

TESIS DOCTORAL

2017



EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE  
CON HCI KINECT EN ALUMNOS CON SÍNDROME  
DOWN

PABLO VICENTE TORRES CARRIÓN

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN  
INFORMÁTICA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN COMUNICACIÓN Y  
EDUCACIÓN EN ENTORNOS DIGITALES

FACULTAD DE EDUCACIÓN

DIRECTOR: CESAR BERNAL BRAVO

CODIRECTORA: CARINA GONZÁLEZ GONZÁLEZ

TUTORA: SONIA SANTOVEÑA CASAL

PROGRAMA DE DOCTORADO EN COMUNICACIÓN Y  
EDUCACIÓN EN ENTORNOS DIGITALES

FACULTAD DE EDUCACIÓN

EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE CON HCI  
KINECT EN ALUMNOS CON SÍNDROME DOWN

PABLO TORRES CARRIÓN

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN  
INFORMÁTICA

DIRECTOR: CESAR BERNAL BRAVO

CODIRECTORA: CARINA GONZÁLEZ GONZÁLEZ

TUTORA: SONIA SANTOVEÑA CASAL

## **Agradecimiento**

Este trabajo es resultado de un cúmulo de esfuerzos, dentro de los cuales el que he realizado es y en parte se muestra en este informe es solamente es un complemento. Son muchas las personas que me han motivado a seguir, y han construido camino a mi lado; y también varias las instituciones que se fueron sumando a este proyecto que ahora tiene uno de sus hitos cumplidos.

En el año 2012 nacía la propuesta de trabajar con los niños con discapacidades, en el Instituto de Educación Especial Hellen Keller de la ciudad de Cariamanga, luego que mi pedido fue bien recibido por su director el padre Máximo Calva, y por la planta docente y niños que se forman en esta institución; ahí inició este proyecto, sin saber aún la magnitud que iba a tener. Un primer fruto se dio en el año 2014 cuando el proyecto de grado propuesto por Juan Pablo Pardo Montero con tema “Sistema Recomendador aplicable al proceso de enseñanza-aprendizaje y desarrollo motriz de niños y niñas con capacidades diferentes del Instituto Helen Keller de la ciudad de Cariamanga, mediante el uso del HCI Kinect”, fue ganador en el primer concurso GALARDONES 2014 organizado por el SENESCYT, en la mención Educación-Innovación. Mi gratitud para esta noble institución que sigue luchando contra corriente para dar ayuda a más de 50 familias con limitados recursos para educar a sus hijos con discapacidades.

Fue en el año 2012 también cuando me aventuraba en mis estudios de postgrado internacional, matriculándome en el máster en Redes Sociales y Aprendizaje Digital ofertado por la UNED, y coordinado por el Dr. Roberto Aparici y la Dra Sara Osuna; no olvido la reunión por Skype que tuvimos con Sara y en la cual me animaba a matricularme en el máster, el mismo que fue aprobado de forma satisfactoria a finales de ese año. Muy buenas amistades han quedado de esta experiencia, y son tantas y tan diversas en cuanto a los campos de trabajo como lo es la UNED. Muchas gracias Sara por la confianza, y a

todo el equipo que estuvo a cargo del programa de máster que supieron sembrar la semilla para continuar con el estudio de doctorado, al punto que uno de mis profesores es ahora director de este trabajo de investigación para obtener el grado de doctor. Al profesor César Bernal, gracias por haber aceptado guiar esta investigación y tener la paciencia y tesón que se requiere para ser guía en un proceso de tal complejidad y magnitud. A la Dra. Sonia Santoveña, tutora de este trabajo, por su gentil ayuda durante todo el proceso administrativo para la presentación y sustentación de este trabajo; y a través de ella a todo el personal de la Facultad de Educación de la UNED, muchas gracias.

Y por supuesto a la Dra. Carina González, mi codirectora, gran amiga y maestra, que con tanta alegría recibió la propuesta para realizar esta investigación, y se consolidó en la arquitecta de todo el trabajo que se encuentra presente en este informe. Es mucho lo vivido y logrado desde el 2014 con la propuesta, y luego en el 2015 con mi llegada a Santa Cruz de Tenerife para realizar la primera estancia doctoral, donde fui parte de varios proyectos, congresos e investigaciones con nuevos amigos y grandes profesionales de la ULL. Ha sido en el laboratorio del ITED, bajo tu tutela y con los consejos recibidos de tu parte que he ido forjándome como un investigador. Gracias Carina y a todo el equipo de PROVITAO y el ITED de la ULL: Vicente, Pedro, Yeray, Carmela, Isa, Eli, Luis, Nazareth, Raquel y Belén, son un gran equipo, gracias a todos. A nivel institucional agradecer la colaboración del ITER de Canarias al permitir el uso abierto de la plataforma Tango:H, así como el acceso para la personalización y adecuación de esta herramienta en investigaciones que se continúan trabajando.

A la Asociación de Trisómicos<sup>21</sup> “Down Tenerife”, en la persona de su presidente, el Dr. Lorenzo Moreno, y de todos los directivos, coordinadores, padres, profesores y estudiantes, que abrieron las puertas de su institución para trabajar en los años 2015 y 2016 en procesos de experimentación didáctica; su apoyo con la infraestructura y los recursos que dispone la institución permitieron que la investigación tenga la calidad visible en este y otros trabajos que se encuentran en proceso. Gracias en particular también a las profesoras, Cande y Belén en 2015, y Nuria, Selene y Jenny en

el 2016. A todos los chicos que con tanta alegría fueron parte del proyecto: Adri, David, Mera, Dani, Adal, Valeria y Bea; sus abrazos y ocurrencias me motivaban a seguir y a superar la nostalgia de estar lejos de casa.

A la Universidad Técnica Particular de Loja, mi alma mater, que desde hace ya doce años abrió sus puertas para recibirme como profesor de apoyo, llegando a la fecha a situarme como profesor agregado y coordinador del grupo de investigación i+IPC. La gestión que realizan sus autoridades ha permitido que muchos profesionales podamos optar por una continua formación y crecimiento profesional. La ayuda económica durante mis estancias ha sido fundamental para poder sostener los gastos personales y propios de la investigación. Esta ayuda se ha complementado con la beca otorgada por la Fundación Carolina, con cuyo apoyo se ha podido llegar hasta Santa Cruz de Tenerife y trabajar durante tres años en la interacción con los niños de la Asociación Trisómicos 21 Down Tenerife y el grupo ITER de la ULL.

A quienes me recibieron en su casa como uno más de su familia, en el Seminario Diocesano de Tenerife. A Don Juan Pedro Rivero, rector del Seminario y a todos los formadores: Pablo Álvarez, Eduardo Rodríguez, Agustín Sanabria y Roberto Darias; muchos son los momentos compartidos, y juntos se han superado muchas adversidades. A la comunidad de Misioneros y Misioneras Identes que me acogieron en su institución y me enseñaron en las palabras de Fernando Rielo a *mirar la tierra desde el cielo* y a no perder nunca la fe; gracias Valentín por estar siempre disponible para darme un consejo, escucharme y motivarme a seguir; la obra recién inicia y con la bendición de Dios tendrá muchos frutos.

A toda mi familia, para quienes va todo este esfuerzo. A mis padres que desde la humildad de nuestro hogar supieron formarme en valores y en la fe, y que con sus oraciones siempre me acompañan. A la memoria de mis abuelos Amorfilia y Salvador, y a Polito y Dorita. A todos mis hermanos que de una u otra forma hacen que la familia siga creciendo, en especial a mis hermanas Tania y Sonia que me recibieron en Madrid, y

estuvieron siempre al pendiente de las necesidades que se pudieran presentar lejos de casa. Y, de forma muy especial a mi esposa y mis hijos: Pablo, Steve y Paula; son ustedes la más grande de las bendiciones que he recibido en mi vida. Gracias por ser fuertes y darme el ejemplo desde su esfuerzo de que todo es posible. Sus oraciones me acompañan en cada paso que doy. Gracias Andrea, juntos seguimos construyendo y sembrando en nuestro hogar.

De forma general a toda la comunidad científica que ha revisado y avalado los resultados presentados en los estudios que forman parte de este estudio. Mi compromiso para continuar realizando investigación que permita mejor calidad de vida a quienes por tanto tiempo han sido relegados.

*A mi familia,  
Ustedes son la más grande gracia que he recibido.*

*Pablo.*

# ÍNDICE

Agradecimiento .....	iii
ÍNDICE .....	viii
Índice de Figuras .....	xiv
Índice de Tablas .....	xv
Siglas, acrónimos y símbolos .....	xvii
Capítulo I .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA .....	1
1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	5
1.3. ETNOGRAGÍA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.3.1. Instituto de Educación Especial Hellen Keller .....	7
1.3.2. Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21 “Down Tenerife” .....	10
1.4. EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA .....	12
1.5. ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA DEL INFORME .....	17
PARTE I: MARCO TEÓRICO .....	20
Capítulo II .....	21
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	21
2.1. EL SÍNDROME DE DOWN .....	21
2.1.1. Etiología .....	21
2.1.2. Tipologías del Síndrome de Down: .....	22
2.1.3. Afecciones de la Trisomía 21 .....	24

2.1.4.	Interacción de niños con Síndrome de Down .....	24
2.2.	TEORÍAS Y MODELOS EDUCATIVOS .....	26
2.2.1.	El constructivismo .....	28
	Otros exponentes y sus aportes .....	29
2.2.2.	Conectivismo y las nuevas Tecnologías .....	29
	2.2.2.1. Los Recursos Didácticos Digitales Personalizados .....	34
2.3.	FUNDAMENTACIÓN DIDÁCTICA.....	35
2.3.1.	Dificultades de aprendizaje .....	36
2.3.2.	El método ELI.....	37
2.3.3.	El factor R-elacional en las TIC .....	40
2.3.4.	Los juegos en la educación .....	41
2.4.	LAS NECESIDADES EDUCATIVAS ESPECIALES .....	44
2.4.1.	La Educación es un Derecho Universal.....	44
2.4.2.	Educación inclusiva y accesible .....	46
2.4.3.	Tipificación general de las discapacidades.....	47
2.4.4.	Investigación Científica con personas con discapacidades .....	55
2.5.	INTERACCION PERSONA ORDENADOR (IPO) .....	57
2.5.1.	IPO en investigaciones recientes .....	58
2.5.2.	MS Kinect como dispositivo integrador .....	60
	2.5.2.1. Kit de herramientas de software .....	61
	2.5.2.2. Características específicas de Interacción de Kinect .....	64
	PARTE II: METODOLOGÍA Y TRABAJO DE CAMPO .....	66
	Capítulo III.....	67

3.	PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO .....	67
3.1.	DISEÑO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN .....	68
3.2.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	71
3.2.1.	Preguntas de Investigación.....	71
3.2.2.	Objetivos.....	72
3.2.2.1.	Objetivo General .....	72
3.2.2.2.	Objetivos Específicos.....	72
3.2.3.	Hipótesis .....	72
3.3.	POBLACIÓN.....	73
3.3.1.	Población General.....	73
3.3.2.	Muestra .....	74
3.4.	INSTRUMENTOS.....	75
3.4.1.	EMODIANA.....	75
3.4.2.	Recursos Didácticos Personalizados .....	76
3.4.3.	La plataforma de Interacción gestual TANGO:H.....	77
3.5.	PROCEDIMIENTO .....	81
3.6.	MODELO ESTADÍSTICO DE ANÁLISIS .....	82
	Capítulo IV.....	83
4.	EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE CON INTERACCIÓN GESTUAL .....	83
4.1.	ESTIMULACIÓN A LA MEMORIA DE TRABAJO DESDE OBJETOS DE APRENDIZAJE PERSONALIZADOS .....	84
4.1.1.	Resumen .....	84
4.1.2.	Introducción.....	85
4.1.2.1.	Memoria y Aprendizaje.....	85

4.1.2.2.	Memoria de Trabajo y Síndrome de Down .....	87
4.1.2.3.	Estimulación gestual al aprendizaje en población con Síndrome de Down	88
4.1.2.4.	Propuesta de intervención .....	89
4.1.3.	Metodología.....	90
4.1.3.1.	Variables .....	91
4.1.3.2.	Selección de la muestra .....	92
4.1.3.3.	Toma de Datos .....	92
4.1.4.	Resultados.....	94
4.1.5.	Discusión .....	97
4.1.6.	Conclusiones.....	100
4.1.7.	Financiamiento.....	102
4.2.	HABILIDADES LECTORAS Y SU APRENDIZAJE DESDE UN ENTORNO DE INTERACCIÓN GESTUAL .....	103
4.2.1.	Resumen .....	103
4.2.2.	Introducción.....	103
4.2.2.1.	El Rendimiento Académico.....	107
4.2.2.2.	Aprendizaje de Lectura en niños con Síndrome de Down .....	108
4.2.3.	Metodología.....	110
4.2.3.1.	Variables e Indicadores .....	112
4.2.3.2.	Selección de la muestra .....	113
4.2.3.3.	Toma de Datos .....	114
4.2.3.4.	Recursos Diseñados y Adaptados en TangoH .....	115
4.2.4.	Resultados.....	116

4.2.5.	Discusión .....	120
4.2.6.	Conclusiones .....	123
4.2.7.	Financiamiento.....	125
4.3.	APTITUDES COGNITIVAS VISO-MOTORAS .....	126
4.3.1.	Resumen .....	126
4.3.2.	Introducción.....	127
4.3.2.1.	Síndrome de Down y Aptitudes Cognitivas Viso-Motoras.....	127
4.3.2.2.	El Test Illinois de Aptitudes Psicolingüísticas ITPA.....	129
4.3.2.3.	Plataformas de Interacción Gestual .....	131
4.3.2.4.	Limitantes y alcance del estudio .....	133
4.3.3.	Metodología.....	133
4.3.3.1.	Selección de muestra.....	133
4.3.3.2.	Pregunta de investigación e hipótesis .....	134
4.3.3.3.	Toma de Datos .....	135
4.3.4.	Resultados.....	138
4.3.5.	Discusión .....	143
4.3.6.	Conclusiones.....	145
4.3.7.	Financiamiento.....	146
CAPITULO V .....		147
5.	CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN .....	147
5.1.	Conclusiones.....	147
5.2.	Futuras líneas de investigación .....	150
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		152

ANEXOS .....	169
ANEXO 1. Modelo de EMODIANA adaptada .....	170
ANEXO 2. Permisos de los padres para estudio .....	176
ANEXO 3. Imágenes del Instituto Hellen Keller .....	182
ANEXO 4. Recursos Didácticos de grupo experimental .....	185

## Índice de Figuras

Figura 1. Distribución estudiantes por discapacidad - IHK 2013.....	8
Figura 2. Distribución por edades - IHK 2013 .....	9
Figura 3. Número de usuarios por Municipio de procedencia .....	11
Figura 4. Distribución por edades - ATT21 2013 .....	12
Figura 5. Arquitectura de <i>Kinect Interaction</i> (Villaroman, Rowe, & Swan, 2012) .....	61
Figura 6. Camara Space - Face Tracking .....	63
Figura 7. Reconocimiento de gestos - ejemplo de un juego (Ren, Meng, Yuan, & Zhang, 2011).....	64
Figura 8. Puntos de interacción detectados por Kinect (Vílchez García, 2012).....	65
Figura 9. Instrumento de Evaluación Emocional para niños EMODIANA .....	76
Figura 10. Estructura de los recursos para Tango:H y acorde a intervención. ....	77
Figura 11. Objetivo y Propiedades – Tango:H Designer.....	79
Figura 12. Distribución de recursos didácticos entre sesiones – Estudio 1 .....	94
Figura 13. Variación del recuerdo por estudiante y lección – Estudio 1 .....	97
Figura 14. Variaciones de indicadores de interacción de cada individuo .....	118
Figura 15. Demora en respuesta causada por interacción con Kinect y experiencia de usuario. ....	118
Figura 16. Interfaz de Plataforma Tango:H para estimulación ITPA.....	132
Figura 17. Resultados Pre/Pos Test de sub-test ITPA en GE y GC .....	139
Figura 18. Variación del tiempo que cada individuo de GE necesita para cumplir con tareas.....	141
Figura 19. Variación de errores cometidos por cada individuo de GE durante estimulación .....	142

## Índice de Tablas

Tabla 1. Comparación de Niveles de Análisis en Adquisición de Conocimiento (Pozo, 1989).....	27
Tabla 2. Esquema metodológico general de investigación.....	70
Tabla 3. Muestra poblacional - estudio 1 .....	92
Tabla 4. Resumen del Recuerdo por Objeto en las lecciones de la intervención .....	95
Tabla 5. Estadístico t-Student (0,005; +100) de la variación del RpOL entre Lecciones .....	96
Tabla 6. Muestra poblacional - Estudio 2.....	114
Tabla 7. Ejemplos de aplicación práctica de recursos didácticos en Tango:H.....	116
Tabla 8. Estadístico t-Student para validar variación de tiempos entre lecciones y sesión .....	119
Tabla 9. Estadístico t-Student para validar variación de errores de relación (comprensión) durante casa entre lecciones y sesión .....	119
Tabla 10. Clasificación de subtest ITPA (Kirk et al., 1989) .....	129
Tabla 11. Ejercicios para estimulación viso-motora .....	136
Tabla 12. Variables para metodología observacional de estimulación viso-motora....	137
Tabla 13. Resultados Generales ITPA en pre test y pos test .....	138
Tabla 14. Estadísticos de tendencia central y T-Student relacional en GE sobre ITPA140	
Tabla 15. Test aplicado a grupo de Control.....	140
Tabla 16. Variables de observación de expertos .....	143



## **Siglas, acrónimos y símbolos**

ACVM	Aptitudes Cognitivas Viso-Motoras
ATT21	Asociación Tinerfeña de Trisómicos21 “Down Tenerife”
EEES	Espacio Europeo de Educación Superior
EB	Episodic Buffer
ELI	Método – Enseñanza Libre de Improvisación
HCI	Human Computer-Interaction
IHK	Instituto de Educación Especial Helen Keller
IPO	Interacción Persona Ordenador.
ITPA	Illinois Test of Psicolinguistic Abilities
ITER	Instituto de Tecnologías Renovables (de Canarias)
JCR	Journal Citation Report
nROL	Numero de Recuerdos del Objeto en la Lección
nAOL	Número de Apariciones del Objeto en la Lección
NUI	Natural User Interaction
PCI	Parálisis Cerebral Infantil
RpOL	Índice de Recuerdo por Objeto en una Lección única
RpL	Recursos por Lección
STM	Short Term Memory
SD	Síndrome de Down
SDK	Software Development Kit
Tango:H	Tangible Goals: Health
TD	Desarrollo Típico
TONI	Test No Verbal de Inteligencia
TPACK	Modelo, Technological Pedagogical Content Knowledge
UNED	Universidad Nacional de Educación a Distancia
VWM	Visual Working Memory
WM	Working Memory



## **Capítulo I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

Este trabajo de investigación se enmarca dentro del programa de doctorado de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) de España, a través del Departamento de Didáctica, Organización Escolar y Didácticas Especiales de la Facultad de Educación, aprobado según RD 1393/2007 y con aval del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Dentro de las cuatro líneas de investigación que propone el programa, se ubica en la línea de “Accesibilidad e Inclusión Digital”, en la cual nos enmarcamos. Se ha contado con la dirección del Dr. César Bernal Bravo, profesor titular de la Universidad de Almería en calidad de Director, de la Dra. Carina González González, profesora titular de la Universidad de la Laguna como codirectora, y de la Dra, Sonia Mantoveña Casal como tutora designada por las autoridades de la UNED. La investigación inició en el año 2014 con un estudio etnográfico básico, y posteriormente el diseño y validación de recursos didácticos para niños con Síndrome de Down (SD), aplicables desde la plataforma de interacción gestual Tango:H.

#### **1.1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA**

Como lo menciona su cuenta personal de la red social facebook el Dr. Roberto Aparici(2016): “La Narrativa digital interactiva es un laboratorio en constante

cambio...”, lo cual es extensible a los contextos educativos interactivos en aula de clase convencional con dispositivos de Interacción Persona Ordenador (IPO), considerando que el aspecto comunicacional es trascendental en el proceso educativo, y que las nuevas tecnologías requieren del desarrollo adecuado de una narrativa digital como parte de las estrategias didácticas. De forma directa este es el núcleo de este trabajo de investigación: *las estrategias didácticas de aprendizaje*, aplicadas y evaluadas desde la plataforma de interacción gestual Tango:H (González-González, Toledo-Delgado, Padrón, Santos, & Cairos, 2013; ITER, 2013a, 2013b), con recursos personalizados diseñados para niñas y niños con SD.

El espacio donde se ha realizado esta investigación corresponde a dos instituciones educativas de alto prestigio, donde se atiende a las necesidades educativas especiales aplicadas a niños con SD: el Instituto de Educación Especial *Hellen Keller* de la ciudad de Cariamanga-Ecuador (IHK), y la Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21 “Down Tenerife” de San Cristóbal de La Laguna-España (ATT21); en la primera institución se hizo un primer acercamiento para conocer las estrategias didácticas, la planificación curricular y los recursos de interacción. En ATT21 se replicó la validación efectuada en IHK, y además se experimentó con las estrategias didácticas gamificadas y personalizadas diseñadas para interacción gestual con Tango:H.

IPO es una área de las tecnologías de la información emergentes, que se han convertido en puntal fundamental para el diseño y desarrollo de prototipos, arquitecturas, dispositivos y recursos de interacción, con estándares que permiten la generalización y universalización de un producto final (ISO, 2015b); estos estándares han constituido una línea transversal para el diseño de los recursos didácticos de interacción, particularmente el ISO/DIS 9241-960 *Ergonomics of human-system interaction – Part 960: Framework and guidance for gesture interaction* (ISO, 2015a).

En el ámbito pedagógico, el *constructivismo* propuesto por Jean Piaget (Piaget, 1961, 1962, 1970) donde expone la construcción del conocimiento a partir de la interacción con el medio; Piaget se centró en el patrón de errores que unos niños y adultos

ya no mostraban, y desde esta base se evaluado el proceso de aprendizaje, midiendo la diferencia de errores entre lecciones didácticas. El reciente *conectivismo* que surge desde la ubicuidad del conocimiento a través de los mecanismos tecnológicos e Internet; fue desarrollado por George Siemens y Stephen Downes como complemento al *conductismo*, *cognitivismo* y *constructivismo*, explicando el efecto de la tecnología en los procedimientos de comunicación y aprendizaje (Downes, 2005, 2008; Siemens, 2008; Siemens & Conole, 2011; Siemens, Schreibman, & Unsworth, 2004). Junto al conectivismo se ha desarrollado la *gamificación*, que tiene sus inicios en el *Homo Ludens* de Johan Huizinga (Huizinga, 1943, 1998, 2005) y la perspectiva social de *los juegos y los hombres* de Roger Caillois (1961). Las estrategias lúdicas enfocadas en la *textualidad interactiva* son promovidas por Henry Jenkins (Jenkins, 2008b, 2009b), Carlos Scolari (Scolari, 2013), entre otros, donde se promueve técnicas como: acumulación de puntos, escalado de niveles, obtención de premios, regalos, clasificaciones en función de ranking y puntaje, desafíos y misiones o retos; la mayoría de estas técnicas son parte integral de la plataforma de interacción Tango:H, utilizada durante el proceso experimental.

Para establecer la validez del estímulo desde los recursos didácticos gamificados y personalizados, diseñados para la interacción gestual con la plataforma Tango:H, se estudia el modelo de memoria de trabajo propuesto por Alan Baddeley (A. D. Baddeley & Hitch, 1974; Alan Baddeley, 1996, 2010), que ha sido validado en personas con Síndrome de Down (SD) por su equipo de investigadores (A Baddeley & Jarrold, 2007; C Jarrold & Baddeley, 2001; Christopher Jarrold & Baddeley, 1997; Christopher Jarrold, Baddeley, & Phillips, 2002). La memoria de trabajo con objetos de aprendizaje personalizados es evaluada en el capítulo V, teniendo como principal referente teórico la *Short Term Memory (STM)*, *Visual Working Memory (VWM)* y *Episodic Buffer (EB)* del modelo de Baddeley.

El aprendizaje del grupo experimental se lo ha validado desde la variación de los tiempos de respuesta y el número de errores que han tenido entre lecciones didácticas, separando el ruido posible generado por causa de fallos en el dispositivo de interacción,

como por otros factores distractores. En todos los casos es visible una disminución de estas dos variables siendo significativo estadísticamente con un grado de confianza del 99,99%. Se ha realizado además un estudio de la memoria a largo plazo desde estas dos variables en un caso único, con una diferencia de tiempo de 14 meses calendario; los resultados han sido favorables, ya que en comparativa con la última interacción, los tiempos de respuesta no han variado de forma significativa, es decir se mantiene el recuerdo de los recursos y objetos de aprendizaje. Los detalles de estos estudios se encuentran en el capítulo V: Habilidades lectoras y su aprendizaje desde un entorno de interacción gestual; y estudio de caso de memoria a largo plazo.

Otro recurso metodológico para validar la variación del aprendizaje y memoria es el *Illinois Test of Psycholinguistic Abilities* ITPA (Bilovsky & Share, 1965; Kavale, 1981; Kirk, MacCarthy, & Kirk, 2004), que ha sido utilizado de forma permanente para determinar la edad mental de los estudiantes de ATT21. Al haber estimulado de forma directa la interacción gestual-motriz durante todo el proceso de formación, se ha validado también la variación de la memoria viso-motriz en cuatro sub-test del test IPTA: comprensión visual, asociación visual, integración visual y memoria secuencial visomotora. La memoria viso-motriz ha sido validada por varios investigadores como el punto sensible desde el cual se puede lograr mejores aprendizajes en personas con SD. Aplicando el método de pretest-postest se hizo una valoración lineal del comportamiento del grupo (experimental), y una comparación entre grupos (control y experimental); Los resultados obtenidos con un nivel de confianza del 95% no muestran diferencias significativa de la variación de la memorias viso-motriz respecto del grupo control (que no interactúa con TangoH) luego del tiempo de interacción, sin embargo es visible una mejora considerable en la validación lineal de algunos subtest y variables. Estos resultados se muestran en la sección final del capítulo V: Aptitudes cognitivas visomotoras.

La interacción del usuario en el proceso de aprendizaje requiere una innovación en la narrativa, que en nuestro caso se amplía incluso a la comunicación gestual del usuario.

El diseño de recursos didácticos ha sido personalizado, teniendo como fuente primaria los recursos trabajados por el estudiante en clase convencional, y adaptables a la plataforma Tango:H. Cada lección se diseña para un espacio de tiempo no superior a 40 minutos, separada en tres o cuatro sesiones (entre 5 y 10 min), con descansos entre sesiones para cambiar en el sistema de recurso y establecer retroalimentación necesaria al usuario. Estos recursos son la base de todos los momentos de experimentación y medición realizados, y cuyos resultados se muestran en el capítulo V. La metodología general es la detallada por Torres-Carrión(2014), y adaptada de forma dinámica a cada uno de los objetivos de investigación; se trabaja con dos grupos de investigación (control y experimental) con una medición previa (pre-test), una final (pos-test), y un espacio intermedio de estímulo a través de lecciones de interacción gestual con Tango:H con el grupo experimental.

Los resultados obtenidos en cada caso representan un aporte significativo a la comunidad científica, y en particular a quienes tienen la sensible tarea de educar a personas con SD, que dispondrán una base científica para plantear nuevas estrategias didácticas para sus clases. De forma general se ha obtenido mejoras en la memoria visomotriz, aprendizaje (disminución de tiempos de respuesta y errores), memoria de trabajo (variación significativa del recuerdo de imágenes y textos) y memoria a largo plazo (no varía recuerdo de imágenes y texto luego de 14 meses de interacción). Sin duda es solo un primer esfuerzo, que con la colaboración de la comunidad científica se verá potenciado.

## **1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

El propósito de la investigación es conocer hasta qué punto las estrategias didácticas lúdicas diseñadas para la plataforma de interacción gestual con MS Kinect (para nuestro caso con la plataforma Tango:H) suponen una mejora en el rendimiento psico-cognitivo del grupo de niños con Síndrome Down. En este ámbito se ha considerado la capacidad perceptiva visual y auditiva, así como los procesos de representación, simbolización y

abstracción, explícitos en: memoria viso-motriz, memoria de trabajo y STM, aprendizaje y memoria a largo plazo. Surge por tanto la siguiente pregunta de investigación:

*¿El desarrollo psico-cognitivo con estímulos a través estrategias didácticas lúdicas con interacción gestual en niños con Síndrome Down es mayor al logrado con recursos didácticos convencionales?*

Para dar respuesta a la pregunta dada se plantean las varias hipótesis, que refieren de forma particular a los estudios detallados en el capítulo IV, y se refieren de forma general a:

1. Memoria de trabajo y objetos de aprendizaje
2. Habilidades lectoras y su aprendizaje
3. Aptitudes cognitivas-visomotoras

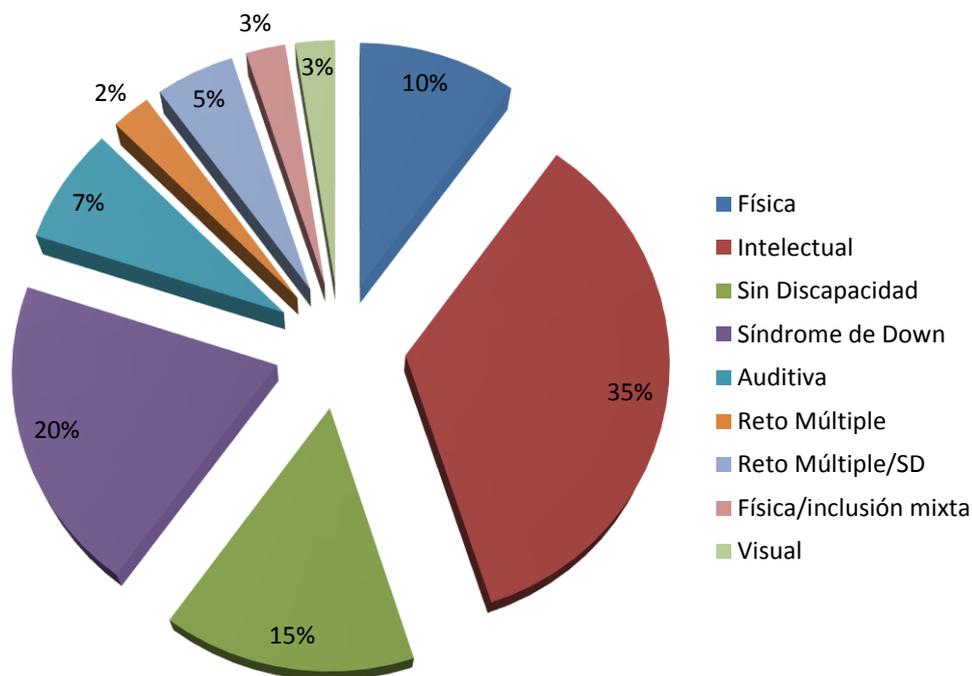
### **1.3. ETNOGRAGÍA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN**

El lugar donde se ha realizado esta investigación corresponde a dos instituciones educativas de alto prestigio, donde se atiende a las necesidades educativas especiales aplicadas a niños con SD: el Instituto de Educación Especial *Hellen Keller* de la ciudad de Cariamanga-Ecuador (IHK), y la Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21 “Down Tenerife” de San Cristóbal de La Laguna-España (ATT21); en la primera institución se hizo un primer acercamiento para conocer las estrategias didácticas, la planificación curricular y los recursos de interacción. En ATT21 se replicó la validación efectuada en IHK, y además se experimentó con las estrategias didácticas gamificadas y personalizadas diseñadas para interacción gestual con Tango:H (ITER, 2013a, 2013b).

Para los tres ámbitos del estudio experimental se realizó una selección específica de los estudiantes con el apoyo de los docentes, teniendo en cuenta siempre su disponibilidad y la aceptación previa de los representantes legales. Toda esta fase se realizó en ATT21, con el permiso de las autoridades institucionales y haciendo uso de su infraestructura tecnológica.

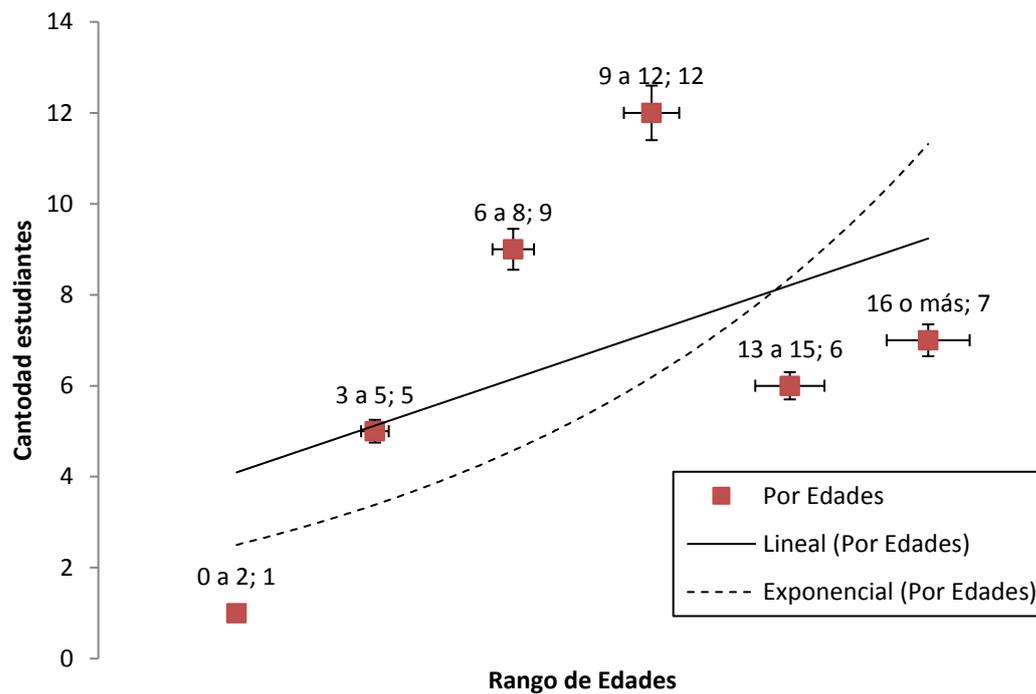
### ***1.3.1. Instituto de Educación Especial Hellen Keller***

El Instituto Diocesano de Educación Especial “Helen Keller” de la ciudad de Cariamanga fue creado en el año de 1984, bajo la denominación de Escuela Especial Sin Nombre como anexa a la Escuela Regular “San José”, por Mons. Santiago Fernández García, formando parte de la Unidad Educativa que lleva el mismo nombre del fundador. A partir del año 1994, se empieza a construir la nueva escuela en terrenos de la Curia, en la ciudadela Luis Alfonso Crespo de la ciudad de Cariamanga, con dos aulas y dos profesores. En 2003 dada la necesidad de aulas para un buen desenvolvimiento académico, desde organismos internacionales se consigue la ayuda para la construcción de salones de talleres y uno de Psico-rehabilitación, principalmente a partir de proyectos apoyados por *Obras Misionales de la Niñez* (Alemania), gobierno autónomo de Calvas e instituciones locales. Desde el año 2011, gracias a las donaciones de la empresa *Yambal y Olimpiadas Especiales* se construye la nueva infraestructura educativa, y se contrata profesionales docentes que llevan los proyectos y talleres referentes a: huerto escolar, parque ecológico, escuela para padres, inclusión educativa, retos múltiples, computación, danza-terapia, terapia Ocupacional y proyecto de transición a la vida adulta (Keller, 2013).



**Figura 1.** Distribución estudiantes por discapacidad - IHK 2013

A la fecha de inicio de la investigación (octubre – febrero 2013) el IHK cuenta con nueve docentes de planta, dos personas responsables del área administrativa y un director. La población estudiantil es de cuarenta, con diversas discapacidades, y en algunos casos discapacidades múltiples. Como se muestra en la Figura 1, el 20% del universo poblacional corresponde a niños con SD, siendo la discapacidad cognitiva la más alta con un 35% de puntuación.



**Figura 2.** Distribución por edades - IHK 2013

Respecto a la edad, se trabaja con niños y adultos, cuya edad varía entre uno y cuarenta años. En la metodología propuesta a trabajar en IHK, se considera solamente la observación científica, por lo cual no se ha valorado la edad cognitiva, solamente la edad natural, cuyo resumen se puede observar en la Figura 2.

Son muchas las actividades y estrategias didácticas que se aplican durante el proceso de enseñanza-aprendizaje en IHK, de las cuales fueron observadas durante el estudio (ver Anexo3):

- Didáctica para niños sordos con lenguaje de señas
- Pintura con Serigrafía
- Tacto Pintura
- Pintura con sorbete

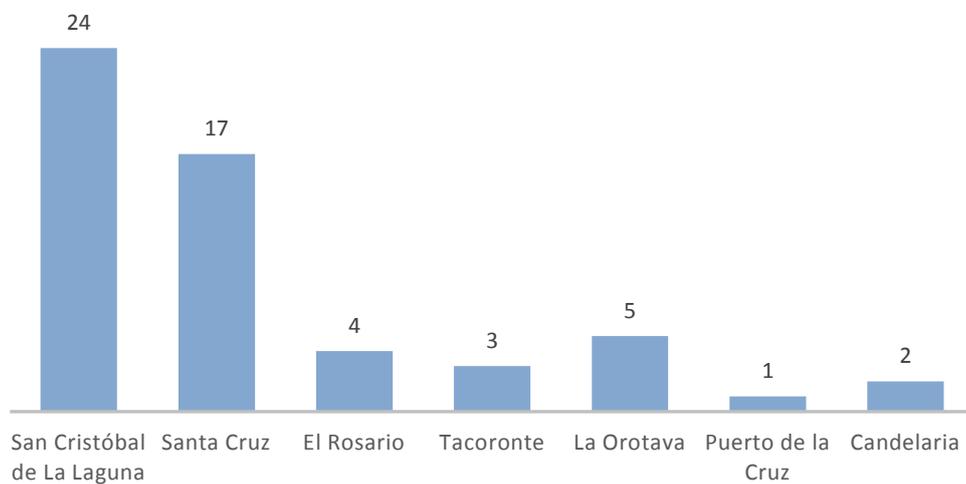
- Pintura con hilo a presión
- Formas con pintura y papel enrollado
- Pegar granos para dar color a la imagen
- Pegar y dar forma a una imagen modelo usando material reciclable
- Trenzar hilo sobre forma en relieve
- Pintura con crayón de madera
- Musicoterapia - participar de la mayoría de niños en orquesta institucional

### ***1.3.2. Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21 “Down Tenerife”***

La Asociación Tinerfeña Trisómicos 21 – Down Tenerife (ATT21) inicia su historia en el año 1990, con la iniciativa de dos profesores del Departamento de Didáctica e Investigación Educativa y del Comportamiento de la Universidad de La Laguna, con la propuesta y puesta en marcha del Proyecto de Investigación sobre “Interacciones entre desarrollo lingüístico y psicomotor con niños en edad preescolar: pautas para un modelo educativo” dirigido a 6 niños/as con síndrome de Down. Al finalizar el proyecto en el año 1993, los padres y madres de los/as niños/as involucrados hacen manifiesto el deseo de continuar al ver que el trabajo había muy tan buenos resultados. Fue constituida el 3 de julio de 1993, con número de inscripción en el Registro de Asociaciones de Canarias G1/S1/7661-93/TF, como un colectivo de Personas con Síndrome de Down, con domicilio en c/ Henry Dunant s/n (antiguo IES José de Anchieta) CP 38203 La Laguna. Pertenece a la Federación Española de Síndrome de Down, siendo además Entidad Colaboradora en la prestación de Servicios Sociales número SC/TF/03/378 (3/07/1996); fue declarada de Utilidad Pública en agosto de 2002 y ha sido acreedora del premio CEPESA al Valor Social 2010, así como el premio metropolitano de Tenerife S.A. a la movilidad sostenible en 2011. (Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21, 2012)

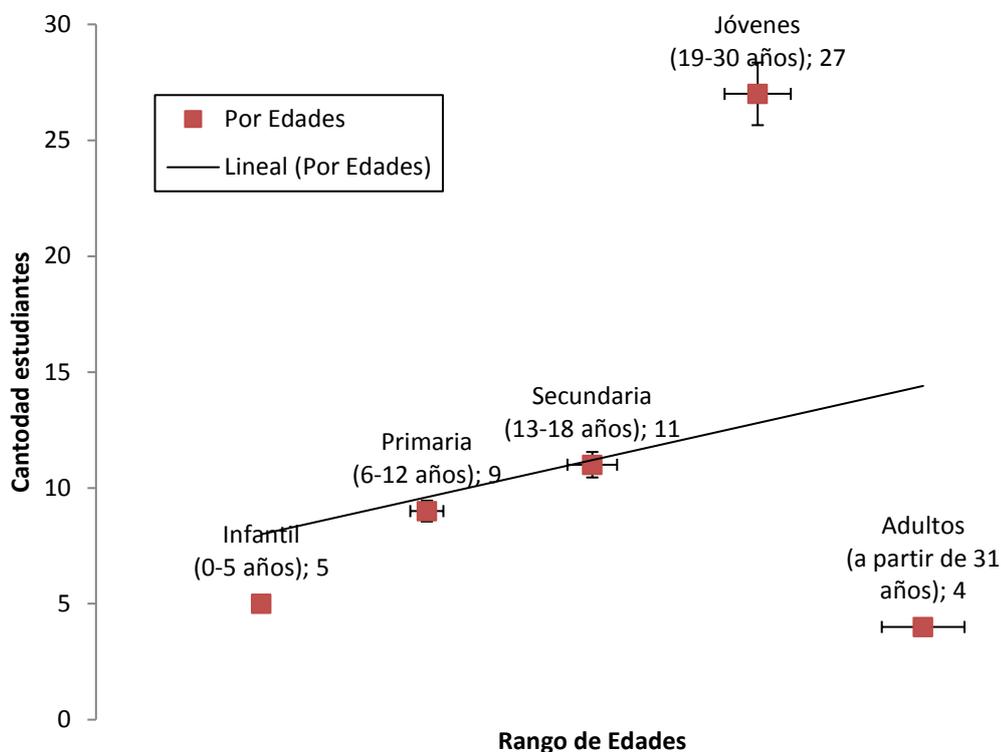
La asociación se rige por una Junta Directiva formada por 8 representantes legales de personas con síndrome de Down. Presta sus servicios de atención mediante el trabajo diario de 13 profesionales de diversas áreas del conocimiento:

- 1 Coordinadora educativa
- 1 Monitor de Taller
- 5 Educadores
- 2 Logopedas
- 1 Fisioterapeuta
- 1 Trabajadora Social
- 1 Auxiliar Administrativa
- 1 Personal de apoyo



**Figura 3.** Número de usuarios por Municipio de procedencia

Su cobertura de servicio involucra a usuarios de diversos municipios de la isla, siendo mayoritaria en San Cristóbal de la Laguna y Santa Cruz de Tenerife, como se muestra en Figura 3 (Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21, 2012). En cuanto a las edades, indicar que su trabajo inicia con niños que aún no cumplen su primer año y que superan los 31 años de edad. La mayoría de los usuarios son jóvenes entre 19 y 30 años de edad, que participan en los diversos talleres que emprende la Asociación con perspectiva de inclusión laboral.



**Figura 4.** Distribución por edades - ATT21 2013

#### 1.4. EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

El Síndrome Down se presenta por una alteración genética, por la cual las personas que lo presentan tienen 47 cromosomas en lugar de los 46 habituales (trisomía en el

cromosoma 21). Su apariencia es común, que “presenta en su fenotipo cara ancha y plana, fisuras palpebrales oblicuas e hipotonía muscular”; la digénesis cerebral es la responsable de la discapacidad intelectual, que influye a su vez en su capacidad de emitir y articular palabras. A pesar de ello, los niños con SD aprenden todo lo que se les enseña con estrategias metodológicas que se ajustan a su estilo de aprendizaje (Martos-Crespo, 2006).

Desde este enfoque educativo, ampliando el espectro a los niños y jóvenes con discapacidades en general, Angulo, M. Gijón, A. Luna, M. & Prieto (2006) plantean tres *pilares* principales para una escolarización y enseñanza eficiente:

1. *La detección de las necesidades educativas especiales lo más tempranamente posible.*
2. *La valoración del grado de desarrollo real y potencial de sus capacidades;*
3. *La toma adecuada de decisiones para organizar la atención educativa según las necesidades*

Complementan su aporte exponiendo la necesidad de considerar las formas de SER y APRENDER, tomado como base teórica la obra de Sternberg (1999), así como la perspectiva global de individuo, atendiendo a sus necesidades personales, sociales y familiares, tal como lo expone Gardner en su teoría de inteligencias múltiples (2001), en específico en la inteligencia interpersonal y social.

Sin duda, el proceso de aprendizaje es tan complejo como la naturaleza propia del ser humano, tal como lo expone Maturana (1995): “los seres humanos somos seres sociales: vivimos nuestro ser cotidiano en continua imbricación con el ser de otro; al mismo tiempo somos individuos: vivimos nuestro ser cotidiano como un continuo

devenir experiencias individuales intransferibles”. En esta búsqueda de medios y recursos para aportar a un mejor proceso educativo y considerando las singularidades educativas, se ha promovido la interacción a través de nuevas tecnologías. Hu, Feng, Lazar, & Kumin (2013) realizan un trabajo empírico que investiga el uso del teclado, mouse, predictores de palabras y sistemas de reconocimiento de voz, como medios de interacción hombre-máquina para niños y jóvenes con SD; los resultados son prometedores, logrando que un individuo pueda introducir hasta seis palabras (órdenes) por minuto al computador, con una destreza de motricidad aceptable para la enseñanza de algunos aplicativos de software, empero aún muy reducida para hacer uso de estos medios como un complemento permanente al proceso de formación. Otro caso importante a considerar es el estudio de Haro, Santana, & Magaña (2012) que con la adaptación adecuada de la tecnología y aplicando el método propuesto en la obra “*Down Syndrome: Reading and Writing*”, logran un desarrollo significativo de habilidades lectoras en una población de niños con SD. Como estos casos hay muchos más, donde se demuestra que la metodología adecuada, junto a las herramientas didácticas minuciosamente elegidas y preparadas, motivan un aprendizaje significativo, y es tarea de los investigadores hacer que las nuevas tecnologías sigan siendo un insumo para potenciar el desarrollo de estrategias y métodos que promuevan mejores aprendizajes.

Para fines de este trabajo, donde se analiza la posibilidad de aplicación de un método explícito, y como parte de la problemática de la investigación es necesario conocer también las características cognitivas específicas de los alumnos con SD, que según Martos-Crespo (2006) son las siguientes:

- Procesan y organizan la información con dificultad y lentitud.
- Es visible un déficit en la memoria a corto plazo, tanto auditiva como visual; sin embargo captan mejor la información por el canal visual que por el auditivo.
- Su capacidad receptiva-comprensiva es claramente superior a la expresiva.

- Aprenden más rápido viendo actuar a sus compañeros e imitando sus respuestas.
- Trabajan una actividad hasta conseguir lo que se proponen.
- Tienen problemas para generalizar sus conocimientos a otras situaciones.
- Presentan dificultades con el lenguaje, tanto en la articulación como adquisición de nuevo vocabulario.

Estas características han sido resumidas y generalizadas, ya que cada niño con SD presentan un mayor o menor porcentaje de discapacidad, siendo necesario siempre trabajar cada caso de forma individual. Los procesos educativos propios de los niños con SD, particularmente en lo que respecta al plan didáctico y sus estrategias, han sido adaptados de la educación formal general, lo que se replica en niños y jóvenes con otras discapacidades. Es un hecho que *“quienes sufren discapacidades - aquellos que tienen la mayor necesidad de educación -son, irónicamente, quienes menos posibilidad de recibirla tienen”*. Como complemento es importante considerar que *“el conocimiento y la información sobre las características y necesidades educativas del alumno con algún tipo de discapacidad contribuyen a mejorar la calidad de la respuesta educativa”*(Martos-Crespo, 2006). Por lo tanto, nuestro esfuerzo como educadores también debería de enfocarse en esta población, con estrategias y recursos didácticos adecuados, y considerando la singularidad de cada alumno, y su espectro social necesario para su desarrollo auténtico. En este ámbito, los momentos de aprendizaje de método constructivista ELI (Ferreiro, 2012) resultan favorables y encajan perfectamente (al igual que en educación formal) en la educación para niños y jóvenes con SD, específicamente teniendo en consideración estos dos factores:

- Con las estrategias didácticas adecuadas, estudios expuestos demuestran que los niños y jóvenes con SD pueden mejorar su aprendizaje y destrezas.

- Los niños con SD aprenden mejor en ambientes sociales, compartiendo en el entorno educativo donde se desenvuelve.

Los momentos didácticos del método ELI se han probado con muy buenos resultados en ambientes comunes de educación. En el caso de los niños con SD, se podría recomendar su aplicación en cuanto que esta estructura de momentos es adaptable (aunque en algunos con menor grado). Teniendo en cuenta otro de los ámbitos base del estudio, es necesario hacer hincapié en las herramientas didácticas. Las plataformas de interacción gestual son una herramienta relativamente nueva en las actividades de formación. Estas herramientas se han utilizado de forma muy leve en ambientes de educación formal, y casi insipiente en ambientes de educación con personas con limitadas capacidades cognitivas y de motricidad reducida, como es el caso de las personas con SD. Como se muestra posteriormente, son pocos los estudios realizados para medir el verdadero impacto de estas herramientas en los procesos reales de aprendizaje, en especial en:

1. Memoria de trabajo, valorando el factor de recuerdo de los objetos de aprendizaje en períodos de tiempo consecutivos.
2. Aprendizaje, medido desde los errores de conocimiento específico ante estímulos de aprendizaje.
3. Aptitudes cognitivas-visomotoras luego de la estimulación con recursos didácticos, validando la memoria viso-motriz.

Las anteriores corresponden a los puntos en los cuales se ha centrado la investigación, considerando los informes de entidades gubernamentales y no gubernamentales, que en su esfuerzo por fomentar la inclusión han realizado propuestas desde sus equipos de profesionales y expertos presentes a nivel global. Estas necesidades

se encuentran plasmadas en las diversas leyes y normativas universales, en especial en la declaratoria de derechos humanos de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 1994), en la cual detalla requisitos para la igualdad de participación en su capítulo I, y específicamente en rehabilitación y servicios de apoyo en los artículos 3 y 4 respectivamente; presentan esferas para la igualdad de participación en el capítulo II, especificando *Posibilidades de acceso, Educación y Empleo* en los artículos 5, 6 y 7; proponen medidas de ejecución en el capítulo III, siendo específica la necesidad de *información e investigación* en el artículo 13. Estas necesidades universales previamente expuestas, requieren nuestra atención y esfuerzo, y por lo tanto motivan el desarrollo de la presente investigación.

## **1.5. ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA DEL INFORME**

El trabajo se ha organizado en dos partes principales: la primera corresponde al Marco Teórico General, y la segunda a la Metodología y trabajo de campo. Como información preliminar se presenta un primer capítulo que corresponde a la Introducción general del estudio. Este capítulo permite al lector una cercanía hacia el estudio, con la presentación de un contexto general de la investigación, las pregunta de investigación y un estudio etnográfico de las instituciones en las cuales de desarrolló la investigación. Este acercamiento permitirá además comprender en contexto macro la forma como se ha organizado ente informe de investigación para facilitar su lectura

En la primera parte se ha propuesto un capítulo marco que abarca una exposición general del enfoque teórico desde el cual se ha propuesto la investigación. Es importante indicar que en cada uno de los estudios se realiza un detalle de cada área de estudio en específico, por lo cual en este capítulo el nivel de presentación del estudio es general, centrándose en primer momento en el Síndrome de Down, su etiología, tipologías y otras características a tener en cuenta sobre todo en un espacio educativo. También se presenta un fundamento pedagógico, sostenido en el Constructivismo y sus exponentes, al igual que el Conectivismo y las pedagogías emergentes. Se presenta la Fundamentación

didáctica, que recae en el método ELI propuesto por el profesor Ramón Ferreiro, y hace una breve relación con el *Factor R* propuesto por los profesores Carmen Marta y José Gabelas. Finalmente se expone las necesidades educativas especiales, haciendo referencias a las diversas discapacidades, teniendo en cuenta la particularidad de las personas con SD como un referente de multi-discapacidad.

La segunda parte corresponde a la investigación propiamente dicha y está compuesta por dos capítulos. El capítulo III presenta las generalidades del planteamiento metodológico, ya que cada uno de los estudios hace un detalle posterior acorde a las necesidades de cada caso. En este capítulo se expone el diseño general de investigación, que incluye la pregunta de investigación que dio origen a esta investigación doctoral, los objetivos y las hipótesis respectivas. Se expone los principales recursos de investigación utilizados durante todo el proceso, tales como EMODIANA y Tango:H. El procedimiento expuesto en este capítulo es de tipo general, ya que como se ha manifestado, cada estudio lleva un detalle específico del método que requiere para su cumplimiento.

Esta segunda parte la compone también el capítulo IV de las experiencias de aprendizaje con interacción gestual, que corresponde al centro y núcleo de la tesis. Aquí se presentan tres estudios que dan respuesta a la pregunta de investigación planteada. El primer estudio refiere a la estimulación de la memoria de trabajo desde objetos de aprendizaje, buscando conocer el factor de memoria en recursos de imagen y texto, en una misma lección de clase y entre lecciones. El segundo estudio refiere al aprendizaje de habilidades lectoras, midiendo las variaciones de tiempo de respuesta y el número de errores cometidos en cada paso, sesión y lección. Finalmente el tercer estudio complementa con la validación de las habilidades cognitivas viso-motoras, comparando la variación entre los grupos control y experimental, y además teniendo presente la observación sistemática de expertos.

Ya en la parte final se presenta a modo de resumen las conclusiones generales de la investigación, mencionando las líneas de investigación futuras. Al final en anexos se

han ubicado algunos documentos que se ha considerado importantes para el lector y que sirven como complemento para la validación general del estudio.

## **PARTE I: MARCO TEÓRICO**

## Capítulo II

### 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1. EL SÍNDROME DE DOWN

Es un trastorno genético que se produce durante el proceso meiótico. En el ámbito social y educativo, haciendo énfasis en la población con discapacidades, las personas con SD han sido relegadas por mucho tiempo; en las tres últimas décadas de forma paulatina se han iniciado programas de apoyo e inclusión que se enfocan principalmente en la educación e integración social, incrementando de forma considerable el número de trabajos de investigación y publicaciones sobre sus características y las posibilidades de desempeño en diferentes ámbitos de la vida: social, laboral y escolar (Troncoso & Flórez, 2011).

##### 2.1.1. *Etiología*

El SD se produce por la alteración del cromosoma 21, presentando una copia extra de este cromosoma o una parte del mismo; así, una persona tiene 47 cromosomas, cuando los seres humanos sin esta patología u otra similar tienen generalmente 46 cromosomas en cada célula, 23 heredados de cada uno de los padres, de los cuales 22 pares son denominados *autosomas* y el último par corresponde a los *cromosomas sexuales* X o Y (Desai, 1997; Nadel, 2003). El cromosoma extra causa problemas con la forma en la que se desarrollan el cuerpo y el cerebro, y conlleva generalmente una discapacidad

intelectual, y otros aspectos que corresponden a un cuadro clínico variable según el grado de alteración existente.

Durante el proceso meiótico son varias las alteraciones que pueden ser la causa de la trisomía 21, las cuales acorde a la investigación de Santamaría (2009) pueden ser:

- *Trisomía Libre*: Por un error en la división celular, ya que no se realiza, esto da como resultado un embrión con tres copias del cromosoma 21 en lugar de dos que sería lo habitual. Este tipo de síndrome de Down, representa el 95% de los casos.
- *Mosaicismo*: No hay disyunción del cromosoma 21, sin embargo ésta se lleva a cabo en un cromosoma sólo, pero no en todos. Al ocurrir esto hay una mezcla de dos tipos de células unas con 46 cromosomas y otras que contienen 47. En estas células con 47 cromosomas se encuentra siempre uno extra en el 21. El Mosaicismo y representa 1% de los casos. Varios estudios afirman que es el que menos características SD representa.
- *Traslocación*: El cromosoma extra o fragmento se encuentra pegado a otros cromosomas, por lo general a uno de los dos cromosomas del par 14. Estos casos son de interés clínico por el seguimiento que se hace a los progenitores para comprobar si uno de ellos es el portador de la translocación, o si se produjo por primera vez en el embrión

### **2.1.2. Tipologías del Síndrome de Down:**

Los síntomas del síndrome de Down varían de una persona a otra por la variación genética de cada individuo y la causa de la trisomía. Por lo general las principales variaciones son visibles en: a) la cabeza puede ser más pequeña de lo normal y no estar bien formada; b) desarrollo físico es por lo general más lento de lo normal; c) Un porcentaje muy alto de nunca alcanzan la estatura adulta promedio (Angulo et al., 2006).

Se presentan además otros signos físicos que pueden presentarse de forma acumulativa y en diversos grados en cada individuo:

- Orejas y boca pequeñas.
- Ojos inclinados hacia arriba
- Nariz achatada
- Problemas auditivos
- Reducción del tono muscular
- Exceso de piel en la nuca
- Manos cortas y anchas con dedos cortos

El ámbito psico-social también es de gran importancia, teniendo en cuenta la naturaleza de la investigación en educación y la necesaria interacción y comunicación para generar conocimiento. Es importante el desarrollo de las capacidades motrices, cognitivas, emocionales y adaptativas, al igual que el resto de los niños y personas, como una necesidad de inclusión real (Castanedo, 1997; Martos-Crespo, 2006; Muro Haro, Santana Mamcilla, & García Ruiz, 2012). Para estos investigadores los problemas en estos ámbitos por lo general incluyen:

- Aprendizaje lento
- Período corto de atención.
- Comportamiento impulsivo.
- Deficiente capacidad de discernimiento y análisis.

### **2.1.3. Afecciones de la Trisomía 21**

Son varias las afecciones de esta patología, principalmente porque se puede presentar en diversos grados o niveles. Marcelli & Cohen (2007) agrupan estas afecciones teniendo en cuenta tres tipos de desarrollos a los cuales altera la trisomía:

- *Desarrollo psicomotor:* durante la primera infancia son pasivos, tranquilos, lloran poco; la deambulación aparece entre los 2 y 3 años; el lenguaje se desarrolla entre los 4 y 5 años; a partir de los 6 y 7 años la inestabilidad se hace más pronunciada, tanto motora, intelectual y afectiva.
- *Desarrollo cognitivo:* su CI se presenta desde 20 y puede llegar hasta 70, con un promedio entre 40 y 45 según escala de WISC. Para Marcelli (2007) las adquisiciones pedagógicas se mantienen limitadas al acceso a los principios básicos de lectura, esbozo de operaciones matemáticas simples, sin alcanzar en la mayoría de casos las operaciones lógicas. Son niños sensibles, y con una didáctica afectiva equilibrada se ha logrado mayores avances en su formación.
- *Desarrollo afectivo:* luego de los 7 años, se muestra frecuentemente alegre, gusta de los juegos, con particular interés por la música; es sensible al rechazo, respondiendo de manera colérica, negativa e irascible.

### **2.1.4. Interacción de niños con Síndrome de Down**

Investigaciones en el ámbito educativo de personas con SD tienen a desarrollarse a partir de una tecnología base (y es nuestro caso), demostrando en la mayoría de casos un gran potencial para el aprendizaje y la inclusión social de las personas con SD, viables y replicables luego a cualquier tipo de discapacidad, en especial de discapacidad intelectual. (Lorenzo, Braccialli, & Araújo, 2015; Torres-Carrion, Gonzalez-Gonzalez, et al., 2014). La eficacia en la educación de un niño con SD es directamente proporcional a

la edad en la cual se inicia la estimulación cognitiva, es decir es más eficaz en cuanto más tempranamente se actúe con ellos aplicando programas de atención temprana, con el fin de conseguir que la capacidad reactiva del cerebro para desarrollar su autonomía y mejorar sus niveles de adaptación (A Baddeley & Jarrold, 2007; Robin S. Chapman, Schwartz, & Bird, 1991).

El estado emocional del niño antes de la interacción es de suma importancia, ya que de esto dependerá su predisposición al aprendizaje, independiente del tipo de recurso que se vaya a aplicar. A la hora de trabajar a nivel cognitivo o sensorial con estas personas se ha de tener en cuenta su estado de salud, si está bien alimentado, grado de cansancio y predisposición en este día para el trabajo. La relación con el profesor o tutor que va a guiar el aprendizaje es de suma importancia, siendo prioritario que se sienta cómodo con esta persona durante la duración del proceso de enseñanza-aprendizaje, de lo contrario aparecerá tensión, ansiedad y bloqueo con lo que su aprendizaje se verá afectado negativamente (Martos-Crespo, 2006).

Presentan también un considerable déficit para la comunicación verbal, relacionando Baddeley esto al potencial déficit de funcionalidad del “*phonological loop*” - *multi-component Work Memory* (A. D. Baddeley & Hitch, 1974; Alan Baddeley, 1992, 2003). Se ha demostrado que una pobre discriminación fonológica no está relacionada directamente con una pobre memoria de trabajo visual en población con SD (Purser & Jarrold, 2013). Por tanto esta característica se debe considerar al momento de diseñar recursos didácticos, apuntando a estímulos y recursos que estimulen el aprendizaje motivando las capacidades viso-espaciales.

Las personas con SD tienen un mayor desarrollo de sus capacidades viso-espaciales, y se ha comprobado en varios estudios que la estimulación cognitiva orientada de forma visual ayuda a aprendizaje. Muro Haro (2012) expone como con recursos didácticos digitales desde interfaces tangibles, gestuales y realidad aumentada se mejora el grado de atención en niños con SD en el aula. Otras investigaciones demuestran personas con SD hacen un uso más eficiente de aplicaciones informáticas, desde

interfaces de interacción gestuales (Kumin, Lazar, & Feng, 2012). Con un videojuego que interactúa con MS Kinect se ha mejorado la motricidad global, equilibrio, esquema corporal y organización espacial de un grupo de niños con SD (Lorenzo et al., 2015), e incluso aprendizaje de adición y sustracción en pantallas digitales (González-González, Noda, Bruno, Moreno, & Muñoz, 2015); inclusive en un caso de éxito, se ha demostrado que con la estimulación desde la memoria visual en un chico con SD se ha logrado compensar los déficit de memoria de trabajo verbal (short-term), requerida para la comprensión lectora (Lecas, Mazaud, Reibel, & Rey, 2011).

## **2.2. TEORÍAS Y MODELOS EDUCATIVOS**

El arte de la educación se sostiene en el ser de la pedagogía como ciencia madre que abarca el compendio de la teorización educativa. En palabras de Freinet (2009) es necesario entender a la educación como un proceso de aprendizaje global, porque las cosas a aprender, porque la realidad y porque la vida es global, no está parcelada, no está compartimentada y la realidad es compleja, pero global. Esto ha permitido extender teorías que pueden ser extensibles a diversas poblaciones y necesidades. Empero, sin dejar de citar a Freinet, se considera la actividad escolar como un trabajo creativo, asumido por la propia persona, donde la institución además de democrática en su estructura y funcionamiento, es transformadora de la realidad personal. Confluye así sin divorciarse la tendencia global para teorizar y la singularidad para hacer pragmático el proceso educativo.

La referenciación a los modelos pedagógicos se realiza en perspectiva de la inclusión, pensando siempre en la necesidad del niño como ente prioritario objetivo del proceso educativo. Refiero la postura de Marcelli (2007) respecto de la adaptación del contexto de escolarización al niño, ya que en muchos ámbitos sociales y políticos se hace entrever que es el estudiante el cual no se ha logrado integrar al sistema educativo. *La importancia cualitativa de los fracasos escolares demuestra que la falta de integración de la escuela a las actuales estructuras sociales debe tenerse en cuenta al evaluar la*

*inadaptación escuela-niño antes de tildar a este último como “inadaptado”*(Marcelli & Cohen, 2007).

En el modelo educativo la forma de aprender de cada individuo es esencial. Desde las perspectivas de la Psicología del Aprendizaje son aún dominantes las posiciones conductuales, siendo necesario considerar también este aspecto como sustento teórico general de la investigación, teniendo presente el enfoque de los estudios realizados. En la Tabla 1 se hace un resumen del aprendizaje desde las cuatro corrientes con mayor acogida en la práctica educativa.

APRENDIZAJE COMO ADQUISICIÓN DE:			
Conducta:	Información	Representaciones	Conocimientos
Aprendizaje fenómeno físico Estímulos – configuración de energía Cambio de conducta	El proceso cognoscitivo no es reducible a la mera información Concepto estadístico, carente de contenido y significado Procesamiento de Información	El lenguaje Humano es innato y modular pero no es adaptación Aprendizaje no es sólo sintáctico sino primordialmente semántico	La vida se desenvuelve en relación a los nichos cognitivos y a los sistemas de dominios específicos El lenguaje es una herramienta El conocimiento es explicación de las representaciones El sistema de conocimiento difiere del sistema de representaciones

**Tabla 1.** Comparación de Niveles de Análisis en Adquisición de Conocimiento (Pozo, 1989)

### 2.2.1. *El constructivismo*

El *constructivismo* es una teoría que explica los procesos de aprendizaje a partir de los conocimientos previamente adquiridos por el individuo. Jean Piaget denominó a su teoría *constructivismo genético*, desde la cual expone a la comunidad científica el progreso cognitivo del individuo como un proceso de desarrollo de los mecanismos intelectuales, que ocurren en una serie de cuatro etapas o estadios (Inhelder & Piaget, 1969; Piaget, 1965, 1968, 1970):

- *Sensorio-motriz*, desde cero a dos años: se identifica con la aparición del lenguaje articulado y el conocimiento a partir de la interacción física con el entorno inmediato
- *Pensamiento preoperatorio*, de dos a siete años: desarrollan la empatía en roles reales y ficticios, a través de objetos de carácter simbólico.
- *Operaciones concretas*, de siete a doce años: empieza a usarse la lógica para llegar a conclusiones válidas desde situaciones concretas.
- *Operaciones formales*, de doce años en adelante, incluyendo adultez: utiliza la lógica para llegar a conclusiones desde situaciones abstractas, como el razonamiento hipotético deductivo.

Estas etapas no describen un momento en el cual se encuentra el individuo, sino tipos de estructuras cognitivas detrás de los conocimientos. Además, para Piaget el protagonista del aprendizaje es el propio individuo, enfatizando en la autonomía para la apropiación del nuevo conocimiento que se realiza en las etapas antes expuestas (Piaget & Gabain, 1932; Piaget & Inhelder, 1967).

### Otros exponentes y sus aportes

Se ha procedido a realizar un listado bastante general de los exponentes que siguen siendo motivo de estudio en el campo educativo, pero que por la especificidad de los estudios que sostienen este trabajo no se ha considerado de mayor importancia la profundización teórica. El listado no corresponde a un orden jerárquico, sino una enunciación necesaria para relacionar estos aportes al contexto teórico-científico.

- La Zona de Desarrollo Próximo y Andamiaje - (Vygotsky, 1995)
- El *andamiaje* cognitivo propuesto por Jerome Bruner (Bruner, 1990, 2009)
- Teoría de los *espacios vacíos en el acto lector* de Mercedes Chaves Jaime como parte de un nuevo enfoque constructivista.
- El Programa de Enriquecimiento Instrumental (PEI) de Rouven Feuerstein en el *International Center for the Enhancement of Learning Potential* (Feuerstein & Hoffman, 1995; Feuerstein, Rand, Hoffman, Hoffman, & Miller, 2004; Martínez Beltrán, Feuerstein, & Hoffman, 1995). Mediated Learning Experience - MLE (Feuerstein, 1981, 1986; Feuerstein, Klein, & Tannenbaum, 1994) Trabajo con Educación Especial y SD (Feuerstein, 1979; Kaniel & Feuerstein, 1989; Wexler, Peled, Rand, Mintzker, & Feuerstein, 1986) Estudios Kinestésicos (Feuerstein, 1981)
- Pedagogía conceptual de Miguel y Julián de Zubiría y el Instituto Alberto Merani (De Zubiría, 1999; De Zubiría Samper, 2006)

#### **2.2.2. Conectivismo y las nuevas Tecnologías**

Haciendo una revisión a las principales teorías educativas (Siemens, 2010, pp. 77-80) expone: “el Conductismo, el Cognitivismo y el Constructivismo intentan evidenciar como es que una persona aprende”; el Conductismo plantea que el aprendizaje en general es “incognoscible”; el cognitivismo es visto como un proceso donde se dispone de un insumo de información de entrada, que es administrada por la memoria a corto plazo y se

codifica para su recuperación a largo plazo; y el constructivismo plantea la actividad de crear conocimiento en la vida real, como un proceso caótico y complejo. Como una teoría alternativa, surge el Conectivismo como “la integración de principios explorados por la teoría de caos, redes complejidad y auto organización. El aprendizaje es un proceso que ocurre en el interior de ambientes difusos [...] el aprendizaje puede residir fuera de nosotros”. La definición de Conectivismo muestra una relación directa con el aprendizaje digital.

Lo anterior tiene incluso su fundamento en el contexto base de la Filosofía de la educación, teniendo en cuenta que la educación, más allá de ser un proceso de información, es un medio de comunicación en su sentido más amplio, provocado por la canalización de los contenidos que vienen del *emisor* y son admitidos de alguna forma por el *receptor* (Gómez Paredes, 2004). Esto se consolida desde la fundamentación teórica de la Pedagogía de la comunicación, donde Mario Kaplún (2010) hace una valiosa distinción entre la acepción de *comunicar* referido al acto de informar, transmitir, y emitir; y la acepción de *comunicarse*, que involucra aspectos más cercanos al hecho educativo como el diálogo, intercambio y compartir. La Profesora Sara Osuna (Osuna & Busón, 2007; Osuna Acevedo, 2011) hace una organización de este complejo hecho desde el modelo comunicativo, citando al EMIREC (EMIsor y RECeptor a la vez) de Jean Cloutier, y ubicándolo en nuestro contexto como una nueva interpretación de *emisor / mensaje / canal / receptor*, dando al individuo el máximo protagonismo como sujeto emisor y receptor, mismo que va cobrando fuerza con todas las tecnologías digitales emergentes.

El profesor Cristóbal Cobo (2007) refiriendo a los aspectos tecnológicos del modelo de aprendizaje, expone como *las tecnologías digitales no dan una solución por sí mismas si no han sido usadas con propiedad. Éstas deben ser adoptadas,[...] para fortalecer las cualidades del modelo de aprendizaje*. Concluye finalmente haciendo hincapié en que el uso de las tecnologías no debe convertirse en una extensión de los modelos tradicionales, siendo necesario convertir el modelo de educación en un proceso

educativo permeable que estimule la *formación de individuos cuyos saberes teóricos estén enriquecidos por experiencias y aprendizajes contextuales*. En un primer espacio, buscando posibles respuestas a las preguntas *¿Cómo puede la educación responder a las necesidades del siglo XXI? ¿Qué principios de los que conducen a la innovación pueden adherirse a los modelos educativos? ¿Cómo aplicar proactivamente las mejores tecnologías para fortalecer el aprendizaje...?* entre otras, el profesor de la Universidad de Oxford Cristóbal Cobo (Cobo Romaní, 2007, p. 7) presenta un mapa con un rango de capacidades cognitivas, entre las que se encuentran:

- Capacidad de Innovación.
- Creatividad.
- Alfabetización Digital.
- Producción de conocimiento.
- Capacidad para resolver problemas desde diferentes contextos.
- Habilidad para usar diferentes recursos tecnológicos.
- Uso inteligente del manejo de información y conocimiento.
- Invención e intuición.
- Adaptabilidad a diferentes contextos/ambientes.
- Pensamiento analítico.
- Habilidad de aprender mediante acercamientos experimentales (aprendizaje empírico), entre otras que relacionan al aprendizaje en red.
- Refiere además a la necesidad de *incluir aspectos tecnológicos en la conceptualización de los modelos educativos*.

El momento en el cual el “inició su auge” el Conectivismo, los jóvenes (y niños desde muy temprana edad actualmente) están viviendo el período de la historia humana más conectado y más impulsado por la información. Se ha establecido una gran facilidad tecnológica para construir redes, lo que pone de manifiesto la premura que tienen para aprender si se dan las condiciones adecuadas (Gerver, 2010). Nuevamente surge el hecho de que la creación de estas condiciones requiere “adaptar la educación a la medida de

cada centro, de cada comunidad de alumnos, profesores, personal no docente y padres, aquí y ahora”. Desde estos principios se ha planteado esta investigación, mirando hacia las tecnologías emergentes y su aplicación didáctica.

Desde lo anterior, han surge la teorización de los nativos digitales e inmigrantes digitales (Prensky, 2001), refiriendo a que los estudiantes han cambiado radicalmente. Este cambio no solo es incremental en aspectos generales de la sociedad y la cultura, sino en la “*singularity*” provocada por la rápida diseminación de las tecnologías digitales en las últimas décadas; ellos (en referencia a los estudiantes) son nativos digitales, hablan el lenguaje digital de las computadoras, los videojuegos y el internet. Esta apreciación desde la que ya hace 16 años a la fecha de presentación de este estudio, se ha ido consolidando, orientándose las tendencias de las tecnologías hacia la personalización de los servicios que se ofrecen a través de internet, apoyado principalmente por algoritmos de Inteligencia artificial en la denominada web semántica o web inteligente. Con este contexto se va aclarando de a poco que desde el Conectivismo la personalización de los recursos de interacción es una línea transversal, promovida por todas las líneas teóricas que sostienen esta teoría.

El Conectivismo se ha visto fortalecido desde varias aristas, tanto con tecnologías locales como globales, siendo la plataforma de Internet y su gran expansión la base para el surgimientos de procesos en línea que han sido visibles para la comunidad científica como un cambio determinante en los procesos educativos. Uno de los fenómenos que ha suscitado en esta última década son los MOOC (Massive Online Open Course), que han ido evolucionando desde su aparición en el año 2011, cuando desde Stanford se presentaba al mundo la oportunidad de ser parte del hasta ese entonces selecto grupo de sus estudiantes; los profesores Sebastián Thrun y Peter Norving, quienes llevaban la cátedra de Inteligencia Artificial en Stanford, proponen una nueva forma de hacer educación y “lograron inscribir en su primera propuesta de clase virtual a más de 160.000 estudiantes de todas partes del mundo en octubre del 2011”, que en posterior dio apertura a fundar Udacity con un esquema y metodología con más didáctica, y cursos divididos

globalmente en tres niveles: principiante, intermedio y avanzado (Torres-Carrión, 2012). Para Regalado (2013) los MOOCs representan uno de los cambios más trascendentes para la humanidad en los últimos doscientos años, generando una disrupción que transforma los sistemas educativos existentes. Son muchas las plataformas que ofertan MOOCs, entre ellas destacan Coursera, EdX, MiriadaX, y las propias adecuadas por las universidades como UNED COMA, y a pesar de haber sido su mismo creador quien publicó un artículo denominado “Los MOOC han muerto” (Simonite, 2016), al tener una tasa de finalización de cada curso de solo el 2%, y en su palabras *no haber logrado ser tan eficaces como prometían*, les ha dado un enfoque hacia la empresa para llenar la brecha cognitiva que las universidades no llenan, y que no logra adaptarse a las necesidades permanentes de capacitación del personal en este cada vez más dinámico ambiente laboral.

Como procesos emergentes en el campo educativo y potenciado desde las tecnologías se encuentra la inteligencia colectiva, explicada por Pierre Lévy (2004) y que está cada vez más vigente en las redes, y con el surgimiento de la web semántica, que facilita la disponibilidad de herramientas y recursos afines a nuestras necesidades. Podría pensarse que la inteligencia colectiva tiene una tendencia de carácter interpersonal solamente, sin embargo su objetivo se fortalece en la individualización de los servicios. Esta nueva cultura transmedia da espacio a la ubicuidad, y junto a ello (aunque no enclaustrada en esta variable solamente) la educación inclusiva. El transmedia continúa su paso hacia el Internet de las cosas, ya visualizado desde diversas formas por Jenkins, Ford y Joshua (2008a, 2009a, 2009b; 2015). La interacción gestual promovida en esta investigación, sostenida en el dispositivo MS Kinect es un claro ejemplo de este crecimiento basado en la existencia de sensores inteligentes interconectados en lo que en inteligencia artificial se conoce como agentes inteligentes (Aguilar, Cerrada, & Hidrobo, 2007)

La Analítica de datos en el campo educativo también es un área emergente. Ya George Siemens y su y su equipo de investigadores (Gasevic, Rose, Siemens, Wolff, &

Zdrahal, 2014; Siemens, 2013; Siemens & Baker, 2012; Siemens et al., 2004) en su momento iniciaron hablando de las humanidades digitales para irse adentrando siempre en el análisis de los aprendizajes. Este ámbito no está separado en ningún momento de la pedagogía, al contrario todos los procesos y toma de datos se realiza des la experiencia de los docentes, y los momentos pedagógicos que ya han madurado mucho desde la propuesta de Stephen Downes (2005, 2007, 2008, 2009) sin perder los conceptos que le dieron auge y presencia como propuesta educativa.

#### 2.2.2.1. Los Recursos Didácticos Digitales Personalizados

Inicio este espacio compartiendo sobre la educabilidad desde el contexto de la Filosofía de la Educación, teniendo como base el buen trabajo de María Isabel Gómez (2011) que refiere a la educabilidad del hombre como ser sapiente, que ha sido capaz de recoger su historia porque es un ser *inteligente*, capaz de ver las relaciones entre los acontecimientos. Esta educabilidad en reseña propia de Antonio San Cristóbal (1965) la describe como personal, relacional y activa; detallando *personal* por el vínculo entre el proceso educativo y el individuo como persona; *relacional* en cuanto el hombre no es clausurado en si mismo, sino que llega a su plenitud en la relación con el otro; y *activa* por el principio dinámico de las ideas que le proyectan más allá de su estado actual, que en palabras de Vygotsky sería la Zona de desarrollo próximo.

Teniendo como precedente las contextualización del Conectivismo, la personalización de los recursos de interacción es un requerimiento y una tendencia emergente para todos los espacios de educación. Como sustento, en palabras de Robinson & Arica (2015) “Si gestionamos un sistema educativo basado en la normalización y el amoldamiento que anulan la individualidad, la imaginación y la creatividad, no debemos sorprendernos que ocurra esto último”. Sir K. Robinson en el prólogo de la obra de Gerver(2010), la educación en la actualidad desempeña cuatro funciones principales: individual, cultural, económica y social; la primera refiere a las que cada uno posee sus propias aptitudes características, personalidad y pasiones en potencia, y la educación debe

ayudar a que afloren estas habilidades únicas de cada alumno y hacerlas realidad, de manera que sean conscientes de ellas.

Sin duda, Gerver es uno de los precursores de la personalización de los recursos didácticos; sus argumentos se sostienen en la separación necesaria de los *modelos industriales de educación* que los califica como *esencialmente impersonales*. Estos modelos, desde su oferta educativa curricular y en todos sus métodos hacen hincapié en la homogeneidad, al tiempo que promueven la estandarización a la hora de evaluar, sin considera la diferencias propias de cada individuo. Los modelos impersonales pasan por alto es que *la educación es siempre, esencial e inevitablemente, personal*. Otro factor que promueve Gerver en relación a la personalización de recursos es que los alumnos aprenden mejor si se sienten implicados, si algo les interesa y les motiva personalmente (Gerver, 2010). A este proceso se puede llamar como *comunicación transformadora* porque transforma o transfigura y es capaz de señalar en el educando diferencias que antes del acto educador no poseía (Gómez Paredes, 2004).

### **2.3. FUNDAMENTACIÓN DIDÁCTICA**

En palabras de María Isabel Gómez (2004) *el verdadero efector en la concepción sistémica de la enseñanza no es el maestro que educa sino, el alumno que se educa*. Es por tanto el alumno el eje motriz sobre el cual y sus necesidades de aprendizaje se mueve todo el andamiaje educativo, teniendo al maestro como fuente informática y selectiva del proceso a partir de un contexto didáctico necesario y permeable a las singularidades de cada individuo. A nivel general exponer que la fundamentación didáctica del estudio se establece desde los momentos didácticos presentes en el método ELI propuesto por Ferreiro. Se realiza previamente una contextualización para enfocar su aplicación en la población con SD.

### ***2.3.1. Dificultades de aprendizaje***

Siguiendo con la teorización de la personalización de los recursos didácticos expuesto de forma continua en los numerales previos, la población objeto de estudio presenta según varias investigaciones una cantidad mayor de dificultades de aprendizaje, que puede variar dependiendo del grado de afección que pueda tener el individuo por consecuencia de la trisomía. Para precisar, se presenta las dificultades obtenidas luego de consultar a maestros de niños de 5-7 años expuestos por orden de frecuencia por Marcelli (2007) citando a Stambak & Vial (1974):

1. Dificultades de comportamiento: 43,5%
2. Dificultades motoras: 19,6%
3. Dificultades de Lenguaje: 17,1%
4. Dificultades de orden intelectual: 9,1%
5. Problemas sociales: 5,6%
6. Trastornos somáticos: 2,6%
7. Absentismo: 1,8%

Se ha considerado este rango de edad por la naturaleza de la edad cognitiva de la población objeto de estudio. La población con SD por lo general presenta todas estas dificultades; por tanto como docentes es menester considerarlas en el proceso de planificación de los recursos didácticos, y de la planificación de lecciones curriculares. Como método base se propone ELI, que se adapta a varios contextos de educación, dependiendo de las destrezas del docente.

### 2.3.2. *El método ELI*

El método de *Enseñanza Libre de Improvisación* - ELI (Ferreiro, 2012; Ferreiro & Espino, 2009) ha tenido gran apertura a nivel general, particularmente en instituciones educativas de México y EE.UU; su propuesta, que se fundamenta en el aprendizaje cooperativo, abarca todos los momentos del proceso de aprendizaje, guiando al profesor y estudiante en esta tarea conjunta de hacer propio un conocimiento. La planificación en el proceso educativo es primordial, necesaria y obligatoria, un derecho de quien se educa y una obligación del maestro.

El aprendizaje Cooperativo constituye en sí una tendencia metodológica, que muestra ya sus inicios en los planteamientos de Dewey y Freinet a principios del siglo XX; otros exponentes que desde sus obras han aportado son L.S. Vygotski (1896-1934) y J. Piaget (1896-1980). Refiere su etimología a **cooperar**, es decir “obrar conjuntamente con otro para un mismo fin”. Se orienta hacia el **aprendizaje significativo** que requiere una confrontación individual con el objeto de aprendizaje, moviéndose de forma permanente e iterativa hacia la **zona de desarrollo potencial** a través de momentos de “interacción del sujeto que aprende con otros que le ayuden a moverse” hacia un saber, saber hacer y ser (Ferreiro, 2012)

Se plantea un tipo de relación diferente entre el maestro y el alumno: **maestro mediador**. En un ambiente cooperativo, la *comunidad del aula* promovida por el maestro, establece un nexo entre la familia y la sociedad, a través de la *estimulación conceptual* que “provee un ambiente apropiado para el desarrollo de habilidades y destrezas intelectuales” dando al alumno la posibilidad de identificarse en su hábitat cultural (Lipman, 1998). El mediador “favorece el aprendizaje, estimula el desarrollo de potencialidades y corrige funciones cognitivas deficientes”, conjugando la pedagogía y didáctica, relacionado métodos, procedimientos y estrategias acordes a las singularidades del **sujeto que aprende** (Ferreiro, 2012). Tébar (2003) expone varias cualidades de un enseñante mediador:

- *Competencia pedagógica.*
- *Madurez y estabilidad emocional*
- *Conocimiento de la materia que va enseñar*
- *Comprensión de los procesos del desarrollo del niño*
- *Preocupación y respeto hacia las personas de los alumnos*
- *Capacidad de adaptación al equipo docente*
- *Toma de Consciencia de escuela, situada en su marco social*
- *Espíritu abierto y dinámico*

En el proceso didáctico del método ELI, Ferreiro (2012; 2009) promoviendo la **participación activa intencionada**, explica los siete **momentos** de una lección de aprendizaje cooperativo:

1. Momento **A**: creación de ambientes favorables para aprender y de activación. Es el momento inicial de la clase, donde se debe motivar la *activación* cognitiva y socio-afectiva; el ambiente que se genere en el aula es primordial, complementado con la actitud coherente del docente en cuanto a la atención que requiere cada estudiante.
2. Momento **O**: la orientación de la atención de los alumnos. Refiere a la organización y comunicación de la planificación de la clase, considerando los objetivos declarativos, procedimentales y actitudinales. El alumno tendrá conocimiento de las actividades, tareas, reglas, señales, recursos y herramientas didácticas que forman parte de la planificación.
3. Momento **Pi**: el procesamiento de la información. Con un sistema cognoscente central, al cual llegan estímulo (input) a través de la lectura, observación, escritura, etc. y que genera como resultado aprendizaje cuando el estudiante

argumenta, justifica, explica; en fin, se provoca un cambio, una transformación cognitiva.

4. Momento **R**: la recapitulación de lo que se aprende. Desde una perspectiva didáctica, se refiere a “exponer de forma sintética, sumaria, ordenada lo que se ha expresado con anterioridad”. En aprendizaje cooperativo, el alumno es el principal ente responsable de este momento, complementado con actividades del maestro en menor densidad en diversos espacios de la clase.
5. Momento **E**: evaluación de los aprendizajes. Permite valorar lo que aprenden y cómo lo hacen, desde una conjunción académica y social, motivando el desarrollo humano integral. La evaluación no debe reducirse a la aplicación de un examen.
6. Momento **I**: la interdependencia social positiva. Constituye el núcleo del aprendizaje cooperativo, en tanto que considera la relación bidireccional permanente entre quienes forman la comunidad educativa. A nivel del alumno es “la relación que se establece entre los alumnos de un grupo para compartir resultados de su actividad escolar”.
7. Momento **M**: la metacognición, reflexión sobre procesos y resultados de la actividad de aprendizaje. Esta reflexión se hace desde el enfoque SSMT (Sentido, Significado, Metacognición y Transferencia) enfocada en el crecimiento del alumno y la comprensión de lo que aprende.

El método ELI de aprendizaje cooperativo plantea algunas exigencias, necesarias para el desarrollo de la *interdependencia grupal cooperativa* (Ferreiro & Espino, 2009):

- Crear grupos heterogéneos.
- Arreglar la distribución del salón de clases.

- Instrucciones sobre la planificación.
- Exponer la meta de cada situación de aprendizaje.
- Supervisar las actividades.
- Explicar el método de evaluación.
- Socializar sobre los resultados con cada equipo.

### 2.3.3. *El factor R-elacional en las TIC*

Se ha estimado conveniente dar un espacio a esta emergente e innovadora propuesta de la cual he formado parte desde el máster de Redes Sociales y Aprendizaje Digital en la UNED. Los profesores Carmen Marta y José Antonio Gabelas de la Universidad de Zaragoza son los promotores de la denominada *inteRmetodología* que es el eje conductor del factor R-elacional en TRiClab (Marta-Lazo & Gabelas, 2016a), que promueve una visión distinta de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), desde el usuario y teniendo en cuenta “los procesos educativos y comunicativos que siempre son interactivos, críticos y creativos”(Marta-Lazo & Gabelas, 2016b). Este grupo nació en el máster en Redes Sociales y Aprendizaje Digital ofertado por la UNED de España desde el año 2011 hasta la actualidad.

En esta sección considero también complementar con un elementos que está tomando fuerza en el ámbito de la Educomunicación, el #FactorR (Relación) que el Profesor José Antonio Gabelas de la UNIZAR presenta en su propuesta #TRIC; según expone “supera y mejora el discurso TIC centrado en su dimensión técnica y/o instrumental, y en los contenidos ‘curriculares’; pero que ignora, rechaza y/o prohíbe los usos habituales en el ocio digital. En la medida en que el factor Relacional esté planteado, diseñado, promovido, ejercitado y evaluado en las dinámicas de aprendizaje, seremos capaces de integrar las ‘cosas que ocurren’ en el ocio digital, con empoderamiento, dentro de los espacios formales”

#### 2.3.4. *Los juegos en la educación*

Los juegos en educación han tomado fuerza en la última década, en especial por la teorización de los denominados juegos serios que hacen uso de las tecnologías para alcanzar objetivos de aprendizaje en ambientes de educación formales. Los juegos educativos son percibidos por el usuario con un potencial educativo por su carácter motivador (Foreman, 2004). En un contexto antropológico, es necesario regresar al *homo ludens* propuesto por Johan Huizinga (Huizinga, 1943, 1998, 2005) desde una perspectiva social que reconstruye la forma de vida y sus características, pasando del *Homo Sapiens* y *Homo faber* al *Homo ludens*, que complementa desde el juego sus tareas de trabajo y reflexión. Expresa como el hecho y acción lúdica se va consolidando como ente de primer rango en la historia de la cultura del ser humano. El juego ha estado presente en todos los contextos históricos que han sido registrados en los libros de historia, sin embargo el autor expresa como ha ido perdiendo importancia a partir del siglo XVIII, y que se encuentra nuevamente en uno de sus momentos de auge debido a las nuevas tecnologías.

Un juego es una actividad competitiva, dirigida hacia un objetivo y conducida por una estructura de reglas aceptadas, las que indican al jugador lo que puede o no puede hacer, y cuales son la consecuencia de sus actos dentro del juego. Por lo tanto jugar un juego requiere tomar decisiones, tener el control y alcanzar los objetivos (Caillois, 1961). Para Clark Abt (1987), un juego es una actividad entre dos o más tomadores de decisiones, para alcanzar sus objetivos en un contexto limitado; estos tomadores de decisiones pueden o no ser humanos. También Salen & Zimmerman (2004) definen un juego como un sistema en el cual los jugadores se introducen en un conflicto artificial, definido por reglas, que tienen como fin un resultado cuantificable. A un juego lo definen los siguientes elementos (Huizinga, 1998; Salen & Zimmerman, 2004):

- Contexto basado en reglas
- Orientado a objetivos
- Involucra la toma de decisiones

- Implica conflictos
- Es voluntario
- Es intrínsecamente motivador
- Tiene un contexto estructurado
- Implica salir de la realidad
- Implica una participación activa
- Es para disfrutarlo y recrearse

La significancia del juego emerge desde la interacción entre jugadores y el sistema de juego, así como del contexto en el cual el juego es jugado. La actividad o experiencia es diseñada con ciertos propósitos, siendo el jugador quien da el salto entre un propósito intrínseco de jugar a una extrínseca naturaleza del juego (Salen & Zimmerman, 2004). En complemento a los elementos anteriores, Huizinga (2005) expone la actividad de *jugar* como una condición necesaria de generación de cultura de forma real cumple estas condiciones:

- Actividad libre que requiere de la entrega del jugador
- No se realiza para lograr intereses materiales o dinero
- Es necesariamente diferente cada día al cambiar el contexto, el tiempo y el sitio
- Tiene sus propias reglas y procedimientos en un determinado orden.

Uno de los aspectos más importantes a considerar durante un proceso de juego son las emociones que se provocan en el jugador y quienes de forma directa o indirecta son cercanos al juego. Las emociones durante el juego se ven incrementar, y como expresa la profesora Carina Gonzáles (González & Blanco, 2008), es necesario plantearse la pregunta: *¿Cómo podemos aprovechar estas emociones para propiciar aprendizaje?*

para lo cual acude a la taxonomía de emociones de Ekman (1999), para desde esta base cognitiva proponer estrategias que se adapten al momento emocional del alumno. Las emociones de Ekman a considerar son:

- Interés: Los estudiantes deben tener claro lo que quieren en cada momento
- Humor: a través del absurdo o la ironía de las situaciones
- Felicidad o satisfacción: cuando se logran objetivos planteados
- Sorpresa: inesperados momentos durante la interacción
- Ansiedad: cuando se percibe incapaz de lograr algo
- Amor: si se identifica con un logro fruto de un gran esfuerzo
- Hostilidad: ante la percepción de algo que podría provocar daño
- Tristeza: no haber logrado un objetivo del juego
- Repulsión: para alejarnos de situaciones de peligro
- Ira: si algo nos impide cumplir con objetivos.

Todas las condiciones anteriores son recogidas de una forma sistemática para hacer que el acto de juego sea aplicable a un ambiente de educación formal. Como lo menciona Prensky (2001), que es uno de los precursores de los juegos serios, estos están siendo utilizados hoy en día para enseñar las letras a los niños, monitorear su diabetes o superarse; enseñar habilidades tácticas y prácticas a los militares; enseñar derivaciones financieras a auditores y enseñar herramientas CAD a los arquitectos, entre otras cosas.

## 2.4. LAS NECESIDADES EDUCATIVAS ESPECIALES

### 2.4.1. *La Educación es un Derecho Universal*

Nuestra sociedad en búsqueda de los más altos ideales, con independencia de singularidades culturales, religiosas, raciales, económicas, territoriales, etc. vela por garantizar derechos universales de la persona humana. *Toda persona tiene derecho a la Educación, fomentando el desarrollo de la personalidad humana y a fortalecer el respeto a los derechos humanos y a las libertades fundamentales* (Assembly, 1948). Este mandato universal ha sido limitado para algunos sectores, pese a los esfuerzos que entidades gubernamentales y organismos internacionales suman para solventarlos. De forma particular, la Convención de las Naciones Unidas de 1989 sobre los Derechos del Niño (Español, 2016) recoge derechos a los cuales tiene acceso en igual importancia uno de otros, todos los niños menores de 18 años. Los derechos de la infancia se basan en cuatro principios fundamentales:

1. La no discriminación.- *todos los niños y niñas tienen los mismos derechos.*
2. El interés superior por el niño.- *cualquier decisión, ley o política que pueda afectar a la infancia tiene que tener en cuenta que es lo mejor para los niños y niñas*
3. El derecho a la vida, la supervivencia y el desarrollo.- *todos los niños y niñas tienen derecho a vivir, a desarrollarse y alcanzar su máximo potencial de vida.*
4. La participación.- *los menores de edad tienen derecho a ser consultados sobre las situaciones que les afecten y a que sus opiniones sean tomadas en cuenta [...] las posibilidades de participación deben ir aumentando con la edad para que los niños y niñas vayan alcanzando la madurez.*

Dentro de este gran espectro, en su Art. 23 hace hincapié en que el niño mental o físicamente impedido deberá recibir cuidados especiales de forma gratuita (de ser posible), que le aseguren su dignidad y le permitan llegar a bastarse así mismo, como ente activo en la comunidad; en el numeral 4 de forma explícita referencia el rol de los estados para “promover con espíritu de cooperación internacional el intercambio de información adecuada... sobre los métodos de rehabilitación y los servicios de enseñanza y formación profesional...”, todo esto en pos de mejorar el ambiente de desarrollo de los niños con discapacidades. UNICEF es la agencia de las Naciones Unidas que trabaja en todo el mundo para ofrecer a los niños y niñas el mejor comienzo posible, y que puedan sobrevivir y desarrollarse plenamente, velando que se cumpla cada uno de los 54 artículos de la Convención. Estos derechos comprende una responsabilidad continua de los Estados y naciones a través de las entidades de educación, y por ende como investigadores y educadores es nuestra obligación ser parte de este proceso integral de inclusión, y aportar a que sus derechos sean respetados y promover desde la ciencia actividades integrales que promuevan mejoras en su formación.

De forma general en el Art. 28 refiere al Derecho a la Educación, siendo obligación del estado asegurar por lo menos la educación primaria gratuita y obligatoria; en los literales b) y c) incluso expone a la educación secundaria y superior respectivamente, con carácter de accesible a todos sobre la base de su capacidad, haciendo uso de los cuantos medios sean apropiados. Complementa en la sección 3 de este artículo a la disposición de los estados para fomentar la cooperación internacional en cuestiones de educación, teniendo entre otros fines el de facilitar el acceso a los conocimientos técnicos y a los métodos modernos de enseñanza. Recalco en estos ítems, ya que considero que son parte de la justificación universal de esta investigación, en donde se promueven las tecnologías emergentes en bien de la educación, llegando a colaborar en este proceso varias instituciones de educación, tanto de infantil (donde se desarrollan los estudios: IHK y ATT21) como de educación superior, entre las que cuenta la UNED como promotora del estudio de doctorado y la ULL y UTPPL como ejecutoras y facilitadoras de la investigación específica.

#### 2.4.2. *Educación inclusiva y accesible*

Capa persona humana es diferente por naturaleza, que se enriquece en su psicología y conocimientos con cada experiencia y vivencia presente en su ambiente, fenómeno conocido como aprendizaje. Más allá de las diferencias genéticas, los seres humanos somos únicos también por nuestras oportunidades de aprendizaje a las que nos sometemos consciente o inconscientemente en nuestro hábitat o entorno de vida cotidiana. En el ámbito explícito de capacidades limitadas y carentes, Hegarty (1994) nos comparte en su trabajo realizado en conjunto con UNESCO como *al menos un niño de cada diez nace con una disminución grave, o la adquiere posteriormente, de tal modo que, en ausencia de los cuidados apropiados, el desarrollo del niño puede verse obstaculizado*. Por tanto es necesario entender la discapacidad desde la empatía hacia quienes tienen capacidades diferentes, considerando que para algunas personas hay una serie de actividades que suponen un mayor esfuerzo y dificultad para llevarlas a cabo, tales como: *la manera de ver, hablar, entender, comunicar, caminar... pero sólo en una parte, en el resto son igual que tú* (Ponce & Gallardo, 2011, p. 5). Por tanto, todos tenemos algunas limitantes, sin embargo, todas las personas, con y sin alguna discapacidad tenemos cosas en común, y desde este común se debe enfocar las buenas prácticas y estrategias didácticas.

Desde los derechos universales, en el ámbito educativo se han desarrollado recursos didácticos y estrategias que son aplicadas a nivel global en los institutos y centros de formación para personas con discapacidades, surgiendo así la Educación Inclusiva con un currículum escolar orientado al desarrollo de las competencias necesarias para enfrentar las exigencias sociales, intelectuales y valóricas (Godoy, 2000)(Godoy, 2000). Desde esta visión conceptual *hablamos de personas con discapacidad, nunca de discapacitados, por porque a pesar de que alguien pueda tener una limitación para ver, por ejemplo, tiene otras muchas capacidades: puede caminar, oír, jugar, trabajar...* (Ponce & Gallardo, 2011, p. 44).

### 2.4.3. *Tipificación general de las discapacidades*

La Discapacidad se entiende como un *déficit que impide el normal desarrollo o funcionamiento de las capacidades humanas*, y para Cazau (2000) se agrupan en tres tipos según la función que se ve afectada: sensoriales, motoras y mentales. Entre la gran variedad de discapacidades, Ponce & Gallardo (2011, p. 44) hacen una selección de las más comunes y generales, que dada la naturaleza del estudio son de mucha utilidad a para comprender el contexto general de la educación inclusiva. La tipificación presentada en este apartado ha sido adaptada del trabajo de investigación de Torres-Carrión (2013), como TFM en Aprendizaje Digital de la UNED de España:

- *Síndrome de Down*.- trastorno genético causado por una duplicidad del cromosoma 21.
- *Pluridiscapacidad*.- varias discapacidades a la vez.
- *Lesión medular*.- lesión que provoca la pérdida de sensibilidad o movilidad de alguna parte del cuerpo. Esta discapacidad no es genética y puede producirse por algún tipo de accidente.
- *Ceguera*.- limitante en la visión de la persona, la cual puede ser parcial o total. Puede haberse producido desde el nacimiento o por causa de algún tipo de accidente o enfermedad. Es un hecho bastante común que las persona ciegas desarrollen otros sentidos de manera extraordinaria como es el oído y el tacto.
- *Sordomudez*.- limitantes en la capacidad auditiva y vocal, que no se han desarrollado o se han perdido por alguna causa. Estas personas se comunican por el lenguaje de señas y la lectura labial. Las tecnologías gestuales están presentando muchas opciones para la mejora de interacción con esta población.

- *Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH).*- la hiperactividad hace referencia a mucha actividad, que impide a los niños prestar atención y concentrarse en una tarea explícita.
- *Autismo.*- trastorno que impide el desarrollo de la inteligencia interpersonal, haciendo muy complicada la relación con los demás, la empatía y la comunicación. En algunos casos se muestra con agresividad bajo ciertos ambientes que les resultan incomprensibles o incómodos.
- *Amputación.*- refiere a la separación de una parte del cuerpo, ya sea por algún accidente o por alguna enfermedad congénita. Las prótesis son una alternativa con gran aplicación en estos casos.
- *Enfermedad mental.*- es un grupo muy amplio en cuanto a variedad, siendo las más comunes la esquizofrenia y la depresión. Estas enfermedades por lo general requieren de ayuda clínica.

En el estudio de las conductas y equilibrio psicoafectivo de un niño, lo normal y lo patológico no deben ser considerados dos estados distintos uno del otro (Ajuriagerra & Marcelli, 1982). El enfoque inicial de la investigación requiere conocer las psicopatologías que podrían ser comunes en ambientes escolares, y cuyas características permitirán una relación más cercana a la realidad de las estrategias didácticas necesarias para trabajar con estos grupos de población sensible y de gran variabilidad cognitiva, psicoafectiva y motriz. Del Manual de Psicopatología del niño, de Marcelli & Cohen (2007), se ha seleccionado varias psicopatologías consideradas comunes y relacionadas al estudio propuesto, agrupadas siguiendo la organización de su obra:

- Psicopatologías de las Conductas
  - *Psicopatología de las conductas motoras*

- *Trastornos de laterización*: se lleva a cabo a nivel del ojo, la mano y el pie (dominantes).
  - *Disgrafía*: calidad de escritura deficiente, sin una explicación neurológica o intelectual. Se puede relacionar con trastornos de organización motriz, desorganización espaciotemporal, del lenguaje y de la lectura, o afectivos.
  - *Debilidad motriz*: se presenta en tareas y gestualidades imprecisas (estar inclinado o en desequilibrio), o con imposibilidad de relajación muscular.
  - *Dispraxias*: cuando no son capaces de realizar determinadas secuencias gestuales, o las realizan con extrema torpeza.
  - *Inestabilidad psicomotriz*: se presenta con intolerancia a ciertos ambientes e inaccesibles exigencias del niño, que lo llevan a una fuerte reacción.
- Psicopatología del lenguaje
- *Dislexia – disortografía*: se presenta con la dificultad de lectura en comparativa a la edad promedio, a lo cual se asocia problemas ortográficos.
  - *Disfasias graves*: dificultades que provocan la en el niño una ausencia absoluta del lenguaje.
  - *Patologías especiales*:

- *Tartamudez*: trastorno de la fluidez verbal y no del lenguaje en sí mismo.
  - *Mutismo*: ausencia del lenguaje en un niño que previamente se había expresado sin mayor inconveniente.
- Psicopatologías de las funciones cognitivas: La unidad de medida que en la mayoría de análisis se considera como punto de referencia es el CI (Coeficiente Intelectual) o el CD (Coeficiente de Desarrollo). El CI se representa por la relación directa entre: Edad mental (EM) y Edad Cronológica (EC).

$$CI = \frac{EM \text{ (edad mental)}}{EC \text{ (edad cronológica)}}$$

Como exponen Marcelli & Cohen, el CI debe ser evaluado en función del contexto clínico, siendo necesaria una buena adaptación del sujeto a las condiciones en que se realiza ; por tanto no existe un CI absoluto, y debe ser referido a un test en concreto y relacionado con las condiciones de evaluación y con la definición que le son propias: traducidas a cociente de edad (Binet-Simon, Terman-Mirill, [...]) o de dispersión (WISC, WISPP, [...]); existiendo una variabilidad considerable entre uno y otro test. En este ámbito se presentan dos grupos bien diferenciados:

- *Deficiencia Mental*: según la OMS, y teniendo al CI como punto referencial, se presenta la siguiente categorización:
  - Deficiencia mental profunda: CI <= 25
  - Deficiencia mental severa: CI <= 40
  - Deficiencia mental moderada: CI <= 55

- Deficiencia mental ligera: CI  $\leq$  70
  - Deficiencia mental límite: CI  $\leq$  85
- *Niños Superdotados*: el elevado nivel de los rendimientos intelectuales sirve como una señal. Autores como Sisk indican que debe ser superior a 120-130, mientras que para otros como Chauvin el mínimo debe ser 135-140. Se han desarrollado variables adicionales para determinar el estado de superdotación de un niño, sin embargo no se considera como una necesidad específica del estudio, por tanto no se procedido a detallar.
- Psicopatología del juego: El juego ha sido para investigadores como Piaget el instrumento primordial para el estudio de los diversos estadios cognitivos; o para otros, partiendo de la postura del Homo Ludens de Huizinga (1943) la dimensión social que implica el juego y su relación con aspectos como la maduración del individuo, y como enfoque terapéutico en tratamientos severos que pueden provocar aislamiento del niño. J. Piaget propone una clasificación fundamentada en la estructura del juego con estrecha relación a evolución genética de los procesos cognitivos:
    - Juegos de ejercicio
    - Juegos simbólicos
    - Juegos de reglas

Investigadores como Mélanie Klein (1987) sostiene su interés en el juego, teniendo como eje relacional de análisis al niño durante el juego, con el lugar que el sueño ocupa en el análisis adulto. Anna Freud

(1992) propone como mecanismo de gran importancia en la observación transitiva de la actitud pasiva a la activa, papel dominante e identificación de un agresor. Winnicott (1975) centra su atención al medio donde se efectúa el juego, siendo este el centro de lo que el denomina *fenómenos transicionales*, diciendo del espacio de juego: “*área donde se juega no es realidad psíquica interna. Está fuera del individuo, pero tampoco pertenece al mundo exterior*”, situando como un área de ilusión, situada entre lo interno y externo, cobrando especial atención la vida fantásica del jugador.

- **Grandes Reagrupaciones Nosográficas.**- La frecuencia de un impedimento severo en el plano epidemiológico es del 14%, con una frecuencia de coexistencia de varias afectaciones del 42%, teniendo en cuenta que generalmente los impedimentos severos sufren otros añadidos: deficiencia mental severa, parálisis cerebral infantil, comicialidad, trastornos de comportamiento, etc.(Salbreux, Deniaud, Tomkiewicz, & Manciaux, 1979). Se han reunido varias patologías que por su naturaleza se relacionan con el Síndrome de Down, refiriendo finalmente a este caso.

- *Deficiencia sensorial*

- *Sordera*: limitante al recibir sonidos, y se define en función de su intensidad y naturaleza, así:
  - Sordera total: déficit superior a 85 decibelios
  - Sordera profunda: déficit de 60 a 85 decibelios
  - Sordera ligera: déficit de 40 a 40 decibelios
  - Mala audición: déficit inferior a 40 decibelios

También se puede estudiar su clasificación según su etiología:

- Origen genético (50%): congénita o degenerativa
  - Origen prenatal: embriopatía(rubeola) o fetopatía
  - Origen neonatal: prematuridad, sufrimiento perinatal (20%)
  - Adquiridas durante la infancia: causas infecciosas, tóxicas o traumáticas.
- *Ceguera*: los parámetros de valoración varían entre EUA y Europa; en el primero se considera ciego a un niño(a) con una agudeza visual inferior a 1/10, mientras que en Europa 1/12. Las principales afecciones que pueden desprenderse de esta discapacidad son:
- a) Desarrollo psicomotor: sus miembros superiores tienen baja motricidad por falta de estimulación; en los inferiores la motricidad suele ser un poco mayor.
  - b) Desarrollo cognitivo: la falta de exploración visual hace que un niño ciego tenga un desarrollo intelectual inferior al de un niño vidente; este retraso inicial tiende a superar con el tiempo, conforme se van desarrollando otros sentidos que suplen de alguna forma a la visión.
  - c) Desarrollo afectivo: el entorno en el cual se desarrolla un niño ciego van desde el abandono afectivo hasta la sobreprotección, y en esta discapacidad en particular el rol del medio es fundamental para el desarrollo del niño. Algunos de los rasgos habituales son: ansiedad, notable huida

de la competición, falta de agresividad, sensibilidad a las frustraciones.

○ Encefalopatías infantiles

- **Trisomía 21:** conocida como mongolismo o Síndrome de Down es la más frecuente de las aberraciones cromosómicas autosómicas. Entre sus características más sobresalientes se encuentra un  $CI \leq 65$ , con un promedio frecuencial de suceder del 1 por 700 de los nacimientos, dependiendo en gran parte de la edad de la madre. Afecciones y características de este trastorno se exponen en la parte inicial de este capítulo.

Existen otras muchas encefalopatías como Trisonomía 13-15, Trisonomía 18; algunas natales y otras adquiridas que por la limitante de este estudio no se han profundizado.

- Parálisis Cerebral Infantil (PCI): puede presentarse de manera ligera, limitando apenas la deambulación, o llegar incluso a hacer casi imposible la motricidad. Constituye la tercera causa de las deficiencias del niño (19%), detrás solo de las deficiencias sensoriales y las encefalopatías. Según la localización de los trastornos puede ser:

- *Monoplejía:* afectación de un solo miembro.
- *Hemiplejía:* afectación de la mitad del cuerpo.
- *Diplejía:* afectación de dos miembros.
- *Paraplejía:* afectación de los miembros inferiores.
- *Cuadriplejía:* afectación de los cuatro miembros.

La PCI presenta también algunas afecciones en el desarrollo del lenguaje, en el nivel intelectual (aunque con bajo índices en comparación con otras patologías) y trastornos afectivos.

- Psicosis Infantiles: Se hará un enfoque particular en las principales conductas, sin profundizar en ambientes y requerimientos clínicos:
  - Aislamiento – *Autismo*: es muy común, en particular el autismo precoz de Kanner. En su primer año los niños autistas son tranquilos, se manifiestan poco, indiferentes a la presencia de un adulto. Desde el segundo año es más evidente el autismo, muestra una mirada vacía, ausente, se rehúsa al contacto físico. Por lo general sus relaciones son nulas con otros niños, o en caso de darse tienen un fin manipulador.

Estas patologías son solamente una muestra que se considera común en el ámbito de estudio, y han sido resumidas desde la obra de Marcelli & Cohen (2007, pp. 99–331) para nuestros fines.

#### **2.4.4. Investigación Científica con personas con discapacidades**

La investigación científica que involucra a personas con algún tipo de discapacidad requiere de reglas singulares que se adapten a su entorno, generalmente son personalizadas y con poblaciones reducidas. En base a estas variaciones implícitas, Dueñas (2000) citada por Torres-Carrión (2013), expone varias dificultades metodológicas, en las que según su estudio coinciden varios investigadores al diseñar y ejecutar sus proyectos:

- *Variabilidad de la población.*- Existencia de múltiples niveles y tipos de discapacidad, que no son fácilmente generalizables, siendo la individualización un factor común en las instituciones que brindan atención a esta población.

- *Problemas de muestras.* En entornos reducidos no es posible disponer de una muestra que permita universalizar estos resultados, en especial cuando se pretende realizar estudios en base a diseños experimentales de grupos focales.
- *Imprecisión en la operativización e instrumentalización de variables.-* Como detalla la autora, en especial con discapacidades de mayor grado, o de múltiples discapacidades que pueden influenciar en los resultados de forma directa e indirecta, por tanto “*es preciso tener en cuenta el cambio que se ha producido en los criterios para la asignación de niños [...], el sistema de clasificación no está ya basado solo en el C.I. sino en el tipo de intensidad de los apoyos que requieren las personas [...]*”.
- *Uso de instrumentos de medida y evaluación.-* Los test y procedimientos de evaluación a ciertas discapacidades, en general no disponen de “*normatividad en la valoración*” y por tanto tampoco la validación; es preciso que la metodología considere la aplicación previa a cada tipo de discapacidad, y otras variables que no difieran de la normalidad acorde a la metodología base.
- *Ausencia de controles apropiados.-* Tener en consideración los errores de validez interna que pueden confundir la variación de los fenómenos con sus efectos de intervención; tiene mucha relación con el punto anterior respecto de los instrumentos de medida y evaluación.
- *Dificultades en la generalización de resultados.-* Considerando los factores previamente expuestos, es complejo el proceso de universalización de los resultados.
- *La propia naturaleza de la educación especial.-* La multiplicidad en cuanto a grados o niveles de discapacidad, la singularidad y personificación del tratamiento e inclusive el medio donde se desarrolla el individuo son aspectos que se tiene que considerar y que son de difícil control por el investigador.

Es necesaria una minuciosa planificación y detalle metodológico que oriente todo el proceso investigativo, y permita al investigador limitar y enfocar adecuadamente los estímulos, y medir las variaciones en la población enfocados en las variables propias del constructo propuesto. En el ámbito de la Psicopedagogía, Escribano & Martínez (2013) proponen a la inclusión educativa como un *constructo provisional que le suscitará al estudiante universitario en su formación inicial de maestro la necesidad de indagar lo concreto*, con enfoque en los problemas reales de la inclusión educativa. Estas relaciones y valoraciones, dada la especificidad y rigurosidad metodológica, posteriormente son extensibles a la educación general.

## **2.5. INTERACCION PERSONA ORDENADOR (IPO)**

La Interacción Persona-Ordenador (IPO y HCI en inglés), es una de las áreas emergentes de las Ciencias de la Computación, y define parámetros de diseño, evaluación e implementación de sistemas interactivos para el uso de personas, centrandolo al usuario como ente principal de un ambiente computarizado. ACM, Association for Computer Machinery, propone la siguiente definición: "*Es la disciplina relacionada con el diseño, evaluación y implementación de sistemas informáticos interactivos para el uso de seres humanos, y con el estudio de los fenómenos más importantes con los que está relacionado*". El tema principal de esta disciplina está en la interacción entre unos o más seres humanos y uno o más ordenadores. IPO busca incrementar la usabilidad de los sistemas informáticos, para que sean fáciles de aprender, haciendo su uso eficiente y eficaz.

La interacción persona-ordenador (HCI) es un área de investigación y práctica que surgió en la década de 1980, inicialmente como un área de especialidad en informática que abarca la ciencia cognitiva y la ingeniería de los factores humanos. HCI se ha expandido rápidamente y de manera constante desde hace tres décadas, atrayendo a

profesionales de otras disciplinas y la incorporación de diversos conceptos y enfoques. En gran medida, HCI ahora agregados una colección de campos semi-autónomas de la investigación y la práctica en materia de informática centradas en lo humano (Carroll, 2013)

En los IPO actuales, la Inteligencia Artificial es parte integral, y lo corroboramos en la versión digital de la revista ZDNet (Jo-Foley, 2013) que expone como Microsoft está desarrollando una App que sea compatible con la tecnología de habla conocida como “TellMe”; la imagen que tomaría sería la de “Cortana”, una imagen de IA avanzada usada en los juegos de Halo. En palabras de su CEO, Steve Ballmer (citado en el artículo) se trata de algo mucho más grande que una interfaz moderna, *nuestra interfaz de usuario será profundamente personalizada, basada en la avanzada, casi mágica, inteligencia de nuestra nube que aprende más y más con el tiempo de la gente y el mundo. Nuestra “shell” soporta de forma nativa todos los servicios esenciales, y será grande a responder perfectamente a lo que la gente pide, e incluso anticipar lo que necesitan antes de que se lo pidan.*

### **2.5.1. IPO en investigaciones recientes**

La tecnología móvil en el ámbito educativo, conocida generalmente como m-Learning se ha visto fortalecida por el creciente desarrollo de nuevos dispositivos con capacidades incluso de realidad virtual y aumentada, superando en sus características de hardware y software a muchos computadores de trabajo de oficina. Ya en el inicio de su aplicación pedagógica, Cristóbal Cobo (2007) hacía mención como una *práctica y poderosa solución para muchos de los nuevos retos de aprendizaje*, mencionando algunas de sus potencialidades:

- Accesibilidad variada.
- Posibilidad de llevar a cabo diferentes funciones de interacción y producción de contenidos.

- Facilidad de uso para la mayoría de los alumnos.
- Aceptabilidad por parte de los alumnos como un dispositivo de aprendizaje.
- Brinda ayuda en proyectos colaborativos.
- Herramienta alternativa para los salones de clase.
- Brinda ayuda en lugares donde los alumnos están distantes.
- Refuerza el concepto de aprendizaje dentro del contexto.
- Costo más bajo que el de una PC

El m-Learning como plataforma, da apertura a la ubicuidad del sistema educativo, y corresponde una potencialidad a tener en cuenta en toda propuesta de un sistema educativo integral. En este campo, se están presentando aplicativos y tecnologías con adecuaciones para personas con discapacidades; es el caso de PICCA (Plataforma Interactiva y Cooperativa de Apoyo al Aprendizaje) que es analizada por Pegalajar & Colmenero ( 2013) como una aplicación móvil de aprendizaje; su aplicabilidad ha sido evaluada desde la tecnología de Apple (iPhone touch y iPad) considerando algunas de sus características principales: capacidad multimedia, pantalla multitáctil, acelerómetro y conectividad inalámbrica. Su diseño se enfoca en atender las limitantes cognitiva, visual y auditiva. En palabras de sus creadores (Proyecto Picaa, 2012) esta plataforma ofrece aportaciones a considerar en el proceso de creación de actividades didácticas:

- Incorpora el contenido educativo embebido en ejercicios con apariencia lúdica, de forma que los usuarios disfrutan jugando sin percibir que al mismo tiempo están aprendiendo conceptos y/o adquiriendo habilidades socio-afectivas.
- Proporciona mecanismos de adaptación a usuarios con necesidades especiales, aunque sus contenidos y presentación también podrían ser enfocados a educación infantil o primaria.

- Ofrece soporte al trabajo colaborativo, de forma que el educador o tutor pueda establecer grupos de trabajo, establecer turnos, etc.
- Se ha apostado por una plataforma totalmente móvil, integrando en el mismo dispositivo la funcionalidad necesaria para que los tutores de los alumnos puedan, de forma inmediata, configurar el sistema y adaptarlo al contexto educativo y personal.

La *iFreTablet* o también conocida como “tableta andaluza” que fue desarrollada por la empresa de base tecnológica Centro de Producción para la TV Interactiva (CPMTI) y un amplio grupo de investigadores a nivel global, entre los que se encuentran investigadores de la UNED en España y UTPL en Ecuador (S.L, 2010). Su diseño ha sido realizado pensando exclusivamente en las personas con discapacidades, lo que se soporta en su propio SO (sistema operativo) SIeSTA (Sistema Integrado de e-Servicios y Tecnologías de Apoyo); este SO se fortalece precisamente desde su interfaz que se complementa con el iFreeMando que *facilita la interacción con las personas mayores, niños, discapacitados físicos, sensoriales o cognitivos*; este mando permite una interacción amplia en cuanto a necesidades especiales, entre las que destacan: identificación por colores, movimiento del mando y movimientos de los cursores (S.L, 2010, pp. 2–4). A esa característica se suma el *Ratón Facial* que permite *controlar el puntero del ratón mediante movimientos de cabeza que son recogidos por la cámara del ordenador*. Para las personas con discapacidad visual moderada dispone de un *Magnificador de pantalla* y *Magnificador de Menús* (Castro et al., 2011; Castro Lozano et al., 2011)

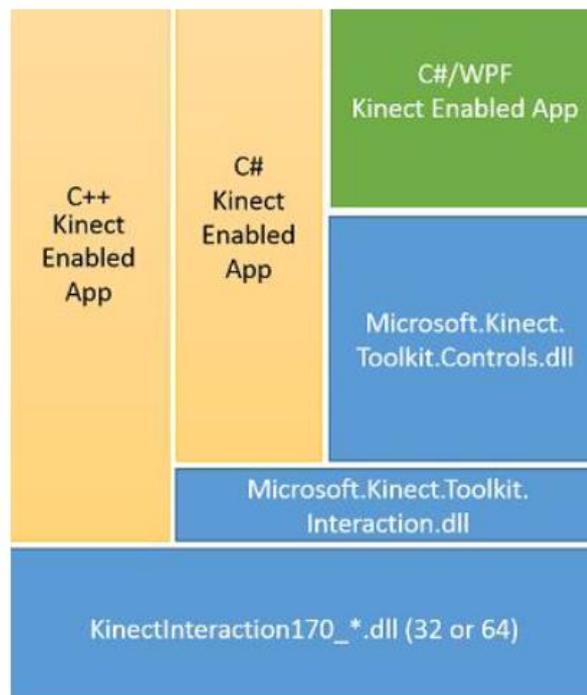
### **2.5.2. MS Kinect como dispositivo integrador**

Kinect es un dispositivo diseñado y distribuido por Microsoft con fines de ser el dispositivo de interacción base de su plataforma de juegos XBOX. Su diseño y apertura encontró tierra fértil en desarrolladores que luego de que se diera apertura a su SDK

propusieron una serie de usos, en particular debido a su bajo coste y la disponibilidad en el mercado (Miles, 2012)

### 2.5.2.1. Kit de herramientas de software

Para iniciar a trabajar con una plataforma de hardware y software, los primeros pasos se dan desde el estudio de su arquitectura. En este caso se presentan en la Figura 5 un acercamiento a la arquitectura de *Kinect Interaction* de la versión 1.8, desde la cual se desarrolló la versión de Tango:H utilizada en el estudio. A continuación se va haciendo un breve detalle de sus componentes con fines informativos.

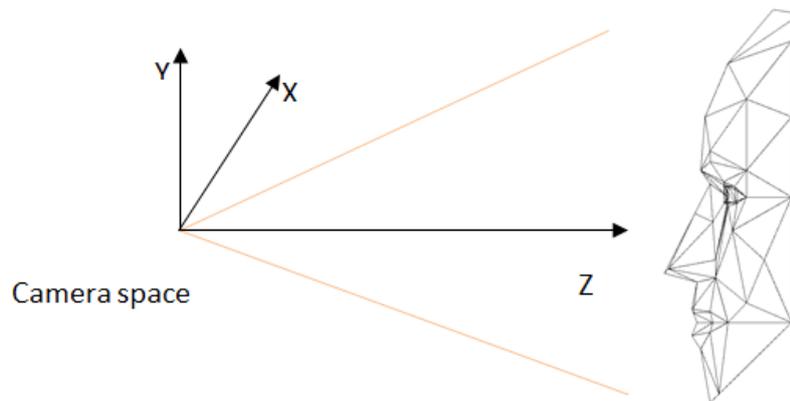


**Figura 5.** Arquitectura de *Kinect Interaction* (Villaroman, Rowe, & Swan, 2012)

- *Microsoft.Kinect.Toolkit:* Contiene el componente reusable *KinectSensorChooser* que ayuda a la aplicación a administrar el sensor Kinect durante todo su tiempo de uso. La clase *KinectSensorChooser* es una UI

(Interfaz de usuario por sus siglas en inglés), conocido como un componente agnóstico, disponible para trabajar con cualquier plataforma compatible con .NET. En este componente también se encuentra el KinectSensorChooserUI, que es un control WPF(Windows Presentation Foundation) que proporciona funcionalidad al UI.

- *Microsoft. Kinect.Toolkit. Controls:* Este componente contiene los controles WPF para las interacciones del Kinect, las que pueden ser basadas en gestos, manos libres u otra forma de interacción por movimiento. Los controles basados en gestos KinectInteraction son un conjunto de características para interacción, disponible a través del Kinect for Windows ToolKit 1.7, y que de forma general son (Miles, 2012):
  - Interacción de hasta dos usuarios y el seguimiento de sus manos como principal interacción
  - Servicios de detección de la posición y estado de las manos del usuario.
  - Información sobre la actividad dirigida por el usuario
  - Presión y detección de la liberación de la presión
- *Microsoft.Kinect.Toolkit.FaceTraking:* Este paquete permite crear aplicaciones que pueden rastrear los rostros humanos en tiempo real; no es parte del SDK original, sino que se distribuye a través de la caja de herramientas para ser utilizada como componente de los lenguajes C# o VB (Visual Basic). El Face Tracking SDK utiliza el sistema de coordenadas de Kinect para la salida de los resultados de seguimiento 3D.



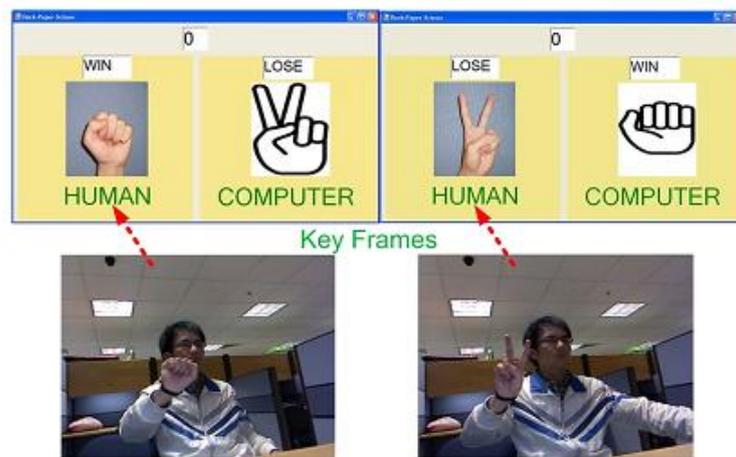
**Figura 6.** Camara Space - Face Tracking

- *Microsoft.Kinect.Toolkit.Fusion:* Permite el escaneo de objetos 3D y la creación de modelo utilizando un sensor Kinect for Windows. El usuario puede obtener una escena con la cámara Kinect, verla al mismo tiempo, e interactuar con un modelo 3D de la escena.
- *Paquetes de idioma para reconocimiento de voz (Speech).* El reconocimiento de voz es una de las funciones clave de la API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) de NUI (Interfaz Natural de Usuario por su siglas en inglés). El conjunto de micrófonos del sensor Kinect, forman un dispositivo de entrada excelente para aplicaciones de reconocimiento basados en voz. KinectSpeech proporciona una mejor calidad de sonido de un micrófono único comparable y es mucho más cómodo de usar que un auricular de cabeza. Son doce los idiomas soportados en el SDK 1.7, entre los que se incluye el inglés (para cinco distintas fonéticas) y dos versiones del español: para la fonética española y mexicana.

### 2.5.2.2. Características específicas de Interacción de Kinect

Son varias las alternativas de interacción de Kinect, nos permitiremos mencionar algunas de ellas:

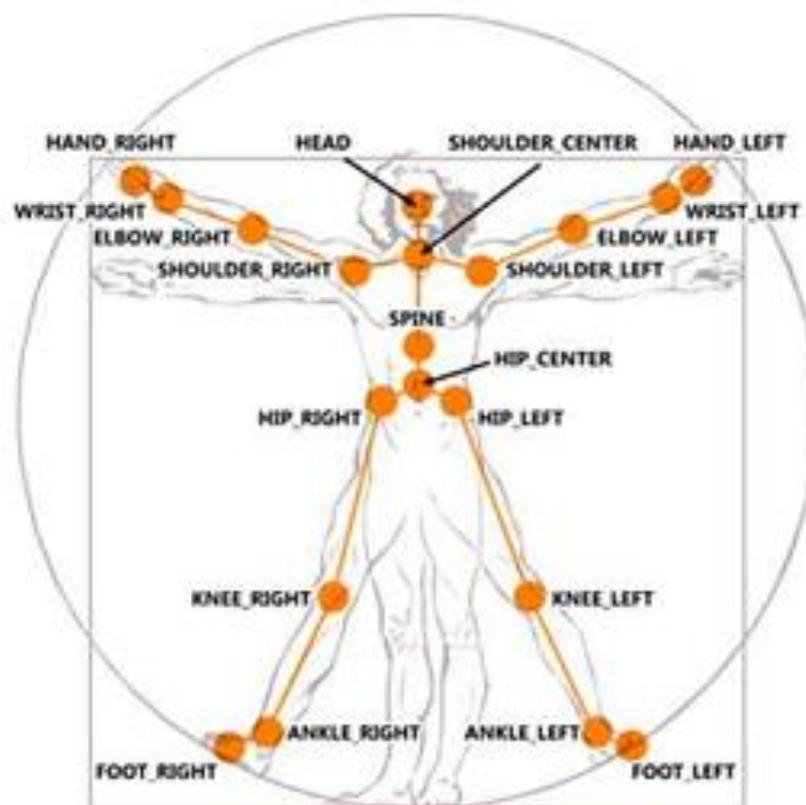
- *Reconocimiento de gestos:* se refiere a dos problemas-reto que son: la detección de la mano y el reconocimiento del gesto como se puede apreciar en el ejemplo



**Figura 7.** Reconocimiento de gestos - ejemplo de un juego (Ren, Meng, Yuan, & Zhang, 2011)

- *Reconocimiento de voz:* Kinect posee una matriz constituida de cuatro micrófonos separados que se extienden ligeramente en la parte inferior del cabezal de dispositivo, esto es beneficioso porque al comparar el instante temporal en cada micrófono captura la misma señal de audio, la matriz de micrófonos se la utilizará para determinar la dirección donde fue emitida la señal, además se utiliza la matriz para eliminar el ruido de fondo irrelevante

- *Skeleton Tracking*: Es posible hacer una búsqueda al esqueleto de una persona, se basa en algoritmos para identificar las partes del cuerpo de una persona que está en el campo de visión del sensor (Iralde Lorente & Pina Calafi, 2012), además se obtiene los puntos (Joint) que hacen referencia a las partes del cuerpo.



**Figura 8.** Puntos de interacción detectados por Kinect (Vílchez García, 2012)

## **PARTE II: METODOLOGÍA Y TRABAJO DE CAMPO**

## **Capítulo III**

### **3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

Dada la singularidad de las personas con SD, tanto en sus capacidades motoras y cognitivas, como en los cambios conductuales, la tarea metodológica para detectar particularidades y establecer estrategias de trabajo didáctico son complejas. En forma general se trabaja con estudios de casos, valorando cada una de las variables en un proceso cualitativo y cuantitativo, que no pretende hacer inferencia a una población general, sino más bien aportar de forma tácita a cambios relevantes generados con estímulos de aprendizaje por cada individuo. Así mismo decir que el estudio se refiere a cuatro ámbitos específicos de análisis: memoria de trabajo, aprendizaje, memoria a largo plazo y aptitudes cognitivas viso-motoras.

En este capítulo se expone de forma general el planteamiento metodológico a seguir durante de la investigación, que será detallado en cada caso en el capítulo 4. Se inicia con el diseño general de investigación, seguido del planteamiento de la pregunta de investigación, objetivos del estudio, las hipótesis para cada ámbito de estudio, la población y los instrumentos y herramientas utilizadas.

### **3.1. DISEÑO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN**

Para diseñar el enfoque metodológico, es necesario considerar que los datos de la población en estudio son muy sensibles, y por tanto, se ha planteado de tal forma que no se generen sesgos en los resultados, producidos por cambios significativos en el ambiente de aula y/o en las actividades cotidianas del estudiante en cada período formativo; por tanto, el trabajo debe estar lo más cercano posible a la realidad del estudiante, teniendo en cuenta el diseño de recursos didácticos personales para cada uno, según el esquema de trabajo compartido por los docentes y expertos responsables acorde a sus áreas de acción respectivas.

Se plantea trabajar una metodología cuasi-experimental, con un enfoque mixto en cuanto al tipo de información estadística resultante, producto de recolectar y analizar tanto datos cualitativos como cuantitativos. Esta combinación es válida, en tanto que se inicia con un estudio etnográfico para conocer la realidad de las instituciones educativas, el perfil de los estudiantes, las políticas institucionales, las estrategias de trabajo general, tecnologías e infraestructura existente. Posteriormente se prevé trabajar con dos grupos de estudio, uno de control y otro experimental, en tres fases de aplicación: pre test, test y post test. En los dos primeros estudios se trabaja de forma longitudinal, en un proceso de validación de los cambios observados en el grupo experimental con estimulación continua en períodos de tiempo de variación semanal. Para el tercer estudio se realiza tanto una validación longitudinal como comparativa entre los grupos de control y experimental.

De forma general se trabajará con una investigación de campo, a cumplirse en dos etapas: la primera en el Instituto Diocesano de Educación Especial Helen Keller (IDEEHK) de la ciudad de Cariamanga para realizar un estudio cualitativo mediante observación, que permita conocer a la población general en estudio, así como las metodologías y estrategias aplicadas en esta institución; en esta primera fase también se realiza un estudio cualitativo de la Asociación Trisómicos 21 Down Tenerife ATT21, y consiste en un estudio preliminar, para valorar durante este primer momento las estrategias en una institución consolidada y en donde ya se había trabajado previamente

con la plataforma Tango:H con fines de rehabilitación. La segunda será en, en una experimentación más extensa, y se podrá además medir el grado de incidencia de introducir nuevas interfaces de interacción, siendo necesaria una valoración y práctica del uso de esta herramienta con el grupo experimental previa a la aplicación de las estrategias didácticas, y se centra en tres aspectos fundamentales:

- Memoria de trabajo.
- Habilidades Lectoras y su aprendizaje.
- Aptitudes Cognitivas Viso-motoras.

En cada estudio, de manera estructural se deberán cumplir tres fases (Ver Tabla 1): Pre-test, Test y Post-test; en cada una de estas fases de acuerdo a la estrategia correspondiente, se realizará una evaluación de las características físicas, cognitivas y emocionales de la persona con SD.

Fase	Instrumento	Actores
Pre-test	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación estructurada.</li> <li>• Entrevista semi estructurada. (Evaluación competencial)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluadores / Expertos</li> <li>- Profesorado</li> <li>- Personas con SD</li> </ul>
Test	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación estructurada (en tiempo real)</li> <li>• Tabla de valoración competencial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluadores</li> <li>- Profesorado</li> <li>- Personas con SD</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma (física y cognitiva): Tango:H.</li> <li>• EMODIANA (adaptación)</li> </ul>	
Post-test	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación estructurada. (Desde grabación en vídeos)</li> <li>• Entrevista semi estructurada. (Evaluación competencial)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluadores</li> <li>- Personas con SD</li> </ul>

**Tabla 2.** Esquema metodológico general de investigación

**Fuente:** Adaptación de Esquema de Torres-Carrión et al. (2015; 2014)

En el **pre-test** la observación estructurada nos permitirá realizar una evaluación del observador experto hacia los niveles competenciales de los niños con SD, debido principalmente a la diferencia significativa que existe con el test competencial general. Se considerará dos dimensiones: cognitiva y motriz; la segunda es necesaria para garantizar que el estudiante puede interactuar a través del HCI Kinect. Se plantea una entrevista semiestructurada con los expertos para valorar los niveles de competencia en las dimensiones antes observadas. Con esto se dispondrá de un perfil del alumnado a partir del cual se desarrollarán los recursos didácticos y las estrategias que motiven los nuevos aprendizajes. Estos recursos deberán seguir la planificación curricular del estudiante presente en su plan académico institucional.

En la fase de **test** se realizará una observación estructurada en tiempo real durante la interacción, y validada luego con detalle con el análisis de la grabación de la sesión en un video. Se irán capturando los momentos de aprendizaje, las variables motivacionales durante la interacción y el logro o no de los objetivos planteados en la tabla de valoración competencial. Para la valoración emocional se hará uso de la EMODIANA (González-González, Cairós-González, & Navarro-Adelantado, 2013) antes, durante y después de la interacción; para esto se ha diseñado una adaptación de esta herramienta que se muestra en la sección de Anexos.

El **post-test** se realiza nuevamente la evaluación competencial a partir de la opinión de los expertos respecto de los cambios observados en los estudiantes, así como el porcentaje de avance en la adquisición de habilidades y competencias planteadas. Se realiza una valoración basada en observación estructurada de los videos de la interacción, lo que permite validar de cierto modo los valores observados directamente por los expertos en tiempo de interacción real.

Para el análisis y valoración de los datos se debe realizar una codificación previa de los usuarios para mantener el anonimato de los estudiantes. Los valores resultantes de tipo cualitativo se expondrán de forma narrativa, teorizando y contrastando con investigaciones relacionadas al ámbito. Los datos cuantificables se valorarán a través de estadísticos descriptivos, analizando los resultados desde las variables en estudio.

## **3.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### ***3.2.1. Preguntas de Investigación***

Esta investigación como se ha mencionado previamente busca estimular desde la potencialidad viso-espacial presente en las personas con SD, y desde esta promover mejorar en su aprendizaje teniendo en cuenta su capacidad perceptiva visual, así como los procesos de representación, simbolización y abstracción, explícitos en: memoria visomotriz, memoria de trabajo y capacidades viso-espaciales. Para la orientación de la investigación se plantea una pregunta general, ya expuesta en el primer capítulo:

***¿El desarrollo psico-cognitivo con estímulos a través estrategias didácticas lúdicas con interacción gestual en niños con Síndrome Down es mayor al logrado con recursos didácticos convencionales?***

Entendiéndose por recursos didácticos convencionales, a aquellos que el docente utiliza diariamente en el aula de clase para motivar el aprendizaje y las destrezas del niño.

### 3.2.2. *Objetivos*

#### 3.2.2.1. Objetivo General

Valoración de Estrategias Didácticas Gamificadas a través de HCI Kinect y plataforma Tango:H en estudiantes con Síndrome de Down.

#### 3.2.2.2. Objetivos Específicos

1. Validar el desarrollo de la memoria de trabajo desde el recuerdo de imágenes y textos en estudiantes con Síndrome de Down al aplicar estrategias didácticas gamificadas a través de interacción gestual.
2. Validar el grado de aprendizaje con el estímulo desde recursos didácticos digitales personalizado y presentados por interacción gestual.
3. Validar la variación de la capacidad de memoria viso-motora ante el estímulo con recursos didácticos gamificados y de interacción gestual.

### 3.2.3. *Hipótesis*

Para dar respuesta a la pregunta de investigación y a los objetivos previamente expuestos, y con la necesidad de disponer de una guía para el proceso de investigación se plantean las siguientes hipótesis, organizadas según los estudios ampliados en el capítulo 4:

- **Memoria de trabajo**

*h1<sub>0</sub>: El recuerdo de objetos de aprendizaje estimulado desde una plataforma de Interacción Gestual y recursos didácticos lúdicos no varía en alumnos con Síndrome de Down.*

- **Aprendizaje**

*h2a0: Los errores de conocimiento específico ante estímulos con objetos de aprendizaje lúdicos en ambientes de interacción gestual, no varían entre lecciones continuas en alumnos con Síndrome de Down*

*h2b0: Los tiempos de respuesta ante estímulos con objetos de aprendizaje lúdicos en ambientes de interacción gestual, no varían entre lecciones continuas en alumnos con Síndrome de Down.*

- **Aptitudes cognitivas-visomotoras**

*h3a0: La capacidad de memoria viso-motriz en alumnos con Síndrome de Down no mejora luego de la estimulación con estrategias didácticas lúdicas desde un entorno de interacción gestual por computador.*

*h3a0: La variación de capacidad de memoria viso-motriz en alumnos con Síndrome de Down luego de ser estimulada con estrategias didácticas lúdicas desde un entorno de interacción gestual por computador, no es mayor que la de un grupo con estímulo habitual en el aula de clase.*

### **3.3. POBLACIÓN**

#### **3.3.1. Población General**

En el estudio la población a investigar la conforman los estudiantes con Síndrome de Down, con una edad cognitiva entre los 5 y 12 años. Esta población se encuentra en dos instituciones previamente contactadas y de las cuales se ha recibido un visto bueno para la ejecución del estudio; el detalle acerca de estas instituciones se encuentra en la sección de Etnografía en el primer capítulo.

- Instituto Diocesano de Educación Especial Hellen Keller de la ciudad de Cariamanga-Ecuador, que acoge a población de diversas discapacidades, entre las cuales destaca la población con Síndrome de Down. Se realiza un estudio observacional cualitativo.
- Asociación de Trisómicos<sup>21</sup> Down Tenerife de Santa Cruz de Tenerife-España. En esta institución toda la población estudiantil corresponde a personas con Síndrome de Down, y recibe a niños de lactancia sin límite de edad hasta el momento. Se selecciona grupos de observación y experimentación con asesoría de los docentes de la institución y previo visto bueno de los padres y representantes legales.

Esta población constituye un grupo singular de personas, donde cada una tiene características únicas muy pronunciadas en sus aspectos: psicológicos, fisiológicos, motrices y cognitivos. Así mismo es considerada una población sensible en cuanto al manejo de la información obtenida durante todo el proceso de investigación, por tanto se deberá mantener la respectiva confidencialidad y resguardo de los datos que se generen, y a los que se tenga acceso con fines de conocimiento de las características, limitantes y fortalezas de cada individuo. Debido a esta singularidad y para evitar el sesgo posible que se presentaría por las características propias de cada estudiante, se trabajará con un objetivo concreto de aprendizaje en lugar de contenidos explícitos de currículum.

### **3.3.2. Muestra**

La muestra poblacional por razones metodológicas y para evitar sesgos se deberá seguir los siguientes lineamientos:

- Se trabajará con dos grupos: experimental y de control.
- Los dos grupos deberán ser equitativos en cuanto a edad cognitiva y tópicos curriculares.

- El número de personas por grupo estará en el rango de tres a cinco, ya que se tienen que diseñar planes de clase individuales para cada estudiante e intervención.
- Los dos grupos tendrán igual número de participantes.

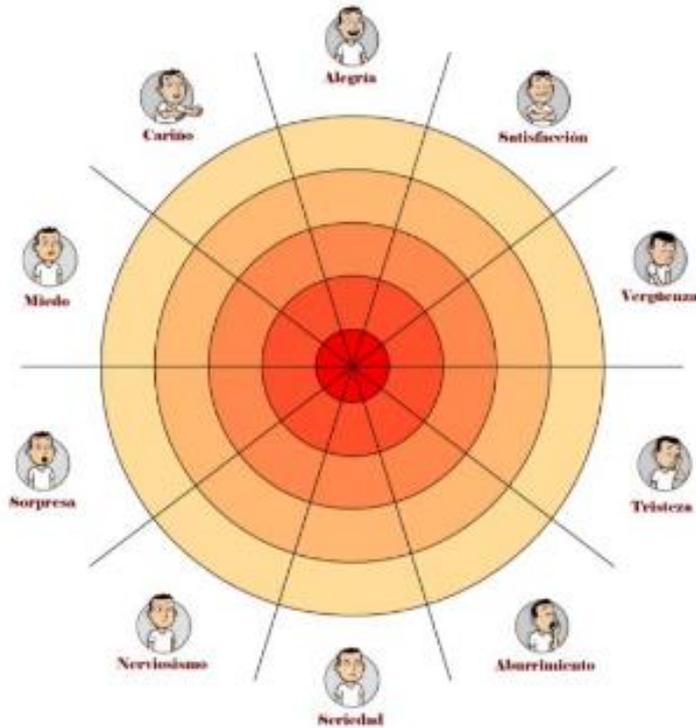
En cada uno de los estudios se detalla las singularidades de cada población. Cabe indicar que para los dos primeros estudios la población es la misma, cambiando solamente las variables de estudio y la metodología de toma de datos y de análisis estadístico.

### **3.4. INSTRUMENTOS**

#### **3.4.1. *EMODIANA***

Es un instrumento para la evaluación subjetiva de emociones en niños y niñas, que ha sido validado para medir 10 emociones básicas en una población entre 7 y 12 años de educación formal. Dispone de un recurso gráfico con caras en caricatura que representan las emociones, y desde el cual se identifica un estado emocional con su respectiva intensidad. Este recurso ha sido adaptado en forma general a las habilidades de los niños con SD (González-González, Cairós-González, et al., 2013; Torres-Carrion, González-González, & Mora Carreño, 2014) y para medir la variación constante del nivel emocional de cada uno de los participantes en la investigación. Este instrumento lo hemos considerado como complementario para los estudios expuestos en este informe, sin embargo, los datos y aportes obtenidos tienen suficiente sustento para realizar una validación empírica de computación afectiva en complemento con algoritmos de IA que son emergentes actualmente. El formato ampliado de este instrumento se encuentra ampliado en la sección de anexos al final del documento.

# EMODIANA

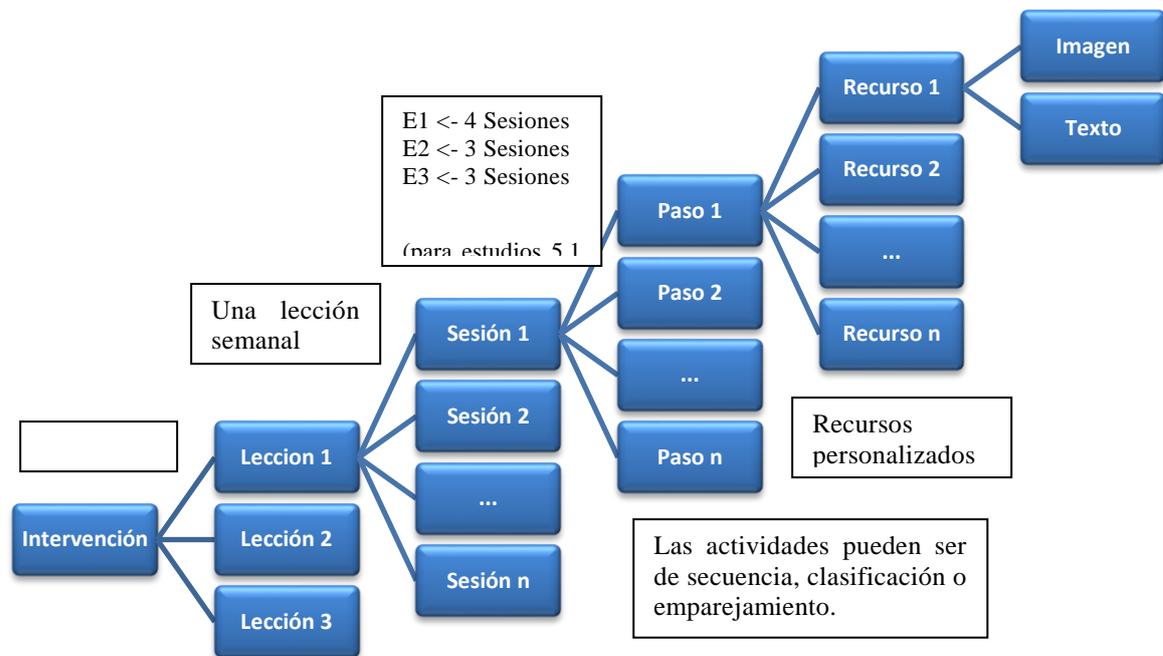


**Figura 9.** Instrumento de Evaluación Emocional para niños EMODIANA

### 3.4.2. Recursos Didácticos Personalizados

Se programa lecciones didácticas (Ferreiro, 2012) de trabajo, con 3 o 4 sesiones cada una, y entre 5 y 15 actividades de relación (secuencia, clasificación y/o emparejamiento), dependiendo de las habilidades, destrezas y estilo de aprendizaje de cada individuo (ver Figura 6). Para los dos primeros estudios se han diseñado tres lecciones y para el final cuatro. Todas las actividades son diseñadas de forma personalizada para cada alumno en *TangoH Designer* (ITER, 2013b), teniendo como referencia los cuadernos de trabajo individuales diseñados de forma personalizada por los docentes, así como de los objetivos de aprendizaje y competencias previstas para esta lección dentro de la planificación del ciclo académico 2014-2015 para los dos primeros

estudios, y 2015-2016 para el estudio final. Se procede de una forma no intrusiva, evitando cambios en la cotidianidad de las actividades de los niños, siendo por tanto un estudio no invasivo para las actividades académicas y de formación general que realizan dentro de la Asociación.



**Figura 10.** Estructura de los recursos para Tango:H y acorde a intervención.

*Fuente:* Organización de recursos basado en método ELI (Ferreiro, 2012) y plataforma TangoH Designer (ITER, 2013b)

### 3.4.3. La plataforma de Interacción gestual TANGO:H

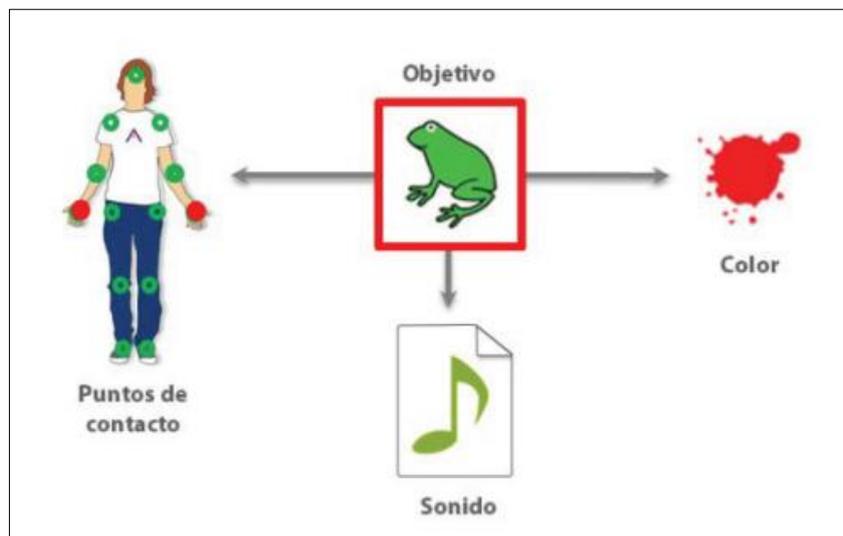
Tango:H es la plataforma base con la cual se cuenta en esta investigación para la valoración de la interacción gestual con recursos didácticos personalizados. Es una plataforma destinada a la rehabilitación física y al entrenamiento cognitivo a través de ejercicios que requieren un movimiento por parte del usuario (ITER, 2013b). En el manual de usuario desarrollado por ITER (ITER, 2013a) proponen el siguiente planteamiento para su funcionamiento:

1. Los ejercicios representados por TANGO:H están compuestos por un conjunto de objetivos.
2. Estos irán apareciendo secuencialmente por pantalla de forma agrupada.
3. El usuario deberá alcanzar estos objetivos siguiendo unas determinadas pautas.
4. Estas pautas dependerán del tipo de ejercicio que pueden ser agrupados de la forma:
  - Ejercicios físicos. Orientados a fomentar la movilidad del usuario favoreciendo actividades de rehabilitación.
  - Ejercicios cognitivos. Promover la estimulación cognitiva del usuario:
    - Emparejamiento. Alcanzar objetivos relacionados por pareja.
    - Ordenación. Alcanzar objetivos por un orden determinado.
    - Clasificación. Alcanzar los objetivos dada una clasificación determinada.
  - Ejercicios libres. No tienen una funcionalidad específica. El responsable de generar el ejercicio dispone de total libertad para crearlo

La plataforma Tango:H ha sido facilitado a la UTPPL mediante convenio interinstitucional con fines de investigación y trabajo colaborativo; esta herramienta permite interactuar a través del dispositivo HCI Kinect, mostrando puntos de contacto en pantalla que relacionan a las extremidades superior e inferior. Esta plataforma dispone de dos entornos de trabajo (Torres-Carrion, González-González, et al., 2014):

- *Tango:H Designer*.- Es un aplicativo diseñador, desde el cual el docente puede desarrollar sus recursos didácticos. Dispone de varias formas de configuración

del objetivo (ver Imagen 1): todos a la vez, solo uno o distractor. En la fase (conjunto de objetivos) se puede trabajar de manera síncrona (dos o más objetos a la vez) o asíncrona (cada objetivo de manera individual). También es posible configurar la secuencia de objetos y fases de acuerdo a los requerimientos del usuario. Es importante indicar que según la lógica, esta herramienta permite el trabajo con ejercicios: físicos, cognitivos (emparejamiento, ordenación, clasificación) y libres.



**Figura 11.** Objetivo y Propiedades – Tango:H Designer

**Fuente:** *Tango:H Designer. Manual de Usuario* (ITER, 2013b, p. 4)

- *Tango:H Cliente.*- Entorno para la interacción. Permite la reproducción y evaluación de una serie de ejercicios o juegos que han sido generados previamente con el editor Tango:H Designer (Tangible Goals: Health Designer). Haciendo una síntesis, esta aplicación permite (ITER, 2013a, p. 2):
  - Selección y creación de usuarios y grupos.
  - Selección e importación de ejercicios.
  - Jugar en forma individual y multijugador.
  - Almacenar y recuperar información sobre los ejercicios realizados.

Tango:H ha sido validada como una plataforma de interacción gamificada por González-González, Toledo-Delgado, et al. (2013), donde explican varios de sus componentes y las estrategias para la aplicación como una herramienta gamificada:

- *Puntos*: recompensar o castigar a través de los puntos. En Tango:H el usuario puede obtener puntos por cada ejercicio realizado en función de la cantidad de objetivos alcanzados y el tiempo que se gasta para alcanzarlos.
- *Comparaciones y clasificaciones* (tablas de clasificación): explora el componente social, se compara el esfuerzo con otros usuarios y/u otros tipos de clasificaciones.
- *Niveles*: los niveles están relacionados con la experiencia del usuario. Con el fin de realizar ejercicios de rehabilitación adaptables a los diferentes usuarios, podemos definir en Tango:H diferentes niveles de dificultad en el juego en función de las características, habilidades y la evolución de cada usuario. Tango:H tiene varios parámetros de configuración para personalizar y adaptar los ejercicios a diferentes usuarios, tales como: tiempo, rango de acción y redimensión de destino
- *Logros*: pueden ser virtuales o físicos; se asignan estrellas y puntajes luego de cada sesión.
- *Significado épico*: Los jugadores estarán altamente motivados si creen que están trabajando para lograr algo. Este significado va de la mano de las estrategias que el docente planifique para la sesión de interacción.
- *Personalización de Avatar*: Tiene diferentes avatares con los que el usuario puede ser identificado. El objetivo de la personalización de avatar es aumentar el sentido de inmersión y el sentimiento de afecto por el carácter con el que el usuario identifica.

### 3.5. PROCEDIMIENTO

En el diseño se ha sido muy cauteloso para evitar que factores externos y ambientales, o nuevas variables producto de la intervención, puedan afectar los objetivos de la investigación, o alterar de alguna forma los resultados. En este proceso, los profesores y expertos de las instituciones educativas serán una pieza fundamental, cumpliendo las siguientes labores específicas:

- Determinar el objetivo de aprendizaje que se sea más adecuado para toda la población muestral, tanto el grupo de control como experimental. Este objetivo deberá de ser adaptable de alguna forma a las características de la plataforma Tango:H.
- Ayudar en la determinación del perfil del sujeto de investigación, previa exposición por parte del investigador de la metodología y momentos de investigación.
- Seleccionar una muestra poblacional equitativa para los grupos de control y experimental, intentando en lo posible que los conocimientos previos, y las habilidades individuales de los miembros de un grupo tengan una semejanza considerable en el otro, de esta forma se podrá realizar una evaluación entre pares y de forma grupal.
- Cumplir el rol docente durante los momentos de aplicación de las estrategias didácticas en los grupos de control y experimental; en el segundo grupo se recibirá una ayuda directa con el uso del Kinect y la plataforma Tango:H.
- Ayudar con la aplicación de la EMODIANA antes, durante y después de cada clase.

En la parte didáctica, se trabajará el método de aprendizaje ELI, propuesto por el profesor Ramón Ferreiro (Ferreiro, 2012), que ha sido evaluado con mucho éxito en ámbitos académicos formales de todos los niveles; este método es independiente del nivel cognitivo del alumno, y da apertura al maestro para que haciendo uso de diversas estrategias didácticas procure un mejor aprendizaje. Dispone de siete momentos a cumplir en una clase: Activación, Orientación, Procesamiento de la Información, Recapitulación, Evaluación de los aprendizajes, Interdependencia social positiva y Metacognición. Este método aplica el constructivismo en sus bases pedagógicas, y da apertura a las nuevas tendencias de Conectivismo, gamificación e inclusión.

### **3.6. MODELO ESTADÍSTICO DE ANÁLISIS**

Como se ha expuesto durante todo el documento, el trabajo se sostiene en tres estudios, cada uno con un método general de trabajo, pero con singularidades para su validación estadística. Es así que cada uno en el capítulo siguiente detalla el modelo de análisis que mejor se adapta a los datos recopilados para tal fin.

## **Capítulo IV**

### **4. EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE CON INTERACCIÓN GESTUAL**

Este capítulo corresponde al núcleo del trabajo de investigación, y contiene en detalle tres estudios que sostienen las hipótesis planteadas y permiten dar respuesta a la pregunta de investigación.

1. Estimulación a la memoria de trabajos desde objetos de aprendizaje personalizados.
2. Habilidades lectoras y su aprendizaje desde un entornos de interacción gestual
3. Aptitudes cognitivas viso-motoras

Cada estudio contiene la estructura propia de un artículo científico, y se encuentran en fase de revisión para su publicación en revistas científicas del área. La metodología para cada estudio se ha adaptado a la situación y necesidades de cada hipótesis. Se profundiza en la revisión de literatura explícita al ámbito y necesidades propias del estudio, presentando un estado del arte que permite en posterior realizar una discusión para entablar los resultados del estudio en el contexto científico correspondiente. Así mismo se ubica las conclusiones y posibles trabajos futuros específicos del problema en cuestión.

## 4.1. ESTIMULACIÓN A LA MEMORIA DE TRABAJO DESDE OBJETOS DE APRENDIZAJE PERSONALIZADOS

### 4.1.1. Resumen

La Psicología del aprendizaje y las neurociencias realizan un esfuerzo permanente en el estudio de la memoria para facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje, siendo la *memoria de trabajo* (WM del inglés *Working Memory*) el sistema consciente a corto plazo donde se origina el aprendizaje. Las personas con deficiencia cognitiva como es el caso de Síndrome de Down, presentan limitantes en *phonological* y *visuo-spatial WM*, con menor grado en el segundo. Se propone trabajar con recursos didácticos digitales-lúdicos en un entorno de interacción gestual humano-computador, para estimular desde la relación de objetos didácticos los nuevos aprendizajes. Se mide el factor de memoria en recursos de imagen y texto, en una misma lección de clase y entre lecciones ( $\Delta t=1$  sem.), desde una metodología cuasi-experimental, con una población de tres estudiantes ( $8 < edad\ cognitiva < 12$ ), seleccionados por los tutores en búsqueda de una muestra equilibrada. Se diseña un plan de lección con 3 o 4 sesiones continuas con una duración entre 6 a 12 min cada una, personalizadas para cada estudiante, y adaptables a la plataforma de interacción gestual computarizada Tango:H; este plan de lección se repite durante 3 semanas sin cambios en los recursos o estrategias didácticas. Los resultados demuestran una variación significativa en el recuerdo entre lecciones con un grado de confianza del 99,95%, alcanzando en el 33% de los casos un recuerdo del 100%; es indiferente para el individuo si el recurso didáctico es imagen o texto en cuanto al factor de recuerdo, al no existir una diferencia significativa entre tipos de recursos y resultados de aprendizaje.

Palabras clave: *Destrezas cognitivas – adquisición de habilidades (similaridad formal – patrón de relaciones entre los diferentes elementos del problema)*

## 4.1.2. *Introducción*

### 4.1.2.1. Memoria y Aprendizaje

*Conocemos como aprendizaje a las experiencias que produce cambios en nuestro Sistema Nervioso, los cuales pueden ser duraderos y se manifiestan en nuestro comportamiento, dando a nuestra vida un sentido de continuidad(Morgado, 2005); este proceso sucede de forma dinámica en la memoria hasta alcanzar un nivel de madurez, denominado por Lipman como de *Pensamiento de Orden Superior*, donde se llega a asimilar conceptos filosóficos, éticos y morales, propios del ser humano(Lipman, 1998)(Lipman, 2003); Lev Vygotsky lo explica desde la *Zona de Desarrollo Próximo ZDP*, con el desarrollo del pensamiento y su formación en una tendencia afectiva-volitiva alcanzando etapas iterativas de madurez que hacen las veces de punto de partida de nuevos aprendizajes(Ferreiro, 2012; Vygotsky, 1995); el mejor escenario para este desarrollo se explica en el *fluir* de Csikszentmihalyi, equilibrio entre la dificultad del reto y las habilidades adquiridas(Csikszentmihalyi, 2006), en un ambiente con *condiciones de felicidad*(Bruner, 1990). Diversas teorías confluyen para dar sostenibilidad a este estudio, propiciando un escenario adecuado y sostenible para consolidar estudios y propuestas previas de aprendizaje y memoria en población con SD.*

El aprendizaje y la memoria son *dos momentos a través de los cuales los organismos manejan y elaboran información proporcionada por los sentidos*; el aprendizaje provoca un cambio en las capacidades conductuales, implicando adquisición de información, por tanto un cambio en la memoria; sin embargo, **la memoria no es un repositorio, sino un proceso dinámico**, donde la información almacenada es sometida a procesos de reorganización continua, acorde a los estímulos externos(Aguado-Aguilar, 2001). Se distinguen tres principales tipos de memoria, no excluyentes: implícita, explícita y de trabajo(Morgado, 2005). La memoria **implícita** se caracteriza por ser automática, inconsciente y difícil de verbalizar, se fortalece con la habituación, sensibilización, aprendizaje perceptivo y motor; varios estudios la relacionan con la

memoria del miedo y las emociones, visible a través de la amígdala basolateral. La memoria **explícita** se denomina también de los hechos y eventos, referenciada como semántica y episódica, y se puede adquirir en uno o pocos ensayos; biológicamente se relaciona con el hipocampo y otras estructuras de lóbulo temporal (Maguire et al., 1998); desde el punto de vista didáctico se adquiere al analizar, comparar y contrastar. La **memoria de trabajo** (WM) refiere al sistema consciente a corto plazo que el cerebro utiliza en primera instancia para formar memorias consolidadas o a largo plazo; se constituye por un sistema general de control cognitivo y de procesamiento ejecutivo que guían el comportamiento a través de procesos mentales: atención, percepción, motivación, emociones y memoria (Morgado, 2005), que son también propios de la gamificación como metodología didáctica de enseñanza y aprendizaje (Cortizo Pérez et al., 2011; Padilla-Zea, González Sánchez, Gutiérrez Vela, Abad-Arranz, & López-Arcos, 2012). La propuesta de estrategias gamificadas desde un entorno de interacción por computador es un acercamiento consciente en esta línea de investigación.

Psicólogos, neuro-científicos y antropólogos consideran a la memoria de trabajo como esencial, sin la cual la persona no podría expresar arte u otro comportamiento simbólico, hablar en un lenguaje gramatical, hacer planes o elaborar herramientas complejas (Balter, 2010), que nos permiten manipular el pasado y el presente en nuestra mente consciente (Andrade, 2001). Baddeley and Hitch en el año 1974 presenta un primer modelo de WM compuesta por un sistema de control denominado *central executive* y ayudada por dos sistemas de almacenamiento short-term para material visual y acústico: *visuo-spatial sketchpad* y *phonological loop* (Alan Baddeley, 1992); en el año 2010 agrega al modelo un sistema de almacenamiento para construir episodios en múltiples dimensiones long-term, al que denomina *Episodic buffer* (Alan Baddeley, 2010); el esquema de Baddeley (2010) supone el framework experimental de este estudio. Este modelo y sus dimensiones nos han permitido dirigir de manera esquemática los esfuerzos de este estudio a WM.

En el campo pedagógico-teórico, se estudia como la información se mantiene en STM y por qué es de capacidad limitada (Vergauwe & Cowan, 2014); corroborando la necesidad del proceso de refrescar y olvidar para la SMT (Williams, Hong, Kang, Carlisle, & Woodman, 2012). La valoración de la memoria se sostiene en los estímulos breves denominados *reconsolidación de la memoria*, que permite la reactivación de recuerdos y su modificación en base a estímulos (Morgado, 2005). Las memorias nuevas, así como las reactivadas requieren de una inducción del factor CREB<sup>1</sup> para su estabilización, teniendo su fuerza en relación proporcional a la antigüedad del recuerdo, por tanto, las más recientes presentan menos resistencia a la reconsolidación (Suzuki et al., 2004). Para objetivos explícitos de aprendizaje, se mantiene una aplicación inicial deliberada desde un patrón relacional entre los diferentes elementos del problema, hasta una transición desde este conocimiento declarativo al implícito generalizable, identificado en la memoria episódica a largo plazo (Aguado-Aguilar, 2001). Con un modelo validado se ha propuesto de forma técnica estímulos didácticos para medir las variaciones que se dan en la memoria de niños con SD.

#### 4.1.2.2. Memoria de Trabajo y Síndrome de Down

La WM es personal en cuanto a su funcionalidad, así, el grado de abstracción y complejidad varía entre niños y adultos (Bayliss, Jarrold, Gunn, & Baddeley, 2003), y en personas con patologías cognitivas debido al déficit en atención y velocidad de procesamiento, siendo posible su mejora desde programas de entrenamiento personalizados (Olson & Sands, 2016). Costa, Purser y Passolunghi (Costa, Purser, & Passolunghi, 2015) afirman que es posible además entrenar STM y habilidades de WM en niños con SD, basados en el estudio de casos de dos niños-adolescentes (15 años 11 meses – 17 años 3 meses) y el uso de recursos visuales y gestuales, siendo la variación

---

<sup>1</sup> CREP, del inglés: cyclic AMP-response element-binding protein

del *color* la medición más frecuente en investigaciones de visual WM (Balcázar-Rengifo, Collazos, Cerón, & Gil-Iranzo, 2014). El reconocimiento de rostros desde imágenes es un estímulo que mejora STM/WM en personas con SD (Esteban, Plaza, Lopez-Crespo, Vivas, & Estevez, 2014); sin embargo, al aumentar la demanda de memoria para tareas de reconocimiento, o al combinar demanda visual y espacial, el rendimiento de niños con SD se ve afectado en comparativa a grupo de control sin SD (Visu-Petra, Benga, Tincas, & Miclea, 2007). En nuestro caso la variación del recuerdo se estima desde la estimulación con imágenes en un ambiente gestual, personalizando los recursos a los alcances cognitivos y motrices de casa usuario, evitando la saturación de recursos en un tiempo reducido de interacción, con pausas y motivación continua.

En lo referente a lenguaje, los grandes déficits se relacionan directamente con STM verbal en la población con SD (Næss, Lyster, Hulme, & Melby-Lervåg, 2011), asociado a un potencial déficit de funcionalidad del “*phonological loop*” - *multi-component WM model* de Baddeley (A. D. Baddeley & Hitch, 1974; Alan Baddeley, 1992, 2003); el análisis efectuado sobre estudios referentes a WM y SD por Baddeley (2007) sugieren que la verbal y visual STM pueden estar funcionalmente desasociadas, una observación a considerar en el modelo WM para esta población específica. Se relaciona las sólidas habilidades fonológicas, STM y fluidez del habla a la precisión excepcional de lectura de estudio de caso de niña con SD (Groen, Laws, Nation, & Bishop, 2006). El factor fonológico, es un parámetro implícito a considerar en todo proceso educativo, ya que puede limitar o potenciar la comunicación necesaria durante las actividades de aprendizaje.

#### 4.1.2.3. Estimulación gestual al aprendizaje en población con Síndrome de Down

El proceso de aprendizaje se estimula también a través del movimiento corporal, siendo importante añadir a la estructura de WM básica la capacidad de memoria para recordar y reproducir movimientos corporales basadas en *Body-Centric Information* BCI (Wu & Coulson, 2014). H. Gardner ya hace mención a la memoria kinestésica dentro de

su teoría de las inteligencias múltiples, muy fortalecida en deportistas, gimnastas y artistas plásticos (Gardner, 2001). El movimiento de las articulaciones impacta en la actividad cerebral y en el aprendizaje de forma general: desde validación experimental con EEG, relacionando palabras y movimiento vertical del brazo (Bardolph & Coulson, 2014); a través de patrones codificados en movimientos de las manos (Rousseau et al., 2016), o por expresión verbal complementada mediante gestos (Coulson, 2015). La interacción gestual por computador para potenciar el aprendizaje, es uno de los campos de investigación emergentes, en especial por la acelerada presencia en el mercado de dispositivos y sensores de permiten medir diversas variables motrices en ambientes reales y virtuales.

Los recursos didácticos digitales desde interfaces tangibles, gestuales y realidad aumentada ayudan a mantener la atención en niños con SD en el aula (Muro Haro et al., 2012). Investigaciones emergentes demuestran que niños y adultos con SD pueden hacer un uso eficiente de aplicaciones informáticas, a través de interfaces de interacción gestuales (Kumin et al., 2012); La estimulación de la memoria desde experiencias de aprendizaje lúdico, con recursos didácticos personalizados y un entorno local de interacción gestual por computador, son propuestas en este estudio para mejorar la estrategias de aprendizaje en la población con SD.

#### *4.1.2.4. Propuesta de intervención*

La mayoría de las aplicaciones, sitios web, juegos han sido diseñados sin considerar las necesidades especiales de personas con SD u otra patología cognitiva, reduciendo su eficiencia en uso didáctico con esta población (Feng, Lazar, Kumin, & Ozok, 2010). En nuestro grupo de investigación en conjunto con ITER-Canarias se ha desarrollado la plataforma Tango:H (ITER, 2013b) para interactuar de forma gestual y gamificada, con recursos que permiten la clasificación, ordenación y emparejamiento de objetos de aprendizaje (González-González, Toledo-Delgado, et al., 2013) que se han adaptado de manera eficiente a estudiantes con SD (Torres-Carrion & Gonzalez-

Gonzalez, 2015; Torres-Carrion, González-González, et al., 2014), y con la cual se realiza esta investigación. Baddeley (2007) expone como reto para investigaciones posteriores profundizar en la naturaleza de WM asociada a Síndrome Down, y las consecuencias que tiene en el aprendizaje individual.

Se propone por tanto desde Recursos Didácticos Digitales en un entorno gamificado estimular la memoria de trabajo en estudiantes con Síndrome de Down, aprovechando todos los medios de entrada para aprendizaje significativo disponibles gracias a las técnicas gamificadas desde el entorno de interacción gestual humano-computador TangoH. Se mide el factor de memoria en recursos de imagen y texto, en una misma lección de clase y entre lecciones ( $\Delta t=1 \text{ sem.}$ ), desde una metodología cuasi-experimental. Se valida la adquisición de aprendizajes desde un nivel de análisis cuantitativo, a partir de la medición de destrezas cognitivas y adquisición de habilidades, mediante la relación simbólica entre formas e imágenes estimulando la memoria de trabajo desde su estructura viso-espacial. Para ello se considera la relación semántica entre letras, sílabas, y palabras para formar estructuras dialécticas correctas para el lenguaje castellano.

#### **4.1.3. Metodología**

Este estudio constituye el primero de una serie, como parte de la investigación para titulación de doctorado. Se trabaja desde la metodología expuesta previamente, propuesta en el 2014 (Torres-Carrion, González-González, et al., 2014) y ampliada en 2015 (Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2015). Se propone un estudio longitudinal en tres lecciones continuas sobre recursos similares. La investigación se encauza a partir de la siguiente hipótesis:

*h1A0: El recuerdo de objetos de aprendizaje estimulado desde una plataforma de Interacción Gestual y recursos didácticos lúdicos se incrementa progresivamente en alumnos con Síndrome de Down.*

Se valida la hipótesis desde la variación del recuerdo de los objetos de aprendizaje (imágenes y texto) en la misma lección y lecciones contiguas, teniendo en cuenta la fundamentación teórica de *short-term WM*, *long-term WM* y memoria episódica a largo plazo del modelo de Baddeley (A. D. Baddeley & Hitch, 1974; A Baddeley & Jarrold, 2007; Alan Baddeley, 2010).

#### 4.1.3.1. Variables

**Recuerdo por Lección (RpL).**- Nos permitirá validar el grado de recuerdo de un objeto a *corto plazo*, ya luego de haber observado el recurso al menos una vez en la clase, cuantas veces lo vuelve a recordar. En esta sección referimos al *episodic buffer* como sustento teórico.

$$RpOL = \frac{nROL}{nAOL}$$

*RpOL* = índice de Recuerdo por Objeto en una Lección única

*nROL* = Numero de Recuerdos del Objeto en la Lección

*nAOL* = Número de Apariciones del Objeto en la Lección

$$RpL = \frac{\sum_{O=1}^n RpOL}{n}$$

*O* = Objeto

*n* = Número de objetos que forman parte de la Lección

**Índice de Recuerdo Global.**- Realiza una valoración global de la capacidad de recuerdo del alumno tomando en cuenta los valores totales de la interacción en todas las lecciones. Se procede con el método estadístico y desde un análisis gráfico directo.

#### 4.1.3.2. Selección de la muestra

La investigación se realiza en las aulas de Asociación “Down Tenerife” ATT21 de la comunidad autónoma de Canarias, España. Se obtuvo el permiso correspondiente de las autoridades y representantes legales de los niños y niñas, previo inicio de todo proceso de investigación. Para la selección de la muestra se mantuvo una entrevista grupal con las profesoras y directivo del centro; se estableció que la lectura sería la mejor área de enseñanza a aplicar en este primer momento, dadas las características de Tango:H y la experiencia de las profesionales del centro educativo. Se establece solamente un grupo experimental (gE) al tratarse de un estudio longitudinal; está conformado por dos niños y una niña (ver Tabla1), que ya hayan tenido acercamiento con la plataforma Tango:H con fines de fisioterapia, para lo cual se la utiliza en el centro educativo. La muestra es representativa en cuanto a su cantidad debido a que se trata de una población exclusiva, y se considera como válida dadas las singularidades propias de cada individuo.

ID niño/a	Edad Natural (años)	Curso Académico	Edad Cognitiva (años)
Grupo Experimental			
E1	18	2do ESO	12 a 14
E2	29	2do Primaria	6 a 8
E3	28	6to primaria	10 a 12

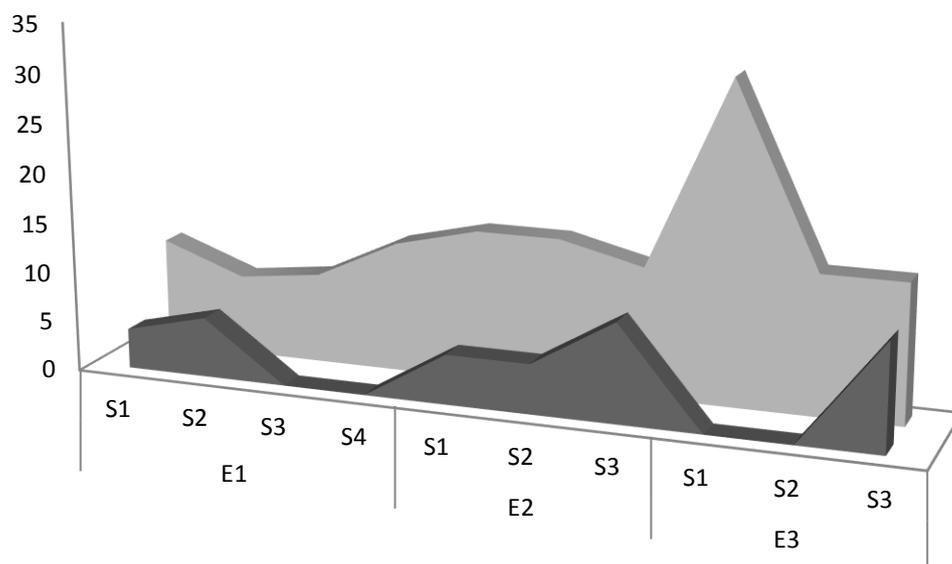
**Tabla 3.** Muestra poblacional - estudio 1

#### 4.1.3.3. Toma de Datos

Se programa tres lecciones didácticas (Ferreiro, 2012) de trabajo, con 3 o 4 sesiones cada una, y entre 5 y 15 actividades de relación (secuencia, clasificación y/o emparejamiento), dependiendo de las habilidades, destrezas y estilo de aprendizaje de cada individuo (ver Grafico1). Todas las actividades son diseñadas de forma personalizada para cada alumno en *TangoH Designer* (ITER, 2013b), teniendo como

referencia los cuadernos de trabajo individuales diseñados de forma personalizada por los docentes, así como de los objetivos de aprendizaje y competencias previstas para esta lección dentro de la planificación del ciclo académico 2014-2015. Se procede de una forma no intrusiva, evitando cambios en la cotidianidad de las actividades de los niños, siendo por tanto un estudio no invasivo para las actividades académicas y de formación general que realizan dentro de la Asociación.

El rol mediador lo lleva el profesor titular con apoyo del investigador. Estos recursos se aplican de forma repetitiva -los mismos recursos por alumno en todas las lecciones-, en tres semanas continuas, acorde a la disponibilidad de tiempo y los avances propios de cada alumno. Se realiza una observación estructurada por parte del investigador y el docente de clase, para disponer de una fuente de comparación subjetiva del aprendizaje basado en la experiencia del docente. Se realiza además la grabación de toda la intervención en video con dos cámaras digitales -anterior y posterior al individuo- para una validación exacta de los tiempos de interacción.



	E1				E2			E3		
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S1	S2	S3
■ imágenes	4	6	0	0	5	5	10	0	0	11
■ texto	11	8	9	13	15	15	13	32	14	14

**Figura 12.** Distribución de recursos didácticos entre sesiones – Estudio 1

*Fuente:* Recursos didácticos usados en estudio

#### 4.1.4. Resultados

El recuerdo de variables por lección para facilitar el análisis se lo ha organizado en texto e imágenes dentro de cada lección. Los recursos se repiten entre 1,38 y 4.43 veces por lección (Tabla2); factor a considerar, al obtener una disociación entre el % de repetición y el %Recuerdo por Objeto en una lección única (RpOL); en dos casos se ha conseguido un recuerdo total (max = 1,000, donde nROL = nAOL), y se presenta en recuerdo de texto con E1 y dw imágenes con E3; solamente en E2 no hemos tenido un factor de recuerdo ideal luego de tres sesiones de trabajo con los mismos recursos,

empero, supera el 82% en la tercera semana (ver Tabla ). Es importante indicar que se eliminaron para el análisis todos los recursos en los cuales se mostraba un recuerdo ideal en la primera lección, estimando que no era un recurso que resultaba nuevo para el alumno.

RDD	N° RDD	N° veces aparece	% repetición x lección	Nro. veces recuerda x lección			RpOL			
				L1	L2	L3	L1	L2	L3	
E1	texto	35	118	3,3714	77	98	118	0,6525	0,8305	<b>1,0000</b>
	Imagen	10	31	3,1000	19	27	30	0,6129	0,8710	0,9677
E2	texto	42	186	<b>4,4286</b>	66	122	154	0,3548	0,6559	0,8280
	Imagen	14	34	2,4286	10	23	27	0,2941	0,6765	0,7941
E3	texto	21	29	<b>1,3810</b>	1	9	28	0,0345	0,3103	0,9655
	Imagen	6	16	2,6667	7	11	16	0,4375	0,6875	<b>1,0000</b>

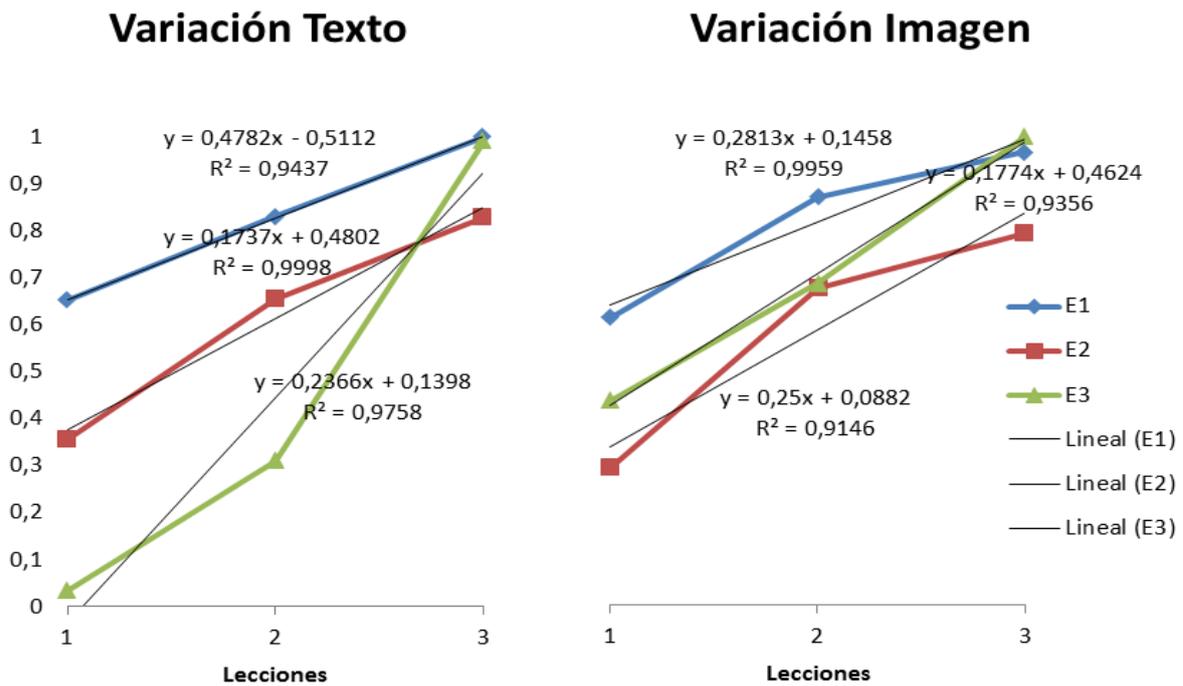
**Tabla 4.** Resumen del Recuerdo por Objeto en las lecciones de la intervención

Para corroborar lo anterior, se ha aplicado el estadístico t-student, con un grado de confianza de 99,995 (ver Tabla). Se presenta primero un análisis general de todos los recursos didácticos utilizados en la intervención de los 3 estudiantes, sumando 128 (txt = 98 e img=30). Se analiza la diferencia entre la semana 1 y semana 2  $\Delta(L2,L1)$ , semana 2 y 3  $\Delta(L3,L2)$  y finalmente en toda la intervención  $\Delta(L2,L1)$ , obteniendo una diferencia significativa en todos los casos, lo que nos permite concluir que el alumno ha logrado recordar cada vez más objetos de aprendizaje, en texto e imágenes.

		Media	Desviación Típica	Error Tópico Media	t (apareado)	t (0,005; +100)
General (177 RDD)	$\Delta(L2,L1)$	0,2981	0,3455	0,0305	<b>9,7615</b>	<b>2,5758</b>
	$\Delta(L3,L2)$	0,3375	0,4164	0,0368	<b>9,1700</b>	<b>2,5758</b>
	$\Delta(L3,L1)$	0,6356	0,3688	0,0326	<b>19,4986</b>	<b>2,5758</b>
Texto (136 RDD)	$\Delta(L2,L1)$	0,2954	0,3648	0,0370	<b>7,9756</b>	<b>2,5758</b>
	$\Delta(L3,L2)$	0,3844	0,4283	0,0435	<b>8,8386</b>	<b>2,5758</b>
	$\Delta(L3,L1)$	0,6799	0,3756	0,0381	<b>17,8279</b>	<b>2,5758</b>
Imágenes (41 RDD)	$\Delta(L2,L1)$	0,3167	0,2806	0,0512	<b>6,1813</b>	<b>2,5758</b>
	$\Delta(L3,L2)$	0,1806	0,3440	0,0628	<b>2,8748</b>	<b>2,5758</b>
	$\Delta(L3,L1)$	0,4972	0,3190	0,0582	<b>8,5372</b>	<b>2,5758</b>

**Tabla 5.** Estadístico t-Student (0,005; +100) de la variación del RpOL entre Lecciones

Analizando las funciones lineales de la evolución del RpOL por cada estudiante y tipo de objeto de aprendizaje entre lecciones, en todos los casos es ascendente positiva, con mayor proporción en E2. No es visible una diferencia significativa entre objetos de tipo texto respecto de los de imagen en este



**Figura 13.** Variación del recuerdo por estudiante y lección – Estudio 1

**Fuente:** Resultados de estudio.

#### 4.1.5. Discusión

La WM es el sistema consciente a corto plazo donde se origina el aprendizaje (Alan Baddeley, 1996), organizado en un complejo esquema que ha sido propuesto y revisado por Baddeley (Alan Baddeley, 2010), y sobre el cual se han realizado una amplia gama de estudios, siendo la población con SD objeto de estudio con resultados desde los que se sostiene este trabajo. A partir del hecho que las personas con deficiencia cognitiva como es el caso de SD, presentan limitantes en menor grado en *visuo-spatial WM*, el presente estudio valida la adquisición de aprendizajes desde un nivel de análisis cognitivo, mediante la relación simbólica entre formas textuales e imágenes, estimulando la *visuo-spatial WM*. Esta estimulación fue metodológicamente estructurada, y con soporte en la plataforma gestual-lúdica de interacción humano-computador TangoH.

Como resultado principal se obtuvo una variación significativa en  $RpL$  (imágenes y texto) con un grado de confianza del 99,95%, alcanzando en el 33% de los casos un recuerdo del 100%. En dos casos se ha conseguido un recuerdo total ( $\max = 1,000$ ; donde  $nROL = nAOL$ ) en objetos tipo texto con E1 y tipo imagen con E3. El porcentaje de repetición de los objetos de aprendizaje en cada lección también se ha considerado como variable de relación, siendo mayor en objetos de texto en E2 (4,4286) y objetos de imagen en E1 (3,1000), no existiendo una relación estadística proporcional válida que determine un factor de recuerdo relacionado directamente con uno de los tipos de objetos de aprendizaje, al no haber diferencia estadística significativa entre la función de varianza de la curva de aprendizaje de texto ( $y=0,2962x + 0,0363$ ;  $R^2 = 0,9925$ ) e imagen ( $y=0,2362x + 0,2321$ ;  $R^2=0,9785$ ), aunque es visible un mayor grado de recuerdo en los recursos de texto.

Relacionando con el fundamento teórico-metodológico del estudio, la pendiente ascendente de la *ZDP* de Vygotsky (Vygotsky, 1995), la *teoría del flujo* de Csikszentmihalyi (Csikszentmihalyi, 2006) y el *scaffoldind* de Bruner (Bruner, 2009) son visible en los estímulos crecientes y la variación del recuerdo de los nuevos aprendizajes, hasta llegar a un recuerdo total en un 33% de los recursos; estos resultados se relacionan de forma práctica desde el *método ELI* de Ferreiro (Ferreiro, 2012), que se aplica en la planificación y desarrollo de recursos y estrategias didácticas en cada lección. La personalización de recursos acorde al grado cognitivo de cada alumno, se alcanza por la flexibilidad de diseño y arquitectura de interacción de TangoH en su aplicación de diseño y de cliente. Lo anterior, sumado a las estrategias gamificadas planificadas con el equipo de docentes, hicieron posible la estimulación de la WM desde su complejo modelo propuesto por Baddeley (Alan Baddeley, 1992, 1996, 2003, 2010), donde la memoria *visuo-spatial* al ser la que más desarrollan las personas con SD (A Baddeley & Jarrold, 2007; Christopher Jarrold et al., 2002; Lanfranchi, Baddeley, Gathercole, & Vianello, 2012) ha sido avivada por la interacción gestual como se visualiza en los resultados.

De forma implícita a través de este estudio se corrobora los resultados obtenidos por Wu & Coulson (Wu & Coulson, 2014) donde proponen agregar a la estructura WM la capacidad de memoria para recordar movimientos corporales; estos datos se relacionan con la ubicación fija de los objetos de aprendizaje en cada sesión y lección, así como los movimientos para trabajar ciertas estrategias de interacción como tocar objetos con una mano (izquierda o derecha), con las dos manos, con los pies o cabeza. Otros estudios cuyos resultados se relacionan con los presentados en su estudio teórico por Bardolph & Coulson (Bardolph & Coulson, 2014) y experimentales en el área cerebral cortical por Rousseau et al.(Rousseau et al., 2016)que validan el impacto del movimiento de articulaciones en la actividad cerebral y en el aprendizaje de forma general.

En el ámbito explícito de la WM y su componente *visuo-spatial*, los resultados se alinean a los obtenidos por Costa et al. (Costa et al., 2015) que afirma que la WM y dentro de esta la STM es posible entrenarla en personas SD, y Visu-Petra et al.(Visu-Petra et al., 2007) que desde estímulos visuales y espaciales combinados se logran mejoras significativas en niños con SD, pese a su reducida STM-spatial. El método propuesto supera los resultados alcanzados por estos grupos de investigación, que no obtienen una diferencia estadística significativa ( $z=95\%$ ) entre pre-test y pos-test, así como entre el grupo SD y el grupo control. Baddeley y su grupo de investigación han aportado con resultados relevantes en esta línea. En su primer momento exponen desde su modelo que personas con deficiencia cognitiva como es el caso de SD, presentan limitantes en menor grado en *visuo-spatial WM*(C Jarrold & Baddeley, 2001). Jarrold & Baddeley (Christopher Jarrold et al., 2002) evalúan la calidad de STM en jóvenes y adultos encuentran deterioro en el rendimiento de memoria verbal a corto plazo respecto del vocabulario receptado; en contraste a estos resultados, los desde la estimulación visual en nuestro estudio se ha obtenido un incremento en la memoria visuo-spatial (texto:  $R^2 = 0,9925$ ; imagen:  $R^2=0,9785$ ). Los resultados obtenidos son relevantes tanto en las líneas de investigación de las ciencias de la Psicología, educación y tecnologías emergentes de interacción.

La metodología propuesta varía de las aplicadas en estudios relacionados. En nuestro caso se mide el factor de memoria en recursos de imagen y texto, en una misma lección de clase y entre lecciones ( $\Delta t=1 \text{ sem.}$ ), desde una metodología cuasi-experimental, con una población no aleatoria de tres estudiantes ( $8 < \text{edad cognitiva} < 12$ ). Por su parte Visu-Petra et al. (Visu-Petra et al., 2007) lo hace con tareas específicas de memoria visou-spatial del *Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery* (CANTAB) a un grupo experimental de 25 niños con SD en contraste con un grupo de control no SD de la misma edad mental. Costa et al. (Costa et al., 2015) aplican un *small toy frog* de 3x3 o 4x4 donde el alumno debe recordar el camino en orden inverso para evaluar la memoria *visou-spatial* y para entrenamiento una versión adaptada de *WM training* que se aplica en seis semanas, dos veces semanales en sesiones de 40 minutos; en nuestro caso son 3 lecciones (1 semanal), con 3 o 4 sesiones continuas de 6 a 12 min, personalizadas para cada estudiante, y adaptable a la plataforma de interacción gestual Tango:H. Jarrold & Baddeley (Christopher Jarrold et al., 2002) trabajan con un grupo SD (n=19) en contraste con 2 grupos de control (moderadas dificultades de aprendizaje y sin dificultades de aprendizaje), evaluando la calidad de STM en jóvenes y adultos. El método con estudios de caso no relacionado a nuestro tema de investigación, no se encuentra en la revisión de literatura de publicaciones indexadas con índice JCR.

Como puntos relevantes innovadores del presente estudio destacan: el uso de estrategias de gamificación para motivar el aprendizaje, la interacción Gestual con MS Kinect desde una plataforma de interacción personalizable y el uso de recursos didácticos personalizados, acorde a los trabajados en la metodología habitual en clase.

#### **4.1.6. Conclusiones**

Con base en estos resultados, y teniendo como objetivo trabajar con recursos didácticos digitales-lúdicos en un entorno de interacción gestual humano-computador, para estimular desde la relación de objetos didácticos los nuevos aprendizajes. De este amplio estudio, luego de haber realizado un análisis detallado de los resultados, y su

relación con estudios referentes en el área de investigación que nos refiere, se han llegado a las siguientes conclusiones:

- El grado de recuerdo es significativo, incrementando de forma exponencial conforme se avanza en las lecciones, con un incremento significativo en  $RpL$  (imágenes y texto) con un grado de confianza del 99,95%, alcanzando en el 33% de los casos un recuerdo del 100%. Estos resultados superan a otros expuestos durante el estudio, realizados en poblaciones con SD pero en ningún caso con recursos didácticos de interacción gestual. Se corrobora por tanto que la estimulación de la memoria viso-espacial promueve mejoras en el proceso de aprendizaje de la población con SD.
- No hay una diferencia significativa de aprendizaje ante el estímulo con objetos de texto e imagen, al no haber diferencia estadística significativa entre la función de varianza de la curva de aprendizaje de texto ( $y=0,2962x + 0,0363$ ;  $R^2 = 0,9925$ ) e imagen( $y=0,2362x + 0,2321$ ;  $R^2=0,9785$ ), aunque es visible un mayor grado de recuerdo en los recursos de texto
- En este proceso la WM a corto plazo (dentro de la misma lección) ha ido mejorando de forma significativa con por recursos didácticos gamificados de interacción gestual que estimulan la WM viso-espacial.

Para nuestro estudio dado que la población es muy sensible en cuanto a sus necesidades de acompañamiento, es importante destacar el apoyo de las autoridades, docentes y representantes de los individuos que participaron en el estudio. Se dio apertura a los expediente de los estudiantes, lo cual ha sido una fortaleza para cumplimentar el estudio. La motivación de los niños en cada sesión y lección durante la interacción, se expondrá en estudio complementario. Como limitante exponer la necesidad de medir la variación del factor memoria en tiempos más amplios de interacción, por lo que se

propone hacer un seguimiento del grupo de estudio para validar el recuerdo en un periodo superior a un año.

A modo de recomendación se plantea la ampliación del uso de TangoH como plataforma de interacción a toda la población estudiantil de ATT21 en donde los docentes que participaron en esta etapa del proyecto cumplen un rol multiplicador en cuanto al diseño de recursos y su uso. También, a nivel macro-educativo es relevante que dentro del currículo de formación de los nuevos docentes se establezca la adquisición de competencias digitales y el diseño de recursos didácticos adaptables a plataformas gestuales, teniendo en cuenta que empresas líderes en tecnología e informes como Horizon 2015 prevén el uso exponencial de estas tecnologías, ampliándose hacia la realidad virtual con interacción natural. Los resultados obtenidos motivan la ampliación de estudios en este campo, y la adaptación incremental de recursos de interacción gestual al currículum escolar general.

#### ***4.1.7. Financiamiento***

Este estudio fue posible gracias a la beca para estudios doctorales otorgada por Fundación Carolina y UTPL desde el año 2014; a la Asociación Down Tenerife, que nos ha abierto las puertas de su aulas para el desarrollo técnico y pedagógico de esta investigación; a ITER Canarias y al grupo de investigación ITED de la ULL, por facilitar el software Tango:H, herramienta base de esta investigación; y al grupo de investigación i+IPC de la UTPL.

## **4.2. HABILIDADES LECTORAS Y SU APRENDIZAJE DESDE UN ENTORNO DE INTERACCIÓN GESTUAL**

### **4.2.1. Resumen**

Este estudio muestra varias mejoras en habilidades de lectura y aprendizaje de los estudiantes del Síndrome de Down utilizando entornos de interacción gestual y recursos personalizados. Es un aporte al desarrollo de métodos didácticos inclusivos gamificados, apoyados en tecnologías de Interacción Natural Persona-Ordenador, resultado de un estudio cuasi-experimental, basado en la interacción con recursos didácticos de aprendizaje, haciendo uso de la Plataforma Tango:H y el sensor MS Kinect. Se han diseñado recursos didácticos personalizados y adaptados al nivel curricular y cognitivo de cada estudiante. La duración de la experimentación ha sido de tres semanas, con tres sesiones por semana de 40 minutos. Para la validación del rendimiento académico se han considerado como variables en la realización de las actividades didácticas: el tiempo de respuesta y el número de errores cometidos en cada paso, sesión y lección. Los estudiantes mostraron características de aprendizaje de orden superior, reflejadas en habilidades metalingüísticas, no obtenidas en estudios previos con estimulación periódica en poco tiempo.

### **4.2.2. Introducción**

La accesibilidad universal según la UNESCO busca como fin, que las personas participen activa e integralmente en actividades sociales, teniendo en cuenta dentro del ámbito educativo factores como la atención, percepción, memoria, resolución de problemas, comprensión, aprendizaje, procesamiento, etc. (UNESCO, 2005); desde este precepto la tecnología accesible se direcciona a la propuesta de diseños universales, que para Interacción Persona-Ordenador se sostienen en protocolos y estándares (Langdon, Clarkson, & Robinson, 2007), como el ISO 9241-210:2010 que detalla aspectos referentes a la ergonomía de un sistema de interacción desde el diseño centrado en

personas, clarificando el rol de la interacción, los métodos de interacción a usar a través del ciclo de vida del sistema, el diseño de actividades y los principios de diseño centrado específicamente en las características del usuario (ISO, 2015b), y el e ISO/DIS 9241-960 que plantea una plataforma y guía para la interacción gestual, detallando rangos de medición de diversos ámbitos a aplicar en diseño de dispositivos y recursos según las capacidades de usuario, conjuntos de gestos, procesos para la definición de gestos y un abanico de anexos con datos aplicables al arte, juegos, dispositivos móviles, ambientes inteligentes, unidades médicas, entre otras(ISO, 2015a).

Lo anterior se refleja en el reporte de tendencias educativas del *NMC Horizon report: 2015 K-12 Edition* (Johnson, Becker, Estrada, & Freeman, 2015), que presta especial atención a las singularidades del usuario, y propone en general ampliar los temas, contenidos, formatos y actividades formativas -como por ejemplo el desarrollo de juegos educativos y actividades personalizables- acordes al perfil individual del alumno y sus estilos de aprendizaje (ITER, 2013b), incluyendo los ambientes digitales colaborativos multiusuario, donde cada uno debería de disponer de recursos adaptables que hagan equitativo el trabajo en equipo (Rusnak, Rucka, & Holub, 2016). Las soluciones basadas en IPO también se pueden ampliar a aspectos ausentes tradicionalmente, pero que son trascendentales en la educación integral de la persona, tales como las emociones, como la autonomía comunicativa, y como recurso de diagnóstico clínico (Gonsalves, Campbell, Jensen, & Straker, 2015) y de rehabilitación(Su & Su, 2013; Torres-Carrion, Gonzalez-Gonzalez, et al., 2014); en estos últimos aspectos no se centrará este estudio, sin embargo los alcances de la plataforma TangoH –que es la herramienta de interacción principal de este trabajo- permite y ha sido probada en ambientes experimentales y de aplicación controlada(González-González, Toledo-Delgado, et al., 2013; ITER, 2013b; V. Navarro, Gonzalez, Castillo, Quirce, & Cairós, 2013; Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2015).

En esta línea, los aportes a la ciencia desde IPO –y es el caso de esta investigación– se orientan a la adaptación de los dispositivos a las singularidades de cada

persona con discapacidad cognitivas y/o motoras, principalmente en el hardware, y algunos posibles escenarios del ambiente en el cual se podría utilizar (Bergaus, 2015). Los aspectos de personalización de recursos didácticos corresponden una de las características fundamentales de la educación para personas con necesidades cognitivas especiales, y es el caso también de este estudio, donde se ha diseñado los recursos acorde al nivel académico y estilo de aprendizaje del alumno, siguiendo las sugerencias propias de sus profesores.

El dialogo entre los distintos colectivos profesionales y los usuarios con necesidades educativas especiales, multiplica los intereses en el desarrollo de aplicaciones compatibles con dispositivos de interacción natural(NI), siendo clave en los diseños la comprensión de la individualidad en los contextos personales y propios de interacción a lo largo de la vida: familia, escuela y amigos (Bossavit & Pina, 2014; Jadán-Guerrero & Guerrero, 2014). En este ámbito destaca el sensor MS Kinect (Bossavit & Pina, 2014; Hsu, 2011; Kissko, 2011; Socas Guerra & González-González, 2013), dada la apertura para el desarrollo de aplicaciones (SDK) sobre este dispositivo en el año 2011, y por el interés mostrado por las comunidades de profesionales e investigadores de la educación y la salud (Jared, 2013; Miles, 2012; Villaroman et al., 2012). Debemos aclarar que existe una evolución del debate desde una excesiva expectativa de las mejoras en el rendimiento educativo del alumnado, hacia una moderada y particular visión ecológica de la integración de estas tecnologías en los procesos de enseñanza aprendizaje; es decir, desde una visión tecnocentrista hacia una visión dialógica entre los dispositivos tecnológicos y los usuarios (docentes, estudiantes, padres, autoridades) en los contextos formativos donde se implementan: centros educativos específicos, asociaciones, centros de salud (Jones, Hara, & Augusto, 2014).

Para los profesionales de la educación, la integración de los dispositivos NI en los procesos de enseñanza aprendizaje para personas con discapacidad ha supuesto pensar en los procesos formativos de este alumnado, adecuándolos a sus diferencias individuales, independientemente del diagnóstico propio de la patología. Esta integración requiere del

diseño de recursos didácticos y de las actividades curriculares para el alumnado, de tal forma que la inclusión pedagógica le permita desarrollar sus potencialidades y destrezas (Ruijs & Peetsma, 2009), mirando siempre su zona de desarrollo próximo (Bruner, 2009; De Zubiría, 1999; Ferreiro & Espino, 2009). Las técnicas de gamificación orientadas a la enseñanza y aprendizaje, acompañadas de estrategias didácticas afines al objetivo y competencias a desarrollar han demostrado muy buenos resultados en procesos de educación formal (Kapp, 2012); y hacen muy buena combinación con plataformas NI para interacción con población con algún grado de discapacidad motriz –como es el caso de TangoH (González-González, Toledo-Delgado, et al., 2013; ITER, 2013b)–, por lo cual se ha propuesto esta herramientas en este estudio.

Para una parte de la población con discapacidad esta adaptación ha sido suficiente, pero, para los usuarios con SD hay que considerar varios aspectos de sus singularidades motrices, cognitivas, auditivas, visuales, emocionales y de integración (Torres-Carrion, Gonzalez-Gonzalez, et al., 2014), siendo uno de los mayores problemas la adecuada adaptación de los dispositivos de interacción con los recursos de aprendizaje (Bossavit & Pina, 2014); con su aplicación desde un videojuego y realidad virtual apoyada con MS Kinect se ha conseguido mejorar la motricidad global, equilibrio, esquema corporal y organización espacial de un grupo de veinte niños con SD (Lorenzo et al., 2015); así mismo, se ha demostrado que luego de recibir terapia y estimulación, han logrado aprendizajes básicos en el uso del computador (Kumin et al., 2012), aprendizaje de adición y sustracción en pantallas digitales (González-González et al., 2015) e incluso con logros considerables en mecánica de lecto-escritura desde interfaces tangibles (Haro et al., 2012). La comprensión lectora es una de las áreas que menos se ha trabajado de forma general en la educación de personas con discapacidad cognitiva, y es el caso de las personas con SD, por lo cual se ha considerado el marco académico central desde el cual se realiza esta investigación, teniendo siempre en cuenta las particularidades de cada alumno.

#### 4.2.2.1. El Rendimiento Académico

Una de las dimensiones de mayor importancia en el proceso de enseñanza aprendizaje probablemente sea el rendimiento académico (R. E. Navarro, 2003). El rendimiento académico puede ser valorado por el docente según sea las habilidades, competencias o aptitudes propuestas en la planificación curricular; para esto se hace uso de diversos métodos, que pueden ser cualitativos o cuantitativos, siendo siempre necesario establecer una rúbrica, para que el docente, alumno, padres y autoridades, tengan claro los ámbitos y variables a considerar, y en que rangos de valoración se estarán midiendo, evitando la improvisación y subjetividad valorativa del trabajo de cada alumno (Ferreiro, 2012) (Ferreiro & Espino, 2009). La motivación escolar como proceso educativo, *inicia y dirige la conducta hacia el logro de una meta* (R. E. Navarro, 2003), siendo una de las labores más importantes del proceso educativo, ya que promueve el interés continuo hacia el aprendizaje, llegando a un nivel de Metacognición (conocimiento sobre el conocimiento) (Ferreiro & Espino, 2009); la gamificación es una de las estrategias didácticas que mejor promueve la motivación escolar, ya que mantiene la atención del estudiante en el logro a objetivos a corto plazo, logrando hitos continuos de una forma divertida (Kapp, 2012; V. Navarro et al., 2013). Esta variable se trabaja de forma continua en este trabajo, proponiendo una interacción gestual y estrategias didácticas que se exponen más adelante.

En los ámbitos educativos la evaluación es necesaria como un punto de referencia continuo, que permite al docente y al sistema educativo en general emprender las mejores estrategias metodológicas y didácticas (Abascal Fernández & Ríos Carrasco, 1998; Ferreiro, 2012; Lidz & Gindis, 2003). La evaluación –dentro del proceso de enseñanza aprendizaje– depende de lo que se pretende conocer respecto del alumno, sus habilidades y destrezas durante el proceso educativo. En alumnos con SD la evaluación no varía del resto de alumnos en cuanto a la medición de sus logros, teniendo por tanto en consideración variables como el tiempo de respuesta, aciertos y errores; sin embargo se presta mayor atención a los detalles, centrándose en cada objeto de aprendizaje y el grado

de error del alumno (Overton, 2000; Visu-Petra et al., 2007); siempre retroalimentando el proceso y motivando el esfuerzo que el alumno ha realizado para adquirir en su aprendizaje (Ferreiro, 2012).

Sin embargo, una medición y/o evaluación no nos provee todas las pautas para la acción destinada a mejorar la calidad del proceso educativo, sino que nos permite conceptualizar el desempeño académico individual y grupal (R. E. Navarro, 2003); por ello, no pretendemos establecer estrategias globales de enseñanza a personas con SD, solamente compartir los resultados particulares de esta práctica, donde se muestra la variación del tiempo requerido para cumplir una tarea y los errores cometidos durante su interacción, luego de un estímulo cognitivo desde herramientas de interacción gestual y estrategias didácticas gamificadas.

#### 4.2.2.2. Aprendizaje de Lectura en niños con Síndrome de Down

La comprensión lectora es el proceso cognitivo que nos permite dar significado a las ideas relevantes de un texto y relacionarlas con nuestro conocimiento previo; constituye una necesidad en la formación de todo campo profesional, y debe desarrollarse desde los primeros años de educación formal, teniendo como sub campo de la ciencias pedagógicas en la Logopedia, con aporte continuo de la psicolingüística (Calvo, Muñoz, González, & Labrada, 2013). Desde una visión más detallada el maestro Miguel de Zubiría (2006), plantea su teoría de las 6 lecturas: fonética, primaria, secundaria, terciaria, categorial y metatextual, quedando los cuatro primeros niveles como elementales y los dos últimos como de nivel superior. En nuestro caso, desde esta teoría se trabaja en la decodificación secundaria, teniendo en cuenta el nivel de lectura de la población en estudio.

Dentro de la lectura, “el desciframiento de los signos escritos y la comprensión de su significado son procesos neurofisiológicos diferentes que pueden desarrollarse a distinta velocidad” y en el caso de las personas con SD es más visible, ya que su avance

en la comprensión lectora es mucho más lento que la mecánica lectora (Troncoso & Flórez, 2011), limitando por tanto su nivel de lectura hasta el nivel de decodificación secundaria; hay casos denominados “excepcional”, donde se ha registrado una lectura de nivel superior (de comprensión), donde destaca el gran desarrollo de habilidades fonológicas y memoria de trabajo visual y verbal, alcanzando un nivel de comprensión lectora paralelo (y en algunos casos superior) a niños de su edad sin esta patología (Groen et al., 2006). En este proceso, los padres cumplen un rol trascendental, y al investigar su comportamiento ante esta habilidad, se ha comprobado que la mayoría son muy optimistas y estimulan de forma continua estas habilidades en sus casas, con actividades extra curriculares (Ricci & Osipova, 2012).

Se han publicado resultados de investigación donde se valora aspectos como la enseñanza de la lectura (Muro Haro et al., 2012), las habilidades de memoria de trabajo *short-term*: de lenguaje y verbal (Næss et al., 2011), e incluso para predecir la producción de lenguaje desde su comprensión (R S Chapman, Seung, Schwartz, & Bird, 2000). Se ha demostrado que una pobre discriminación fonológica no está relacionada directamente con una pobre memoria de trabajo visual en población con SD (Purser & Jarrold, 2013); en un caso de éxito, se demuestra que con la estimulación desde la memoria visual en un chico con SD se ha logrado compensar los déficit de memoria de trabajo verbal (*short-term*), requerida para la comprensión lectora (Lecas et al., 2011); por lo anterior nuestra propuesta didáctica desde un entorno de interacción gestual a través de un computador, usando de forma estratégica imágenes de texto y figuras relacionada, no tendría como obstáculo para lograr aprendizajes significativos.

Otra variable a considerar, es que no se ha encontrado una variación considerable en la comprensión lectora desde frases escritas en comparación con frases habladas, pese a la carga de memoria inferior (Laws, Brown, & Main, 2015). En estudios comparativos con población sin SD, se ha concluido que no hay diferencias significativas en los niveles de comprensión léxica o producción verbal, acotando además que las personas con SD presentan un mejor desarrollo del lenguaje gestual para comprensión de palabras (Caselli

et al., 1998), esto se corrobora con una gran habilidad para la lectura por analogía visual que facilita el conocimiento de los elementos léxicos (Roch & Jarrold, 2012). En complemento a lo anterior, el vocabulario y su continua estimulación es un buen predictor de habilidades de lectura (Næss, Melby-Lervåg, Hulme, & Lyster, 2012; Steele, Scerif, Cornish, & Karmiloff-Smith, 2013), permitiendo alcanzar un grado de lectura de discriminación secundaria según la teoría de Zubiría (2006). Los estudios anteriores han sido considerados como referente en cuanto a la selección de Tango:H y las estrategias didácticas con recursos para estimular la memoria de trabajo visual en la población con SD.

No se han encontrado estudios que presenten resultados sobre la estimulación de las habilidades lectoras desde un entorno de interacción gestual en niños con SD; estudios referentes al uso de tecnología para la educación se han compartido previamente en este apartado. El estudio más cercano es que corresponde a un estudio piloto de tecnologías computacionales emergentes en terapia de lectura y escritura con el uso de HATLE, una herramienta diseñada por su equipo de investigación para mejorar las habilidades de lectura y escritura desde una plataforma móvil, con diseño multimedia y tecnologías de reconocimiento de voz (Felix, Mena, Ostos, & Maestre, 2016); los resultados presentados indican que HATLE podría ser efectivo para el aprendizaje de niños con discapacidad intelectual.

#### **4.2.3. Metodología**

Este estudio sigue la metodología propuesta por en el año 2014 (Torres-Carrion, Gonzalez-Gonzalez, et al., 2014) y aplicada ya en parte del trabajo previamente publicado (Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2015). El principal objetivo de este estudio longitudinal es validar el aprendizaje del estudiante con SD, centrándonos en el vocabulario, y la relación semántica a nivel silábico y de relación entre palabras y oraciones sencillas (decodificación primaria y secundaria de teoría de las seis lecturas de Zubiría), en un ambiente lúdico de interacción natural por computador haciendo uso de

la plataforma educativa Tango:H(ITER, 2013b), el sensor Kinect y recursos educativos adaptados a cada estudiante de una forma personalizada. Se mide la variación de los tiempos que en cada lección el alumno requiere. Así, la pregunta de investigación planteada en este contexto es:

*¿La estimulación con estrategias didácticas lúdicas desde un entorno de interacción gestual por computador, mejora el aprendizaje de habilidades lectoras en niños con Síndrome de Down?*

Las actividades educativas han sido diseñadas y desarrolladas utilizando una plataforma educativa TANGO: H de forma personalizada para cada estudiante de DS. Se ha medido la variación de los tiempos que en cada lección.

Para la validación técnica se proponen las siguientes hipótesis:

*h2A<sub>0</sub>: Los errores de conocimiento específico ante estímulos con objetos de aprendizaje lúdicos en ambientes de interacción gestual, disminuyen progresivamente entre lecciones continuas en alumnos con SD.*

*h2B<sub>0</sub>: Los tiempos de respuesta ante estímulos con objetos de aprendizaje lúdicos en ambientes de interacción gestual, disminuyen progresivamente entre lecciones continuas en alumnos con SD.*

Se validarán la hipótesis desde la variación de los aciertos/errores y los tiempos de respuesta para cumplir cada tarea en la misma lección y lecciones contiguas, teniendo en cuenta la fundamentación teórica de aprendizaje cognitivo.

#### 4.2.3.1. Variables e Indicadores

Para la valoración del aprendizaje, se mide la variación del tiempo  $\Delta t$  que le tomó a cada estudiante cumplir con cada tarea, así como la variación de la cantidad de errores cometidos  $\Delta e$ ; estos últimos se analizaron desde una visión general, y separando imágenes y texto, para conocer además con cuál de estos recursos se produce un mejor aprendizaje.

$$\Delta t_{L1-2} = t_1 - t_2$$

Entre L1 (semana 1) y  
L2 (semana 2)

$$\Delta e_{L1-2} = e_1 - e_2$$

$$\Delta t_{L2-3} = t_2 - t_3$$

Entre L2 (semana 2) y  
L3 (semana 3)

$$\Delta e_{L2-3} = e_2 - e_3$$

$$\overline{\Delta t}_L = \frac{\Delta t_{L1-2} + \Delta t_{L2-3}}{2}$$

Promedio de variaciones inter  
semanales

$$\overline{\Delta e}_L = \frac{\Delta e_{L1-2} + \Delta e_{L2-3}}{2}$$

$$\Delta t = t_1 - t_3$$

Variación general desde  
L1(primer lección) y L3  
(lección final)

$$\Delta e = e_1 - e_3$$

Las formulas anteriores se aplican según correspondan para la obtención de los siguientes indicadores.

- Tiempo de respuesta ( $\Delta t$ )
  - a) *Tiempo efectivo de interacción*. Se obtiene desde la grabación en video para que las aproximaciones en tiempo sean exactas.
  - b) *Tiempo de inactividad provocado por error* de dispositivo u otro factor externo. Esta variable nos permite saber el tiempo real de interacción que el usuario necesita para cumplir con los objetivos del reto en cada paso y sesión.
  
- Error durante la interacción ( $\Delta e$ )
  - a) Número de errores de conocimiento específico durante cada lección (suma los cometidos en cada paso y sesión). Se obtiene por observación durante cada sesión y lección.

#### 4.2.3.2. Selección de la muestra

La investigación se realiza en las aulas de ATT21 de la comunidad autónoma de Canarias, España. Para la selección de la muestra se mantuvo una entrevista grupal con las profesoras y directivo del centro; se estableció que la lectura sería la mejor área de enseñanza a aplicar en este primer momento, dadas las características de Tango:H y la experiencia de las profesionales del centro educativo. Se establece un grupo experimental (gE) al tratarse de un estudio longitudinal, conformado por dos niños y una niña (ver Tabla1), que ya han trabajado con la plataforma Tango:H con fines diferentes al educativo (fisioterapia). La muestra es representativa en cuanto a su cantidad debido a que se trata de una población exclusiva, y se considera como válida dadas las singularidades propias de cada individuo.

ID niño/a	Edad Natural (años)	Curso Académico	Edad Cognitiva (años)
Grupo Experimental			
E1	18	2do ESO	12 a 14
E2	29	2do Primaria	6 a 8
E3	28	6to primaria	10 a 12

**Tabla 6. Muestra poblacional - Estudio 2**

#### 4.2.3.3. Toma de Datos

Se han programado tres lecciones didácticas (Ferreiro, 2012) de trabajo, con 3 o 4 sesiones cada una, y entre 5 y 15 actividades de relación (secuencia, clasificación y/o emparejamiento), dependiendo de las habilidades, destrezas y estilo de aprendizaje de cada individuo (ver Grafico1). Todas las actividades son diseñadas de forma personalizada para cada alumno en *Tango:H Designer* (ITER, 2013b), teniendo como referencia los cuadernos de trabajo individuales diseñados de forma personalizada por los docentes, así como de los objetivos de aprendizaje y competencias previstas para esta lección dentro de la planificación del ciclo académico 2014-2015. Se procede de tal forma que no haya cambios en la cotidianidad de las actividades de los niños, siendo por tanto un estudio no invasivo para las actividades académicas y de formación general que realizan dentro de la Asociación.

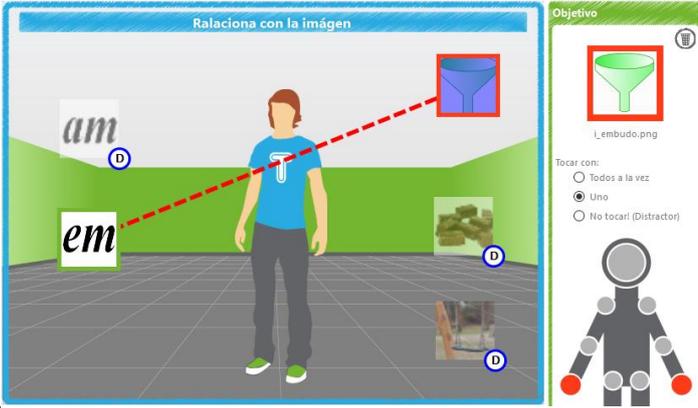
El rol mediador lo lleva el profesor titular con apoyo del investigador. Estos recursos se aplican de forma repetitiva -los mismos recursos por alumno en todas las lecciones-, en tres semanas continuas, acorde a la disponibilidad de tiempo y los avances propios de cada alumno. Se realiza una observación estructurada por parte del

investigador y el docente de clase, para disponer de una fuente de comparación subjetiva del aprendizaje basado en la experiencia del docente. Se realiza además la grabación de toda la intervención en video con dos cámaras digitales -anterior y posterior al individuo- para una validación exacta de los tiempos de interacción.

#### 4.2.3.4. Recursos Diseñados y Adaptados en TangoH

Los recursos didácticos han sido personalizados de acuerdo a la información compartida por parte de los docentes de la Asociación Down Tenerife, del taller de Lengua y Logopedia. Teniendo en cuenta que los *objetivos* dentro de la plataforma Tango:H son archivos de imagen, se realiza la digitalización de las imágenes, y en los casos de texto se hace captura de pantalla de texto escrito en fuentes similares a la utilizadas en el cuaderno de trabajo impreso. Más detalles acerca de las características de Tango:H se pueden ver en detalle en la sección 2.4.

<b>Ejercicio E1_S1: Relacionar grupos silábicos directos</b>	
<p><b>Ejercicio 1</b></p> <p>El jugador deberá ir relacionando la sílaba de dos letras con la de tres (5 pasos), luego encontrar su relación con las imágenes haciendo una práctica desde la identificación y pronunciación (5 pasos) y finalmente debe relacionar la sílaba con la palabra, que es la misma de la imagen previa (5 pasos)</p>	<p>Título: E1_S1</p> <p>Tipo de ejercicio: Cognitivo de emparejamiento</p> <p>Modo de juego: Individual guiado</p> <p>Numero de pasos: 15</p> <p>Número de objetivos alcanzables: 30</p> <p>Numero de distractores: 45</p> <p>Duración máxima para máxima puntuación: 90 seg.</p> <p>Máximo de puntos: 150</p> <p>Mínimo de puntos: 30</p>

	<p><u>Normas especiales:</u> Se hace una orientación previa del ejercicio, y se va guiando al jugador, en especial cuando tenga dificultades mayores para evitar frustración.</p>
<p><b>Paso 9</b></p> <p>Número de fases: 1</p> <p>Número de objetivos alcanzables: 2</p> <p>Número de distractores: 3</p>	

**Tabla 7.** Ejemplos de aplicación práctica de recursos didácticos en Tango:H

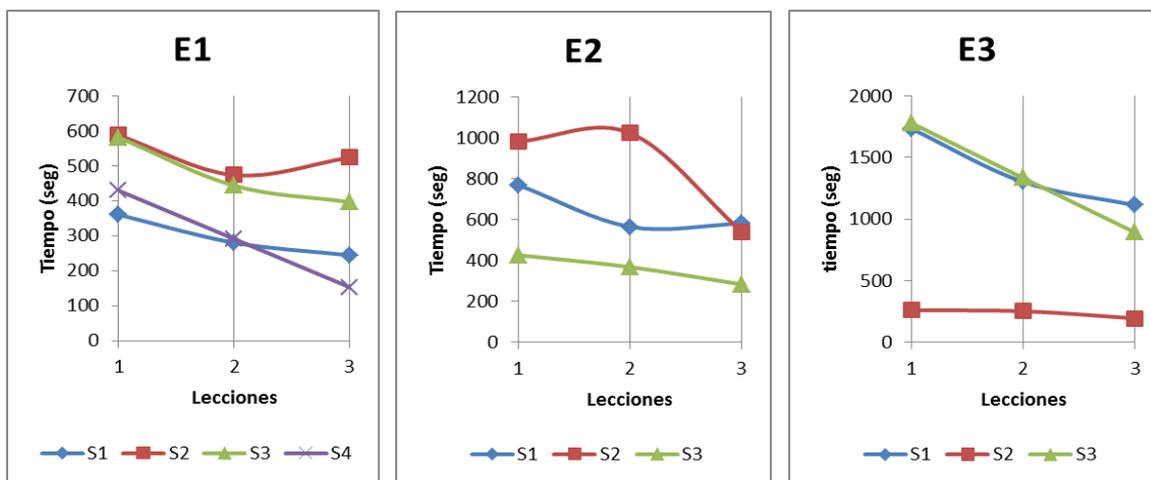
Se prepararon en total 10 sesiones o *ejercicios* (E1 =4, E2=3, E3=3), que se repitieron durante las tres *lecciones* semanales. Las lecciones fueron planificadas teniendo en cuenta las habilidades motoras y cognitivas de cada alumno, como se ve en la Tabla1, siguiendo el esquema sugerido por Navarro(V. Navarro et al., 2013).

#### 4.2.4. Resultados

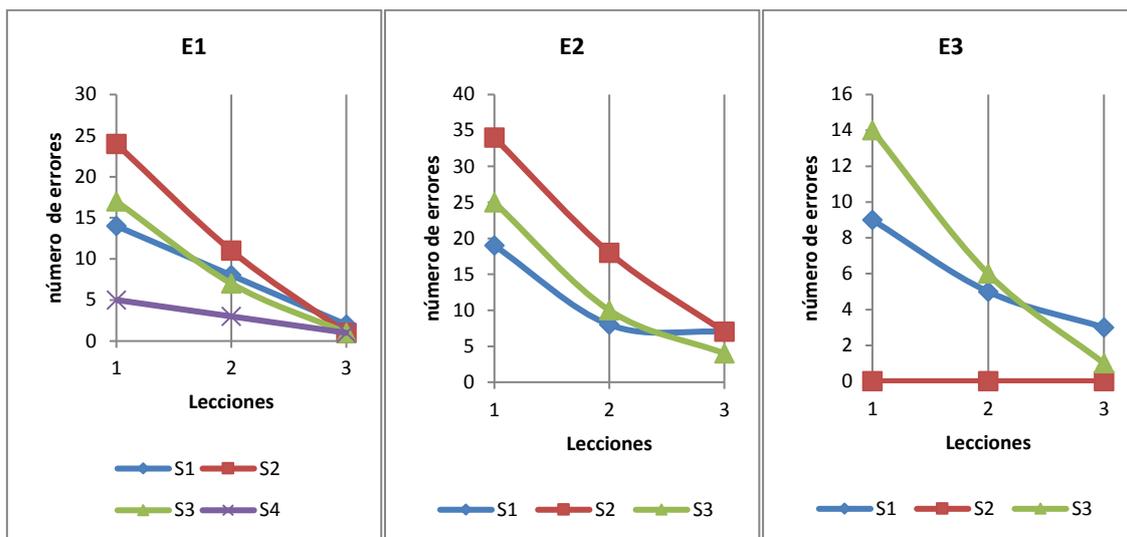
El tiempo de respuesta y los errores de relación cometidos durante toda la interacción se ha analizado de manera individual, comparando los datos de cada paso y sesión durante las tres lecciones realizadas. Se ha separado el ruido posible generado por el dispositivo Kinect, para evitar una distorsión de los datos. Se ha mantenido el tiempo de interacción hasta que se presente la respuesta correcta, omitiendo casos particulares como en E1, Lección 3, Sesiones 1 y 2, en donde se puede visibilizar un ligero incremento

en los tiempos de respuesta, que se provocó debido a que el estudiante bromeaba con las respuestas erróneas, discriminando la respuesta correcta; esto hacía que los tiempos se incrementen en este caso particular. Lo anterior se presentó también con E2 en la Lección 3, Sesión 1. Estos casos son considerados para un posterior estudio, como una demostración de aprendizaje no medible desde la metodología del presente estudio.

Los tiempos de interacción se ven afectados por errores en los sensores del dispositivo Kinect, o por no cumplir correctamente con las especificaciones de cada *paso* en los recursos de interacción. Tal como se puede observar en el Gráfico 2, estos errores son mayores al iniciar cada lección, es decir en la *sesión 1*, y van disminuyendo de forma continua conforme van avanzando las *sesiones* de cada lección. Estos errores tienen una relación directa con el usuario, y sus habilidades para la interacción gestual con MS Kinect, ya que en cada caso se presenta una curva independiente por usuario, sin tener una relación entre un usuario y otro; por tanto la experiencia y habilidades de interacción del usuario influyen directamente en el rendimiento, si la medición de este se sostiene en el tiempo requerido para cumplir con una actividad de aprendizaje.

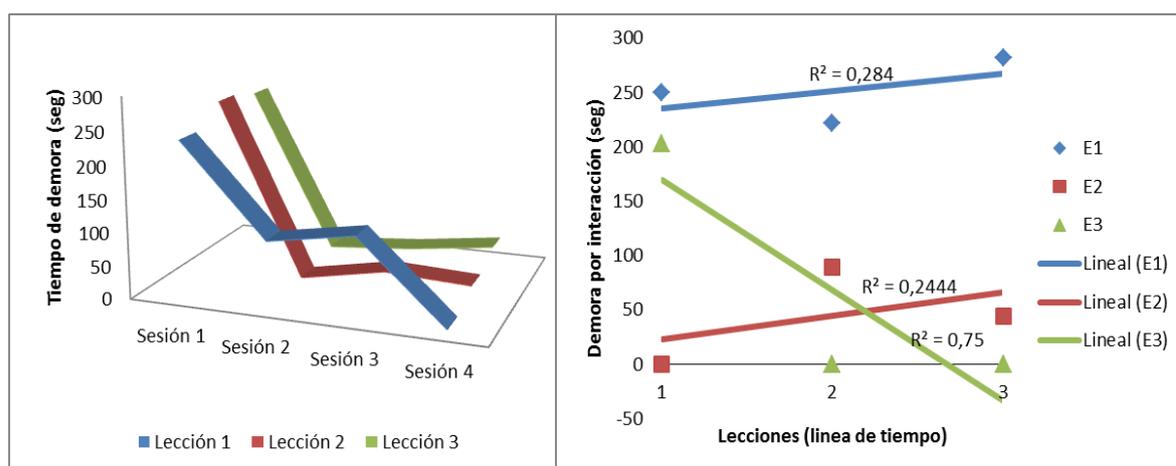


a) Tiempos de respuesta por individuo, lección y sesión



b) Errores en interacción (lección y sesión) por individuo

**Figura 14.** Variaciones de indicadores de interacción de cada individuo



**Figura 15.** Demora en respuesta causada por interacción con Kinect y experiencia de usuario.

Aplicando el estadístico t-student con un grado de confianza del 99% para 10 sesiones por lección (E1: 4 sesiones por lección; E2 y E3: 3 sesiones por lección cada uno), por tanto con  $n-1=9$ , el referente  $t(9 \text{ grados de libertad y } 0.01) = 2,8214$ . Entre las dos primeras semanas la variación en cuanto al tiempo es significativa, al igual que en el

promedio inter-sesiones; solamente la diferencia entre la semana 2 y 3 no ha sido significativa al 99%, pero si lo es con un 95% de grados de confianza.

	Media en segundos	Desviación Típica	Error Típico Media	t-Student muestras relacionadas	t (0,01; 9)
$\Delta t_{L1-2}$	157,6000	163,9269	51,8383	<b>3,0402</b>	2,8214
$\Delta t_{L2-3}$	141,2000	182,8714	57,8290	2,4417	2,8214
$\Delta t_L$	149,4000	135,7395	42,9246	<b>3,4805</b>	2,8214
$\Delta t$	298,8000	271,4790	85,8492	<b>3,4805</b>	2,8214

**Tabla 8.** Estadístico t-Student para validar variación de tiempos entre lecciones y sesión

Con la misma estrategia anterior, se ha trabajado con los errores que ha cometido cada estudiante durante cada sesión y lección (ver Tabla 3). Los resultados siguen la misma lógica, mostrando una diferencia significativa de los resultados entre sesiones con un grado de confianza del 99%; solamente entre la segunda y tercera semana la variación no supera este grado de confianza.

	Media en segundos	Desviación Típica	Error Típico Media	t-Student muestras relacionadas	t (0,01; 9)
$\Delta e_{L1}$	8,5000	5,4620	1,7272	<b>4,9212</b>	2,8214
$\Delta e_{L2}$	3,9000	4,6056	1,4564	2,6778	2,8214
$\Delta e_L$	6,2000	4,6738	1,4780	<b>4,1949</b>	2,8214
$\Delta e$	12,4000	9,3476	2,9560	<b>4,1949</b>	2,8214

**Tabla 9.** Estadístico t-Student para validar variación de errores de relación (comprensión) durante casa entre lecciones y sesión

#### 4.2.5. *Discusión*

Los resultados muestran un cambio significativo en las variables tiempo  $\Delta t$  y errores cognitivos  $\Delta e$ , por lo cual las hipótesis nulas:  $h2A_0$  y  $h2B_0$  son rechazadas. Los tiempos de respuesta, como el número de errores que los alumnos han cometido en relación con la primera lección y entre lecciones consecutivas, se han reducido en porcentajes significativos según el alumno visible t ( $n = 9$ , nivel de confianza 0.01) visible en las tablas 3 y 4. En el caso de  $\Delta t$  la diferencia es mayor entre las dos primeras lecciones ( $3.0402 > 2.8214$ ), disminuyendo entre la segunda y la tercera. Sin embargo, a nivel general entre el inicio y el final de la intervención, se mantiene la diferencia estadísticamente significativa ( $3.4805 > 2.8247$ ). Para  $\Delta e$ , la tendencia es similar, disminuyendo considerablemente entre la primera y segunda lecciones ( $4.9212 > 2.8214$ ); la diferencia entre la segunda y tercera lecciones es menor, pero sigue siendo significativa entre la primera y la última lección ( $4,1949 - 2,8214$ ). Esta diferencia podría ser aún mayor si discriminamos directamente la *Sesión 2* de *E3*, ya que denota un dominio del tema de la primera sesión con un margen de error = 0.

Con estos resultados, es posible responder a la pregunta de investigación: *¿La estimulación con estrategias didácticas de un entorno de interacción basado en computadora mejora el aprendizaje de habilidades de lectura en niños con Síndrome de Down?* La respuesta está respaldada por la variación estadística significativa (99%) de las variables  $\Delta e$  y  $\Delta t$ , con una reducción progresiva entre lecciones continuas a estímulos con objetos didácticos de aprendizaje en entornos de interacción gestual, lo que resulta en mejoras significativas en el aprendizaje. La estimulación periódica (semanal en nuestro caso) y los resultados, forman parte de la representación teórica de Morgado (2005), que expone la reconsolidación de la memoria de la reactivación y la modificación de estímulos.

Las estrategias didácticas promovidas desde un entorno de interacción natural a través de los gestos son herramientas pedagógicas emergentes, que no solo se aplica a la educación de personas con discapacidades cognitivas y motoras. Por esta razón, pueden

ampliarse a un contexto global de aplicación en todas las instituciones educativas, complementado por la realidad aumentada y la realidad virtual. Lo anterior no descuida otras estrategias didácticas altamente valoradas por los pedagogos, sino que, al contrario, las complementa y fortalece.

Este trabajo está en sintonía con el informe Horizonte 2020 que considera la interacción gestual como una de las tecnologías emergentes aplicables a la educación (Johnson et al., 2015). También se hace referencia a la necesidad de considerar las singularidades del usuario, desde actividades personalizadas y considerando estilos de aprendizaje. Resultados similares son reportados por Navarro et al. (2013) y Muro Haro et al. (2012), que desde la interacción gestual mantiene la atención del estudiante en el logro de objetivos y aprendizajes de manera divertida. Los resultados de Roch & Jarrold's (2012) también son corroborados, en los cuales desde la lectura a través de la analogía visual mejora el conocimiento de los elementos léxicos, predictores de las habilidades de lectura. Como expresa Troncoso & Flóres (2011), la comprensión de lectura en DS es más lenta que la mecánica de lectura. Además de lo anterior, por los resultados favorables obtenidos, se puede añadir que a partir de la interacción gestual, estas dos variables (comprensión y mecánica de la lectura) reducen su brecha.

La experimentación tiene lugar longitudinalmente, en un proceso de estimulación de 3 lecciones (una por semana). Esto nos ha permitido medir la variación personal de cada individuo entre las lecciones, y de una manera general entre la primera y última lección para conocer la variación real después de la experimentación. El método longitudinal es común en pequeños grupos de investigación, grupos de investigación centrados en casos en los que se controla un comportamiento específico o variación de un estímulo en una línea de tiempo (Costa et al., 2015). Otros métodos también aplicables comparan el estudio de caso con un grupo de individuos con características cognitivas y ambientes experimentales similares (Groen et al., 2006), o entre dos grupos (control y experimental) donde uno corresponde a individuos con desarrollo típico (Purser & Jarrold, 2013). El método y protocolo propuesto en el presente trabajo entran en el ámbito

de la investigación científica, con resultados relevantes comparables a los obtenidos por investigadores y grupos de investigación en esta área de la ciencia.

Además se promueve un proceso de interacción no invasiva, con una mínima variación en la agenda de trabajo diario, que limita el tiempo de trabajo de los niños a pocas lecciones didácticas. La apertura de las autoridades, representantes legales y profesionales del ATT21, permitió la adaptación de los espacios de interacción de acuerdo con los requerimientos de MS Kinect. La aplicación *Tango:H Designer* facilitó el desarrollo de recursos didácticos de interacción a partir de los libros convencionales, personalizados para cada alumno. Los recursos diseñados y las estrategias didácticas se basan en una interacción gestual con recursos de imagen y texto que estimulan la memoria de trabajo viso-espacial, desde la cual se ha logrado un mejor aprendizaje en personas con síndrome de Down (Caselli et al., 1998; Costa et al., 2015; Christopher Jarrold & Baddeley, 1997). Según los resultados, la estimulación visual aplicada permite un aprendizaje significativo.

La forma particular de interacción que se presentó durante la *Lección 3* con *E1* y *E2* es digna de mención como una contribución complementaria. Los niños hacen bromas con las respuestas discriminando las correctas y mencionando deliberadamente los errores para indicar la respuesta correcta. Además, su comportamiento ha sido evaluado cualitativamente a través de la observación descriptiva. Es visible que el estudiante se divierte durante la interacción y que tiene un dominio del tema. Para Sadurní et al. (Sadurní, Rostán, & Serrat, 2003) este comportamiento corresponde a las habilidades metalingüísticas, lo que implica no sólo la capacidad de usar el lenguaje, sino también de pensarlo, jugarlo, expresarlo, analizar sus componentes y hacer juicios. El pensamiento metalingüístico está presente en el acto de bromear con las palabras, separando lo que se dice del significado. Esta forma de pensar para Mathew Lipman (1998) está enmarcada en el pensamiento complejo o de orden superior, donde la expresión de sentimientos es un elemento fundamental en el proceso de creación del pensamiento filosófico multidimensional que lleva al niño a la madurez cognitiva. Groen et al. (2006) comparten

un caso excepcional de comprensión de lectura en una niña con DS, obteniendo un desarrollo significativo de habilidades fonológicas y memoria de trabajo visual y verbal. Otro caso relacionado es el de Lecas et al. (2011), quien con base en un niño de 17 años con DS, dijo que estimular la memoria visual es capaz de compensar el déficit verbal, necesario para la comprensión lectora. Este caso es diferente y para explicarlas se requiere un análisis especial para ser compartido posteriormente. Lograr este grado de aprendizaje es un resultado notable y digno de compartir preliminarmente a la comunidad científica en los campos de la pedagogía, la psicología del aprendizaje y las tecnologías educativas aplicables a las personas con SD.

En un contexto general, recomendamos estimular el trabajo didáctico en el aula desde entornos de interacción gestual, como una de las estrategias de trabajo complementarias para lograr las habilidades de comprensión de lectura. Dado que no es un estudio inferencial y que es un área de investigación emergente, somos conscientes de que investigadores anteriores han obtenido resultados opuestos a los nuestros (Visu-Petra et al., 2007). Por lo tanto, es necesario continuar el estudio con una población más amplia y considerando otras variables, que relacionan otros aspectos del aprendizaje y diversas áreas de la ciencia.

#### **4.2.6. Conclusiones**

En este trabajo se describe un estudio sobre la mejora del aprendizaje de las habilidades de lectura en estudiantes de DS mediante una interacción gestual y recursos educativos personalizados. Resaltan los siguientes hallazgos principales:

- Los tiempos de interacción en espacios de aprendizaje basados en dispositivos de interacción gestual y recursos personalizados para estudiantes con SD disminuyen significativamente entre lecciones sobre los mismos contenidos temáticos; esto implica mejorar las habilidades de lectura. Estos resultados

representan una contribución real y significativa a las ciencias afines: la psicología del aprendizaje, la pedagogía y la interacción hombre-ordenador.

- Estimular la memoria de trabajo viso-espacial de entornos de interacción gestual y recursos personalizados es una estrategia didáctica que mejora significativamente las habilidades de lectura en niños con SD.
- Con la metodología aplicada, los estudiantes presentan características de aprendizaje de orden superior, reflejadas en habilidades metalingüísticas, no obtenidas en estudios previos con estimulación periódica de tan poco tiempo. Los niños bromeaban con las respuestas discriminando las correctas y mencionando deliberadamente los errores.
- Los usuarios aprenden rápidamente a interactuar con los recursos didácticos de la plataforma de interacción gestual. Esto se evidencia por la continua disminución de los errores no cognitivos presentados en las sesiones iniciales; también tienden a desaparecer a medida que avanza el proceso de experimentación, con mejoras en sus habilidades de interacción gestual.
- El ruido presente durante la intervención debido a errores con HCI Kinect y/o el sistema Tango:H, causado por situaciones ambientales o limitantes de los sensores, afecta directamente al comportamiento del alumno en la sesión específica

Como limitaciones del estudio, encontramos la posibilidad de tener un historial académico específico del aprendizaje de la lectura de cada uno de los participantes del estudio. Esto nos permitiría hacer una comparación lineal entre los avances del aprendizaje tradicional en relación con lo alcanzado en este período experimental. Sería de gran interés también tener otras variables fisiológicas y sensoriales para conocer la variación que tiene el individuo durante los procesos de estimulación con la interacción

gestual con Tango:H. Otro factor a considerar es que el proceso experimental no forma parte de la planificación curricular general de la Asociación de Down Tenerife ATT21. Así, se ha propuesto a los directores considerar la opción de mantener un laboratorio de estimulación continua, como parte de la planificación académica anual. De esta forma el personal docente de la institución puede ser una parte integral de este proceso, y los estudiantes pueden tener más espacios de aprendizaje. A medida que se van agregando más trabajos a la plataforma de interacción, la aplicación irá personalizando automáticamente los recursos de aprendizaje sobre la base de las habilidades de interacción que cada estudiante, así como el estado emocional que su muestra durante la interacción.

#### ***4.2.7. Financiamiento***

Este estudio fue posible gracias a la beca para estudios doctorales otorgada por Fundación Carolina y UTPL desde el año 2014; a la Asociación Down Tenerife, que nos ha abierto las puertas de su aulas para el desarrollo técnico y pedagógico de esta investigación; a ITER Canarias y al grupo de investigación ITED de la ULL, por facilitar el software Tango:H, herramienta base de esta investigación; y al grupo de investigación i+IPC de la UTPL.

### **4.3. APTITUDES COGNITIVAS VISO-MOTORAS**

#### **4.3.1. Resumen**

El Síndrome de Down provoca en la persona una reducción en sus capacidades cognitivas, siendo la viso-motora una de las más sensibles, y desde la cual se han logrado mejores aprendizajes. En este trabajo nos hemos centrado en esta habilidad y, a partir de ella, conseguido estimular un mejor aprendizaje. La propuesta se basa en la estimulación de las aptitudes cognitivas viso-motoras de niños con SD a través de recursos didácticos con soporte en la plataforma de interacción gestual *Tango:H*. Para validar la propuesta, se ha diseñado un estudio quasi-experimental con un grupo control y otro experimental, con edades cognitivas similares. Al grupo experimental se le realiza una estimulación cognitiva visual con recursos didácticos diseñados en la plataforma *Tango:H Designer*. Esta plataforma está diseñada para la interacción gestual, utilizando el movimiento de manos, brazos, pies y cabeza, y por tanto, permite la estimulación cognitiva viso-motora. A ambos grupos se les aplicó como pre-test y post-test el instrumento "Illinois Test of Psycholinguistic Abilities (ITPA)" en sus cuatro secciones referentes: comprensión visual, memoria secuencial viso-motora, asociación visual e integración visual. Se han realizado dos comprobaciones, una a través de la comparación longitudinal pre-test/pos test de grupo experimental, y otra, a través de la comparación de la diferencia de medias de pre-test/pos test. Asimismo, se ha utilizado una metodología observacional de las sesiones de trabajo del grupo experimental. Aunque los resultados estadísticos no muestran diferencias significativas entre ambos grupos, los resultados de las observaciones sí muestran la mejora en aptitudes cognitivas visomotoras.

### **4.3.2. Introducción**

#### **4.3.2.1. Síndrome de Down y Aptitudes Cognitivas Viso-Motoras**

El Síndrome de Down (DS) es un desorden genético que provoca una reducción en las capacidades cognitivas en diferentes grados (Nadel, 2003), siendo la viso-motora una de las más sensibles, y a la vez desde la cual se ha conseguido estimular un mejor aprendizaje (García M., Bello M., & Martín M., 2010; Christopher Jarrold & Baddeley, 1997; Torres-Carrion & González-González, 2016b; Visu-Petra et al., 2007). Esta capacidad ha sido poco estimulada en ámbitos de educación formal en niños con DS, pese al continuo desarrollo de nuevas tecnologías que facilitan la interacción con programas de computador a través de gestos: manos, brazos, piernas, rostro, dedos y motricidad corporal en general, detallados en el estándar *ISO 9241-960: Ergonomics of human-system interaction-part 960: framework and guidance for gesture interactions* (ISO, 2015b; Tongda, Xiao, Yueting, & Hamid, 2014; Torres-Carrion & González-González, 2016a).

En forma general las aptitudes cognitivas viso-motoras (ACVM) refieren a la habilidad de integrar la visión con el sistema motor, necesaria para cumplir con acciones motrices guiadas visualmente (Gento Palacios & Sánchez Manzano, 2009); como ejemplo están los espacios de interacción gestual por computador a través de tabletas, donde se requiere seleccionar objetos de aprendizaje en ambientes de interacción por medio de gestos naturales para el individuo (González-González et al., 2015). Estos ejercicios de pensamiento y razonamiento visual son parte de actividades de aplicación selectiva, discriminativa y de clasificación, que permiten entrenar las habilidades cognitivas de atención, razonamiento y lógica (Buckner & Wheeler, 2001); son visibles en el *working memory model* (A. D. Baddeley & Hitch, 1974) de Baddeley y Hitch, en donde tanto la información verbal como visuo-espacial requieren de sistemas separados para su mantenimiento en el corto plazo, haciendo necesarias estrategias didácticas paralelas desde estos dos sistemas para promover un mejor aprendizaje. Desde este contexto y

haciendo referencia a la población con SD, estimular las ACVM es estratégico para potenciar una de sus áreas desde la cual se promueve un mejor aprendizaje.

Se han realizado varios estudios para estimular y medir las ACVM en población con SD (Robin S Chapman, Hesketh, & Kistler, 2002; Christopher Jarrold & Baddeley, 1997; Pacanaro, Santos, & Suehiro, 2008; Sun & Buys, 2013). Como herramienta de medición y validación en el contexto metodológico, se ha evaluado las capacidades cognitivas y motoras utilizando el Test No Verbal de Inteligencia (TONI) diseñado para sujetos entre 6 y 10 años; el contenido de este test es independiente del lenguaje, al estar compuesto por figuras abstractas que no requieren lectura, escritura, hablar o escuchar (Pacanaro et al., 2008). Chapman et al. miden el rendimiento al inicio del estudio y trayectoria de crecimiento, ajustando las curvas de crecimiento lineal para medidas simultáneas de cada individuo de *non-verbal visual cognition* (Pattern Analysis subtest of the Stanford Binet), *visual short-term memory* (Bead Memory subtest), y *auditory short-term memory / digit span* (Robin S Chapman et al., 2002). Vicari usa el *episodic explicit memory test for visual-perception material (Spatial Sequences Learning with Corsi supraspan; explicit recognition of material studied in the Fragmented Pictures Test)* junto a otros test específicos para exponer la disociación funcional en personas con SD, demostrando que con las técnicas que estimulan la memoria implícita se obtienen resultados comparables a niños con *Desarrollo Típico* (TD) de igual edad cognitiva; los objetos que requieren procesamiento *visuo-perceptual* son parte de estas herramientas de estímulo (Vicari, Bellucci, & Carlesimo, 2000); posteriormente Vicardi corrobora estos resultados con tareas que involucran estímulos con procesamiento de datos espaciales, sin diferencia significativa en el rendimiento de DS y TD (Vicari, Bellucci, & Carlesimo, 2006). En la literatura científica no se ha encontrado estudios referentes a la validación de ACVN en población DS con estimulación a través de recursos didácticos en ambientes de interacción gestual humano-computador, razón que motiva este trabajo.

#### 4.3.2.2. El Test Illinois de Aptitudes Psicolingüísticas ITPA

El *Test Illinois para Aptitudes Psicolingüísticas* (ITPA) permite desde la evaluación de funciones psicolingüísticas implicadas en el proceso de comunicación establecer variables para determinar el grado de trastorno en diversos ámbitos del aprendizaje. Está compuesto de 12 sub-test organizando en categorías (Kirk, MacCarthy, & Kirk, 1989; Kirk et al., 2004); para los fines de este estudio y por los estímulos aplicados durante la fase de experimentación en un entorno gestual de interacción niño-computador, se ha hecho énfasis a cuatro sub-test: comprensión visual, asociación visual, integración visual y memoria secuencial visomotora.

<b>Subtests del nivel representativo</b>	<b>Subtest del nivel automático</b>
Proceso Receptivo	Pruebas de integración gramatical
Comprensión auditiva	Integración gramatical
<b><u>Comprensión visual</u></b>	<b><u>Integración visual</u></b>
Proceso de Organización	Integración auditiva
Asociación auditiva	Reunión de sonidos
<b><u>Asociación visual</u></b>	Pruebas de memoria secuencial
Proceso de Expresión	Memoria secuencial auditiva
Expresión verbal	<b><u>Memoria secuencial visomotora</u></b>
Expresión motora	

**Tabla 10.** Clasificación de subtest ITPA (Kirk et al., 1989)

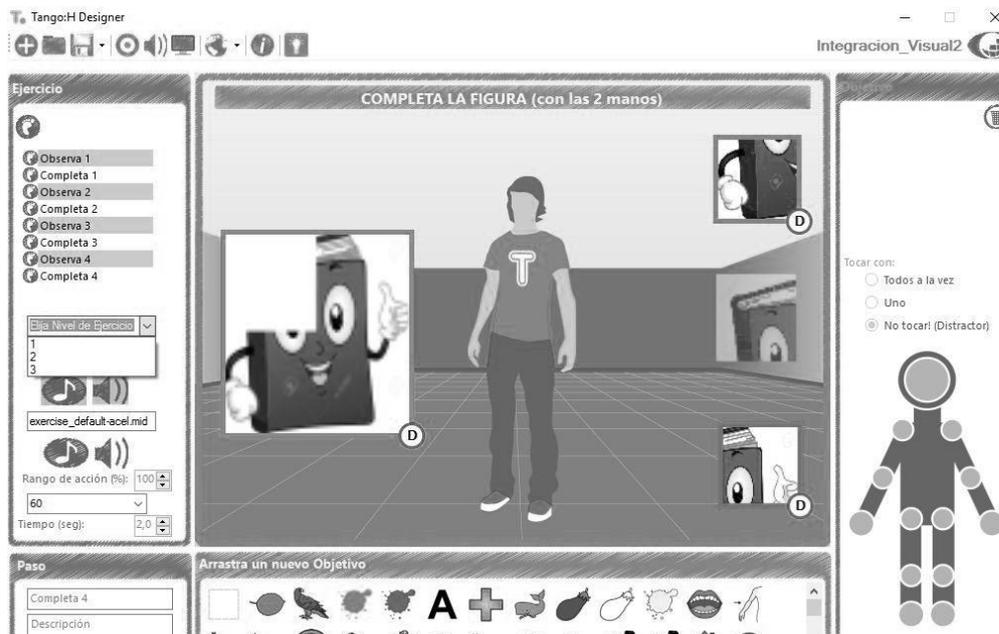
Desde su presentación a la comunidad científica en 1965 (Bilovsky & Share, 1965) ITPA ha sido la base metodológica de numerosos estudios científicos, varios de ellos con personas con SD (Caccamo & Yater, 1972; Seung & Chapman, 2000) y otras patologías como síndrome de Smith-Magenis (Garayzabal Heinze et al., 2011), examined the performance of sequential bilingual children with and without Specific Language Impairment (Girbau & Schwartz, 2008). Como en esta investigación, varios investigadores han aplicado algunos de los subtest ITPA, los han seleccionado y adaptado al problema con resultados relevantes como los obtenidos por Huber (Huber et al., 2005), donde 3-10% de todos los niños con déficit específico en el procesamiento del lenguaje pueden ser identificados por el sub-test de *Integración Auditiva*; este sub-test también se ha utilizado para relacionar las características lingüísticas de los gemelos en una adaptación japonesa del ITPA (Kobayashi et al., 2006). Su aplicación ha permitido contrastar el normal desarrollo del lenguaje en grupos (Loukusa & Leinonen, 2008) y evaluar sus habilidades lingüísticas luego de estímulos con música (Moyeda et al., 2011). Seung & Champan usan ITPA para examinar si el estado de la audición afecta el rendimiento de la memoria a corto plazo verbal-auditiva en DS; además la edad psicolingüística obtenida con ITPA ha sido uno de los parámetros para la selección de la muestra - población con discapacidad intelectual (Muñoz-Ruata, Gómez-Jarabo, Martín-Loeches, & Martínez-Lebrusant, 2000). En nuestro caso al igual que Seung & Champan también extendemos el uso de ITPA que se realiza en ATT21 para establecer como variable organizativa la edad psicolingüística de todos los alumnos.

Dentro del grupo de sub test de ITPA (Muñoz-Ruata et al., 2000), se han seleccionado los referentes específicamente a memoria viso-motora, que requieren principalmente de la habilidad de discriminación visual. La *comprensión visual* corresponde a la capacidad para obtener información desde símbolos y patrones visuales; *asociación visual* a la capacidad de analizar relaciones conceptuales que se presentan visualmente, como descubrir patrones secuenciales entre objetos; *integración visual*, a la capacidad para identificar símbolos conocidas desde una representación incompleta de los mismos; *memoria secuencial visomotora*, a la capacidad de reproducir luego de un

estímulo secuencias de símbolos (palabras, números, letras) presentados visualmente. Estas áreas se requieren poner en práctica y desarrollan habilidades de cognición, memoria asociativa, integración sensorial y discriminación visual, a través de ejercicios como: analogías visuales, ordenar símbolos simples, armar rompecabezas, desarrollar algoritmos gráficos organizando secuencias de actividades, asociación por color, etc. Estas actividades se han adaptado a ejercicios breves que permiten de forma sistemática estimular las habilidades previamente expuestas.

#### 4.3.2.3. Plataformas de Interacción Gestual

Las plataformas de interacción gestual, campo de estudio de IPO, constituyen uno de los recursos que da espacio a la adecuación de estructuras de interacción con computador a personas con alguna discapacidad o patología, como es el caso de SD. IPO como ciencia busca estándares de usabilidad (Bevan, 2001), diseño de métodos para acceso universal (Stephanidis & Antona, 2014), personalización de recursos de aprendizaje en espacios de interacción gestual (Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2016b), entre otros. El tracking viso-motor ha sido estudiado desde una perspectiva tecnológica en el diseño de sistemas IPO, para hacer más eficiente el proceso de aprendizaje, desde la adaptación y carga atencional de la coordinación mano-ojo que afecta a estos sistemas (Masia et al., 2009). Hyönä et. al en su trabajo hace un compendio de resultados de investigación sobre movimiento de ojos y su relación con diferentes disciplinas, mostrando un especial interés en el uso de eye-tracking para estímulo de funciones cognitivas de orden superior (Hyönä, Radach, & Deubel, 2003). En este ámbito, nuestro estudio hace uso de la plataforma IPO para interacción gestual llamada Tango:H (González-González, Toledo-Delgado, et al., 2013; ITER, 2013b), que permite el diseño de recursos didácticos (emparejamiento, clasificación y ordenación) y de rehabilitación física; además dispone de historial de interacción del usuario, estrategias de gamificación, evaluación objetiva de emociones básicas y personalización de recursos de interacción.



a. Ventana de Diseño.



b. Puntuación obtenida por 2 jugadores (ITER, 2013b, p. 23)

**Figura 16.** Interfaz de Plataforma Tango:H para estimulación ITPA

El editor de ejercicios (Figura7a.) permite personalizar los recursos y variables de interacción: nivel, tiempo y rango de acción. Cada ejercicio tiene una estructura propia organizada en: pasos, fases y objetivos, siendo estos últimos alcanzable en tiempo de

interacción a través de las diversas articulaciones: cabeza, hombros, brazos, manos, piernas y/o pies (Figura7a.). Para la interacción se utiliza la plataforma de usuario, que requiere el ingreso de datos personales del estudiante, importación de ejercicios y personalización acorde a las necesidades del usuario; al finalizar cada ejercicio se realiza una consulta subjetiva sobre el estado emocional durante la interacción, y se muestra los resultados en un esquema de estrellas alcanzadas; todos los puntajes son almacenados en una base de datos local para un posterior análisis (Figura1 b.)

#### 4.3.2.4. Limitantes y alcance del estudio

El estudio se limita a una valoración objetiva desde los sub-test del test ITPA referentes a ACVN, antes y después de la estimulación a través de la plataforma de interacción gestual *Tango:H* y los recursos didácticos específicamente preparados para este estudio. La población de estudio así mismo es limitada a 6 individuos (GC=3; GE=3), cuyos resultados son valorados con la metodología de estudio de casos, aplicable de forma común a poblaciones sensibles. No es objetivo del estudio inferir estos resultados para la población general con DS, sino aportar con una valoración científica una plataforma tecnológica de estimulación para mejorar la calidad de vida de esta sensible población.

#### **4.3.3. Metodología**

Este estudio al igual que los se ha propuesto desde la metodología de Torres-Carrion et al. del 2014 (Torres-Carrion, González-González, et al., 2014) y aplicada ya en parte del trabajo previamente publicado (Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2015, 2016b).

##### 4.3.3.1. Selección de muestra

Se pretende medir la variación en la memoria viso-motora luego de la estimulación con recursos didácticos lúdicos personalizados, diseñados para la plataforma

Tango:H y aplicados a una población (n=6) seleccionada bajo criterio específico de los docentes, psicólogo y fisioterapeuta en la ATT21. La población se ha dividido en dos grupos: Experimental (EG, n=3, EPL=5.33, SD=1.25) y Control (CG, n=3, EPL=5.03, SD=0.86), en donde el primero ha sido estimulado desde la plataforma Tango:H con interacción gestual, y el grupo control trabaja de forma cotidiana en el aula de clase. Para fines éticos y legales, se cuenta con la autorización de los representantes legales de cada estudiante, así como de las autoridades de la institución.

#### 4.3.3.2. Pregunta de investigación e hipótesis

Para esto se ha planteado la siguiente pregunta de investigación para guiar este estudio:

*¿La estimulación con estrategias didácticas desde un entorno de interacción gestual por computador, mejora la memoria viso-motora en alumnos con Síndrome de Down?*

Para darle respuesta se realiza una comparativa de las mediciones realizadas intra e inter grupos, desde la metodología pre test - experimentación (estimulo) - pos test. En el primer caso ( $hA_0$ ) se realiza un estudio longitudinal repetitivo de 4 sesiones durante un mes, una cada semana; se complementa con un estudio comparativo entre EG y CG para medir la variación entre grupos ( $hB_0$ ). Las hipótesis a validar son:

*$h3A_0$ : La capacidad de memoria viso-motora en alumnos con Síndrome de Down no mejora luego de la estimulación con estrategias didácticas desde un entorno de interacción gestual por computador.*

*$h3B_0$ : La variación de capacidad de memoria viso-motora en alumnos con Síndrome de Down luego de ser estimulada con estrategias didácticas desde un entorno de interacción gestual por computador, no es mayor que la de un grupo con estímulo habitual en el aula de clase*

#### 4.3.3.3. Toma de Datos

Se aplica a todos los estudiantes cuatro subtest del test ITPA que corresponden a la validación de la memoria viso-motora: comprensión visual, asociación visual, integración visual y memoria secuencial viso-motora (ver Tabla5). La aplicación es de forma individual por una profesional del área de Logopedia de la institución, siguiendo los protocolos establecidos en los manuales de ITPA para aplicación y corrección.

En *Tango:H Designer* se desarrollan tres grupos de ejercicios(archivos .tica - ver Tabla 1) con 5 ejercicios cada uno, donde se presenta en primer momento un patrón a seguir y en la siguiente pantalla se pide una respuesta relacionada al patrón previo; cada grupo de ejercicios estimula uno de los factores base de ACVM (ver Tabla1), y todos los tres grupos la comprensión visual. Los recursos se aplican de forma iterativa durante todas las lecciones, durante un mes (4 lecciones), con una lección semanal de aproximadamente 20 minutos.

---

#### Pantalla capturada de recursos

#### Detalle



Determinar el patrón de una secuencia, seleccionando de forma correcta cada elemento, previa determinación del patrón existente; el alumno recorre todos los elementos del patrón, ubicando sus dos manos sobre cada objeto durante 2 segundos. En el primer *paso* se muestra el patrón de secuencia (parte alta), y en el siguiente el alumno debe descubrir la secuencia desde objetos similares (parte baja)

Asociación  
Visual

---

a. **Secuencia de ejercicios de Asociación Visual**

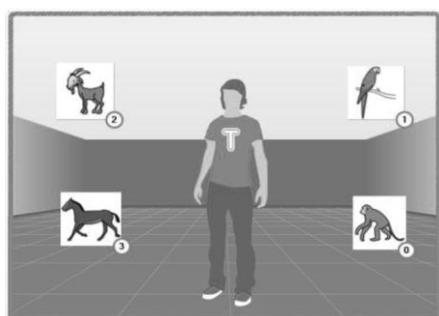
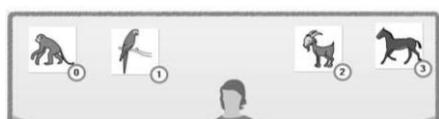
---



Se muestra en primer momento una imagen que el alumno debe seleccionar con ambas manos durante dos segundos, intentando recordarla; se presenta en el siguiente *paso* la imagen anterior con un espacio para completar como un puzzle, cuya pieza faltante la debe escoger desde las opciones de la derecha.

Integración visual

b. **Ejercicio de Integración visual**



Se han ubicado en la parte superior los objetos en orden, los cuales tienen que ser seleccionados juntando las dos manos sobre cada objeto durante el tiempo de 2 segundos; posteriormente se muestra un nuevo *paso* con las figuras desordenadas, para que el alumno las vaya seleccionando de una en una siguiendo el orden anterior; los primeros 3 *pasos* de han hecho con números, los siguientes con imágenes de animales que resultan conocidos para los estudiantes. Se va incrementando la complejidad conforme avanza.

Memoria secuencial visomotora

c. **Ejercicio de Memoria Secuencial visomotora.**

---

**Tabla 11.** Ejercicios para estimulación viso-motora

Se aplica además la metodología observacional en todas las lecciones de trabajo con GE, para evaluar de forma longitudinal los avances entre cada lección, por cada individuo y sesión. La observación la realizan: el profesor experto en logopedia (*E1*), psico rehabilitador (*E2*), profesor de clase de lengua (*E3*), que junto al ingeniero informático conforman el grupo de expertos (*E4*). Se hace una observación científica participante, directa y por individuo, con una valoración grupal promedio y por consenso. Se trabaja con el grupo de expertos durante todo el período de preparación, experimentación y análisis de resultados. El conocimiento que tiene cada uno de los expertos sobre los individuos es un aporte significativo, ya que relacionan cada hecho desde eventos y actitudes del individuo. Se mide variables correspondientes al número de errores, comprensión del patrón mostrado, tiempo necesario para cada actividad, fluidez, mejoras en movimiento observadas, nivel de confianza (seguridad al señalar la respuesta). Se pone atención a las habilidades para expresarse y transmitir su comprensión, tanto gestual como verbal.

<b>Variables para metodología observacional</b>
<p><u>Desde plataforma TangoH</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo para cumplir tarea (por sesión y lección)</li> <li>• Errores en interacción (por sesión y lección)</li> </ul> <p><u>Observación científica</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluidez (desde escala de Likert [1:muy baja – 5:muy alta] )</li> <li>• Comprensión del patrón mostrado (desde escala de Likert [1:muy baja – 5:muy alta] )</li> <li>• Nivel de confianza-seguridad en las respuestas (desde escala de Likert [1:muy baja – 5:muy alta] )</li> </ul>

**Tabla 12.** Variables para metodología observacional de estimulación viso-motora

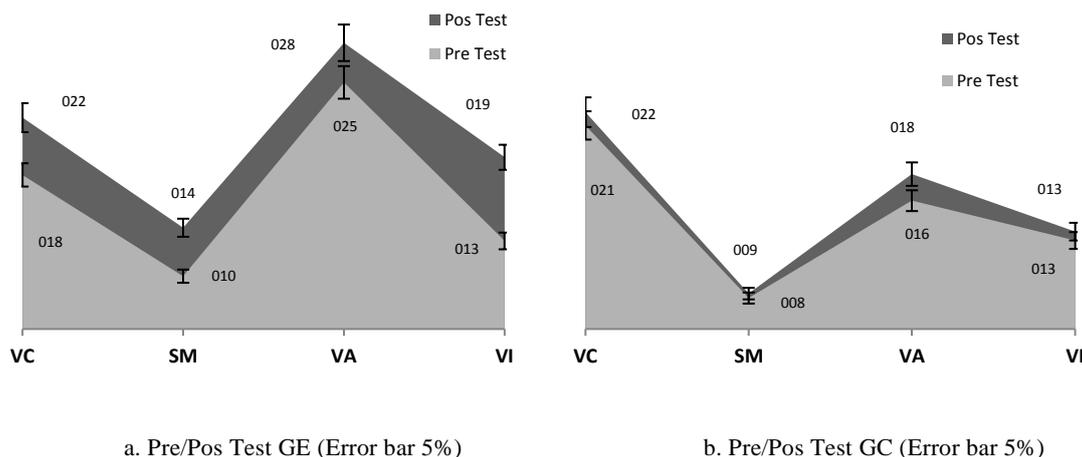
#### 4.3.4. Resultados

Alumnos	Estímulo Tango:H				Tiempo Total (mm:ss)	Pre-test		Pos test	
	Lecciones	Ejercicio 1	Ejercicio 2	Ejercicio 3		CV= comprensión visual. MSV= memoria secuencial visomotora.		AV= Asociación Visual. IV= Integración visual.	
						Puntuación Directa	EPL	Puntuación Directa	EPL
GE_1	4	4	4	4	76:42	CV: 11 MSV: 12 AV: 26 IV: 12	4-0 7-2 7-4 3-0	CV: 19 MSV: 12 AV: 28 IV: 14	5-6 7-2 7-10 3-1
GE_2	4	4	4	4	71:36	CV: 25 MSV: 10 AV: 30 IV: 12	7-10 6-3 8-7 3-0	CV: 25 MSV: 19 AV: 31 IV: 22	7-10 10 8-11 4-5
GE_3	4	4	3	4	73:21	CV: 17 MSV: 8 AV: 18 IV: 14	5-0 5-9 5-8 3-1	CV: 22 MSV: 10 AV: 24 IV: 21	6-7 6-3 6-11 3-9
GC_1	0	0	0	0	0:0	CV: 21 MSV: 10 AV: 15 IV: 12	6-2 6-3 4-9 3-0	CV: 21 MSV: 10 AV: 15 IV: 12	6-2 6-3 4-9 3-0
GC_2	0	0	0	0	0:0	CV: 25 MSV: 10 AV: 16 IV: 13	7-10 6-3 5-1 3-1	CV: 25 MSV: 10 AV: 20 IV: 13	7-10 6-3 6-3 3-1
GC_3	0	0	0	0	0:0	CV: 18 MSV: 5 AV: 16 IV: 13	5-3 4-9 5-1 3-1	CV: 21 MSV: 6 AV: 18 IV: 15	6-2 5-1 5-8 3-2

**Tabla 13.** Resultados Generales ITPA en pre test y pos test

En la Tabla 10 se muestran los resultados en resumen de la aplicación de los cuatro sub-test de ITPA. La variación en la Puntuación Directa (PD) es considerable en todos los subtest del GE (Figura 2a) y reducida en GC (Figura 2b). Solamente en dos casos no se ha visto cambios en GE, en MSV de GE\_1 y en CV de GE\_2; así mismo, pese a no haber sido parte del programa de estimulación, en GC\_3 se han visto mejoras en los resultados de todos los sub-test, y en GC\_2 en AV.

Los reportes gráficos visibilizan la variación entre las medias de la puntuación directa de los cuatro sub test, mostrando la tendencia de crecimiento entre pre test y pos test, que es mayor en GE (Figura2.a). Esta mejora en la puntuación directa luego de la estimulación con recursos didácticos es visible en todos los sub test de GE, siendo mayor en *Integración Visual* ( $x_2-x_1=6,33$ ) y menor en *Asociación Visual* ( $x_2-x_1=3,00$ ).



**Figura 17.** Resultados Pre/Pos Test de sub-test ITPA en GE y GC

Para obtener los resultados que permitan validar  $h_3A_0$ , se aplica el estadístico T-Student para muestras relacionadas y un análisis descriptivo basado en medidas de tendencia central (media y desviación estándar). Como se observa en la Tabla 3, en ninguno de los casos la diferencia es estadísticamente significativa ( $GL=2$ ).

En el caso de  $h_3B_0$ , se aplica el estadístico T-Student para muestras independientes entre las diferencias de medias del pre test y pos test de ambos grupos, e igual que en el caso anterior se comparan la variación en PD de los cuatro subtest (ver Tabla 5). En todos los casos se comprueba que pese a existir una diferencia visible, no es estadísticamente significativa ( $GL=2$ ), superando p-valor de todos los pares la significancia al 95% esperado; se requiere para este caso de comparativas estadísticas the Levene's Test, que mide la igualdad de varianzas como precondition para la aplicación de t-student en muestras independientes.

Paired Samples Statistics					Paired Differences			t	Sig. (2-tailed)
Sub test ITPA	Mean	N	SD	S. Error Mean	Mean	SD	S. Err. Mean		
Pair 1	Visual Comprehension Pos	22,00	3	3,000	1,732				
	Visual Comprehension Pre	17,67	3	7,024	4,055	4,333	4,041	2,333	1,857 0,204
Pair 2	Sequential Memory Visuomotor Pos	13,67	3	4,726	2,728				
	Sequential Memory Visuomotor Pre	10,00	3	2,000	1,155	3,667	4,726	2,728	1,344 0,311
Pair 3	Visual Association Pos	27,67	3	3,512	2,028				
	Visual Association Pre	24,67	3	6,110	3,528	<b>3,000</b>	2,646	1,528	1,964 0,188
Pair 4	Visual Integration Pos	19,00	3	4,359	2,517				
	Visual Integration Pre	12,67	3	1,155	0,667	<b>6,333</b>	4,041	2,333	2,714 0,113

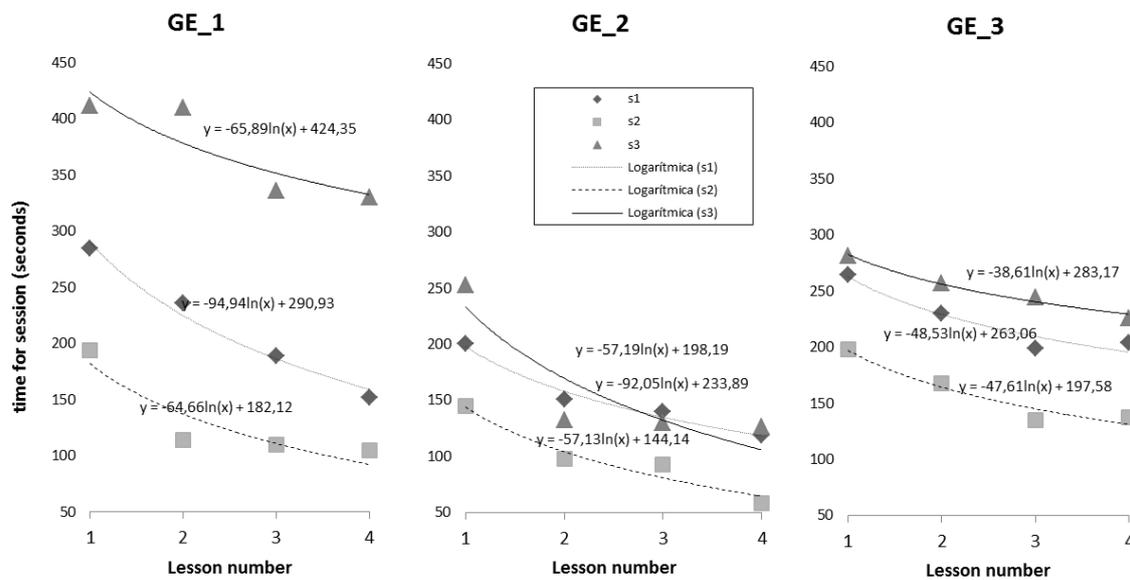
**Tabla 14.** Estadísticos de tendencia central y T-Student relacional en GE sobre ITPA

		Levene's Test		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Dif.	95% CI of the Difference	
									Lower	Upper
VC	Equal variances assumed	1,750	,256	1,313	4	,259	3,333	2,539	-3,715	10,382
	Equal variances not assumed			1,313	2,711	<b>,289</b>	3,333	2,539	-5,256	11,923
SMV	Equal variances assumed	8,522	,043	1,213	4	<b>,292</b>	3,333	2,749	-4,298	10,965
	Equal variances not assumed			1,213	2,060	,346	3,333	2,749	-8,171	14,838
VA	Equal variances assumed	,571	,492	,522	4	,629	1,000	1,915	-4,316	6,316
	Equal variances not assumed			,522	3,723	<b>,631</b>	1,000	1,915	-4,476	6,476
VI	Equal variances assumed	3,028	,157	2,335	4	,080	5,667	2,427	-1,071	12,404
	Equal variances not assumed			2,335	2,324	<b>,127</b>	5,667	2,427	-3,495	14,829

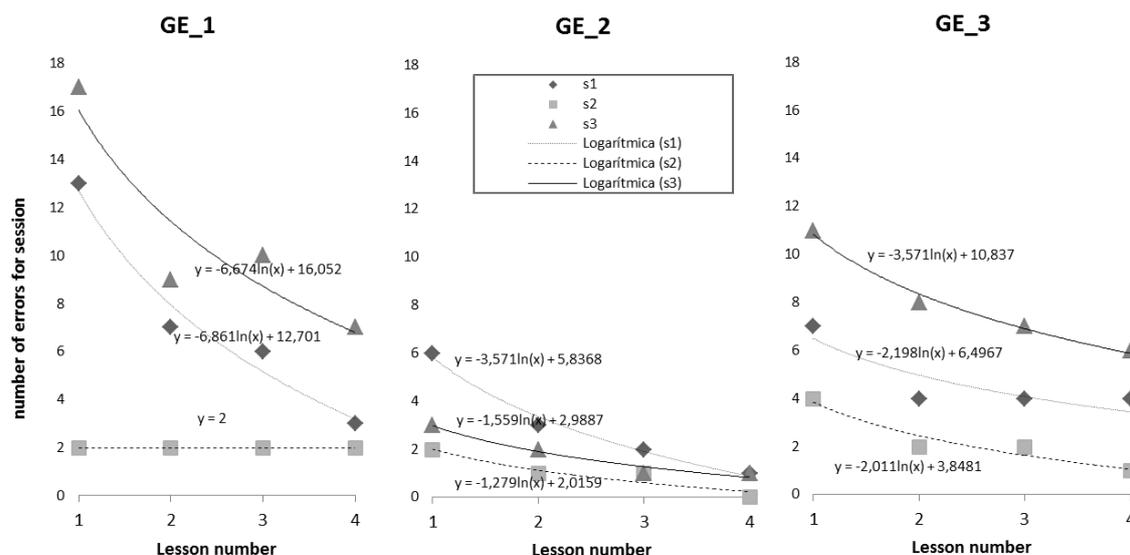
**Tabla 15.** Test aplicado a grupo de Control.

Se realiza además la valoración del aprendizaje y habilidades visomotoras durante la intervención a través del método observacional de GE en un proceso longitudinal con GE, teniendo en cuentas las variables expuestas en *Tabla 10*.

La variable *tiempo* que cada individuo necesitó para cumplir con la tarea de estimulación, tiende en todos los casos a disminuir entre cada lección (variación=1 semana). Para obtener la ecuación del comportamiento de la variable, se obtiene un resultado basado en logaritmo al adaptarse de mejor forma a la curva de comportamiento. En los tres casos y en los tres tipos de ejercicios hay una variación decreciente, que indica que el individuo adquiere una destreza y conocimiento respecto del recurso; Esta variación tiende a ser mayor entre la primera y segunda lección. La diferencia promedio entre la primera y última lección por cada individuo es: GE\_1= 101 seg; GE\_2= 98 seg; GE\_3= 59 seg, siendo en todos los casos superior esta diferencia en los ejercicios propuestos en la sesión1, que corresponde a asociación visual.



**Figura 18.** Variación del tiempo que cada individuo de GE necesita para cumplir con tareas



**Figura 19.** Variación de errores cometidos por cada individuo de GE durante estimulación

El comportamiento de la variable *errores* cometidos durante la estimulación, tiene una curva que se relaciona a la variable *tiempo*, es decir que tiene una variación decreciente entre las lecciones de estimulación. La variación en los errores cometidos entre la primera y segunda lección es más marcado que en la variable tiempo; con excepción de la sesión 1 en GE\_1, que se mantiene constante durante las cuatro lecciones ( $y=2$ ).

La observación de los expertos, pese a ser considerada una apreciación subjetiva, permite desde su conocimiento fortalecer nuestra comprensión sobre la incidencia del estímulo en las destrezas del individuo. Todas las variables tienen al crecimiento, si se hace una comparación entre la primera y última lección. El individuo con un mejor desempeño es GE\_2 que disfruta durante toda la interacción y tiene un dominio de la plataforma y de los recursos de aprendizaje, llegando a alcanzar cinco en la escala de Likert en las tres variables consideradas. GE\_1 muestra un cambio con tendencia a la mejora, sin embargo no sobrepasa una valoración final mayor a cuatro. En el caso de

GE\_3 es visible una mejora, sin embargo la curva de aprendizaje no es constante; en este caso hay que indicar que los cambios emocionales influyeron en la lección final, que provocó una disminución entre la tercera y cuarta lección.

Usuario	Variables	Lecciones (valoración Likert: 1 bajo-5 alto)			
		L1	L2	L3	L4
GE_1	Fluidez	2	3	4	4
	Comprensión de Patrón	2	3	4	4
	Nivel de Confianza	2	4	3	3
GE_2	Fluidez	4	5	5	5
	Comprensión de Patrón	3	4	5	5
	Nivel de Confianza	4	5	5	5
GE_3	Fluidez	2	3	4	3
	Comprensión de Patrón	1	2	3	3
	Nivel de Confianza	1	3	3	2

**Tabla 16.** Variables de observación de expertos

#### 4.3.5. *Discusión*

La ACVM ha sido validada por varios investigadores como el punto sensible para lograr mejores aprendizajes en personas con SD. Con el afán de encontrar herramientas que fortalezcan la base del aprendizaje de esta sensible población, se plantea la pregunta que da inicio a este estudio: ¿La estimulación con estrategias didácticas lúdicas desde un entorno de interacción gestual por computador, mejora la memoria viso-motora en alumnos con DS? Los resultados son satisfactorios al observar mejoras considerables en GE (+3,00 a +6,33 DP). Sin embargo, los resultados

estadísticos t-Student para muestras relacionadas en  $h3A_0$  e independientes en  $h3B_0$ , con un intervalo de confianza del 95% no demuestran una variación considerable, por lo cual se aceptan las hipótesis de igualdad de medias para ambos casos,  $h3A_0$ : *La capacidad de memoria viso-motora en alumnos con Síndrome de Down no mejora luego de la estimulación con estrategias didácticas desde un entorno de interacción gestual por computador y  $h3B_0$ : La variación de capacidad de memoria viso-motora en alumnos con Síndrome de Down luego de ser estimulada con estrategias didácticas desde un entorno de interacción gestual por computador, no es mayor que la de un grupo con estímulo habitual en el aula de clase.* Este aporte se suma al emprendido en 1965 por Bilovsky & Share (Bilovsky & Share, 1965) para determinar si hay un estilo cognitivo característico para niños con SD.

Hay una variación creciente en algunos casos de CG, que corresponde al desarrollo cotidiano que tiene cada niño por el estímulo recibido de su entorno. Cabe indicar que los alumnos participantes en esta investigación asisten a instituciones de educación general, y en la institución que da apertura al estudio reciben estimulación complementaria; por tanto son grupos dinámicos con diversas fuentes de enseñanza. Esto es común a toda la población de estudio, por tanto no influye con el equilibrio de estimulación recibida adicionalmente a la explícita del estudio.

Los sub-test de ITPA han permitido de forma metodológica corroborar las variaciones que han tenido los estudiantes respecto de ACVM. El ITPA al igual que TONI(Pacanaro et al., 2008) hacen uso de figuras y formas para validar el grado de desarrollo cognitivo y viso-motor del estudiante. Es posible afirmar que los sub-test de ITPA han resultado adecuados para validar la variación de ACVM luego de la estimulación a través de recursos didácticos en ambientes de interacción gestual humano-computador.

La plataforma de interacción Tango:H ha permitido el diseño adecuado de recursos, así como la aplicación de los mismos de forma personalizada a cada uno de los

estudiantes de GE; esta investigación corrobora los trabajos realizados para validarla (González-González, Toledo-Delgado, et al., 2013; ITER, 2013b; Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2016b), ampliando su bagaje de aplicabilidad en estimulación para ACVM de niños con SD. En complemento, para los tiempos de estimulación ( $t_{SM}=18:18m$ ,  $t_M=73:53$ ,  $SD=2.09$ ), la cantidad y diseño de recursos resultaron adecuados.

#### **4.3.6. Conclusiones**

- Los resultados obtenidos con un nivel de confianza del 95% en ninguno de los casos corroboran una diferencia estadísticamente significativa, por lo cual se acepta las hipótesis nulas  $h_{A_0}$  y  $h_{B_0}$ . En términos generales, la estimulación con recursos didácticos lúdicos desde una plataforma de interacción gestual no influye de manera significativa en ACVM.
- Los reportes gráficos visibilizan que el ACVM ha mejorado en todos los subtest aplicados a GE, por lo que se sugiere aplicar los recursos con una población más numerosa, incrementando también la fase de estimulación.
- Trabajar con los sub-test ITPA ha permitido sostener el trabajo en una metodología estandarizada, y evaluar en contexto científico la funcionalidad de estrategias didácticas basadas en estimulación gestual.

La plataforma Tango:H ha permitido diseñar y poner en práctica recursos digitales para interacción gestual, ampliando a su bagaje de utilidades, la estimulación de ACVM en niños con SD. El diseño de los recursos ha sido relativamente sencillo y la presentación de recursos para su estimulación ha permitido la aplicación didáctica de estos recursos. Este corresponde el tercero de los estudios referentes al análisis de la variación del aprendizaje de niños con SD con herramientas de interacción gestual, estimulando su memoria viso-espacial, con muy buenos resultados en todos los casos.

#### **4.3.7. *Financiamiento***

Este estudio fue posible gracias a la beca para estudios doctorales otorgada por Fundación Carolina y UTPL desde el año 2014; a la Asociación Down Tenerife, que nos ha abierto las puertas de su aulas para el desarrollo técnico y pedagógico de esta investigación; a ITER Canarias y al grupo de investigación ITED de la ULL, por facilitar el software Tango:H, herramienta base de esta investigación; y al grupo de investigación i+IPC de la UTPL.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

#### 5.1. Conclusiones

El estudio ha sido extenso, y aún hay mucho por analizar, en especial por la riqueza de los datos obtenidos y lo importante de los resultados. Se ha propuesto tres documentos expuestos todos en el capítulo 5 de este informe, cuyos objetivos hemos considerado de atención mediata en el proceso de investigación: memoria de trabajo, aprendizaje de habilidades lectoras y estimulación cognitiva viso-motora. La metodología base ha sido la expuesta en el capítulo 4, y ya previamente publicada en el congreso Interacción 2014 efectuado en Puerto de la Cruz-Tenerife (Torres-Carrion, Gonzalez-Gonzalez, et al., 2014). Los resultados de forma general confirman en todos los casos que la interacción gestual con recursos didácticos personalizados desde la plataforma *Tango:H*(ITER, 2013a, 2013b) con características de gamificación(González-González, Toledo-Delgado, et al., 2013), han mostrado mejoras en cada una de las variables medidas, y siguiendo las metodologías y validaciones estadísticas correspondientes. A continuación a modo de resumen se exponen las conclusiones generales del estudio, tomadas de cada uno de estos y para facilitar la lectura de este informe.

- La mejora en el grado de recuerdo es significativa, incrementando de forma exponencial conforme se avanza en las lecciones, con un incremento significativo en *RpL* (imágenes y texto) con un grado de confianza del 99,95%, alcanzando en el 33% de los casos un recuerdo del 100%. Estos resultados

superan a otros expuestos durante el estudio, realizados en poblaciones con SD pero en ningún caso con recursos didácticos de interacción gestual.

- No hay una diferencia significativa de aprendizaje ante el estímulo con objetos de texto con respecto a aquellos de imagen, al no haber diferencia estadística significativa entre la función de varianza de la curva de aprendizaje de texto ( $y=0,2962x + 0,0363$ ;  $R^2 = 0,9925$ ) e imagen ( $y=0,2362x + 0,2321$ ;  $R^2=0,9785$ ), aunque es visible un mayor grado de recuerdo en los recursos de texto.
- Los tiempos de interacción en espacios de aprendizaje basados en dispositivos de interacción gestual y recursos personalizados para estudiantes con SD disminuyen significativamente entre lecciones sobre los mismos contenidos temáticos; esto implica mejorar las habilidades de lectura. Estos resultados representan una contribución real y significativa a las ciencias afines: la psicología del aprendizaje, la pedagogía y la interacción hombre-ordenador.
- Los usuarios aprenden rápidamente a interactuar con los recursos didácticos de la plataforma de interacción gestual. Esto se evidencia por la continua disminución de los errores no cognitivos presentados en las sesiones iniciales; también tienden a desaparecer a medida que avanza el proceso de experimentación, con mejoras en sus habilidades de interacción gestual.
- Desde la valoración estadística, la estimulación con recursos didácticos lúdicos desde una plataforma de interacción gestual no influye de manera significativa en ACVM. Sin embargo los reportes gráficos visibilizan que el ACVM ha mejorado en todos los subtest aplicados a GE, por lo que se sugiere aplicar los recursos con una población más numerosa, incrementando también la fase de estimulación. Esto se suma a los resultados del estudio de observación llevado

por los profesionales de la institución quienes exponen un cambio considerable entre uno y otro grupo de estudio.

- Los usuarios aprenden rápidamente a interactuar con los recursos didácticos de la plataforma de interacción gestual. Esto se evidencia por la continua disminución de los errores no cognitivos presentados en las sesiones iniciales; también tienden a desaparecer a medida que avanza el proceso de experimentación, con mejoras en sus habilidades de interacción gestual.
- La personalización de recursos acorde al grado cognitivo de cada alumno, se alcanza por la flexibilidad de diseño y arquitectura de interacción de TangoH en su aplicación de diseño y de cliente.
- Estimular la memoria de trabajo viso-espacial de entornos de interacción gestual y recursos personalizados es una estrategia didáctica que mejora significativamente las habilidades de lectura en niños con SD, la memoria de trabajo y ACVM.
- El ruido presente durante la intervención debido a errores con HCI Kinect y/o el sistema Tango:H, causado por situaciones ambientales o limitantes de los sensores, afecta directamente al comportamiento del alumno en la sesión específica.

Como limitaciones de los estudios, se expone la posibilidad de tener un historial académico específico del aprendizaje de cada uno de los participantes del estudio. Esto nos permitiría hacer una comparación lineal entre los avances del aprendizaje tradicional en relación con lo alcanzado en este período experimental. Otro factor a considerar es que el proceso experimental no forma parte de la planificación curricular general de la Asociación de Down Tenerife ATT21.

## 5.2. Futuras líneas de investigación

Es recomendable así mismo para dar continuidad al proyecto la ampliación del proyecto a una población más amplia, y durante un período de tiempo mayor, de ser posible como parte del currículo de clase, diseñando recursos que permitan una continua interacción, en los espacios de aprendizaje que el docente estime oportuno acorde a los requerimientos pedagógicos del alumno. Así, se ha propuesto a los directores considerar la opción de mantener un laboratorio de estimulación continua, como parte de la planificación académica anual. De esta forma el personal docente de la institución puede ser una parte integral de este proceso, y los estudiantes pueden tener más espacios de aprendizaje

También es factible extender el estudio a personas sin el trastorno SD para hacer un estudio comparativo entre estas dos poblaciones. Estos resultados serían contrastables con los obtenidos en el estudio, y serían un segundo momento previa a la extensión de la propuesta a la población con SD de forma universal. Existen varios estudios que realizan esta comparativa, sin embargo en cuanto a la naturaleza de esta investigación con recursos didácticos de interacción gestual, y en las variables analizadas no se encuentra trabajos publicados en las bases de datos científicas.

Los resultados obtenidos son un insumo válido para plantear proyectos en *aprendizaje profundo*, que según Horizon (2017) es una tendencia a largo plazo (5 años o más) que requiere de la conjunción de pensamiento crítico, resolución de problemas, colaboración y aprendizaje personalizado, que son parte de los insumos de esta investigación. Sería de gran interés relacionar estas variables para proyectar el trabajo didáctico hacia el *aprendizaje profundo*, como una propuesta para la población con Síndrome de Down.

Desde la perspectiva tecnológica sería de gran interés también tener otras variables fisiológicas y sensoriales para conocer la variación que tiene el individuo durante los procesos de estimulación con la interacción gestual con Tango:H. Las tecnologías de

*wearables* sigue creciendo, así como la de realidad virtual y aumentada, y a la a la fecha de este informe se han presentado propuestas que son compatibles con la tecnología y variables de este estudio; Microsoft ha complementado Kinect con las gafas *Hololens* para construir tele-presencia con realidad virtual y aumentada (Windows Apps Team, 2017). Si vemos las proyecciones de Horizon (2017) del consorcio NMC, a corto plazo (1 año) refiere a los aprendizajes mixtos, con la mezcla de entornos tradicionales con nuevos entornos digitales, ya sean en vivo, con aplicaciones móviles o en la nube, y sigue primando la personalización de los entornos de aprendizaje de los estudiantes, primando siempre las singularidades de cada uno.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abascal Fernández, J., & Ríos Carrasco, M. (1998). Modelo constructivista-contextual del aprendizaje. Vygotski y Bruner. *Psicología de La Educación Y Del Desarrollo*, 401–422.
- Abt, C. C. (1987). *Serious games*. University Press of America.
- Adams Becker, S., Cummins, M., Davis, A., Freeman, A., Hall Giesinger, C., & Ananthanarayanan, V. (2017). *NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition*. Austin, Texas. Retrieved from <http://cdn.nmc.org/media/2017-nmc-horizon-report-he-EN.pdf>
- Aguado-Aguilar, L. (2001). Aprendizaje y memoria. *Revue Neurologique*, 32(4), 373–381. <https://doi.org/10.1155/NP.1999.97>
- Aguilar, J., Cerrada, M., & Hidrobo, F. (2007). A Methodology to Specify Multiagent System. In N. T. Nguyen, A. Grzech, R. J. Howlett, & L. C. Jain (Eds.), *Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications* (Vol. 4496). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72830-6>
- Ajuriagerra, J., & Marcelli, D. (1982). *Manual de Psicopatología del niño*. Toray-Masson.
- Andrade, J. (2001). *Working memory in perspective*. Philadelphia, Pa: Psychology Press.
- Angulo, M. C., Gijón, A., Luna, M., & Prieto, I. (2006). Manual de Atención al alumnado con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo derivadas de síndrome de Down. España: Junta de Andalucía.
- Aparici, R. (2016). Presentación del TFM “Contadores del Caos” de Ivan Sanchez Lopez que tuvo el honor de dirigir. La narrativa digital interactiva es un laboratorio en constante cambio... [actualización de facebook]. Retrieved November 3, 2016, from <https://www.facebook.com/robertoaparici/posts/1181700571922993>
- Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21, D. T. (2012). *Memoria 2012*. San Cristobal de la Laguna. Retrieved from <http://www.downtenerife.com/>
- Assembly, U. N. G. (1948). Universal declaration of human rights. *UN General Assembly*.
- Baddeley, A. (1992). Working Memory. *Science*, 255(5044), 556–559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Baddeley, A. (1996). The Fractionation of Working Memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93(24), 13468–13472. <https://doi.org/10.1073/pnas.93.24.13468>
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature*

- Reviews Neuroscience*, 4(10), 829–839. <https://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20(4), R136–R140. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.12.014>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47–89. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Baddeley, A., & Jarrold, C. (2007). Working memory and Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 51(12), 925–931. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2007.00979.x>
- Balcázar-Rengifo, A., Collazos, C. A., Cerón, F. H., & Gil-Iranzo, R. (2014). Interfaz Colaborativa y Emocional para Interpretar el Sentido Común. *Lámpsakos*, (12), 52–61.
- Balter, M. (2010). Evolution of behavior. Did working memory spark creative culture? *Science (New York, N.Y.)*, 328(5975), 160–3. <https://doi.org/10.1126/science.328.5975.160>
- Bardolph, M., & Coulson, S. (2014). How vertical hand movements impact brain activity elicited by literally and metaphorically related words: an ERP study of embodied metaphor. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1031. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.01031>
- Bayliss, D. M., Jarrold, C., Gunn, D. M., & Baddeley, A. D. (2003). The complexities of complex span: Explaining individual differences in working memory in children and adults. *JOURNAL OF EXPERIMENTAL PSYCHOLOGY-GENERAL*, 132(1), 71–92. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.132.1.71>
- Bergaus, M. (2015). Literature Review: ICT, SDPs and System Design for User Needs. In M. Bergaus (Ed.), *Design Issues for Service Delivery Platforms* (pp. 27–94). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-10541-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-658-10541-9_2)
- Bevan, N. (2001). International standards for HCI and usability. *International Journal of Human - Computer Studies*, 55(4), 533–552. <https://doi.org/10.1006/ijhc.2001.0483>
- Bilovsky, D., & Share, J. (1965). The ITPA and Down’s syndrome: an exploratory study. *American Journal of Mental Deficiency*, 70(1), 78.
- Bossavit, B., & Pina, A. (2014). Designing Educational Tools, Based on Body Interaction, for Children with Special Needs Who Present Different Motor Skills. In *2014 International Conference on Interactive Technologies and Games* (pp. 63–70). IEEE. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6990192>
- Bruner, J. S. (1990). *Acts of Meaning*. Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (2009). *The Process of Education, Revised Edition*. Harvard University Press.
- Buckner, R. L., & Wheeler, M. E. (2001). The Cognitive Neuroscience of Remembering.

- Nature Reviews Neuroscience*, 2(9), 624–634. <https://doi.org/10.1038/35090048>
- Caccamo, J. M., & Yater, A. C. (1972). The ITPA and Negro children with Down's syndrome. *Exceptional Children*, 38(8), 642.
- Caillois, R. (1961). *Man, Play and Games*.
- Calvo, E. M. M., Muñoz, L. M. M., González, M. C. G., & Labrada, L. A. G. (2013). La comprensión lectora de textos científicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Humanidades Médicas*, 13(3), 772–804. Retrieved from <http://www.humanidadesmedicas.sld.cu/index.php/hm/article/view/308/305>
- Carroll, J. M. (2013). Human Computer Interaction - brief intro.
- Caselli, M. C., Vicari, S., Longobardi, E., Lami, L., Pizzoli, C., & Stella, G. (1998). Gestures and Words in Early Development of Children With Down Syndrome. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 41(5), 1125. <https://doi.org/10.1044/jslhr.4105.1125>
- Castanedo, C. (1997). *Bases Psicopedagógicas de la Educación Especial*. Universidad de Oviedo. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=XcYzDIYeqyWC&pgis=1>
- Castro, C., Garcí-a, E., Ramírez, J. M., Burón, F. J., Sainz, B., Sánchez, R., ... Alcantud, F. (2011). SIeSTA: Aid Technology and e-Service Integrated System. *Advances in New Technologies, Interactive Interfaces, and Communicability*, 6616, 159–170. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-20810-2\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20810-2_17)
- Castro Lozano, C., Salcines, E., Sainz de Abajo, B., Burón Fernández, F. J., Ramírez, J. M., Zato Recellado, J. G., ... Marin, F. A. (2011). SIeSTA: From Concept Board to Concept Desktop. *Human-Computer Interaction, Tourism and Cultural Heritage*, 6529, 173–183. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-18348-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-18348-5_16)
- Cazau, P. (2000). Vocabulario de Psicología-Redpsicología. *Recuperado En Octubre*, 5, 2008.
- Chapman, R. S., Hesketh, L. J., & Kistler, D. J. (2002). Predicting Longitudinal Change in Language Production and Comprehension in Individuals With Down Syndrome: Hierarchical Linear Modeling. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45(5), 902–915. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2002/073\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2002/073))
- Chapman, R. S., Schwartz, S. E., & Bird, E. K.-R. (1991). Language Skills of Children and Adolescents With Down Syndrome. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 34(5), 1106. <https://doi.org/10.1044/jslhr.3405.1106>
- Chapman, R. S., Seung, H., Schwartz, S. E., & Bird, E. K. (2000). Predicting language production in children and adolescents with Down syndrome: the role of comprehension. *Journal of Speech, Language & Hearing Research*, 43(2), 340–350.
- Cobo Romaní, C. (2007). Modelo de aprendizaje abierto. *Innovación Educativa*, 7(41), 5–17. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/1794/179421215002/>

- Cortizo Pérez, J. C., Carrero García, F. M., Monsalve Piqueras, B., Velasco Collado, A., Díaz del Dedo, L. I., & Pérez Martín, J. (2011). Gamificación y docencia: lo que la universidad tiene que aprender de los videojuegos. Universidad Europea de Madrid. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11268/1750>
- Costa, H. M., Purser, H. R. M., & Passolunghi, M. C. (2015). Improving working memory abilities in individuals with Down syndrome: a treatment case study. *FRONTIERS IN PSYCHOLOGY*, 6, 1331. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01331>
- Coulson, S. (2015). Brain Systems for Action Perception in Understanding Co-Speech Gesture And Signed Languages. *Psychophysiology*, 52, S17–S18. <https://doi.org/10.1111/psyp.12489>
- Csikszentmihalyi, M. (2006). *Creatividad: el fluir y la psicología del descubrimiento y la invención* (Vol. 9). Barcelona [etc.]: Paidós.
- De Zubiría, M. (1999). *Inteligencia Emocional*. Bogotá: Fundación Alberto Meraní para el Desarrollo de la Inteligencia.
- De Zubiría Samper, J. (2006). *Los modelos pedagógicos: hacia una pedagogía dialogante*.
- Desai, S. S. (1997). Down syndrome. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 84(3), 279–285. [https://doi.org/10.1016/S1079-2104\(97\)90343-7](https://doi.org/10.1016/S1079-2104(97)90343-7)
- Downes, S. (2005). e-Learning 2.0. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 6(2). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v6i2.284>
- Downes, S. (2007). Places to Go: OpenLearn. *Innovate: Journal of Online Education*, 3(2).
- Downes, S. (2008). Places to Go: Pedagogy in Action. *Innovate: Journal of Online Education*, 4(6).
- Downes, S. (2009). Reviewing Last Year's E-Learning Predictions. *eLearn*, 2009(1), 2. <https://doi.org/10.1145/1595387.1538965>
- Dueñas, M. L. (2000). Evaluación de programas de atención a los niños con discapacidades. *Revista de Investigación Educativa*, 18(2), 601–609.
- Ekman, P. (1999). Basic Emotions. In T. Dalgleish & M. Power (Eds.), *Handbook of cognition and emotion* (pp. 45–60). Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Escribano, A., & Martínez, A. (2013). *Inclusión educativa y profesorado inclusivo: aprender juntos para aprender a vivir juntos*. Narcea.
- Español, U. C. (2016). *Convención sobre los Derechos del Niño*. FUNDACIÓN UNICEF-COMITÉ ESPAÑOL.
- Esteban, L., Plaza, V., Lopez-Crespo, G., Vivas, A. B., & Estevez, A. F. (2014). Differential outcomes training improves face recognition memory in children and in

- adults with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 35(6), 1384–1392. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.03.031>
- Felix, V. G., Mena, L. J., Ostos, R., & Maestre, G. E. (2016). A pilot study of the use of emerging computer technologies to improve the effectiveness of reading and writing therapies in children with Down syndrome. *British Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.1111/bjet.12426>
- Feng, J., Lazar, J., Kumin, L., & Ozok, A. (2010). Computer Usage by Children with Down Syndrome: Challenges and Future Research. *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, 2(3), 1–44. <https://doi.org/10.1145/1714458.1714460>
- Ferreiro, R. (2012). *Cómo ser Mejor Maestro: el método ELI* (Vol. 3ra). Mexico: Trillas.
- Ferreiro, R., & Espino, M. (2009). *El ABC del aprendizaje cooperativo. Trabajo en Equipo para aprender a enseñar* (Vol. 2a ed.). Mexico: Trillas.
- Feuerstein, R. (1979). Cognitive Modifiability in Retarded Adolescents: Effects of Instrumental Enrichment. *American Journal of Mental Deficiency*, 83(6), 539.
- Feuerstein, R. (1981). Mediated Learning Experience in the Acquisition of Kinesics. In *Developmental Kinesics: The Emerging Paradigm* (pp. 91–106).
- Feuerstein, R. (1986). Learning to Learn: Mediated Learning Experiences and Instrumental Enrichment. *Special Services in the Schools*, 3(1–2), 49.
- Feuerstein, R., & Hoffman, M. B. (1995). *Programa de enriquecimiento instrumental: apoyo didáctico*. Madrid: Hadassah Wizo Canada Research Institute.
- Feuerstein, R., Klein, P. S., & Tannenbaum, A. J. (1994). *Mediated learning experience (MLE): theoretical, psychosocial and learning implications*. London: Freund Publishing House.
- Feuerstein, R., Rand, Y., Hoffman, M., Hoffman, M., & Miller, R. (2004). Cognitive modifiability in retarded adolescents: effects of Instrumental Enrichment. 1979. *Pediatric Rehabilitation*, 7(1), 20.
- Foreman, J. (2004). Game-based learning: How to delight and instruct in the 21st century. *Educause Review*, 39(5).
- Freinet, C. (2009). *Taller: Freinet, una Pedagogía para el siglo XXI*. Santander.
- Freud, A. (1992). *The ego and the mechanisms of defence*. Karnac Books.
- Garayzabal Heinze, E., Villaverde, M. L., Moruno Lopez, E., Conde Magro, T., Moura, L. F., Fernandez, M., & Sampaio, A. (2011). Funcionamiento cognitivo general y habilidades psicolinguísticas en niños con síndrome de Smith-Magenis. *Psicothema*, 23(4), 725–731.
- García M., D. C., Bello M., A. R., & Martín M., B. G. (2010). Cognitive skills, behavior and learning potential of preschool children with Down syndrome. *Electronic*

- Journal of Research in Educational Psychology*, 8(1), 87. Retrieved from <http://www.investigacion-psicopedagogica.org/revista/new/english/ContadorArticulo.php?385>
- Gardner, H. (2001). *Estructuras de la mente: La teoría de las inteligencias múltiples*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Gasevic, D., Rose, C., Siemens, G., Wolff, A., & Zdrahal, Z. (2014). Learning analytics and machine learning. In *Proceedings of the Fourth International Conference on learning analytics and knowledge* (pp. 287–288). ACM. <https://doi.org/10.1145/2567574.2567633>
- Gento Palacios, S., & Sánchez Manzano, E. (2009). Bases neurológicas y psicopedagógicas del tratamiento educativo de la diversidad. Madrid: UNED.
- Gerver, R. (2010). *Crear hoy la escuela del mañana. La educación y el futuro de nuestros hijos*. Madrid: Ediciones SM.
- Girbau, D., & Schwartz, R. G. (2008). Phonological working memory in Spanish–English bilingual children with and without specific language impairment. *Journal of Communication Disorders*, 41(2), 124–145. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2007.07.001>
- Godoy, P. (2000). Educación inclusiva: las condiciones para avanzar en Chile. *Santiago de Chile: Fundación INENI*.
- Gómez Paredes, M. I. (2004). *Filosofía de la Educación*. Loja-Ecuador: EDILOJA S.A.
- Gonsalves, L., Campbell, A., Jensen, L., & Straker, L. (2015). Children with developmental coordination disorder play active virtual reality games differently than children with typical development. *Physical Therapy*, 95(3), 360–8. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25301965>
- González-González, C. S., Cairós-González, M., & Navarro-Adelantado, V. (2013). EMODIANA: Un instrumento para la evaluación subjetiva de emociones en niños y niñas. *Actas Del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador*.
- González-González, C. S., Noda, A., Bruno, A., Moreno, L., & Muñoz, V. (2015). Learning subtraction and addition through digital boards: a Down syndrome case. *Universal Access in the Information Society*, 14(1), 29–44. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s10209-013-0330-3>
- González-González, C. S., Toledo-Delgado, P., Padrón, M., Santos, E., & Cairós, M. (2013). Including gamification techniques in the design of Tango: H Platform. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, 63(3), 77–84. <https://doi.org/10.11113/jt.v63.1958>
- González, C. S., & Blanco, F. (2008). Emociones con videojuegos: incrementando la motivación para el aprendizaje.
- Groen, M. A., Laws, G., Nation, K., & Bishop, D. M. (2006). A case of exceptional

- reading accuracy in a child with Down syndrome: Underlying skills and the relation to reading comprehension. *Cognitive Neuropsychology*, 23(8), 1190–1214. <https://doi.org/10.1080/02643290600787721>
- Haro, B., Santana, P., & Magaña, M. (2012). Developing reading skills in children with Down syndrome through tangible interfaces. *Proceedings of the 4th Mexican Conference on Human-Computer Interaction*. New York: ACM. <https://doi.org/10.1145/2382176.2382183>
- Hegarty, S. (1994). Educación de niños y jóvenes con discapacidades: principios y práctica. UNESCO.
- Hsu, H. J. (2011). The Potential of Kinect in Education. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND EDUCATION TECHNOLOGY*, 1(5), 365.
- Hu, R., Feng, J., Lazar, J., & Kumin, L. (2013). Investigating input technologies for children and young adults with Down syndrome. *Universal Access in the Information Society*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/s10209-011-0267-3>
- Huber, M., Telsler, S., Falk, M., Böhm, A., Hackenberg, B., Schwitzer, J., & Hinterhuber, H. (2005). Information Transmission Defect Identified and Localized in Language Learning Impaired Children by Means of Electrophysiology. *Cortex*, 41(4), 464–470. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70187-4](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70187-4)
- Huizinga, J. (1943). *Homo ludens: el juego como elemento de la historia*. Lisboa: Azar.
- Huizinga, J. (1998). *Homo ludens: a study of the play-element in culture*.
- Huizinga, J. (2005). *Homo ludens* (Vol. 4181). Madrid: Alianza.
- Hyönä, J., Radach, R., & Deubel, H. (2003). *The mind's eye: cognitive and applied aspects of eye movement research*. Boston, Mass: North-Holland. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780444510204>
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1969). *The Early Growth of Logic in the Child*.
- Iralde Lorente, I., & Pina Calafi, A. (2012). *Desarrollo de aplicaciones con Microsoft Kinect* (Ingeniería). ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERO INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN, Pamplona.
- ISO. (2015a). *ISO/DIS 9241-960. Ergonomics of human-system interaction - Part 960: Framework and guidance for gesture interactions*. Geneva, Switzerland. Retrieved from [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_ics/catalogue\\_detail\\_ics.htm?ics1=35&ics2=180&ics3=&csnumber=62535](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=35&ics2=180&ics3=&csnumber=62535)
- ISO. (2015b). *ISO 9241-210:2010. Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems*. Geneva, Switzerland. Retrieved from [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_ics/catalogue\\_detail\\_ics.htm?ics1=35&ics2=180&ics3=&csnumber=52075](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=35&ics2=180&ics3=&csnumber=52075)
- ITER, I. T. de E. R. (2013a). *Tango:H. Manual de Usuario*. Santa Cruz de Tenerife -

España: ITER.

- ITER, I. T. de E. R. (2013b). *Tango:H Designer. Manual de usuario*. Santa Cruz de Tenerife - España: ITER.
- Jadán-Guerrero, J., & Guerrero, L. (2014). Experiences and Challenges in Designing Non-traditional Interfaces to Enhance the Everyday Life of Children with Intellectual Disabilities. In K. Miesenberger, D. Fels, D. Archambault, P. Peñáz, & W. Zagler (Eds.), *Computers Helping People with Special Needs SE - 26* (Vol. 8548, pp. 164–171). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-08599-9\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08599-9_26)
- Jared, S. J. (2013). *Kinect Hacks* (Primera). United States of America: O'Reilly Media, Inc.
- Jarrold, C., & Baddeley, A. D. (1997). Short-term Memory for Verbal and Visuospatial Information in Down's Syndrome. *Cognitive Neuropsychiatry*, 2(2), 101–122. <https://doi.org/10.1080/135468097396351>
- Jarrold, C., & Baddeley, A. D. (2001). Short-term memory in Down syndrome: applying the working memory model. *Down's Syndrome, Research and Practice: The Journal of the Sarah Duffen Centre / University of Portsmouth*, 7(1), 17.
- Jarrold, C., Baddeley, A. D., & Phillips, C. E. (2002). Verbal Short-Term Memory in Down Syndrome: A Problem of Memory, Audition, or Speech? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45(3), 531–544. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2002/042\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2002/042))
- Jenkins, H. (2008a). *Convergence culture: la cultura de la convergencia de los medios de comunicación*. Barcelona: Paidós.
- Jenkins, H. (2008b). *Convergence Culture: Where Old and New Media Collide*. NYU Press.
- Jenkins, H. (2009a). *Confronting the challenges of participatory culture: media education for the 21st century*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Jenkins, H. (2009b). *Fans, bloggers y videojuegos. La cultura de la participación*. España: Book Print.
- Jenkins, H., Ford, S., Green, J., & Aparici, R. (2015). *Cultura transmedia: la creación de contenido y valor en una cultura en red*. Barcelona: Gedisa.
- Johnson, L., Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2015). *NMC Horizon Report: 2015 K-12 Edition*. Austin, TX. Retrieved from <http://cdn.nmc.org/media/2015-nmc-horizon-report-k12-EN.pdf>
- Jones, S., Hara, S., & Augusto, J. (2014). eFRIEND. In *Proceedings of the 7th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments - PETRA '14* (pp. 1–4). New York, New York, USA: ACM Press. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2674396.2674410>

- Kaniel, S., & Feuerstein, R. (1989). Special Needs of Children with Learning Difficulties. *Oxford Review of Education*, 15(2), 165–179.
- Kaplún, M. (2010). *Una pedagogía de la comunicación* (Vol. 10). Ediciones de la Torre.
- Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education*. Hoboken: Pfeiffer [Imprint].
- Kavale, K. (1981). Functions of the Illinois Test of Psycholinguistic Abilities (ITPA): are they trainable? *Exceptional Children*, 47(7), 496.
- Keller, I. de E. E. H. (2013). *Historia del Instituto Helen Keller*. Cariamanga, Loja.
- Kirk, S. A., MacCarthy, J. J., & Kirk, W. D. (1989). *ITPA: test Illinois de aptitudes psicolingüísticas* (Vol. 140). Madrid: TEA.
- Kirk, S. A., MacCarthy, J. J., & Kirk, W. D. (2004). *ITPA: test Illinois de aptitudes psicolingüísticas : manual* (Vol. 6<sup>a</sup> rev. y). Madrid: TEA.
- Kissko, J. (2011). Kinect in Education: The New Technology Focal Point? Retrieved May 9, 2015, from <http://www.k12mobilelearning.com/2011/01/kinect-the-new-technology-focal-point-of-classrooms/>
- Klein, M., Segal, H., & Grinberg, L. (1987). *El psicoanálisis de niños* (Vol. 2). Paidós Barcelona.
- Kobayashi, Y., Hayakawa, K., Hattori, R., Ito, M., Kato, K., Hayashi, C., & Mikami, H. (2006). Linguistic features of Japanese twins at 3 or 4 years of age evaluated by Illinois test of psycholinguistic abilities. *TWIN RESEARCH AND HUMAN GENETICS*, 9(2), 272–278.
- Kumin, L., Lazar, J., & Feng, J. (2012). Expanding job options: potential computer-related employment for adults with Down syndrome. *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing*. ACM. <https://doi.org/10.1145/2335867.2335869>
- Lanfranchi, S., Baddeley, A., Gathercole, S., & Vianello, R. (2012). Working memory in Down syndrome: is there a dual task deficit? *Journal of Intellectual Disability Research*, 56(2), 157–166. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2011.01444.x>
- Langdon, P., Clarkson, J., & Robinson, P. (2007). Designing accessible technology. *Universal Access in the Information Society*, 6(2), 117–118. <https://doi.org/10.1007/s10209-007-0080-1>
- Laws, G., Brown, H., & Main, E. (2015). Reading comprehension in children with Down syndrome. *Reading and Writing*, 29(1), 21–45. <https://doi.org/10.1007/s11145-015-9578-8>
- Lecas, J.-F., Mazaud, A.-M., Reibel, E., & Rey, A. (2011). Using visual strategies to support verbal comprehension in an adolescent with Down syndrome. *Child Language Teaching and Therapy*, 27(1), 84–96. <https://doi.org/10.1177/0265659010371564>

- Lévy, P. (2004). *Inteligencia Colectiva. Por una antropología del ciberespacio*. Washington, DC: La Découverte (Essais). Retrieved from <http://inteligenciacolectiva.bvsalud.org/public/documents/pdf/es/inteligenciaColectiva.pdf>
- Lidz, C. S., & Gindis, B. (2003). Dynamic Assessment of the evolving Cognitive Functions in Children. *Vygostky's Educational Theory in Cultural Context*, 99–116.
- Lipman, M. (1998). *Pensamiento Complejo y Educación* (Vol. Segunda). Madrid: Ediciones de la Torre.
- Lipman, M. (2003). *Thinking in Education*. Cambridge University Press.
- Lorenzo, S. M. de, Braccialli, L. M. P., & Araújo, R. de C. T. (2015). Realidade Virtual como Intervenção na Síndrome de Down: uma Perspectiva de Ação na Interface Saúde e Educação. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 21(2), 259–274. <https://doi.org/10.1590/S1413-65382115000200007>
- Loukusa, S., & Leinonen, E. (2008). Development of comprehension of ironic utterances in 3- to 9-year-old Finnish-speaking children. *Psychology of Language and Communication*, 12(1), 55–69. <https://doi.org/10.2478/v10057-008-0003-0>
- Maguire, E. A., Burgess, N., Donnett, J. G., Frackowiak, R. S. J., Frith, C. D., & O'Keefe, J. (1998). Knowing where and getting there: A human navigation network. *Science*, 280(5365), 921–924.
- Marcelli, D., & Cohen, D. (2007). *Manual de Psicopatología del niño* (7ma.). Barcelona: Elsevier Masson.
- Marta-Lazo, C., & Gabelas, J. A. (2016a). *Comunicación Digital: Un modelo basado en el factor R-elacional* (1st ed.). Editorial UOC.
- Marta-Lazo, C., & Gabelas, J. A. (2016b). PROYECTO TRICLab | TRICLAB. Retrieved November 6, 2016, from <http://educarencomunicacion.com/triclab/services/proyecto-triclab/>
- Martínez Beltrán, J. M., Feuerstein, R., & Hoffman, M. B. (1995). *Programa de enriquecimiento instrumental: apoyo didáctico de la forma abreviada*. (H. W. C. R. I. (Jerusalem), Ed.). Madrid: Bruño.
- Martos-Crespo, F. (2006). *Guía para la atención educativa de los alumnos y alumnas con Síndrome de Down*. Granada: Federación Andaluza de Asociaciones para el Síndrome de Down. Retrieved from <http://www.downgranada.org/downloads/Guia para la atencion educativa de los alumnos con sindrome down.pdf>
- Masia, L., Squeri, V., Casadio, M., Morasso, P., Sanguineti, V., & Sandini, G. (2009). Visuo-motor tracking with coordinated wrist movements under different combinations of visual and kinesthetic disturbances. In *2009 2nd Conference on Human System Interactions* (pp. 715–718). IEEE. <https://doi.org/10.1109/HSI.2009.5091065>

- Maturana, H. (1995). *Desde la Biología a la Psicología*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Miles, R. (2012). *Learn the KINECT API. Start Here!* (K. Borg, Ed.). California: Microsoft Corporation.
- Morgado, I. (2005). The psychobiology of learning and memory fundamentals and recent advances. *Revista de Neurología*, 40(5), 289–297.
- Moyeda, I. X. G., Peña, M. T., Gomez, I. I. C., Velasco, A. S., & Figueroa, S. P. (2011). Influence of frequency of reproduction, discrimination and representation of musical fragment in Psycholinguistic skills of preschool children. *International Journal of Hispanic Psychology*, 4(2), 137.
- Muñoz- Ruata, J., Gómez- Jarabo, G., Martín- Loeches, M., & Martínez- Lebrusant, L. (2000). Neurophysiological and neuropsychological differences related to performance and verbal abilities in subjects with mild intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 44(5), 567–578. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2788.2000.00276.x>
- Muro Haro, B., Santana Mamcilla, P., & García Ruiz, M. (2012). Uso de interfaces tangibles en la enseñanza de lectura a niños con síndrome de Down. *El Hombre Y La Máquina*, 19–25.
- Naciones Unidas, A. G. Normas Universales sobre la igualdad de oportunidades para personas con discapacidad (1994). Retrieved from <http://www.un.org/spanish/disabilities/standardrules.pdf>
- Nadel, L. (2003). Down's syndrome: a genetic disorder in biobehavioral perspective. *Genes, Brain, and Behavior*, 2(3), 156–166.
- Næss, K.-A. B., Lyster, S.-A. H., Hulme, C., & Melby-Lervåg, M. (2011). Language and verbal short-term memory skills in children with Down syndrome: a meta-analytic review. *Research in Developmental Disabilities*, 32(6), 2225–34. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.05.014>
- Næss, K.-A. B., Melby-Lervåg, M., Hulme, C., & Lyster, S.-A. H. (2012). Reading skills in children with Down syndrome: a meta-analytic review. *Research in Developmental Disabilities*, 33(2), 737–47. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.09.019>
- Navarro, R. E. (2003). El rendimiento académico: concepto, investigación y desarrollo. *REICE - Revista Electrónica Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia Y Cambio En Educación*, 1(2), 1–15. <https://doi.org/2152>
- Navarro, V., Gonzalez, C. S., Castillo, J. M. del, Quirce, C., & Cairós, M. (2013). Un programa integrado juego motor-videojuego activo para desarrollar hábitos saludables. In *II Simposio Internacional de Políticas Educativas y Buenas Prácticas TIC*. Santa Cruz de Tenerife - España.
- Olson, K., & Sands, S. A. (2016). Cognitive training programs for childhood cancer

- patients and survivors: A critical review and future directions. *CHILD NEUROPSYCHOLOGY*, 22(5), 509–536. <https://doi.org/10.1080/09297049.2015.1049941>
- Osuna, S., & Busón, C. (2007). *Convergencia de medios. La integración tecnológica en la era digital*. Barcelona: Icaria Editorial SA.
- Osuna Acevedo, S. (2011). Aprender en la web 2.0. Aprendizaje colaborativo en comunidades virtuales. *La Educ@cion, Revista Digital*, 145.
- Overton, T. (2000). *Assessment in special education: an applied approach* (Vol. 3rd). Upper Saddle River: Prentice-Hall. Retrieved from <http://trove.nla.gov.au/work/19949874?selectedversion=NBD7950758>
- Pacanaro, S. V., Santos, A. A. A. dos, & Suehiro, A. C. B. (2008). Assessment of cognitive and visuomotor abilities in people with Down Syndrome. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 14(2), 311–326. <https://doi.org/10.1590/S1413-65382008000200011>
- Padilla-Zea, N., González Sánchez, J. L., Gutiérrez Vela, F. L., Abad-Arranz, A., & López-Arcos, J. R. (2012). Evaluación de Emociones en Videojuegos Educativos. El caso particular de los Niños.
- Piaget, J. (1961). *La formación del símbolo en el niño: imitación, juego y sueño : imagen y representación*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Piaget, J. (1962). The relation of affectivity to intelligence in the mental development of the child. *Bulletin of the Menninger Clinic*, 26(3), 129.
- Piaget, J. (1965). *El lenguaje y el pensamiento del niño pequeño* (Vol. 25). Buenos Aires: Paidós.
- Piaget, J. (1968). *La construcción de lo real en el niño* (Vol. 3). Buenos Aires: Proteo.
- Piaget, J. (1970). *Psicología de la inteligencia*. Buenos Aires: Psique.
- Piaget, J., & Gabain, M. (1932). The Child's Conception of Physical Causality. *The American Journal of Psychology*, 44(3), 612–614. <https://doi.org/10.2307/1415393>
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1967). *The Child's Conception of Space*.
- Ponce, A., & Gallardo, M. (2011). *DIFERENTES, Guía Ilustrada sobre la DIVERSIDAD y la disCAPACIDAD* (Liberduple). Barcelona: Fundación Adecco y OHL. Retrieved from <https://docs.google.com/file/d/0B48KzT-8EumJYnlKVXZSaW1tM28/edit>
- Pozo, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Ediciones Morata.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 1. *On the Horizon*, 9(5), 1–6.
- Purser, H. R. M., & Jarrold, C. (2013). Poor phonemic discrimination does not underlie poor verbal short-term memory in Down syndrome. *Journal of Experimental Child Psychology*, 115(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.12.010>

- Regalado, A. (2013). The most important education technology in 200 years. *Technology Review*, 116(1), 61–62.
- Ren, Z., Meng, J., Yuan, J., & Zhang, Z. (2011). Robust Hand Gesture Recognition with Kinect Sensor. *Scottsdale, Arizona, USA*, 759–760.
- Ricci, L., & Osipova, A. (2012). Visions for literacy: parents' aspirations for reading in children with Down syndrome. *British Journal of Special Education*, 39(3), 123–129. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8578.2012.00547.x>
- Robinson, K., & Aronica, L. (2015). *Escuelas Creativas. La revolución está transformando la educación*. Barcelona: Grijalbo.
- Roch, M., & Jarrold, C. (2012). A follow-up study on word and non-word reading skills in Down syndrome. *Journal of Communication Disorders*, 45(2), 121–8. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2011.11.001>
- Rousseau, C., Fautrelle, L., Papaxanthis, C., Fadiga, L., Pozzo, T., & White, O. (2016). Direction-dependent activation of the insular cortex during vertical and horizontal hand movements. *Neuroscience*, 325, 10–19. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.03.039>
- Ruijs, N. M., & Peetsma, T. T. D. (2009). Effects of inclusion on students with and without special educational needs reviewed. *Educational Research Review*, 4(2), 67–79. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2009.02.002>
- Rusnak, V., Rucka, L., & Holub, P. (2016). Toward natural multi-user interaction in advanced collaborative display environments. *FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS-THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ESCIENCE*, 54, 313–325. <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.03.019>
- S.L, C. (2010). *SiESTA: Manual de usuario*. Centro de Producción para la TV Interactiva.
- Sadurní, M., Rostán, C., & Serrat, E. (2003). *El desarrollo de los niños, paso a paso* (2da ed.). Barcelona: Editorial UOC.
- Salbreux, R., Deniaud, J. M., Tomkiewicz, S., & Manciaux, M. (1979). Typologie et prévalence des handicaps sévères et multiples dans une population d'enfants. *Neuropsych Enfance Adolesc*, 27, 5–28.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2004). *Rules of play: Game design fundamentals*. MIT press.
- San Cristóbal Sebastián, A. (1965). *Filosofía de la educación*. Madrid: Ediciones Rialp,.
- Santamaría, A. S. (2009). Trisomy 21: Fifty Years of History. *International Medical Review on Down Syndrome*, 13(3), 33. [https://doi.org/10.1016/S2171-9748\(09\)70024-8](https://doi.org/10.1016/S2171-9748(09)70024-8)
- Scolari, C. A. (2013). *Homo Videoludens 2.0. De Pacman a la Gamification*. (L. de M. Interactius, Ed.), *Col·lecció Transmedia XXI* (Vol. 5). Barcelona: Universitat de Barcelona.

- Seung, H.-K., & Chapman, R. (2000). Digit Span in Individuals With Down Syndrome and in Typically Developing Children: Temporal Aspects. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43(3), 609–620.
- Siemens, G. (2008). 5 things to watch in e-learning. *Canadian HR Reporter*, p. 29. Toronto: Carswell Publishing.
- Siemens, G. (2013). Learning Analytics: The Emergence of a Discipline. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1380–1400. <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>
- Siemens, G., & Baker, R. S. J. D. (2012). Learning analytics and educational data mining. *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge - LAK '12*, 252. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330661>
- Siemens, G., & Conole, G. (2011). Special Issue - Connectivism: Design and Delivery of Social Networked Learning. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 12(3), I–IV.
- Siemens, G., Schreibman, S., & Unsworth, J. (2004). *A companion to digital humanities* (Vol. 26). Malden, MA: Blackwell.
- Simonite, T. (2016, December). Los MOOC han muerto, larga vida a los microcursos para empleos tecnológicos | MIT Technology Review. *MIT Technology Review*. Retrieved from <https://www.technologyreview.es/s/6563/los-mooc-han-muerto-larga-vida-los-microcursos-para-empleos-tecnologicos>
- Socas Guerra, V., & González-González, C. S. (2013). Usos Educativos de la Narrativa Digital: Una experiencia de m-Learning para la Educación Emocional. *Teoría de la Educación ; Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 14(2), 490–507. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/1511108730?accountid=14609>
- Stambak, M., & Vial, M. (1974). Problèmes posés par la déviance à l'école maternelle. *La Psychiatrie de l'Enfant*, 17(1), 241.
- Steele, A., Scerif, G., Cornish, K., & Karmiloff-Smith, A. (2013). Learning to read in Williams syndrome and Down syndrome: Syndrome-specific precursors and developmental trajectories. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 54(7), 754–762.
- Stephanidis, C., & Antona, M. (2014). *Universal Access in Human-Computer Interaction. Design and Development Methods for Universal Access: 8th International Conference, UAHCI 2014, Held as Part of HCI International 2014, Heraklion, Crete, Greece, June 22-27, 2014, Proceedings, Part I* (Vol. 8513). Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-07437-5>
- Sternberg, R. J. (1999). *Estilos de pensamiento: claves para identificar nuestro modo de pensar y enriquecer nuestra capacidad de reflexión* (Vol. 12). Barcelona [etc]: Paidós.
- Su, C.-J., & Su, C.-J. (2013). Personal Rehabilitation Exercise Assistant with Kinect and

Dynamic Time Warping. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND EDUCATION TECHNOLOGY*, 3(4), 448; 448-454; 454.

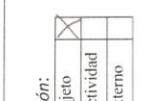
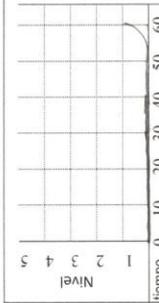
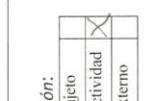
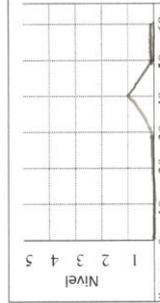
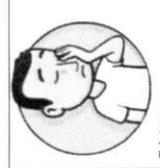
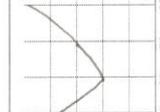
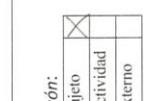
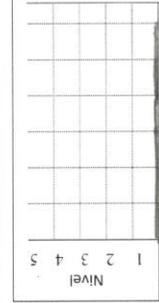
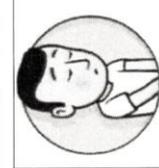
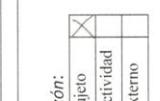
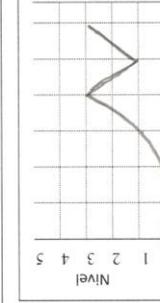
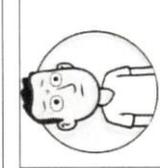
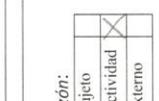
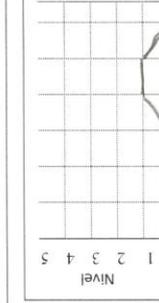
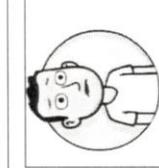
- Sun, J., & Buys, N. (2013). Using the Illinois Test of Psycholinguistic Ability to assess visual and auditory abilities in Chinese children with learning difficulties. *International Public Health Journal*, 5(4), 435.
- Suzuki, A., Josselyn, S. a, Frankland, P. W., Masushige, S., Silva, A. J., & Kida, S. (2004). Memory reconsolidation and extinction have distinct temporal and biochemical signatures. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 24(20), 4787–4795. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5491-03.2004>
- Tébar, L., Rio Sadornil, D. del, & Feuerstein, R. (2003). *El perfil del profesor mediador: aportaciones del Programa de Enriquecimiento Instrumental (PEI) al estilo de interacción en el aula*. Universidad Nacional de Educación a Distancia (España).
- Tongda, Xiao, Yueting, & Hamid. (2014). Human Computer Interaction Activity Based User Identification. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 4(4), 354–358. <https://doi.org/10.7763/IJMLC.2014.V4.436>
- Torres-Carrión, P. (2012). Didáctica Digital detrás de las Redes Sociales. Aplicabilidad en la Red EducaConRS. In *iSummit Loxa 2012*. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Torres-Carrión, P. (2013). *Análisis del SDK de MS Kinect como HCI en procesos Educativos Inclusivos: caso de estudio Instituto Diocesano de Educación Especial "Hellen Keller."* UNED.
- Torres-Carrion, P., & Gonzalez-Gonzalez, C. (2015). Facial Emotion Analysis in Down's syndrome children in classroom. *Interaccion 2015*, (Interaccion 2015). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1145/2829875.2829882>
- Torres-Carrion, P., & Gonzalez-Gonzalez, C. (2016a). Children Gestural-Computer Interaction for Educational and Inclusive Settings. A Systematic Review of Research and Applications. (*In Process*).
- Torres-Carrion, P., & Gonzalez-Gonzalez, C. (2016b). Personalization of classroom's digital resources with Gestural-Human Computer Interaction. Application to Children with Down Syndrome. In *11 Congreso Colombiano de Computación*. Popayán-Colombia: IEEE Xplore Digital Library.
- Torres-Carrion, P., Gonzalez-Gonzalez, C., & Mora Carreño, A. (2014). Methodology of emotional evaluation in education and rehabilitation activities for people with Down syndrome. *XV International Conference on Human Computer Interaction*, 12–15. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1145/2662253.2662274>
- Torres-Carrion, P., González-González, C. S., & Mora Carreño, A. (2014). Methodology of emotional evaluation in education and rehabilitation activities for people with Down syndrome. *XV International Conference on Human Computer Interaction*,

- 12–15. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1145/2662253.2662274>
- Troncoso, M. V., & Flórez, J. (2011). Comprensión en la lectura de las personas con síndrome de Down. *Revista Síndrome de Down: Revista española de investigación e información sobre el Síndrome de Down*. Fundación Síndrome de Down de Cantabria.
- UNESCO. (2005). Guidelines for inclusion: Ensuring access to Education for All, 40. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>
- Vergauwe, E., & Cowan, N. (2014). A common short-term memory retrieval rate may describe many cognitive procedures. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 126. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00126>
- Vicari, S., Bellucci, S., & Carlesimo, G. A. (2000). Implicit and explicit memory: a functional dissociation in persons with Down syndrome. *Neuropsychologia*, 38(3), 240–251. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932\(99\)00081-0](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00081-0)
- Vicari, S., Bellucci, S., & Carlesimo, G. A. (2006). Evidence from two genetic syndromes for the independence of spatial and visual working memory. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 48(2), 126–31. <https://doi.org/10.1017/S0012162206000272>
- Vílchez García, R. (2012). *Funcionalidades de audio de Kinect* (Ingeniería). Universidad Carlos III de Madrid, Madrid.
- Villaroman, N., Rowe, D., & Swan, B. (2012). *Teaching natural user interaction using OpenNI and the Microsoft Kinect sensor. Proceedings of the 2011 conference on information technology education*. ACM. <https://doi.org/10.1145/2047594.2047654>
- Visu-Petra, L., Benga, O., Tincas, I., & Miclea, M. (2007). Visual-spatial processing in children and adolescents with Down's syndrome: a computerized assessment of memory skills. *Journal of Intellectual Disability Research*, 51(12), 942–952 11p. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2007.01002.x>
- Vygotsky, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Paidós.
- Wexler, M. R., Peled, I. J., Rand, Y., Mintzker, Y., & Feuerstein, R. (1986). Rehabilitation of the face in patients with Down's syndrome. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 77(3), 383.
- Williams, M., Hong, S. W., Kang, M.-S., Carlisle, N. B., & Woodman, G. F. (2012). The benefit of forgetting. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(2), 348–355. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0354-3>
- Windows Apps Team. (2017). Building a Telepresence App with HoloLens and Kinect - Building Apps for WindowsBuilding Apps for Windows. Retrieved April 27, 2017, from <https://blogs.windows.com/buildingapps/2017/04/18/building-telepresence-app-hololens-kinect/#Ku72xlb8A4R6QGld.97>
- Winnicott, D. W. (1975). *Jeu et réalité*, trad. fr. Paris, Gallimard, 4, 67.

Wu, Y. C., & Coulson, S. (2014). A Psychometric Measure of Working Memory Capacity for Configured Body Movement. *PLoS ONE*, 9(1), e84834. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084834>

## **ANEXOS**

# ANEXO 1. Modelo de EMODIANA adaptada

Fecha: 6/3/15 Hora: 11h30 a 11h30	Estudiante: DAVID	Institución:	Profesor: CARME ESTIA Observador:	Tango: H <input checked="" type="checkbox"/> Aula <input type="checkbox"/>
 Cariño		 Aburrimiento		
 Alegría		 Tristeza		
 Satisfacción		 Vergüenza		
 Sorpresa		 Nerviosismo		
 Seriedad		 Miedo		

2217

Experimento: (Genética Mendeliana)

\* Generación P = 2 Pájaros.

\* Generación Z =  $\frac{1}{2}$  genética cambio

Se opera mucho los machos.

Pablo se ayudo en cuenta los pájaros con palomadas  
Con el peso de los pájaros lo controla mejor

Con otros pájaros a la vez se juntan mucho.

\* Generación Z = No se puede, unirse difícil

\* Selección al ② = Competitivo con Pablo.

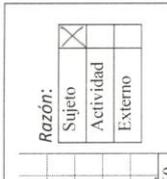
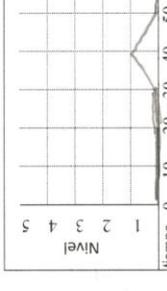
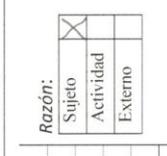
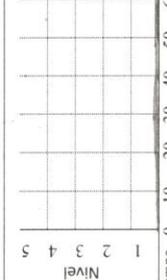
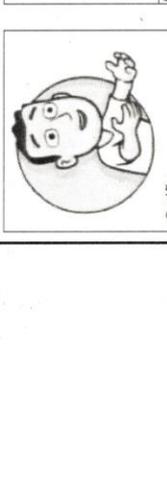
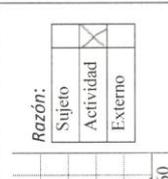
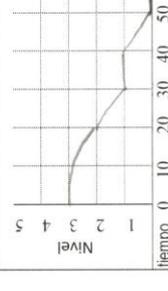
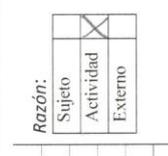
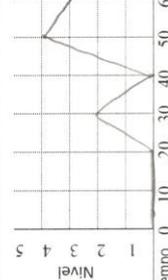
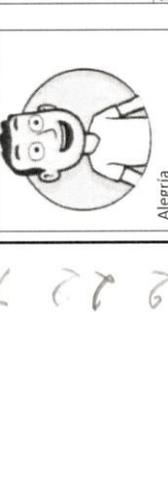
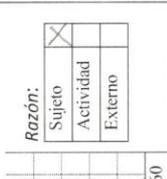
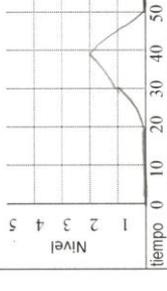
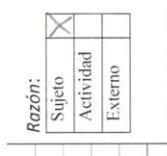
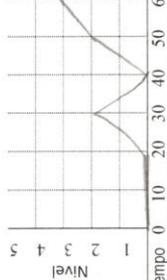
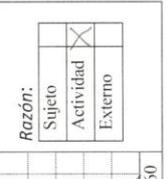
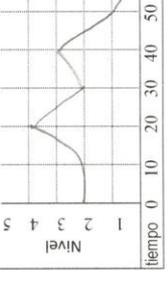
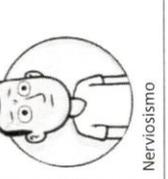
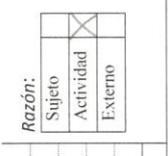
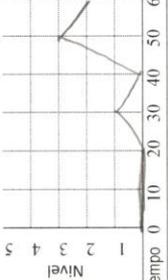
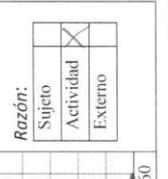
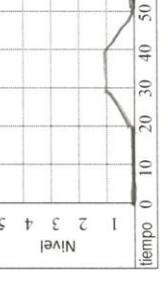
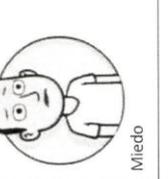
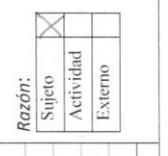
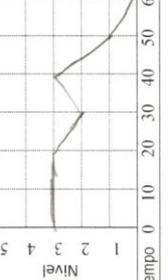
Pero la puntada muy repetitiva y se hacen  
solo.

11.20 = Intermixión los machos y hembras y desde se reproduce.

\* Selección al ② = Sin competir.

Los machos al trabajo y hace unirse la asociación en el  
juego.

\* AC para se unidos con ellos, y de esa con los machos un  
pero fuertemente.

Fecha: 9/3/15 Hora: 12:30a: 12:32	Estudiante: DAVID	Institución:	Profesor: CAIIDE (F3110) Observador:	<table border="1"> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Tango:H</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Aula</td> </tr> </table>	<input checked="" type="checkbox"/>	Tango:H	<input type="checkbox"/>	Aula
<input checked="" type="checkbox"/>	Tango:H							
<input type="checkbox"/>	Aula							
 Cariño	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Aburrimiento	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60			
 Alegria	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Tristeza	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60			
 Satisfacción	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Vergüenza	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60			
 Sorpresa	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Nerviosismo	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60			
 Seriedad	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Miedo	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60	 Nivel: 1 2 3 4 5 tiempo: 0 10 20 30 40 50 60			

32227

Experiencia 12:40

\* Ejercicio David 1 = 1: Requiere ayuda. Luego solt.

Se toca unido al pedo, nervoso al para irse (y cada vez que cambia algo).

Pregunta = ¿o que es?

Buena relación

Requiso = 12:55

\* Ejercicio David 2 = Se va firme 12:58, pero no habla a David.

Requiso ayuda con el ejercicio, porque no va rápido al sistema automáticamente sin pedir aclaración

Empieza a hablar bajito. 13:00h.

13:05 Se empieza a tocar el pedo con los 2 manos, un día un momento con la otra. Y se toca unido la otra

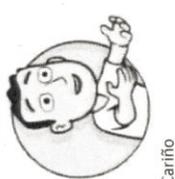
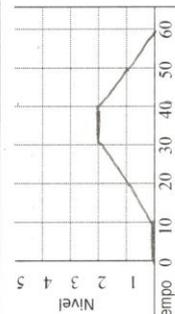
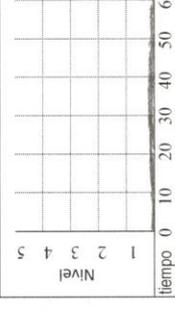
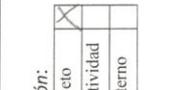
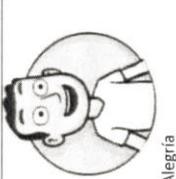
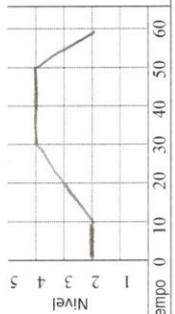
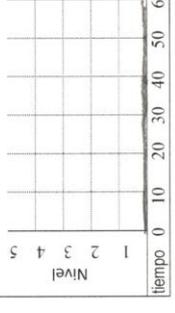
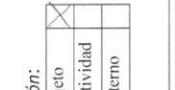
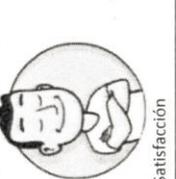
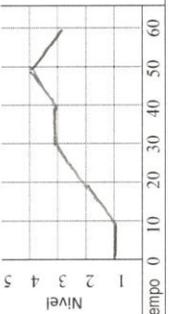
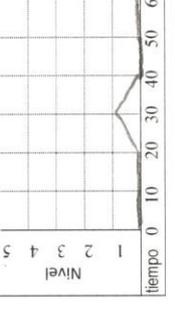
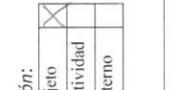
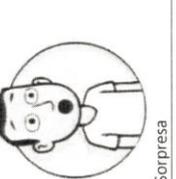
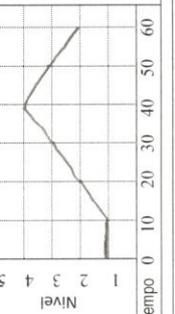
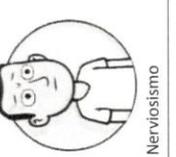
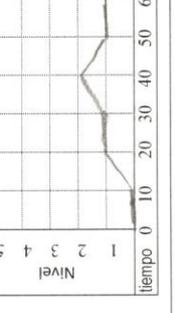
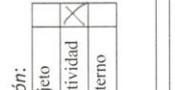
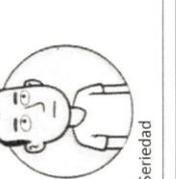
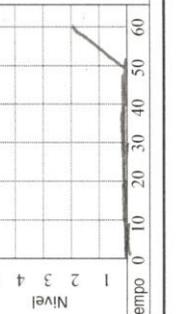
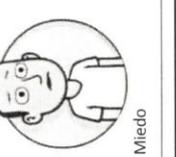
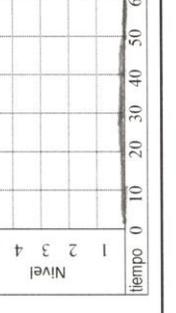
Cuando Paso = se verifica por dirección sin ayuda, yo lo acepto David

13:09 = David dice j tiene miedo cuando aparecen las imágenes

13:12 = Suspira ante un ejercicio nuevo.

\* Ejercicio David 3 = Contato, con la palmar. Genitas cuando en la antena. venia ( la dinámica, aunque también por pedales)

13:20h Bravura

Fecha: 13/3/15 Hora: 9h30a: 10h30	Estudiante: DAVID	Institución:	Profesor: (ANDE) (T310) Observador:	Tango:H <input checked="" type="checkbox"/> Aula <input type="checkbox"/>
 <p>Cariflo</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>	 <p>Aburrimiento</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>
 <p>Alegria</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>	 <p>Tristeza</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>
 <p>Satisfacción</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>	 <p>Vergüenza</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>
 <p>Sorpres</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>	 <p>Nerviosismo</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>
 <p>Seriedad</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>	 <p>Miedo</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>	 <p>Razón:  <input checked="" type="checkbox"/> Sujeto  <input type="checkbox"/> Actividad  <input type="checkbox"/> Externo</p>

32 23 7

\* Ejercicio 1 = ⊕ rápido. Utiliza la memoria, sobretodo con los números. Se toca el pecho para marcar. No recorda el número  
9:52 = Aplaudir, pensando que tenía que contar los números, así aparecen la pizosa en el  
Telemática ⊕ rápido.

\* Ejercicio 2 = Al cambio de género 10h, se vuelve a tocar el pecho. Un  
para marcar. Repro pizomó  
⊕ rápido. Verbaliza cuando va por la palabra "no X".  
Que unido!! 10:03 = Tienen unido.

10:05 = Repro porque va con un número lo que pasó se pide  
Tienen de derecha = la recorda en género y en el doctor.  
La ⊕ dificultad con la imagen de octavo  
Relativa ⊕ rápido.

\* Ejercicio 3 = Contar sílabas, la pizomó.  
10:10 Ver acelerada, y se saltó sílabas. Mar que hay el ritmo  
Habo que fawado varían veces  
3 entrelas.

Reducción de número el 3 =  
10:20 = Baja el tono de voz, se concentra más y se hace  
una  
Busca la operación del adulto.  
Recordar rápidamente, la imagen en octavo y lectura.  
Haya las entrelas.

## ANEXO 2. Permisos de los padres para estudio



### AUTORIZACIÓN DE IMAGEN

D. / Da M. del Pilar Chaparro Leuera  
con DNI nº 42181715 Z  
como madre/padre/tutor/a de **Nayara León Chaparro**

AUTORIZO       NO AUTORIZO

Al docente investigador Pablo Vicente Torres Carrión, a utilizar la imagen de mi hijo/a-tutelado/a en fotos y vídeos para su tesis sobre el uso de Tecnologías de la Información en la educación de personas con discapacidad intelectual.

Firma: 

En San Cristóbal de La Laguna a 12 de Abril de 2016

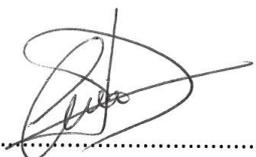


**AUTORIZACIÓN DE IMAGEN**

D. / D<sup>a</sup> ..... *Cristine Piñero Heider* .....  
con DNI nº ..... *43801809B* .....  
como madre/padre/tutor/a de **David Piñero Méndez**

AUTORIZO       NO AUTORIZO

Al docente investigador Pablo Vicente Torres Carrión, a utilizar la imagen de mi hijo/a-tutelado/a en fotos y vídeos para su tesis sobre el uso de Tecnologías de la Información en la educación de personas con discapacidad intelectual.

Firma: .....  .....

En San Cristóbal de La Laguna a ..... *13* ..... de ..... *ABRIL* ..... de 2016

**AUTORIZACIÓN DE IMAGEN**

D. / D<sup>a</sup> Tomás García López

con DNI nº 42927747-H

como madre/padre/tutor/a de **Beatriz García Dorta**



AUTORIZO



NO AUTORIZO

Al docente investigador Pablo Vicente Torres Carrión, a utilizar la imagen de mi hijo/a-tutelado/a en fotos y vídeos para su tesis sobre el uso de Tecnologías de la Información en la educación de personas con discapacidad intelectual.

Firma: Tomás García López

En San Cristóbal de La Laguna a 12 de Abril de 2016



**AUTORIZACIÓN DE IMAGEN**

D. / Da M<sup>a</sup> Louisa García.....

con DNI nº 78350921-H.....

como madre/padre/tutor/a de **Desiree Marrero García**

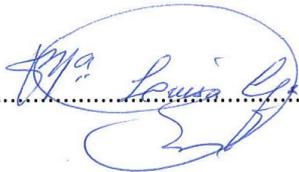


AUTORIZO



NO AUTORIZO

Al docente investigador Pablo Vicente Torres Carrión, a utilizar la imagen de mi hijo/a-tutelado/a en fotos y vídeos para su tesis sobre el uso de Tecnologías de la Información en la educación de personas con discapacidad intelectual.

Firma: .....

En San Cristóbal de La Laguna a 13 de ABRIL de 2016



**AUTORIZACIÓN DE IMAGEN**

D. / D<sup>a</sup>..... MARCO ROLÓ LÓPEZ.....

con DNI nº 45526858.....

como madre/padre/tutor/a de **Valería Rolo Díaz**

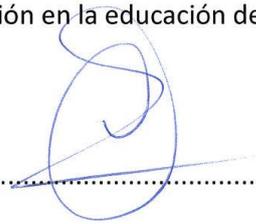


AUTORIZO



NO AUTORIZO

Al docente investigador Pablo Vicente Torres Carrión, a utilizar la imagen de mi hijo/a-tutelado/a en fotos y vídeos para su tesis sobre el uso de Tecnologías de la Información en la educación de personas con discapacidad intelectual.

Firma:.....

En San Cristóbal de La Laguna a..... de..... de 2016



**AUTORIZACIÓN DE IMAGEN**

D. / De Jorge D. Pelayo Duque  
con DNI nº 412937653-S

como madre/padre/tutor/a de **Daniel Pelayo Hernández**

SÍ AUTORIZO  NO AUTORIZO

Al docente investigador Pablo Vicente Torres Carrión, a utilizar la imagen de mi hijo/a-tutelado/a en fotos y vídeos para su tesis sobre el uso de Tecnologías de la Información en la educación de personas con discapacidad intelectual.

Firma: Jorge Pelayo Duque

En San Cristóbal de La Laguna a 20 de 04 de 2016

### ANEXO 3. Imágenes del Instituto Hellen Keller

#### *Didáctica para niños sordos - lenguaje de señas*



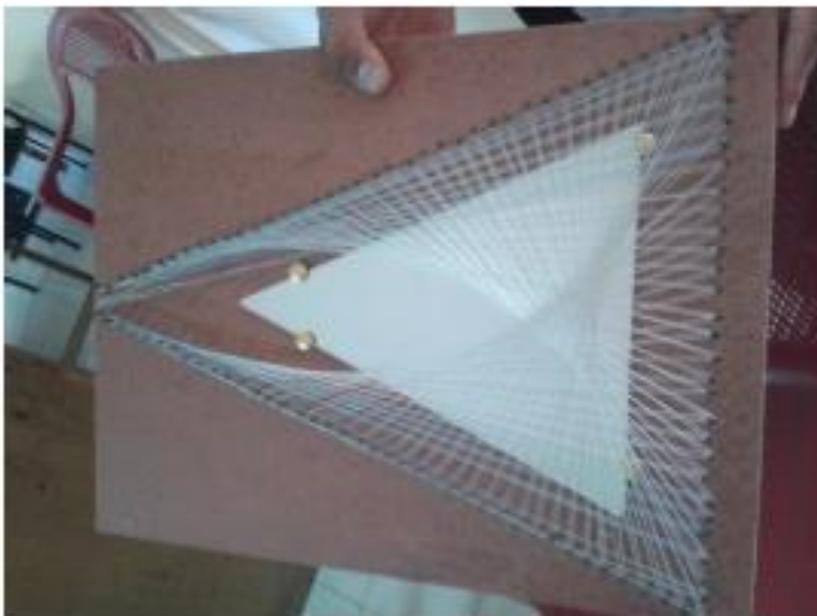
*Pintura con sorbete*



*Pintura con hilo a presión*



*Trenzar hilo sobre forma en relieve*

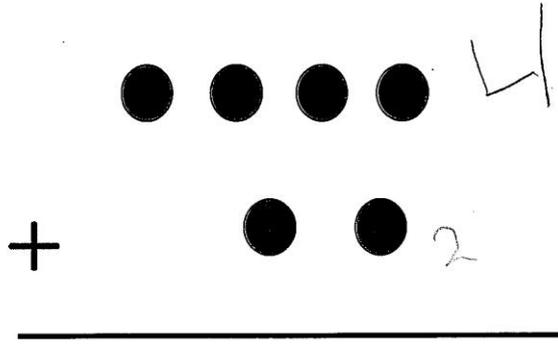


*Pintura con crayón de madera*



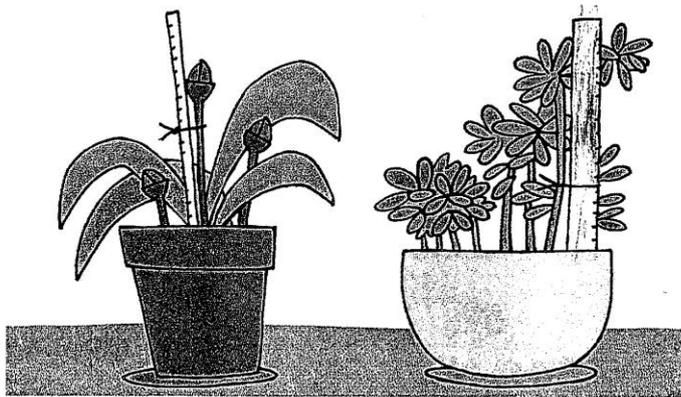
## **ANEXO 4. Recursos Didácticos de grupo experimental**

Rodea el número que corresponde al resultado de la suma.



1 4 6 8

Colorea la regla más ancha.



Con ayuda.



Escribe los números que te dicta el profesor.

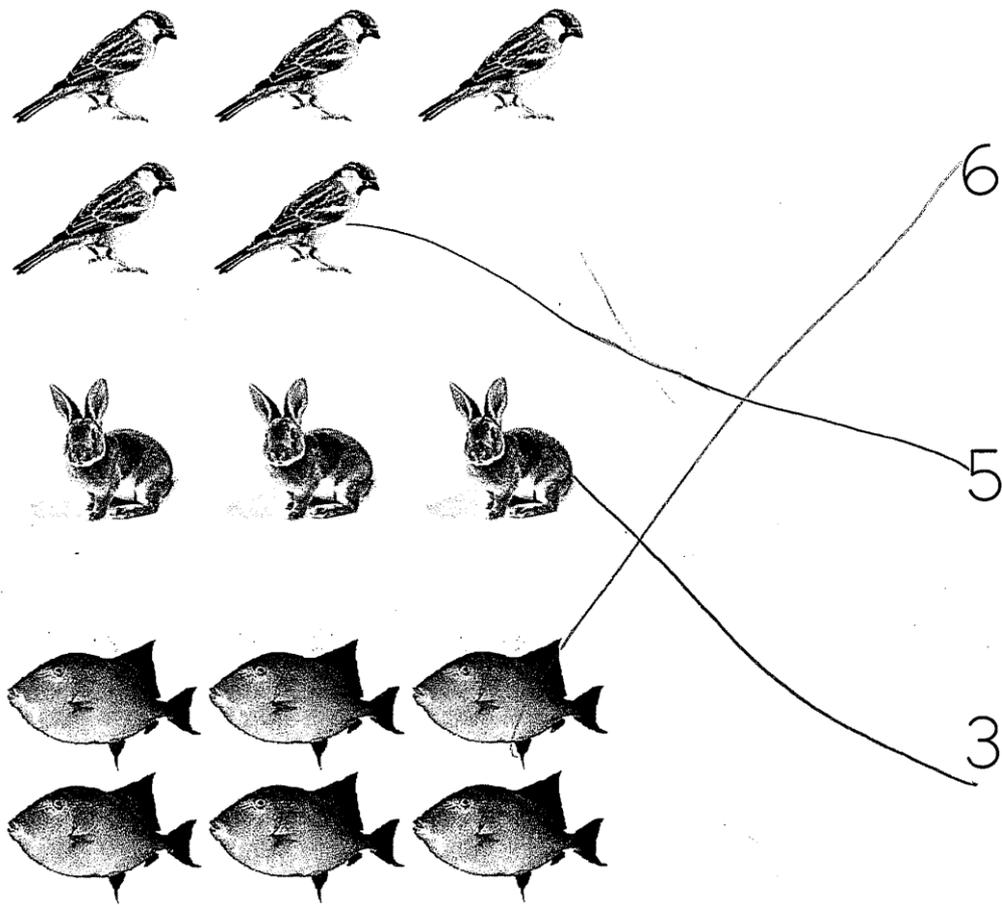
3 5 1 4 7 2 0

1 5 3 2 0 4

Cuenta y une.



Cuenta y busca el número.



Bien.

Cuenta y escribe el número.

The image shows a large rectangular frame containing three counting exercises. Each exercise consists of a box of fruit and a small box for the number. The first box contains 10 apples and the number 9. The second box contains 8 oranges and the number 8. The third box contains 10 bananas and the number 10.

Copia los números con buena letra.

3 5 9 2 1 4 0

---

---

---

---

---