAL

- EHA: Idea original, diseño de investigación, análisis estadístico, revisión de la literatura, redacción del manuscrito.
- XMG: Recolección de datos, revisión de la literatura.
- ROW: Análisis estadístico, revisión de la literatura, redacción del manuscrito
- GMA: Recolección de datos, redacción del manuscrito.
- CRA: Recolección de datos, revisión de la literatura.

## AGRADECIMIENTOS

Ninguno.

## PRESENTACIONES PREVIAS

Ninguna.

## FINANCIAMIENTO

Ninguno.

## CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno. 🔍

## REFERENCIAS

1. Illesca M, Novoa R, Cabezas M, Hernández A, González L. Simulación Clínica: opinión de estudiantes de enfermería, Universidad Autónoma de Chile, Temuco. *Enfermería (Montev.)*. 2019;8(2):51-65. <https://doi.org/10.22235/ech.v8i2.1845>
2. Piña-Jiménez I, Amador-Aguilar R. La enseñanza de la enfermería con simuladores, consideraciones teórico-pedagógicas para perfilar un modelo didáctico. *Enfer Universitaria*. 2015;12(3):152-59. <https://doi.org/10.1016/j.reu.2015.04.007>
3. Maimon NB, Bez M, Drobot D, Molcho L, Intrator N, Kakiashvilli E, Bickel A. Continuous Monitoring of Mental Load During Virtual Simulator Training for Laparoscopic Surgery Reflects Laparoscopic Dexterity: A Comparative Study Using a Novel Wireless Device. *Front Neurosci*. 2022; 15:694010. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.694010>
4. Guerra C, Carrasco P, García J. El rol de la simulación en el aprendizaje de habilidades procedimentales en estudiantes de enfermería: historia y desafíos. *Rev Med Chile*. 2022;150(2):216-



21. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872022000200216>
5. Ayala J, Romero L, Alvarado A, Cuvi G. La simulación clínica como estrategia de enseñanza-aprendizaje en ciencias de la salud. *Rev Metro Ciencia*. 2019;27(1):32-38. Disponible en: <https://revistametrociencia.com.ec/index.php/revista/article/view/60/60>
  6. Herrera-Aliaga E, Estrada LD. Trends and Innovations of Simulation for Twenty First Century Medical Education. *Front Public Health*. 2022;10:619769. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.619769>
  7. Amaya-Afanador A. Catorce pasos para introducir la simulación clínica al currículo de medicina y ciencias de la salud. *Simulación Clínica*. 2019;1(1):55-60. <https://doi.org/10.35366/RSC191I>
  8. Tremblay ML, Rethans JJ, Dolmans D. Task complexity and cognitive load in simulation-based education: A randomised trial. *Med Educ*. 2023;57(2):161-69. <https://doi.org/10.1111/medu.14941>
  9. Acevedo E, Díaz J, Cajavilca R, Cobo J. Modelo de diseño instruccional aplicado a una guía virtual en simulación clínica. *Univ Med*. 2019;60(3):5-19. <https://doi.org/10.11144/javeriana.umed60-3.mdis>
  10. Labbé C, López-Neira L, Saiz J, Vinet E, Boero P. Uso de TIC en estudiantes universitarios chilenos: enfoque desde la adultez emergente. *PEL*. 2019;56(2):1-14. <https://doi.org/10.7764/PEL.56.2.2019.2>
  11. Lavín S, Zaldívar A, Rodelo J, Zaldívar J. Utilización de smartphone por estudiantes de nivel superior. *RITI*. 2019;7(14):89-97. <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.008>
  12. Cortés M, Herrera-Aliaga E. Nomophobia: The smartphone addiction. Impact and recommendations for their proper use in healthcare teaching environment. *Rev. méd. Chile*. 2022;150(3):407-408. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872022000300407>
  13. White G. Mental load: helping clinical learners. *Clin Teach*. 2011;8(3):168-71. <https://doi.org/10.1111/j.1743-498X.2011.00458.x>
  14. Díaz-Guio D, Ricardo-Zapata A, Ospina-Velez J, Gómez-Candamil G, Mora-Martinez S, Rodriguez-Morales A. Cognitive load and performance of health care professionals in donning and doffing PPE before and after a simulation-based educational intervention and its implications during the COVID-19 pandemic for biosafety. *Le Infezioni in Medicina*. 2020;Suppl.1:111-17.
  15. Rogers BA, Franklin AE. Cognitive load experienced by nurses in simulation-based learning experiences: An integrative review. *Nurse Educ Today*. 2021;99:104815. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2021.104815>
  16. Tokuno J, Carver TE, Fried GM. Measurement and Management of Cognitive Load in Surgical Education: A Narrative Review. *J Surg Educ*. 2023;80(2):208-15. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2022.10.001>
  17. Sevchenko N, Ninaus M, Wortha F, Moeller K, Gerjets P. Measuring Cognitive Load Using In-Game Metrics of a Serious Simulation Game. *Front Psychol*. 2021 Mar 24;12:572437. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.572437>
  18. Sibbald M, Caners K, Wang B. Managing cognitive load in simulations: exploring the role of simulation technologists. *Can Med Educ J*. 2019;10(4):e48-e56.
  19. Lapierre A, Arbour C, Maheu-Cadotte MA, Radermaker M, Fontaine G, Lavoie P. Effect of simulation on cognitive load in health care professionals and students: protocol for a systematic review and meta-analysis. *JBIM Evid Synth*. 2021 Jun;19(6):1394-403. <https://doi.org/10.11124/JBIES-20-00213>
  20. Park SH, Goldberg SA, Al-Ballaa A, Tayeb B, Basurrah M, Abahuje E, Miccile C, Pozner CN, Yule S, Dias RD. Objective Measurement of Learners' Cognitive Load During Simulation-Based Trauma Team Training: A Pilot Study. *J Surg Res*. 2022;279:361-367. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.06.023>
  21. Sweller J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*. 1988;12:257-85. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202\\_4](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4)
  22. Sweller J. Element interactivity and intrinsic, extraneous and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*. 2010;22:123-38. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5>
  23. Sweller J, Cooper, G. The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*. 1985;2,59-89.
  24. Sweller J, Van Merriënboer J, Paas F. Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*. 1998;10,251-95. <https://doi.org/10.1023/a:1022193728205>
  25. Meza W, Escobar C. Educación virtual en imagenología aplicada a la terapia: ¿barrera u oportunidad de mejora? *Rev Hered Rehab*. 2020;2:37-42. <https://doi.org/10.20453/rhr.v3i2.4113>
  26. Favre-Félix J, Dziadzko M, Bauer C, Duclos A, Lehot JJ, Rimmelé T, Lilot M. High-Fidelity Simulation to Assess Task Load Index and Performance: A Prospective Observational Study. *Turk J Anaesthesiol Reanim*. 2022;50(4):282-87. <https://doi.org/10.5152/TJAR.2022.21234>
  27. Díaz-García J, González-Ponce I, Ponce-Bordón JC, López-Gajardo MÁ, Ramírez-Bravo I, Rubio-Morales A, García-Calvo T. Mental Load and Fatigue Assessment Instruments: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Dec 31;19(1):419. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010419>
  28. Lowndes BR, Forsyth KL, Blocker RC, Dean PG, Truty MJ, Heller SF, Blackmon S, Hallbeck MS, Nelson H. NASA-TLX Assessment of Surgeon Workload Variation Across Specialties. *Ann Surg*. 2020;271(4):686-92. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000003058>
  29. Díaz E, Rubio S, Martín J, Luceño L. Estudio Psicométrico del Índice de Carga Mental NASA-TLX con una Muestra de Trabajadores Españoles. *Rev. psicol. trab. organ*. 2010;26(3):191-99. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1576-59622010000300003&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1576-59622010000300003&lng=es).
  30. Hart SG, Staveland LE. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In: Hancock PA, Meshkati N, (eds.) *Advances in Psychology*.

- 1988;52:139-83. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
31. Bell SW, Kong JCH, Clark DA, Carne P, Skinner S, Pillinger S, Burton P, Brown W. The National Aeronautics and Space Administration-task load index: NASA-TLX: evaluation of its use in surgery. *ANZ J Surg.* 2022 Nov;92(11):3022-28. <https://doi.org/10.1111/ans.17830>
  32. Said S, Gozdzik M, Roche TR, Braun J, Rössler J, Kaserer A, Spahn DR, Nöthiger CB, Tscholl DW. Validation of the Raw National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX) Questionnaire to Assess Perceived Workload in Patient Monitoring Tasks: Pooled Analysis Study Using Mixed Models. *J Med Internet Res.* 2020 Sep 7;22(9):e19472. <https://doi.org/10.2196/19472>
  33. Hernandez R, Rol S, Jin H, Schneider S, Pyatak E. Validation of the National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX) Adapted for the Whole Day Repeated Measures Context. *Ergonomics.* 2022;65(7):960-75. <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.2006317>
  34. López I, Rubio S, García J, Luceño L. Fase de ponderación del NASA-TLX: ¿Un paso necesario en la aplicación del instrumento? *EduPsykhé. Revista de psicología y psicopedagogía.* 2010;9(2):159-75. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3437172>
  35. López-Núñez I, Rubio-Valdehita S, Díaz-Ramiro E. Cambios producidos por la adaptación al EEES en la carga de trabajo de estudiantes de Psicología. *REP.* 2019;77(272):163-76. <https://doi.org/10.22550/REP77-1-2019-02>
  36. Olivares V, Jélvez C, Mena L, Lavarello J. Estudios sobre Burnout y Carga Mental en Conductores del Transporte Público de Chile (Transantiago). *Cienc Trab.* 2013; 15(48):173-78. <http://doi.org/10.4067/S0718-24492013000300011>
  37. Lebet RM, Hasbani NR, Sisko MT, Agus MSD, Nadkarni VM, Wypij D, Curley MAQ. Nurses' Perceptions of Workload Burden in Pediatric Critical Care. *Am J Crit Care.* 2021;30(1):27-35. <https://doi.org/10.4037/ajcc2021725>
  38. Josephsen J. Cognitive load measurement, Worked-out modeling, and simulation. *Clinical Simulation in Nursing.* 2018;23:10-5. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2018.07.004>
  39. Farias M, Obilinovic K, Orrego R. El principio y efecto de redundancia en la retención y transferencia de expresiones idiomáticas en inglés como lengua extranjera. *Íkala, revista de lenguaje y cultura.* 2013;18(1):9-17. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=255026360007>
  40. Ruiz-Rabelo J, Navarro-Rodríguez E, Di-Stasi L, Díaz-Jiménez N, Cabrera-Bermon J, Díaz-Iglesias C, Gomez-Alvarez M, Briceño-Delgado J. Validation of the NASA-TLX Score in Ongoing Assessment of Mental Workload During a Laparoscopic Learning Curve in Bariatric Surgery. *Obes Surg.* 2015;25(12):2451-56. <https://doi.org/10.1007/s11695-015-1922-1>