

Modelado de un entorno tecnológico para apoyar el desarrollo motriz en educación infantil

Trabajo Fin de Máster en
Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial
perteneiente al programa oficial de postgrado de
Tecnologías Informáticas

Realizada por
Alberto de Diego Cottinelli

Tutelada por
Ricardo Conejo Muñoz

Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

MÁLAGA, septiembre de 2010

El Dr. D. Ricardo Conejo Muñoz, Catedrático de Universidad perteneciente al Área de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la E.T.S. de Ingeniería Informática de la Universidad de Málaga,

Certifica que,

D. Alberto de Diego Cottinelli, Ingeniero en Informática, ha realizado en el Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación de la Universidad de Málaga, bajo su dirección, el trabajo de investigación titulado:

*Modelado de un entorno tecnológico para apoyar el desarrollo motriz
en educación infantil*

Revisado el presente trabajo, estima que puede ser presentado al tribunal que ha de juzgarlo, y autoriza la presentación de este trabajo para la obtención del título de Máster en Inteligencia Artificial e Ingeniería del Software correspondiente al programa oficial de posgrado de Tecnologías Informáticas.

Fdo.: Dr. D. Ricardo Conejo Muñoz

Fdo.: D. Alberto de Diego Cottinelli

Málaga, 20 de Septiembre de 2010

Índice general

1. Introducción	7
1.1. Contexto	7
1.2. Motivación	8
1.3. Motricidad	8
1.4. La preescritura	9
2. Sistemas de enseñanza y aprendizaje	11
2.1. Modelado educativo	11
2.1.1. Modelado de la intervención	12
2.2. Modelado de usuario	12
2.2.1. Métodos para actualizar el modelo de usuario	12
2.3. Diseño de aplicaciones para niños	13
2.3.1. El modelo PLU	13
2.3.2. Evaluación de la tecnología interactiva	14
2.3.3. Niños como jugadores	14
2.3.4. Niños como aprendices	14
2.3.5. Niños como usuarios	14
3. TRAZO	15
3.1. Otros Sistemas Informáticos de ayuda al aprendizaje de la escritura	15
3.2. Flujo de trabajo	17
3.2.1. Interfaces del sistema	18
3.3. Corrección de los ejercicios	18
3.3.1. Tratamiento de los ejercicios escaneados	18
3.3.2. Asignación de los trazos del ejercicio a los del modelo	19
3.3.3. Comparación de los trazos con los del modelo	19
3.3.4. Cálculo de la nota de cada trazo	20
4. Experimento realizado	21
4.1. Problemas encontrados durante la realización del experimento	22
4.2. Medias para cada clase	22
4.2.1. Comparativa entre clases	23
4.2.2. Diferencia entre las notas obtenidos por distintas clases en ejercicios realizados en distinto orden	23
4.2.3. Comparativa entre ejercicios realizados en papel y tablet	23
4.3. Ejercicios agrupados por alumno	24
4.3.1. Progresión de los alumnos	24

4.3.2. Relación entre los ejercicios realizados	24
4.3.3. Relación entre el número de ejercicios realizados y la nota obtenida	24
4.4. Resultados de todos los ejercicios	25
5. Conclusiones y futuros trabajos	29
5.1. Resultados obtenidos	29
5.2. Trabajos futuros	29
5.2.1. Herramientas para observar las distintas destrezas	30
5.2.2. Correlación entre las diferentes destrezas	30
5.2.3. Modelo para el diagnóstico	31
5.2.4. Métodos para construir modelos de usuario	31
5.2.5. Generador de contenidos	32

Capítulo 1

Introducción

En este trabajo se presentará la herramienta TRAZO destinada a la enseñanza de la escritura. Se centra en la fase de preescritura, en la que los alumnos aprenden los trazos básicos que componen la escritura. El sistema tiene almacenados una serie de ejercicios con distintos trazos y dificultad. Los ejercicios se realizan a través de un tablet-pc o una pantalla táctil. También existe la posibilidad de realizarlos en papel y escanearlos. Los ejercicios se corrigen y almacenan automáticamente.

Con ayuda de dicha herramienta se ha llevado a cabo un experimento que ha consistido en la realización de una batería de ejercicios por parte de tres clases de infantil con alumnos de entre 3 y 5 años y se han evaluado los resultados obtenidos.

Finalmente se propondrán un conjunto de aplicaciones y herramientas relacionadas con la educación infantil, en concreto con el desarrollo motriz del alumno. Estas herramientas comprenden juegos y tareas de muy diversa índole, todas con un carácter educativo. El fin de estas aplicaciones es integrarlas dentro del aula para dar soporte al profesor y facilitar el seguimiento de los alumnos.

1.1. Contexto

El trabajo está siendo desarrollado en el contexto del proyecto PATIO (Técnicas de aPrendizAje colaboraTivo y modelado de usuarIo aplicadas a la integraciÓN multicultural, TIC-4273). El propósito de este proyecto es investigar en la modelización, implementación y evaluación de métodos y técnicas de representación para definir, realizar, apoyar y monitorizar tareas de aprendizaje individual y colaborativo en un marco multicultural, soportadas por ordenador y otros dispositivos tecnológicos, gracias al uso de técnicas derivadas de la Inteligencia Artificial, el Modelado Cognitivo y el diseño de recursos y materiales pedagógicos.

La finalidad del proyecto es investigar cómo las tecnologías de la información y las comunicaciones posibilitan la creación y gestión de entornos educativos innovadores que supongan una mejora en los procesos de aprendizaje individual, a la vez que favorezcan la integración de los niños en el entorno social al que pertenecen, tanto a un micro nivel (su aula y su colegio) como a macro nivel (la sociedad andaluza en la que viven).

Para abordar el proyecto, nos planteamos definir un conjunto de elementos tecnológicos que den soporte a la enseñanza, que ayuden al alumno y al profesor como una herramienta más en el aula. Como tema de investigación, se trabaja en modelizar

los procesos de aprendizaje a partir de la Inteligencia Artificial de forma que permitan inferir automáticamente diferentes situaciones, intervenir y mejorar el rendimiento de los niños en el aula y, en general, favorecer su desarrollo personal y social.

1.2. Motivación

La educación infantil promueve el desarrollo integral del individuo, tanto a nivel motriz, cognitivo, lingüístico y social (Figura 1.1). El proyecto Patio pretende todas éstas áreas a través de varias aplicaciones para el modelado de usuario y la monitorización de las sesiones de trabajo. El desarrollo motriz incluye la psicomotricidad y la práctica de la escritura en papel. Es en este punto en el que se sitúa este trabajo. Actualmente la herramienta TRAZO cubre la parte de preescritura (3-4 años). En el futuro se pretenden crear otras aplicaciones para cubrir otros aspectos del desarrollo motriz.

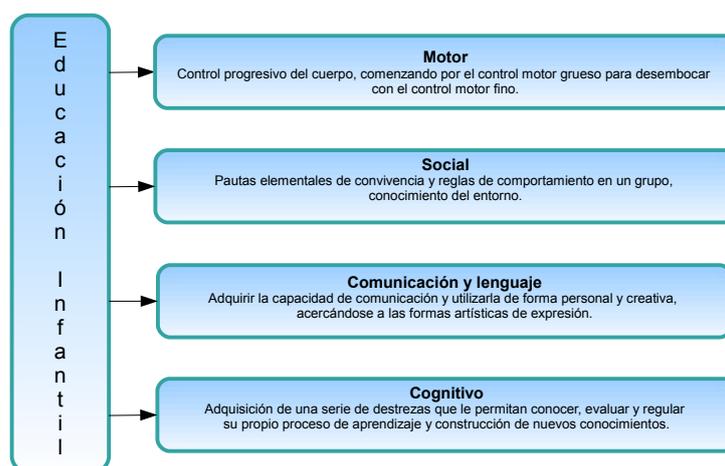


Figura 1.1: Áreas de la educación infantil

1.3. Motricidad

La motricidad es la capacidad del hombre que le permite moverse por sí mismo. Para lograr esto tiene que haber una coordinación y sincronización entre el sistema nervioso, los sentidos, el sistema muscular y los demás elementos que intervienen en el proceso.

La motricidad [16] es definida como el conjunto de funciones nerviosas y musculares que permiten la movilidad y coordinación de los miembros, el movimiento y la locomoción. Los movimientos se efectúan gracias a la contracción y relajación de diversos grupos de músculos. Para ello entran en funcionamiento los receptores sensoriales situados en la piel y los receptores propioceptivos de los músculos y los

tendones. Estos receptores informan a los centros nerviosos de la buena marcha del movimiento o de la necesidad de modificarlo.

La motricidad puede clasificarse en motricidad gruesa y motricidad fina. La primera hace referencia a movimientos amplios como caminar, correr, saltar y la segunda a movimientos precisos que requieren cierta destreza, como la escritura.

Motricidad gruesa

La motricidad gruesa se refiere al control de los movimientos musculares generales del cuerpo que llevan al niño desde la dependencia absoluta a desplazarse solos. Algunos de estos movimientos son sentarse, girar sobre sí mismo, gatear, mantenerse de pie, caminar, saltar, etc. El control motor grueso es un paso muy importante en el desarrollo de un bebé, el cual puede refinar los movimientos descontrolados, aleatorios e involuntarios a medida que su sistema neurológico madura. Y de tener un control motor grueso pasa a desarrollar un control motor fino perfeccionando los movimientos pequeños y precisos.

Motricidad fina

Al contrario que la motricidad gruesa, la fina comprende todas las actividades que necesitan precisión y un alto nivel de coordinación. Requiere de un elevado grado de maduración y un aprendizaje largo para la dominación de cada uno de sus aspectos. La motricidad fina resulta del proceso de refinamiento del control de la motricidad gruesa y va asociado a la maduración del sistema neurológico. Las destrezas de la motricidad fina se desarrollan a través del tiempo, de la experiencia y del conocimiento y requieren un nivel intelectual normal para poder planear y ejecutar una tarea así como fuerza muscular, coordinación y sensibilidad [12].

1.4. La preescritura

La preescritura es una parte de la educación psicomotriz del alumno, que permite la adquisición de las destrezas motoras que son necesarias para la escritura. Para adquirir estas destrezas el alumno realiza ejercicios relacionados con la construcción de grafismos.

El objetivo directo es obtener las cualidades básicas para el aprendizaje de la escritura. Para que el alumno realice grafismos de forma correcta se deben cumplir una serie de condiciones neurológicas, perceptivas y motrices, antes de que adquiera significado y se convierta en lenguaje escrito. Así se evitan problemas posteriores como la dislexia y las disgrafías. Siguiendo a P. Vayer [20], estas condiciones son las siguientes:

- El control neuro-muscular
- Independencia funcional del brazo
- Coordinación entre vista y mano
- Organización espacio-temporal

Para lograr una independencia de los dedos y la mano hay que partir de la independencia funcional del brazo. Así el alumno logrará progresivamente una coordinación más precisa y a partir de aquí el alumno podrá continuar con el aprendizaje de la escritura.

- Independencia de los dedos
- Visión y transcripción de la izquierda hacia la derecha
- Rotación habitual de los bucles en sentido contrario al de las agujas del reloj
- Mantenimiento correcto del útil de escritura

Durante la educación en la etapa preescolar no se contempla directamente el aprendizaje de la escritura, sin embargo si se crean las bases para poder lograr este objetivo más adelante.

Para el desarrollo psicomotriz del alumno y el aprendizaje de la escritura se usan tareas de preescritura. Estos ejercicios están destinados al entrenamiento de distintos tipos de trazo y se van complicando conforme avanza la edad del alumno. Al principio los ejercicios consisten en líneas horizontales o verticales, después se sigue con trazos oblicuos, ondas hasta formar trazos más complejos. En general, van dirigidos a que el alumno adquiera las bases para realizar letras posteriormente. Se suelen integrar en dibujos para hacer el trabajo más atractivo para los niños y convertirlo de forma lúdica. El maestro deberá prestar especial atención al movimiento realizado en el trazo de las líneas, controlando aspectos tales como la dirección, la presión del lápiz, las separaciones, las inversiones, los tamaños, etc.

Capítulo 2

Sistemas de enseñanza y aprendizaje

El propósito de estos sistemas es proporcionar al alumno una instrucción personalizada para la realización de una tarea sin la intervención de seres humanos. Lo que se pretende es que el alumno aprenda durante la realización de la tarea de una manera más práctica.

Para que los alumnos interactúen con el sistema es necesario crear una interfaz gráfica, un módulo para corregir los ejercicios y diseñar un modelo para los alumnos. El modelo del alumno recoge el conocimiento de cada uno y las posibles deficiencias que puedan tener. A partir de los datos recolectados se puede hacer un diagnóstico y tomar decisiones necesarias para guiar el aprendizaje del alumno en función de los resultados obtenidos en los ejercicios realizados.

También se puede implementar, en los casos donde sea posible, un módulo generador de contenidos que genere nuevos ejercicios automáticamente, reduciendo así aún más la necesidad de intervención humana.

2.1. Modelado educativo

Gracias a la investigación realizada en los últimos años se sabe que con la formación experiencial se aprende mucho más que con el método clásico de las clases magistrales. La interactividad que permiten los entornos tecnológicos es una característica muy importante para el aprendizaje. La interactividad permite que los estudiantes revisiten ciertas partes del entorno para explorar, probar nuevas ideas y recibir retroalimentación.

En este contexto se propone que las estrategias que promueven el aprendizaje activo se definan como actividades de instrucción que hacen que el estudiante se vea envuelto en la actividad y reflexione sobre lo que está haciendo. El uso de estas técnicas dentro del aula es vital dada su capacidad de impacto en el aprendizaje de los alumnos. Por ejemplo varios estudios han demostrado que los estudiantes prefieren estrategias que promuevan el aprendizaje activo al tradicional [4]. Otros estudios que evalúan los logros de los estudiantes han demostrado que muchas estrategias que promueven el aprendizaje activo son comparables con la lectura a la hora de promover el aprendizaje de contenido, pero superiores promoviendo el desarrollo de las destrezas de los estudiantes a la hora de pensar y escribir. Además, la investigación cognitiva ha demostrado que un número significativo de individuos tienen estilos de aprendizaje que se adaptan mejor a estas técnicas.

2.1.1. Modelado de la intervención

La práctica de una destreza es necesaria para su aprendizaje. Sin embargo a pesar de que estas actividades sean motivadoras para los alumnos, esta práctica llevada a cabo sin ninguna guía puede ser contraproducente [15]. Hay estudios [6] que demuestran que en un sistema con retroalimentación los alumnos obtienen mejores resultados.

2.2. Modelado de usuario

Un modelo de usuario es una representación basada en las creencias del sistema sobre los usuarios y da la información necesaria para confeccionar la instrucción del alumno. Es un reflejo del estado del alumno y el nivel de conocimiento y habilidad en una determinada materia. Para representar el conocimiento de cada alumno es necesario modelar el dominio de conocimiento. Existen varios tipos de modelos de usuario:

- Modelo escalar: el nivel de conocimiento de un alumno se representa con un identificador como un número entre un 1 y un 5. Es la forma más simple y no proporciona información sobre subdominios [13]
- Modelo de superposición: el modelo de superposición describe el conocimiento del alumno como un subconjunto del modelo del dominio. A cada elemento de conocimiento del alumno se asigna una medida que representa el conocimiento estimado del alumno en ese elemento. Esta medida puede ser un entero, una probabilidad o un flag. [14]
- Modelo de error: con un modelo de error es posible definir y reflejar el comportamiento erróneo de los alumnos y las razones para estos errores. Los modelos de errores se pueden categorizar en modelos de perturbación y modelos diferenciales. Las perturbaciones y los errores para cada elemento del conocimiento se almacenan en un modelo de perturbación. Se asume que pueden existir una o más perturbaciones para cada elemento de conocimiento del modelo del dominio. Así un modelo de perturbación representa un subconjunto de todas las posibles perturbaciones, que son la causa para un comportamiento incorrecto en relación a elementos de conocimiento particulares [5].
- Modelo genético: los modelos descritos (superposición y error), representan el estado del conocimiento del alumno. Pero estos modelos no expresan la estructura del conocimiento del dominio. Los modelos genéticos son usados para describir la evolución del conocimiento de un alumno. Es posible describir un modelo genético con un grafo genético, donde los nodos y las relaciones entre los nodos representan elementos de conocimiento y sus interacciones [13].

2.2.1. Métodos para actualizar el modelo de usuario

Puesto que las características de los alumnos pueden variar en el tiempo se requiere actualizar en modelo en base a las acciones del usuario. Para ello se necesita una fuente de datos y un método de actualización.

La información usada en la actualización se puede extraer de diferentes fuentes de información. En primer lugar se puede usar la información contenida en el modelo para realizar cambios o inferir nueva información. La fuente principal de información proviene de la monitorización de la interacción del alumno con el sistema. Según [17], hay varias maneras de obtener información de las fuentes mencionadas:

- Implícita: se observan las acciones del alumno durante el proceso de aprendizaje
- Explícita: mediante por ejemplo un cuestionario directo
- Estructural: se analizan las interrelaciones entre elementos del currículo
- Adquisición histórica: se basan en la experiencia del alumno

Dependiendo de la información disponible para actualizar el modelo de usuario existen diferentes métodos para hacer esta actualización. Se pueden basar en métodos de aprendizaje computacional, reglas, redes bayesianas etc.

2.3. Diseño de aplicaciones para niños

Las aplicaciones que se están diseñando en el proyecto PATIO toman las ideas de las actividades que realizan normalmente en clase. Se presentan de una manera atractiva para que no resulten tediosas para ellos. A la hora de diseñar este tipo de aplicaciones hay que tener en cuenta ciertas cosas y seguir una serie de pautas.

2.3.1. El modelo PLU

El modelo PLU [19] define como los niños interactúan con la tecnología. Hace tres distinciones entre las relaciones que los niños pueden tener con productos interactivos. En este modelo los niños son descritos como jugadores, aprendices y usuarios y las tecnologías como entretenimiento o educación. Ésta relación ayuda a determinar como evaluar el producto interactivo.

- Niños como jugadores: El niño ve el producto interactivo como un juego, para satisfacer este propósito el producto debe entretener y ser divertido para el alumno.
- Niños como aprendices: El producto interactivo sustituye al profesor, se espera que instruya, motive y recompense al alumno.
- Niños como usuarios: El niño ve el producto como una herramienta, el producto debe facilitar la tarea para los niños.

Un producto bien diseñado mapeará los propósitos del niño con las características de la tecnología.

2.3.2. Evaluación de la tecnología interactiva

A la hora de evaluar la tecnología para niños, hay que tener primero en cuenta cómo se diferencian los niños de los adultos cuando usan la tecnología [19]. Es cierto que ambos usan la tecnología para jugar, aprender y otros propósitos, sin embargo los niños interactúan de distinta forma con la tecnología.

Además de tener un tamaño, forma y edad distinta de los adultos y tener diferentes habilidades de aprendizaje y madurez emocional, los niños se sienten cómodos usando la tecnología. Ellos ya han nacido en un mundo interactivo y tecnológico al que por el contrario se han tenido que adaptar los adultos. A continuación se enumeran algunas de las diferencias entre niños y adultos con el uso de la tecnología dependiendo del rol que asuma el niño:

2.3.3. Niños como jugadores

- Los niños juegan de forma natural
- El juego es esencial para los niños ya que contribuye a su desarrollo (no juegan sólo para relajarse). Los niños aprenden jugando, y puede ser que no perciban que han aprendido algo como resultado de un juego.
- Los niños tienen un alto grado de imaginación, así que parte de su juego puede ser difícil de ver.

2.3.4. Niños como aprendices

- Los niños tienen más que aprender que los alumnos, así que lo hacen más rápida y eficientemente.
- Aprenden más fácilmente y mucho de lo que aprenden es informal.
- Los niños tienen mucho interés en aprender y tienen mucha curiosidad, pueden aprender cosas que no se esperaba al realizar una actividad.
- Los modelos mentales de los niños son incompletos, así que puede ser que no sean capaces de explicar por qué las cosas son como son ni razones para cosas que han hecho.

2.3.5. Niños como usuarios

- Los niños cambian más rápidamente, así que sus necesidades cambian constantemente.
- Tienen diferentes motivaciones que los adultos. Normalmente sólo usan tecnología si quieren, si no les gusta la dejan.
- Los niños tienen más expectativas de productos ordinario

Capítulo 3

TRAZO

TRAZO es una herramienta destinada a la adquisición de destrezas de escritura usando tablet-pcs. Esta herramienta se centra en la etapa de la preescritura y está pensada para niños de tres a cinco años de edad, que deben practicar diferentes trazos siguiendo una secuencia definida por el profesor. Normalmente comienzan dibujando líneas rectas primero, luego curvas, y después una combinación de ambas. El sistema evalúa los ejercicios automáticamente, manteniendo un modelo de usuario e incluyendo herramientas de monitorización para mostrar el proceso gráficamente. El objetivo es que consigan coordinación en la mano, percepción visual, que aprendan a coger el lápiz correctamente, y que practiquen la dirección y presión que deben aplicar al objeto con el que escriban. La herramienta está basada en los trabajos realizados en el PFC [7].

3.1. Otros Sistemas Informáticos de ayuda al aprendizaje de la escritura

El software que se usa actualmente para el aprendizaje de la escritura está orientado a alumnos de más edad que ya componen textos. Estos paquetes incluyen una variedad de herramientas creativas que hacen que la composición sea más fácil, ya sea corrigiendo la ortografía y la gramática o ayudando en la planificación de los escritos. También pueden ayudar ofreciendo vocabulario o frases hechas que los alumnos pueden utilizar. Otras herramientas ayudan en el diagnóstico de problemas motrices de los alumnos. A continuación se explicarán algunos de estos programas.



Figura 3.1: CoWriter

CoWriter [1] es un paquete de software para ayudar a los alumnos en la composición de textos en inglés. Incorpora software que ayuda a escribir palabras averiguando la que intenta escribir el alumno buscando otras palabras que son parecidas fonéticamente. En la figura 3.1 aparece una captura en la que el programa muestra como se escribe la palabra correctamente. También ayuda en la fase de planificación del escrito ayudando a los niños a organizar sus tramas y hacer notas sobre lo que será colocado en cada

sección antes de empezar con la composición.

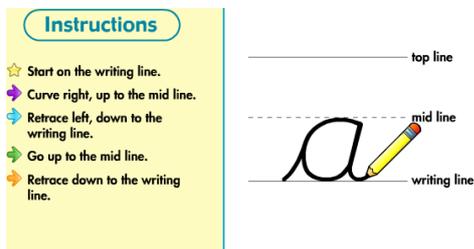


Figura 3.2: Write-On

Write-On handwriting [2] (Figura 3.2) es un programa que enseña a hacer las letras. Primero muestra al alumno una animación del recorrido y después el alumno tiene que repetirlo sobre una tableta. El software comprueba si el trazo pasa por ciertos puntos en la dirección correcta al escribir la letra, que se pueden hacer en cursiva o en imprenta.

Scriptot [9] está orientado también a la enseñanza de las letras. Para ello las reproduce en la pantalla del ordenador mostrando el recorrido para que los niños aprendan a hacerlas. Los alumnos escriben sobre una tableta gráfica y el sistema realiza un análisis de la forma de las letras para evaluarlas y examina la fluidez de los trazos haciendo un análisis cinemático.

En el artículo “Automatic analysis of the structuring of children’s drawings and writing” [21] se presenta una herramienta en la que los alumnos tienen que hacer varios tests con los que se pretende identificar dificultades motoras. Estos tests incluyen la comprensión de frases escritas, tests de dibujo y de escritura. A partir de ahí se hace un análisis de algunas características de la escritura para determinar si el alumno tiene algún problema grafomotriz. En la figura 3.3 se muestran dos de los tests de dibujo.

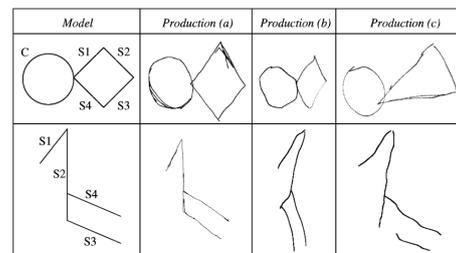


Figura 3.3: Dos de los tests usados en “Remi”

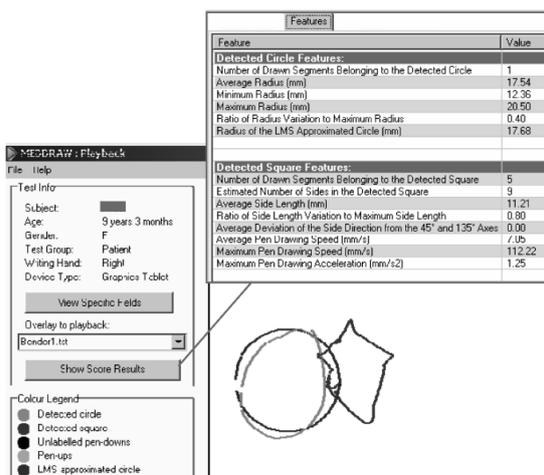


Figura 3.4: Captura del programa MedDraw

El programa Meddraw[10] es un sistema para el diagnóstico automático de pacientes con problemas neurológicos como dispraxia (falta de organización en el movimiento). Para lograrlo se proponen una serie de tests que consisten en la copia de dibujos que se analizarán posteriormente. Algunas de las características que analiza el programa son la aceleración, la velocidad, número de segmentos, presión etc. La captura de datos se hace también a través una tableta de escritura digital. En la figura 3.4 se muestra una pantalla del programa con el análisis de algunos dibujos hechos.

En la tabla 3.1 se resumen las características de todos estos sistemas y proyectos. Los conceptos estudiados son

los siguientes:

- Trazabilidad: se refiere a si el sistema es capaz de almacenar el progreso de los alumnos.
- Evaluación aut.: muestra si el programa hace algún tipo de corrección automática
- Estado: indica el estado de implementación de la herramienta (prototipo o final)
- Analiza escritura: indica si se realiza un análisis de escritura manuscrita
- Nuevos ejercicios: especifica si el sistema admite nuevos tipos de ejercicios
- Finalidad: el uso que se le da a la herramienta (educación o diagnóstico)
- Fase de la educación: la edad de los usuarios finales para los que está pensada la herramienta

	CoWriter	Write On	Remi	Scriptot	Meddraw
Trazabilidad	×	×	✓	✓	✓
Evaluación aut.	×	✓	✓	✓	✓
Implementado	✓	✓	×	×	✓
Analiza escritura	×	✓	✓	✓	✓
Nuevos ejercicios	✓	×	×	×	×
Finalidad	Edu.	Edu.	Diag.	Diag.	Diag.
Fase de la ed.	Primaria	Preesc	Todas	Preesc	Todas

Cuadro 3.1: Características de los sistemas

Entre todos los sistemas podemos distinguir dos grupos, uno orientado a la composición de textos y otro al análisis de los trazos que componen la escritura para hacer diagnósticos. La herramienta TRAZO está orientada en ésta línea, pero centrándose en la etapa de preescritura. El sistema evalúa automáticamente los ejercicios analizando los trazos de los alumnos y almacena los resultados. Con ayuda de los resultados obtenidos el educador podrá determinar si el alumno progresa adecuadamente.

3.2. Flujo de trabajo

Un ejercicio de TRAZO consta de dos elementos: la presentación del ejercicio compuesto de líneas rectas o curvas punteadas y el patrón del ejercicio, en el que se han sustituido las líneas punteadas por líneas sólidas. Los ejercicios se etiquetan con el tipo de trazo, el formato y la dificultad. Cuando un alumno resuelve un ejercicio, se guarda tanto la imagen que contiene la solución al ejercicio como un fichero de texto con datos sobre el alumno, la fecha en que se realizó, el tipo de dispositivo usado, la duración, el grosor del trazo y un log de todo el proceso para poder analizarlo o visualizarlo después. Cuando se corrige el ejercicio se generan una puntuaciones basadas en una serie de indicadores que actualizan el modelo de usuario.

3.2.1. Interfaces del sistema

Existen dos tipos de usuarios para el sistema, alumnos y profesores. Cada uno tiene una interfaz diferente que serán presentadas en esta sección.

Interfaz del alumno

Los alumnos resuelven los ejercicios usando un tablet-pc. La interfaz muestra la metáfora del papel como una pantalla en blanco con el ejercicio. Los alumno sólo disponen de tres funcionalidades: escribir, avanzar al siguiente ejercicio de la serie o cambiar de color. Mediante una combinación se pueden desbloquear otros botones para realizar otro tipo de acciones.

Interfaz del profesor

La interfaz del profesor ofrece la posibilidad de añadir modelos, que se pueden crear con una herramienta de procesamiento gráfico externa. A través de una interfaz se añaden los ejercicios nuevos si se proporciona la imagen de presentación y el patrón. Cada ejercicio se etiqueta con su dificultad y los trazos que contienen. El modelo se añade a la base de datos y a partir de entonces se puede seleccionar de la lista de ejercicios. Estos ejercicios se pueden asociar a un alumno.

3.3. Corrección de los ejercicios

TRAZO evalúa los ejercicios automáticamente. La corrección se hace comparando los trazos dibujados por el alumno con el modelo que ha sido almacenado previamente en la base de datos. El sistema compara un conjunto de características de los trazos, como la longitud, la forma y la distancia entre el trazo dibujado y el del modelo. Los resultados se pueden visualizar gráficamente, donde cada trazo dibujado se representa con un color que indica la nota que le ha asignado el programa. Cuando se hace click sobre un trazo se pueden ver los detalles sobre la calidad del trazo que ha generado el programa: la distancia del trazo al modelo, la diferencia de forma, diferencia de longitud y nota global. El proceso de corrección tiene una serie de fases que se detallan en las siguientes subsecciones.

3.3.1. Tratamiento de los ejercicios escaneados

Los ejercicios impresos en papel tienen ocho marcas que permiten identificar la posición del código de barras y el área del ejercicio. El código de barras contiene información sobre el modelo y el alumno al que está asignado el ejercicio. A partir de los ejercicios escaneados se realiza un proceso de extracción comparándolo con el modelo correspondiente y utilizando una serie de filtros. Como producto de este proceso se obtienen los trazos realizados por el alumno. Esto no es necesario realizarlo con el tablet-pc ya que los trazos se obtienen directamente cuando el alumno dibuja sobre la pantalla.

3.3.2. Asignación de los trazos del ejercicio a los del modelo

El primer paso será el realizar una correspondencia entre los trazos del ejercicio y los del modelo. Esta asignación se hace en base a la distancia, por lo tanto hay que calcular que trazo del modelo está más próximo al del ejercicio. Si no hubiera ninguno cerca se consideraría que es un trazo no válido y se descartará a la hora de hacer la corrección.

3.3.3. Comparación de los trazos con los del modelo

A continuación se compara el trazo escrito con el del modelo y en función de una serie de criterios se evaluará la corrección. Las características que se examinan son las siguientes:

1. Completitud

Mientras más partes del trazo modelo cubra el del ejercicio más completo estará éste. Si el alumno realiza trazos demasiado cortos o discontinuos menor será el valor de completitud.

2. Completitud total del ejercicio

Este cálculo se realiza comprobando si hay alguna parte de los trazos realizados por los alumnos dentro de una distancia máxima al modelo, si no la hay esa parte se considerará no realizada. Por lo tanto, si el alumno no ha completado alguna parte del ejercicio este valor será menor.

3. Longitud del trazo

Si el alumno ha realizado un trazo demasiado corto o largo en comparación con el modelo, esto se reflejará en que la diferencia de longitudes entre los dos será mayor. Sin embargo el hecho de que las longitudes sean similares no quiere decir que el trazo sea correcto. Para hacer este cálculo se suman las longitudes de los segmentos que forman un trazo.

4. Proximidad del trazo

La proximidad es otro aspecto que se examina. Cuanto menor sea la distancia entre los trazos del modelo y los del ejercicio más puntuación obtendrá. Para ello se calcula para cada punto del trazo del ejercicio la distancia al más cercano del modelo. La media de estos valores nos dará el valor de proximidad.

5. Forma

Esta característica mide si el trazo se asemeja en cuanto a su curvatura al del modelo. Si está desplazado pero conserva la forma del modelo obtendrá toda la puntuación en esta característica. Para hacer esta medición se crean dos funciones que representen la forma del trazo del y del ejercicio y se examinan cuantitativamente las diferencias entre ellas.

Después de realizar este análisis para cada trazo se guardarán los resultados y se actualizarán en el modelo de usuario.

3.3.4. Cálculo de la nota de cada trazo

Cada trazo realizado por el alumno se evaluará en función de las propiedades extraídas y de sus respectivas puntuaciones. Cada característica tiene un peso asociado en función de su importancia. La más importante es la forma y por tanto es la que más se tiene en cuenta a la hora de puntuar el trazo.

A cada característica extraída del trazo se le asignará una nota que se calculará de la siguiente manera: cada propiedad tiene un valor mínimo y un máximo, si el valor de la propiedad no llega al mínimo recibirá una puntuación de 0 y si sobrepasa el máximo la puntuación será de 10. El rango que hay entre el valor mínimo y el máximo se divide en 10 niveles y la puntuación se calcula en función de en que nivel esté el valor de la propiedad.

Cálculo de la nota global

El ejercicio se evalúa en función de las puntuaciones obtenidas en los trazos y las características globales del ejercicio, que son la completitud global del ejercicio y el número de trazos que ha necesitado el alumno para realizar el ejercicio. A cada trazo se le asigna un peso en función de su longitud y así se calculan las notas medias de cada propiedad de los trazos.

Capítulo 4

Experimento realizado

Para el experimento se prepararon baterías de ejercicios para que fueran realizados por los alumnos del colegio “Los Claveles” de Mijas. En total se crearon cinco pares de ejercicios distintos (figura 4.3). Cada par de ejercicios tiene el mismo trazo y exactamente las mismas líneas punteadas a rellenar pero con la imagen de fondo cambiada. Esto se hizo con la idea de hacer la tarea más amena para los niños, puesto que al cambiar la imagen los perciben como ejercicios distintos. Los alumnos debían realizar el mismo ejercicio con distinta imagen de fondo sobre tablet-pc (figura 4.1) y papel (figura 4.2). Los ejercicios se organizaron para que fueran realizados en un orden concreto y así poder analizar ciertas características en ellos. Cada clase hizo los ejercicios en un orden distinto, a lo largo de un mes. El objetivo del experimento era comprobar en qué medida el dispositivo de entrada influencia los resultados de los ejercicios. También se pretendía conocer la utilidad de la herramienta como medio de monitorización y observación del alumno.

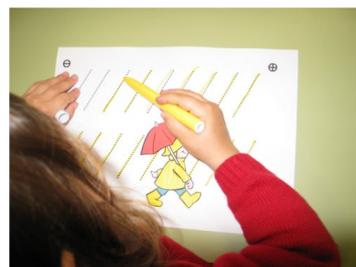


Figura 4.1: Ejercicio en papel

Los ejercicios en papel se entregaron a la profesora para que los realizarán en clase durante la semana y los ejercicios en tablet-pc se hacían en sesiones especiales dentro del aula.

Cada ejercicio ha sido analizado con la herramienta TRAZO, y para cada uno se han obtenido cinco valores distintos. Estos ejercicios se han pasado a una tabla Excel. En total se han analizado más de 300 ejercicios. A partir de estos datos se han generado distintos tipos de gráficas con las que se pretende observar patrones en los resultados de los alumnos.



Figura 4.2: Ejercicio en tablet-pc

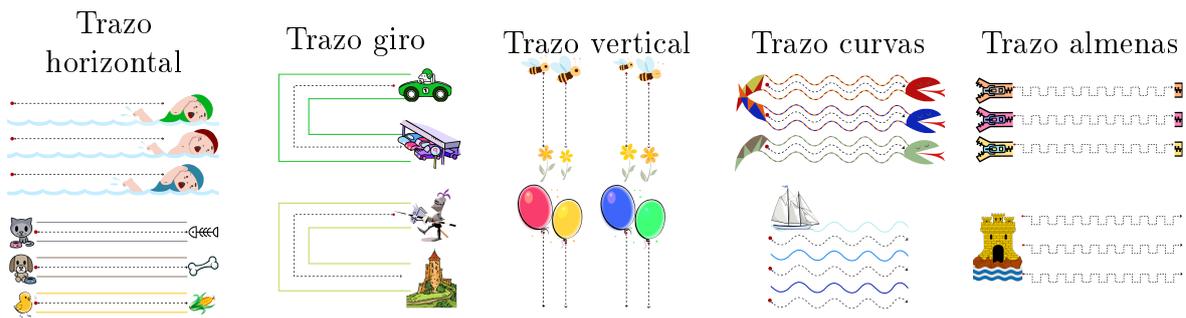


Figura 4.3: Ejercicios

4.1. Problemas encontrados durante la realización del experimento

En esta sección se explicarán los problemas encontrados al llevar a cabo el experimento. A la hora de procesar los ejercicios de los alumnos realizados en papel se encontraron bastantes problemas. Estos problemas han podido ser subsanados en parte, sin embargo algunos de ellos han hecho que la corrección de algunos ejercicios sea imposible. A continuación se enumerarán los problemas encontrados:

- Códigos de barras: los códigos de barras impresos eran demasiado pequeños para poder ser procesados correctamente. Al escanearlos y pasarlos por los filtros del programa las líneas se fusionaban e impedían su reconocimiento.
- Marcas: las marcas impresas estaban demasiado al borde y al escanear los ejercicios muchas veces se perdía parte de alguna de las marcas. Este error se pudo corregir mejorando el algoritmo de reposicionamiento de los ejercicios para que funcionara con un subconjunto de las marcas.
- Ejercicios hecho a lápiz: una tanda de ejercicios se hizo a lápiz y no pudo ser tratada ya que la mayoría de los trazos eran eliminados por los filtros del programa.

En todas las gráficas que se muestran en las secciones siguientes el eje y representa la nota obtenida. Las notas se han calculado estableciendo un valor máximo y mínimo para cada característica a evaluar, y dividiendo ese intervalo en 10 partes iguales. Estos valores límite se han obtenido tomando el mejor, el peor y el resultado medio de cada característica para cada ejercicio.

4.2. Medias para cada clase

En estas gráficas se han calculado las medias de los resultados de los ejercicios agrupados por clases. Se han creado gráficas para las medias por ejercicio y para ejercicios ordenados temporalmente.

4.2.1. Comparativa entre clases

Para verificar que no existiera una diferencia importante entre las clases se han creado estas gráficas en las que se comparan los resultados medios obtenidos para cada ejercicio. En ellos se observa que la mayor diferencia es de aproximadamente un punto entre las clases. La clase C es la que peores resultados ha obtenido, sobre todo porque en los ejercicios realizados en tablet han obtenido un resultado malo en cuanto a la longitud de los razos.

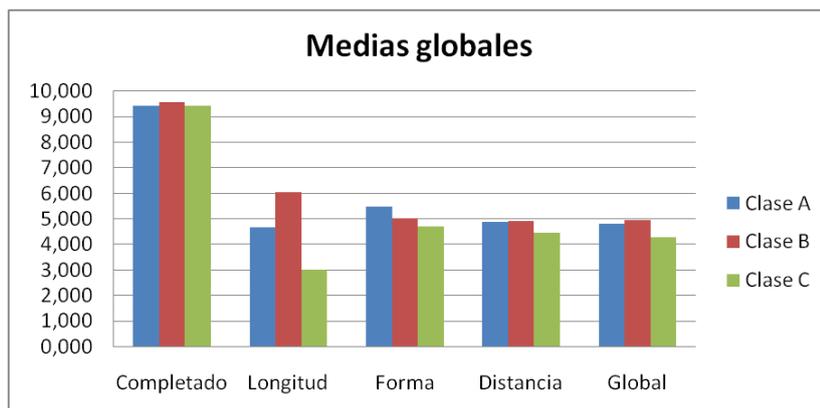
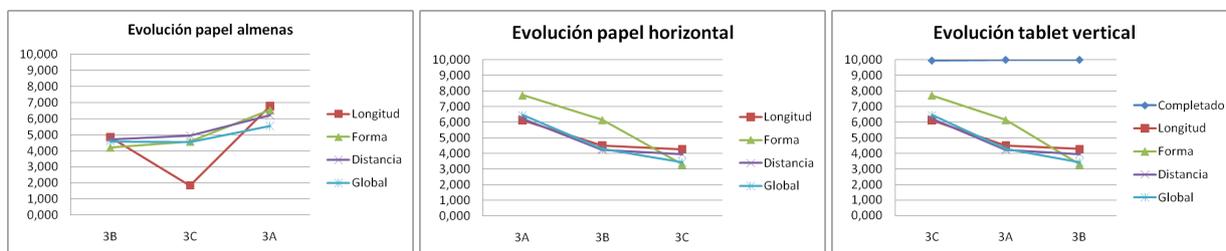


Figura 4.4:

4.2.2. Diferencia entre las notas obtenidos por distintas clases en ejercicios realizados en distinto orden

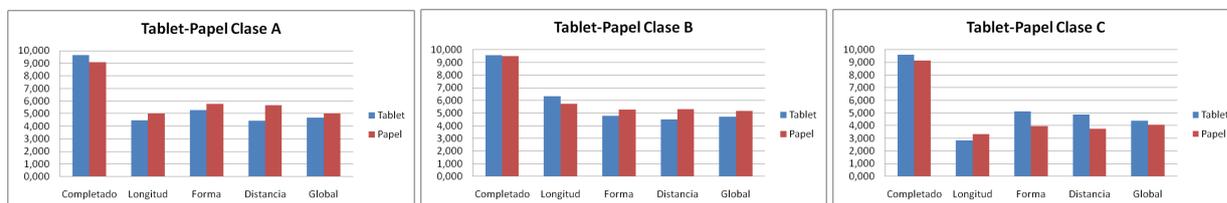
En las gráficas se observa que la diferencia de nota entre las clases con el mismo ejercicio es siempre menos que un punto. No se aprecia que exista una evolución con el paso del tiempo en el aprendizaje de los niños. Esto puede ser debido a que el periodo de tiempo en el que se ha realizado el experimento no es lo suficientemente grande, a que se han hecho un número significativo de ejercicios o también a que no han realizado el mismo ejercicio varias veces.



4.2.3. Comparativa entre ejercicios realizados en papel y tablet

Esta comparativa viene motivada con el fin de comprobar si usar uno u otro dispositivo tiene alguna influencia en los resultados obtenidos. Así sabremos si los

alumnos tienen más dificultad haciendo los ejercicios sobre el tablet que sobre papel. En los resultados no se aprecia ninguna tendencia clara que sugiera que los alumnos tengan más problemas realizando los alumnos sobre el tablet-pc, obteniendo mejores y peores resultados en algunos de los ejercicios a partes iguales.



4.3. Ejercicios agrupados por alumno

Estas gráficas muestran los resultados de los resultados de los ejercicios agrupados por alumno. El código de cada alumno comienza con 31 si pertenece a la clase A, 32 a la B y 33 a la C. Cada columna de las gráficas corresponde a un ejercicio. Las notas se han generado a partir de los valores medianos obtenidos por todos los alumnos de las tres clases. Es decir, si un alumno ha obtenido un 5 en un ejercicio está en la mediana de los resultados que han obtenido todos los alumnos en ese ejercicio en concreto.

4.3.1. Progresión de los alumnos

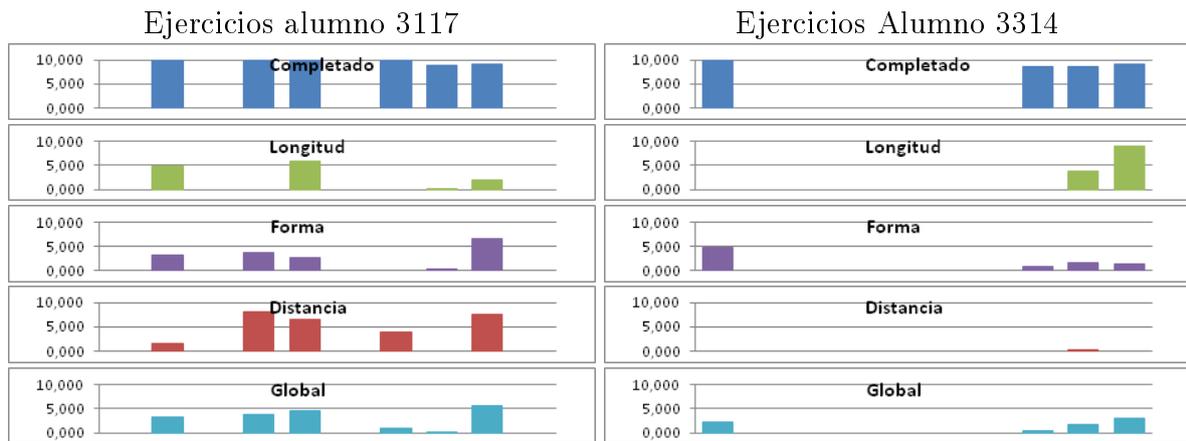
Al igual que no se aprecia una progresión en los resultados de las clases, tampoco se aprecia a nivel de alumno individual. Al haber realizado los últimos ejercicios en último lugar, éstos deberían tener mejores resultados, cosa que no se aprecia de manera general en las gráficas que se pueden ver en la sección 4.4.

4.3.2. Relación entre los ejercicios realizados

Por lo general existe una homogeneidad entre los ejercicios que han realizado los alumnos. Las notas de los ejercicios oscilan alrededor de un valor sin existir demasiadas variaciones. Esto se puede observar en la mayoría de los alumnos, por ejemplo los alumnos 3107 y 3210.

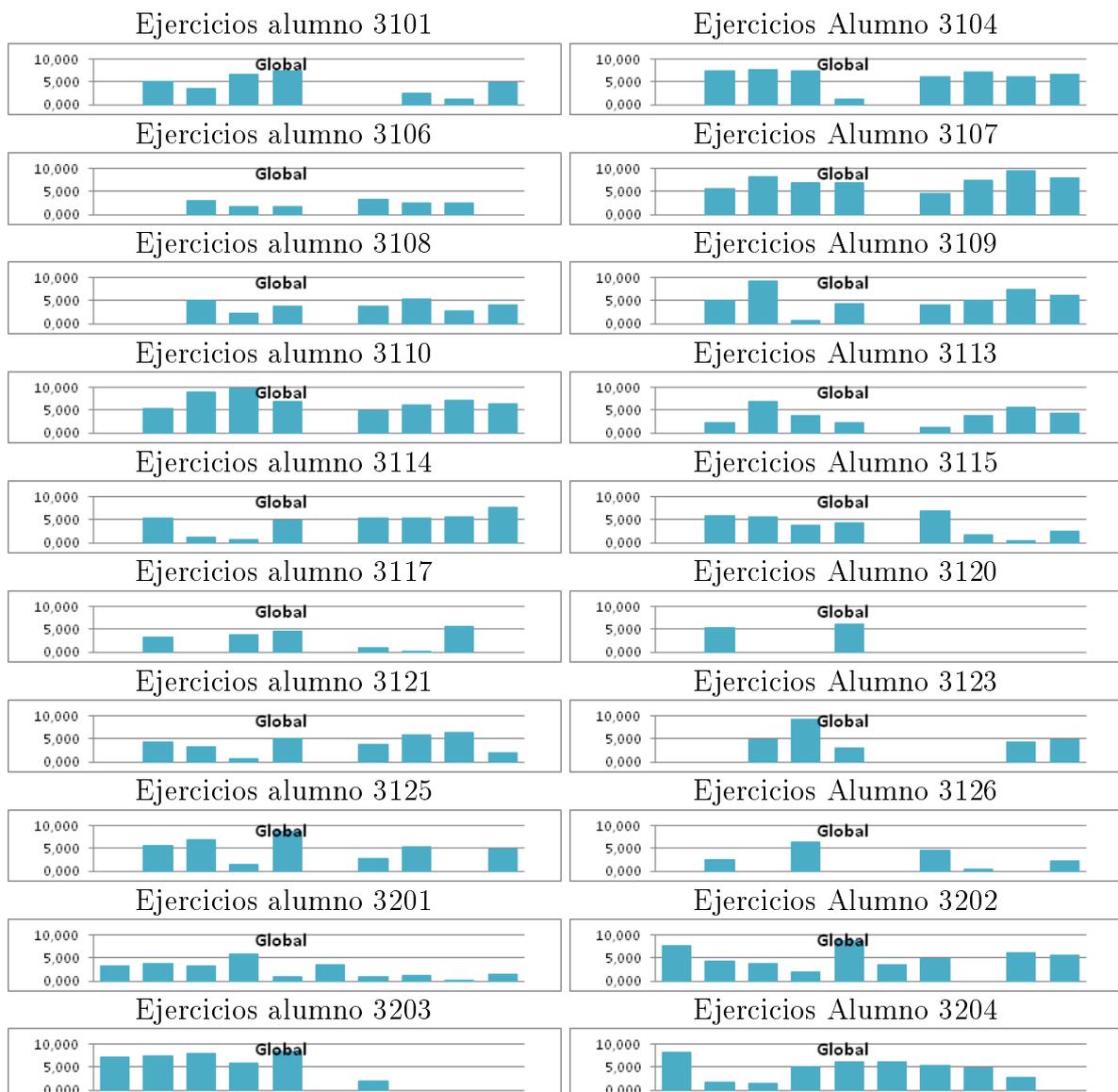
4.3.3. Relación entre el número de ejercicios realizados y la nota obtenida

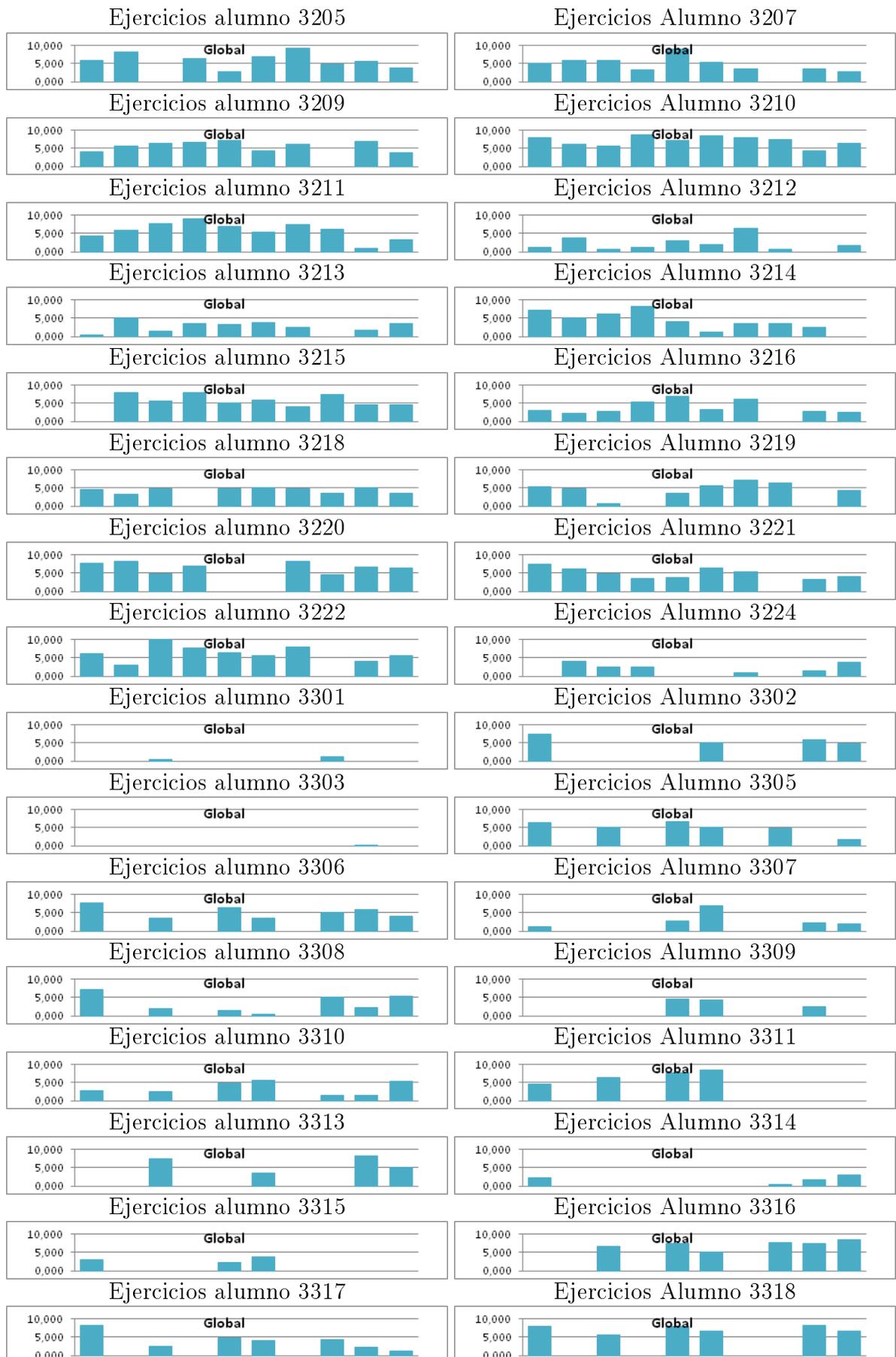
En las gráficas se observa que por lo general los alumnos que menos ejercicios han realizado han obtenido peor nota en los ejercicios. Esto puede ser debido a que han hecho menos ejercicios de escritura o a que generalmente acuden menos a clase. Esto lo podemos ver por ejemplo en las gráficas de los alumnos 3114 y 3301 (figura 4.3.3). También se puede observar en las de otros alumnos como el 3315 en la sección 4.4.



4.4. Resultados de todos los ejercicios

En esta sección se mostrarán todos los resultados que han obtenido los alumnos.





Ejercicios alumno 3319



Ejercicios Alumno 3322



Ejercicios alumno 3324



Capítulo 5

Conclusiones y futuros trabajos

En este capítulo se resumirán los resultados obtenidos con el experimento realizado y se pondrá la línea de investigación a seguir para el futuro.

5.1. Resultados obtenidos

La respuesta por parte de los alumnos ha sido muy positiva adaptándose rápidamente a los dispositivos de entrada.

Del experimento realizado se pueden extraer varias conclusiones. De los resultados se desprende que el uso del tablet-pc no influye en los resultados del alumno si se comparan con los resultados obtenidos en papel, por lo tanto es un dispositivo válido para realizar este tipo de ejercicios.

De los resultados no se puede extraer que los alumnos hayan mejorado sus destrezas grafomotoras. Las razones pueden ser que se necesiten realizar más ejercicios para ver una mejora. Esto se puede comprobar realizando otra serie de experimentos. El algoritmo de evaluación parece ser consistente, los resultados de un mismo alumno están dentro de un umbral.

El experimento ha servido para mejorar el algoritmo de corrección, de filtrado y de reconocimiento de marcas de la herramienta TRAZO. Los problemas que han surgido servirán como experiencia previa para futuros estudios de este tipo.

Como fruto del trabajo realizado se han hecho dos publicaciones en congresos, uno en la ECTEL de 2008 [3] y otro en la IDC de 2010 [8]. Esta herramienta también ha sido presentada en el museo CosmoCaixa de Barcelona en el marco de la conferencia IDC2010.

5.2. Trabajos futuros

El objetivo final de la investigación es ser capaces de modelar y monitorizar las diferentes características del desarrollo motriz en el niño utilizando distintos dispositivos y aplicaciones. Además se implementarán algoritmos que a partir de estos datos extraigan información que servirá para identificar posibles problemas en el desarrollo del niño. Estos datos servirán además para dar soporte al profesor que gracias a estas herramientas tendrá además un historial del desarrollo del alumno.

5.2.1. Herramientas para observar las distintas destrezas

Se desarrollarán distintas aplicaciones para medir diferentes características del desarrollo de la motricidad gruesa y fina del alumno. Para medir estas características se están usando diferentes dispositivos como tablet-pcs, monitores táctiles, dance-pads, wiimote etc. Cada dispositivo sirve para medir un conjunto de atributos que se pueden solapar, además se pueden usar en una o varias de las aplicaciones ya existentes o que serán programadas en el futuro.

Entre estas características podemos encontrar:

- **Coordinación ojo-mano:**
Esta característica se puede medir con cualquier aplicación utilizando imágenes en movimiento y midiendo la coordinación del alumno al realizar distintas acciones sobre ellas.
- **Coordinación de la motricidad gruesa:**
Con el dispositivo del dance-pad se puede medir como coordinan los niños los movimientos de brazos y piernas.
- **Exactitud en los movimientos:**
Este atributo se puede medir con cualquier dispositivo utilizando distintas aplicaciones. En la herramienta trazo se mide comprobando la desviación de los trazos con respecto al modelo. En el resto de herramientas se puede valorar en función de los movimientos realizados, por ejemplo los movimientos en los ejercicios de series o puzzles.
- **Capacidad de reacción:**
Da una medida de los reflejos que tiene cada alumno. Una manera de hacer este atributo es utilizando aplicaciones que midan el tiempo de reacción entre que aparece un estímulo en pantalla y el alumno responde. Estas aplicaciones pueden ser de muy diversa índole.
- **Velocidad de movimiento:**
Este parámetro se puede observar con todas las aplicaciones que requieran el movimiento de elementos para completar su objetivo.

5.2.2. Correlación entre las diferentes destrezas

En el desarrollo motriz existen relaciones entre los distintos tipos de desarrollo motriz del niño. Por ejemplo si un alumno no desarrolla correctamente su motricidad gruesa esto influirá en el desarrollo la motricidad fina. Del mismo modo queremos estudiar si existen otras relaciones entre las características del desarrollo del niño, como por ejemplo entre la coordinación ojo-mano, la velocidad, el tiempo de reacción, la grafomotricidad etc.

Para establecer la existencia de estas correlaciones se realizarán estudios estadísticos a partir de todos los datos obtenidos con las herramientas desarrolladas. Con ello se determinará si realmente existe la existencia y el grado de las relaciones entre un atributo y otro. Además se podrán observar las relaciones que existen entre los

valores obtenidos mediante las aplicaciones y los posibles problemas en el desarrollo, enfermedades y disfunciones que pudiera tener un alumno.

5.2.3. Modelo para el diagnóstico

A partir de los datos extraídos se pasará a modelar el desarrollo motriz del niño, que se usará después para realizar la labor de tutorizar. Aplicando posiblemente técnicas de minería de datos y estudios estadísticos se pueda realizar una categorización de los alumnos, ver posibles patrones en las acciones realizadas, correlaciones entre los atributos de cada uno etc.

Una vez creado dicho modelo se podrá crear un módulo tutor que determine automáticamente los ejercicios a realizar por el alumno en función de sus conocimientos. A partir de los datos cuantitativos obtenidos se podrán obtener datos cualitativos, utilizando técnicas como las redes bayesianas para por ejemplo la detección de disgrafías.

Además hay que crear un método para actualizar el modelo del alumno en base a las acciones por él en cada ejercicio que realice. Esto no es para nada sencillo ya que muchas acciones están relacionadas con varios elementos del dominio a la vez y hay que determinar en qué grado actualizar cada uno. Por ejemplo en un ejercicio en el que alumno debe ordenar una serie de elementos de la pantalla intervienen tanto destrezas motoras de velocidad, exactitud en los movimientos como destrezas cognitivas en la que el alumno debe conocer los elementos presentados y la manera en que se deben organizar.

5.2.4. Métodos para construir modelos de usuario

A continuación se explicarán algunos de los métodos para construir modelos de aprendizaje [11].

Métodos basados en aprendizaje computacional

Los métodos aplicables de aprendizaje computacional para modelado de usuario incluyen por ejemplo métodos basados en reglas o árboles, métodos de aprendizaje probabilísticos y métodos de aprendizaje basados en instancias o casos. Un modelo de usuario mejora usando métodos de aprendizaje computacional incrementando su exactitud, eficiencia y capacidad de expandirse [22].

De acuerdo con [23], los propósitos para los que se puede usar métodos de aprendizaje computacional pueden ser usados para modelar los procesos cognitivos que son el fundamento de las acciones del usuario, para modelar las diferencias entre las habilidades del experto y del aprendiz, para modelar los patrones de comportamiento y las preferencias o incluso las características del alumno.

Métodos bayesianos

Las redes bayesianas son muy versátiles y potentes. Usan inferencia probabilística para actualizar y mejorar los valores de creencia. Según [18], las redes bayesianas se usan para reconocimiento de planes, inferir las necesidades de los usuarios y el estado

afectivo. Para inferir el estado actual y necesidades, se consideran las pausas y los errores. Los objetivos y necesidades se infieren además usando las acciones anteriores realizadas.

Análisis del proceso de resolver un problema

Para realizar este análisis se requiere conocer todas las posibles reglas correctas que pueden ser usadas durante el proceso de resolución del problema. Combinándolas con los posibles errores que se pueden cometer, el sistema es capaz de calcular y detectar todos los pasos correctos y errores cometidos por el alumno [5].

5.2.5. Generador de contenidos

Este módulo del sistema es el encargado de generar nuevos ejercicios para los alumnos. Esto es necesario para minimizar la intervención humana dentro del sistema. El sistema deberá ser capaz de generar de manera automática nuevos ejercicios a petición del usuario o en respuesta del resultado de los ejercicios. Estos ejercicios estarán destinados a que el alumno aprenda un cierto conocimiento en el que ha mostrado alguna deficiencia.

Bibliografía

- [1] <http://www.donjohnston.com/products/cowriter/index.html>. 15
- [2] http://www.writeonhandwriting.com/demo/c_0main.html. 16
- [3] Beatriz Barros, Ricardo Conejo, Alberto deDiego Cottinelli, and Javier Garcia-Herreros. Modelling pre-writing tasks to improve graphomotricity processes, 2008. 29
- [4] Charles C. Bonwell and James A. Eison. *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom (J-B ASHE Higher Education Report Series (AEHE))*. Jossey-Bass, February 1991. 11
- [5] Peter Brusilovsky. The construction and application of student models in intelligent tutoring systems, 1994. 12, 32
- [6] Geraldine Clarebout and Jan Elen. Tool use in computer-based learning environments: towards a research framework. *Comput. Hum. Behav.*, 22(3):389–411, 2006. 12
- [7] Alberto de Diego Cottinelli. *Mecanismos para el modelado y monitorización de actividades vinculadas a preescritura en educación infantil*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Málaga, 2008. 15
- [8] Alberto deDiego Cottinelli and Beatriz Barros. Trazo: a tool to acquire handwriting skills using tablet-pc devices. In *IDC '10: Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children*, pages 278–281, New York, NY, USA, 2010. ACM. 29
- [9] S. Djeziri, W. Guerfali, R. Plamondon, and J. M. Robert. Learning handwriting with pen-based systems: computational issues. *Pattern Recognition*, (35):1049–1057, 2002. 16
- [10] M.C. Fairhurst, T. Linnell, S. Glénat, R.M. Guest, L. Heutte, and T. Paquet. Developing a generic approach to online automated analysis of writing and drawing tests in clinical patient profiling. *Behavior Research Methods*, 40(1):290–303, 2008. 16
- [11] Christoph Fröschl. *User Modeling and User Profiling in Adaptive E-learning Systems*. Master’s Thesis, Graz University of Technology, 2005. 31

-
- [12] Juan Antonio García Núñez and Pedro Pablo Berruelo. *Psicomotricidad y Educación Infantil*. Editorial CEPE, Madrid, 1994. 9
- [13] Binglan Han. Student modelling and adaptivity in web based learning systems. In *Master's thesis, Massey University/New Zealand*, 2001. 12
- [14] Nicola Henze and W. Nejdl. Logically characterizing adaptive educational hypermedia systems. In *In International Workshop on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems (AH 2003)*, 2003. 12
- [15] Cindy E. Hmelo-silver, Ravit Golan Duncan, and Clark A. Chinn. Why problem-based and inquiry learning are not minimally guided: On assumptions and evidence. 12
- [16] Juan Jiménez Vargas. *Neurofisiología psicológica fundamental*. Ed. Científico médica, 1982. 8
- [17] Kinshuk. *Computer Aided Learning for Entry Level Accountancy Students*. PhD thesis, De Montfort University., 1996. 13
- [18] Xiangyang Li. Active affective state detection and user assistance with dynamic bayesian networks. In *Transactions on Systems, Man , and Cybernetics – Part A:Systems and Humans*, pages 93–105. IEEE, 2005. 31
- [19] Panos Markopoulos, Janet C Read, Stuart MacFarlane, and Johanna Hoysniemi. *Evaluating Children's Interactive Products: Principles and Practices for Interaction Designers (Interactive Technologies)*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 2008. 13, 14
- [20] L. Picq and P. Vayer. *Educación psicomotriz y retraso mental*. Ed. Científico médica, Barcelona, 1969. 9
- [21] C. Rémi, C. Frelicot, and P. Courtellemont. Automatic analysis of the structuring of children's drawings and writing. *Pattern Recognition*, (35):1059–1069, 2002. 16
- [22] Raymund Sison and et al. Student modeling and machine learning, 1998. 31
- [23] Geoffrey I. Webb, Michael J. Pazzani, and Daniel Billsus. Machine learning for user modeling. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11(1-2):19–29, 2001. 31