



**tic**

Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC

Ed. 26\_Vol.7\_nº3  
Septiembre\_Diciembre\_18

Publicación trimestral

ISSN: 2254-3376



### **3C TIC. Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC.**

Periodicidad trimestral. *Quarterly periodicity.*

Edición 26. Volumen 7, Número 3 (Septiembre - Diciembre '18). *Edition 26. Volume 7, Issue 3 (September - December '18).*

Tirada nacional e internacional. *National and internacional circulation.*

Artículos revisados por el método de evaluación de pares de doble ciego. *Articles reviewed by the double blind peer evaluation method.*

ISSN: 2254-3376

Nº de Depósito Legal: A 268 – 2012

DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctic.2018.73>

Edita:

Área de Innovación y Desarrollo, S.L.

C/ Els Alzamora 17, Alcoy, Alicante (España)

Tel: 965030572

Contacto: María J. Vilaplana Aparicio

[info@3ciencias.com](mailto:info@3ciencias.com) \_ [www.3ciencias.com](http://www.3ciencias.com)

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos citando la fuente y el autor. *This publication may be reproduced by mentioning the source and the authors.*  
Copyright © Área de Innovación y Desarrollo, S.L.





## OBJETIVO EDITORIAL

---

La Editorial científica 3Ciencias pretende transmitir a la sociedad ideas y proyectos innovadores, plasmados, o bien en artículos originales sometidos a revisión por expertos, o bien en los libros publicados con la más alta calidad científica y técnica.

## NUESTRO PÚBLICO

---

- Personal investigador.
- Doctorandos.
- Profesores de universidad.
- Oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI).
- Empresas que desarrollan labor investigadora y quieran publicar alguno de sus estudios.

## COBERTURA TEMÁTICA

---

3C TIC es una revista de carácter científico-social en la que se difunden trabajos originales que tratan sobre la aplicación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y las Telecomunicaciones a la Sociedad, la Educación y la Gestión Empresarial.

## INFORMACIÓN PARA AUTORES

---

Toda la información sobre el envío de originales se puede encontrar en el siguiente enlace:  
<http://www.3ciencias.com/normas-de-publicacion/instrucciones-para-el-envio-de-articulos/>

## PUBLISHING GOAL

---

3C Ciencias wants to transmit to society innovative projects and ideas. This goal is reached through the publication of original articles which are subjected to peer review or through the publication of scientific books.

## OUR TARGET

---

- Research staff.
- PhD students.
- Professors.
- Research Results Transfer Office.
- Companies that develop research and want to publish some of their works.

## THEMATIC COVERAGE

---

3C TIC is a scientific-social journal that spreads original works related with the application of Information and Communication Technologies (ICT) and Telecommunications to Society, Education and Business Management.

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

---

All information about sending originals can be found at the following link:  
<https://www.3ciencias.com/en/regulations/instructions/>

## INDIZADO POR INDEXED BY

Plataforma de evaluación de revistas



Bases de datos internacionales selectivas



Directorios selectivos



Hemerotecas selectivas



Buscadores de literatura científica en acceso abierto



/SUMARIO/



Algoritmo de Karatsuba en contexto aditivo

*Karatsuba algorithm in additive context*

Jesús Ayuso Pérez

10

---

Factores que afectan la adopción de las TIC en el sector manufacturero de calzado de Tungurahua, Ecuador

*Factors that affect the adoption of itc in the footwear manufacturing sector of Tungurahua, Ecuador*

Vasilica Maria Margalina y Freddy Edgar Robalino Peña

22

---

Infraestructura de comunicación de datos para administrar la información de juicios laborales en México

*Data communication infrastructure to manage labor litigation information in Mexico*

Cruz Oswaldo del Toro Mejia, Juan Garcia Virgen, Ramona Evelia Chávez Valdéz y J. Reyes

Benavides Delgado

40

---

Juegos serios basados en técnicas de interacción de realidad aumentada tangible para la rehabilitación cognitiva

*Serious games based on tangible augmented reality interaction techniques for cognitive rehabilitation*

José Antonio Leyva Regalón, Irisleydis Mayol Céspedes, Yolanda Soler Pellicer y Pedro Gómez Ávila

58

---

Rúbrica para evaluar ambientes virtuales de aprendizaje

*Rubric to evaluate virtual learning environments*

Miguel Navarro Rodríguez, Rubén Edel Navarro y Ramona Imelda García López

80

---

/01/

# ALGORITMO DE KARATSUBA EN CONTEXTO ADITIVO

## KARATSUBA ALGORITHM IN ADDITIVE CONTEXT

---

**Jesús Ayuso Pérez**

Compositor musical. Licenciado en Ingeniería Informática por la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) (España).

E-mail: [ayusoperez@terra.com](mailto:ayusoperez@terra.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8287-6089>

**Recepción:** 06/04/2018. **Aceptación:** 15/06/2018. **Publicación:** 28/09/2018

### **Citación sugerida:**

Ayuso Pérez, J. (2018). Algoritmo de Karatsuba en contexto aditivo. *3C TIC. Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 7(3), 10-21. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3ctic.2018.73.10-21>

## RESUMEN

El algoritmo dado por Anatoly Alexeevitch Karatsuba en 1960 (Karatsuba, 1962) para la multiplicación no es únicamente aplicable en un contexto multiplicativo, se puede aplicar a cualquier contexto algebraico que se defina partiendo de una relación de equivalencia bien formada previa (Ayuso 2018). El hecho de que el citado método sea perfectamente extrapolable a distintos ámbitos algebraicos (Ayuso, 2013-2018) abre la puerta a su utilización en un contexto aditivo. De ahí que en el presente documento se proponga un algoritmo de adición entre enteros basado en dicho concepto.

## ABSTRACT

*The algorithm given by Anatoly Alexeevitch Karatsuba in 1960 (Karatsuba, 1962) for multiplication does not apply only in a multiplicative context, it can be applied to an algebraic context that is defined starting from a previous well-formed equivalence relation (Ayuso 2018). The fact that the aforementioned method is perfectly extrapolated to different algebraic areas (Ayuso, 2013-2018) opens the door to its use in an additive context. Hence, in this document, an integer selection algorithm based on this concept was proposed.*

## PALABRAS CLAVE

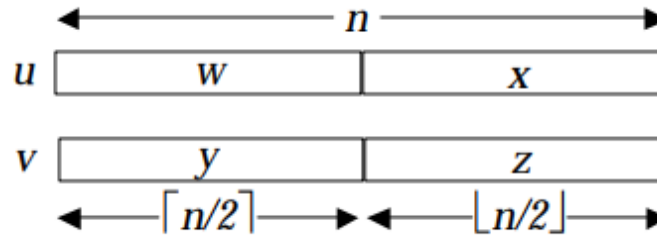
Karatsuba, Algoritmo, Adición, Sucesor, Grupo Abeliano.

## KEY WORDS

*Karatsuba, Algorithm, Addition, Successor, Abelian group.*

## 1. INTRODUCCIÓN

De la misma manera que la multiplicación entre enteros de longitud  $n$  puede descomponerse (Karatsuba, 1962) siguiendo un criterio de partición binaria, la adición entre enteros, por ejemplo  $u$  más  $v$ , es igualmente afrontable a través del mismo tipo de subdivisión:



**Ilustración 1.** Ilustración de la descomposición de Karatsuba.

Fuente: elaboración propia.

Con el apoyo de la bibliografía, se puede recordar cómo dicha operación dentro de un contexto multiplicativo,  $u * v$ , se expresa matemáticamente usando el citado algoritmo como:

$$u * v = (w \ y) 10^n + (w \ z + x \ y) 10^{n/2} + x \ z$$

**Fórmula 1.** Algoritmo de Karatsuba de multiplicación entre enteros.

Con la definición en Fórmula 1, y teniendo en cuenta que la adición entre enteros de longitud  $n$  puede definirse como una composición de cálculos de sucesores (Booth, 1951), de manera que se denota la operación de cálculo del  $y$ -ésimo sucesor de  $w$  como:

$$\begin{aligned} s^0(w) &= w \\ s^1(w) &= \text{successor}(w) \\ s^y(w) &= s(s(\dots s(w) \dots)) \end{aligned}$$

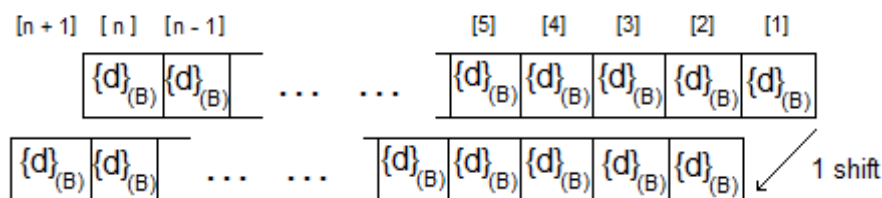
**Ilustración 2.** Notación para operación de cálculos de sucesores.

Partiendo de la nomenclatura anterior, sin requerir de más desarrollo matemático, el resultado directo de aplicar la expresión que figura en la Fórmula 1 al cómputo de operaciones en nuestro contexto aditivo quedaría modelado con la fórmula:

$$u+v = (s^1(0) \vee s^0(0))10^n \mid (s^1(w+y) \vee s^0(w+y))10^{n/2} \mid (x+z)$$

**Fórmula 2.** Algoritmo de Karatsuba de adición entre enteros.

Dicho esto, se entenderá la adición de un entero como la concatenación de elementos sucesores de los elementos involucrados en la operación teniendo en cuenta ciertas potencias por la base en la que se está trabajando, en este caso: base 10; las cuales suelen significar simples desplazamientos. Entendidos estos últimos como una acción de trasladar dígitos,  $d$ , en determinada base,  $B$ , cambiando su peso significativo; tal que como refleja la Ilustración 3:



**Ilustración 3.** Técnica de desplazamiento de dígitos en determinada Base.

**Fuente:** elaboración propia.

## 2. METODOLOGÍA

Asentando un marco teórico inicial más específico que servirá de apoyo más detallado, y partiendo de que en la presente exposición se hará uso exclusivamente de pseudocódigo, en el sentido más estrictamente computacional, para exponer los distintos algoritmos y métodos propuestos, sin vincularlos a ningún lenguaje de programación concreto, pues el análisis presentado en este artículo

Se entenderá la adición de un entero como la concatenación de elementos sucesores de los elementos involucrados en la operación teniendo en cuenta ciertas potencias por la base en la que se está trabajando, en este caso: base 10.

El método de optimización original fue concebido por Karatsuba dentro de un contexto multiplicativo, consiguiendo demostrar que el producto de 2 enteros podía calcularse en un orden de complejidad inferior al que estaba tradicionalmente aceptado:  $\theta(n^2)$ . De ahí el más que justificado interés por tratar de rebajar ese  $\theta(n)$  que se presupone como orden de complejidad para la suma de 2 enteros.

El concepto que explotó Karatsuba fue el de hacer un particionado, el cual se suele modelar de una manera muy limpia a través de una estrategia recursiva. Dicha fragmentación produce la ventaja de que los cálculos parciales de esa partición son reutilizables para computar de una forma más ligera el cálculo más general, en que se subdivide cada tarea, de la deconstrucción de la operación multiplicativa (Ayuso, 2013-2018). Con ellos, dentro del contexto multiplicativo en el que, como se ha indicado, Karatsuba definió su algoritmo, lograba ahorrar una multiplicación de la susodicha subdivisión, en ese proceso de fragmentación, consiguiendo el mismo efecto algebraico a través de operaciones aditivas: más concretamente, sumas y restas, las cuales son computacionalmente menos costosas; similar al concepto empleado por Booth (Booth, 1951) pero sin esa partición binaria.

Existen alternativas documentadas o mejoras para el algoritmo primigenio descrito por Karatsuba, por ejemplo, emplearlo sobre cuerpos de otras características: generalizándolo para la multiplicación entre polinomios, o soluciones que explotan su susceptibilidad de ser paralelizado... El presente artículo se desvincula absolutamente de esas líneas de investigación, haciendo un cambio radical del contexto algebraico en que el Karatsuba ideó su método.

Al margen de los estudios derivados de este concepto, el proceso mostrado aquí será igualmente dividir el cálculo total en subproblemas más simples y, del mismo modo que, para el método original, asustentar en la menor complejidad computación de las operaciones que componen a aquella que se está calculando, evidentemente manteniendo la validez algebraica de las transformaciones, para que el resultado sea el correcto, tal y como hizo Karatsuba (1962). Con la consiguiente aportación que esto supone, es decir, dando una mayor magnitud a la mentada herramienta algorítmica, y la aceleración de la operación aditiva que nos ocupa.

```
result = m;

for(int i = 0; i < n; i++)
    result = successor(result);
```

**Algoritmo 1.** Algoritmo para el cálculo del sucesor (successor).

Con la anterior operación mencionada en Algoritmo 1 ya se puede describir el algoritmo de adición mediante la técnica descrita por Karatsuba para la multiplicación. Aplicando la fórmula que consta en Fórmula 2 se obtendría que el resultado de sumar a un entero  $u$  de longitud  $n$  el entero  $v$  también de longitud  $n$  sería:

```

if(n == 1)      // CASO BASE
    return successor(v, u);

w = u / 10^(n / 2);
x = u % 10^(n / 2);

y = v / 10^(n / 2);
z = v % 10^(n / 2);

t1 = addKaratsuba(x, z);

if( length(t1) > n / 2 )           // desplz. Base 10
    return successor(1, addKaratsuba(w, y) * 10^(n / 2)
        + (t1 % 10^(n / 2)));

t2 = addKaratsuba(w, y);

if( length(t2) > n / 2 )
    return successor(1, 0) * 10^n           // desplz. Base 10
        + (t2 % 10^(n / 2)) * 10^(n / 2) + t1;

    return t2 * 10^(n / 2) + t1;

```

**Algoritmo 2.** Algoritmo recursivo de adición por Karatsuba (addKaratsuba).

Se entiende que la operación length del código que figura sobre estas líneas, devuelve el número de dígitos, en base 10 en este caso, de los que consta el operando.

En primer lugar, puntualizar las operaciones de módulos, divisiones y productos por la base en el Algoritmo 2. Han sido expresados de esa manera en el anterior algoritmo para mejorar la legibilidad de los mismos, pero a efectos prácticos se pueden traducir en la obtención de los  $n$  dígitos superiores o inferiores de determinado operando y desplazamientos, algo que se destaca porque está relacionado con la eficiencia que puede esperarse de la presente solución. En segundo lugar, hacer notar como igualmente las operaciones de concatenación de valores han sido expresadas



mediante el símbolo '+' y ciertos desplazamientos supeditados a la base en la que se está trabajando. Ídem, su implementación real podría abordarse de una manera mucho más óptima, como simples concatenaciones y establecimientos.

Para conseguir visualizar mejor la descomposición binaria que se hace del problema mediante la técnica de Karatsuba, se utilizarán varios ejemplos y se intentará dar una representación gráfica del particionado en subproblemas que se realiza de la operación original.

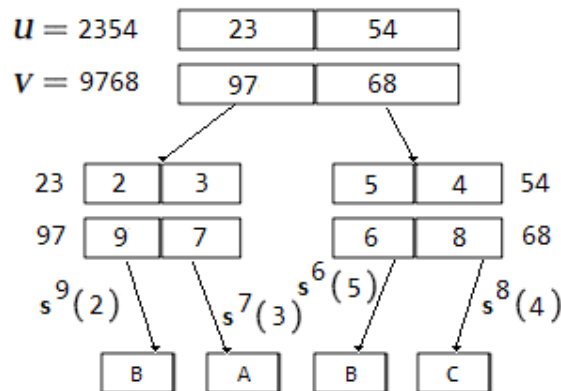
En el primero de ellos, se va a trabajar en una nomenclatura diferente de la base decimal para poder profundizar en el concepto de elemento sucesor del contexto algebraico, es por ello que se utilizará la siguiente tabla de símbolos:

Nº decimal	símbolo	Nº decimal	símbolo	Nº decimal	símbolo
0	0	7	7	14	E
1	1	8	8	15	F
2	2	9	9	16	G
3	3	10	A	17	H
4	4	11	B	18	I
5	5	12	C	19	J
6	6	13	D		

**Ilustración 4.** Tabla de acciones de Booth.

**Fuente:** elaboración propia.

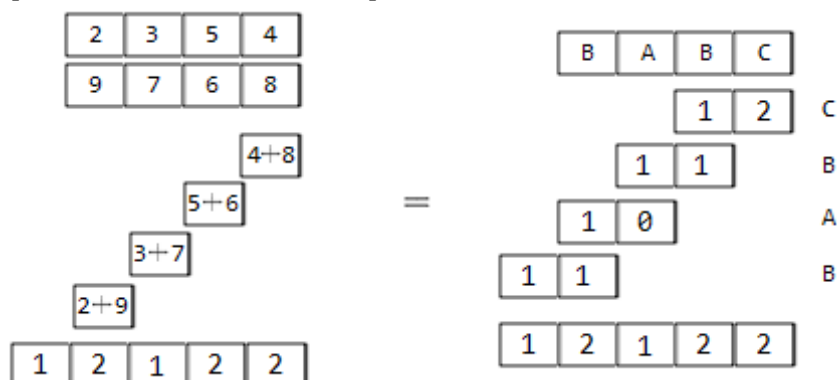
Establecida la anterior tabla de símbolos, se muestra el primero ejemplo, en el que se van a sumar los números enteros:  $2354 + 9768$ .



**Ilustración 5.** Técnica de particionado binario mediante Karatsuba, e.g.  $2354 + 9768$ .

**Fuente:** elaboración propia.

La figura anterior ilustra la descomposición recursiva realizada por el algoritmo de Karatsuba aplicada a la relación aditiva definida sobre los números enteros. Se observa cómo el cómputo final consiste únicamente en ubicar en la posición correspondiente el elemento en cuestión, que es el resultado de moverse ordinalmente, desde un elemento, al elemento que esté a la distancia designada por el otro operando. El resultado está enmascarado entre la nomenclatura designada en la Ilustración 4 para denotar a los sucesores, pero la solución es la correcta:



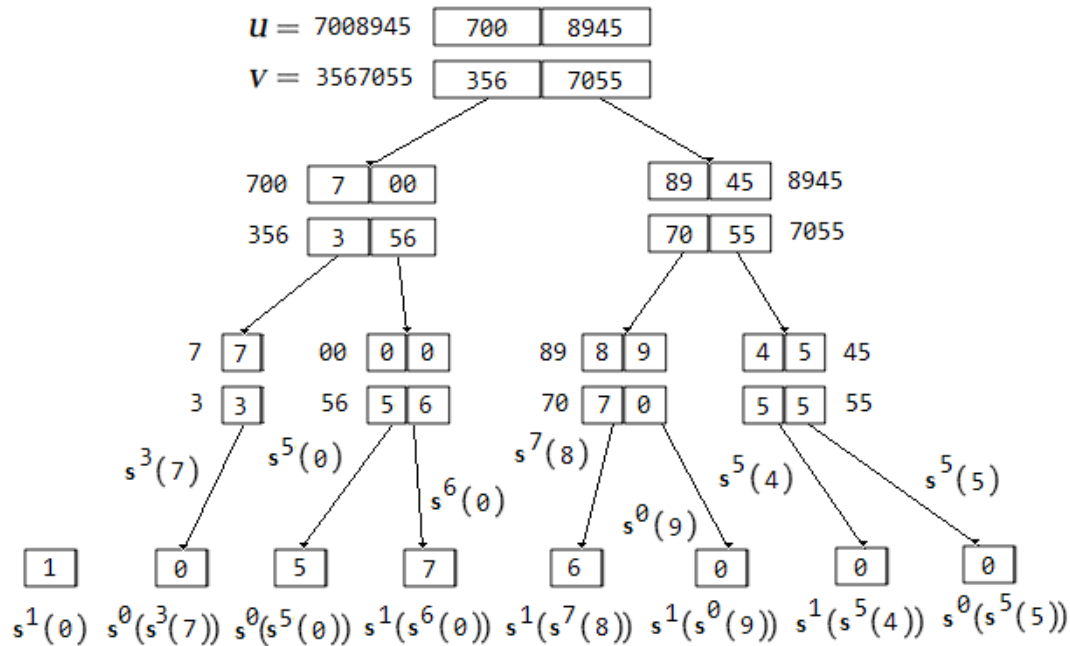
**Ilustración 6.** Correspondencia entre símbolos elementos sucesores y algoritmo.

**Fuente:** elaboración propia.

Tanto la Ilustración 5 como la Ilustración 6 muestran el mismo cálculo, pero en el primer caso el resultado requiere de un último paso final para deshacer la representación mostrada en la Ilustración 4 que sirve, en el punto en que está la redacción, para explicar de una forma conceptualmente más exacta la transformación algebraica que se realiza.

Una vez destacado con este primer ejemplo el papel que juega el trabajar con el concepto de sucesor de un elemento de nuestra estructura algebraica, se pasa al segundo ejemplo, pero esta vez trabajando directamente con el concepto de operación de sucesor y el papel que juega en la representación por peso posición que se utiliza actualmente en los operandos.

Ahora se va a ejemplificar gráficamente el caso de la adición entre: 7008945 y 3567055:



**Ilustración 7.** Técnica de particionado aditivo mediante Karatsuba, e.g.  $7008945 + 3567055$ .

**Fuente:** elaboración propia.

En el nuevo caso, en la Ilustración 7 se nota mejor ese efecto de peso simbólico que es arrastrado en la representación de la información fruto de proyectar algunos elementos contra su sucesor con respecto a la relación ordinal definida en la estructura de grupo en la que se está trabajando (Ayuso, 2013-2018), para el presente desarrollo: un grupo abeliano.

Hay que entender para una comprensión correcta de lo expuesto que el cómputo que se busca calcular en el fondo es:

$$s^{3567055}(7008945)$$

**Fórmula 3.** Cálculo en nomenclatura de sucesores para la Ilustración 5.  $7008945 + 3567055$ .

Sin embargo, existe un estrecho vínculo entre estos algoritmos y la manera en la que es representada la información, normalmente con sistemas numéricos posicionales: mayormente el sistema arábigo. De ahí que esa proyección a elementos sucesores se acabe computando igualmente de manera posicional, por eficiencia, provocando ese comportamiento tradicionalmente comprendido como

acarreo, y que para este artículo a diferencia se concibe conceptualmente como una proyección ordinal de mayor magnitud (Booth, 1951) debido al peso significativo del dígito en el sistema numérico posicional.

Existe un estrecho vínculo entre estos algoritmos y la manera en la que es representada la información, normalmente con sistemas numéricos posicionales: mayormente el sistema arábigo.

Finalmente, también destacar cómo en la solución presentada se ha utilizado un tamaño de caso base:  $n$  igual a 1. En los algoritmos de este tipo, precisar el tamaño del caso base puede ser crucial de cara a explotar la eficiencia de la solución. Para los objetivos de este documento ese detalle quedaba fuera del ámbito del estudio que se ha realizado.

## 4. CONCLUSIONES

Aplicar el algoritmo de Karatsuba a otros contextos algebraicos permite extrapolar dicha herramienta algorítmica a un mayor número de escenarios, con la repercusión directa que esto supone: una alternativa más para abordar los cálculos, además de la capacidad de subdividir nuestra operación en problemas más pequeños. Con lo cual, se abre una puerta a paradigmas más susceptibles de un proceso de paralelización y a una mayor simplicidad en los cálculos a realizar.

En conclusión, el concepto propuesto por Karatsuba es extensible a distintas estructuras algebraicas, ofreciendo siempre la posibilidad de realizar un particionado de la operación, encajando de forma muy natural en un enfoque recursivo, y de esta manera reducir el problema a un conjunto de subproblemas de tamaño más reducido con una unión final del resultado de todos ellos: para la obtención del resultado al problema global.

El estudio, por otra parte, no sólo evidencia como ya se ha comentado esa adaptabilidad del concepto a otros contextos, con ese desarraigo del terreno en que fue concebido, sino que además proporciona una solución diferente para abordar el cómputo de la suma, e incluso la resta entre enteros de gran longitud poniendo a disposición las ya consabidas ventajas que ofrece esta idea en lo que a optimización y rendimiento se refiere, y dejando en entre dicho esos órdenes de complejidad tácitos para los algoritmos tradicionales.

Como posible futura línea de investigación, se pueden tratar de aplicar los conceptos descritos a entornos donde la operación aditiva se defina sobre un grupo abeliano diferente al tratado en el presente documento.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayuso, J.** (2015a). Booth algorithm operations addition and subtraction. *3C TIC*, 4(2), pp. 113-119.
- Ayuso, J.** (2015b). Booth algorithm modular arithmetic operations of addition and subtraction. *3C TIC*, 4(3), pp. 222-229.
- Ayuso, J.** (2015c). Booth algorithm modular arithmetic operations of multiplication. *3C TIC*, 4(4), pp. 255-221.
- Ayuso, J.** (2016a). Booth algorithm operations modular inverse. *3C TIC*, 5(2), pp. 28-41.
- Ayuso, J.** (2016b). Booth algorithm in signed-digit representation. *3C TIC*, 5(3), pp. 33-43.
- Ayuso, J.** (2017a). Booth algorithm in modular exponentiation operations. *3C TIC*, 6(2), pp. 1-12.
- Ayuso, J.** (2017b). Booth algorithm hardware operations addition and subtraction. *3C TIC*, 6(3), pp. 1-9.
- Ayuso, J.** (2017c). Booth algorithm in arity with multiple operands. *3C TIC*, 6(4), pp. 19-26.
- Ayuso, J.** (2018). Karatsuba algorithm operations exponentiation. *3C TIC*, 7(1), pp. 13-20.
- Bellman, R.** (1954). The theory of dynamic programming. *Bulletin of the American Mathematical Society*, pp. 503-516.
- Booth, A. D.** (1945). A method of calculating reciprocal spacings for X-ray reflections from a monoclinic crystal. *J. Sci. Instr.*, 22, pp. 74.
- Booth, A. D.** (1951). A signed binary multiplication technique. *Q. J. Mech. and Appl. Math.*, 4(2), pp. 236-240.
- Booth, A. D. y Britten, K. H. V.** (1947). *General Considerations in the Design of an Electronic Computer.*
- Euclid of Alexandria.** (1557). *Elements*. T.L. Heath's.
- Karatsuba, A. y Ofman, Y.** (1962). Multiplication of multidigit numbers on automata. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 145, pp. 293-294.
- Newton, I.** (1669). *De analysi per aequationes numero terminorum infinitas.*
- Pascal, B.** (1654). *Traité du Triangle Arithmétique.*

*/02/*

# FACTORES QUE AFECTAN LA ADOPCIÓN DE LAS TIC EN EL SECTOR MANUFACTURERO DE CALZADO DE TUNGURAHUA, ECUADOR

## FACTORS THAT AFFECT THE ADOPTION OF ITC IN THE FOOTWEAR MANUFACTURING SECTOR OF TUNGURAHUA, ECUADOR

---

**Vasilica Maria Margalina**

Profesora Investigadora. Facultad de Contabilidad y Auditoría. Universidad Técnica de Ambato (Ecuador).

E-mail: [mm.vasilica@uta.edu.ec](mailto:mm.vasilica@uta.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8479-8966>

**Freddy Edgar Robalino Peña**

Profesor. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Universidad Técnica de Ambato (Ecuador).

E-mail: [frobalino@uta.edu.ec](mailto:frobalino@uta.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8774-4560>

**Recepción:** 19/04/2018. **Aceptación:** 19/06/2018. **Publicación:** 28/09/2018

### **Citación sugerida:**

Margalina, V. M. y Robalino Peña, F. E. (2018). Factores que afectan la adopción de las TIC en el sector manufacturero de calzado de Tungurahua, Ecuador. *3C TIC. Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 7(3), 22-39. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3ctic.2018.73.22-39>

## RESUMEN

En la presente investigación se analizó el uso de aplicaciones TIC en el sector manufacturero de calzado de la provincia de Tungurahua (Ecuador) y los factores que afectan su uso, como la alfabetización digital de los dueños y/o gerentes y el tamaño de las empresas. Con este objetivo, se realizó un análisis empírico de una muestra de 233 empresas de la provincia. Los datos fueron obtenidos mediante la aplicación de una encuesta y analizados utilizando técnicas descriptivas y el coeficiente de correlación de Spearman. Los resultados muestran que existe un escaso uso de las TIC en estas empresas y que los dueños y/o gerentes tienen un bajo nivel de alfabetización digital. Los coeficientes de correlación de Spearman arrojan una relación significativa entre alfabetización digital, el tamaño de las empresas y el uso de aplicaciones TIC. Adicionalmente, se encontró una correlación significativa entre las características del dueño y/o gerente (género, edad y educación) y el nivel de alfabetización digital. Los resultados de la investigación deben ser tomados en cuenta en el diseño e implementación de políticas públicas para el desarrollo de las TIC en el sector manufacturero.

## ABSTRACT

*In this research, the use of ICT in the footwear manufacturing sector of Tungurahua, Ecuador, and the factors that affect their use, such as, digital literacy of the owners and/or managers, have been analyzed. For this purpose, an empirical analysis of sample of 233 firms of the province has been performed. Data has been obtained by applying a survey and analyzed using descriptive techniques and the Spearman correlation coefficient. Results show a low level of ICT use in these companies and that the owners and/or managers have low levels of digital literacy. Spearman correlation coefficients show a significant relationship between digital literacy and firm size and the use of ICT applications. Additionally, it has been found a significant correlation between owner's and/or manager's characteristics (gender, age and education) and the level of digital literacy. The results should be considered in the design and implementation of public policies for the ITC development in the manufacturing sector.*

## PALABRAS CLAVE

Alfabetización digital, Sector manufactura, Sector calzado, Tamaño empresas, TIC.

## KEY WORDS

*Digital literacy, ITC, Manufacturing sector, Footwear sector, Firm size.*



## 1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), el comercio electrónico y otras aplicaciones crean nuevas oportunidades para el crecimiento y el desarrollo, apoyando las actividades de producción y la innovación. Hoy en día es más fácil para las pequeñas empresas y los emprendedores conectarse a los mercados globales e innovar. Sin embargo, tal como se advierte en el Information Economy Report 2017 (UNCTAD, 2017), la digitalización de la economía está acompañada de ciertos riesgos sobre todo para los países en desarrollo. El informe advierte de que la digitalización puede aumentar la desigualdad en los ingresos y que existe el riesgo de que las ganancias de la productividad se concentren en las manos de unos pocos individuos ricos y altamente cualificados.

De acuerdo con The Global Information Technology Report 2016 (Foro Económico Mundial, 2016), el grado de desarrollo de las TIC en América Latina y el Caribe es muy disperso, con una diferencia de casi 100 puestos en el índice de conectividad entre Chile (38) y Haití (137). En el caso de Ecuador, el gobierno y las empresas de telecomunicaciones han hecho esfuerzos para mejorar la infraestructura y las políticas públicas para disminuir la brecha digital (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2017). El país ha hecho importantes avances en los últimos años, pero el nivel de desarrollo de las TIC comparado con el de los países desarrollados y de países de la región como Chile, sigue siendo bajo. Ecuador ocupa el puesto 82 de 139 a nivel global en el índice de preparación de conectividad elaborado por el Foro Económico Mundial (2016).

Actualmente, Ecuador tiene una economía exportadora-primaria con una alta dependencia en la extracción de los recursos naturales. Por esta razón, las políticas del gobierno en los últimos años se han orientado hacia el cambio de la matriz productiva para impulsar una economía basada en el aprovechamiento de los recursos naturales para producir productos de mayor valor añadido. En este sentido, las inversiones del Gobierno se han centrado en la mejora de la infraestructura de transporte y tecnológica. En cuanto, las TIC, la meta para el 2021 es de incrementar de 4.6 a 5.6 el Índice de Desarrollo de Tecnologías de la Información y Comunicación (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017).

El sector manufacturero tiene una de las mayores contribuciones al PIB del país, del 12% (Ministerio de Industrias y Productividad, 2014). También es el sector que más inversión ha realizado en TIC, el 24.6% del total de 66.7% empresas que han llevado a cabo este tipo de inversión son manufactureras, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2015). Sin embargo, el país ha registrado un declive en el crecimiento de su productividad (Kim y Ferrer Morera, 2017) y el sector calzado es el que ha registrado la mayor reducción de las exportaciones (PROECUADOR).

Dentro de la Zona 3, el sector del cuero y calzado es uno de los encadenamientos prioritarios, y en la provincia de Tungurahua se encuentran el mayor número de establecimientos (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2015). Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es analizar el nivel de uso de aplicaciones TIC en las empresas manufactureras de calzado de la provincia de Tungurahua y el impacto de factores como la alfabetización digital y las ventas en el uso de estas aplicaciones.

El objetivo de la presente investigación es analizar el nivel de uso de aplicaciones TIC en las empresas manufactureras de calzado de la provincia de Tungurahua y el impacto de factores como la alfabetización digital y las ventas en el uso de estas aplicaciones.

## 2. LAS TIC Y EL CRECIMIENTO EMPRESARIAL Y ECONÓMICO

The Global Information Technology Report 2016 señala que la falta de inversión en TIC repercute en la innovación y el desempeño de los sectores económicos. Esta conclusión está confirmada por el análisis empírico efectuado por Quiroga-Parra, Torrent-Sellens y Murcia-Zorrilla (2017), que mediante un estudio comparativo muestran que existe una diferencia significativa en el nivel de adopción de las TIC entre los países desarrollados y los países de América Latina. Los mismos autores han encontrado una alta correlación positiva entre la adopción de las TIC y la productividad de los países analizados. Otros estudios se enfocan en el análisis del uso de las TIC y su impacto en las empresas. Werber, Rajcovic, Uhr y Znidarsic (2015) han realizado un análisis de una muestra de micro y pequeñas empresas de Eslovenia y han demostrado que existe una correlación entre el uso de las TIC y su éxito.

Adicionalmente, los resultados del estudio llevado a cabo por Bayo-Moriones, Billón y Lera-López (2013) muestran que las TIC tienen un impacto en el desempeño financiero de las pequeñas y medianas empresas manufactureras y en la comunicación interna y externa de estas empresas. Sin embargo, el estudio resalta que la adopción de las TIC está acompañada de la introducción de nuevas prácticas laborales y, por tal razón, los efectos positivos solo son visibles a largo plazo. El hecho que los resultados positivos del uso de las TIC no se generan por el mero hecho de adoptarlas también está evidenciado por Aguilera Enríquez, Cuevas-Vargas y González Adame (2015). Los autores afirman que la adopción de las TIC debe estar acompañada por cambios en los procesos internos y en las relaciones con los proveedores, clientes y socios. Los mismos autores, analizando una muestra de PYMES manufactureras mexicanas, han demostrado que el uso de las TIC mejora significativamente el desempeño financiero, la reducción de costes y el uso de tecnologías.

Por otro lado, los resultados del estudio realizado por Fernández-Mesa, Ferreras-Mesa, Alegra y Chivas (2014), muestran que las TIC tienen un efecto indirecto sobre el éxito comercial de las innovaciones de las empresas. Sin embargo, ese efecto es positivo solo si las empresas gestionan adecuadamente sus competencias de aprendizaje interno y externo. Las TIC también tienen un impacto indirecto positivo sobre el desempeño de las PYMES a través de procesos de innovación, tal como se demuestra en el análisis efectuado por Dribell, Davis y Craig (2008). Efectos positivos de la adopción de las TIC han sido encontrados también en las empresas del sector calzado, ya que su uso reduce significativamente el tiempo de espera en la relación con los proveedores (Maroofi, 2012).

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. RECOLECCIÓN Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

La población de estudio son los propietarios y/o gerentes de las empresas productoras de calzado de la provincia de Tungurahua, de Ecuador. Según los datos obtenidos del Servicio de Rentas Internas de Ecuador (SRI, 2017), en la provincia existen 1437 personas naturales y sociedades registradas con la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) C15201 que corresponde a la Fabricación de Calzado, botines, polainas y artículos similares para todo el uso, de cualquier material y mediante cualquier proceso, incluido el moldeado (aparado de calzado).

Para el estudio se aplicaron dos procedimientos de muestreo: aleatorio simple y por cuotas. De la aplicación del primer procedimiento resultó una muestra de 304 empresas. A esta muestra se aplicó muestreo por cuota en función de la proporción de empresas manufactureras de calzado en cada cantón de la provincia de Tungurahua. En la Tabla 1 se presenta el número de empresas por cantón y el resultado del muestreo.

**Tabla 1.** Número de empresas productoras de calzado en la provincia de Tungurahua y la muestra aplicada en el estudio.

Cantón	Número de empresas	Porcentaje de empresas del total	Muestra
Ambato	1207	84%	255
Baños de Agua Santa	1	0%	0
Cevallos	79	5%	16
Mocha	38	3%	8
Quero	3	0%	1
San Pedro de Pelileo	13	1%	3
Santiago de Pillaro	26	2%	6
Tisaleo	70	5%	15
Total	1437	100%	304

Para coleccionar la información se elaboró un cuestionario estructurado para evaluar los siguientes aspectos:

- *Características del dueño y/o gerente de las empresas de calzado:* género, edad, nivel de educación, alfabetización digital, y dispositivo más utilizado para conectarse a Internet.
- *Tamaño de las empresas:* ventas del año 2016.
- *Uso de las TIC:* conexión a internet y disponibilidad de página web, uso de aplicaciones para ventas, uso de aplicaciones para compras, uso de aplicaciones para la planificación de la producción y uso de aplicaciones para la toma de las decisiones.

Las preguntas sobre el género, edad y ventas son abiertas. Para el nivel de educación se ofrecieron cuatro opciones: primaria, secundaria, tercer nivel y cuarto nivel. La alfabetización digital se midió con una escala Likert de 1 a 5, siendo 1 “muy pocos” y 5 “muy buenos” conocimientos del uso de la computadora, adaptado del estudio realizado por Werber, *et al.* (2015). Para averiguar si las empresas disponen de conexión a Internet y de una página web se utilizaron preguntas dicotómicas. El uso de las aplicaciones TIC ha sido medido según el estudio de los mismos autores y utilizando para medir la frecuencia de uso una escala Likert de a 1 “nada” a 5 “constantemente”.

Antes de aplicar la encuesta se realizó una prueba piloto con cinco empresarios del sector calzado y, posteriormente, se realizaron los cambios pertinentes según sus recomendaciones. La encuesta se aplicó en los meses mayo y junio del año 2017 y se obtuvieron 304 respuestas. Se eliminaron de la muestra aquellos cuestionarios con respuestas incompletas o contestados por personas con cargos en las empresas que no estaban incluidos en la población objetivo del presente estudio. El resultado final fue una muestra de 233 empresas productoras de calzado.

Para el análisis de los datos se aplicaron técnicas descriptivas y correlaciones de Spearman. Para la clasificación de las empresas por su tamaño se utilizó el criterio de ventas empleado del Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador (INEC, 2016a). INEC clasifica las empresas en: microempresas (ventas menos o igual a 100.000\$), pequeña empresas (ventas entre 100.001\$ y 1.000.001\$), mediana “A” (ventas entre 1.000.001\$ y 2.000.000\$), mediana “B” (ventas entre 2.000.001\$ y 5.000.000\$) y grande (ventas de 5.000.001\$ en adelante).

## 3.2. HIPÓTESIS

El objetivo de la presente investigación es determinar si las características del dueño y/o gerente de las empresas manufactureras de calzado y el tamaño de las empresas influyen en el uso de aplicaciones TIC. Por tal razón se han planteado tres hipótesis.

*H1.* El género, la edad y la educación influyen en la alfabetización de los dueños y/o gerentes de las empresas de calzado.

Variables como género, edad y la educación han sido ampliamente estudiadas en relación con la adopción de las TIC en las empresas. Gargallo-Castel, Esteban-Salvador y Pérez-Sanz (2010) han encontrado diferencias en el uso de las TIC entre hombres y mujeres de España. Los resultados del estudio muestran que el porcentaje de usuarios es más grande entre los hombres y que existen una frecuencia de uso más baja entre las mujeres. Los autores también han averiguado que estas diferencias se acentúan en los segmentos de población con menores ingresos y en las zonas rurales. Por otra parte, el género puede ser una variable moderadora para la aceptación de la tecnología (Im, Kim y Han, 2008).

Los datos del INEC (2016) muestran que en Ecuador existe una brecha digital grande entre los grupos de edad. Las personas entre 16 y 24 años son el grupo que más utiliza el computador (78.9%) e Internet (83.8%), mientras que entre la población con una edad entre 65 y 74 años esos porcentajes son de apenas 6.8% y 10,6%, respectivamente. Macedo (2017), analizando una muestra de personas entre 55 y 94 años de edad, ha encontrado que la educación tiene un impacto positivo sobre la conducta de uso de las TIC de este grupo. Sin embargo, el género y la edad no parecen tener un efecto significativo sobre la conducta de uso. La educación ha sido encontrada también como una variable que influye en las decisiones de inversión en tecnología de los dueños y/o gerentes de PYMES (Romero y Martínez-Román, 2015).

*H2.* Altos niveles de alfabetización digital de los dueños y/o gerentes de las empresas de calzado explican una alta frecuencia de uso de aplicaciones TIC en las empresas de calzado.

Weber, *et al.* (2015) han llevado a cabo un estudio sobre la alfabetización digital y el uso de las TIC en las micro y pequeñas empresas de Eslovenia. Los resultados de su estudio muestran que existe una correlación entre el nivel de alfabetización digital de los dueños y/o gerentes de micro y pequeñas empresas y el nivel de inversión en aplicaciones de hardware y software.

*H3.* El tamaño de las empresas afecta el uso de aplicaciones TIC en el sector manufacturero de calzado de Tungurahua.

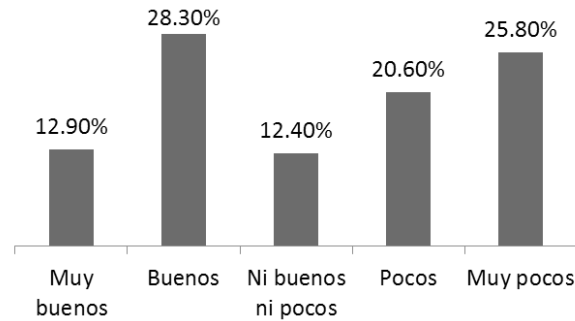
Las características de una compañía influyen en su capacidad para invertir en las TIC y para obtener un desempeño positivo de su uso. Esta capacidad es muy reducida en la primera etapa de crecimiento, debido a que las micro y pequeñas empresas tienen las siguientes características (Levy y Powell, 2005):

- Falta de recursos financieros para adquirir aplicaciones TIC.
- Un conocimiento escaso de las TIC tanto del dueño y/o gerente como de los empleados.
- Escasos recursos para invertir en la formación de los trabajadores.
- Los clientes de la empresa tienen problemas para cumplir con las obligaciones financieras.
- Existe una baja especialización del personal que trabaja en la empresa, todo el mundo desempeñando varias tareas según las necesidades de la empresa.

Werber, *et al.* (2015) han identificado que existe una correlación entre el nivel anual de ventas y la inversión en aplicaciones de hardware y software. Sin embargo, hay otros estudios que no han encontrado ninguna relación positiva entre el tamaño de la empresa y la inversión en TIC. Romero y Martínez-Román (2015) han utilizado el tamaño de la empresa como variable de control en su análisis de PYMES de la industria de comercio minorista y no han encontrado ninguna relación significativa con la adquisición de software. Otro estudio, el de Alderete, Jones y Morero (2014), sobre la adopción de las TIC por parte del sector industrial de Argentina, tampoco evidencia un efecto significativo de esta variable.

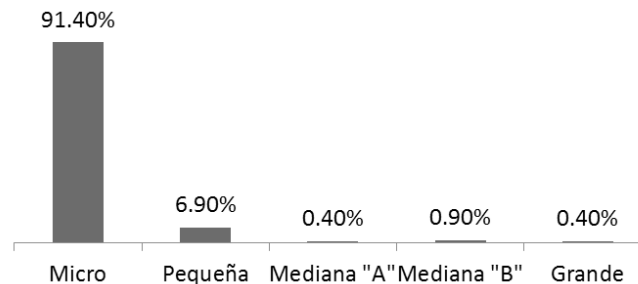
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En cuanto a las características del dueño y/o gerente de las empresas de calzado, los resultados del análisis descriptivo muestran que más de la mitad son hombres (54.5%). La mayoría de los respondientes (80.2%) tienen edades comprendidas entre 25 y 54 años. Más de la mitad tiene estudios primarios (55.4%), y el 28.3% tiene estudios secundarios. Sale en evidencia el bajo número de dueños y/o gerentes de empresas de calzado con estudios universitarios, con sólo 14.2% de ellos que tienen título de tercer nivel y otro 2.1% con títulos de cuarto nivel. El 85% desarrollan su actividad en el cantón Ambato, dato que es similar al porcentaje de empresas de la provincia localizadas en este cantón (Tabla 1), 5,2% en el cantón Cevallos y otro 5,2% en Tisaleo y el resto en los demás cantones de Tungurahua.



**Figura 1.** Alfabetización digital de los dueños y/o gerentes de las empresas de calzado de Tungurahua.

Sólo el 12.90% califican sus conocimientos de uso del computador como muy buenos y 28.30% como buenos (Figura 1). Hay que añadir que el 63.10% afirman que utilizan el computador y de estos, el 36.90% lo utilizan activamente para su trabajo, mientras que el 26.2% sólo para el uso personal. El dato es ligeramente superior al porcentaje de uso del computador de la población ecuatoriana mayor de 5 años, de 52.4% (INEC, 2016b). En cuanto a la conexión a Internet, el 14.01% afirma que no se conecta a Internet. Los usuarios de Internet, se conectan principalmente a través del teléfono móvil (59.70%), seguido por el computador (24.90%) y la tablet (1.3%).



**Figura 2.** Tamaño de las empresas del sector calzado de Tungurahua.

Tal como se puede observar en la Figura 2, el sector calzado de Tungurahua está predominado por microempresas, el 91.40% obteniendo ventas en el año 2016 por debajo de los \$100.000. Esta es una característica general del tejido empresarial nacional, el 90.51% de las empresas ecuatorianas siendo microempresas (INEC, 2016a). El 51.5% de las empresas investigadas afirman tener acceso a Internet. Este porcentaje está mucho por debajo del acceso a Internet de las empresas pertenecientes al sector de las industrias manufactureras de 97.3% (INEC, 2015). Además, sólo 19.3% afirma que tiene una página web.

**Tabla 2.** Las correlaciones entre la alfabetización digital y las variables género, edad y educación.

ALFABETIZACIÓN DIGITAL		Genero	EDAD	EDUCACIÓN
	Coefficiente de correlación Spearman rho	-0.14	-0.40	0.46
	Significancia (2 colas)	0.03	0.00	0.00

Los valores del coeficiente de correlación de Spearman son significativos para el análisis de la relación entre la variable alfabetización y las tres variables (Tabla 2), pero con diferencias en cuanto al signo. Sin embargo, en el caso de las tres relaciones, el coeficiente de Spearman indica una correlación media, al tomar valores entre  $\pm 0.11$  y  $\pm 0.50$  (Mondragón Barrera, 2014). El coeficiente de la relación entre la alfabetización digital y el género es negativo (-0.14) y aunque la correlación no es fuerte sí indica que las mujeres tienen menores niveles de alfabetización digital que los hombres. Diferencias en cuanto a la frecuencia de uso de las TIC entre hombres y mujeres han sido detectadas y en previas investigaciones (Gargallo-Castel *et al.*, 2010).

La correlación entre la edad y la alfabetización digital también toma un valor negativo (-0.40), indicando que los niveles de alfabetización digital disminuyen a medida que aumenta la edad de los dueños y/o gerentes de empresas. Estos resultados no son sorprendentes, teniendo los datos publicados por el INEC (2016), que muestran grandes diferencias en el uso de la computadora y el Internet entre los jóvenes y las personas mayores.

La correlación más fuerte existe entre la alfabetización digital y el nivel de educación (0.46), es decir que las personas con estudios universitarios tienen niveles más altos de alfabetización digital. Por lo tanto, de las tres variables, la educación es la más importante y además la única con signo positivo. Este resultado confirma los hallazgos del estudio llevado a cabo por Romero & Martínez-Roman (2015).

La correlación más fuerte existe entre la alfabetización digital y el nivel de educación (0.46), es decir que las personas con estudios universitarios tienen niveles más altos de alfabetización digital.

En conclusión, sí existe una correlación entre género, edad, educación y alfabetización digital, validándose la primera hipótesis (H1).



**Tabla 3.** Las correlaciones entre la alfabetización digital y el uso de aplicaciones para ventas, aplicaciones para compras, aplicaciones para planificar la producción y aplicaciones para la toma de decisiones.

		APVENTAS	APCOMPRAS	APPROD	APTD
Alfabetización digital	Coefficiente de correlación Spearman rho	0.29	0.27	0.28	0.16
	Significancia (2 colas)	0.00	0.00	0.00	0.00
Tamaño de la empresa	Coefficiente de correlación Spearman rho	0.30	0.19	0.32	0.17
	Significancia (2 colas)	0.00	0.01	0.00	0.00
APVENTAS	Coefficiente de correlación Spearman rho	1.00	0.69	0.53	0.34
	Significancia (2 colas)		0.00	0.00	0.00
APCOMPRAS	Coefficiente de correlación Spearman rho	0.69	1.00	0.55	0.27
	Significancia (2 colas)	0.00		0.00	0.00
APPROD	Coefficiente de correlación Spearman rho	0.53	0.55	1.00	0.55
	Significancia (2 colas)	0.00	0.00		0.00

En cuanto a la relación entre la alfabetización digital del dueño y/o gerente y el uso de aplicaciones para ventas (APVENTAS), aplicaciones para compras (APCOMPRAS), aplicaciones para planificar la producción (APPROD) y aplicaciones para la toma de decisiones (APTD), el coeficiente de Spearman muestra una correlación positiva media (entre 0.16 y 0.29). Por lo tanto, se confirman los hallazgos del estudio realizado por Werber *et al.* (2015), de que la alfabetización digital de los dueños y/o gerentes de empresas influye en las inversiones y el uso de las TIC y se valida la segunda hipótesis (H2). La fortaleza de la correlación también indica que aunque la alfabetización del dueño y/o gerente de la empresa es importante, hay otros factores que pueden influir y que deben tenerse en cuenta en futuras investigaciones.

El análisis de la relación entre el tamaño de la empresa y el uso de estas aplicaciones indica resultados parecidos, el coeficiente de correlación de Spearman teniendo valores positivos y entre 0.17 y 0.32. Al contrario de los estudios llevados a cabo por Romero & Martínez-Román (2015) y Aldereta, *et al.* (2014), sí se ha encontrado una relación entre el tamaño de las empresas y el uso de las TIC. Por lo tanto, se confirman los resultados del estudio efectuado por Werber *et al.* (2015) que han encontrado una relación entre el tamaño de las empresas y la inversión de las TIC. Este resultado se debe seguramente al hecho de que la mayor parte de las empresas del sector calzado de Tungurahua son microempresas, que tienen poco recursos para invertir en TIC y sus dueños y empleados pocos

conocimientos y tiempo para aprovecharlas, características evidenciadas por Levy y Powell (2005). Se valida también la tercera hipótesis (H3).

Adicionalmente, se ha encontrado una correlación positiva considerable entre el uso de una aplicación y el uso de las demás aplicaciones, sobre todo en el uso de las aplicaciones de ventas (APVENTAS) y las aplicaciones para compras (APCOMPRAS), con un coeficiente de Spearman de 0.69. Eso puede ser el resultado a que las empresas que utilizan estas aplicaciones lo suelen hacer a través de sistemas integrados de gestión. Además, se evidencia que las empresas que utilizan aplicaciones para la planificación (APPROD) son más propensas a utilizar también aplicaciones para la toma de decisiones (APTD), siendo el coeficiente correlación de Spearman de 0.55.

## 5. CONCLUSIONES

La relación entre la inversión en TIC y la productividad de los sectores económicos ha sido evidenciada tanto por informes de organismos mundiales como por la literatura científica. Hoy en día, sigue existiendo una brecha digital entre los países desarrollados y los países en vía de desarrollo, siendo América Latina una de las regiones con mayor dispersión en cuanto al grado de desarrollo de las TIC.

Dentro de la región, Ecuador es uno de los países que ha intensificado la inversión en infraestructura tecnológica y el objetivo del Gobierno es seguir aumentando el índice de desarrollo de las TIC. Sin embargo, pocos estudios existen sobre el desarrollo de las TIC en los sectores manufactureros del país. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es analizar el uso de las TIC en sector manufacturero de calzado de la provincia de Tungurahua y los factores que afectan su uso, como la alfabetización digital y el tamaño de las empresas.

Las principales conclusiones de esta investigación son:

- Existe un importante número de empresas productoras de calzado en la provincia que no dispone una conexión a Internet y el número de empresas que cuentan con una página web es aún más bajo.
- Aunque más de la mitad de los dueños y/o gerentes de estas empresas afirman que utilizan la computadora, un porcentaje muy alto califica sus conocimientos del uso como bajos.
- Las características del dueño y/o gerente de las empresas manufactureras de calzado, como género, edad y educación influyen en el nivel de alfabetización digital, que a su vez impacta el uso de aplicaciones TIC en estas empresas.

- El tamaño de las empresas manufactureras de calzado, un sector dominado por las microempresas, influye en el uso de aplicaciones TIC.

Por lo tanto, el Gobierno de Ecuador debe desarrollar políticas y realizar inversiones no solo enfocadas en la mejora de la infraestructura tecnológica, sino también en la formación de los empresarios del sector en el uso de las TIC, para mejorar así su nivel de alfabetización y aumentar su implantación en las empresas. Además, se recomienda apoyar a los empresarios con recursos financieros, ya que el actual nivel de ventas no les permite realizar inversiones en TIC. Es necesario realizar otras investigaciones para identificar otros factores que podrían influir en la adopción de las TIC en el sector calzado.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**Aguilera Enríquez, L., Cuevas-Vargas, H., y González Adame, M.** (2015). The Impact of Information and Communication Technologies on the Competitiveness: Evidence of Manufacturing SMEs in Aguascalientes, Mexico. *International Review of Management and Business Research*, 4(3), pp. 758-770.

**Alderete, M.V., Jones, C., y Morero, H.A.** (2014). Factores explicativos de la adopción de las TIC en las tramas productivas de automotriz y siderúrgica de Argentina. *Pensamiento & Gestión*, 37, pp. 1-40.

**Bayo-Moriones, A., Billón, M. y Lera-López, F.** (2013). Perceived performance effects of ICT in manufacturing SMEs. *Industrial Management & Data Systems*, 113(1), pp. 117-135. doi:10.1108/02635571311289700

**Dribell, C., Davis, P. S. y Craig, J.** (2008). Fueling innovation through information technology in SMEs. *Journal of Small Business Management*, 46(2), pp. 203-218. doi:https://doi.org/10.1111/j.1540-627X.2008.00240.x

**Fernández-Mesa, A., Ferreras-Méndez, Alegre, J., y Chiva, R.** (2014). IT competency and the comercial success of innovation. *Industrial Management & Data Systems*, 114(4), pp. 550-567. doi:https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2013-0389

**Foro Económico Mundial.** (2016). The Global Information Technology Report. Innovating in the Digital Economy. Recuperado de: [http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF\\_GITR\\_Full\\_Report.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Full_Report.pdf)

**Gargallo-Castel, A., Esteban-Salvador, L., y Pérez-Sans, J.** (2010). Impact of Gender Adoptinmg and Using ICT in Spain. *Journal of Technology Management & Innovation*, 5(3), pp. 120-128.

**Im, I., Kim, Y., y Han, H. J.** (2008). The effects of perceived risk and technology type on users' acceptance of technologies. *Information & Management*, 45(1), pp. 1-9. doi:https://doi.org/10.1016/j.im.2007.03.005

**INEC.** (2015). Empresas y TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación 2015. Recuperado de: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/Tecnologia\\_Inform\\_Comun\\_Empresas-tics/2015/2015\\_TICEMPRESAS\\_PRESENTACION.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Tecnologia_Inform_Comun_Empresas-tics/2015/2015_TICEMPRESAS_PRESENTACION.pdf)

**INEC.** (2016a). Directorio de empresas y establecimientos 2016. Recuperado de: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/DirectorioEmpresas/Directorio\\_Empresas\\_2016/Principales\\_Resultados\\_DIEE\\_2016.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas/Directorio_Empresas_2016/Principales_Resultados_DIEE_2016.pdf)

**INEC.** (2016b). Tecnología de la Información y Comunicaciones (TIC'S) 2016. Recuperado de: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion\\_Tics\\_2016.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion_Tics_2016.pdf)

**Kim, D. y Ferrer Morrerera, G.** (2017). *Competitive reinforcement of value chains in Ecuador*. Whashington DC: World Bank. Recuperado de: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28280/ACS22413-v3-WP-P156682-PUBLIC-Ecuador-Value-Chains-Report-English.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Levi, M. y Powell, P.** (2005). *Strategies for growth in SMEs*. Oxford: Butterworth Heinemann.

**Macedo, I. M.** (2017). Predicting the acceptance and use of information and communication technology by older adults: An empirical examination of the revised UTAUT2. *Computers in Human Behaviour*, 75, pp. 935-948. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2017.06.013>

**Maroofi, F.** (2012). The effect of information and communication technology (ICT) application in the shoe industry. *African Journal of Business Management*, 6(11), pp. 4079-4087. doi:<https://doi.org/10.5897/AJBM11.1670>

**Ministerio de Industrias y Productividad.** (2014). Proyecto de desarrollo de cadenas productivas “Encadena Ecuador”. Recuperado de: <http://www.industrias.gob.ec/wp-content/uploads/2015/09/DESARROLLO-DE-CADENAS-PRODUCTIVAS-ENCADENA-ECUADOR.pdf>

**Mondragón Barrera, M. A.** (2014). Uso de la correlación de Spearman en un estudio de intervención en fisioterapia. *Movimiento científico*, 8(1), pp. 98-100.

**PROECUADOR.** (2018). Monitoreo de exportaciones. Recuperado de: <https://www.proecuador.gob.ec/monitoreo-de-exportaciones/>

**Quiroga-Parra, D. J., Torrent-Sellens, J., y Murcia-Zorrilla, C. P.** (2017). Information Technology in Latin America, its impact in productivity: A comparative analysis with developed countries. *DINA*, 84(200), pp. 281-290. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v84n200.60632>

**Romero, I. y Martínez-Román, J. A.** (2015). Determinants of technology adoption in the retail trade industry – the case of SME in Spain. *Amfiteatru Economic*, 17(39), pp. 646-660.

**Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.** (2015). Agenda Zonal Zona 3-Centro Provincias de: Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Pastaza 2013-2017. Recuperado de: <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Agenda-zona-3.pdf>

**Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.** (2017). Plan Nacional de Desarrollo. Toda un Vida. Recuperado de: [http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\\_0K.compressed1.pdf](http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf)

**SRI.** (2017). Delcaraciones. SAIKU, <https://declaraciones.sri.gob.ec/saiku-ui>

**Unión Internacional de Telecomunicaciones.** (2017). Measuring the Information society Report 2017, 2. ICT country profiles. Recuperado de: [https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/misr2017/MISR2017\\_Volume2.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/misr2017/MISR2017_Volume2.pdf)

**UNCTAD.** (2017). Information Economy Report 2017. Digitalization, trade and development. Recuperado de: [http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ier2017\\_en.pdf](http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ier2017_en.pdf)

**Werber, B., Rajkovik, U., Uhr, M., y Znidarsic, A.** (2015). Computer literacy and use of ICT as key factors of micro-enterprises. *E+M Ekonomie a Management*, 18(2), pp. 165-182. doi:<http://dx.doi.org/10.15240/tul/001/2015-2-012>



*/03/*



# INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN DE DATOS PARA ADMINISTRAR LA INFORMACIÓN DE JUICIOS LABORALES EN MÉXICO

## DATA COMMUNICATION INFRASTRUCTURE TO MANAGE LABOR LITIGATION INFORMATION IN MEXICO

---

### **Cruz Oswaldo del Toro Mejia**

Docente en el Instituto Tecnológico de Colima, Colima (México).

E-mail: [g1646002@itcolima.edu.mx](mailto:g1646002@itcolima.edu.mx) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7407-3216>

### **Juan Garcia Virgen**

Docente en el Instituto Tecnológico de Colima, Colima (México).

E-mail: [jgarcia@itcolima.edu.mx](mailto:jgarcia@itcolima.edu.mx) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8913-427X>

### **Ramona Evelia Chávez Valdéz**

Docente en el Instituto Tecnológico de Colima, Colima (México).

E-mail: [echavez@itcolima.edu.mx](mailto:echavez@itcolima.edu.mx) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5697-6825>

### **J. Reyes Benavides Delgado**

Docente en el Instituto Tecnológico de Colima, Colima (México).

E-mail: [rbenavides@itcolima.edu.mx](mailto:rbenavides@itcolima.edu.mx) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6190-5933>

**Recepción:** 16/03/2018. **Aceptación:** 19/06/2018. **Publicación:** 28/09/2018

#### **Citación sugerida:**

Toro Mejia, C. O. del, García Virgen, Juan, Chávez Valdéz, R. E. y Benavides Delgado, J.R. (2018). Infraestructura de comunicación de datos para administrar la información de juicios laborales en México. *3C TIC. Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 7(3), 40-57. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3ctic.2018.73.40-57>

## RESUMEN

En esta investigación se desarrolló un modelo de comunicación de datos que da seguimiento a los juicios laborales, protegiendo los datos personales, y permitiendo un mejor acceso a la información, aplicando la normativa internacional y leyes domésticas que rigen la seguridad de archivos digitales y datos personales. En el análisis del proceso, a través de entrevistas semiestructuradas se detectó la falta de articulación entre las unidades organizativas, provocando que la consulta de información y transcripción consuma jornadas completas del personal. Como solución, se creó un repositorio de información seguro que permita la disponibilidad y confidencialidad de la información a través de herramientas como Windows Server y Arreglos de Discos para asegurar la integridad de la información y recuperación de errores.

## ABSTRACT

*In this research, a data communication model was developed that tracks labor trials, protecting personal data, and allowing better access to information, applying international regulations and domestic laws that govern the security of digital files and personal data. In the analysis of the process, through semi-structured interviews, the lack of articulation between the organizational units was detected, causing that the consultation of information and transcription, consumes complete days of the personnel. As a solution, a secure information repository was created that allows the availability and confidentiality of information through tools such as Windows Server and Disk Arrays to ensure the integrity of information and recovery of errors.*

## PALABRAS CLAVE

TIC, E-justicia, Seguridad de la información, Protección de datos personales, Repositorio de datos.

## KEY WORDS

*ICT, E-justice, Information security, Personal data protection, Data warehouse.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En México, hasta el año 2017, los juicios laborales han sido arbitrados a través de las Juntas Locales de Conciliación y Arbitraje según rige la Ley Federal del Trabajo. Para el 2016 se anuncia “una reforma al artículo 123 constitucional y también cambios a la Ley Federal del Trabajo” (Amezcu Hornelas, 2016). Esto indica un cambio en el proceso de los juicios laborales, pasando la jurisdicción del poder ejecutivo al judicial, y la oportunidad ideal para realizar una investigación sobre la forma en que se administra la justicia laboral que, como definen Restrepo Pimienta y Caraballo Beleño (2015), para que esa administración de justicia pueda ser considerada acorde a las necesidades y exigencias que la sociedad requiere, tiene que estar revestida de unas características que le permitan colmar las expectativas que el conglomerado tiene respecto a la misma. Una de esas características... es la rapidez con la cual resuelva los conflictos que le son planteados.

La clave de esta definición es la rapidez, y para esto se ha realizado un estudio sobre las necesidades que los encargados de administrar los juicios laborales tienen que solventar para agilizar el proceso. Mirando hacia fuera de México, encontramos significativas implementaciones para la mejora de procesos en e-justicia. Se tiene a Singapur como punta de lanza con la burocracia más efectiva del mundo (Hira, 2014). Por otro lado, el Reino Unido habría invertido al menos 390 millones de libras para dotar a los juzgados de un sistema de software para los casos de delincuencia menor (Sommerville, 2005). En EE.UU., podemos encontrar artículos sobre la utilización de bases de datos para generar estadísticas en el ámbito legal, como es el caso del artículo Machine-readable data files: Statistics on crime and criminal justice, donde se utilizaron fuentes de datos como CJAIN, NCJRS, destacando que la Red de Información y Archivo de Justicia Penal (CJAIN por sus siglas en inglés) fue fundada en 1978 para permitir el acceso compartido de la información (Rowe y Anderson, 1986).

En el estado del arte en sistemas de información para e-justicia se observa un estudio sobre las implementaciones de TICs en diferentes naciones. Como ya mencionamos, Singapur, pero se incluye a Brasil, Bélgica, Portugal y Cape Verde con la metodología que estudia las categorías de tecnología, organización y complejidad (Velicogna, 2007). Singapur, en 1991 lanzó el proyecto ATOMS que consistió en kioscos para pago de multas que tenían la característica de permitir a la ciudadanía poder declararse culpable para delitos de tipo civil. Para Brasil, en 2014 se diseñó un proyecto con requerimientos como: proveer de equipo de cómputo a todas las cortes y desarrollar un sistema que unificara el sistema de justicia (Rosa, *et al.*, 2013). Bélgica por su parte, tenía el problema de letargo y retraso en los juicios que llegaban a durar hasta nueve años, el primer paso fue equipar con

computadoras las cortes e incluso laptops para todos los jueces. Esto permitió una serie de intentos para desarrollar proyectos de ámbito local hasta llegar al ambicioso y fallido proyecto Phenix que buscaba ser implementado en todas las cortes, almacenar toda la información legal de cada caso sin importar que fuera mercantil, penal, administrativo, civil, etc. (Poullet, 2009). Sin embargo, durante la implementación notaron un problema, pues no se había previsto un esquema de recuperación de la información en caso de catástrofe hasta ya muy avanzado el proyecto, al punto de tomar la decisión de dejarlo en espera por no haber realizado el respectivo análisis de riesgos (Cerrillo y Fabra, 2009).

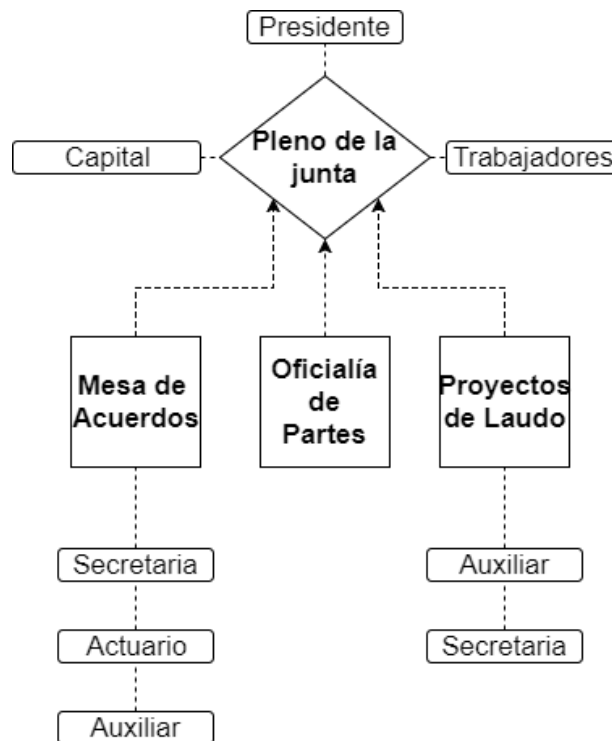
La seguridad de los datos personales es actividad cotidiana para muchos países, debido a la era digital y de telecomunicaciones, esto ha obligado a los administradores de justicia a implementar medidas para hacer cumplir la ley.

La seguridad de los datos personales es actividad cotidiana para muchos países, debido a la era digital y de telecomunicaciones, esto ha obligado a los administradores de justicia a implementar medidas para hacer cumplir la ley, como en Uruguay, donde se diseñó un sistema para anonimizar la documentación (Vico y Calegari, 2015). En México, por su parte, en el año 2010 se promulgó la ley de protección de datos que garantiza la privacidad y el derecho a la autodeterminación informativa de las personas (Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de Particulares, 2010). Dicha ley rige el comportamiento y manejo de información para particulares pero no fue hasta 2017 cuando se promulgó la ley que rige a las unidades organizativas públicas o que reciban recursos públicos (Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados, 2017). El hecho de que hayan pasado siete años entre las diferentes publicaciones nos habla de la urgencia que tienen las entidades gubernamentales de implementar esquemas de seguridad en la información.

Durante el análisis documental, se detectaron que muchas implementaciones de TICs para temas de e-justicia han fracasado dado que fueron implementadas a gran escala y no se consideraron escenarios como recuperación de errores y evaluación de riesgos. La solución que se presenta consiste en la creación de un modelo unificado que permita a las juntas locales y/o juzgados, la posibilidad implementar una infraestructura de comunicación de datos con enfoque a la seguridad de la información, basada en estándares de calidad internacional, dicha infraestructura permite la escalabilidad de lo local a lo nacional.

## 2. METODOLOGÍA

Para el caso de estudio de la Junta Local de Conciliación y Arbitraje del Estado de Colima en México, después de haber hecho la investigación documental, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas para la obtención de datos cualitativos con todos los involucrados en el proceso de los juicios laborales, de acuerdo a las recomendaciones y estructura propuesta por Hernández Sampieri, *et al.* (2010). La lista de entrevistados se obtuvo del organigrama general de la Junta Local de Conciliación y Arbitraje de Colima cuya organización en su representación más general podemos observar en la Figura 1.



**Figura 1.** Diagrama organizacional de la Junta Local.

En la reforma a los artículos 107 y 123 de la Constitución Política Mexicana se establece la eliminación de las Juntas para ser sustituidas por un Tribunal, y así el Pleno sea reemplazado por un Juez, el resto de la estructura se mantiene similar de acuerdo con el decreto de reforma firmado por

el Poder Ejecutivo y Secretaría de Gobernación (2017).

Tras las sesiones de entrevistas, se continuó con la etapa de análisis y diseño a través de diagramas de secuencia, casos de uso y de flujo. En la Figura 2 podemos observar el diagrama de secuencia para un juicio o procedimiento ordinario. Se determinó también durante éstas fases, el nivel de acceso a la información, es decir la autorización acorde al puesto se puede observar en la Figura 3.

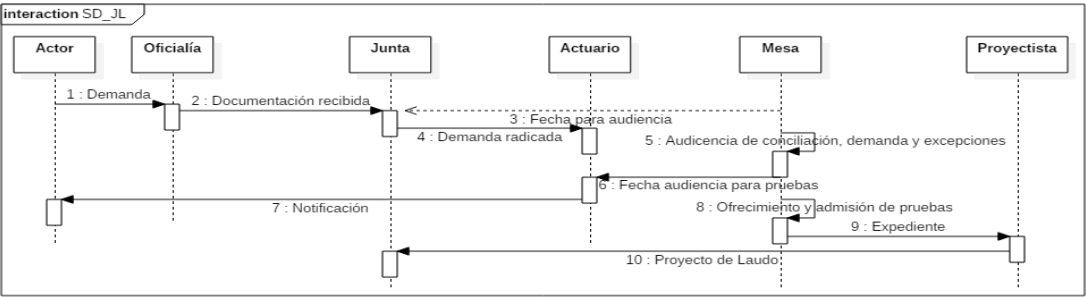


Figura 2. Diagrama de secuencia de un Juicio Ordinario.



Figura 3. Autorización para leer información.

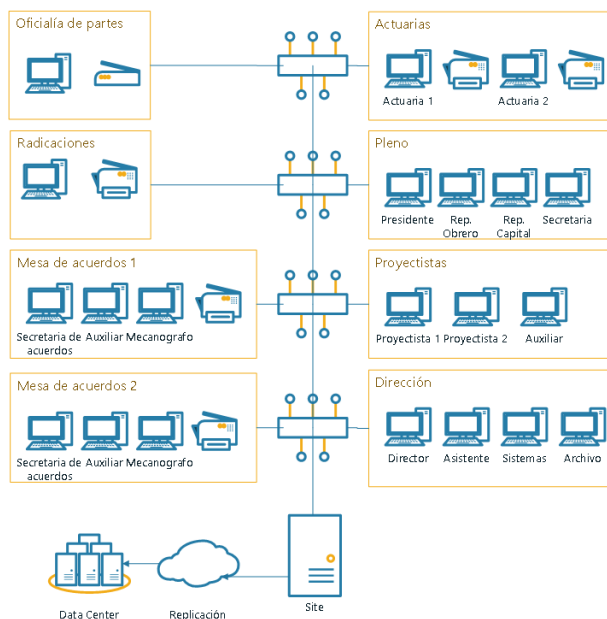
La infraestructura de comunicación de datos deberá gestionar los riesgos cumpliendo con la metodología de las cinco metas tradicionales (Cárdenas-Solano *et al.*, 2016):

1. Seguridad adecuada a disponibilidad
2. Confidencialidad
3. Integridad o recuperación de errores
4. Control de accesos
5. Auditoría

Para cumplir con las primeras dos metas se ha diseñado un esquema de red, con servidores que administran un directorio activo a través de un controlador de dominio. Este se encarga de autenticar a los usuarios en su propio equipo de cómputo y garantizar la integridad de la información, haciendo uso de herramientas que permitan la recuperación de la información aun cuando los sistemas de almacenamiento y respaldo fallen. Para mitigar el riesgo se utilizan los arreglos de discos en una Storage Area Network (Naden, 2015) que permiten perder hasta dos unidades físicas sin perder información. Por último, las metas de control de accesos y auditoría están a cargo de las herramientas de Windows Server©. Las cinco metas buscan el cumplimiento de estándares internacionales aplicables a organizaciones que almacenan información legal como evidencias y expedientes legales como es el caso de estudio que se presenta (Lazarte, 2012).

### 3. RESULTADOS

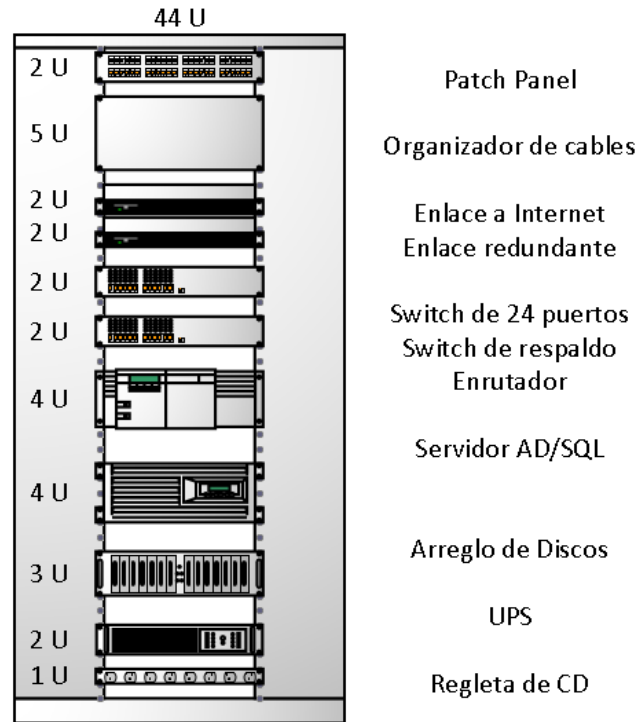
Atendiendo las metas mencionadas en el artículo de Cárdenas-Solano, *et al.*, (2016), se diseñó un modelo que presenta una red de computadoras y dispositivos periféricos, como se muestra en la Figura 4. La red como parte de la propuesta de solución considera un *site*, que incluye un servidor con la respectiva configuración física y lógica, adicionalmente se diseñó una base de datos intrínsecamente segura, la base de datos será consumida a través de una aplicación web desarrollada por un equipo de programadores ajenos al caso de estudio y estará administrada por la seguridad del servidor. Este modelo tiene la finalidad de entregar al organismo público, una infraestructura de comunicación de datos que atiende el correcto seguimiento y administración de los juicios laborales con seguridad apegada a los estándares internacionales.



**Figura 4.** Esquema de red.

El *site* es el corazón de la comunicación de datos y debe contener los equipos e infraestructura necesaria para la administración y seguridad de la información. Cada organización puede agregar o quitar elementos de acuerdo a las necesidades, el diagrama propuesto en la Figura 5 corresponde al equipamiento estándar y cableado necesario para el desarrollo de las actividades, que no se considera una red inalámbrica por ser menos seguras al estar más tiempo expuestas (Goodin, 2017).





**Figura 5.** Rack para el Site.

El *patch panel* es la pieza donde terminan todos los cables que se distribuyen por el edificio utilizando la norma T568B, conocida internacionalmente para cableado estructurado por su facilidad de instalación y mantenimiento (Harrington, 2007). El siguiente elemento es el organizador de cables (*Patchlink*), que consiste en una pieza de polímero que permite la correcta organización del cableado que va a llegar al panel de parcheo. Una de sus principales funciones es que permite trabajar los cables del panel sin correr el riesgo de que se jalen y se suelten de éste, de manera que agrega una protección física.

La programación del *switch* consiste simplemente en activar y desactivar puertos según sus condiciones de uso, así si un equipo llega a la red no tendrá conexión física sino hasta que le activen el servicio por parte del administrador.

De los elementos más importantes, junto al servidor, es el arreglo de discos (SAN). Existen diversos arreglos estándares, para la implementación de la solución se necesitan por lo menos 6 unidades de discos duros de 1 TB en un arreglo RAID 6, que permita contar con un almacenamiento total de 2 TB para almacenamiento de información (en espejo) y 2 TB para paridad esto da la posibilidad de perder y sustituir hasta dos discos sin perder información.

**Servidor AD**

El controlador de dominio es un rol de *Windows Server Active Directory* (AD), y permite crear los elementos que conforman la red (dominio) y así regirse por las reglas establecidas en los *Group Policy* (GPO) o conocidas también como Directivas de Grupo. Dichas directivas determinan los permisos tanto del usuario como del equipo (Tankard, 2012). Por ejemplo, se puede restringir si el usuario tiene permiso de copiar a USB, instalar una impresora, modificar los parámetros de red, etc.

Las directivas disponibles son miles y pueden variar de acuerdo a las necesidades de cada implementación, pero para este caso de estudio, se deben asignar por lo menos las directivas que se muestran en la Tabla 1 a los usuarios del dominio:

**Tabla 1.** Directivas de Grupo (GPO).

Directiva	Rol
Cambiar Zona horaria	Administrador
Cambiar Hora del sistema	Administrador
Instalar Drivers	Administrador
Denegar inicio de sesión remoto	Todos
Hacer copias de seguridad	Sistema
Mensaje legal de bienvenida al dominio	Todos
Permitir apagar el equipo sin iniciar sesión	Todos
Requerir elevar privilegios para ejecutables	Usuarios del dominio
Bloquear Cuentas de inicio de sesión de Microsoft	Todos
Instalar impresoras	Administrador
Ejecutar desde CD-ROM- Memoria Flash	Administrador
Límite de inactividad del equipo	600 segundos
Número de inicios de sesión almacenados en cache (si DC no está disponible)	10
Requerir contraseña segura	Mayúsculas y caracter especial.
La contraseña expira tras	45 días
Unidades de almacenamiento externo	Sólo lectura, no ejecución
Permitir uso de Cortana	No

Directiva	Rol
Permitir indexación de archivos	Si
Restringir la instalación de programas no firmados.	Usuarios del dominio
Modificar los parámetros de Red (IP, DNS)	Administrador
Permiso de escritura a CD-ROM/Memoria Flash	Administrador
Permiso de lectura a CD-ROM/Memoria Flash	Oficialía, Mesa, Pleno.

Para el correcto funcionamiento del controlador de dominio, todos los equipos de cómputo deberán tener configurado como DNS la IP local del servidor, de manera que puedan ser respondidas las peticiones (Hannifin *et al.*, 2010).

### Servidor SQL

Una vez establecidas las reglas de acceso a la red y creado el cerco de seguridad, se puede operar de manera segura un sistema de información, ya que el sistema de archivos por sí solo no es suficiente para la generación de reportes e información relacional, pues además de los archivos y documentos se requiere capturar determinada información de manera que se pueda obtener relaciones y hacer consultas para generar reportes. Para el modelo se utiliza *SQL server*, dado que permite usar la autenticación de Windows del dominio como método de autenticación para el servidor de base de datos y autorización de acceso a la información (Siegel *et al.*, 1994).

En la Figura 6 podemos observar el diagrama ER, que permite mantener la integridad de la información y la consulta. Los prefijos en los nombres de los campos, permiten una codificación más rápida de las consultas además evita que se adivinen los campos utilizando inyección SQL.

Una vez establecidas las reglas de acceso a la red y creado el cerco de seguridad, se puede operar de manera segura un sistema de información, ya que el sistema de archivos por sí solo no es suficiente para la generación de reportes e información relacional.

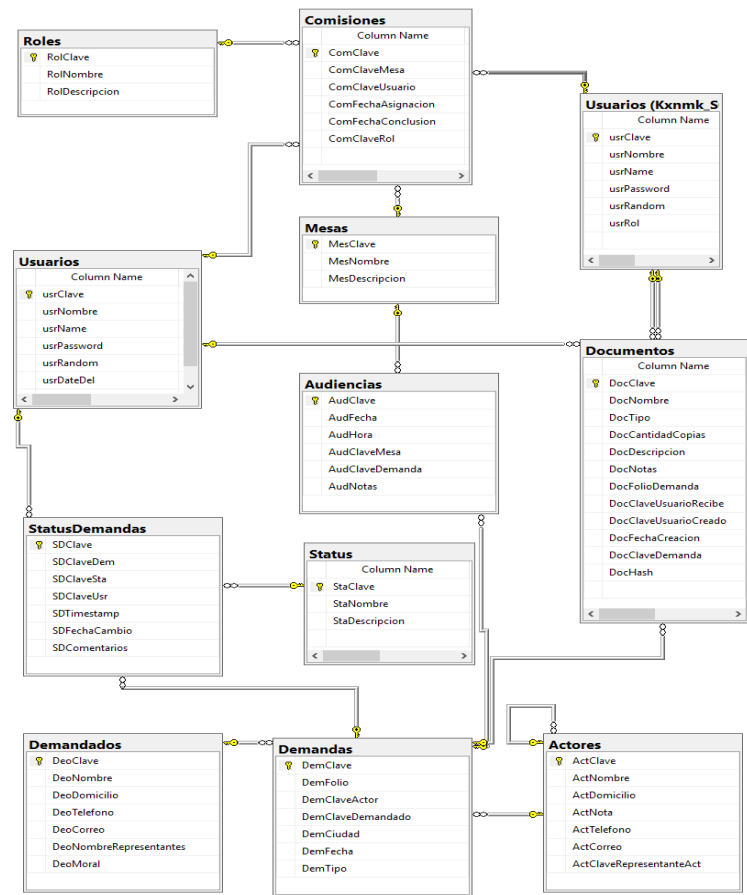


Figura 6. Diagrama base de datos.

### Reducción de riesgos

Finalmente, con la utilización de las herramientas descritas podemos conocer los riesgos y establecer las estrategias que se implementan para mitigarlo. En la Tabla 2 se observa una lista con los posibles riesgos y se indica cuál es la herramienta que se utiliza como solución. Los riesgos mayormente consisten en agujeros de seguridad física y lógica, así como en personal que busca obtener o filtrar información, sin embargo, también se consideran los riesgos del desgaste común de los equipos mecánicos.

**Tabla 2.** Relación de riesgos de seguridad.

Riesgo	Protocolo de Solución
Se infiltra un equipo a la red del organismo.	La red local tiene deshabilitados los puertos y solo pueden ser activados en el switch por el administrador.
Se trata de infiltrar un equipo a la red del organismo por wifi.	La red cableada estará independiente de la red inalámbrica, si es que se decide implementar una red inalámbrica.
Se intenta ingresar a la red del organismo usando un equipo dentro de la red.	El servicio de autenticación de Window Server le requerirá usuario y contraseña dentro de las horas laborales del organismo.
Se intenta adivinar o usar fuerza bruta sobre la contraseña para obtener acceso a los recursos de la red.	El servidor bloqueará la cuenta al tercer intento y sólo podrá ser utilizada hasta que el administrador la libere.
Se obtiene un usuario y contraseña de un miembro de la organización.	El sistema le permitirá acceder sólo a los archivos a los que tiene permiso dicha cuenta.
Se accede a los recursos de la red para robar información.	El equipo no permite el almacenamiento en dispositivos externos.
El personal decide eliminar toda la información almacenada en el equipo.	Los respaldos almacenados en el servidor permiten recuperar información perdida en los equipos del organismo.
El organismo ha quedado sin suministro de energía eléctrica	El UPS y no-breaks permiten apagar de forma segura los equipos y servidores de manera que no se pierda información
Uno de los discos duros donde se almacena la información del organismo se ha dañado.	La SAN configurada con RAID 6 permite perder y reemplazar hasta dos discos duros sin perder información.
Un disco duro de los equipos de la organización se ha dañado.	La serie de respaldos almacenados en el servidor permitirán recuperar la información una vez reemplazado el disco. La configuración del arreglo de discos permite perder hasta dos discos.

## 4. CONCLUSIONES

Cuando se analizan proyectos de TICs, es común pensar en un sistema de información que facilite la administración de la información, sin embargo, es necesario determinar el riesgo técnico y jurídico de comprometer la información, en especial hablando de datos legales y de carácter personal. Por lo tanto, el primer paso en la implementación de TICs deberá ser el análisis de la seguridad y se deben cuidar todos los ángulos.

Con la infraestructura e implementación correcta de la comunicación de datos, mitigamos los riesgos que van desde pérdida o corrupción de la información hasta filtraciones. Al impedir que los equipos puedan escribir en unidades de almacenamiento externo o enviar a impresoras no oficiales, se reduce la posibilidad de filtraciones y restringir el acceso al sistema de información sólo desde la red local reducimos el riesgo de *malware*. Se asegura la información de manera física con un arreglo

de discos que nos permite reemplazar hasta dos unidades de almacenamiento dañadas. Se restringe también la posibilidad de instalar y ejecutar aplicaciones, reduciendo así las posibilidades de ser infectados por *malware*, cumpliendo así las cinco metas tradicionales en la gestión de riesgos.

Con la infraestructura e implementación correcta de la comunicación de datos, mitigamos los riesgos que van desde pérdida o corrupción de la información hasta filtraciones.

El modelo también permite la creación y administración de una base de datos por un sistema gestor que controla el acceso, es decir usando la misma autenticación de Windows, se determina el nivel de acceso a la información dentro de la base de datos y por supuesto, facilita la elaboración de consultas y reportes que pueden ser consumidos desde una página web.

La solución abre paso a la implementación de TICs para la administración de los juicios laborales, sin embargo, no está todo hecho, pues la minería de datos y generación de datos estadísticos, ayudarán en el proceso de mejorar la toma de decisiones, permitiendo llegar a una sociedad más justa e instituciones con una mejor experiencia de usuario.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amezcu, N.** (2016). *Juntas locales y federales de conciliación y arbitraje desaparecerán*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2017 de: <http://www.frecuencialaboral.com/juntasdeconciliaciondesapareceran2016.html>
- Cárdenas-Solano, L., Martínez-Ardila, H., y Becerra-Ardila, L.** (2016). Gestión de seguridad de la información: revisión bibliográfica. *El Profesional de La Información*, 25(6), pp. 931–948. doi:<https://doi.org/10.3145/epi.2016.nov.10>
- Cerrillo, A., y Fabra, P.** (2009). *E-Justice: Information and Communication Technologies in the Court System*. IGI Global.
- Hannifin, D., Alpern, N., y Alpern, J.** (2010). Chapter 10 - Securing Windows Server 2008 {R2}. En: *Microsoft Windows Server 2008 {R2}* (pp. 461–532). Nueva York, EE.UU.: Syngress. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-59749-578-3.00010-4>
- Harrington, J.** (2007). 3 - Fast and Gigabit Ethernet Media and Standards. En *Ethernet Networking for the Small Office and Professional Home Office* (pp. 41–54). EEUU: Morgan Kaufmann Publishers. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/B978-012373744-1/50029-2>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M.** (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta). Nueva York, EE.UU.: McGrawHill.
- Hira, A.** (2014). Building a more efficacious Chilean bureaucracy: lessons from the Singapore case. *Revista de Gestión Pública*, 3(2), pp. 279–296.
- Lazarte, M.** (2012). *Guilty or not? New ISO/IEC standard for credible digital evidence*. Recuperado el 25 Septiembre, 2017, de: <https://www.iso.org/news/2012/11/Ref1677.html>
- México, Cámara De Diputados Del H. Congreso de la Unión.** (2017). *Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados*, Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 12 de Septiembre, 2017 de: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPDPPSO.pdf>
- México, Cámara De Diputados Del H. Congreso de la Unión.** (2010). *Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares*, Diario Oficial de la Federación. Extraído el 12 de Septiembre, 2017 de: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPDPPP.pdf>

**México, Poder Ejecutivo y Secretaría de Gobernación.** (2017). Decreto por el que se declaran reformadas y adicionadas diversas disposiciones de los artículos 107 y 123 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de Justicia Laboral. Recuperado el 24 de Noviembre, 2017 de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/234847/Decreto\\_DOF\\_Reforma\\_CPEUM\\_24.02.17.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/234847/Decreto_DOF_Reforma_CPEUM_24.02.17.pdf)

**Naden, C.** (2016). *Taking information security management to another level with a new standard for specific market sectors*. Recuperado el 25 de Septiembre, 2017 de: <https://www.iso.org/news/2016/08/Ref2107.html>

**Naden, C.** (2015). *Keeping data safe - what's your back up?* Recuperado el 25 de Septiembre, 2017 de: <https://www.iso.org/news/2015/01/Ref1926.html>

**Pouillet, Y.** (2008) The Belgian Case: Phenix or How to Design E-Justice Through Privacy Requirements and in Full Respect of the Separation of Powers? En Cerrillo, A., Fabra, P. (Eds.), *E-Justice: Information and Communication Technologies in the Court System* (pp. 186-195). New York, EE.UU.: Information Science Reference. doi:<https://doi.org/10.4018/978-1-59904-998-4.ch012>

**Restrepo, J., y Caraballo, R.** (2015). Procedimiento ordinario laboral en Colombia y Venezuela análisis comparativo. *Advocatus*, 12(24), pp. 173–186.

**Rosa, J., Teixeira, C., y Sousa, J.** (2013). Risk factors in e-justice information systems. *Government Information Quarterly*, 30(3), pp. 241–256. doi:<https://doi.org/10.1016/j.giq.2013.02.002>

**Rowe, J., y Anderson, S.** (1986). Machine-readable data files: Statistics on crime and criminal justice. *Government Publications Review*, 13(2), 243–247. doi:[https://doi.org/10.1016/0277-9390\(86\)90007-5](https://doi.org/10.1016/0277-9390(86)90007-5)

**Siegel, M., Madnick, S., y Sciore, E.** (1994). Context interchange in a client-server architecture. *The Journal of Systems and Software*, 27(3), pp. 223–232. doi:[https://doi.org/10.1016/0164-1212\(94\)90044-2](https://doi.org/10.1016/0164-1212(94)90044-2)

**Sommerville, I.** (2005). Ingeniería del Software. En Miguel Martín-Romo (Ed.), 2005 (7a ed., p. 550). Madrid, España: Pearson Addison-Wesley.

**Tankard, C.** (2012). Taking the management pain out of Active Directory. *Network Security*, (4), pp. 8–11. doi:[https://doi.org/10.1016/S1353-4858\(12\)70025-9](https://doi.org/10.1016/S1353-4858(12)70025-9)



**Velicogna, M.** (2007). Justice systems and ICT What can be learned from Europe? *Utrecht Law Review*, 3(1), pp. 129–147. doi:<https://doi.org/10.18352/ulr.41>

**Vico, H., y Calegari, D.** (2015). Software architecture for document anonymization. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 314, pp. 83–100. doi:<https://doi.org/10.1016/j.entcs.2015.05.006>

/04/

# JUEGOS SERIOS BASADOS EN TÉCNICAS DE INTERACCIÓN DE REALIDAD AUMENTADA TANGIBLE PARA LA REHABILITACIÓN COGNITIVA

## SERIOUS GAMES BASED ON TANGIBLE AUGMENTED REALITY INTERACTION TECHNIQUES FOR COGNITIVE REHABILITATION

---

**José Antonio Leyva Regalón**

Docente del Departamento de Informática. Universidad de Granma (Cuba).  
E-mail: [jaleyva@udg.co.cu](mailto:jaleyva@udg.co.cu) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8420-7102>

**Irisleydis Mayol Céspedes**

Docente del Departamento de Informática. Universidad de Granma (Cuba).  
E-mail: [imayolc@udg.co.cu](mailto:imayolc@udg.co.cu)

**Yolanda Soler Pellicer**

Docente del Departamento de Informática. Universidad de Granma (Cuba).  
E-mail: [yoly@udg.co.cu](mailto:yoly@udg.co.cu)

**Pedro Gómez Ávila**

Docente del Departamento de Informática. Universidad de Granma (Cuba).  
E-mail: [pgomez@udg.co.cu](mailto:pgomez@udg.co.cu)

**Recepción:** 06/05/2018. **Aceptación:** 31/08/2018. **Publicación:** 28/09/2018

### **Citación sugerida:**

Leyva Regalón, J. A., Mayol Céspedes, I., Soler Pellicer, Y. y Gómez Ávila, P. (2018). Juegos serios basados en técnicas de interacción de realidad aumentada tangible para la rehabilitación cognitiva. *3C TIC. Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 7(3), 58-79. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3ctic.2018.73.58-79>

## RESUMEN

Las afecciones de las funciones cognitivas suelen ser tratadas mediante un programa de rehabilitación que pretende restaurar, compensar o sustituir estos impedimentos. A pesar de la eficiencia en la aplicación de la rehabilitación cognitiva persisten inconvenientes como la desmotivación de algunos pacientes que impide el cumplimiento total del programa. Los juegos serios se han convertido en herramientas útiles para mitigar este problema y favorecer el tiempo de realización de las tareas terapéuticas. El objetivo de este trabajo es la elaboración de un software que agrupe juegos serios basados en diferentes técnicas de interacción de Realidad Aumentada Tangible, sustentado en ejercicios terapéuticos tradicionales concebidos en los programas de rehabilitación cognitiva, que permitan incidir positivamente en la motivación de los pacientes. Para el desarrollo del programa se utilizó la biblioteca osgART que integra el motor gráfico Open Scene Graph y la biblioteca ARToolKit, todas tecnologías libres, multiplataforma y de código abierto. Las técnicas empleadas para la interacción con los elementos virtuales están basadas en el uso de marcadores fiduciales de ARToolKit. Se realizó un estudio para comparar la usabilidad de las técnicas de interacción implementadas con otras basadas en el uso del teclado y el ratón. El resultado fue analizado mediante el cálculo de la ANOVA de un factor, el cual evidenció que los juegos serios basados en las técnicas de interacción desarrolladas, inciden de manera positiva en la motivación de los pacientes.

## ABSTRACT

*Cognitive function disorders are usually treated through a rehabilitation program that aims to restore, compensate, or replace these impairments. Despite the efficiency in the application of cognitive rehabilitation, drawbacks remain, such as the lack of motivation of some patients that prevents the program from being fully complied with. Serious games have become useful tools to mitigate this problem and favor the time for accomplishing therapeutic tasks. The objective of this work is the elaboration of a software that groups serious games based on different Tangible Augmented Reality interaction techniques, based on traditional therapeutic exercises conceived in cognitive rehabilitation programs that allow a positive impact on the motivation of the patients. For the development of the program there was used the osgART library that integrates the Open Scene Graph graphic engine and the ARToolKit library, all of the kind free technologies, multiplatform and open source. The techniques used for the interaction with the virtual elements are based on the use of fiducial markers of ARToolKit. A study was carried out to compare the usability of the interaction techniques implemented with other interaction techniques based on the use of the keyboard and the mouse. The result was analyzed by calculating the ANOVA of a factor, which showed that serious games based on the interaction techniques developed, have a positive effect on the motivation of the patients.*

## PALABRAS CLAVE

Realidad Aumentada Tangible, Técnicas de interacción, Juegos serios, Rehabilitación cognitiva.

## KEY WORDS

*Tangible Augmented Reality, Interaction techniques, Serious games, Cognitive rehabilitation.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Una persona afectada por una lesión cerebral experimenta niveles de alteraciones físicas (motoras y sensitivas) y neuropsicológicas (cognitivas, conductuales y emocionales). Los déficits cognitivos pueden ser alteraciones en la percepción, la memoria, el aprendizaje, la velocidad de procesamiento de la información, la concentración o problemas de comunicación verbal (Molina et al., 2014).

Para la intervención de los déficits cognitivos en muchos de los casos se aplica un programa de rehabilitación cognitiva, en el cual la persona con lesión cerebral trabaja junto a profesionales del servicio de la salud para remediar o aliviar las capacidades mentales (Forn & Mallol, 2005). Según Tsousides and Gordon (2009) este tipo de rehabilitación es efectiva en ambientes hospitalarios y domésticos, tanto para daños moderados como severos en cualquier momento posterior a la lesión.

A pesar de la eficiencia en la aplicación de la rehabilitación cognitiva persisten inconvenientes como la desmotivación de algunos pacientes que impide el cumplimiento total de un programa. Las tecnologías de la información y las comunicaciones favorecen la realización de los programas de rehabilitación cognitiva, entre ellas la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada. Las mismas han incidido positivamente en la evaluación y rehabilitación de funciones cognitivas como la memoria, la atención, la percepción y el razonamiento (Ballester et al., 2015; Orueta et al., 2016; Pazmiño & Harari, 2017). De igual forma, el uso de juegos serios en los programas de rehabilitación cognitiva contribuye a elevar la motivación de los pacientes involucrados (Pinilla Giménez, 2017; Shapi'i et al., 2015).

Según Marcano (2008) los juegos serios son un grupo de videojuegos y simuladores cuyo objetivo principal es anteponer la formación al entretenimiento. Pomper et al. (2009) afirman que la esencia de un juego serio consiste en una partida mental que entrena ciertas habilidades mentales que un jugador necesita fuera del mundo del juego. De acuerdo con Jonsdottir et al. (2018) en la neurorehabilitación son concebidos y desarrollados con el propósito de rehabilitar una función limitada.

El uso de los juegos serios en la rehabilitación de pacientes con daños cerebrales ha sido de gran aceptación por los especialistas de la disciplina de las neurociencias y fueron incluidos desde hace algunos años en los programas de la carrera de diseñador de juegos (Lange et al., 2009). Uno de los procedimientos más comunes en la rehabilitación es la repetición y el entrenamiento sistemático de las funciones cognitivas dañadas. Los juegos serios basados en la Realidad Virtual pueden proveer ambientes de entrenamiento donde la repetición, la visualización y la retroalimentación auditiva

sean manipulados sistemáticamente de acuerdo con las diferencias de cada individuo (Gamito et al., 2010).

A diferencia de la Realidad Virtual, la Realidad Aumentada permite al usuario ver el mundo real con elementos virtuales añadidos (de França Pereira et al., 2017; Li et al., 2017). La escena resultante es conocida como escena aumentada donde el usuario interactúa en tiempo real con la información virtual agregada.

Existen diversos métodos para la manipulación de la información virtual en una escena aumentada. Uno de ellos es el control mediante agentes que incluye el uso del concepto de interfaces de usuario tangibles. Estas interfaces permiten a los usuarios manipular la información digital por medio de objetos físicos y controlar los sistemas a través de los movimientos realizados por dichos objetos. La aplicación de este concepto en los sistemas de Realidad Aumentada se conoce como Realidad Aumentada Tangible (Brock, 2017; Rojas & Díaz, 2012).

Existen diversos métodos para la manipulación de la información virtual en una escena aumentada. Uno de ellos es el control mediante agentes que incluye el uso del concepto de interfaces de usuario tangibles.

La rehabilitación cognitiva mediante la Realidad Aumentada proporciona más realismo y motivación que la Realidad Virtual, pues el paciente interactúa en un ambiente real con la información virtual a través de dispositivos no electrónicos, el reconocimiento de gestos u otros movimientos corporales. La interacción es un punto clave en los sistemas de Realidad Aumentada porque atribuye dinamismo e independencia a la comunicación entre la escena aumentada y el usuario.

El objetivo de esta investigación es la elaboración de un software que agrupe juegos serios basados en diferentes técnicas de interacción de Realidad Aumentada Tangible, sustentado en ejercicios terapéuticos tradicionales concebidos en los programas de rehabilitación cognitiva, que permitan incidir positivamente en la motivación de los pacientes.

## 1.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS JUEGOS SERIOS

El objetivo principal de los juegos serios es que los pacientes se sientan motivados a realizar los retos de la rehabilitación de las distintas funciones cognitivas afectadas mediante los ambientes de Realidad Aumentada. Conforme a los principios que propone la metodología MDA (*Mechanics, Dynamics, and Aesthetics*) de Hunicke et al., (2004) y a las diversas limitantes que pueden presentar los

pacientes, los juegos fueron diseñados con la base de proporcionar una experiencia de interacción sencilla y agradable al usuario, así como un bajo nivel de estrés y dependencia de un especialista u otra persona para realizar las tareas terapéuticas.

El software cuenta con 6 juegos que son presentados de forma secuencial con sus respectivos niveles. La secuencia de los juegos y sus niveles es generada aleatoriamente por el sistema, aunque puede ser configurada con un orden deseado antes de comenzar los juegos. Cada juego tiene su objetivo propio y las habilidades en la que incide como medio rehabilitador, lo cual es detallado en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Nombre y objetivos de los juegos serios.

Nombre	Objetivo y breve descripción del juego	Habilidades cognitivas
Encontrar parejas	Encontrar la pareja correspondiente de cada elemento virtual de un conjunto. Los elementos son mostrados en diferentes lugares físicos de la escena en un breve intervalo de tiempo los cuales debe memorizar el paciente. Luego de ocultarse el conjunto debe encontrar el similar de un elemento dado en el lugar adecuado.	Atención. Memoria
Patrón en la secuencia	Determinar el patrón que le sigue a una secuencia de elementos virtuales. Dada una serie de elementos virtuales el paciente debe determinar el patrón que debe aparecer al final de la secuencia.	Función ejecutiva: capacidad de razonamiento. Atención
Ordenación	Ordenar elementos virtuales. Una situación determinada es expuesta mediante diversos objetos virtuales de manera desordenada. El paciente debe ordenar consecutivamente cada objeto de manera que represente el orden lógico de la situación.	Función ejecutiva: resolución de problemas. Atención. Memoria
Reconocimiento de forma y color	Reconocer los colores y formas en una escena aumentada. Dados diversos elementos virtuales el paciente debe reconocer los colores que los conforman y seleccionar los que se corresponden con un pequeño conjunto de elementos solapados con bajo nivel de detalle.	Percepción. Atención.
Escucha y cuenta	Contar elementos virtuales y sonidos que se repiten. El paciente debe contar la cantidad de veces que aparece un mismo elemento virtual en un conjunto. Paralelamente mientras transcurre el reto de este juego el paciente debe contar las veces que un sonido determinado se repite en una secuencia de sonidos. Luego debe brindar el resultado final del conteo para su evaluación.	Atención. Memoria
Elementos diferentes	Identificar y excluir objetos que no pertenezcan a un conjunto con características similares. Dado un conjunto de elementos virtuales el paciente debe identificar el o los elementos que no se relacionan con el resto basado en las características comunes de todos.	Atención .Memoria



En cada estado en el que se desarrolla un juego se lleva un control y almacenamiento de la destreza del paciente en la realización de todos los retos, la cual está expresada mediante la puntuación, los errores en el juego y el tiempo de realización de cada nivel. Al final de todos los niveles el especialista puede observar el progreso de un paciente a través de la comparación con otros parámetros similares almacenados en una pequeña base de datos.

La interfaz gráfica del software le permite al especialista configurar el grado de dificultad de los juegos dadas las peculiaridades de cada paciente. El grado de dificultad puede implicar la selección inicial de diferentes elementos virtuales o la incorporación de nuevos desde otro lugar del equipo, cargar diferentes tipos de sonidos en el caso del juego “escucha y cuenta”, establecer nuevos colores, la posición, la rotación y el tamaño de cada objeto virtual en las distintas escenas de los juegos. El especialista puede preestablecer un orden a cada juego o sus niveles, eliminar uno o varios de ellos, y cambiar las herramientas físicas para la interacción con la información virtual.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. FUNDAMENTOS

Para la creación de todas las escenas aumentadas de los juegos serios se utilizó la biblioteca osgART (Hamada, 2018), la cual está conformada por el motor gráfico de código abierto Open Scene Graph (OSG) y la biblioteca para el desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada ARTToolKit. OSG facilitó organizar todas las escenas del sistema mediante una escena gráfica que consiste en una estructura de datos de árbol jerárquico dada por un nodo raíz, nodos padres y nodos hojas.

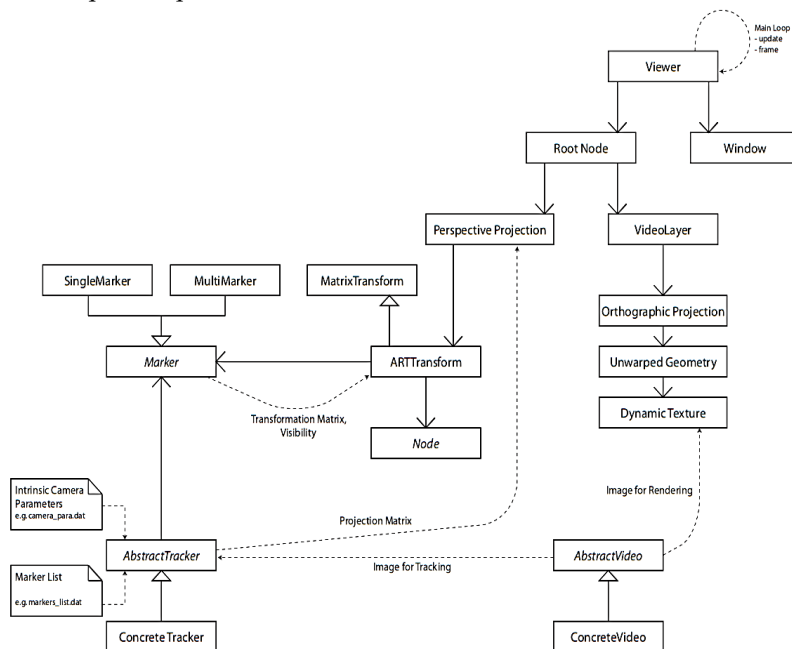
OSG ofrece diferentes tipos de nodos que contienen un gran rango de funcionalidades. Todos los nodos que integran la escena gráfica comparten una clase base común con métodos especializados definidos en las clases derivadas (Martz, 2007). Un tipo de nodo implementado ampliamente en el sistema desarrollado fue el de transformación, el cual cuenta con funcionalidades que permiten modificar el estado de transformación de sus nodos hijos.

ARTToolKit es un sistema fiducial visual que utiliza marcadores cuadrados de color blanco y negro con un patrón de imagen en el centro (Nithin & Bhooshan, 2016; Zheng et al., 2017). Mediante un video en tiempo real obtenido por una cámara se identifican los marcadores y se proyectan los modelos virtuales. El reconocimiento de cada patrón de imagen se realiza a través del método de tracking, el cual está basado en algoritmos de visión por computador que permiten determinar la posición y la orientación de la cámara y los marcadores para establecer sistemas de coordenadas locales y globales (Rabbi et al., 2017).

## 2.2. TÉCNICAS DE INTERACCIÓN BASADAS EN MARCADORES FIDUCIALES

El uso de los marcadores fiduciales constituye un método de manipulación basado en el control de agentes que permite posicionar e interactuar con los elementos virtuales de todas las escenas aumentadas tangibles del software. En la Figura 1 se muestra la implementación de la estructura del grafo de escena de osgART que admite la adición de múltiples marcadores, el método de tracking y conocer la dependencia entre cada uno de ellos.

Una cualidad importante del grafo de escena de osgART es que distintos marcadores pueden actuar como uno solo, lo cual minimiza el problema de oclusión (Sagitov et al., 2017), pues hay mayor posibilidad de identificar como mínimo un patrón de imagen, entre todos los existentes de un conjunto. Esta propiedad permitió utilizar la técnica de interacción basada en el uso del marcador paleta, que constituye una herramienta física para manipular los elementos virtuales encontrados en un marcador base compuesto por diversos marcadores.



**Figura 1.** Estructura del grafo de escena de osgART (Looser, 2007).

El marcador paleta opera en un sistema de coordenadas global provisto por el marcador base, donde su posición es relativa a la de la base y las posiciones de ambos relativas a la de la cámara. Por tanto, el cálculo de la transformación entre éstos está dado por la siguiente ecuación:

$$T_{paleta\ y\ base} = T_{paleta} * T_{base}^{-1} T_{paleta\ y\ base} = T_{paleta} * T_{base}^{-1} \quad (1)$$

Donde  $T_{paleta} T_{paleta}$  es la transformación del marcador paleta y  $T_{base}^{-1} T_{base}^{-1}$  la transformación del marcador base respecto a la cámara. Este cálculo facilita obtener en cualquier momento la posición relativa real de la paleta al sistema de coordenadas global, necesario para comprobar acciones esenciales como la colisión entre el marcador paleta y los elementos virtuales de la escena aumentada.

Otra técnica de interacción empleada en el *software* es la proximidad entre marcadores. Similar a la técnica anterior, esta variante utiliza la relación espacial entre marcadores respecto a la cámara para conocer la transformación de ellos de manera independiente. El sistema de coordenadas global de cada marcador es el de la cámara y cada uno tiene su propio sistema de coordenadas local.

La distancia entre dos marcadores es determinada por:

$$V_{dist} = P_{marcador\ A} - P_{marcador\ B} \quad V_{dist} = P_{marcador\ A} - P_{marcador\ B} \quad (2)$$

Donde  $P_{marcador\ A} P_{marcador\ A}$  y  $P_{marcador\ B} P_{marcador\ B}$  representan las respectivas posiciones relativas a la cámara de dos marcadores, dadas por el nodo de transformación asociado a cada objeto marcador. Esta técnica permite determinar la distancia sin distinción entre sus tamaños físicos. La matriz de transformación asociada a cada uno tiene un nodo hijo de OSG llamado *switch* que posibilita la visualización de un solo nodo de sus hijos. Esta propiedad permite adicionar diferentes elementos virtuales a un mismo marcador y mostrar el deseado en la escena de acuerdo a la lógica del juego.

La tercera técnica empleada para la interacción con la información virtual de las escenas aumentadas se basa en la oclusión de los marcadores. osgART facilita determinar si un marcador es visible o no mediante el fallo del método de tracking.

## 2.3. CONFIGURACIÓN DE LA ESCENA AUMENTADA

El grafo de escena definido en el sistema desarrollado se rige por la estructura del grafo de escena de osgART. Cada nodo correspondiente a un marcador fiducial tiene que ser asociado a uno o varios nodos de la matriz de transformación que contienen como nodos hijos la geometría de los

objetos virtuales. Esta organización facilita el traslado de elementos virtuales de un marcador a otro, operación que no modifica las propiedades de transformación y geometría de la información virtual. Una cámara real proporciona el video en vivo cuyos parámetros intrínsecos son utilizados por el objeto *tracker* en la creación de la matriz de proyección que determina la proyección de perspectiva. Estos parámetros son esenciales en el *tracking* exacto de los marcadores y en la correcta construcción de la matriz de proyección para el renderizado de los objetos tridimensionales.

El proceso de calibración se le realizó a la cámara de video empleada en todas las escenas aumentadas. El propósito fue eliminar efectos como la distorsión de la imagen, la cual afecta el reconocimiento preciso de los marcadores mediante el método de tracking. Los parámetros intrínsecos de esta cámara obtenidos en el proceso de calibración fueron a través del uso de la aplicación *calib\_dist.exe* de ARToolKit. Sin embargo, ARToolKit provee un archivo nombrado *camera\_para.dat* con parámetros estándares que funcionan con muchas de las cámaras comerciales existentes.

Los parámetros específicos de la cámara, la dimensión y la posición del sistema de coordenadas global del marcador y la incorporación de elementos virtuales en cualquiera de las escenas de los juegos serios deben ser proporcionados por un especialista.

Otro aspecto esencial en la configuración de la escena aumentada es la posición del sistema de coordenadas y la dimensión del marcador. El sistema de coordenadas es establecido por defecto en el centro del marcador fiducial y puede ser movido para cualquier lugar físico dentro o fuera de éste. La aplicación *mk\_patt.exe* del paquete de ARToolKit posibilita generar nuevos marcadores. El procedimiento consiste en mostrar frente a la cámara un marcador físico y el programa crea un fichero que contiene 4 matrices con el valor de gris de cada píxel del patrón. Cada matriz se corresponde con el patrón físicamente rotado 90 grados.

Los parámetros específicos de la cámara, la dimensión y la posición del sistema de coordenadas global del marcador y la incorporación de elementos virtuales en cualquiera de las escenas de los juegos serios deben ser proporcionados por un especialista. Para ello, se diseña una interfaz gráfica que permita establecer estos requerimientos y personalizar todas las opciones de los juegos. Para la recolección de esta información se presentan formularios y los correspondientes paneles de acceso diseñados con el programa Qt Designer del entorno de desarrollo integrado Qt (Navas Flores et al., 2018).

El diseño de la interfaz gráfica del software tuvo como base las tres reglas de oro de Mandel (1997): dar el control al usuario, reducirle la carga de memoria y construir una interfaz consecuente. Cada regla contiene una serie de principios que guiaron la concepción e implementación de la interfaz, y por consiguiente se favoreció la usabilidad del sistema.

## 2.4. OTROS ELEMENTOS DEL SOFTWARE

Para todos los sonidos de los juegos se utilizó la librería OpenAL. Esta es una API de audio multiplataforma de alto nivel que permite reproducir sonidos, canciones y posicionar elementos sonoros en un entorno tridimensional. En los juegos desarrollados el sonido desempeña un papel importante para favorecer la interacción del usuario con la escena aumentada. Los sonidos consisten en una música de fondo que puede ser modificada por el especialista, los sonidos de efectos especiales cuando ocurre una interacción con los elementos virtuales y los sonidos intencionados en el juego “Escucha y cuenta”. En todo el sistema el formato de audio utilizado es el *wav*, el cual constituye un estándar de formato de audio para PC.

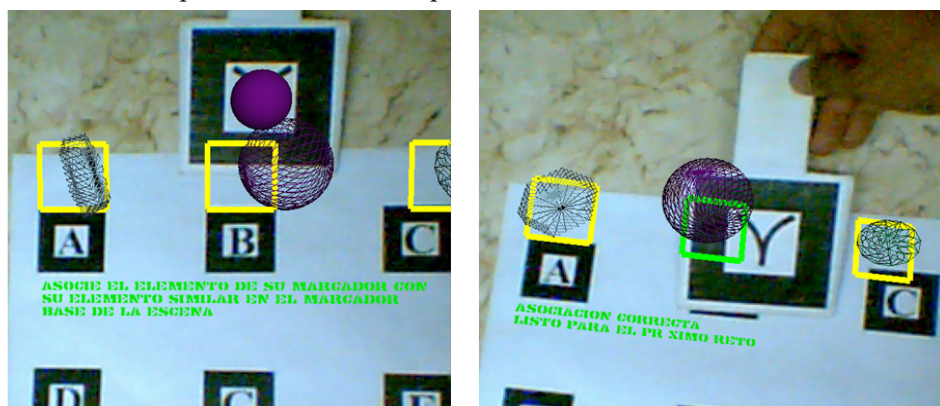
Para lograr la reproducción de un sonido deben configurarse los objetos emisor o fuente (*source*) y el receptor u oyente (*listener*). El emisor es un punto en el espacio que emite un sonido, por tanto, tiene una posición en la escena de los juegos, una velocidad y un volumen. Este objeto manipula datos de un espacio de memoria llamado *buffer*. El receptor representa el lugar donde se encuentra un paciente. Las características del receptor junto a las de la fuente determinan cómo la muestra de audio será escuchada, es decir, sus posiciones relativas determinarán la intensidad del sonido.

Mediante la configuración de estos tres objetos de la librería OpenAL se logró reproducir diferentes sonidos simultáneamente, como la música de fondo y los efectos especiales de sonido. Los métodos `alSourcePlay(Source)`, `alSourceStop(Source)` y `alSourcePause(Source)` de esta API de audio permiten reproducir, detener y pausar respectivamente un sonido determinado.

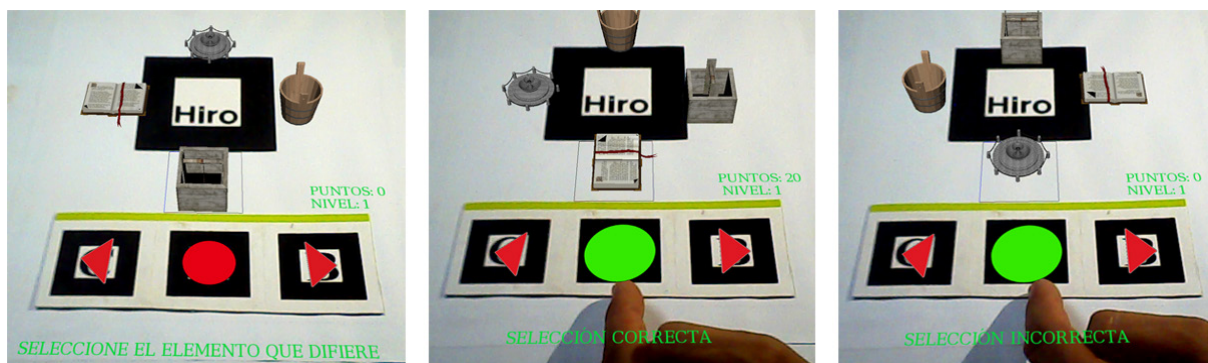
El sistema de gestión de bases de datos utilizado fue SQLite. Fueron definidas 3 tablas donde se registran los principales datos de los pacientes, la puntuación en cada nivel del juego, la fecha de los intentos y la cantidad de errores cometidos. El especialista debe especificar o agregar un paciente para que interactúe con los juegos, cuyo progreso es almacenado en la base de datos. Mediante los datos almacenados en una cuarta tabla llamada sistema, el especialista puede cargar una configuración utilizada en otro paciente, realizarle nuevas modificaciones y asociarla a un nuevo paciente.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 2 se muestra la interacción mediante el uso de un marcador paleta con la información virtual de la base. En este caso se ha dado una configuración básica del juego “Encontrar parejas” donde se ha mantenido visible el conjunto en el marcador base con un bajo nivel de detalle de los elementos virtuales. En este juego el software permite utilizar la técnica de proximidad entre marcadores como otra variante de interacción. En la Figura 3 se utiliza la técnica de interacción basada en la oclusión de marcadores en el juego “Elementos diferentes”. Esta técnica permitió utilizar tres marcadores que actúan como un panel de botones físicos.



**Figura 2.** Interacción mediante el marcador paleta en el juego “Encontrar parejas”.



**Figura 3.** Interacción mediante la oclusión en el juego “Elementos diferentes”.

### 3.1. CASO DE ESTUDIO

Se realizó un estudio que figura una prueba piloto de usabilidad a las técnicas de interacción de los juegos serios, que permitió valorar otras cualidades del sistema a través de las opiniones de los usuarios y especialistas que participaron en la prueba. Para evaluar la usabilidad fue necesario desarrollar otro prototipo con los mismos juegos serios y técnicas de interacción basadas en el uso del ratón y el teclado. Una de las tareas en el estudio fue determinar cuáles técnicas son más eficientes para utilizar por los usuarios y cuáles tuvieron mayor grado de fallos en la ejecución del programa o del participante.

La realización de la prueba se planificó en dos sesiones, en un día cada una. El total de participantes fue de 10 personas con afecciones de una o varias funciones cognitivas, de ellos 4 mujeres y 6 hombres, todos con edad entre los 25 y 65 años. Colaboraron 4 especialistas de la salud en la observación y evaluación de todo el estudio.

El programa fue ejecutado en una Laptop HP con procesador Intel Core i5-6200U a 2.40 GHz, memoria DDR4 de 6 GB y sistema operativo Microsoft Windows 10 Pro. La cámara que proporcionó el video es una Logitech QuickCam con una resolución de 640x480 píxeles a 30 FPS (*frames per second*). Como herramientas para la interacción se emplearon un teclado, un ratón y marcadores fiduciales de ARToolKit.

Antes de realizar las sesiones de pruebas se capacitaron a los especialistas y participantes en la lógica de los juegos y cómo interactuar con ellos. En la primera sesión los participantes interactuaron con los elementos virtuales de las escenas aumentadas mediante el uso del ratón y el teclado. El segundo día la interacción fue realizada mediante el uso de marcadores fiduciales. Los especialistas configuraron todos los juegos con distintos niveles de dificultad de acuerdo al grado de afección del participante.

Al terminar las sesiones los participantes completaron un cuestionario de usabilidad y expresaron sus experiencias acerca de los juegos (Tabla 2). Todas las preguntas tienen como propósito que el participante evalúe numéricamente el método de interacción basado en el uso de marcadores fiduciales y el del uso de periféricos tradicionales. En cada caso indicaron la respuesta en una escala del 1 al 10 en orden ascendente de importancia.

**Tabla 2.** Cuestionario de usabilidad para participantes.

Preguntas de usabilidad	
P1.	Motivación
P2.	Natural
P3.	Facilidad de uso
P4.	Intuitivo
P5.	Facilidad de aprendizaje
P6.	Satisfacción

### 3.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CUESTIONARIO

El análisis estadístico de los resultados del cuestionario se realizó mediante el análisis de la varianza de un factor (ANOVA). Los participantes evaluaron el grado de motivación que sintieron interactuando con las escenas aumentadas para completar cada nivel de los juegos. Se utilizó el programa estadístico SPSS (Chiu & Lee, 2018) para procesar todos los datos de los cuestionarios.

En la tabla 3 se muestra la tabla de ANOVA generada por el programa SPSS referente a los datos de P1. La hipótesis nula definida considera que no hay diferencia en el grado de motivación de los participantes al interactuar con las distintas técnicas. La hipótesis alternativa está dada porque existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las técnicas de interacción.

El nivel de significación establecido es de 0,05. Se emplea la distribución F de Snedecor como distribución de muestreo. Como  $F(2,27) = 7,076$  tiene un valor  $p = 0,003 < 0,05$  se rechaza la hipótesis nula y se afirma estadísticamente que existe diferencia significativa entre las medias de todas las técnicas de interacción. En la tabla 4 se exponen los resultados de la prueba Turkey donde los asteriscos representan que las medias de las técnicas de interacción basadas en el uso del teclado y el ratón, son significativamente diferentes al nivel 0,05 precisado. De acuerdo con la prueba Turkey, se concluye que las técnicas basadas en el uso de marcadores fiduciales fueron las que más incidieron a elevar el grado de motivación de los participantes en el cumplimiento de los objetivos de los juegos serios.

**Tabla 3.** Tabla de ANOVA para la pregunta de motivación.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Significancia (p)
Intergrupo	27,467	2	13,733	7,076	0,003
Intragrupo	52,400	27	1,941		
Total	79,867	29			



Tabla 4. Prueba de Turkey para la pregunta de motivación.

(I) TÉCNICA	(J) TÉCNICA	Diferencias de medias (I - J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Uso de marcadores	Uso de teclado Uso del ratón	1,8000*	0,62302	0,020	0,2553	3,3447
		2,2000*	0,62302	0,004	0,6553	3,7447
Uso de marcadores	Uso de teclado Uso del ratón	-1,8000*	0,62302	0,020	-3,3447	-0,2553
		0,4000	0,62302	0,798	-1,1447	1,9447
Uso de marcadores	Uso de teclado Uso del ratón	-2,2000*	0,62302	0,004	-3,7447	-0,6553
		-0,4000	0,62302	0,798	-1,9447	1,1447

De igual forma los valores resultantes del procesamiento del resto de las preguntas mostraron diferencias significativas con P2:  $F(2,27) = 7,633 < 0,05$ , P3:  $F(2,27) = 9,825 < 0,05$ , P4:  $F(2,27) = 15,331 < 0,05$ , P5:  $F(2,27) = 12,330 < 0,05$  y P6:  $F(2,27) = 12,905 < 0,05$ . La prueba de Turkey en todos los casos favoreció a las técnicas de interacción basadas en marcadores fiduciales, por lo que esta variante representa mayor usabilidad que las variantes de los periféricos tradicionales.

### 3.3. ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO

En todas las sesiones del estudio se registraron los errores que cometieron los usuarios, los tiempos en completar cada reto de los juegos y los errores del software. También se tuvo en cuenta la opinión de los especialistas en cuanto a los criterios anteriores, sugerencias y críticas de todo el proceso. En la Figura 4 se presentan los tiempos promedios que demoraron los participantes en realizar todos los retos de cada juego del *software*. El cálculo de la ANOVA de los errores de los 10 usuarios efectuado durante las dos sesiones determinó que con el uso de marcadores el participante es menos propenso a cometer errores en las tareas de interacción, lo que le atribuye mayor grado de confianza a los individuos y más robustez al *software*.

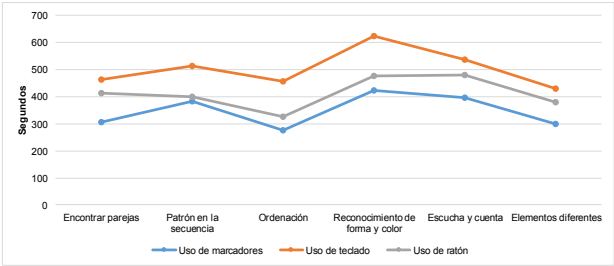
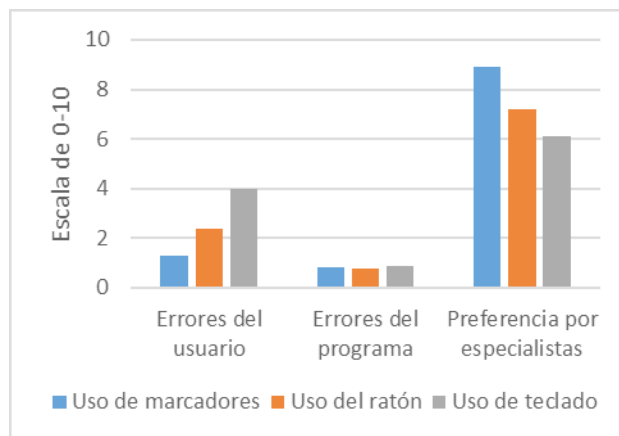


Figura 4. Tiempo en completar los juegos.

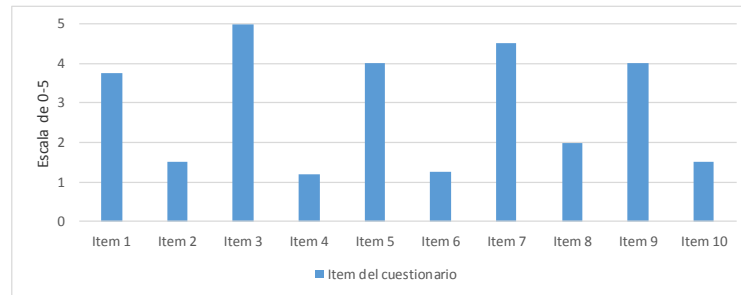
La preferencia por los marcadores fiduciales como herramienta terapéutica por parte de los especialistas colaboradores queda reflejada en la Figura 5 y justificada por los correspondientes cálculos estadísticos en el SPSS. Igualmente, el análisis del número de errores del programa permitió comprobar que el 90% en el uso de marcadores estuvo dado por fallos del tracking de los patrones de imágenes, a causa de la oclusión provocada por los participantes y en menor medida por la iluminación del local del estudio. Todos los errores fueron corregidos y el software fue sometido nuevamente a una evaluación con resultados satisfactorios.



**Figura 5.** Errores del usuario, del programa y preferencia de las técnicas por los especialistas.

Al finalizar el estudio los especialistas respondieron el cuestionario de escala de usabilidad del sistema (SUS por sus siglas en inglés) de Brooke (1996) para evaluar las conformidades e inconvenientes que experimentaron con el software. El cuestionario de SUS está compuesto por 10 ítems que se responden numéricamente en una escala del 1 (completamente en desacuerdo) al 5 (completamente de acuerdo). En la Figura 6 se expone el promedio de las respuestas de cada ítem del cuestionario de SUS.

Para facilitar las respuestas de los colaboradores de la salud se recomendó tener en cuenta diversos aspectos del software como la personalización y las sugerencias de configuración de los juegos serios, la visualización de los reportes de progresos, el diseño de los formularios y la organización de las ventanas y los menús.



**Figura 6.** Promedio de respuestas del cuestionario de SUS.

## 4. CONCLUSIONES

A través de la prueba piloto de usabilidad se comprobó que las técnicas de interacción desarrolladas proporcionan mayor experiencia con las escenas aumentadas que con las basadas en el uso del teclado y el ratón. Se evidenció que la recreación de ejercicios terapéuticos tradicionales en juegos serios basados en técnicas de interacción de Realidad Aumentada Tangible incide en la motivación de los pacientes para cumplir los retos que propone la rehabilitación cognitiva.

Los errores del programa detectados durante las sesiones del estudio, permitieron evaluar aspectos como la precisión del sistema de tracking y la correcta calibración de la cámara para el adecuado reconocimiento de los patrones de imágenes. Se continuará perfeccionando la implementación de las técnicas de interacción basadas en el uso de marcadores fiduciales, la lógica y el diseño de los

La recreación de ejercicios terapéuticos tradicionales en juegos serios basados en técnicas de interacción de Realidad Aumentada Tangible incide en la motivación de los pacientes para cumplir los retos que propone la rehabilitación cognitiva.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Ballester, B. R., et al.** (2015). The visual amplification of goal-oriented movements counteracts acquired non-use in hemiparetic stroke patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 12(50). doi:<http://dx.doi.org/10.1186/s12984-015-0039-z>

**Brock, A. M.** (2017). *Tangible Interaction for Visually Impaired People: why and how*. Paper presented at the World Haptics Conference-Workshop on Haptic Interfaces for Accessibility.

**Brooke, J.** (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), pp. 4-7.

**Chiu, C.-C., y Lee, L.-C.** (2018). System satisfaction survey for the App to integrate search and augmented reality with geographical information technology. *Microsystem Technologies*, 24(1), pp. 319-341.

**França Pereira, de, P., Lourenço, P. G., y Bergamaschi, M. P.** (2017). Fundamentals of Augmented Reality. *Unisantia Science and Technology*, 6(2), pp. 101-107.

**Forn, C., y Mallol, R.** (2005). Proceso de rehabilitación cognitiva en un caso de infarto bitalámico. *Revista de Neurología*, 41(4), pp. 209-215.

**Gamito, P., Oliveira, J., Morais, D., Rosa, P., y Saraiva, T.** (2010). *Serious Games for Serious problems: from Ludicus to Therapeuticus*, *Virtual Reality*. En Jae-Jin Kim (Ed.) *Virtual Reality* (pp. 516-536). Nueva York, EE.UU.: Springer International Publishing.

**Hamada, S.** (2018). *Education and Knowledge Based Augmented Reality (AR) Intelligent Natural Language Processing: Trends and Applications* (pp. 741-759). Nueva York, EE.UU.: Springer International Publishing.

**Hunicke, R., LeBlanc, M., y Zubek, R.** (2004). *MDA: A formal approach to game design and game research*. Paper presented at the Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI.

**Jonsdottir, J., Bertoni, R., Lawo, M., Montesano, A., Bowman, T., y Gabrielli, S.** (2018). Serious games for arm rehabilitation of persons with multiple sclerosis. A randomized controlled pilot study. *Multiple sclerosis and related disorders*, 19, pp. 25-29.

**Lange, B., Flynn, S. M., y Rizzo, A. A.** (2009). Game-based telerehabilitation. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 45(1), pp. 43-51.

**Li, W., Nee, A., y Ong, S.** (2017). A State-of-the-Art Review of Augmented Reality in Engineering Analysis and Simulation. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(3), p. 17.

- Looser, J.** (2007). *AR Magic Lenses: Addressing the Challenge of Focus and Context in Augmented Reality*.
- Mandel, T.** (1997). *The elements of user interface design*. Nueva York, EE.UU.: Wiley.
- Marcano, B.** (2008). Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 9(3).
- Martz, P.** (2007). *OpenSceneGraph Quick Start Guide: a quick introduction to the cross-platform open source scene graph API*. Lousville, EE.UU.: Skew Matrix Software LLC.
- Molina, A. G., Rovira, T. R., Cantallops, A. E., y Carrión, R. S.** (2014). Neuropsicoterapia en la rehabilitación del daño cerebral. *Rev Neurol*, 58, pp. 125-132.
- Navas Flores, D. F., Suasnavas, V., y Ramiro, J.** (2018). *Diseño e implementación de un prototipo de detección y localización de obstáculos a través de reconstrucción tridimensional mediante el uso de una cámara estereoscópica*. Quito, Ecuador: EPN.
- Nithin, G., y Bhooshan, R. S.** (2016). ARTAR-Artistic Augmented Reality. *Procedia Technology*, 24, pp. 1468-1474.
- Orueta, U. D., Climent, G., Cardas-Ibáñez, J., Alonso, L., Olmo-Osa, J., y Tirapu-Ustárrroz, J.** (2016). Evaluación de la memoria mediante realidad virtual: presente y futuro. *Revista de Neurología*, 62(2), pp. 75-84.
- Pazmiño, M. R., y Harari, I.** (2017). Uso de nuevas tecnologías TICS-realidad aumentada para tratamiento de niños TEA un diagnóstico inicial. *Revista CienciAmérica*, 6(3), pp. 131-137.
- Pinilla Giménez, I.** (2017). Juego serio para terapias de rehabilitación motora y cognitiva con realidad virtual.
- Pomper, A.-J., Jordaan, B. y Ravesloot, J.** (2009). *The added value of serious games in management development programs: The Slowesa case*.
- Rabbi, I., Ullah, S., Javed, M. y Zen, K.** (2017). Analysing the attributes of fiducial markers for robust tracking in augmented reality applications. *International Journal of Computational Vision and Robotics*, 7(1-2), pp. 68-82.
- Rojas, L. E. B., y Díaz, J. F. A.** (2012). Tareas fundamentales en la Realidad Aumentada, un nuevo enfoque. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(19).
- Sagitov, A., Shabalina, K., Lavrenov, R., y Magid, E.** (2017). *Comparing fiducial marker systems in the presence of occlusion*. Paper presented at the Mechanical, System and Control Engineering (ICMSC), 2017 International Conference on.

**Shapi'i, A., Zin, N. A. M., y Elakloul, A. M.** (2015). A Game System for Cognitive Rehabilitation. *BioMed Research International*.

**Tsaousides, T., y Gordon, W. A.** (2009). Cognitive Rehabilitation Following Traumatic Brain Injury: Assessment to Treatment. *Mount Sinai Journal of Medicine*, 76, pp. 173-181. doi:<http://dx.doi.org/10.1002/msj.20099>

**Zheng, Z., et al.** (2017). *Aristo: An augmented reality platform for immersion and interactivity*. Paper presented at the Proceedings of the 2017 ACM on Multimedia Conference.



*/05/*



# RÚBRICA PARA EVALUAR AMBIENTES VIRTUALES DE APRENDIZAJE

## RUBRIC TO EVALUATE VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENTS

---

**Miguel Navarro Rodríguez**

Doctor en Educación Internacional. Profesor investigador.  
Universidad Pedagógica de Durango (México).

E-mail: [tondoroque@gmail.com](mailto:tondoroque@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5436-2347>

**Rubén Edel Navarro**

Investigador de tiempo completo. Doctor en Investigación Psicológica. Área de conocimiento:  
Aprendizaje mediado por tecnología. Universidad Veracruzana (México).

E-mail: [redel@uv.mx](mailto:redel@uv.mx) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7066-4369>

**Ramona Imelda García López**

Doctora en Educación. Profesora investigadora de tiempo completo. Instituto Tecnológico de  
Sonora (México).

E-mail: [igarcia@itson.edu.mx](mailto:igarcia@itson.edu.mx) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0091-3427>

**Recepción:** 19/06/2018. **Aceptación:** 30/08/2018. **Publicación:** 28/09/2018

### **Citación sugerida:**

Navarro Rodríguez, M., Edel Navarro, R. y García López, Ramona Imelda. (2018). Rúbrica para evaluar ambientes virtuales de aprendizaje. *3C TIC. Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 7(3), 80-97. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3ctic.2018.73.80-97>

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló a través del método y técnica de análisis de contenido. Sus objetivos consistieron en describir el proceso para el diseño de una rúbrica dirigida a evaluar los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA), así como explicar los resultados de un ejercicio didáctico para la coevaluación entre sus pares a través del empleo de rúbricas, realizado por doctorantes de la Universidad Pedagógica de Durango, en México. El estudio se realizó con la participación de 11 estudiantes de posgrado, considerándose como unidad de análisis y fuente de los datos e información, a las intervenciones en los foros virtuales, y cuya argumentación discursiva se asoció con la evaluación de los AVA y el diseño de las rúbricas. Los hallazgos indican que el proceso de diseño de la rúbrica se orientó a integrar indicadores de calidad para la construcción incipiente de un modelo de evaluación integral, teniendo como variables principales la satisfacción de los usuarios y la calidad del ambiente virtual, en tanto que, el ejercicio didáctico para la coevaluación de la rúbrica, aportó resultados diferenciados y no contrastables, en virtud de las diferencias de robustez en las plataformas tecnológicas que fueron utilizadas.

## ABSTRACT

*The present research was developed through the method and technique of content analysis. Its objectives were: to describe the process to design a rubric destined to evaluate virtual learning environments (VLE), as well as to explain the results of the coevaluation of said environments to Through the use of the aforementioned rubric, this exercise was carried out by doctoral students at the Pedagogical University of Durango, Mexico. The study was carried out with the participation of 11 postgraduate students, considering as a unit of analysis and source of the data and information, the interventions in the virtual forums, and whose discursive argumentation was associated with the evaluation of the VLE and the design of The rubrics. The findings indicate that the rubric design process was aimed at integrating quality indicators for the incipient construction of a comprehensive evaluation model, with the main variables being user satisfaction and the quality of the virtual environment, while the didactic exercise with the co-evaluation of the rubrics of the different VLE designed, provided differentiated results and not restrictive, by virtue of the differences in robustness of the technological platforms that were used.*

## PALABRAS CLAVE

Rúbricas, Evaluación, AVA, Foros virtuales, Aprendizaje mediado por tecnología.

## KEY WORDS

*Rubrics, Evaluation, VLE, Virtual forums, Technology-mediated learning*

## 1. LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN VIRTUAL

La evaluación de la educación virtual se suma a toda una tendencia internacional denominada pedagogía basada en la evidencia (Hargreaves, 1996), posicionamiento trata de fundamentar a las prácticas pedagógicas con evidencias empíricas, es decir, de resultados de investigación. Se evalúa para mejorar la práctica pedagógica y estos resultados de evaluación son evidencia que fundamenta a nuevas prácticas (Davies, 1999). Ahora bien, con relación a la evaluación de los aprendizajes virtuales, Aguaded y Medina, (2015), establecen la necesidad de que instancias certificadoras se ocupen de la evaluación de la calidad de los aprendizajes logrados en la modalidad en línea. Citan como ejemplo a EFQUEL, como la instancia de certificación profesional para el e-learning en Europa (p.125). En este mismo tenor, son significativos los aportes de Adelstein y Barbour (2016), quienes examinaron el estándar internacional para la evaluación online denominado iNACOL. Cabe destacar la discusión concluyente sobre las dimensiones e indicadores de la calidad de los cursos online realizada por Marciniak y Gairin (2018) y Raposo y Gallego (2016).

## 2. RÚBRICAS PARA EVALUAR UN AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAJE

Para Gottlieb (2006), la rúbrica es una guía de puntuación con criterios especificados que se utiliza para interpretar el trabajo del alumno, cuya utilización facilita la corrección y objetividad en los aprendizajes que se pretenden alcanzar. Cano (2015), realiza una revisión de las rúbricas como recurso de evaluación en la educación superior, asociándolas como una herramienta de evaluación acorde a una visión de competencias, la autora se pregunta si estamos usándolas correctamente o bien si estamos abusando de dicho recurso.

Respecto de las ventajas que señala la autora para las rúbricas se encuentran: 1. Su valor formativo, versus sumativo, 2. Guían de forma efectiva un proceso, 3. El valor agregado de construirla versus consumirla, 4. Permiten progresiones secuenciadas en el logro de una competencia transversal y 5. Podemos aprovechar ejemplos valiosos y adaptarlos a nuestra asignatura o competencia.

Todas estas ventajas son válidas, pero sobre todo acordamos con la autora respecto de la ventaja de la rúbrica con el propósito formativo en la competencia a lograr, el aprendiz toma la rúbrica como un andamiaje que le proporciona no solo guía, sino un medio de ajuste y corrección en el logro de la competencia, al ser construida la misma, criterio x criterio por el estudiante. Se posibilita por tanto, un un automonitoreo del logro, así como, la autocorrección a través del seguimiento de una rúbrica

que permiten una mayor objetividad en los aprendizajes logrados (Vázquez, et al. 2014; Attali, Lewis y Steier, 2012; Enright y Quinlan, 2010).

Agregar que la rúbrica permite un cierto rigor para el desarrollo de proyectos que demandan precisión y condiciones necesarias para su realización.

### 3. OBJETIVOS

En esta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Describir las características del proceso de diseño de una rúbrica para evaluar ambientes virtuales de aprendizaje, realizado por los estudiantes del segundo semestre de doctorado en la Universidad Pedagógica de Durango.
- Explicar los resultados del ejercicio de coevaluación por rúbricas de los ambientes virtuales de aprendizaje desarrollados por estudiantes del segundo semestre de doctorado en la Universidad Pedagógica de Durango.

### 4. METODOLOGÍA

La investigación emplea al análisis de contenido en tanto método y técnica, considerando tanto el enfoque cualitativo como el cuantitativo, esto en el diseño del análisis de los datos y en su interpretación (Porta y Silva, 2003; Aignerren, 2010; Bernete, 2013, en Lucas y Novoa, 2013). Se consideraron como unidades de análisis a las intervenciones en los foros virtuales de los estudiantes, que aluden a la evaluación de los ambientes de aprendizaje y al diseño de rúbricas. Una unidad de análisis importante es la que refiere a los resultados de la coevaluación cuantitativa, utilizando la rúbrica elaborada para la evaluación de los ambientes virtuales de aprendizaje diseñados por los estudiantes de segundo semestre del doctorado.

Se consideraron como unidades de análisis las intervenciones en los foros virtuales de los estudiantes, que aluden a la evaluación de los ambientes de aprendizaje y al diseño de rúbricas.

Entre las categorías que en la presente investigación se destacan desde la revisión de la literatura se encuentran:

- Modelo de evaluación online
- Criterios e indicadores de Evaluación online
- Instrumentos de evaluación online
- Ejercicio de consenso-rúbrica

Por otra parte, se contemplan a solo 2 unidades de análisis como productoras de datos: 1. Textos del Foro virtual, sobre el marco referencial de la evaluación de los ambientes virtuales de aprendizaje y 2. Resultados de la coevaluación al aplicar la rúbrica, ésta unidad de análisis recupera a los 8 indicadores de la citada rúbrica.

## 5. LA RÚBRICA DE EVALUACIÓN CONSTRUIDA

El ejercicio para evaluar a los ambientes virtuales de aprendizaje se efectuó a partir de una propuesta inicial a los estudiantes del doctorado para el diseño de una rúbrica para lo cual se elaboró una matriz de valoración que hizo corresponder a diferentes enunciaciones del logro de un parámetro, con diversos criterios de evaluación (Cano, 2015). Dicha propuesta se trabajó en la página web RubíStar: <http://rubistar.4teachers.org/index.php?skin=es&lang=es> donde se elaboró como una rúbrica temporal, la cual se imprimió una vez consensada con los estudiantes (ver anexo 1).

Con relación al proceso de diseño, fueron consideradas las entradas de los estudiantes a 2 foros virtuales: “Aspectos clave del estado del arte en DT y Avas...” (<http://200.23.125.51/upd/mod/forum/view.php?id=9078>), este foro contó con 39 entradas y 51 replies y el foro:

“Marco referencial de la evaluación de los Avas...” (<http://200.23.125.51/upd/mod/forum/discuss.php?d=4092>), con 8 entradas y 5 replies para seleccionar los textos, se utilizó a las categorías prefijadas en el análisis como identificadores, los textos fueron el insumo para la parte cualitativa del análisis de contenido, lo cual se muestra a continuación.

## 6. RESULTADOS

A continuación, se presenta la sistematización de la investigación, la cual ofrece el detalle sobre el proceso de análisis de datos, las categorías que se destacaron en la revisión referencial, así como las inferencias analíticas. La fase uno muestra los textos con su codificación (Tabla 1) y la fase 2 a la codificación advertida, así como a las inferencias con relación al objetivo y la pregunta de investigación (Tabla 2).

**Tabla 1.** Sistematización de la investigación, análisis de contenido Fase 1: codificación.

Unidad de análisis	CATEGORÍAS			
	Mod. Eval.	Indic. Eval.	Instrum. Eval.	Ejercicio consenso Rúbrica
<b>Textos del Foro Virtual/ códigos</b>	"Las evaluaciones pueden incluir autocríticas, reflexiones" (E.E.1)	"Accesibilidad usabilidad y navegación" (E.E.1). "Deben tenerse en consideración categorías como: institución, pedagogía, tecnología, contexto y servicios y las variables e indicadores que respalden a cada una de ellas." (E.E.1). "Una Guía didáctica, la metodología bien definida, los contenidos de calidad y debidamente organizados, el uso adecuado de recursos didácticos con elementos multimedia. Otros factores cualitativos son una motivación constante y el uso adecuado del lenguaje de acuerdo con el contexto. (E.E.6). "El contexto institucional, la infraestructura tecnológica, los estudiantes, el docente, los aspectos pedagógicos y las dimensiones enfocadas en la evaluación del ciclo de vida de un curso virtual". (E.E.6).	"Instrumento de valoración de la calidad de los cursos" (E.E.1). "Por ello la necesidad de utilizar y la aplicar matrices de evaluación o rúbricas. Los que ofrecen criterios específicos para la evaluación del trabajo del alumno y que ayudan tanto en la preparación como en la corrección del mismo, realizándolo de forma más objetiva, completa y eficaz" (E.E.4) "Búsqueda de otros instrumentos de evaluación, que apoyen a la rúbrica, para llevar a cabo una evaluación integral" (E.E.3). "La creación y aplicación de las e-rúbricas por parte del estudiante ayuda al desarrollo de las competencias relacionadas con el aprendizaje autorregulado y las competencias interpersonales y también competencias específicas: gestión autónoma y autorregulada del trabajo, gestión de los procesos de comunicación e información y trabajo en equipo desarrollando distinto tipo de funciones o roles, donde la coevaluación es un aspecto esencial en la conformación de los estudiantes y futuros profesionales." (E.E.6) "Las rúbricas se las considera como una herramienta para la evaluación de competencias complejas, éstas no son instrumentos únicos para evaluar, hay aspectos que aún no se logra evaluar con estas como los comportamientos". (E.E.1)	"Cada tarea debe contener una rúbrica redactada cuidadosamente, para que los estudiantes puedan entender que se espera de ellos" (E.E.1). "Criterios más ajustados a procesos y productos, que no anulen la autonomía ni la creatividad de los aprendices" (E.E.2). "Valor formativo de la rúbrica. Guía el proceso de adquisición de la competencia a través de ejemplos valiosos" (E.E.3). "El establecimiento de una rúbrica de evaluación del ambiente virtual tenga una connotación amplia y flexible para su operación, sin olvidar que debe estar acotada al espacio donde se aplica" (E.E.2). "Se considera la correcta utilización de una rúbrica como instrumento de evaluación y evitar el abuso, al aplicarse en otros aspectos del proceso educativo. (E.E.5). "La rúbrica como un registro evaluativo que posee ciertos criterios o dimensiones a evaluar y lo hace siguiendo unos niveles o gradaciones de calidad y tipificando los estándares de desempeño. Que de manera progresiva determinarán los puntos a considerar en la mejora de los ambientes virtuales de aprendizaje" (E.E.2). "Se puede concluir que la rúbrica es una gran herramienta para la evaluación en los entornos virtuales, sin embargo, no logra cubrir todos los aspectos a evaluar" (E.E.1). "Instrumento de valoración de la calidad de los cursos, distribuidos en dimensiones e ítems" (E.E.1)
<b>Modelo de evaluación 9 códigos</b>	"Se deben evaluar tres áreas: el aprendizaje de los estudiantes, el curso en conjunto y sus componentes, y el formador." (E.E.1).			
<b>Indicadores Evaluación 5 códigos</b>	"Modelo de calidad que tenga en cuenta las peculiaridades de educación virtual. Se propone un conjunto de dimensiones adecuadas al objeto y al contexto en el que se produce y desarrolla la educación virtual" (E.E.2).			
<b>Instrumento Evaluación 7 códigos</b>	"La evaluación debe comprender los aspectos formativos y sumativos de los alumnos, del curso y del formador, y debe examinar todos los niveles de aprendizaje del estudiante" (E.E.1). "Modelos innovadores de evaluación formativa en los que se fomenta la evaluación entre pares o co-evaluación." (E.E.4).			
<b>Ejercicio Consenso Rúbrica 8 códigos</b>				

Como se puede apreciar en la Tabla 1, las categorías que se prefijaron en el análisis: Modelo de evaluación, indicadores y criterios de evaluación, Instrumento de evaluación y ejercicio-consenso de la rúbrica. Solo las tres primeras categorías tienen que ver con la discusión de referentes propios del

campo de la evaluación, la última categoría, el ejercicio de consenso de la rúbrica, se constituyó a partir de las discusiones en la sesión de clase de doctorado acerca de las características de diseño de la rúbrica para evaluar un AVA. Sin embargo, como se aprecia en la Tabla 1, las cuatro categorías muestran textos en el foro virtual, desde aportes de los estudiantes, por lo cual las cuatro categorías muestran un determinado número de códigos desde los cuales se puede integrar la inferencia analítica para responder a las preguntas y objetivos de la investigación (ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Sistematización de la investigación, análisis de contenido Fase 2, desarrollo de inferencias.

Unidad de análisis	CATEGORÍAS			
	Mod. Eval.	Indic. Eval.	Instrum. Eval.	Ejercicio consenso Rúbrica
Textos del foro virtual/ inferencias	El modelo de evaluación se orienta hacia la integración en sus componentes, de la calidad del ambiente virtual, destacando un carácter esencialmente formativo, para potenciar aprendizajes óptimos, desde la innovación y se concreta en formas de evaluación participativas, tales como la evaluación entre pares y la coevaluación.	Se considera a indicadores clave que focalizan las tendencias teóricas de la evaluación de los ambientes de aprendizaje; de entre ellos: la accesibilidad, navegabilidad, diseño instruccional, contenidos orientados hacia el aprendiz, la interactividad, enfoque pedagógico, el trabajo colaborativo, el nivel de satisfacción del usuario; donde la sumatoria de todos estos indicadores, nos lleva a promediar el puntaje que se logra ponderar para la calidad del ambiente virtual de aprendizaje.	La rúbrica es considerada como una matriz de valoración, orientada hacia la evaluación integral; ya que contempla ponderar la competencia general del usuario del ambiente virtual del aprendizaje, por ejemplo, las habilidades interpersonales necesarias para el trabajo colaborativo, así como el dominio de competencias específicas, tales como, la gestión autónoma, la autorregulación en el desarrollo de tareas y la gestión de los procesos de comunicación e información para participar de la interacción entre pares para el desarrollo de proyectos colaborativos desde y en el ambiente virtual. Si bien la rúbrica está orientada hacia la evaluación integral, se previene que no debe de ser el único instrumento de evaluación utilizado.	Se consideró redactar cuidadosamente los niveles de logro o parámetros enunciados en el texto, mismo que correspondió a cada indicador o criterio del modelo elegido, de forma que los estudiantes supiesen de forma precisa los aprendizajes que se esperaban de ellos. La orientación del modelo de evaluación se inclinó hacia el carácter formativo, los indicadores y criterios considerados, fueron flexibles y aplicables plenamente al contexto virtual, para su correcta operación, se señalaron límites en el ejercicio de la rúbrica, más bien como un recurso de evaluación y aprendizaje, que, como un recurso de enseñanza, evitando por ello los abusos en su empleo. Por otra parte, se especificó que los textos redactados en cada parámetro del nivel de logro, contuviesen las necesarias gradaciones secuenciadas, tipificando los estándares de desempeño y se previene de nueva cuenta, que el instrumento rúbrica para evaluar ambientes virtuales de aprendizaje, no logra cubrir todos los aspectos a evaluar en el AVA.



De acuerdo con las inferencias establecidas en la Tabla 2, el modelo de evaluación se orienta a destacar de forma sumaria la calidad del ambiente virtual, con un énfasis en el carácter formativo de dicha evaluación, los indicadores y criterios de evaluación que constituyeron a la rúbrica, fueron los siguientes: accesibilidad, navegación, diseño instruccional, contenido, enfoque pedagógico, trabajo colaborativo, nivel de satisfacción del usuario del ambiente y como un indicador sumario que promedia a los puntajes de todos los restantes indicadores se integra el último indicador: Calidad del ambiente virtual.

Se considera la rúbrica diseñada como una matriz de valoración orientada hacia la evaluación integral del ambiente virtual, donde las características del ejercicio de consenso del instrumento con los estudiantes trató de cuidar la redacción de los textos de cada parámetro, de forma que la gradualidad en la secuencia de los parámetros dejara claro para los estudiantes a través de la rúbrica qué tipo de aprendizajes en el diseño del ambiente virtual se esperaba de ellos.

Finalmente, se discute la unidad de análisis cuantitativa en el presente análisis de contenido y corresponde a la presentación de los puntajes promedio de la coevaluación de las rúbricas, al co-evaluar los estudiantes a los distintos ambientes virtuales de aprendizaje presentados, tal como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Puntajes promedio, en una escala de 1 a 4, que fueron asignados en la presentación del diseño de los diferentes ambientes virtuales de aprendizaje.

Unidad de análisis	CATEGORÍAS							
Coevaluación de la rúbrica	Accesibilidad	Navegación	Diseño Instrucc.	Contenido	Interactividad	Enfoque pedagógico	Trab. Colab.	Nivel Satisfacción usuario
Equipo 1 AVA "Moodle"	4.0	3.9	3.9	3.5	3.7	3.4	3.3	3.6
Equipo 2 AVA "Claroline"	3.0	3.5	3.0	3.6	3.8	3.4	3.5	3.5
Equipo 3 AVA "Canvas"	3.9	2.9	3.4	3.4	3.4	3.3	3.5	3.1
Equipo 4 AVA "Schoolology"	3.9	3.7	3.7	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5
Calidad del Ambiente virtual	Promedio de las 8 categorías							Total
"Moodle"	3.7							
"Claroline"	3.4							
"Canvas"	3.4							
"Schoolology"	3.6							

Como se puede observar en la tabla 3, se muestra que el puntaje promedio más alto con 3.7, en una escala de 1 a 4, lo obtiene el equipo que diseñó el AVA en la plataforma Moodle, seguido de un puntaje promedio de 3.6 para el AVA Schoology, donde los puntajes promedio más bajos con un 3.4 ambos, se asignaron a los AVA diseñados en Claroline y Canvas.

## 7. CONCLUSIONES

En relación con el proceso de diseño de la rúbrica, a partir de la revisión referencial tanto de los indicadores, como de los modelos de evaluación de los AVA, se identificaron 8 indicadores de calidad que apuntaron hacia la dimensión tecnológica de la plataforma y su accesibilidad, así como a la *dimensión pedagógica*, en relación con su enfoque, el diseño instruccional, interactividad y la satisfacción de los usuarios. Se consideró también, el trabajo colaborativo de los aprendices para constituir un modelo integral, el cual incorporó el noveno indicador a través del promedio de los puntajes logrados y al cual se le denominó como Calidad del AVA.

En relación al proceso de diseño de la rúbrica, a partir de la revisión referencial sobre los indicadores y modelos de evaluación de los AVA se identificó que los indicadores de calidad apuntan a las características tanto tecnológicas como pedagógicas.

El ejercicio de coevaluación a través de las rúbricas tuvo como resultado la asignación de puntajes más altos para las plataformas más robustas, con excepción del logro obtenido por la plataforma Claroline, para la cual faltó tiempo en el ejercicio de diseño instruccional. De esta forma, el equipo participante lograra dominar razonablemente la diversidad de sus objetos y recursos de aprendizaje.

Con base en lo anteriormente expuesto, se concluye que el contraste de resultados para la evaluación de los diseños de AVA se contemple en una fase preliminar para someter a prueba la rúbrica diseñada. Sin embargo, se postula que una evaluación formal de los resultados del diseño de AVA en diferentes plataformas deberá considerar que las mismas mantengan una robustez homogénea en función de sus recursos digitales y objetos de aprendizaje para poder establecer criterios de comparación válidos. Resulta pertinente puntualizar que dicha consideración no se contempló en el presente estudio, lo anterior en virtud de la autonomía que se otorgó a los estudiantes para la elección de sus plataformas LMS.

Finalmente, cabe destacar la necesidad de estimular los aportes de investigación a partir de una diversidad metodológica y de experiencias desde las aulas de posgrado de las instituciones de educación superior (IES) para enriquecer el campo de la evaluación de los AVA.

## 8. REFERENCIAS

**Adelstein, D. y Barbour, M.** (2016). Building Better Courses: Examining the Content Validity of the iNACOL National Standards for Quality Online Courses. *Journal of Online Learning Research*, 2(1), pp. 41-73.

**Aignerén, N.** (2010). Análisis de contenido. Una introducción. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquía. Recuperado de: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/ceo/article/view/1550/1207>

**Aguaded, I., y Medina-Salguero, R.** (2015). Criterios de calidad para la valoración y gestión de MOOC. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 18(2), pp. 119-143. doi:<http://dx.doi.org/10.5944/ried.18.2.13579>

**Attali, Y., Lewis, W., y Steier, M.** (2012). Scoring with the computer: Alternative procedures for improving the reliability of holistic essay scoring. *Language Testing*, 30(1), pp. 125-141.

**Bernete, F.** (2013). Análisis de Contenido. En: Lucas, A., Novoa, A. *Conocer lo social, estrategias de construcción y análisis de datos* (pp. 193-203). Madrid, España: Editorial Fragua.

**Cano, E.** (2015). Las rúbricas como instrumento de evaluación de competencias en educación superior: ¿uso o abuso?. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 19. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56741181017>

**Davies, P.** (1999). What is evidence-based education? *British Journal of Educational Studies*, 47(2), pp. 108-122.

**Enright, M., y Quinlan, T.** (2010). Complementing human judgment of essays written by English language learners with e-rater® scoring. *Language Testing*, 27(3), pp. 317-334.

**Hargreaves, D.** (1996). *Teaching as a research-based profession: possibilities and prospects*. Londres, Inglaterra: Teacher Training Agency.

**Gottlieb, M.** (2006). *Assessing English language learners: Bridges from language proficiency to academic achievement*. California, EE.UU.: Thousand Oaks

**Marciniak, R., y Gairín Sallán, J.** (2018). Dimensiones de evaluación de calidad de educación virtual: revisión de modelos referentes. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(1), pp. 217-238. doi:<http://dx.doi.org/10.5944/ried.21.1.16182>

**Porta, L. y Silva, M. M.** (2003). La investigación cualitativa, el análisis de contenido en la investigación educativa. Recuperado de: [http://biblioteca.iplacex.cl/RCA/La%20investigaci%20cualitativa\\_el%20an%20an%20alisis%20de%20contenido%20en%20la%20investigaci%20educativa.pdf](http://biblioteca.iplacex.cl/RCA/La%20investigaci%20cualitativa_el%20an%20an%20alisis%20de%20contenido%20en%20la%20investigaci%20educativa.pdf)

**Raposo, M. y Gallego, M. J.** (2016). University Students' Perceptions of Electronic Rubric-Based Assessment. *Digital Education Review*-Number 30.

**Vázquez-Cano, E., Martín-Monje, E. y Fernández Álvarez, M.** (2014). El rol de las e-rúbricas en la evaluación de materiales digitales para la enseñanza de lenguas en entornos virtuales de aprendizaje. *REDU: Revista de Docencia Universitaria*, 12 (1), pp. 135-157.

# ANEXO 1

Rúbrica para evaluar el diseño de un ambiente virtuale de aprendizaje



La rúbrica fue realizada usando:  
**RubiStar** <http://rubistar.4teachers.org>

## Diseñando un Sitio en la Red : Evaluación de un ambiente virtual de aprendizaje

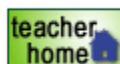
Nombre del profesor/a: \_\_\_\_\_

Nombre del Ambiente Virtual Diseñado: \_\_\_\_\_

Criterio de Evaluación	PARÁMETROS			
	4	3	2	1
Accesibilidad	La instalación es rápida con el apoyo de un tutorial. El ingreso a la plataforma es de fácil acceso. La clave es recuperable mediante un procedimiento muy simple. Funciona en cualquier equipo de cómputo.	La instalación requiere tiempo y con el apoyo de dos o más tutoriales. El ingreso a la plataforma es un tanto complejo. La clave es recuperable pero requiere de tiempo para ello. Funciona en casi todos los equipos de cómputo, pero necesita de algunos requerimientos técnicos del sistema.	La instalación requiere de asesoría técnica y de algo de tiempo. El ingreso a la plataforma es complejo. La clave no es recuperable por el usuario y se requiere del apoyo del administrador. Funciona en algunos equipos de cómputo.	La instalación solo puede realizarse por personal especializado. El ingreso a la plataforma es muy difícil. La clave no es recuperable por el usuario ni por el administrador. Solo funciona en equipos de nueva generación.
Navegación	Los enlaces para la navegación están claramente etiquetados, colocados consistentemente, permiten al lector desplazarse fácilmente de una página a otras páginas relacionadas (hacia delante y atrás), y llevan al lector donde él o ella espera ir. El usuario no se pierde.	Los enlaces para la navegación están claramente etiquetados, permiten al lector moverse fácilmente de una página a otras páginas relacionadas (hacia delante y atrás), y los enlaces internos llevan al lector donde él o ella espera ir. El usuario rara vez se pierde.	Los enlaces de navegación llevan al lector a donde espera ir, pero algunos enlaces necesarios parecen no estar presentes. El usuario algunas veces se pierde.	Algunos enlaces no llevan al lector a los sitios descritos. El usuario se siente perdido.

Criterio de Evaluación	PARÁMETROS			
	4	3	2	1
<b>Diseño instruccional</b>	Se establece un objetivo general así como específicos desglosados para cada temática, así como sus contenidos y actividades de aprendizaje relevantes, precisando un producto de evaluación relacionado con el logro de los objetivos, se advierte que se guarda un enfoque pedagógico longitudinal en todo el diseño instruccional.	Se establece un objetivo general, pero este no se desglosa como específico en los temas, los contenidos y actividades de aprendizaje guardan buena relación con el producto de evaluación y el enfoque pedagógico se aprecia medianamente.	Se presenta un objetivo general, sin un mayor desglose, los recursos y actividades así como el producto de evaluación guardan poca relación para con el logro de dicho objetivo, el enfoque pedagógico apenas se advierte en alguna actividad	No hay ni un objetivo, ni general ni específicos para cada temática, los contenidos, recursos y actividades de aprendizaje, así como el producto de evaluación no guardan relación hacia el logro de ningún objetivo y no se aprecia enfoque pedagógico alguno.
<b>Contenido</b>	Toda la información provista por el estudiante en el sitio web es precisa y todos los requisitos de la asignación han sido cumplidos.	Casi toda la información provista por el estudiante en el sitio web es precisa y todos los requisitos de la asignación han sido cumplidos.	Casi toda la información provista por el estudiante en el sitio web es precisa y casi todos los requisitos han sido cumplidos.	Hay varias inexactitudes en el contenido provisto por el estudiante o muchos de los requisitos no están cumplidos.
<b>Enfoque pedagógico</b>	Se mantiene en todas las actividades de aprendizaje, así como en los productos de evaluación, una relación estrecha con el enfoque pedagógico elegido, sea este constructivista, cognoscitivista o de la pedagogía situada, las actividades, recursos y objetos de aprendizaje son consistentes con él.	En la mayoría de las actividades de aprendizaje, de los objetos y recursos diseñados, se articulan los mismos con el enfoque pedagógico elegido	Solo en algunas actividades de aprendizaje y recursos se mantiene relación con un enfoque pedagógico determinado	Las actividades de aprendizaje, objetos y recursos diseñados en el ambiente virtual no guardan relación con algún enfoque pedagógico elegido.
<b>Trabajo colaborativo</b>	En el Ava, se proveen espacios para la discusión y los aportes colaborativos, en donde se establecen llamados al respeto y a la construcción entre iguales, la división del trabajo x equipo se garantiza sea equitativa desde el diseño de la instrucción.	En el Ava,. Se han diseñado los espacios de colaboración, con llamados a la equidad y el respeto en los procesos de construcción x equipo, si bien no se garantiza del todo la distribución equitativa del trabajo.	En el Ava, se ha diseñado algún espacio colaborativo, sin una mecánica apropiada de discusión y aporte constructiva, no se garantiza ni el respeto ni la equidad en el trabajo.	En el Ava, no se han dispuesto espacios para la discusión y construcción colaborativa de conocimiento, no se ha previsto la distribución equitativa de las tareas.

Criterio de Evaluación	PARÁMETROS			
	4	3	2	1
<b>Interactividad</b>	El ambiente virtual de aprendizaje manifiesta desde el diseño, a diversidad de estrategias para facilitar la interacción del aprendiz con la plataforma: los recursos y objetos de aprendizaje, con el tutor, los pares y con los materiales educativos.	El Ava establece en su diseño, una interacción del aprendiz con el medio virtual, con el tutor y con los materiales o contenidos, estando ausente la interacción entre los pares.	El ava a partir de su diseño, tan solo mantiene interactividad de los aprendices con los contenidos y con alguna actividad de aprendizaje.	El diseño de actividades para favorecer la interactividad del ambiente virtual de aprendizaje está ausente, por lo que no existe acción recíproca para el logro de los objetivos de aprendizaje.
<b>Nivel de satisfacción del aprendiz con el Ava</b>	Los aprendices manifiestan un alto nivel de satisfacción con su proceso de aprendizaje en el AVA, siendo el diseño instruccional, la interfaz y las actividades de aprendizaje, gratos y edificantes.	Los aprendices manifiestan un buen nivel de satisfacción con el ambiente virtual de aprendizaje y con el proceso y desempeño de la mayoría de sus componentes, estando algún elemento susceptible de mejora.	Los aprendices manifiestan un escaso nivel de satisfacción con el ambiente virtual de aprendizaje en el desempeño de la mayoría de sus componentes: diseño instruccional, contenidos, actividades de aprendizaje, productos de evaluación etc.	Los aprendices manifiestan un nulo nivel de satisfacción con el ambiente virtual de aprendizaje, siendo la interfaz, el diseño instruccional y las actividades y recursos de aprendizaje tediosos y los materiales inapropiados.
<b>Calidad del ambiente virtual</b>	Los componentes del ambiente virtual de aprendizaje se presentan de forma armónica y óptima coadyuvando en su totalidad al logro de los objetivos de aprendizaje.	La mayoría de los componentes del ambiente virtual de aprendizaje, muestran armonía y permiten el logro parcial de los objetivos de aprendizaje.	Solo algunos componentes del Ambiente virtual de aprendizaje permiten el desarrollo de actividades y recursos de aprendizaje, por lo que se logra escasamente algunos objetivos de aprendizaje.	No se advierten los componentes del ambiente virtual de aprendizaje que permitan el logro de los objetivos de aprendizaje.



Copyright © 2000-2007 Advanced Learning Technologies in Education Consortia **ALTEC**

To view information about the Privacy Policies and the Terms of Use, please go to the following web address:

<http://rubistar.4teachers.org/index.php?screen=TermsOfUse>





## CONSEJO EDITORIAL

---

Director

Víctor Gisbert Soler

Editores adjuntos

María J. Vilaplana Aparicio

Inés Poveda Pastor

Vicente Sánchis Rico

Editores asociados

David Juárez Varón

F. Javier Cárcel Carrasco

## COMITÉ CIENTÍFICO TÉCNICO

---

Área textil	Prof. Dr. Josep Valldeperas Morell <i>Universidad Politécnica de Cataluña, España</i>
Área financiera	Prof. Dr. Juan Ángel Lafuente Luengo <i>Universidad Jaume I; Castellón de la Plana, España</i>
Organización de empresas y RRHH	Prof. Dr. Francisco Llopis Vañó <i>Universidad de Alicante, España</i>
Estadística; investigación operativa	Prof. Dra. Elena Pérez Bernabéu <i>Universidad Politécnica de Valencia, España</i>
Derecho	Prof. Dra. María del Carmen Pastor Sempere <i>Universidad de Alicante, España</i>
Ingeniería y tecnología	Prof. Dr. David Juárez Varón <i>Universidad Politécnica de Valencia, España</i>
Tec. de la información y la comunicación	Prof. Dr. Manuel Llorca Alcón <i>Universidad Politécnica de Valencia, España</i>
Medicina y salud	Dra. Mar Arlandis Domingo <i>Hospital de San Juan de Alicante, España</i>



tic

Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC