



UNIVERSIDAD DE LA SERENA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS  
INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN



**SOFTWARE DE TUTORÍA INTELIGENTE ADAPTATIVO PARA APOYAR EL  
APRENDIZAJE DE LA LECTURA EN NIÑOS**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN COMPUTACIÓN**

**NORTON JOHN IRARRÁZABAL CALLEJAS  
SEBASTIAN JOSHUA ROJAS CORTEZ**

**PROFESOR GUÍA:  
GUILLERMO ALONSO LEYTON GARCIA**

**LA SERENA DE CHILE 2023**



UNIVERSIDAD DE LA SERENA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN



## ACTA DE CALIFICACION

Nombre del Alumno : **NORTON IRARRÁZABAL CALLEJAS**

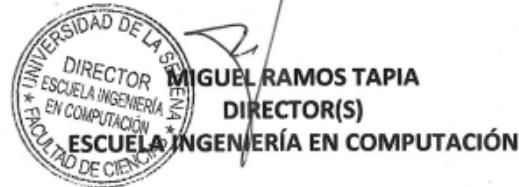
Cédula de Identidad : **18.919.953-8**

Título al que opta : **INGENIERO EN COMPUTACION**

Título del Trabajo : **"STIAAL Software de Tutoría Inteligente Adaptativo para apoyar el Aprendizaje de la Lectura en Niños".**

Profesor Guía : **Guillermo Leyton García**

Comisión Examinadora	Nota Informe Final (50 %)	Nota Defensa Oral (50%)	Promedio	Firma
Guillermo Leyton G.	7.0	7.0	7.0	
Ronnie Videla R.	7.0	7.0	7.0	
Eric Jeltsch F.	6.0	7.0	6.5	
Promedio Final :			6.8	



DISTRIBUCION:

1. Oficina Títulos y Grados
2. Director Escuela Ingeniería en Computación
3. Profesor Guía
4. Archivo

LA SERENA, 11 DE JULIO DE 2023.-



UNIVERSIDAD DE LA SERENA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN



## ACTA DE CALIFICACION

Nombre del Alumno : SEBASTIÁN ROJAS CORTEZ

Cédula de Identidad : 18.655.201-6

Título al que opta : INGENIERO EN COMPUTACION

Título del Trabajo : "STIAAL Software de Tutoría Inteligente Adaptativo para apoyar el Aprendizaje de la Lectura en Niños".

Profesor Guía : Guillermo Leyton García

Comisión Examinadora	Nota Informe Final (50 %)	Nota Defensa Oral (50%)	Promedio	Firma
Guillermo Leyton G.	7.0	7.0	7.0	
Ronnie Videla R.	7.0	6.5	6.8	
Eric Jeltsch F.	6.0	5.0	5.5	
Promedio Final :			6.4	



MIGUEL RAMOS TAPIA  
DIRECTOR(S)  
ESCUELA INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

DISTRIBUCION:

1. Oficina Títulos y Grados
2. Director Escuela Ingeniería en Computación
3. Profesor Guía
4. Archivo

LA SERENA, 11 DE JULIO DE 2023.-

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE INGENIERO EN COMPUTACIÓN  
POR: NORTON JOHN IRARRÁZABAL CALLEJAS  
Y SEBASTIÁN JOSHUA ROJAS CORTEZ  
FECHA: 11 DE JULIO DEL 2023  
PROF. GUIA: GUILLERMO ALONSO LEYTON GARCIA

## **SOFTWARE DE TUTORÍA INTELIGENTE ADAPTATIVO PARA APOYAR EL APRENDIZAJE DE LA LECTURA EN NIÑOS**

La presente propuesta aborda problemas existentes en los procesos pedagógicos a la hora de adquirir la habilidad de leer y busca servir de complemento al sistema educativo formal. Entre los problemas a abordar se encuentra la falta de tiempo, focalización, adaptabilidad pedagógica y correctitud en los procesos lectivos. Con el objetivo de solventar estos problemas, se ha generado e implementado un modelo de Sistema de Tutoría Inteligente Adaptativo que considera como sustento las herramientas de inferencia lógica, representación de conocimiento, programación de agentes inteligentes, lógica difusa y el algoritmo de aprendizaje reforzado SARSA. En tanto en su apartado pedagógico considera las investigaciones y propuestas de Stanislas Dehaene, las cuales abordan el aprendizaje desde un punto de vista neuronal, pedagógico y orientado a la lectura.

The present proposal addresses existing problems in pedagogical processes when acquiring reading skills and aims to complement the formal educational system. Among the problems to be addressed are the lack of time, focus, pedagogical adaptability, and correctness in the learning processes. With the objective of solving these issues, a model of an Adaptive Intelligent Tutoring System has been generated and implemented, which relies on tools such as logical inference, knowledge representation, intelligent agent programming, fuzzy logic, and the SARSA reinforcement learning algorithm. On the pedagogical side, it considers the research and proposals of Stanislas Dehaene, which approach learning from a neuronal, pedagogical, and reading-oriented perspective.

## ÍNDICE

<b>SOFTWARE DE TUTORÍA INTELIGENTE ADAPTATIVO PARA APOYAR EL APRENDIZAJE DE LA LECTURA EN NIÑOS</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
META	2
ÁMBITO	2
RESTRICCIONES	3
RESTRICCIONES DE TIEMPO	3
RESTRICCIONES DE COSTO	3
RESTRICCIONES DE ALCANCE	3
RESTRICCIONES DEL PROYECTO	3
Del Modelo	4
Del Software	5
OBJETIVOS	5
GENERALES	5
DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN	6
DEL PROCESO DE INGENIERÍA DE SOFTWARE	6
CRITERIOS DEL PROYECTO	6
DE ÉXITO	6
DE FRACASO	7
DEFINICIONES	7
<b>CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO</b>	<b>9</b>
FUNDAMENTOS NEUROLÓGICOS	9
INTRODUCCIÓN	9
MECANISMOS CEREBRALES INVOLUCRADOS	9
MECANISMOS GENÉTICOS	10
MECANISMOS DE APRENDIZAJE	10
Plasticidad Cerebral	11
Hipótesis del Reciclaje Neuronal	12
Correlación temporal	13
MECANISMOS VISUALES	13
Entrada Visual	13
Normalización	14
Invariabilidad Perceptual	15
Posición De La Palabra Escrita	15
Corrientes Funcionales Del Sistema Visual	16
La Importancia Del Área Temporo-Occipital Izquierda	16
MECANISMOS DE RECONOCIMIENTO	17
Recuperación Del Significado A Través Del Léxico Mental	18
MECANISMOS DEL LENGUAJE HABLADO	21
La Conciencia Fonológica	21



---

Decodificación Del Habla	22
Lateralización Del Lenguaje	22
MECANISMOS DE PROCESAMIENTO DE LAS PALABRAS	23
1. Entrada Visual.	23
2. Normalización.	23
3. Extracción Progresiva Durante La Lectura.	24
4. Generación Del Árbol Jerárquico (Léxico Ortográfico).	24
5. Decodificación Arriba-Abajo.	26
6. Modelo De Doble Ruta.	26
7. Resolución De Conflictos.	27
Propuesta De Funcionamiento Combinatorio	27
Procesamiento De La Palabra Escrita Especificación Por Áreas	29
Mecanismos De Selección	29
FUNDAMENTOS DEL APRENDIZAJE	32
APRENDER	32
PILARES DEL APRENDIZAJE	35
Atención	35
Compromiso activo	38
Curiosidad	39
Situaciones que merman la curiosidad	40
Retroalimentación	41
La calificación	42
Sorpresa	42
Evaluar	43
Consolidación	43
Importancia De La Automatización	44
El Sueño	44
Conclusiones del aprendizaje	45
TAXONOMIA DE BLOOM: DOMINIO COGNITIVO	46
FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA LECTURA	51
EL ESFUERZO QUE DEBEN REALIZAR LOS INDIVIDUOS PARA APRENDER A LEER	51
Círculo visual	52
Círculo del lenguaje	53
LA ESCRITURA	54
Transparencia de los sistemas de escritura	54
Opacidad de los sistemas de escritura	55
Granularidad de los sistemas de escritura	55
Clasificación de los sistemas de escritura	56
Tipos de grafemas	56
Rol de la escritura	57
Categorías de palabras	57
Conclusiones de la escritura	57
ETAPAS DE LA ADQUISICIÓN DE LA LECTURA	58
El código visual de las letras y grafemas	61
ACTIVIDADES BENEFICIOSAS PARA LA LECTURA	62

---

DIFICULTADES EN LA LECTURA	62
METODOLOGÍAS APLICADAS EN EL APRENDIZAJE DE LA LECTURA	64
PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA ENSEÑANZA DE LA LECTURA	65
Principio de la enseñanza explícita del código alfabetico	65
Principio de progresión racional	66
Principio de aprendizaje activo: asociar la lectura y escritura	67
Principio de transferencia de lo explícito a lo implícito	68
Principio de elección racional de los ejemplos y de los ejercicios	68
Principio de compromiso activo, de atención y de disfrute	69
Principio de adaptación al nivel del niño	70
ORDEN DE ENSEÑANZA DE LAS LETRAS EN NIÑOS	71
VENTAJAS DE LA ALFABETIZACIÓN A TRAVÉS DE SOFTWARE	73
FUNDAMENTOS DE COMPUTACIÓN APLICABLES A LA TUTORÍA Y EL APRENDIZAJE	75
PROGRAMACIÓN DE AGENTES	75
Agente	75
Entorno o Medio ambiente	75
Estado	75
Sensor(es)	75
Percepción(es)	75
Actuador(es)	76
Acción(es)	76
Conocimiento	76
Función de agente	76
Agente racional	76
Medida de rendimiento o de desempeño	76
Racionalidad	77
Aprendizaje	77
Autonomía	77
Experiencia	77
Episodio	77
Entorno de trabajo o tarea	77
Programa de agente	78
Arquitectura de agente	78
Reglas Condición-Acción	78
Aleatoriedad	78
Estado interno	78
Meta	78
Utilidad	79
Función de utilidad	79
Elemento de aprendizaje	79
Elemento de actuación	79
Crítica	79
Nivel de actuación	79
Generador de problemas	80
REAS	80

---

Propiedades del entorno de trabajo	80
Totalmente o completamente observable vs. Parcialmente observable vs. No observable.	80
Determinista vs. Estocástico vs. No determinista.	80
Agente único vs. Multi agente.	81
Episódico vs. Secuencial.	81
Estático vs. Dinámico vs. Semi dinámico.	81
Discreto vs. Continuo.	82
Conocido vs. Desconocido.	82
Tipos de agentes	82
Representación de estados y transiciones de un agente	84
Sistemas multiagentes	84
Planificación multiagente	84
Cooperación en planes y objetivos conjuntos	84
Plan conjunto	85
Coordinación	85
Planificación condicional en entornos parcialmente observables	85
Sincronización	85
Acción Conjunta	86
Lista de acciones concurrentes	86
Mecanismos de coordinación	86
Convención	86
Comunicación	87
Toma de decisión para múltiples agentes	87
Arquitectura SOA	88
ALGORITMOS DE INFERENCIA LÓGICA	89
APRENDIZAJE REFORZADO	90
SISTEMAS DE TUTORÍA INTELIGENTES	93
Definiciones de STI	93
Objetivos del STI	93
Requisitos de los STI	94
Funcionamiento	94
Componentes de un STI	95
LÓGICA DIFUSA	97
Cuando usar lógica difusa	97
Cuando no usar lógica difusa	98
Características de la lógica difusa	98
Diferencia lógica tradicional y lógica multivaluada	98
Propósito	99
Pasos para aplicar la lógica difusa	99
Estructura de la regla	99
Sistema de inferencia difusa	100
Modificadores lingüísticos	100
Funciones de membresía	101
Conectores lógicos	102
Operadores para la implicación y agregación	103

<b>CAPÍTULO 2: MODELO SOLUCIÓN</b>	<b>105</b>
ESTRUCTURA DEL MODELO	105
JUSTIFICACIÓN DEL MODELO	105
MODELO DEL ENTORNO	109
REAS	109
PROPIEDADES	109
POBLACIÓN	110
CARACTERÍSTICAS DE AGENTE	110
MÓDULO PEDAGÓGICO O DEL DOMINIO	110
ACTIVIDADES	111
Actividades de identificación	111
Actividades rima	112
Actividades de sustitución	113
Actividades de eliminación	113
Actividades de trazado	114
Actividades de inversión	114
Actividades de segmentación	115
Actividades de síntesis	115
Actividades de soporte	117
SERVICIO DE DATOS	118
Estructuras orientadas a las actividades.	118
Módulo matemático	121
SERVICIO MATEMÁTICO	122
MÓDULO DEL ESTUDIANTE	122
DATOS DEL USUARIO	122
ALMACENAMIENTO DE DATOS DEL USUARIO	123
Funcionalidades	123
MÓDULO DEL TUTOR	124
DESCRIPCIÓN GENERAL	124
FUNCIONALIDADES	124
de recompensa	125
Para la correctitud:	126
Para la motivación:	126
Base de reglas	126
Para el conocimiento:	127
ALGORITMO DE APRENDIZAJE	128
MÓDULO DE DIXCY	129
FUNCIONALIDADES	129
RESTRICCIONES	130
GUARD	130
<b>CAPÍTULO 3: PROCESOS DE INGENIERÍA DE SOFTWARE</b>	<b>145</b>
ETAPA DE ANÁLISIS DE REQUISITOS	145
INTRODUCCIÓN	145
Propósito	145
Descripción del problema	146
Definiciones, acrónimos y abreviaturas	147

---

Ámbito	148
Referencias	150
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>	150
Perspectiva del producto	150
Funciones del producto	151
Diagrama caso de uso	152
Características del usuario	152
Restricciones	153
Restricciones de hardware.	153
Restricciones de política	154
Restricciones de tiempo	154
Restricciones de habilidad	154
Suposiciones y dependencias	154
Requisitos futuros	155
<b>REQUISITOS ESPECÍFICOS</b>	155
Funciones	155
Interfaces externas	165
Interfaces de usuario	165
Interfaces de hardware	165
Interfaces de comunicación	165
Requisitos de rendimiento	165
Atributos del sistema	166
Otras consideraciones del sistema	166
<b>ETAPA DE DISEÑO</b>	166
<b>INTRODUCCIÓN</b>	166
Propósito	166
Preludio	166
<b>DEFINICIONES, ACRÓNIMOS, ABREVIATURAS</b>	167
<b>DISEÑO</b>	167
Diagrama de casos de uso.	167
Diseño por contrato	168
Atributos no funcionales	184
Arquitectura del sistema	184
Diseño de clases	184
Diseño de datos	184
Adjuntado en Modelo Solución	184
Maquetado visual	185
Interfaces	185
interfaz login	185
Interfaz de registro	185
Interfaz Home	186
Interfaz de datos de usuario	187
Interfaz de Aprender	188
Interfaz de avance	188
Interfaz de Intereses	189
Agente compañero	189

---

Diseño recompensas	190
Trofeos	190
Asistencia	190
Participación	190
Respuesta correcta	190
ETAPA DE VERIFICACIÓN	190
MODELO DE CALIDAD	190
Requisitos no funcionales	191
Calidad del proceso	196
Métricas de calidad del proceso	197
Comunicación (CN)	197
Analizar el problema (AP)	197
Planificación (PL)	197
Modelado (MOD)	198
Implementación (IMP)	198
Despliegue (DES)	198
Mantenimiento (MAN)	198
Resultado métricas de calidad del proceso	198
Enfoque ontológico	201
Evaluación de los componentes ontológicos	202
Adecuación al problema (O1)	202
Solidez (O2)	203
Consistencia (O3)	203
Concisión (O4)	203
Compleción (O5)	203
Cohesión (O6)	203
Validez (O7)	204
Métricas del enfoque ontológico	204
Fórmulas para el cálculo de la calidad del software	208
Tabla de pesos para factores y subfactores de calidad	210
CONCLUSIONES	212
BIBLIOGRAFÍA	214
LIBROS	214
ARTÍCULOS	214
RECURSOS	216

## INTRODUCCIÓN

### DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El proyecto se enfocará en los problemas que surgen de la falta de tiempo, focalización y adaptabilidad pedagógica del sistema educativo formal, abordando sus siguientes falencias:

- Un educador es incapaz de suplir las necesidades educativas por ejemplo *estimulación, atención y adecuación* de un conjunto de personas, a causa de las *capacidades y cualidades específicas de cada una*, por ejemplo:
  - Una persona puede aprender a efectuar una actividad, por ejemplo de reconocimiento de sílabas concretas en un determinado párrafo en 5 minutos mientras que a otra persona puede tomarle el doble del tiempo.
  - Una actividad puede dar excelentes resultados en el aprendizaje de una persona pero en otra no, y el resultado puede ser inverso en caso de desarrollar una actividad diferente, esto debido:
    - A un bajo interés por el desarrollo de la misma.
      - Ya sea por preferencias personales.
      - O por el incentivo (recompensa) que recibe al término de una.
    - A que la actividad no se adecua al nivel cognitivo y conocimientos previos del individuo.
  - Una persona puede requerir *mayor cantidad de práctica* que otra para aprender a realizar de forma correcta una actividad, debido a la gran cantidad de alumnos y el tiempo limitado que manejan los docentes no existe mucho margen para la reiteración en este sentido.
- Un educador dispone de un tiempo determinado para enseñar, por lo que no puede exceder dicho tiempo y prestar *atención personalizada* a cada uno de sus alumnos o a quienes más lo necesiten.
- El correcto desarrollo de una clase es *dependiente* de factores psicológicos del educador, como por ejemplo su carisma, su estado de ánimo y su *vocación* por enseñar.

En vista de lo anterior, resulta *complejo* para el educador asegurar que un conjunto de personas aprendan correctamente y logren adquirir en este caso concreto la capacidad de leer, esto *no* significa que el problema sea originado por el docente sino más bien es algo natural debido a las *características y necesidades* del ser humano, que el sistema educativo no puede suplir correctamente.

Si bien la atención humana personalizada individual es la mejor para enseñar, el llevarlo a cabo no es factible debido a la enorme demanda y gasto económico que esto conlleva, al igual que el espacio físico necesario para el desarrollo de actividades individuales.

Adicionalmente tenemos en consideración que el 12 de diciembre del 2019 comenzó una pandemia mundial, generando un *problema educativo* debido a la interrupción de la normalidad en los procesos de educación formal pasando de modalidad presencial a online, lo que ha servido de estímulo para reformar e innovar en el ámbito educativo con proyectos de base tecnológica como en el que aquí se propone.

Surge la necesidad de resolver este problema ya que el aprender a leer y escribir permite el desarrollo igualitario de los individuos que componen una sociedad; aprender esta habilidad a una edad temprana es indispensable para sus beneficios futuros ya que les permite desenvolverse en todo tipo de actividades, ya sean recreativas, laborales, educativas y comunicativas, es decir les brinda la capacidad de desenvolverse socialmente, de adquirir nuevos conocimientos y mejorar sus capacidades cognitivas. Actualmente esta necesidad de enseñar a leer es suplida en la mayoría de los casos por clases en donde existe un tutor que enseña a un conjunto de personas en aula, o bien a través de tutorías individuales, siendo esta última la que logra obtener mejores resultados pero a su vez es inaccesible a la mayoría de personas.

## META

Generar un modelo computacional, concretamente un sistema de tutoría inteligente (STI) que permita apoyar el aprendizaje y la correcta adquisición de la lectura (etapa alfabética) en personas de 4 a 7 años de edad, y realizar su implementación en una aplicación web; posteriormente culminar con la revisión de los objetivos específicos del sistema.

## ÁMBITO

El software al cual se referirá como *Dixcy* está dirigido a personas de 4 a 7 años de edad. Específicamente se desarrolla un *STI* para el caso concreto del aprendizaje de la lectura. Donde el objetivo del sistema de tutoría inteligente es ofrecer apoyo a los estudiantes para una correcta adquisición de la capacidad de lectura.

Los tópicos involucrados en el ámbito son los siguientes:

- Agentes inteligentes.
- Sistemas multiagente.

- Aprendizaje por refuerzo.
- Sistemas de tutoría inteligente.
- Enseñanza de la lectura.

## RESTRICCIONES

### RESTRICCIONES DE TIEMPO

El proyecto considera un tiempo de desarrollo de 6 meses desde su aceptación y en caso excepcional hasta 6 meses más, es decir no puede superar el año según artículo 27 del reglamento de titulación.

### RESTRICCIONES DE COSTO

El proyecto tiene las siguientes restricciones de costo:

- Dispondrá de recursos monetarios mínimos o iguales a cero.
- Contará con el consejo y experiencia del profesor *guía* Guillermo Leyton en el área de desarrollo de software.
- Considera dos personas para el equipo de desarrollo.
- Contará con el siguiente equipo físico para las tareas de:
  - Desarrollo y ejecución: Equipo dispuesto por el grupo de desarrollo.

### RESTRICCIONES DE ALCANCE

El proyecto tiene diferentes tipos de restricciones respecto del alcance:

- Restricciones en el ámbito del proyecto.
- Restricciones de modelo.
- Restricciones del software.

### RESTRICCIONES DEL PROYECTO

El proyecto *busca servir de apoyo* a padres, tutores y/o adultos interesados en que el menor o los menores a su cargo adquieran la habilidad de leer.

El proyecto tiene como propósito generar e implementar un modelo pedagógico computacional, para posterior *validación*, *no* de su efectividad en individuos de 4 a 7 años de edad sino del *cumplimiento* de los puntos señalados en la sección de *objetivos*.

específicos del sistema (*documento de anteproyecto*). Lo que es más acorde al perfil de ingeniero de software.

El proyecto *no busca evaluar* la validez o hacer una investigación sobre la efectividad y beneficios del *modelo implementado* en un *ámbito práctico* como por ejemplo *colegios*, debido a:

- Que requiere gran cantidad de *tiempo en la gestión* y obtención de permisos necesarios para puesta a prueba del software en menores.
- Que requiere de *muestras significativas* relacionadas a cantidad de usuarios, no usuarios y *tiempos acotados* de exposición al sistema en un plazo extenso.
  - No obstante sería posible realizar una investigación sobre sus efectos en etapas posteriores o dentro de otro tipo de trabajo investigativo.
- La validación del sistema se hará con menores que sean cercanos a los desarrolladores del proyecto con el fin de evitar conflictos legales.

## Del Modelo

Abarca cuatro elementos principales:

- Módulo del estudiante.
- Módulo del tutor.
  - Debe considerar el algoritmo SARSA para el aprendizaje.
- Interfaz de usuario.
- Módulo del dominio.
  - Debe considerar las propuestas realizadas por Stanislas Dehaene.

El sistema sólo considera dos tipos de agentes inteligentes:

- Agente tutor.
- Agente compañero.

El modelo propuesto:

- No monitorea las acciones ejecutadas fuera del software.
- *No busca reemplazar* los modelos educativos pre existentes.

## Del Software

Las restricciones del referentes a software son las siguientes:

- Podrá ser usado por usuarios de entre 4 y 7 años interesados en aprender a leer, y que sean capaces de entrar a la web del software solos o en compañía.
- Será un software de aplicación web.
- Requerirá conexión a internet.
- El software será implementado con la arquitectura cliente-servidor.
- El apartado del cliente será programado con los siguientes lenguajes:
  - HTML.
  - CSS.
  - SCSS.
  - Javascripts.
  - Typescript.
- El apartado del servidor será programado con uno de los siguientes lenguajes: Java, PHP y JavaScript o Typescript.
- Requerirá:
  - Servidor web para alojar la página.
  - Servidor Backend para alojar la API de consulta a la base de datos
  - Servidor para almacenar la base de datos.
- Debe funcionar sobre una arquitectura mínima de procesador intel i3 de tercera generación con 8 GB de ram.
- Debe ser compatible con el navegador Microsoft Edge.
- Será monousuario.
- Contará con un entorno visual.
- El software debe contar con los atributos de calidad determinados en el proceso de ingeniería de software.

## OBJETIVOS

### GENERALES

Los objetivos generales del proyecto son los siguientes:

- *Elaborar* un modelo computacional que *favorezca* el aprendizaje de la lectura según el individuo a través de una aplicación web entretenida, flexible y pedagógica.
- *Implementar* modelo computacional generado a través de un software.
- *Enfocar* el software a personas de cuatro a siete años de edad sin dificultades físicas para el uso de un computador personal y/o teléfono inteligente con acceso a internet y sin discapacidades cognitivas.
- *Seleccionar y aplicar* atributos de calidad correspondientes al software.



## DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN

Los objetivos de análisis e investigación son los siguientes:

- Modelos para el aprendizaje de la lectura
- Modelos computacionales orientados al ámbito educativo, en particular sistemas de tutores inteligentes y compañeros de aprendizaje.

## DEL PROCESO DE INGENIERÍA DE SOFTWARE

Los objetivos del proceso de ingeniería de software son los siguientes:

- Generar la siguiente documentación que a su vez son HITOS:
  - Plan general. (El presente capítulo)
  - Requerimientos específicos.
  - Determinación del ciclo de vida.
  - Temporización:
    - Definir tareas claras y concisas.
    - Definir horarios de trabajo.
  - Modelo de solución.
  - Determinación del modelo de calidad.
  - Diseño.
  - Manual de usuario.
- Implementación del software aplicando y siguiendo las directrices especificadas en la documentación.
- Entregar en las fechas acordadas.
- Validación del software.

## CRITERIOS DEL PROYECTO

### DE ÉXITO

Los criterios de éxito del proyecto son los siguientes:

- Cumplir con los objetivos especificados.
- Cumplir con los atributos de calidad determinados en el documento *Determinación modelo de calidad para Dixcy*.
- Realizar el proceso de ingeniería de software.
- Cumplir con la implementación de los requerimientos del software.
- Validación del proceso por parte del profesor guía.
- Validación por parte del comité evaluador sobre el proceso presentado.

## DE FRACASO

Los criterios de fracaso del proyecto son los siguientes:

- Abandono total del proyecto por sus integrantes.
- Temporización inadecuada.
- Incumplimiento de los criterios de éxito.

## DEFINICIONES

Concepto	Definición
<i>STI / ITS</i>	Sistema Tutor Inteligente / Intelligent Tutoring Systems
<i>TIC</i>	Tecnologías de la Información y Comunicación
<i>PEA</i>	Proceso Enseñanza Aprendizaje
<i>IA</i>	Inteligencia artificial
<i>CTAT</i>	Cognitive Tutor Authoring Tools
<i>LCS</i>	Learning companion system
<i>VP</i>	Virtual peer (Agentes compañero)
<i>SMA</i>	Sistema multi-agente
<i>Agente</i>	Sistemas computacionales que habitan un medio ambiente complejo y dinámico, perciben y actúan de manera autónoma en su medio ambiente y aparte realizan una serie de actividades o procesos para los cuales fueron diseñados.
<i>Modificación neurológica</i>	Hace referencia a cambios en el sistema nervioso.
<i>Reciclaje neuronal</i>	Teoría sobre el reciclaje de áreas cerebrales para la obtención de la capacidad de leer. Stanislas Dehaene, 2008.
<i>Morfema</i>	Unidad más pequeña de la lengua que tiene significado léxico o gramatical y no puede dividirse en unidades significativas menores.
<i>Sílaba</i>	Sonido o conjunto de sonidos articulados que se producen entre dos breves y casi imperceptibles interrupciones de la salida de aire de los pulmones en la emisión de voz.
<i>Fonema</i>	Unidad fonológica mínima que resulta de la abstracción o descripción teórica de los sonidos de la lengua
<i>Área ventral occipito-temporal</i>	Área o región inferior del cerebro donde se une el lóbulo occipital y el temporal.
<i>Ruta fonológica o indirecta de la lectura</i>	Lectura en la que el núcleo central sería la identificación de las letras que forman la palabra y su posterior transformación en sonidos para reconocer lo dicho auditivamente.

<i>Ruta léxica o directa de la lectura</i>	Ruta que lee las palabras en su globalidad, es decir, sin necesidad de descomponer la letra a letra o sílaba por sílaba. En esta ruta, el lector, hace uso de la representación en su memoria, haciendo un mapa mental de la misma
<i>Apoplejía</i>	Síndrome neurológico de aparición brusca que comporta la suspensión de la actividad cerebral y un cierto grado de parálisis muscular

## CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

### FUNDAMENTOS NEUROLÓGICOS

#### INTRODUCCIÓN

Leer no es una habilidad predeterminada del cerebro, este requiere coordinar varias regiones para reconocer letras impresas, asociarlas con sonidos y obtener su significado. Un lector avanzado, debe poder dominar estas conexiones neuronales rápidamente. Junto a esto, un estudiante debe desarrollar en formas y áreas distintas del cerebro, las siguientes habilidades:

- *Lenguaje*: dominio del lenguaje hablado.
- *Orientación Espacial*: habilidad para ordenar las letras y escribir de izquierda a derecha, de arriba abajo.
- *Comprendión de órdenes y estructuras sintácticas*: las letras ordenadas de distinta forma, dan lugar a palabras distintas. Para transmitir un mensaje con sentido las palabras deben tener un orden concreto.
- *Coordinación viso motora*: dominar la coordinación entre los movimientos de la mano y la vista; es decir los trazos que se hagan deben responder a lo que el ojo perciba.
- *Discriminación y memoria auditiva*: guardar en memoria los sonidos oídos y poder convertirlos en letras determinadas.
- *Conciencia y discriminación Fonológica*: conciencia de que a cada sonido le corresponde una expresión gráfica y capacidad de diferenciar unos sonidos de otros.

Para comprender los fundamentos neurológicos involucrados en el aprendizaje de la lectura, se ha utilizado como libro guía *El Cerebro Lector*<sup>1</sup>, el cual aborda mecanismos y procesos involucrados en la lectura, así como las hipótesis que generan más consenso en la comunidad neurocientífica. Los elementos que en él se proponen y consideran, se fundamentan en distintos estudios que cubren las últimas décadas de investigación de neuroimágenes y estudios científicos relacionados con la lectura.

#### MECANISMOS CEREBRALES INVOLUCRADOS

Se ha detectado que la estructura cerebral es similar en todos los seres humanos y que las mismas regiones cerebrales se activan para decodificar una palabra escrita. Esto sucede independientemente del idioma. Los modernos métodos de neuroimágenes que muestran las áreas del cerebro que se activan cuando se descifra una palabra escrita han revelado las tareas que realiza el cerebro durante la cadena de procesamiento. Estas tareas son

<sup>1</sup> El cerebro Lector. Stanislas, D. (2014). Siglo veintiuno editores. Segunda edición.

distribuidas en un conjunto de mecanismos que procesan la información y se armonizan para poder llevar a cabo la actividad de lectura. Las tareas en cuestión son:

1. Determina si lo observado son letras.
2. Determina qué letras son las observadas.
3. Determina si estas letras forman alguna palabra.
4. Determinar cuál es el sonido de las letras observadas.
5. Determinar la pronunciación de letras y palabras.
6. Determinar el significado de letras y palabras.

## MECANISMOS GENÉTICOS

Los mecanismos genéticos hacen referencia al conjunto de circuitos cerebrales definidos por los genes. Estos definen la biología cerebral, su estructura y otorga pre-representaciones importantes para la supervivencia, la adaptación al entorno y el desarrollo de capacidades. Entre estos se incluye el mecanismo de aprendizaje o la plasticidad cerebral, los circuitos primitivos encargados de la visión, la articulación de sonidos, el movimiento muscular, entre otros. Estos servirán para desarrollar los circuitos corticales de la lectura, que según el modelo moderno propuesto por Laurent Cohen y Stanislas Dehaene están compuestos por:

- *Atención arriba-abajo y lectura en serie*: realizada por el área parietal posterior del cerebro.
- *Estímulo visual*: realizado por el área occipital del cerebro.
- *Área de la forma visual de las palabras*: realizado por el área occipito temporal ventral del cerebro.
- *Acceso a significado*: realizado a través de la interconexión del Giro angular, Área temporal media, Área fusiforme anterior, Área temporal anterior, Área frontal inferior.
- *Acceso a pronunciación y articulación*: realizado a través de la interconexión del Giro supramarginal, Área temporal superior, Área precentral e Ínsula anterior.

La mayoría de las actividades requieren coordinación entre múltiples áreas de ambos hemisferios. Sin embargo existe cierta dominancia. El hemisferio izquierdo es dominante para el lenguaje, y el hemisferio derecho es dominante para la atención espacial.

## MECANISMOS DE APRENDIZAJE

Se encargan de seleccionar qué pre-representaciones pueden adaptarse mejor al ambiente. Su función es adaptar en la medida de lo permisible los circuitos cerebrales para un nuevo uso.

## Plasticidad Cerebral

Es la capacidad del sistema nervioso para generar nuevas redes de comunicación neuronal y así adaptar su organización *estructural* y *funcional* ante los estímulos y el entorno. Esta modificación sucede por:

1. *Determinación genética.*
2. *Patologías* provocadas por enfermedades o accidentes. En el caso de las patologías, suelen activar la *plasticidad compensatoria*, la cual hace referencia a la facultad del cerebro para recuperarse y reestructurarse. Esta se activa cuando el cerebro sufre algún daño que provoca la pérdida de alguna función, haciendo que otra área o región se adapte para cumplir dicha función y compensar la pérdida. A través de resonancia magnética funcional (fMR) se han detectado reorganizaciones de actividad cerebral en circuitos radicalmente distintos de los de un cerebro sano en pacientes que recuperan funciones perdidas
3. *Situaciones de aprendizaje.*

La plasticidad cerebral es un proceso que se desarrolla durante toda la vida, y depende de lo siguiente:

1. *La edad.* A menor edad, mayor plasticidad neuronal. Al nacer se poseen mayores conexiones neuronales, las cuales a través de la poda sináptica se van eliminando en función de su uso durante los primeros años de vida, o por el contrario se crean nuevas conexiones a través de la sinapsis. Si bien la plasticidad es superior en los primeros años de vida, esta se puede desarrollar a lo largo del tiempo.
2. *La arquitectura neuronal preexistente.* Es decir la plasticidad tiene límites, no es infinitamente moldeable.
3. *La nutrición.* El proceso de hacer (sinapsis) y deshacer (poda sináptica) conexiones neuronales requiere una gran cantidad de energía. Se requieren nutrientes como vitaminas, hierro, ácidos grasos, yodo, oxígeno y glucosa. Es decir, el cerebro necesita una *dieta equilibrada, una buena oxigenación y ejercicio físico* (aumento del flujo sanguíneo y estimulación).
4. *La experiencia.* Ejecución de actividades intelectuales, ya sea aprendizaje o nuevas vivencias. El aprendizaje a su vez es afectado por los circuitos de atención, motivación y placer (sistema de atención y recompensa).
5. *El sueño. Especificado en Fundamentos del aprendizaje.*

Gracias al proceso de la plasticidad cerebral las personas aprenden y desarrollan capacidades; El cerebro se vuelve moldeable y se adapta en función de lo que se necesita desarrollar para sobrevivir; Es capaz de desarrollar conexiones que facilitan las estructuras cognitivas, que, una vez formadas, puede ampliar, modificar o eliminar. Cuanto más se

utilizan las conexiones cerebrales, más se fortalecen, obtienen mayor velocidad de procesamiento de información, y mejora la percepción y codificación de información nueva, así como la respuesta ante determinados estímulos. En definitiva, mejorará el proceso de aprendizaje y en consecuencia la adaptación al medio.

### Hipótesis del Reciclaje Neuronal

Propone que aunque algunos ven al cerebro como un órgano infinitamente plástico, cuya capacidad de aprender no tiene límite, este obedece a restricciones genéticas fuertes, y solo algunos circuitos han evolucionado para tolerar cambios marginales. La Hipótesis del “reciclaje neuronal” sostiene que:

*“Un conjunto de circuitos cerebrales, definido por nuestros genes, brinda ‘pre-representaciones’ (Changeux, 1983) o hipótesis que nuestro cerebro puede tener sobre los futuros desarrollos en su ambiente. Durante el desarrollo del cerebro, los mecanismos de aprendizaje seleccionan qué pre-representaciones pueden adaptarse mejor a determinada situación. La adquisición cultural se da gracias a este margen de plasticidad cerebral. Lejos de ser una pizarra en blanco que asimila todo lo que se encuentra a su alrededor, nuestro cerebro se adapta a una cultura dada cambiando mínimamente el uso de sus predisposiciones para darles un uso diferente. No es una tabla rasa en la cual se acumulan construcciones culturales, sino un dispositivo cuidadosamente estructurado que se las arregla para adaptar algunas de sus partes para un nuevo uso. Cuando aprendemos una nueva habilidad, reciclamos algunos de nuestros antiguos circuitos cerebrales de primates, en la medida, por supuesto, en que estos circuitos pueden tolerar el cambio”.*

Por tanto, el aprendizaje de la lectura compite con funciones previas de la corteza visual (en este caso, el reconocimiento de rostros). Conforme la habilidad lectora mejora, aumenta la activación cerebral que producen las palabras escritas en el hemisferio izquierdo y la activación producida por los rostros se desplaza desde el hemisferio izquierdo hacia el hemisferio derecho. La lectura converge de forma gradual en el área temporo-occipital izquierda (área 37 de Brodmann), denominada “caja de letras”, área que progresivamente se irá especializando en la detección de grafemas a medida que el niño se convierte en un lector experto.

Adicionalmente aprender a leer requiere conectar dos conjuntos de regiones cerebrales ya presentes en la infancia: el sistema de reconocimiento de objetos (áreas occitales y temporales) y el circuito del lenguaje (áreas temporales, parietales y frontales periféricas). Este proceso cerebral que supone ensayo y error (similar a la evolución de la escritura) debe ocurrir dentro de los circuitos visuales y lingüísticos del cerebro del niño.

Aprender a leer consiste en desarrollar una interconexión eficiente entre las *áreas visuales* y *áreas del lenguaje*.

## Correlación temporal

Un factor clave para que se efectúe esta interconexión es la correlación temporal, la cual plantea que la corteza cerebral asigna las mismas neuronas para procesar dos formas conectadas temporalmente ya sea porque siempre ocurren juntas dentro de la misma secuencia temporal o porque son presentadas en pares. Esto implica que una neurona responde a dos imágenes que son diferentes, pero que tienen como propiedad compartida que ocurren en una estrecha sucesión temporal. Este mecanismo de aprendizaje puede generar representaciones visuales abstractas e invariantes. Por ejemplo: Siempre que se observa a alguien de cerca o lejos, de frente o perfil, las neuronas temporales logran sostener una representación estable de ella, incluso si las perspectivas cambian constantemente. Este mecanismo tendría un rol esencial en la lectura, permitiendo no tener problemas para descubrir la asociación de las letras en *minúscula* y en *mayúscula*, como “a” y “A”. También detectaría la correlación entre *letras* y *sonidos* del habla, contribuyendo a establecer rutas eficientes para la conversión de grafemas (letra o serie de letras que representan un sonido) en fonemas.

## MECANISMOS VISUALES

Son los procesos visuales necesarios y utilizados para la lectura. Desde la entrada visual, hasta los procesos cerebrales relacionados a la visualización y procesamiento de letras y palabras.

### Entrada Visual

El procesamiento de la palabra escrita comienza con el sistema visual, este es el encargado de capturar con una célula diferente una parte de la imagen visual, la cual luego será ensamblada para identificar la imagen completa. En concreto la lectura se realiza con la fóvea, la cual se ubica en el centro de la retina del ojo, siendo el área con mayor densidad de conos (células sensibles a la luz) y más densa en células de alta resolución.

Cada vez que los ojos se detienen, se reconocen una o dos palabras, y cada palabra leída es dividida por neuronas de la retina (principalmente de la fóvea, ya que esta es la única parte realmente útil para la lectura) en muchos fragmentos, donde cada fragmento de la imagen es reconocida por un fotorreceptor distinto. Es así como el sistema visual extrae progresivamente grafemas, sílabas, prefijos, sufijos y las raíces de las palabras.

El uso explícito de la fóvea en la lectura explica los movimientos del ojo necesarios para leer, de la misma manera el tálamo y la corteza cerebral activan menos células para el procesamiento visual cuando los objetos se alejan del centro visual. Considerar, que cuando

las letras y palabras sobrepasan el tamaño de la precisión máxima que se puede alcanzar en el centro de la fóvea, estas son más difíciles de leer.

### Otras consideraciones del sistema visual:

- Los bastones, otro tipo de celulas funcionan mejor en condiciones de baja luminosidad y; proporcionan vision en blanco y negro (mayor concentración fuera de la zona central de la retina).
- Las habilidades perceptuales de la retina dependen del número de letras y de la agudeza visual (principalmente en adultos mayores puede verse deteriorada).
- La cantidad de información en una fijación ocular que se puede procesar es a lo máximo 12 letras aproximadamente.
- El alcance visual está sujeto a la estrategia de exploración visual que ha sido adaptada por el individuo según su lengua y escritura.
- Adicionalmente se encarga de la descomposición sistemática de las palabras en morfemas y/o pseudomorfemas hasta unidades mínimas denominadas grafemas.

### Normalización

Es un conjunto de procesos que realiza el cerebro para corregir la variedad de cada una de las letras. Su objetivo es obtener la invariabilidad perceptual o visual de cada letra. Este es uno de los rasgos permite no prestar atención a variaciones irrelevantes y amplifica las que son relevantes. Entre los procesos de normalización encontramos:

- *Normalización del tamaño*: Permite reconocer un objeto desde distintas distancias. Su objetivo es obtener la invariabilidad del tamaño, y se logra gracias a que el sistema visual es capaz de tolerar grandes cambios de escala.
- *Normalización de la localización espacial (o posición)*: Permite identificar una palabra sin prestar atención a la localización exacta de cada una de sus letras. Su objetivo es obtener la invariabilidad de localización. Se logra siempre que el tamaño de la letra adyacente se aumente con el fin de compensar la falta de resolución que se encuentra en la retina.
- *Normalización de la forma*: Hace referencia a las distintas formas de los caracteres, también llamadas fuentes tipográficas. Estas poseen dos tipos de caracteres: MAYÚSCULAS y minúsculas. A su vez pueden poseer un **peso**, *inclinación*, estar subrayadas o tener cualquiera de estos atributos **Combinados**. En este caso, sigue siendo un misterio saber cómo el sistema visual categoriza las formas de letras, pero una de las hipótesis más utilizadas es el uso de detectores abstractos o neuronas capaces de reconocer la identidad de una letra en cualquiera de sus formas.

## Invariabilidad Perceptual

*Invariabilidad de Tamaño:* Las palabras no se encuentran en el mismo tamaño. Se debe ser capaz de leer palabras en diferente tamaño. La invariabilidad de tamaño se consigue mediante la normalización de letras o reconocimiento invariante, que consiste en tolerar los grandes cambios de escala.

*Invariabilidad de forma:* Las palabras no se encuentran en la misma fuente. Cientos de imágenes diferentes captadas por la retina pueden hacer referencia a la misma palabra, dependiendo de la forma en la que esté escrita. Se debe ser capaz de leer palabras ya sean impresas, manuscritas, mayúsculas y minúsculas. Es decir identificar qué cualidad de una palabra no varía la secuencia de letras a pesar de la forma que tenga. La invariabilidad perceptual se consigue mediante la normalización de letras o reconocimiento invariante, que consta de lo siguiente:

1. Reducción de la atención frente a variaciones irrelevantes en la forma de caracteres.
2. La amplificación de la atención frente a diferencias relevantes en la forma de caracteres.
3. Almacén de representación abstracta de letras y palabras, es decir neuronas que no se ven afectadas por el tipo de letra.

*Invariabilidad de Localización:* Las palabras no se encuentran en una ubicación única. Se debe ser capaz de leer una palabra independientemente de donde se encuentre ubicada ya sea a la izquierda o derecha del punto de fijación de la fóvea. El cerebro aborda este problema enviando el estímulo visual que ha sido procesado por el hemisferio derecho a través del tálamo hacia la caja de letras ubicada en el hemisferio izquierdo que se especializa en el reconocimiento de letras y palabras.

## Posición De La Palabra Escrita

La posición de la palabra escrita guarda relación con la invariabilidad espacial, la que provoca que un buen lector pueda reconocer palabras sin importar su posicionamiento (dentro de los límites de la retina). Esta se refiere al hecho de que las palabras escritas se posicionan de forma cruzada en la retina, es decir, las palabras que aparecen a la izquierda del campo visual se proyectan a la derecha del cerebro y retina, y las que se ven por la derecha se presentan a la izquierda. Ambos casos utilizan las fibras nerviosas del cuerpo calloso para transmitir la información y convergen en el área temporo-occipital izquierda (caja de letra). Esto sucede independiente del idioma, reafirmando la existencia de restricciones genéticas y la idea de que la obtención de la invariabilidad sucede en la caja de letras. Otros estudios revelan que el área temporo-occipital derecha también es capaz de reconocer visualmente la invariabilidad de tamaño y posición, pero solo la izquierda es capaz de reconocer las prácticas culturales como el significado (morfemas) o la invariabilidad de forma.

## Corrientes Funcionales Del Sistema Visual

Desde el nacimiento los seres humanos poseen conexiones interhemisféricas a través del cuerpo calloso entre neuronas especializadas en el reconocimiento visual que responden de igual forma a la imagen espectral de un determinado objeto, es decir en una rotación de 180°.

La *corteza visual* está dividida en dos partes que cooperan entre sí:

- *El sistema visual ventral* (lóbulo temporal) que se ocupa del reconocimiento invariante de objetos (identidad), de formas y del color.
- *El sistema visual dorsal* (lóbulo parietal) que se ocupa de identificar la distancia, posición, velocidad, orientación, la distinción izquierda-derecha y la proyección gestual.

*Consideración adicional:* Los individuos que conforman una lengua con sistema de escritura con grafemas en espejo, tienen una capacidad perceptual mayor.

## La Importancia Del Área Temporo-Occipital Izquierda

Está área tiene un papel esencial en la lectura siendo capaz de extraer en un quinto de segundo, la identidad de una cadena de letras sin importar cambios superficiales en el tamaño, la forma o posición de las letras. Luego esa información invariante la transmite a diferentes regiones que codifican el significado, los patrones de sonido y la articulación.

Es importante diferenciar la escritura con la lectura ya que si esta área especializada en la lectura es dañada el sujeto aun así sería capaz de escribir ya que la escritura está asociada a la memoria muscular. Es decir, podría ser capaz de reconocer una letra a través del trazo.

A esta área se le puede encontrar en la literatura como:

- Área ventral occipito temporal izquierda inferior.
- Área temporo occipital izquierda inferior
- Área de la forma visual de las palabras.
- Caja de letras.

El daño a la caja de letras afecta a:

- El reconocimiento visual de las palabras, es decir la persona puede ver la forma de las letras pero no puede reconocerlas como tal.
- La recuperación del significado de las palabras.

- El procesamiento paralelo de las letras que conforman la palabra.

En el año 2000 por Laurent Cohen en conjunto con Stanislas Dehaene propusieron un modelo moderno de las redes corticales para la lectura que se diferencia por los siguientes aspectos:

- Más completo respecto de las áreas y sus ubicaciones que entran en funcionamiento durante la lectura.
- Funcionamiento paralelo, no lineal.
- Retroalimentación bidireccional, no unidireccional.

*Consideraciones adicionales:*

- No todas las áreas del circuito cortical para la lectura están únicamente dedicadas al reconocimiento visual de las palabras sino más bien al procesamiento del lenguaje hablado.
- Las ubicaciones exactas varían marginalmente de una persona a otra ya que los pliegues corticales individuales son únicos.
- El habla no estimula esta región.
- Imaginar la forma de las letras activa esta área.

Este modelo surge a partir de las neuroimágenes proporcionadas por resonancia magnética funcional (fMRI) que vuelve visible la actividad cerebral en forma directa (pero no en tiempo real). Los resultados muestran una activación simultánea de las áreas durante la lectura y una contribución a gran velocidad unas con otras.

Los resultados son *congruentes* con la información proporcionada en:

- El año 1989 por Steve Petersen, Michael Posner y Marcus Raichle quienes realizaron tomografías por emisión de positrones (PET) para mostrar la organización funcional de las áreas del lenguaje en el cerebro.
- El año 2002 por Tarkiainen, Comelissen y Salmelin quienes llevaron a cabo mediante magnetoencefalografía (MEG) la detección en tiempo real de la actividad cerebral frente a estímulos como el reconocimiento visual de letras y caras.

## MECANISMOS DE RECONOCIMIENTO

Mecanismo encargado de codificar y recuperar información de las palabras que el individuo ha visto alguna vez; como identidad de formas, sonidos, significado y reglas gramaticales; estas en conjunto representan un diccionario o léxico mental. Se baraja principalmente la existencia de varios léxicos mentales:

## Recuperación Del Significado A Través Del Léxico Mental

La recuperación de significado sucede una vez que el sistema visual obtiene la invariabilidad de cada letra. Dehaene sostiene que el flujo de información que entra al cerebro visual se ordena progresivamente en categorías significativas, donde las formas pasan por filtros refinados hasta ser identificadas y relacionadas a la entrada de uno o más léxicos mentales, así estos podrían ser activados uno tras otro a medida que el cerebro recupera información.

*Léxicos mentales.* Actualmente se considera la existencia de los siguientes:

1. *Léxico ortográfico:* Se encarga de obtener la forma, identidad e invariabilidad de palabras, letras, fonemas, grafemas y sílabas. Este contiene la forma escrita de todas las formas vistas. Se cree que se encuentra en el área temporo-occipital (caja de letras).
2. *Léxico fonético o fonológico:* Se encarga de entregar el sonido de las palabras, letras, fonemas, grafemas y sílabas. La pronunciación. Este se obtiene a través de la interconexión del lóbulo temporal superior y medio, lóbulo parietal inferior y el lóbulo frontal inferior.
3. *Léxico gramatical:* Se encarga de categorizar palabras mediante reglas gramaticales como por ejemplo si una palabra es sustantivo, plural, regular, etc. Por tanto aplica las reglas del idioma asociadas a las palabras, letras, fonemas, grafemas y sílabas.
4. *Léxico semántico:* Se encarga de obtener el significado de las palabras, letras, fonemas, grafemas, sílabas, e identificar palabras asociadas semánticamente como por ejemplo sinónimos. Se obtiene gracias a la interconexión del lóbulo temporal medio y basal, y el lóbulo frontal inferior.

*Modelos de direccionamiento.* El cómo se accede a los léxicos es materia de discusión, y se manejan tres formas de obtener el significado:

1. *Lista desestructurada:* Proveedor secuencial de letras que generan la palabra. Por ejemplo C-I-E-L-O.
2. *Diccionario:* Código abstracto y convencional, similar a una cifra aleatoria, donde [1296] sería la palabra “cielo” y [3452] sería la palabra “cuelo”.
3. *Árbol jerárquico:* Descomposición de una palabra en sus morfemas como paso esencial en el camino que lleva de la vista al significado. El sistema visual segmenta los morfemas de las palabras y a través de herramientas como el priming se preactiva el procesamiento del significado. Un ejemplo sería “partida” que se preactiva a través del morfema [part-], facilitando de este modo la conceptualización.

*Acceso al léxico mental.* Cuando el sistema visual recibe un estímulo, nuestro cerebro compite por la representación de lo observado, esto es relevante ya que el léxico mental que

tiene la información de todas las palabras que hemos visto alguna vez, requiere la identidad de la palabra es decir una referencia única. Para lograrlo un modelo de comportamiento del sistema nervioso está constituido por tres pilares:

- *Procesamiento masivo paralelo.* Las neuronas se activan de forma paralela y no secuencial cuando el sistema coordina la búsqueda en el léxico mental.
- *Simplicidad.* Cada neurona realiza un aporte elemental.
- *Competencia y robustez.* Las neuronas compiten entre ellas para representar la palabra correcta incluso cuando la palabra está mal escrita, tenga muchas palabras similares o sea poco frecuente.

Un ejemplo en el que esto ocurre es frente a la invariabilidad de forma, supongamos que tenemos la misma palabra pero escrita en mayúsculas y minúsculas. Inicialmente se codifican por neuronas distintas en el área visual primaria porque tienen rasgos diferentes, pero luego es recodificada de manera gradual hasta que se hacen indistinguibles, es decir le da a ambas palabras la misma dirección mental, para posterior uso por el resto del cerebro para obtener su sonido y significado.

*El léxico mental* hace uso de letras, palabras y contexto para dar robustez a la lectura. Se cree que al enfocar la atención en una letra, también se abstrae el contexto en que se ubica, ya sea una palabra o un fragmento, dando acceso a diferentes niveles de codificación, cuyo resultado se comparte para mejorar cada nivel.

*Codificación:* proceso que abstrae unidades de información en distintos niveles (letra, bigrama, morfema, palabra). Estos suceden desde la corteza visual primaria (v1), hasta la caja de letras (área temporo-occipital).

*Decodificación:* proceso que interpreta las unidades codificadas para agregar información y empujar procesos de recodificación. Este proceso es bidireccional, es decir puede decodificar un nivel y agregar información para recodificar etapas siguientes o anteriores, siendo la de arriba-abajo la que otorga robustez al sistema.

*Decodificación arriba-abajo:* plantea que la identificación de palabras comienza con la entrada visual o auditiva, y a medida que esta es procesada por etapas cada vez más compleja, es posible obtener la identificación de la palabra en todos sus niveles. Algunos de los procedimientos que aplica son:

- *Aplicación de reglas del lenguaje:* Son reglas asociadas al lenguaje o la lengua en particular, tales como:
  - Reglas fonotácticas: Definen las estructuras silábicas permisibles, los grupos consonánticos, y las secuencias vocálicas permisibles en un idioma.

- Reglas gramaticales: Principios que gobiernan el uso de una lengua concreta. Incluye:
  - Nivel fónico.
  - Nivel morfológico.
  - Nivel sintáctico.
  - Nivel léxico y semántico.
- Consideración adicional de la aplicación de reglas del lenguaje: Esto es posible porque las neuronas del área de la caja de letras se adaptan incorporando regularidades y reglas del sistema de escritura de la lengua del lector durante el proceso de aprendizaje, es decir internaliza prácticas culturales reuniendo estadísticas sobre las letras que suelen ir juntas.
- *Palabras similares.* La decodificación considera la frecuencia relativa y el número de vecinos de la palabra (palabras que tienen todas sus letras iguales excepto una) como información relevante para el reconocimiento, debido a que:
  - Las palabras frecuentes tienen mayor ventaja sobre sus vecinos menos frecuentes.
  - A mayor número de vecinos más fácilmente se puede afirmar la pertenencia de una palabra al léxico español.
  - A mayor número de vecinos mejor oportunidad de aprendizaje respecto de la pronunciación.
  - Palabras simples son leídas a mayor velocidad respecto de palabras que pueden contener grafemas complejos.
- *Adición de información:* Proceso mediante el cual se añade información a través de la interpretación paralela que realizan las distintas áreas que conforman el cerebro, esto permite mejorar el reconocimiento e incluso leer palabras que se encuentran mal escritas para tener congruencia con el contexto.

*Efecto de superioridad de la palabra* (WSE). Es la mejora en el reconocimiento de letras individuales cuando se encuentra inserta en el contexto de una palabra o fragmento de una, permitiendo acceso a más niveles de codificación producto de que interactúan en un proceso de doble vía favoreciendo la detección de letras.

*Resolución de conflictos (en el lexicón):* Cuando nuestro cerebro se enfrenta durante la lectura a conflictos originados por ambigüedades durante la identificación de una palabra, recurre a ciertos mecanismos de resolución:

1. *Procesamiento paralelo entre la ruta léxica y fonológica.*

- a. El refuerzo entre la ruta léxica y fonológica permite:

- i. Obtener el significado correcto de una palabra, solucionando así el conflicto presente en palabras homófonas.
  - ii. Obtener la pronunciación de palabras irregulares, ya que se debe conocer de antemano la identidad de la palabra.
  - iii. Llegar a un consenso en el reconocimiento de la palabra posterior al aporte de información de ambas rutas.
2. *Contexto*. El sistema visual es capaz de reconocer palabras incluso si estas están intencionalmente mal escritas, es decir es capaz de efectuar un ajuste en el reconocimiento de tal forma que la palabra tenga sentido en el contexto de la oración.
3. *Consenso*. Procesamiento paralelo entre áreas del cerebro, funciona de forma abierta a diferentes interpretaciones que adicionan información de forma paralela para un posterior consejo global que determina el reconocimiento de la palabra más satisfactorio.
4. *Detectores de letras abstractos*. Neuronas especializadas en el reconocimiento de rasgos, letras y palabras; que envían una señal excitatoria o inhibitoria para competir por la representación del estímulo de entrada.

## MECANISMOS DEL LENGUAJE HABLADO

Hace referencia a los procesos que realiza el cerebro para procesar el lenguaje hablado.

### La Conciencia Fonológica

Aprender a leer genera cambios en las áreas del lenguaje que se encuentran en el hemisferio izquierdo, entre ello el aumento de activación cerebral en la corteza prefrontal izquierda para articular sonidos y el surco temporal superior (T1<sup>2</sup>) se encarga de crear conexiones entre letras y sonidos para decodificar y reconocer palabras. Al proceso de conectar las letras con los sonidos se le denomina fonética. Estas áreas asociadas a la percepción y articulación de fonemas, denotan una relación proporcional con la adquisición de la "conciencia fonológica", encargada de manipular mental y conscientemente los sonidos de la lengua (mapear sonidos y letras). Lo que convierte a estas dos áreas en los puntos más importantes para la lectura hablada.

<sup>2</sup> T1: Es la abreviación que se le da al giro temporal superior.

## Decodificación Del Habla

La decodificación del habla involucra distintas regiones del cerebro, entre las que se destacan:

1. *Corteza inferior prefrontal izquierda*: maneja el control ejecutivo (inhibición y excitación), la planificación de conductas complejas, la toma y gestión de decisiones, y la adecuación del comportamiento a las normas sociales. Contribuye a la articulación de palabras. Contiene:
  - a. *Área de Broca*: controla el lenguaje expresivo a través de la producción lingüística y oral.
2. *Corteza inferior precentral izquierda*: contribuye a la articulación de palabras. Contiene:
  - a. *Corteza motora secundaria*: guía los movimientos y el control de los músculos.
3. *Lóbulo temporal superior*: área de asociación auditiva, contribuye a la conversión de letras en sonidos.
  - a. *Planum temporale o área de Wernicke*: se encarga de aprender a procesar los sonidos del habla relevantes. Durante la infancia aprende a ignorar los sonidos innecesarios en la lengua materna (*sordera lingüística*). Un ejemplo de esto sucede hacia el primer año en los nativos japoneses que pierden la habilidad de diferenciar una r de una L, ya que no se diferencian en su lengua.
4. *Surco temporal superior*: Realiza el análisis y genera una percepción de la palabra hablada.

## Lateralización Del Lenguaje

El procesamiento del lenguaje sucede mayormente en el hemisferio izquierdo, una posible causa es la asimetría anatómica del planum-temporale izquierdo respecto del derecho, el cual es más grande que el derecho desde antes del nacimiento, sería activado asimétricamente durante la infancia al escuchar hablar en los primeros meses de vida; otros efectos de la lateralización del lenguaje sería el hecho que el hemisferio izquierdo se encarga de discriminar pequeñas formas locales y el derecho lidia con las formas globales. Al nacer, el procesamiento del habla involucra preferentemente las regiones temporales y frontales del hemisferio izquierdo.

Considerando lo anterior, no hay un área preconectada para la lectura, sino predisposiciones genéticas que generan preferencias neuronales para diferentes tipos de estímulos visuales. Otro ejemplo de esto es que durante la adquisición de la lectura, el reconocimiento visual

de las palabras desemboca en la localización cortical más eficiente en esta tarea, el área de la caja de letras (hemisferio izquierdo).

## MECANISMOS DE PROCESAMIENTO DE LAS PALABRAS

Es el mecanismo encargado de coordinar múltiples circuitos cerebrales para el reconocimiento de palabras.

Nuestro cerebro es capaz de procesar la entrada visual a través de áreas especializadas en diferentes tareas:

- *Procesamiento visual bajo.* Encargado de identificar rasgos (simples) en lo observado.
- *Procesamiento ortográfico.* Encargado de codificar la estructura jerárquica de las palabras.
- *Procesamiento fonológico.* Encargado de recuperar los sonidos del lenguaje.
- *Procesamiento articulatorio.* Encargado de recuperar la pronunciación de las palabras.
- *Procesamiento semántico.* Encargado de recuperar el significado de una palabra y de mantener asociaciones.
- *Procesamiento de ensamble.* Encargado de formar el léxico mental de una palabra utilizando la información proporcionada por las áreas del cerebro especializadas en los procedimientos anteriormente mencionados.

El procesamiento de la palabra escrita sigue el siguiente orden:

### 1. Entrada Visual.

Inicia en los ojos, donde la fóvea es decir el centro de la retina (15 grados aproximados del campo visual) proporciona la suficiente nitidez para poder reconocer las letras pequeñas (sin la fóvea es imposible leer), ya que posee una gran agudeza visual para los detalles. Al ser esta la única área con una gran agudeza visual realizamos múltiples movimientos con los ojos para poder realizar el reconocimiento de las palabras.

### 2. Normalización.

Reconocimiento invariante de las letras.

### 3. Extracción Progresiva Durante La Lectura.

Nuestro cerebro de forma inconsciente realiza la descomposición de palabras en sílabas y morfemas (Mayor especificación del funcionamiento en el apartado árbol jerárquico).

### 4. Generación Del Árbol Jerárquico (Léxico Ortográfico).

*Hipótesis abstracta* acerca de cómo orientamos al cerebro acerca de la pronunciación y el significado de una palabra (dirección mental). La hipótesis plantea que se efectúa un procedimiento de codificación sistemática durante el reconocimiento de letras y palabras en el área de la caja de letras. Es decir se organiza progresivamente de arriba-abajo y de abajo-arriba, bidireccionalmente de forma horizontal como vertical; categorías de formas a partir del estímulo visual entrante que ha sido entregado a las distintas áreas de codificación de la caja de letras para realizar la descomposición en diferentes niveles.

El árbol es generado a través de las millones de neuronas interconectadas hacia la caja de letras, donde cada neurona representa un nodo del árbol y aporta al reconocimiento de la palabra, como por ejemplo en la *detección de líneas, bigamas y morfemas*. La propuesta dice que el árbol es estructurado, flexible y resistente a cambios, por tanto, un pequeño cambio en la palabra afectaría solo a las hojas y ramas más pequeñas, pero no a su raíz ni ramas principales. Esto explica que la palabra representada permanezca invariable a cambios de tamaño, posición, forma e incluso a su orden de composición por letra.

Este árbol tendría una estructura jerárquica donde las letras o grafemas representan sus hojas y la palabra su raíz. En tanto, sus conexiones serían bi-direccionales y laterales en un mismo nivel, permitiendo al efecto de superioridad de la palabra (*WSE*) realizar proyecciones descendentes que preseleccionan determinadas combinaciones de letras según su contexto, eliminando ambigüedades especialmente de letras manuscritas. A estas conexiones inhibitorias y excitatorias se incluyen las “*conexiones horizontales*” que permiten el apoyo entre neuronas para seleccionar una misma interpretación visual. Un ejemplo ocurre a nivel de letras y bigramas, permitiendo codificar relaciones probabilísticas consecutivas como que la letra q en la lengua en español casi siempre está seguida por la letra u.

La descomposición del estímulo visual llega hasta la unidad mínima denominada grafema. *El grafema* es la *representación gráfica de la lengua*, es decir los signos que se utilizan en la escritura. Los grafemas que componen el español son aquellos presentes en el abecedario. Los grafemas tienen las siguientes características:

- *Son mínimos.* Porque no se pueden dividir en unidades más pequeñas.
- *Son distintivos.* Es decir tienen rasgos que les permiten funcionar como elemento diferenciador de palabras.
- *Secuenciales.* Uno después del otro.

- *Aislables.* Porque se pueden separar unos de otros en una cadena.

Del mismo modo que existe una representación gráfica de la lengua, existe la *abstracción del sonido del habla* que se le conoce como *fonema*, siendo ésta la unidad mínima e indivisible a nivel fonológico.

Normalmente cada grafema corresponde a un fonema, pero esta relación no siempre es estable, bajo las siguientes condiciones:

- Un grafema puede representar distintos fonemas por ejemplo la <y>.
- Dos grafemas en conjunto pueden representar un fonema por ejemplo dígrafos (también se les conoce como grafemas complejos) como <ch>.
- Un grafema puede no representar ningún fonema por ejemplo la h (en la mayoría de contextos).
- Un grafema puede representar dos fonemas por ejemplo la <x> (/k/ y /s/)
- Un fonema se representa con más de un grafema por ejemplo el fonema /k/ se puede representar con <c>, <k>, <q> y dígrafo <qu>.

El orden en que nuestro sistema visual codifica las palabras queda de la siguiente manera teniendo como referencia de partida la raíz (arriba-abajo):

1. *Palabra completa.*
2. *Morfemas* (descomposición esencial en el camino de la vista a la pronunciación y la comprensión):
  - a. Lexema. Extracción de la raíz, con ella se generan las relaciones semánticas con otras palabras, reflejo de la similitud en el significado o la superposición funcional.
  - b. Derivativo.
    - i. Prefijo.
    - ii. Sufijo.
    - iii. Interfijo.
  - c. Gramatical.
3. *Sílabas.*
4. *Grafemas complejos.*
5. *Grafemas.*

Una vez que ocurre toda esta descomposición el cerebro está listo para obtener el sonido y el significado de las palabras.

*Consideraciones adicionales:*

- Inicialmente la descomposición en el árbol jerárquico genera pseudo morfemas<sup>3</sup>; una descomposición aproximada, automática e inconsciente, una vez se beneficia de la decodificación arriba-abajo modifica la codificación del árbol sustituyendo los pseudo morfemas por morfemas. Esto ocurre debido a que en este nivel al sistema visual solo le interesa la ortografía de las palabras no así su significado.

*Efecto priming.* Facilitamiento de la lectura. Se genera cuando la lectura de una palabra facilita o prepara al cerebro ante palabras relacionadas. El priming puede suceder por:

- La similitud visual.
- Efecto de vecindad. Palabras que difieren en una única letra.
- Efecto de frecuencia.
- La similitud en la pronunciación.
- Morfema común.

*Consideraciones adicionales del priming:* Este efecto está presente incluso cuando una palabra es vista de forma inconsciente (priming subliminal).

El priming se utilizó como método comprobante de la invariabilidad perceptual de la caja de letras ya que este área se ve afectada por el efecto de priming incluso cuando las palabras presentadas están en distinta caja (mayúscula - minúscula).

## 5. Decodificación Arriba-Abajo.

## 6. Modelo De Doble Ruta.

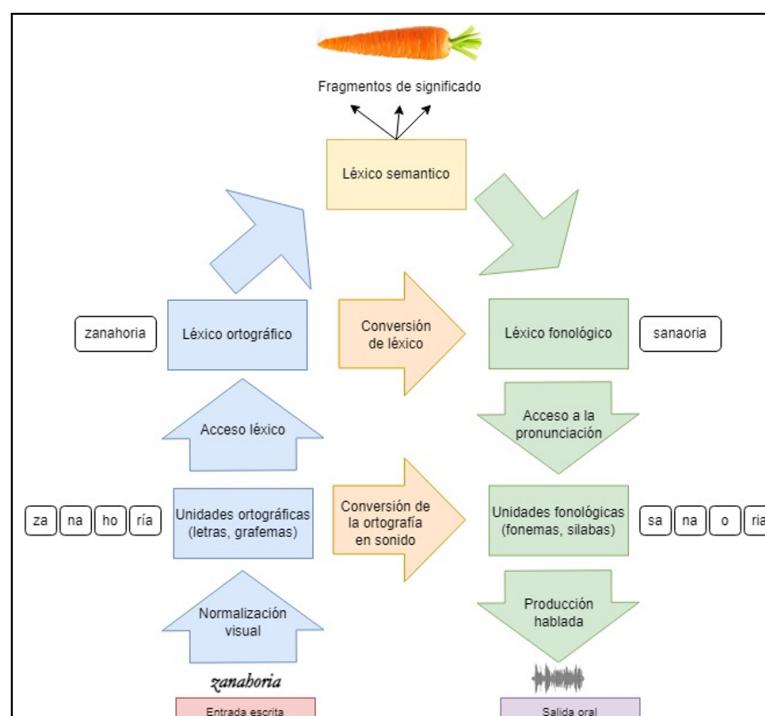
Antes se argumentaba que el lenguaje escrito era un subproducto del lenguaje hablado, y que por tanto, para poder escribir se requería encontrar el sonido de las palabras a través de una ruta fonológica. Para otros, la recodificación fonológica solo era una característica de lectores jóvenes, puesto que la eficiencia de los más expertos se asociaba a una ruta léxica que iba desde la forma visual directamente al significado. El *consenso actual* es que existen *ambas rutas*.

Esto plantea un modelo de doble ruta , el cual considera rutas de procesamiento paralelas que se refuerzan y contribuyen mutuamente, una encargada del acceso a la pronunciación y otra de la recuperación del significado. Las dos rutas son:

<sup>3</sup> Pseudo morfemas: cadenas de caracteres que parecen raíces de palabras, pero en realidad no tienen relación con el significado.

- *Ruta fonológica o indirecta*: ruta que convierte letras en sonidos del habla. Esta se activa en palabras que son irregulares, inusuales o novedosas, primero descifra la forma de la cadena de letras, luego su pronunciación y finalmente su significado (si es que existe). Esta ruta puede fallar para palabras irregulares y sonidos homófonos.
- *Ruta léxica o directa*: ruta que va directamente de la identidad de la cadena de letras o del léxico ortográfico (caja de letras) al léxico semántico. Utilizada frente a palabras de uso recurrente donde no es necesario decodificarlas lentamente a través de la articulación mental del sonido. Esta ruta hace uso de información léxica para obtener la pronunciación de las palabras, osea, para acceder al léxico fonológico. Esta ruta también es usada para palabras cuya escritura no se corresponde con su pronunciación y falla cuando la palabra no se encuentra almacenada en el léxico mental.

Para ir de la palabra escrita a su pronunciación, el cerebro dispone de varios caminos paralelos. Cuando la palabra es regular, una ruta directa convierte sus letras en sonidos del habla. Cuando la palabra es irregular, p.e. “boutique”, se requieren involucrar representaciones más profundas. Estos distintos léxicos mentales son responsables de unir distintas formas de la palabra con su significado.



## 7. Resolución De Conflictos.

### Propuesta De Funcionamiento Combinatorio

El modelo jerárquico generado por el sistema visual puede ser representado como un conjunto de combinaciones neuronales. Una forma de mejorar el rendimiento de este problema combinatorio considera que:

1. Cada etapa de procesamiento solo extrae combinaciones de letras frecuentes y relevantes en la lectura, resultando un pequeño subconjunto del total de combinaciones posibles.
2. A nivel de bigrama, pueden existir detectores de letras frecuentes en español y que omiten pares poco probables como QR. Un respaldo a esto son las observaciones de resonancia magnética funcional (fRM) que han detectado que entre más frecuente es el bigrama, más consistente es la activación en el área de la caja de letras y por tanto explica la mayor activación a palabras y pseudopalabras frente a cadenas aleatorias.
3. Las neuronas responden a combinaciones visuales cada vez más abstractas que recuperan de mejor forma la invariabilidad, dejando de lado distinciones irrelevantes en la lectura. Un ejemplo es la diferenciación de letras mayúsculas y minúsculas, las que dejan de importar en la corteza visual (Aprox. en v8). Del mismo modo el número de bigramas posibles disminuye gracias a la cantidad de posiciones codificadas (máx 2).
4. Durante la lectura los movimientos oculares conducen las palabras relevantes a la fóvea, donde solo las neuronas asociadas a esta área son capaces de detectar letras y bigramas. Esto explica por qué solo las letras representadas en la fóvea son procesadas efectivamente por la ruta temporo-occipital ventral.

Con lo anterior, es posible estimar la cantidad de corteza cerebral necesaria para el reconocimiento de palabras. El modelo considera lo siguiente:

1. El alfabeto occidental posee veintiséis letras y existen aproximadamente veinte localizaciones de retina para cada letra, por tanto se requiere aproximadamente quinientas columnas de neuronas para detectar letras del alfabeto español. Si se consideran diez de estas columnas por milímetro cuadrado de corteza, el procesamiento podría caber en medio centímetro de corteza.
2. Considerar la codificación de neuronas bigramas en solo tres localizaciones: inicio, medio y final. Aquí los doscientos bigramas más comunes representan la mayoría de las palabras, requiriendo de seiscientas columnas por neurona bigrama que ocuparían un área cortical aproximada de medio centímetro cuadrado.
3. En los siguientes niveles donde los bigramas se combinan, es posible usar una colección de quinientos celdas para prefijos, sufijos, raíces y grafemas complejos que representen las miles de palabras que la ortografía almacena. Esto también utilizaría medio centímetro cuadrado de corteza.

Esta estimación propone que independiente a la codificación realizada, cada una ocupa aproximadamente la misma superficie cortical de medio centímetro cuadrado. También

considera la propagación de activación cortical que va desde el área visual primaria (v1) hasta la caja de letra (surco temporo-occipital). Esta propuesta es compatible con la corteza disponible para el reconocimiento visual de palabras, siendo necesarios únicamente un mecanismo de aprendizaje eficiente que asigne las neuronas según las combinaciones más *frecuentes, informativas e invariantes*. Además se deja fuera el uso de neuronas vecinas capaces de codificar objetos, las que podrían usarse para realizar combinaciones de determinadas consonantes y vocales (ta,te,ti,to,tu,...) o viceversa (sa, na, ta, ra, la,ca,...). En este último caso el funcionamiento cortical requeriría de aun menos neuronas para representar cualquier palabra, dejando espacio a que neuronas para palabras, objetos y caras se pudieran entremezclar.

### Procesamiento De La Palabra Escrita Especificación Por Áreas

La palabra escrita sigue el siguiente orden:

- 0 ms a 170 ms; activación lóbulo occipital.
- 170 ms a 250 ms; activación caja de letras.
- 250 ms a 300 ms; activación ambos hemisferios en las áreas:
  - Temporal superior.
  - Temporal media.
  - Temporal inferior.
- 300 ms; Lateralización a hemisferio izquierdo y extensión a través del hemisferio temporal, ínsula anterior (encargado de integrar información sensorial y perceptiva) y área de la broca.

### Mecanismos De Selección

Dentro de un cerebro, del mismo modo que en el nivel de una sociedad, los mecanismos de selección estabilizan las combinaciones de ideas que son más interesantes, más útiles o, a veces, meramente más impactantes o contagiosas. En el caso particular del cerebro, este posee una amplia selección de representaciones mentales, gracias a mecanismos que le permiten llegar a nuevas combinaciones de ideas a través de una síntesis mental consciente. Esta capacidad está beneficiada y condicionada en el ser humano por la estructura cerebral, y le facilita la generación de múltiples combinaciones fundamentales según el ámbito cultural en el que esté inmerso.

Esta capacidad es una característica única en la especie humana a causa de:

- Lóbulo frontal más expandido.
- Fibras nerviosas más expandidas.
- Conexiones masivas.
- Conexiones neuronales a largas distancias.
- Células fusiformes gigantes (única en la especie humana) las cuales tienen axones extremadamente largos.

El aumento masivo de conectividad y conexiones a larga distancia a diferentes áreas cerebrales que proporcionan información, dota al cerebro humano de una funcionalidad que permite ensamblar, confrontar, recombinar y sintetizar de manera flexible conocimiento obtenido por experiencias pasadas o presentes.

Las neuronas prefrontales son capaces:

- De reunir información relevante para una determinada meta (síntesis).
- De mantenerse activas incluso después de que un objeto percibido desaparezca.
- De mantener la síntesis realizada, durante el tiempo que está información sea necesaria.
- De proyectar nuevas formas de alcanzar un objetivo.

*Área prefrontal dorsolateral:*

- Los mecanismos de selección estabilizan las combinaciones de ideas que son más interesantes, útiles e impactantes.
- Receptora de proyecciones neuronales que provienen de los circuitos de evaluación y recompensa.

*Área orbitofrontal:*

- Se encarga de la evaluación y recompensa de las ideas efectuadas en el ambiente.

*Área parietal:*

- Atención arriba-abajo.
- Lectura serial.
- Combinación de percepciones de nivel bajo.
- Percepción del espacio.

Lo anterior conforma lo que denominamos como espacio de trabajo global.

El *espacio de trabajo global* permite:

- Planificación.
- Automonitoreo.
- Confrontar conocimientos previos.
- Sintetizar la información.
- Distribuir la información.
- Probar nuevas ideas.

- Cambiar el foco atencional.
- Traer múltiples pensamientos siendo capaz de relacionarlos y combinarlos.
- El pensamiento consciente:
  - Espacio que permite manipulación y reflexión de la información recibida por diferentes áreas del cerebro ya sea a través de percepciones o registros en la memoria.
  - Espacio que permite planificación de acciones complejas dirigidas a metas.

Claramente este espacio de trabajo global es una competencia necesaria para la invención cultural, los objetos culturales nacen de la mezcla efectuada en este espacio que son ideas que pueden ser utilizadas para usos imprevistos.

El área de trabajo global es de gran relevancia ya que permite re-describir de forma explícita y abstracta conocimiento implícito previo. Por ejemplo, un niño ya tiene conocimiento implícito de los fonemas, pero luego del aprendizaje explícito del alfabeto este conocimiento se extrae conscientemente y se vuelve conciencia fonológica, de esta manera el niño adquiere la habilidad de representar y manipular fonemas de manera consciente.

#### *Consideraciones adicionales:*

- La invención de la escritura depende de la asociación de signos con representaciones auditivas, fonológicas y léxicas de la lengua hablada.
- La capacidad humana para la invención no es infinita, sino que está restringida por la organización neuronal.
- La estructura cerebral tiene un control estricto de las construcciones culturales, es decir las culturas presentan una diversidad en el margen de múltiples combinaciones restringidas de rasgos culturales fundamentales.
- El espacio de trabajo global está conformado por el área prefrontal y parietal a través del circuito fronto parietal.

## FUNDAMENTOS DEL APRENDIZAJE

Antes de abordar los fundamentos pedagógicos se debe dar un paso previo, esto es definir qué se entiende por aprender; término utilizado constantemente en el documento, por lo que resulta lógico definirlo. Posteriormente se tiene en cuenta los principios fundamentales por los cuales se rige el aprendizaje, esto es la *base* de todas las adquisiciones mentales (ámbito general) antes de entrar en los fundamentos pedagógicos *orientados a la lectura* (ámbito específico).

### APRENDER

Existen múltiples definiciones para aprender que se *complementan*, estas definiciones se especifican en conjunto con una breve explicación a continuación:

*1. Aprender es construir un modelo interno del mundo exterior.*

El cerebro humano realiza hipótesis (suposiciones a partir de los datos) constantemente sobre el mundo exterior; generando múltiples modelos mentales, los cuales según su plausibilidad estadística se acepta o se rechaza siempre teniendo en cuenta los datos observados.

El aprendizaje permite recoger los datos que son capturados por nuestras percepciones y convertirlos en ideas abstractas lo suficientemente generales como para ser usadas en situaciones novedosas. Estos conjuntos de ideas reciben el nombre de **modelos internos**. Estos modelos representan el conocimiento y sólo aquellos más probables logran acceder a la conciencia.

El aprendizaje permite que el cerebro realice una abstracción de la realidad que antes le era desconocida y la **use** para construir un **nuevo modelo** del mundo.

*2. Aprender es ajustar los parámetros de un modelo interno.*

Un modelo previo puede transformarse a través del aprendizaje ajustándose con la intención de acomodarse al mundo exterior, corrigiendo constantemente el error.

Para realizar el ajuste del modelo se lleva a cabo un proceso de ensayo y error, sin embargo todos los modelos involucran diferentes parámetros conformando modelos de diferente complejidad, es decir no es lo mismo ajustar un modelo caracterizado por un parámetro que uno con múltiples parámetros.

En definitiva el ajuste consiste en investigar entre múltiples regulaciones posibles del modelo interno, aquellas que mejor se corresponden con el estado del mundo exterior.

Por *ejemplo*, el cerebro de un bebe japonés aprende su lengua materna, ajustando gradualmente su modelo de la lengua a las características del idioma japonés. Se efectúan regulaciones vinculadas a la entrada auditiva determinando las consonantes, vocales y reglas utilizadas en el japonés. Es decir descubre qué categorías de sonidos son *utilizadas en esa lengua* y las fronteras entre estos sonidos, es por esto que para un hablante del japonés le es *irrelevante* la distinción entre R y L.

### 3. *Aprender es aprovechar la explosión combinatoria.*

El cerebro es capaz de combinar múltiples parámetros aumentando el espacio de representación (básicamente porque tiene 86 mil millones de neuronas aproximadamente).

Un ejemplo claro de esto son los ensambles por niveles que se rigen por reglas estrictas:

- Los discursos son combinaciones de oraciones.
- Las oraciones son combinaciones regulares de palabras.
- Las palabras son combinaciones regulares de sílabas.
- Las sílabas son combinaciones regulares de fonemas.

En cada nivel, las combinaciones son simultáneamente amplias y acotadas (porque solo determinadas combinaciones están permitidas). Aprender una lengua es descubrir los parámetros que rigen esas combinaciones en todos los niveles.

El cerebro humano segmenta el problema del aprendizaje mediante la construcción de un modelo jerárquico de múltiples niveles este principio de análisis jerárquico se reproduce en todos los sistemas sensoriales.

Las áreas cerebrales captan las regularidades de bajo nivel y analizan las regularidades de forma muy minuciosa. En cada nivel, el cerebro busca las regularidades en rangos sucesivamente más amplios. En las sucesivas de la jerarquía surge la capacidad de detectar objetos o conceptos cada vez más complejos por ejemplo: una línea, un dedo, una mano, un brazo, un cuerpo humano.

### 4. *Aprender es minimizar los errores.*

Cada respuesta errónea provee información valiosa. El error indica lo que hace falta realizar para tener éxito. El error es una pieza fundamental para aprender; ya que

observamos el error y aprovechamos esa instancia para ajustar el modelo interno en la dirección que se considera mejor para disminuir el error.

*5. Aprender es explorar el espacio de lo posible.*

La curiosidad estocástica y la exploración desempeñan un papel primordial en el aprendizaje del ser humano. El azar es un ingrediente esencial de la solución en todo ámbito. Incluso mientras el niño juega explora decenas de posibilidades al azar, y durante la noche su cerebro continúa construyendo ideas, hasta encontrar la combinación óptima.

*6. Aprender es optimizar una función de recompensa.*

El cerebro humano tiene la capacidad de coordinar, evaluar, simular, anticipar e imaginar el resultado de las acciones.

El área prefrontal realiza críticas, evalúa y predice recompensas o castigos de las acciones. La memoria y la imaginación permite realizar proyecciones de lo que pasaría si se ejecuta una determinada acción, esto tiene un papel fundamental en los aprendizajes humanos.

*7. Aprender es proyectar hipótesis a priori.*

El cerebro tiene múltiples hipótesis, incluso desde el nacimiento ya tiene hipótesis innatas de los objetos, el movimiento y las personas.

Aprender, tiene como punto de partida un conjunto de hipótesis que se proyectan sobre la información recibida, y de las que se selecciona aquellas que mejor se adaptan al entorno.

El aprendizaje humano no es solo un filtro sino que forma modelos abstractos del mundo. Por ejemplo al aprender a leer se adquiere un concepto abstracto de cada letra del alfabeto, que nos permite reconocerla bajo cualquier tipo de ropaje o con cualquier adorno posible, así como generar nuevas variantes.

*8. Aprender es inferir la gramática de un dominio.*

La especie humana posee como característica derivar constantemente de una situación específica *reglas* abstractas, conclusiones de alto nivel, que luego ponemos a prueba en nuevas observaciones. Esto implica administrar una jerarquía interna de reglas, entre las cuales se derivan reglas generales que expliquen la mayor cantidad de observaciones.

El hecho de ser capaces de formular una regla de alto nivel permite acelerar enormemente el aprendizaje.

Desde el nacimiento, el cerebro del niño dispone de dos ingredientes esenciales:

- Combinación de ideas para producir teorías abstractas.
- Selección de ideas en función de su adecuación a los datos recibidos.

El cerebro es una arquitectura *organizada* capaz de generar múltiples modelos, de imaginar miles de *reglas y estructuras* hipotéticas, pero que progresivamente se consolidan solo aquellas que se condicen con la realidad.

#### 9. *Aprender es razonar.*

Razonar como un buen estadístico y elegir entre muchas hipótesis, aquella con mayor probabilidad de ser correcta, teniendo en cuenta los datos disponibles.

Establecer predicciones, que luego se verifican o se refutan en base a la experiencia. Permitiéndonos formular teorías más acertadas del mundo exterior a partir de observaciones.

## PILARES DEL APRENDIZAJE

El cerebro del ser humano tiene cuatro funciones que maximizan la velocidad a la cual extraemos información del entorno, estas funciones son imprescindibles para todas las construcciones mentales que se llevan a cabo. Si solo una de estas funciones falta o es inestable, el aprendizaje se ve mermado notablemente. Siendo necesarias para aprender rápidamente y de forma óptima. A estas funciones se les conoce como los pilares del aprendizaje.

### Atención

Se le llama atención a los mecanismos mediante los cuales el cerebro selecciona, amplifica y profundiza la información.

El cerebro recibe gran cantidad de estímulos a lo largo del tiempo visuales, olfativos, auditivos y a través del tacto; esto es una gran cantidad de información. Todos los mensajes son procesados en paralelo por neuronas distintas, pero se vuelve imposible tratarlos a todos con la misma profundidad, ya que los recursos del cerebro no son suficientes.

Por ende una pirámide de mecanismos atencionales organizados filtran y seleccionan. El cerebro decide qué importancia es conveniente otorgar a qué estímulos, y asigna recursos solo a la información que considera prioritaria. Esto es fundamental para el aprendizaje.

Cuando se presta atención a un objeto y tomamos conciencia de él, las neuronas que lo codifican se amplifican y prolongan, enviando mensajes que se propagan hasta la corteza prefrontal, allí múltiples neuronas se activan y se mantienen en este estado. Es justamente un aumento de la activación neuronal lo que se necesita para hacer sinapsis generando una potenciación a largo plazo.

Cuando un alumno presta *atención consciente*; por ejemplo a una palabra en un idioma extranjero que le acaban de presentar, permite que esa palabra se propague hasta la corteza *prefrontal*. Por lo que esa palabra tiene muchas más posibilidades de ser recordada. Por el contrario, las palabras que no entran a la conciencia permanecen en los *circuitos sensoriales* del cerebro y *nunca* consiguen alcanzar las representaciones léxicas y conceptuales que sustentan la *comprensión y la memoria semántica*<sup>4</sup>.

Por lo que durante la docencia se debe constantemente guiar la atención del niño.

La atención es crucial en la selección de *información relevante* que se encuentra en diferentes partes del cerebro.

Según el psicólogo estadounidense Michael Posner existen al menos *tres sistemas de atención* principales:

1. *La alerta*. Que indica cuándo prestar atención y adapta nuestro nivel de vigilancia.

El cerebro envía señales de advertencia que movilizan todo el organismo en caso de que las circunstancias lo exijan. Los neurotransmisores (serotonina, dopamina, acetilcolina) nos indican cuándo prestar atención desencadenando el aprendizaje.

2. *La orientación de la atención*. Que nos guía a qué prestar atención amplificando los objetos de interés.

---

<sup>4</sup> Memoria semántica: Conocimientos permanentes, que se consolidan durante el sueño donde el cerebro extrae la información que está presente en los episodios que vivimos, la generaliza e integra a nuestros conocimientos del mundo.

Este sistema permite al individuo decidir a qué le presta atención, selecciona entre los millones de estímulos, a qué adjudicar recursos mentales, porque evalúa que algo es urgente, peligroso, atractivo o relevante para sus objetivos.

Lo que es percibido es aquello que se aceptó prestar atención. Solo estos elementos afectan el pensamiento.

El impacto de la orientación es *doble* por un lado provoca que las neuronas se vuelvan más sensibles a la información que hemos evaluado como *pertinente* incrementando su descarga, y por otra parte influye en el resto del cerebro porque también elige qué elementos se pasaran por alto.

La orientación actúa como un filtro amplificando la señal seleccionada y reduciendo aquellas que se consideran irrelevantes.

Por esto es tan importante que durante el aprendizaje de la lectura no se utilice el método global, sino el método fónico porque la atención global orienta la lectura hacia un circuito inapropiado en el hemisferio derecho e impide generalizar el aprendizaje de palabras nuevas. Solo cuando se presta atención al nivel de los grafemas se logra descifrar el alfabeto y leer palabras nuevas, empleando el circuito apropiado del hemisferio izquierdo.

3. *El control ejecutivo.* Que decide cómo procesar la información seleccionada. Frente a una determinada tarea selecciona los procesos apropiados y controla su ejecución.

Conformado por un conjunto complejo de procesos mentales que nos permite seleccionar y adherirnos a un plan de acción. Implica una estructura de regiones situadas principalmente en la corteza prefrontal. El control ejecutivo permite elegir, orientar, dirigir y supervisar las operaciones mentales disponibles para tratar la información y tomar conciencia de los errores.

Cada uno de estos sistemas interviene masivamente la actividad cerebral y puede entonces *facilitar el aprendizaje*, pero también orientarlo en la dirección equivocada (distracción).

Aprender a concentrarse es un ingrediente esencial del aprendizaje. No se le puede exigir a un niño o a un adulto que aprenda dos cosas a la vez porque el área de trabajo global solo puede efectuar una actividad consciente por vez. Por lo que aprender requiere dar prioridad a una tarea precisa.

Cualquier distracción ralentiza e impide el aprendizaje, si intentamos hacer varias cosas a la vez, el ejecutivo central pierde con suma rapidez el rumbo. Es por esto que un aula excesivamente decorada distrae a los niños y les impide concentrarse.

Sin embargo, el control ejecutivo debe pulirse a través de la experiencia, la práctica y la educación, de modo gradual ir aprendiendo a seleccionar estrategias apropiadas e inhibiendo las inadecuadas, evitando así la distracción. Algunas prácticas que estimulan el desarrollo del control ejecutivo son tocar un instrumento, la meditación, los videojuegos y actividades que involucren la *memoria de trabajo*<sup>5</sup> como la lectura y las matemáticas.

### **Compromiso activo**

Incita al cerebro a evaluar constantemente nuevas hipótesis.

Un organismo pasivo aprende poco o nada. Aprender con eficacia requiere rechazar la pasividad, comprometerse, explorar, generar hipótesis activamente para ponerlas a prueba en comparación y contraste con el mundo con el cual interactuamos.

*Un estudiante pasivo* no aprovecha ninguna clase, ya que su cerebro no actualiza sus modelos mentales del mundo; sin atención, sin esfuerzo, *sin reflexión profunda*, la lección se desvanece sin dejar mucho rastro en el cerebro.

*Un estudiante activo* aprende correctamente porque está atento, concentrado, activamente generando modelos mentales y reformulando lo que captura en su pensamiento.

*Los dos estudiantes* presentan diferencias radicales en el movimiento interno del pensamiento: uno sigue activamente la clase, mientras que el otro se desconecta.

Para aprender, el cerebro debe, en un comienzo, formar un modelo mental hipotético del mundo exterior, y luego proyectarlo sobre su entorno y comparar sus predicciones con lo que recibe de los sentidos. Esto implica una postura activa, comprometida y atenta.

El aprendizaje afecta a propiedades cognitivas de alto nivel, como la memoria explícita del sentido de las palabras y no solo su forma, el aprendizaje ocurre sólo si el estudiante presta atención, *piensa, anticipa y presenta hipótesis* con el riesgo de equivocarse.

---

<sup>5</sup> Memoria de trabajo: Representación mental activa que permite la manipulación de información durante un lapso muy breve, se le atribuye a las neuronas de la corteza parietal y prefrontal.

*Procesar en profundidad para aprender mejor;* ejercicios que desencadenan el procesamiento semántico inducen un recuerdo más detallado y explícito.

Que el procesamiento profundo deje un recuerdo más consolidado en la *memoria episódica*<sup>6</sup> es a causa de que activa áreas de la corteza prefrontal que están asociadas al *procesamiento consciente* de las palabras; y al hipocampo<sup>7</sup>.

Los estudiantes que hacen el esfuerzo de desarrollar y comprender por sí solos una actividad, sin que el docente les dé la solución apoyados por una pedagogía estructurada que incentive la creatividad, presentan una mejor retención de la información en la memoria.

*La motivación es esencial;* solo aprenderemos bien si tenemos una idea clara del objetivo que queremos alcanzar y nos involucramos plenamente.

En el ámbito de la lectura, la exposición a las palabras escritas es un despropósito si no se explica a los niños la presencia de las letras. Descubrir sin ayuda el principio alfabetico es una tarea desproporcionada si el docente no se toma el trabajo de seleccionar con cuidado ejemplos, palabras sencillas o letras aisladas que la simplifiquen.

### Curiosidad

Una de las bases del compromiso activo es la *curiosidad*, la expresión directa de la motivación de los niños para comprender el mundo y para intentar construir un modelo de él; el deseo de aprender y de adquirir información que antes era desconocida (esto activa el circuito de la dopamina).

El compromiso activo implica movilizar la atención en busca de una explicación. Los alumnos más curiosos son quienes tienen mejores resultados por lo que estimular y mantener la curiosidad es un factor clave.

Antes de continuar es necesario mencionar la *metacognición*.

<sup>6</sup> Memoria episódica: almacena información autobiográfica, episodios de la vida cotidiana; codifica cómo, dónde, cuándo, y con quién ocurrieron los eventos, de modo que se pueda recordar más tarde.

<sup>7</sup> Hipocampo: ubicado en el interior del lóbulo temporal, se relaciona con la formación de nuevos recuerdos y la orientación.

- Esto es un conjunto de sistemas que supervisan los aprendizajes y evalúan todo el tiempo que sabe el individuo y que no, si se equivoca o no, si es rápido o lento, todo aquello que conoce sobre su propia mente.
- La *metacognición* desempeña un papel determinante en la curiosidad porque ser curioso es *querer saber*, y eso supone también *saber lo que todavía ignoramos*. Desde temprana edad el hecho de ser *consciente de lo que no se sabe* impulsa al niño a pedir más información.

*La metacognición es relevante porque amplifica la curiosidad*; ya que el desfase entre lo que ya conocemos y lo que nos gustaría conocer, es una zona de aprendizaje potencial. Esto conlleva a que se tomen acciones que tengan más posibilidades de reducir esa brecha de conocimiento.

La curiosidad guía hacia lo que podemos aprender, mientras que nos aleja de aquello que ya hemos sabemos, porque no tiene nada que enseñarnos; Las personas no sienten curiosidad por aquello que han visto mil veces porque a medida que se domina el tema se pierde gradualmente el interés y se reorientan hacia desafíos novedosos pero también *accesibles* (que la curiosidad disminuya con el transcurso del aprendizaje es normal).

Tampoco sienten atracción por cosas demasiado nuevas y confusas, porque presentan una estructura y complejidad incomprensibles. Esto se debe a que el cerebro evalúa la velocidad de aprendizaje, si no detecta que se avanza lo suficiente según las expectativas la curiosidad se reduce.

### Situaciones que merman la curiosidad

Las situaciones que afectan negativamente a la curiosidad son las siguientes:

- *Falta de estímulos apropiados al nivel del niño.*
  - Excesiva complejidad.
  - Excesiva simpleza.
- *El castigo*, ya sea a través de regañar cuando efectúan preguntas o a través de las notas.
  - Este factor disuade al niño de intervenir e incluso reflexionar.
  - El cerebro aprende a inhibir la curiosidad y deja de participar en las lecciones pedagógicas.
  - El castigo repetido implica un síndrome de impotencia adquirida, un tipo de parálisis física y mental asociada al estrés y la ansiedad que inhiben el aprendizaje.

- *El modo receptivo del aprendizaje*, en que el niño se conforma con registrar lo que otras personas le enseñan, este modo desalienta el modo activo donde el niño experimenta constantemente y se interroga acerca de sus modelos internos.
- *La actitud del docente* (Bonawitz y otros, 2011).

*Consideraciones adicionales.* Es importante recompensar la curiosidad y no penalizarla, mediante:

- Incentivar las preguntas.
- Motivar las exposiciones sobre temas que les apasionen.
- Felicitar a los alumnos por sus iniciativas.

La neurociencia indica que para tener ganas de realizar una acción, hace falta anticipar que traerá preparada una recompensa, que puede ser directa (alimentación, sexo, comodidad) o *cognitiva* (adquisición de información).

En el ámbito escolar los niños pierden la motivación por aprender porque se acostumbraron a no esperar recompensas.

## Retroalimentación

Compara las predicciones con la realidad y corrige los modelos que elabora el individuo acerca del mundo.

El error es productivo y en conjunto con la retroalimentación asegura un mejor aprendizaje. Cometer errores es la forma natural de aprender porque cada equivocación ofrece una oportunidad. La oportunidad de hacer que el error tienda a disminuir, a través de comentarios sobre cómo mejorar e indicando el procedimiento correcto; es crucial dar una buena retroalimentación.

### *Buena retroalimentación:*

- Neutra (objetiva).
- Explicativa.
- Correctiva.
- Precisa.
- Informativa.
- Constructiva.

La calidad de los comentarios que reciben los estudiantes es uno de los determinantes de su éxito académico. Fijar metas claras para el aprendizaje y permitir que los estudiantes avancen gradualmente.

#### *Retroalimentación negativa:*

- Adicionar un castigo.
- Dramatizar el error.
- Emplear la calificación sin retroalimentación.

#### La calificación

La calificación, sin el acompañamiento de apreciaciones detalladas y constructivas, constituye una retroalimentación deficiente. No solo es inadecuada, sino que suele llegar con varias semanas de demora cuando el alumno ya olvidó el detalle que motivó el error.

La calificación puede afectar el estado anímico del niño. Generando emociones negativas como la ansiedad, el estrés, factores que son perjudiciales para el aprendizaje.

Lo adecuado es mezclar lo fácil con lo difícil, dando la libertad para intentar aquello que es difícil las veces que sean necesarias, hasta que finalmente se logre superar dicha dificultad. Las actividades no deben ir más allá de las capacidades del individuo.

#### Sorpresa

Para aprender es necesario una señal de error, ya que el individuo sólo aprende cuando los acontecimientos contradicen sus expectativas.

El cerebro construye una predicción al ponderar los estímulos sensoriales para luego calcular el *error de predicción* (diferencia entre la predicción y el estímulo realmente obtenido); esto determina el grado de *sorpresa* asociado a un estímulo; y corrige su representación interna en proporción directa con el valor del error de predicción, con el objetivo de que su próxima predicción se encuentre más cerca de la realidad.

Lo importante para el aprendizaje no es equivocarse siempre sino la *sorpresa*, para que esto ocurra es fundamental recibir comentarios explícitos que reduzcan la incertidumbre de quien aprende.

## Evaluarse

Un medio útil para la retroalimentación es la evaluación (no confundir con calificación), luego de una lección es útil realizar una breve evaluación:

- Referente a lo presentado durante la sesión.
- Acompañada de comentarios explícitos que provean información útil del tutor hacia el estudiante.
- Acompañada de comentarios explícitos que provean información útil del estudiante hacia sus pares.
- Desarrollada por los estudiantes.

La evaluación tiene como beneficio:

- Mantener al individuo activo.
- Que el individuo retenga mayor tiempo la información.
- Que el docente utilice este medio para hacerlo consciente de que es lo que sabe el estudiante y en qué presenta mayores dificultades.

## Consolidación

Automatiza y permite la fluidez de lo que aprendemos, particularmente durante el sueño.

La consolidación ocurre en todos los ámbitos, pasar de un tratamiento lento, consciente, laborioso a un funcionamiento rápido, inconsciente y automático. El cerebro humano nunca deja de aprender; incluso cuando domina una habilidad, continúa sobre aprendiéndola. Dispone de mecanismos de automatización que reúnen las operaciones que utilizamos periódicamente a modo de rutinas más eficaces. Las transfiere a otras regiones del cerebro, fuera del área consciente, donde podrán desarrollarse con total autonomía sin interrumpir las otras operaciones.

Al principio, cualquier aprendizaje exige esfuerzos intensivos, y activa las regiones parietales y prefrontales asociadas a la atención espacial y ejecutiva.

Por ejemplo cuando aprendemos a tocar un instrumento musical, a conducir un vehículo o a utilizar la pantalla de nuestra tablet, al principio nuestros gestos están bajo el control de la corteza prefrontal: los producimos de manera lenta y consciente, uno por uno.

Luego de algunas sesiones, el esfuerzo desaparece; para entonces, podemos realizar esas acciones mientras hablamos o pensamos en otra cosa: la tarea se trasladó a la corteza motora y en especial a los núcleos grises centrales, un grupo de circuitos subcorticales que registran los comportamientos automáticos y rutinarios. Lo mismo ocurre en el ámbito de la

aritmética; desde la perspectiva de un principiante, cada cálculo concentra grandes esfuerzos y moviliza los circuitos de la corteza prefrontal.

Por ejemplo, en un cálculo de 6+3 el niño para resolverlo es habitual que cuente las etapas una por una hasta llegar al resultado. A medida que la consolidación se abre camino, la actividad prefrontal se desvanece en aprovechamiento de los circuitos especializados de la corteza parietal y temporal ventral.

### Importancia De La Automatización

Es importante porque libera los recursos de la corteza. Las redes del control ejecutivo de la corteza parietal y prefrontal imponen una restricción; no pueden hacer dos cosas a la vez. Cuando se concentran en la realización de determinada tarea, las demás decisiones conscientes se desaceleran o quedan a un lado.

Cuando el aprendizaje no está automatizado, utiliza los recursos de la atención ejecutiva e impide que el niño se concentre en cualquier otra cosa. Consolidar un aprendizaje es muy importante, porque permite que los recursos del cerebro queden disponibles para otros objetivos.

### El Sueño

El aprendizaje se beneficia cuando sucede a intervalos regulares, en lugar de una lección completa en una sola jornada, es preferible repartir el aprendizaje en pequeños lapsos de tiempo y en diferentes días.

Esto es así porque en el transcurso de la noche, nuestro cerebro consolida lo que aprendió durante la jornada. El sueño *no es simplemente* un período de inactividad ni de limpieza de los desechos que las neuronas acumularon durante la vigilia.

El sueño, es un algoritmo mediante el cual el sistema nervioso central hace la síntesis de los aprendizajes del día; constituye un momento único durante el cual el cerebro repite y *re-codifica* las adquisiciones del día, incluso puede *descubrir regularidades* que pasaron por alto durante el día, el sueño es el causante del incremento del aprendizaje.

Las neuroimágenes del cerebro humano muestran que durante el sueño se re-activan los circuitos utilizados en el transcurso de la jornada. Los patrones de activación replican la secuencia de acontecimientos vividos, se reproducen centenas de veces, a un ritmo acelerado, lo que multiplica las posibilidades de que la corteza *descubra reglas*.

La intensidad del aprendizaje varía directamente en función de la duración del sueño, y sobre todo de su profundidad. El sueño profundo permite la consolidación y la generalización de los conocimientos (*memoria semántica*), mientras que el sueño REM consolida el aprendizaje perceptivo y motor (*memoria procedural*: registro, inconsciente y compacto, de las configuraciones de actividades rutinarias, que realizamos a intervalos periódicos).

*El sueño facilita la automatización.* Luego de dormir la actividad cerebral se desplaza; se garantiza una parte de los conocimientos adquiridos durante la jornada y se traslada hacia circuitos más automáticos y especializados.

El cerebro dormido no aprende nada nuevo; lo que efectúa es la reactivación de lo que ya experimentó. Para adquirir una habilidad no dominada previamente, lo único que funciona es *estudiar* durante el día y luego *dormir* para dejar que el sueño, *reactive* y *consolide* lo aprendido.

### *Conclusiones del aprendizaje*

Cuando un lector principiante aprende a leer se activan las áreas normales de la lectura es decir áreas visuales del reconocimiento de letras y las regiones temporales del tratamiento de fonemas, sílabas y palabras. Pero también presentan una *activación masiva en las regiones parietales y prefrontales* que reflejan el esfuerzo, la atención espacial y las estrategias conscientes. Esta actividad intensa consume mucha energía y desaparecerá conforme el aprendizaje se consolide.

Convertir la lectura en una rutina implica poner en funcionamiento un circuito especializado para el procesamiento eficaz de las cadenas de letras que vemos con mayor frecuencia. A medida que se aprende a leer, se desarrolla un circuito de extraordinaria eficacia para reconocer los caracteres y sus combinaciones más comunes. El cerebro reúne estadísticas y detecta qué letras son las más habituales, dónde aparecen más a menudo y qué palabras usualmente forman. Luego de años de *sobreaprendizaje*, este circuito logra funcionar sin la menor intervención consciente. En esta etapa, *la activación de la corteza parietal y prefrontal desaparece*; pudiendo leer sin esfuerzo.

En resumen el aprendizaje sólo se produce si el cerebro amplifica las entradas sensoriales apropiadas (atención), si las utiliza para generar una predicción (compromiso activo) y si logra determinar su precisión (retroalimentación) para una posterior consolidación mediante el sueño profundo.

Un *conjunto de buenas prácticas* para facilitar el aprendizaje son:

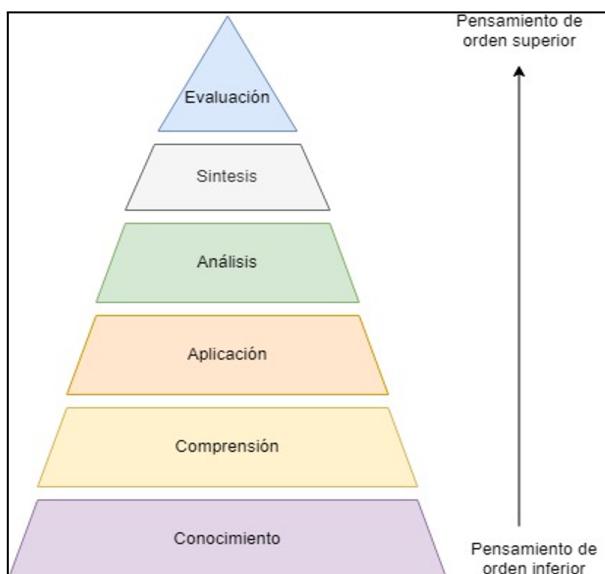
- Ser consciente de la atención del estudiante.
- Guiar la atención del estudiante hacia lo importante.
- Alentar la participación.
- Fijar objetivos claros.
- Justificar respuestas.
- Comprender que el error es algo natural y útil.
- Corregir el error de forma detallada sin presión.
- Señalar los progresos cotidianos.

Para que se aprenda a leer es necesario:

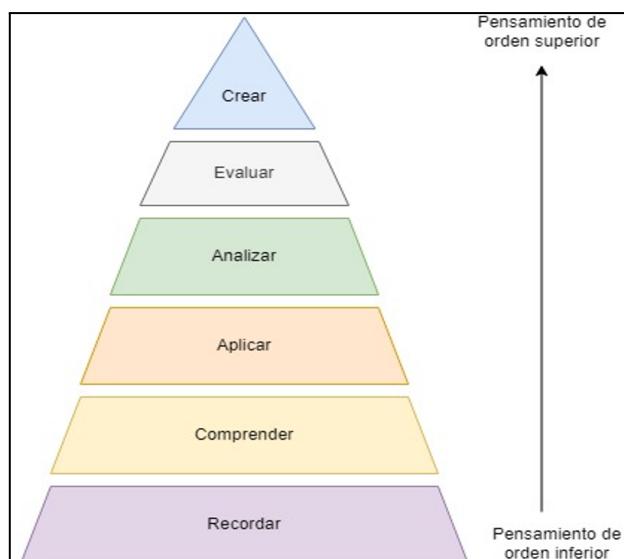
- Que se arriesgue a dar una respuesta.
- Que genere activamente una hipótesis ( incluso si es incierta).
- Que sea curioso.
- Que tenga entusiasmo.
- Que se comprometa activamente en la lectura.
- Que se le ofrezca información que le permita corregirse.
- Que corrija sus errores para posteriormente descifrar las correspondencias con mayor confianza.

## TAXONOMIA DE BLOOM: DOMINIO COGNITIVO

En el año 1956, Benjamín Bloom construye una modelo sobre la adquisición de conocimiento. Existen tres dominios de actividades educativas aquí solo abordaremos el cognitivo, el cual se basa en la idea que las operaciones mentales pueden clasificarse en seis niveles de complejidad creciente. De manera que los estudiantes adquieran una destreza diferente respecto de un tema en concreto en cada uno de los niveles, lo cual va a depender también de la capacidad que tenga el alumno para desempeñarse en el nivel o los niveles precedentes. Estos niveles se pueden interpretar como los *objetivos del proceso de aprendizaje*.



La taxonomía de Bloom posteriormente en 2001 fue revisada por Lorin Anderson y David R. Krathwohl, realizando las siguientes modificaciones.



*Taxonomía de bloom revisada*

Para la taxonomía es fundamental que:

- Antes de llegar a entender un concepto hay que recordarlo.
- Antes de poder aplicar un concepto hay que entenderlo.
- Antes de analizar un concepto hay que aplicarlo.
- Antes de evaluar su impacto hay que analizarlo.
- Antes de crear hay que recordar, comprender, aplicar, analizar y evaluar.

Tabla explicativa de los niveles.

RECORDAR			COMPRENDER			APLICAR		
PALABRAS CLAVE			PALABRAS CLAVE			PALABRAS CLAVE		
Elegir	Observar	Mostrar	Preguntar	Expresar	Esquematizar	Actuar	Emplear	practicar
Copiar	Omitir	Determinar	Generalizar	Traducir	Predecir	Identificar	Seleccionar	agrupar
Definir	Rastrear	Afirmar	Clasificar	Observar	Dar ejemplos	Calcular	Elegir	resumir
Decir	Cuándo	Duplicar	Comparar		Relacionar	Entrevistar	Planear	desarrollar
Citar	Repetir	Qué	Contrastar		Ilustrar	Enseñar	Transferir	interpretar
Leer	Relacionar	Nombrar	Parafrasear		Demostrar	Usar	demonstrar	categorizar

Quién	Listar	Localizar	Informar		Discutir	Conectar	dramatizar	construir
Recitar	Escribir	Memorizar	Inferir		Revisar	Planear	manipular	resolver
Cómo	Dónde		Interpretar		Mostrar	Simular	seleccionar	unir
Por qué	Reconocer		Explicar		Resumir	Hacer uso		organizar
<b>ACCIONES</b>		<b>RESULTADO</b>		<b>ACCIONES</b>		<b>RESULTADO</b>		<b>RESULTADOS</b>
describir	definición	clasificar	colección	desempeñar			demostración	
encontrar	hechos	comprar	ejemplos	ejecutar			diario	
identificar	etiquetado	ejemplificar	explicación	implementar			ilustraciones	
listar	listado	explicar	etiquetado	usar			entrevistas	
localizar	cuestionario	inferir	listado	emplear			interpretación	
nombrar	reproducción	interpretar	esquema				simulación	
reconocer	test	parafrasear	cuestionario	realizar			presentación	
recuperar	cuaderno	resumir	resumen				dibujo	
	fotocopia							
<b>PREGUNTAS</b>			<b>PREGUNTAS</b>			<b>PREGUNTAS</b>		
¿Puedes enumerar...?	¿Puedes explicar qué está ocurriendo...?		¿Cómo usarías...?					
¿Puedes recordar...?	¿Cómo clasificarías...?		¿Qué ejemplos sobre ... puedes encontrar?					
¿Puedes seleccionar...?	¿Cómo compararías/contratarías...?		¿Cómo organizarias ... para presentar...?					
¿Cómo ocurrió...?	¿Cómo podrías parafrasear el significado de...?		¿Cómo aplicarías lo que has aprendido para desarrollar...?					
¿Cómo es...?	¿Significado de...?		¿Qué enfoques usarías para...?					
¿Cómo describirías...?	¿Cómo resumirías...?		¿Qué aspectos seleccionarías para mostrar...?					
¿Podrías explicar...?	¿Qué puedes decir sobre...?		¿Qué preguntas harías en una entrevista a...?					
¿Cómo mostrarías...?	¿Cuál es la mejor respuesta...?							
¿Qué es...?	¿Qué afirmaciones apoyan...?							
¿Cuál...?	¿Podrías afirmar o interpretar en tus propias palabras...?							
¿Quién fue...?								
¿Quiénes fueron los principales...?								
¿Por qué...?								

<b>ANALIZAR</b>			<b>EVALUAR</b>			<b>CREAR</b>		
Examinar en detalle. Examinar y descomponer la información en partes identificando los motivos o causas, realizar inferencias y encontrar evidencias que apoyen las generalizaciones			Justificar. Presentar y defender opiniones realizando juicios sobre la información, la validez de ideas o la calidad de un trabajo basándose en una serie de criterios			Cambiar o crear algo nuevo. Recopilar información de una manera diferente combinando sus elementos en un nuevo modelo o proponer soluciones alternativas		
<b>PALABRAS CLAVE</b>			<b>PALABRAS CLAVE</b>			<b>PALABRAS CLAVE</b>		
examinar	priorizar	encontrar	medir	opinar	argumentar	adaptar	estimar	planear
centrarse	agrupar	asumir	evaluar	premiar	testar	añadir	experimentar	testar

razonar	destacar	causa y efecto	decidir	debatir	convencer	construir	extender	sustituir
inferencia	separar	aislar	apoyar	explicar	seleccionar	cambiar	formular	reescibir
comparar	distinguir	reorganizar	defender	comparar	deducir	combinar	hipotetizar	suponer
dividir	motivar	diferenciar	justificar	percibir	recomendar	componer	innovar	pensar
buscar similitudes	elegir	descomponer	criticar	probar	estimar	compilar	mejorar	simplificar
inspeccionar	ordenar	investigar	juzgar	influir	persuadir	crear	maximizar	proponer
simplificar	observar	categorizar	valorar	demostrar		descubrir	minimizar	visualizar
preguntar	encuestar	establecer				diseñar	modelar	desarrollar
poner a prueba						originar	modificar	transformar
							elaborar	teorizar
ACCIONES	RESULTADOS	ACCIONES	RESULTADOS	ACCIONES	RESULTADOS	ACCIONES	RESULTADOS	RESUMEN
atribuir	reseña	atribuir	reseña	construir				anuncio
deconstruir	gráfica	comprobar	gráfica	diseñar				película
integrar	lista de control	deconstruir	base de datos	trazar				juego
organizar	base de datos	integrar	informe	idear				dibujar
esquematizar	gráfico	organizar	hoja de cálculo	planificar				plan
estructurar	informe	esquematizar	encuesta	producir				proyecto
hoja de cálculo	encuesta	estructurar		hacer				canción
				producto audiovisual				historio
PREGUNTAS	PREGUNTAS	PREGUNTAS	PREGUNTAS	PREGUNTAS	PREGUNTAS	PREGUNTAS	PREGUNTAS	PREGUNTAS
¿Cuáles son las partes o rasgos de...?	¿Estas de acuerdo con...?	¿Qué cambias harías para...?						
¿En qué aspectos está...?	¿Cuál es tu opinión sobre...?	¿Cómo mejorarias...?						
¿Relacionado/a con...?	¿Cómo comprobarías...?	¿Qué pasaría si...?						
¿Por qué opinas que...?	¿Sería mejor si...?	¿Podrías proponer una alternativa?						
¿Qué motivo hay para...?	¿Por qué ese personaje...?	¿Puedes elaborar ... basándote en...?						
¿Puedes hacer un listado de las partes...?	¿Cómo valorarías...?	¿De qué forma evaluarías...?						
¿Qué ideas justifican...?	¿Cómo determinarías...?	¿Podrías formular una teoría alternativa?						
¿Cuál es la función de...?	¿Cómo priorizamos...?	¿Qué harías para maximizar/minimizar...?						
¿Qué conclusiones extraes de...?	¿Qué información pondrías para apoyar tu punto de vista?	¿Cómo pondrías a prueba...?						
¿Qué evidencias de ... encuentras?	¿Cómo justificarías...?	¿Podrías construir un modelo que cambie...?						
¿Puedes distinguir entre...?	¿Qué datos te llevaron a esa conclusión?	¿Se te ocurre un modo original para...?						
¿Cuál es la relación entre...?	¿Qué seleccionarías para...?	¿Cómo cambiarías el guión/plan?						
	¿Qué elección hubieras tomado si...?	¿Cómo adaptarías... para...?						

La taxonomía de bloom revisada resulta útil, porque para poder aprender en cualquier ámbito es necesario seguir un orden incremental de complejidad; la taxonomía permite



visualizar que cada nivel del aprendizaje requiere una capacidad cognitiva específica por lo que es necesario tener en cuenta esto en el momento de plantear una actividad pedagógica.

## FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA LECTURA

Son los elementos pedagógicos y estructurales que se recomienda considerar a la hora de enseñar a leer.

A lo largo de los años los seres humanos descubrieron poco a poco que podían reutilizar su mecanismo visual como medio sustitutivo de entrada de la lengua, generando así la lectura y la escritura.

El aprendizaje de la lectura requiere la comprensión de las reglas que asocian cada grafema (letra), con su fonema (sonido). A cada sonido del lenguaje le corresponde una letra determinada, y las diferentes combinaciones de letras dan lugar a nuevos sonidos.

Cuando leemos, las letras son procesadas por dos rutas de forma paralela, la ruta léxica y la ruta fonológica.

Esto *modifica* a un subconjunto de neuronas del área de la caja de letras que se adapta incorporando regularidades y reglas del sistema de escritura de la lengua del lector *durante el proceso de aprendizaje*, es decir internaliza prácticas culturales reuniendo estadísticas sobre las letras que suelen ir juntas. A esto se le conoce como reglas fonotácticas que definen estructuras silábicas permisibles, grupos consonánticos y secuencias vocálicas.

## EL ESFUERZO QUE DEBEN REALIZAR LOS INDIVIDUOS PARA APRENDER A LEER

Ler implica una gran carga atencional y de memoria ya que descifrar las palabras requiere pasar por cada una de las letras en el orden correcto, de izquierda a derecha, sin olvidar ninguna y a la vez recordando sus correspondencias con los fonemas y ensambladas en la memoria para formar una palabra.

La actividad cerebral del niño es intensa producto de que involucra:

- Control de movimientos oculares.
- Memoria.
- Atención.
- Lenguaje hablado: Articulación y producción del habla.

En definitiva aprender a leer requiere desarrollar una interconexión eficiente entre las *áreas visuales y áreas del lenguaje* del cerebro.

Por un lado el *lenguaje hablado* llega espontáneamente en los niños debido a que el cerebro ya dispone de un conjunto de áreas del lenguaje desde los primeros meses de vida para este propósito.

Mientras que las áreas visuales deberán reciclar una parte para poder realizar el reconocimiento de grafemas, es decir las neuronas tendrán que reorientar sus preferencias hacia la forma de las letras y sus combinaciones. y disminuir su respuesta a todo aquello que no es escritura, como los rostros.

## Círculo visual

*Reconocimiento visual:* Comenzando en nuestros ojos, donde únicamente la fóvea de la retina tiene una alta resolución para efectuar la lectura, Los fragmentos visuales son enviados a las áreas visuales que progresivamente distinguen rasgos más complejos comenzando en el lóbulo occipital y avanzando hasta el área occipito temporal (del lóbulo temporal).

El *sistema de reconocimiento visual* se enfrenta de forma constante a:

- La *resolución de conflictos*, frente a palabras similares (multiplicidad de vecinos) y ambiguas (dependientes del contexto).
- *Generalización de perspectivas simétricas*, característica natural del sistema ventral que implica que el niño no pueda evitar interpretar que las formas simétricas en espejo corresponden a un solo y mismo objeto. Por lo que se debe desaprender la generalización de imágenes especulares. Se puede abordar este problema enfatizando la distinción entre derecha e izquierda; y desarrollando actividades centradas en gestos motores.

La *corteza visual* está dividida en dos partes que cooperan entre sí:

- *El sistema visual ventral* (lóbulo temporal) que se ocupa del reconocimiento invariante de objetos (identidad), de formas y del color (causante de la generalización specular).
  - Inicialmente la zona temporal occipital es empleada para el reconocimiento de rostros, objetos y formas geométricas y se recicla para la identificación de letras.
- *El sistema visual dorsal* (lóbulo parietal) que se ocupa: identificar la distancia, posición, velocidad, orientación, la distinción izquierda-derecha y la proyección gestual.

Inicialmente cuando aprendemos a leer empleamos la información que provee el sistema visual dorsal para diferenciar letras como p y q, sin embargo una vez ocurre la especialización de la identificación de letras en el área temporo occipital ya no se requiere hacer uso del sistema visual dorsal ya que el área de la caja de letras ya ha quebrado la simetría, constituyéndose de neuronas que dejan de generalizar en espejo.

## Círcito del lenguaje

Encargado del acceso a la pronunciación, articulación y significado de las palabras, constituido por:

- *Área de Wernicke* (circunvolución superior del lóbulo temporal): Se encarga de aprender a procesar los sonidos del habla relevantes y la comprensión del lenguaje. Durante la infancia aprende a ignorar los sonidos innecesarios en la lengua materna (sordera lingüística).
- *Broca* (lóbulo frontal área motora):
  - Su función es permitir la ejecución de los patrones motores para la expresión de cada palabra, articulando el lenguaje hablado y escrito.
  - Provee de los circuitos nerviosos necesarios para la formación de las palabras, eligiendo la forma gramatical correcta y organizando los sonidos implicados.
  - Participa durante la lectura silenciosa o en voz alta.
- *Área prefrontal inferior izquierda*: Encargado de las asociaciones semánticas, pensamiento creativo, control ejecutivo, recuperación y síntesis de conocimientos.

Posteriormente con práctica constante se logra una conexión eficiente entre los dos circuitos adquiriendo fluidez en la lectura, pasando de leer lentamente y con mucho esfuerzo mental a una lectura automática y rápida, liberando actividad cerebral para otros aprendizajes.

Como es evidente lo anterior supone una gran carga para el cerebro del niño por lo que difícilmente podrá comprender lo que lee ya que se encuentra usando toda su capacidad para poder descifrar lo que está escrito. Por lo que es inviable tratar de mejorar la comprensión lectora si aun el niño no ha automatizado la lectura.

Cuanto más se automatice la lectura, más podrá el niño concentrar su atención en comprender lo que lee y volverse así un lector autónomo, tanto para aprender otras cosas como para su propia diversión.

## LA ESCRITURA

La escritura es una invención notable, porque permite fijar la palabra sobre un soporte permanente.

En una palabra escrita en español, cada letra o grupo de letras que llamamos “grafema” corresponde a un fonema de la lengua hablada.

Los sistemas de escritura evolucionaron en el marco de nuestras limitaciones cerebrales. La lectura demuestra que la cultura y la organización cerebral están vinculadas.

Es decir, existe un conjunto central de mecanismos neuronales *universales* que muestran los límites de la naturaleza humana. Estos mecanismos ya se abordaron en la sección anterior. Si bien son universales, existen algunas diferencias sutiles como las siguientes:

- La dirección de la *lectura* (obviamente condicionada por el sistema de escritura) impone una *asimetría* en el *alcance visual*, producto de que el lector tiene una estrategia de exploración visual adaptada a su forma de escritura:
  - A sacadas pequeñas, el *alcance visual* se reduce.
  - Si la lectura es de izquierda a derecha el alcance visual en este sentido se amplía. Lo mismo ocurre en el sentido inverso.
- La *intensidad de activación* de las áreas del cerebro involucradas en la lectura varía entre individuos que poseen sistemas de escrituras diferentes producto de la *irregularidad en la ortografía*, con esto se refiere a aquellas palabras que solo se puede recuperar la *pronunciación* a través de su *identidad*, sólo luego de obtener la identidad se puede recuperar su patrón de sonidos.

El tiempo que nos demora leer una palabra depende:

- Principalmente de los conflictos generados durante el reconocimiento de la palabra.
- De las limitaciones de nuestro mecanismo visual.

Por otra parte, cada *sistema de escritura es diferente*, se caracterizan por su transparencia y granularidad.

### Transparencia de los sistemas de escritura

Los sistemas de escritura tienen grados de transparencia, cuando una escritura es *transparente* cada letra se proyecta en un fonema independiente. Es decir tiene reglas de

conversión de ortografía a sonidos simples, y con excepciones muy reducidas. A esto también se le conoce como *ortografía regular*.

### Opacidad de los sistemas de escritura

Los sistemas de escritura opacos, son aquellos en los que una *misma cadena de letras* inserta en *palabras completas diferentes* se proyecta en sonidos diferentes. Esto implica que las reglas de conversión no sean suficientes haciendo uso de la memoria léxica para recuperar su pronunciación. A esto también se le conoce como *ortografía irregular*.

Es el ejercicio de componer y escribir palabras, ayuda al estudiante a sentar las bases de correspondencia, es decir, entender que una palabra tiene una única forma escrita y un único sonido asociado. Esta correspondencia entre ortografía y fonología de la lengua forma parte de la transparencia ortográfica, y se categoriza como:

*Ortografía regular, transparente o superficial*: Se dice de un lenguaje en el que la correspondencia entre grafemas y fonemas es consistente, y por tanto a un fonema le corresponde solo un grafema y viceversa *Ortografía irregular, opaca o profunda*: Se dice de un lenguaje en el que varía la correspondencia entre fonemas y grafemas.

La *transparencia ortográfica* se puede dividir en dos direcciones:

- *Ortográfica-fonológica*: Transformación del grafema a fonema, más concretamente al proceso de *lectura*.
- *Fonológica-ortográfica*: Transformación del fonema al grafema, más concretamente al proceso de *escritura*.

### Granularidad de los sistemas de escritura

La *granularidad* en la ortografía, se refiere al *tamaño de los elementos del lenguaje hablado que codifican las unidades escritas*, ya sea *fonemas, sílabas o palabras completas*.

Los sistemas de escritura se diferencian en el tamaño de las unidades que denotan (fonemas, sílabas o palabras completas).

Está es la razón de porque existen sistemas de escritura que tienen una granularidad baja, es decir que codifican directamente la lengua en *morfemas* priorizando así la transmisión rápida del significado.

La rivalidad entre leer para encontrar el sonido y leer para encontrar el significado existe en todo el mundo. Todos los sistemas de escritura deben encontrar la correlación adecuada de su lengua para resolver este problema.

Lo ideal en los sistemas de escritura es mantener el *equilibrio entre el sonido y el significado*, este equilibrio refleja las *dos rutas* de lectura del cerebro humano.

- Ruta léxica.
- Ruta ortográfica.

## Clasificación de los sistemas de escritura

Sistemas de escritura *transparente*:

- Japonés (Kana).
- Italiano.
- India (Devanagari).
- Español.
- Alemán.

Sistemas de escrituras *opacos*:

- Francés.
- Inglés.
- Chino.
- Japonés (Kanji).

Sistemas de escrituras con *granularidad alta*:

- Italiano.
- Español.
- Alemán.
- Francés.
- Inglés.

Sistemas de escrituras con *granularidad baja*:

- Chino.
- Japonés (Kanji).

## Tipos de grafemas

Según la regularidad de la relación entre los grafemas y fonemas del habla; los grafemas se pueden clasificar en:

- *Regulares*: grafemas que representan un solo fonema, es decir siempre se pronuncian igual como por ejemplo, la "b" o la "k".
- *Complejos*: grafemas que se escriben por más de una letra como por ejemplo la "ll" o la "ch".
- *Irregulares*: grafemas que representan más de un fonema, es decir se pronuncian de manera diferente dependiendo de la palabra por ejemplo la "c":
  - Que se pronuncia fuerte en casa (/k/).
  - Que se pronuncia débil en cielo (/s/).

## Rol de la escritura

El rol de la escritura:

- *No es suministrar una transcripción de los sonidos del habla.*
- *No es reproducir el habla tal como la pronunciamos.*
- *Es codificar el habla en un nivel lo suficientemente abstracto para permitirle al lector recuperar rápidamente su significado.*
- *Transmitir el significado tan efectivamente como sea posible.*

## Categorías de palabras

Existen diferentes categorías de palabras que se deben tener en cuenta para el análisis de la lectura, estas categorías son las siguientes:

- *Pseudopalabras*: palabras sin significado.
- *Homófonos*: palabras que suenan igual pero son ortográficamente diferentes.
- *PseudoHomófonos*: palabras que suenan a nivel fonológico como una palabra pero se encuentran mal escritas.
- *Reales*.
- *Neologismo*: palabra relativamente reciente que se está haciendo de uso corriente, normalmente términos de innovación técnica o cultural.

## Conclusiones de la escritura

Todos los sistemas de escritura oscilan entre una *representación precisa del sonido y la transmisión rápida del significado*. Cuando el individuo lee, los dos caminos de procesamiento de la información se complementan paralelamente.

Si las palabras son muy regulares, inusuales o novedosas, las procesamos preferentemente utilizando la ruta fonológica, en la que primero desciframos la cadena de letras, luego la convertimos en pronunciación y finalmente intentamos acceder al significado del patrón de sonidos (si es que lo tiene).

A la inversa, cuando nos enfrentamos a palabras frecuentes o cuya pronunciación es excepcional, nuestra lectura toma una ruta directa que primero recupera la identidad y el significado de la palabra y luego usa la información léxica para recuperar su pronunciación.

La dificultad del proceso de aprendizaje de la lectura varía según las lenguas. En concreto la lectura en español que es la que se aborda aquí, es uno de los mejores casos posibles ya que cada fonema corresponde con una sola letra del alfabeto. Así para saber leer es suficiente conocer el sonido de cada letra. Sin embargo la ortografía en español presenta dificultades:

- Como los grafemas complejos (digrafos).
- Grafemas que se pronuncian de diferente manera según el contexto en que aparezcan (rey, yo).

## ETAPAS DE LA ADQUISICIÓN DE LA LECTURA

El conocimiento del lenguaje es inconsciente e implícito porque no sale de los límites de circuitos neurales especializados, el cerebro del bebé ya está organizado para procesar el habla:

- A partir de los 6 meses los bebés asimilan los fonemas empleados en su lengua.
- Entre los 1 y 2 años de vida empiezan a asimilar *reglas fonológicas*, es decir secuencias de sonidos que se utilizan en su lengua.
- Al final de los 2 años de vida conoce algunas *reglas gramaticales* es decir la diferencia entre un sustantivo y un verbo (obviamente de forma implícita), además comprende la importancia del *orden de las palabras*.
- Entre los 3 y 4 años, el niño emplea frases más elaboradas y su vocabulario incrementa considerablemente.

Las etapas por las que transita el niño de manera constante durante el aprendizaje de la lectura son tres:

- *Etapa logográfica*, que tiene las siguientes características:
  - Se desarrolla alrededor de los 5 años.
  - Antecede a la enseñanza formal.
  - El niño no comprende la lógica de la escritura.

- El sistema visual trata de reconocer palabras como si fueran rostros u objetos. Haciendo uso de todos los rasgos visuales posibles como la forma, el color, la orientación de las letras y la curvatura.
- Reconoce su nombre y palabras que le llamen la atención, normalmente logos.
- Forma artificial o falsa de lectura.
- Se procesa la palabra completa sin segmentación.
- El niño memoriza la forma general de las palabras en un significado.
- No decodifica las palabras.
- No existe una generalización.
- El niño no presta atención a las letras individuales.
- El niño no presta atención a la pronunciación de las letras.
- Los niños tratan las palabras como dibujos por lo que no hay una especialización cerebral.
- Ambos hemisferios contribuyen a la lectura.

- *Etapa fonológica*, que se caracteriza por:

- Se desarrolla alrededor de los 6 años.
- Segmentación de la palabra en las letras que la componen y vincularlas a sonidos del habla.
- La atención se fija en constituyentes de grupos de letras relevantes y letras aisladas.
- Se pone en práctica el ensamblaje para formar palabras.
- Descifrado lento y secuencial de las palabras.
- El tiempo de lectura está condicionado por la cantidad de letras que tiene una palabra.
- Es posible la lectura de palabras desconocidas.
- El niño adquiere *conciencia fonológica*:

- Capacidad de discriminar componentes más pequeños de una palabra denominados fonemas que se pueden combinar para formar nuevas palabras.
- *Pre requisito*: enseñanza explícita del código alfabetico.
- El descubrimiento y manipulación consciente de los fonemas no es automático requiere de enseñanza explícita del código alfabetico. Sólo la enseñanza explícita de las correspondencias de grafemas y fonemas permite a los niños adquirir un dominio genuino del sistema de escritura alfabetico.
- Mayor fluidez verbal.

- Las neuronas del área de la caja de letras comienzan a especializarse en las letras.
- *Consideraciones adicionales*:

- Luego de la etapa fonológica existe una mejora en la fluidez verbal.

- La interacción entre los grafemas y fonemas; es recíproca y constante, en otras palabras:
  - La adquisición de las letras genera una mayor atención en los sonidos del habla.
  - El análisis de los sonidos del habla mejora la comprensión de las letras.
- En esta etapa se emplean ambos hemisferios del sistema visual para el reconocimiento.
- *Etapa ortográfica*, que tiene las siguientes características:
  - Comienza su desarrollo a partir de los 7 años.
  - Se desarrolla luego de que el niño adquiere cierta rapidez en la conversión de grafemas a fonemas.
  - El niño ya tiene un léxico de unidades visuales con información como la *frecuencia y sus vecinos*.
  - El tiempo de lectura ya no se determina principalmente por la longitud de las palabras o complejidad de los grafemas.
  - El tiempo de lectura se determina por la frecuencia con la que el individuo se encuentra una palabra, es decir si la palabra aparece comúnmente se lee más rápido y si es una palabra inusual más lento.
  - En esta etapa se construye la *ruta léxica* que complementa la decodificación de letras en sonidos.
  - *Consideraciones adicionales*:
    - En adultos expertos el efecto de longitud está esencialmente ausente.
    - Cuando se menciona vecinos, se refiere a:
      - *Vecinos visuales*: palabras visualmente similares.
      - *Vecinos semánticos*: palabras con significados similares.
      - *Vecinos por asociación*: palabras que usualmente se usan en contextos compartidos.
- Se observan cambios en las áreas del lenguaje Wernicke (formación de palabras) y Broca (comprensión del lenguaje).
- Se observa cuerpo calloso más engrosado.
- Se observa incremento de fibras nerviosas.
- Se empieza a consolidar la lateralización, pero esta consolidación no es abrupta; es más bien lenta y se extiende hasta la adolescencia.
- Mejora en la *memoria verbal*: Capacidad de almacenar y recuperar lenguaje hablado o escrito.

## El código visual de las letras y grafemas

En la etapa logográfica los niños tienden a tratar las palabras como un objeto, es decir relacionan directamente la palabra como un todo a un significado. Esto claramente no puede considerarse lectura porque no hay un proceso de descifrado. Por otra parte el área especializada en el reconocimiento de letras codifica:

- Grafemas.
- Sílabas.
- Morfemas.
- Palabra completa.

Esto implica que la especialización *requiere*:

- Enseñanza sistemática de las correspondencias entre las letras y los sonidos del habla.
- Atención focalizada del niño a las piezas elementales, es decir a los *grafemas* que se *combinan* formando *sílabas* en un determinado orden para formar palabras.
- Codificación de elementos de sentido, ya que ayudan a identificar el significado y las relaciones entre palabras:
  - *Morfema Lexema*:
    - *Raíces*. Parte de la palabra que no varía y contiene su significado.
      - Lexema independiente, cuando no requiere morfemas para completar su sentido.
      - Lexema dependiente, cuando está acompañado por morfemas por ejemplo: **encuadernar** y **multimillonario**.
  - *Morfemas derivativos*:
    - *Prefijos*. Ubicada antes de la palabra que modifican; por ejemplo: **preinscripción** y **expareja**.
    - *Sufijos*. Ubicada después de la raíz; por ejemplo: **casita** y **estudiante**
  - *Morfemas flexivos*:
    - *Terminaciones gramaticales*. Proporciona información (género, número, persona, tiempo); por ejemplo: **canto** y **hablaste**.

*Consideraciones adicionales*: el español no expresa solamente el sonido de las palabras sino que también aporta indicios sobre su raíz, su sentido y forma grammatical.

## ACTIVIDADES BENEFICIOSAS PARA LA LECTURA

Las *estrategias aplicables en edades tempranas* para que los niños aprendan a leer con mayor rapidez, son aquellas en las que se presta atención a los fonemas, como por ejemplo actividades en las que se practica con:

- *Rimas*: Repetición de los sonidos finales de las palabras a partir de la última vocal acentuada en un enunciado.
- *Jitanjáforas*: Enunciado lingüístico constituido por palabras o expresiones que en su mayor parte son inventadas y carecen de significado en sí mismas, debido a que centra la atención en la decodificación en fonemas no en el significado.
- *Adivinanzas*: Enunciado con acertijo generalmente en forma de rima.
- *Juegos de palabras*: Algunos juegos pueden ser:
  - *Calambur*; que consiste en unir dos sílabas que están separadas, para darle un significado distinto a la frase.
  - *Trabalenguas*; que consiste en frases en las que se repite el mismo sonido muchas veces.
- *Trazado de letras con el dedo*. Consiste en la aplicación de gestos motores, lo que implica *tacto, visión y sensación de espacio* en beneficio de entrenar la ruta dorsal. Esto genera los siguientes beneficios:
  - Facilita la *distinción de letras en espejo y orienta* al niño en el espacio ayudándolo a comprender que las letras deben leerse de izquierda a derecha.
  - Facilita el *reconocimiento* de letras que tienen una pronunciación similar.
  - Desempeña un papel esencial en el *desciframiento de la escritura manuscrita* ya que en cierta medida reconocemos los caracteres reconstruyendo el gesto que lo generó.
  - Al agregar un código motor al *repertorio mental* de las letras, estas actividades facilitan el *recuerdo de las correspondencias grafema-fonema*.
  - En consecuencia de lo anterior se *acelera el aprendizaje de la lectura*.
- Uso de ventana corrediza para lograr comprender los subcomponentes de las palabras.

## DIFICULTADES EN LA LECTURA

*Simetría en el reconocimiento visual*. Resultado natural de la organización del cerebro, es decir genéticamente el cerebro humano tiene la capacidad de generalizar perspectivas simétricas cuando se observan objetos, porque facilita el reconocimiento invariante

(temporo-occipital ventral). Esto implica que los individuos cuando aprenden a leer confunden letras como la p y la q debido a que es su imagen especular. Por lo que en el aprendizaje de la lectura es esencial desaprender la generalización de imágenes especulares.

#### *Consideraciones adicionales:*

- Esto no implica que los seres humanos veamos todo simétrico sino que nuestro cerebro tiene algunas conexiones interhemisféricas que conectan a través del cuerpo calloso neuronas ubicadas en las mismas posiciones en ambos hemisferios que proyectan una simetría. Mientras que otras conexiones se encargan de la continuidad visual (gracias a esto podemos observar una única imagen continua cuando empleamos ambos ojos).
- Durante el nacimiento existe un mayor número de conexiones interhemisféricas simétricas, las cuales progresivamente se van podando.

*Malas prácticas de la enseñanza.* Aplicación de metodologías educativas que no consideran la información proporcionada por estudios científicos. Esto implica resultados por debajo del nivel escolar, lentitud y menos eficiencia en la comprensión de textos, debido a una decodificación deficiente y poco automatizada.

#### *Algunas de estas prácticas son:*

- Enseñar el nombre de las letras en vez de su pronunciación ya que los nombres no se pueden ensamblar durante la lectura, la conexión solo se hace con los fonemas.
- Unir palabras con imágenes.
- Reconocer el contorno general de las palabras.
- No enfatizar en la importancia de los fonemas, reconocerlos y combinarlos.
- No enfatizar en que las palabras están compuestas por estas unidades fonológicas.
- La calificación sin retroalimentación.
- La actitud pedante del docente.
- Encasillar a los alumnos en malos o dotados (afecta negativamente la motivación).

Opacidad de los sistemas de escritura. Los sistemas de escritura tienen grados de transparencia, cuando se dice que una escritura es “transparente” se hace referencia a aquella lengua que tiene una escritura en que cada letra se proyecta en un fonema independiente; es decir *reglas de conversión de la ortografía en sonidos* simple, y en donde las excepciones son muy reducidas (regular). El español por ejemplo tiene un sistema de escritura transparente.

Por el contrario cuando *no* es transparente se habla de sistema de escritura *opaco*; esto significa que una misma cadena de letras inserta en palabras completas diferentes se proyecta en sonidos diferentes (irregular). Esto implica que las reglas de conversión no sean suficientes haciendo uso de la memoria léxica para recuperar su pronunciación.

*Tamaño de las unidades.* Se refiere a la capacidad de las unidades de escritura de representar palabras, por ejemplo si decimos que el tamaño de las unidades es grande una unidad de escritura es capaz de representar palabras completas, luego tenemos unidades que representan sílabas y finalmente unidades que representan fonemas.

El español por ejemplo tiene un sistema de escritura en el que las unidades representan fonemas, es decir el tamaño de las unidades es pequeño. Caso contrario al chino en el que un único símbolo *representa* palabras completas. Una granularidad baja implica un aprendizaje de la lectura más lento producto de que la cantidad de información que el niño debe retener supera la capacidad de su memoria.

*Consideraciones adicionales:*

- Los sistemas de escritura están diseñados considerando el balance del sonido y el significado.
- Un exceso de signos (*granularidad baja*) supone una *carga adicional* en el aprendizaje de la lectura.
- El exceso de *irregularidades* en el paso de la escritura a la pronunciación supone una *carga adicional* en el aprendizaje de la lectura.
- El rol de la escritura no es únicamente transcribir los sonidos del habla. Su objetivo no es reproducir el habla como la pronunciamos, sino modificarla en un nivel lo suficientemente abstracto para permitirle al lector recuperar rápidamente su significado. Entonces la meta principal de la escritura es transmitir el significado tan efectivamente como sea posible.
- La opacidad y el tamaño de las unidades de los sistemas de escritura determina el grado de activación de las áreas del cerebro del lector.
- Enfatizar en la distinción de derecha e izquierda resulta beneficioso para romper la simetría visual durante el aprendizaje de la lectura.

## METODOLOGÍAS APLICADAS EN EL APRENDIZAJE DE LA LECTURA

*Método global:* consiste en enseñar a leer directamente las palabras o incluso las frases. Se comienza por las palabras más familiares para el niño y se va extendiendo ese aprendizaje a palabras nuevas, para ir incrementando el vocabulario visual.

*Método fonológico:* metodología para enseñar a leer en la que los niños reconocen y aprenden los diferentes sonidos de las letras, se enseña de manera gradual, aprendiendo correlaciones sencillas de las letras y sonidos, para posterior combinación con otros sonidos.

**Método alfabético:** consiste en seguir el orden de las letras del abecedario, mientras se nombra y escribe la letra respectiva.

No se aprende a leer solamente porque se enseña a reconocer todas las letras del abecedario, tampoco empleando el método global porque centra la atención del niño en el todo en vez de centrarse en los grafemas y fonemas.

Los individuos se favorecen con la enseñanza temprana y explícita de la correspondencia entre letras y los sonidos del habla, favoreciendo la decodificación incluso de palabras nuevas para el individuo, dando independencia en la lectura. Esto es coherente con los experimentos realizados en aulas y con la comprensión del funcionamiento del cerebro del lector.

## PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA ENSEÑANZA DE LA LECTURA

Este apartado hace referencia a los principios recomendados en el libro *Aprender a Leer de Stanislas Dehaene*<sup>8</sup>. Esta lista de principios educativos están orientados a las primeras etapas del aprendizaje de la lectura (primero básico) y que aplicados sistemáticamente, facilitan su adquisición. Estos no poseen orden de importancia y su forma de uso queda a criterio del maestro, al igual que la elección de ejemplos, material pedagógico, metáforas y orden en que se enseñan. Decenas de estudios experimentales han demostrado la eficacia de estos principios.

### Principio de la enseñanza explícita del código alfabético

Considera los elementos que no son obvios para el estudiante y por tanto deben ser enseñados explícitamente. Estos son:

- *Correspondencia grafema-fonema:* trata de identificar el sonido de un grafema. Aprender a identificar el sonido de las vocales es sencillo, pero la identificación del sonido de algunas consonantes requiere utilizar gestos vocales de su pronunciación. Por ejemplo: pa, pe, pi, ..., ap, ep, ip.
- *Combinación de grafemas:* capacidad para unir una consonante con una vocal y así formar sílabas. Es necesario enseñar que al reunir dos grafemas, su pronunciación no suele cambiar, sino que forma combinaciones nuevas. Esto facilita la integración de consonantes y vocales.

---

<sup>8</sup> Dehaene, Stanislas (2015). *Aprender a leer: De las ciencias cognitivas al aula* (1ra Ed). Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina.

- *Movilidad de los grafemas*: capacidad de reconocer sonidos según la ubicación del grafema. La reubicación de grafemas cambia la pronunciación de la cadena de caracteres, el estudiante debe comprender que un grafema, por ejemplo “p”, es una unidad móvil que puede formar “pa”, pero también “pi”, “po”, o incluso “ip” gracias a un simple cambio de orden.
- *Correspondencia espaciotemporal*: capacidad de dirigir la atención para una lectura secuencial de izquierda a derecha. El estudiante debe dominar su mirada, atención espacial, y poder coordinarlas en la lectura. Esto se puede reforzar con la escritura y la alteración de estructuras consonante-vocal, vocal-consonante.
- *Discriminación en espejo*: capacidad de diferenciar letras en espejo (p.e. d y b, p y q). Se debe explicar al estudiante que estas letras son distintas, que se escriben con gestos diferentes y se pronuncian de modo distinto. Combinar la pronunciación y el trazado de letras ha demostrado ser un método eficiente.

### Principio de progresión racional

Se orienta al orden en que se aprenden los diferentes grafemas y sus combinaciones. Con el fin de evitar confusión, se recomienda comenzar con grafemas y combinatorias frecuentes y regulares, para finalmente abordar los más complejos. Se deben considerar los siguientes parámetros:

- *Regularidad de las relaciones grafema-fonema*: Propone que los grafemas deben enseñarse en base a su regularidad. Es decir, los grafemas regulares deben enseñarse al comienzo.
- *Frecuencia de grafemas y fonemas*: Establece que se debe dar prioridad a los grafemas más usados, para así permitir la lectura de una mayor cantidad de palabras.
- *Facilidad de pronunciación de las consonantes aisladas*: Propone enseñar primero las consonantes continuas, las cuales pueden pronunciarse en ausencia de una vocal, por ejemplo: l, r, m, n f, s, j.
- *Complejidad de la estructura silábica*: propone comenzar enseñando sílabas con estructura CV (consonante-vocal) y VC, luego avanzar a CVC y finalmente incluir las consonantes grupales como cr o pl a través de sílabas con estructura CCV O CCVC.
- *Inseparabilidad de los grafemas complejos*: Propone que los grafemas complejos (ll, ch, qu, rr, gu) sean enseñados relativamente tempranos debido a su frecuencia. Se debe enseñar al estudiante que en estos casos los grafemas se leen como un todo y escapan de las reglas de ensamblaje. Para facilitar esta memorización, se recomienda mostrarlos de forma inseparable.

- *Letra muda:* Propone enseñar tempranamente la letra muda, debido a que esta permiten la identificación morfológica de palabras, permitiendo establecer vínculos entre palabras. Una forma de enseñar al estudiante que esta letra no se pronuncia, se recomienda el uso de colores tenues y tipografía diferente.
- *Frecuencia de las palabras:* Recomienda enseñar rápidamente palabras frecuentes como: artículos, pronombres, algunos verbos, sustantivos usuales e indicadores relacionales. Algunas de estas palabras suponen el uso de reglas complejas, pero estas pueden aprenderse de memoria en un comienzo. Para su aprendizaje se pueden incluir ejercicios de reconocimiento de palabras.
- *El papel de los morfemas:* Recomienda que después de enseñar grafemas y fonemas, se continúe con la enseñanza explícita de morfemas y su combinatoria, considerando la frecuencia de uso. Esto enseña al estudiante a usar terminaciones gramaticales (prefijos y sufijos) con las cuales poder identificar raíces y formar palabras. La importancia de enseñar morfemas recae en su valor para acceder al significado y servir de unidad intermedia entre grafemas y palabras.

### Principio de aprendizaje activo: asociar la lectura y escritura

Es el ejercicio de componer y escribir palabras, ayuda al estudiante a sentar las bases de correspondencia, es decir, entender que una palabra tiene una única forma escrita y un único sonido asociado. Esta correspondencia entre ortografía y fonología de la lengua forma parte de la transparencia ortográfica, y se categoriza como:

- *Ortografía regular, transparente o superficial:* Se dice de un lenguaje en el que la correspondencia entre grafemas y fonemas es consistente, y por tanto a un fonema le corresponde solo un grafema y viceversa
- *Ortografía irregular, opaca o profunda:* Se dice de un lenguaje en el que varía la correspondencia entre grafema y fonemas.

A su vez, la transparencia ortográfica se puede dividir en dos direcciones:

- *ortográfica-fonológica:* se refiere al proceso de lectura, más precisamente a la transformación del grafema a fonema.
- *fonológica-ortográfica:* se refiere al proceso de escritura, más precisamente a la transformación del fonema al grafema.

En el caso de la lengua en español, esta es mayormente transparente en su lectura o ruta ortográfica-fonológica (a excepción de letras como g, c, y, entre otras), en cambio, es opaca en su escritura o ruta fonológica-ortográfica. Considerando lo anterior, un alumno que comprende las reglas de escritura alfabética y es capaz de escribir un dictado, se le podría

considerar que sabe leer. Una forma de reforzar esta correspondencia, es a través del tacto y el trazado de letras. Se recomienda integrar acciones motoras como la escritura y composición de palabras a través de formas, dictados o imágenes y su práctica diaria, debido a que exponen al estudiante a un rol creativo y activo, facilitando la enseñanza de letras y el aprendizaje de la correspondencia grafema-fonema, lo que evita que estudiantes construyan palabras con grafemas incorrectos como sucede con las letras en espejos (ej: b, d) y provoca la memorización de ortografías erróneas.

### **Principio de transferencia de lo explícito a lo implícito**

Buscar facilitar el paso de una lectura lenta y consciente a una lectura fluida y rápida. Al inicio el estudiante aplica las correspondencias ortográficas como reglas explícitas y después a través de numerosos ejemplos rutinarios estas se hacen implícitas. Facilitar esta transferencia es primordial para liberar recursos en la mente del estudiante, ya que el automatizar el proceso de decodificación, les permite reflexionar sobre el contenido del texto. Para lograr esto se recomienda tener en cuenta dos etapas diferenciadas:

- *Fase de enseñanza explícita:* es donde el niño aprende las reglas de decodificación de las palabras escritas.
- *Fase de aprendizaje implícito:* es donde el niño internaliza y automatiza las reglas de correspondencia. Esta fase comienza muy pronto pero su eficacia depende de la frecuencia e intensidad de las lecturas.

Para lograr esto, se recomienda que padres y maestros faciliten un entorno propicio con pequeñas lecturas cotidianas, visitas a bibliotecas, ejercicios orales o escritos, reseña de lecturas, etc. Que los estudiantes lean y les lean en casa ayuda a crear un ambiente familiar donde la automatización de la lectura es algo natural.

### **Principio de elección racional de los ejemplos y de los ejercicios**

Ejercicios y ejemplos propuestos deben ser pre seleccionados cuidadosamente en función de cada estudiante, permitiéndoles apoyarse de su situación educativa para inferir las reglas y respuestas esperadas. Las palabras que se enseñen deben facilitar la comprensión de reglas y evitar inducir al error. Algunos ejemplos para esto son:

- *Concordancia con la enseñanza:* al comienzo no usar palabras con fonemas y grafemas no aprendidos, esto invitaría a adivinar y no decodificar. Se recomienda comenzar con asociaciones frecuentes y familiares.
- *Proscripción de errores:* no presentar palabras mal escritas o con errores ortográficos. Usar en lo posible palabras verdaderas, o sílabas frecuentes. Para los juegos de permutación se permite usar palabras inventadas con el fin de identificar

diferencias sonoras o visuales en formas similares como lo son las letras en espejo, siempre cuando no sea posible encontrar palabras verdaderas para esto.

- *Distinción entre el sonido y el nombre de las letras:* trazar la distinción entre el sonido y el nombre de las letras con el fin de evitar confusiones.
- *Variedad de ejemplos y ejercicios:* evitar usar ejemplos repetitivos o fijos, ya que permiten al estudiante memorizar las respuestas. Por tanto cada lección debe ir acompañada por una variedad de ejemplos en orden diferente.

### **Principio de compromiso activo, de atención y de disfrute**

Considera reglas que modulan la velocidad del aprendizaje y la retención de información. Este principio considera factores trascendentales para el aprendizaje tales como:

- *Compromiso activo del niño:* involucrar activamente al estudiante en la generación de respuestas acelera el proceso de aprendizaje, en cambio mantenerlo pasivo lo reduce. En tanto, agregar retroalimentación inmediata al estudiante le permite corregirse y comparar su respuesta con la del maestro para progresar.
- *Atención:* aprender es orientar la atención. Centrar la atención a aspectos del mundo amplifica la respuesta cerebral, por tanto orientarla a la codificación de palabras acelera el aprendizaje de la lectura.
- *Disfrute:* los mecanismos de recompensa favorecen el aprendizaje. Algunas formas de recompensa son la adquisición de materiales, atención, admiración, sentimiento de progreso y superación.

En síntesis, el maestro debe generar un contexto inspirador que involucre activamente al niño, le motive a aprender y sea capaz de otorgarle confianza para equivocarse. Debe poder corregir los errores y recompensar el esfuerzo. En tanto, las actividades realice deben estimular la participación y creación, además de ser lúdicas, como por ejemplo:

Actividades de disfrute que benefician a la adquisición de la lectura		
Juegos de rimas	Juegos de rondas	Canciones acumulativas
Canciones Jitanjáforas	Canciones eco	Uso de palabras imposibles
Uso de palabras inventadas	Dominios de grafemas	Naipes de grafemas
Improvisación de romances	Improvisación de coplas	Improvisación tradicional
Búsqueda de palabras	Uso de pregones	

Además se deben disponer de medios que permitan concentrar la atención en la correspondencia ortográfica, tanto en el plano auditivo mediante la escucha atenta de fonemas, rimas y sílabas, como en el plano visual a través de la identificación de grafemas y morfemas que componen las palabras. En tanto, las evaluaciones no deben tener un carácter negativo, sino ser reemplazadas con ejercicios acorde al nivel del estudiante (siguiente principio).

### **Principio de adaptación al nivel del niño**

Propone evitar aplicar mecánicamente el principio de progresión racional, puesto que hacerlo sin identificar el avance de los estudiantes sería negativo. Una aplicación correcta debe proponer desafíos adaptados al nivel del estudiante que sirvan de guía a la asimilación del contenido, y así generar estimulación, sensación de avance y participación activa en el aprendizaje.

Este principio propone la adaptación permanente de ejercicios y una progresión acorde al nivel y necesidad del estudiante, por lo que si este siente interés en aprender ciertas palabras, se debe tomar el tiempo necesario para que adquiera las habilidades necesarias para hacerlo independiente de la complejidad. Esto sí, respetando el principio racional. En caso de no comprender la combinación consonante-vocal para formar sílabas no se puede avanzar, y se recomienda variar y multiplicar los ejemplos.

Para ajustar el aprendizaje es necesario identificar el progreso y las dificultades que tienen los estudiantes, esto se logra a través de evaluaciones, las que se recomienda sean periódicas. A través de las evaluaciones tanto maestro como estudiante identifican lo que este último no sabe y se le dificulta. Que el estudiante identifique los temas que no domina es indispensable para que desarrolle un aprendizaje autónomo y fortalezca sus conocimientos.

Poner en práctica este principio resulta complicado frente a alumnos numerosos y heterogéneos, por lo que se recomienda llevar a cabo el proceso a estudiantes individuales o grupos pequeños. En los casos grupales, es beneficioso enfocar las actividades hacia los menos avanzados, dado a que ayuda que éste se nivele y le facilita al resto interiorizar mejor los contenidos a través de la repetición.

En las escuelas que utilizan el método Montessori<sup>9</sup>, cada estudiante dedica tiempo a ejercicios individuales que elige y realiza a su propio ritmo, esta es una técnica favorable, sobre todo cuando se fijan objetivos. Otra técnica importante es la reserva de horas pedagógicas individuales para alumnos desfasados, ya que ayuda a preservar la cohesión en aula y sostener la pedagogía grupal.

---

<sup>9</sup> Método Montessori: Actividad dirigida por el niño y en la observación por parte del maestro para adaptar el entorno de aprendizaje al nivel de desarrollo del niño.

## ORDEN DE ENSEÑANZA DE LAS LETRAS EN NIÑOS

El orden de enseñanza de las letras en niños, se genera teniendo en consideración las *dificultades* presentes en la lengua española y los *principios fundamentales* de la enseñanza en la lectura.

La propuesta *original* fue *realizada por* Liliane Sprenger-Charolles en colaboración con Stanislas Dehaene, Caroline Huron, Édouard Gentaz y Pascale Colé para el francés. La que aquí se presenta es una adaptación al español *realizada por* Yamila Sevilla y María Jesefina D'Alessio.

Nivel	Reglas de escritura	Grafemas	Ejemplos	Contextos
1	Vocales	a	agua, abeja	
		e	elefante, espejo	
		i	isla, indio	
		o	oso, oreja	
		u	uva, uno	
2	Consonantes <b>nasales 1</b>	m	ma,me,mi,mo,mu mano, mesa,miga,mono,música	
3		n	na, ne, ni, no, nu nave, negro, niño, noche, nuez	
4	Consonantes <b>fricativas 1</b>	s	semana, mesa, masa, suma, mes sol, sapo, selva, silla, sueño	
5	Consonante <b>lateral</b>	l	libro, lana, mula, luna, limón, sal	
6	Consonantes <b>fricativas 2</b>	f	fona, fino, feo, fin, fue	
7	Estructuras silábicas 1	Consonante- Vocal Vocal-Consonan- te	le-el, la-al, na-an sano-asno, lata-alta	
8	Consonantes <b>occlusivas 1:</b> <b>sordas 1</b>	p	pato, peso, piso, puma, mapa, sopa	
9		t	tomate, tapa, toma, moto, timón	
10	Consonantes <b>occlusivas 2:</b> <b>sonoras 1</b>	b	barco, beso, bueno, nube, lobo, baila	
11		d	dinosaurio, dado, dedo, día, mundo	

12	<b>Estructuras silábicas 2</b>	<b>Consonante-Vocal-Consonante (CVC)</b>	fos, nes, mos, fal sur, tos, los, mis, salta	
		<b>Consonante-Co<sup>n</sup>sonante-Vocal (CVC)</b>	pla, flo plata, flota, planeta	
13	Letras en espejo 1	b-d	dedo-debo, lobo-lodo, bato-dato	
14	Consonantes oclusivas 3: sordas 2	c (/k/)	arco, casa, copa, cuna, oca, clase	c+a, c+o, c+u Antes de consonante final de palabra
15	<b>Dígrafo qu</b>	qu (/k/)	ronquido, queso, quitar, paquete, bosque	qu+e que+i
16	Letras en espejo 2	p-q	puedo-quedo	
17	Consonantes oclusivas 4	v (/b/)	vaca, violín, vuelo, nieve, avión	
18	<b>Dígrafo ll</b>	ll	tornillo, llave, llorar, llama, caballo, cuello	
19	<b>Y consonántica</b>	y	joya, payaso, yoyó, yegua, yeso, arroyo	antes de vocal
20	<b>Y vocálica</b>	y (/i/)	Uruguay, y, hay, hoy, buey, muy	En posición final de la palabra Diptongo y Triptongo
21	Letra muda	h	ahora, hielo, humo, hasta, almohada, cohete	
22	<b>Dígrafo ch</b>	ch	chocolate, chimenea, chico, chiste, charco, hacha, coche	
23	Consonantes oclusivas 5: sonoras 2	g	gorro, gallo, gato, guante, agua, ignacio, gol	g+a, g+o, g+u Antes de consonante Final de palabra
24	<b>Dígrafo gu</b>	gu (/g/)	guerra, guitarra, guiño	gu+e, gu+i
25	Consonantes vibrantes 1: vibrante múltiple	r	rata, remo, rima, rosa, rueda	Al inicio de la palabra
26	Consonantes vibrantes 1: vibrante simple	r	pero, toro, color, arma, tarea	Entre vocales Al final de sílaba En grupo de consonantes
27	Consonantes vibrantes 3: Dígrafo	rr	jarra, torre, barrio, perro, carro	Entre vocales
28	Consonantes vibrantes 4: vibrante múltiple	r (/rr/)	sonrisa, Enrique, alrededor, enredar	Al comienzo de una sílaba Después de consonante de sílaba anterior
29	Consonantes fricativas 3: velar	j	jugar, jaula, jirafa, ajo, pájaro	

<b>30</b>	Grupos ge, gi	<b>g (/j/)</b>	genio, <b>girasol</b> , gemelos, gelatina	g+e, g+i
<b>31</b>	Grupos güe, güi	<b>gü</b>	pingüino, ungüento	Secuencia fónica /gu/ seguida por /e/ o /i/
<b>32</b>	<b>Estructuras silábicas 3</b>	<b>Grupo consonántico seguido por vocal más consonante</b>	<b>flan, tren, Francia, planta, tronco, granja</b>	
<b>33</b>	Grupos ce, ci	<b>c</b>	cerdo, <b>cielo</b> , circo, ciruela, aceite, gracias	c+e, c+i
<b>34</b>	Consonante z	<b>z</b>	zapato, zorro, feliz, zanahoria, zoo	
<b>35</b>	Consonantes <b>nasales 2: africada</b>	<b>ñ</b>	ñandú, año, bañar, cañón, leña	
<b>36</b>	Consonantes <b>occlusivas 6: sordas 3</b>	<b>k</b>	kiwi, karate, kiosco, kimono, kilo, Karina	
<b>37</b>	<b>Caso particular 1: Grafema x</b>	<b>x (/k/+/s/)</b>	éxito, explicación, examen, próximo	Entre vocales Al final de sílaba
<b>38</b>	<b>Caso particular 2: Grafema x</b>	<b>x (/j/)</b>	México, Ximena	
<b>39</b>	<b>Caso particular 3: Grafema x</b>	<b>x(/s/)</b>	Xilofón	Al comienzo de la palabra
<b>40</b>	<b>w</b>	<b>w</b>	web, whisky, kiwi, Walter	

*“La escritura es un código y como cualquier código para descifrarlo requiere de un descifrador experto todos los buenos lectores saben decodificar a la vez los sonidos y los morfemas de las palabras”. Stanislas Dehaene.*

## VENTAJAS DE LA ALFABETIZACIÓN A TRAVÉS DE SOFTWARE

En el contexto de maximizar la atención y las emociones positivas del individuo resulta beneficioso para el aprendizaje el uso de software.

Los beneficios que proporciona son los siguientes:

1. Mayor interés y asombro particularmente en niños frente a dispositivos electrónicos (para un adulto es algo del día a día, pero para un niño es algo sorprendente).
2. Costo mínimo si lo contrastamos con la tutoría humana.
3. Mayor flexibilidad al no requerir horarios fijos y descansos para ejecutar la tutoría.
4. Detección automática al nivel del individuo.
5. Zona de desarrollo próximo.
  - Proponer tutorías adaptadas al nivel del individuo.

- Suficientemente difíciles para mantener la atención.
  - Suficientemente fáciles para que se sienta alentado.
6. Activación de las zonas involucradas en la lectura.
  7. Método efectivo de rehabilitación en personas con dislexia (evidentemente luego de varias sesiones expuestos al software).

## FUNDAMENTOS DE COMPUTACIÓN APLICABLES A LA TUTORÍA Y EL APRENDIZAJE

### PROGRAMACIÓN DE AGENTES

Es un paradigma de programación que considera una visión social de la computación. Su uso se centra principalmente en el área de la Inteligencia artificial y sistemas distribuidos. Este paradigma se centra en la creación de Agentes de software. Este paradigma está compuesto por múltiples conceptos que se especificarán a continuación.

#### **Agente**

Un agente es un ente que puede percibir su *medio ambiente* a través de *sensores* y *actuar* sobre ese *entorno* a través de *actuadores*. Un agente puede ser físico (*animal, humano, robot*) o virtual (*software*). En el caso de un *agente de software*, estos pueden recibir como entrada distintos tipos de información, ya sea archivos o entradas de usuario a través de distintas interfaces que harían el papel de “sensor”, y a su vez el procesamiento o muestra de información podrían ser elementos de “actuación” sobre el entorno.

#### **Entorno o Medio ambiente**

Conjunto de elementos que describen un medioambiente concreto y de interés para el diseño del agente. El entorno es percibido por el agente y es afectado por sus acciones.

#### **Estado**

Situación o modo de estar del entorno en un momento dado.

#### **Sensor(es)**

Es el *instrumento o conjunto de instrumentos* que utiliza el agente para obtener información sobre el entorno.

#### **Percepción(es)**

Se refiere al *contenido* que están percibiendo los sensores de un agente. En tanto, una secuencia de percepciones es el historial de percepciones del agente.

### **Actuador(es)**

Es el instrumento o conjunto de instrumentos que utiliza el agente para realizar acciones sobre el entorno.

### **Acción(es)**

Acto u operación que implica un cambio de *estado* que afecta o influye al medio ambiente.

### **Conocimiento**

Acción de conocer. El conocimiento, también llamado dominio, hace referencia al contenido específico del problema y del entorno del cual dispone el agente para tomar decisiones.

### **Función de agente**

Especifica la acción que debe realizar el agente en un determinado estado. La elección de la acción podrá depender del *conocimiento* incorporado y del *historial de percepciones*, pero no de elementos que no hayan sido percibidos. Este tipo de funciones suelen utilizar y considerar modelos de decisión.

### **Agente racional**

Es aquel que actúa para lograr el mejor resultado o, cuando hay incertidumbre, el mejor resultado esperado. Un agente racional debe ser capaz de seleccionar una acción que maximice su medida de desempeño dado su conocimiento y la secuencia de percepciones obtenidas.

### **Medida de rendimiento o de desempeño**

Es la métrica que se establece para evaluar el rendimiento de una secuencia de estados. Esta permite evaluar el comportamiento de un agente gracias a la medición de las consecuencias que han generado sus acciones. Si la secuencia de estados generada es deseable, se dice que el agente ha tenido un buen desempeño, de lo contrario, un mal desempeño. Esta medida se diseña en primera instancia según lo que su diseñador o usuarios consideren como deseable y se recomienda que su diseño se oriente al objetivo que se busca lograr sobre el entorno y

no en relación al comportamiento del agente. La medida puede ser implícita o explícita, es decir, el agente puede saber por qué una acción es correcta o no saberlo.

### Racionalidad

Actitud de actuar en función de una razón. La racionalidad en un agente depende de cuatro factores:

1. La medida de desempeño, que define el criterio de éxito.
2. El conocimiento previo, del agente sobre el medio ambiente.
3. Las acciones que puede realizar el agente.
4. La secuencia de percepción, del agente hasta la fecha.

### Aprendizaje

Adquisición de conocimiento por medio del estudio, el ejercicio o la experiencia. En la programación de agentes, hace referencia al proceso de adquisición y modificación de conocimientos a medida que se interactúa con el entorno.

### Autonomía

Facultad de obrar según criterios propios, con independencia de la opinión o el deseo de otros. Hace referencia a los agentes que pueden funcionar sin estar sujetos a modelos y conocimientos preestablecidos. Esta autonomía puede lograrse de manera progresiva, esto implica que el agente tiene la capacidad a través del aprendizaje de modificar y adaptar su modelo.

### Experiencia

Percepción o conjunto de percepciones recepcionadas a partir del estado de un determinado ambiente, posterior a la ejecución de una acción o conjunto de acciones

### Episodio

Conjunto de percepción obtenida y posterior acción realizada en un estado dado.

### Entorno de trabajo o tarea

Es en esencia el problema que el agente busca solucionar. Este considera el conjunto de elementos involucrados en el problema y de importancia para el agente.

### **Programa de agente**

Es la parte que codifica e implementa las funciones del agente, y por tanto, se encarga de interpretar las percepciones recibidas y proyectar las acciones a realizar. Aquí es donde se implementan los conceptos de la IA.

### **Arquitectura de agente**

Es el conjunto de elementos físicos que servirán como sensores y actuadores del agente.

### **Reglas Condición-Acción**

Son conexiones predeterminadas entre una condición y una acción. Estas sugieren que cuando una determinada condición ocurra, se debe ejecutar una determinada acción.

### **Aleatoriedad**

La aleatoriedad en los agentes racionales se produce a la hora de seleccionar una acción a realizar, si bien la aleatoriedad pareciera ser una forma irracional para tomar decisiones, esta puede ser útil en situaciones donde no se sabe qué hacer o se busca generar imprevisibilidad en la forma de actuar del agente.

### **Estado interno**

Es información del entorno almacenada por el agente. Esta información permite inferir aspectos no observables del entorno. La generación del estado interno requiere codificar dos formas de conocimiento en el programa:

- Información sobre la evolución del mundo independiente al agente.
- Información sobre los efectos de las acciones del agente en el medio.

### **Meta**

Hace referencia a lo que busca realizar o generar el agente. Una meta debe describir situaciones deseables, una forma de hacer esto es almacenar información relacionada a los resultados de las acciones posibles.

### **Utilidad**

Es una forma de medir la preferencia entre un estado u otro.

### **Función de utilidad**

Es la función encargada de proyectar la utilidad de un estado o secuencia de estados. La función de utilidad permite tomar decisiones en casos donde las metas son inadecuadas, ya sea porque existe conflicto entre sus objetivos (imposibilidad de alcanzarlos todos), o bien, por que existe incertezza en conseguirlos. Esta función permite determinar equilibrios en el primer caso y ponderar probabilidades de éxito en el segundo.

### **Elemento de aprendizaje**

Es el encargado de hacer mejoras en el conocimiento del agente, este se alimenta de las críticas sobre la actuación del agente y determina cómo modificar el elemento de actuación para obtener mejores resultados futuros. El diseño del elemento de aprendizaje debe ir de la mano con el elemento de actuación debido a que son los responsables de generar mejoras en el funcionamiento del agente.

### **Elemento de actuación**

Es el encargado de seleccionar acciones externas, este recibe estímulos y determina las acciones a realizar.

### **Crítica**

Indica al elemento de aprendizaje qué tan deseable es la actuación del agente con respecto a un nivel fijo de.

### **Nivel de actuación**

Es el encargado de definir qué percepciones son deseables y cuáles no lo son, considerando a las primeras como recompensas y penalizaciones a las segundas. Este debe fijarse fuera del control del agente para evitar su modificación.

### **Generador de problemas**

Es el apartado responsable de sugerir acciones que guiarán al agente hacia la exploración. Su función es sugerir acciones exploratorias.

### **REAS**

El REAS es un acrónimo de Rendimiento, Entorno, Actuadores y Sensores, los que en conjunto definen el entorno de tarea de un agente racional.

### **Propiedades del entorno de trabajo**

Un entorno de trabajo posee sus propias propiedades, a continuación se detallan estas propiedades.

Totalmente o completamente observable vs. Parcialmente observable vs. No observable.

- *Completamente observable*: son entornos de trabajo en donde el agente puede observar el estado completo del entorno a través de sus sensores. Aquí es posible acceder a todos los aspectos relevantes a la elección de la acción a realizar, esta relevancia dependerá de su implicancia en la medida de rendimiento. En este tipo de entornos de trabajo, el agente no requiere mantener un estado interno para realizar un seguimiento del medio ambiente.
- *Parcialmente observable*: son entornos donde los sensores contraen ruido, valores inexactos o información incompleta del medio.
- *No observable*: son entornos en donde el agente no posee sensores capaces de obtener información del entorno. Para estos casos, el agente guarda un estado interno o seguimiento de los cambios de elementos del entorno asociados a la medida de rendimiento, y con ello infiere el valor y la variación de la medida que necesita.

Determinista vs. Estocástico vs. No determinista.

- *Determinista*: se dice de un medio en donde su estado siguiente está completamente determinado por el estado anterior y una acción particular que ejecuta el o los agentes.
- *Estocástico*: se dice de un medio en donde su estado siguiente puede ser tratado explícitamente con probabilidades cuantificables.
- *No Determinista*: se dice de un medio en donde su estado siguiente no puede ser determinado a través de probabilidades debido a posibilidades no cuantificables.

Agente único vs. Multi agente.

- *Agente único*: referencia a entornos en donde interactúa un único agente.
- *Multiagente*: referencia a entornos en donde interactúan múltiples agentes. Los agentes que interactúan en un mismo entorno pueden comportarse de dos formas según cómo maximicen su medida de rendimiento. Estas son:
  - *Competitivo*: son entornos donde la maximización de la medida de rendimiento de un agente provoca la disminución en el rendimiento del o los otros. En estos entornos, la aleatoriedad puede considerarse como un comportamiento deseable si tiene como intención evitar la previsibilidad.
  - *Cooperativo*: son entornos donde la maximización de la medida de desempeño de un agente también maximiza el rendimiento de los demás. En estos entornos, la comunicación entre los agentes es un comportamiento común.

Episódico vs. Secuencial.

- *Episódico*: son entornos en donde la experiencia de un agente se divide en estados atómicos. En estos entornos, la elección de la acción en un episodio dado depende únicamente de sí mismo. Estos entornos suelen usarse en problemas de clasificación y en entornos donde la decisión tomada en un estado dado no afecta los estados futuros.
- *Secuencial*: son entornos en donde una decisión anterior puede afectar decisiones futuras. En estos entornos el agente requiere racionalizar y planificar a futuro.

Estático vs. Dinámico vs. Semi dinámico.

- *Estático*: son entornos que se mantienen inmutables durante el tiempo que tarda un agente en tomar una decisión. En estos entornos el agente no requiere mantenerse observando a la vez que decide una acción ni preocuparse por el paso del tiempo.
- *Dinámico*: son entornos que pueden mutar mientras que el agente toma una decisión. Estos entornos requieren que el agente esté continuamente observando e interactuando con el medio. En los casos donde el agente tarda en tomar una decisión, se considera como acción el no hacer nada.
- *Semi dinámico*: son entornos que no cambian con el paso del tiempo, pero en donde si lo hace la puntuación de desempeño del agente.

Discreto vs. Continuo.

- *Discreto*: referencia valores del entornos de trabajo que poseen un conjunto finito, tales como percepciones, acciones y estados posibles.
- *Continuo*: referencia valores del entornos de trabajo que poseen un conjunto de valores continuos, tales como percepciones y estados.

Conocido vs. Desconocido.

- *Conocido*: referencia al conocimiento del agente sobre el medio ambiente. En los entornos conocidos se conocen los resultados o la probabilidad de estos para todas las acciones.
- *Desconocido*: referencia el conocimiento del agente sobre el medio ambiente. En estos entornos, el agente debe aprender y explorar para poder tomar buenas decisiones.

### Tipos de agentes

Hay disposición diferentes tipos de agentes inteligentes, no todos tienen la misma complejidad, ni son igual de racionales, ni son útiles en el mismo contexto, la selección de un agente depende directamente del problema a resolver.

Tipos de agentes:

- *Reflejo simple*: estos agentes seleccionan acciones sobre la base de la actual percepción, ignorando el resto de la historia de la percepción.

- *Reflejo basado en modelo*: la forma más eficaz de manejar la observabilidad parcial es que el agente mantenga un registro de la parte del mundo que no puede ver ahora. Es decir, el agente debe mantener algún tipo de estado interno que depende de la historia de la percepción y, por lo tanto, refleja al menos algunos de los aspectos no observados del estado actual.
  - *Modelo de transición*: información sobre cómo cambia el mundo con el tiempo, Los efectos de las acciones del agente y cómo el mundo evoluciona independientemente del agente.
  - *Modelo de sensor*: información sobre cómo se refleja el estado del mundo en las percepciones del agente.
- *Basado en objetivos*: definir objetivos es decir descripción de situaciones que son deseables, elegir acciones que logren los objetivos. Si hago esta acción me acerco o me alejo del objetivo. Las acciones predicen si el siguiente estado se acerca o se aleja del objetivo, todas las acciones tomadas son en base a los objetivos.
- *Basado en utilidad basado en modelo*: el agente toma acciones que maximizan su función de utilidad. Un agente basado en la utilidad tiene que modelar y realizar un seguimiento de su entorno, tareas que han implicado una gran cantidad de investigación sobre percepción, representación, razonamiento y aprendizaje.
- *Agente que aprende*: este tipo de agente posee un elemento de aprendizaje (realiza mejoras) que modifica el comportamiento de un agente completo (toma percepciones y decide acciones) para mejorar su rendimiento, cualquier tipo de agente (basado en modelo, basado en objetivos, basado en utilidad, etc.) puede construirse como un agente de aprendizaje, permitiendo al agente operar en entornos inicialmente desconocidos y volverse más competente de lo que su conocimiento inicial por sí solo podría permitir.

El elemento de aprendizaje utiliza la retroalimentación del crítico sobre cómo le está yendo al agente y determina cómo se debe modificar el elemento de rendimiento para mejorar en el futuro. El diseño del elemento de aprendizaje depende mucho del diseño del elemento de desempeño. Por tanto es importante que se fije el estándar de rendimiento. Conceptualmente, uno debería pensar que está completamente fuera del agente porque el agente no debe modificarlo para que se ajuste a su propio comportamiento.

El último componente del agente de aprendizaje es el generador de problemas. Se encarga de sugerir acciones que conducirán a experiencias nuevas e informativas. Si el elemento de rendimiento se saliera con la suya, seguiría realizando las mejores acciones, dado lo que sabe, pero si el agente está dispuesto a explorar un poco y realizar algunas acciones quizás subóptimas en el corto plazo, podría descubrir acciones mucho mejores. a largo plazo. El trabajo del generador de problemas es sugerir estas acciones exploratorias.

- *Agente que aprende basado en utilidad libre de modelo*: un agente sin modelo puede aprender qué acción es mejor en una situación particular sin tener que saber exactamente cómo esa acción cambia el entorno.

### Representación de estados y transiciones de un agente

Los estados y transiciones de un agente se pueden representar de tres maneras:

- Atómico: un estado es una caja negra sin estructura interna
- Factorizado: un estado consiste en un vector de valores de atributo.
- Estructurado: un estado incluye objetos, cada uno de los cuales puede tener atributos propios, así como relaciones con otros objetos.

### Sistemas multiagentes

Son sistemas que utilizan más de un agente en la implementación y solución del problema. En los casos donde se comparte un entorno de trabajo, cada agente considera las acciones de los demás y cómo afectan su beneficio, debido a que la imprevisibilidad del actuar de cada agente puede influenciar los procesos de resolución de los demás.

### Planificación multiagente

Es cuando al momento de diseñar dominios multiagente, se incluye al modelo y al funcionamiento de cada agente la existencia de los demás agentes con la intención de considerar y en muchos casos prever sus acciones. La planificación multiagente es importante cuando existen otros agentes en el entorno con los que cooperar, competir o coordinarse.

Un ejemplo de es la planificación en un *entorno cooperativo simple*, aquí se deben especificar o definir las acciones de cada agente, los cuales deben acordar un plan o conjunto de acciones a realizar. Este acuerdo requerirá de una *coordinación* entre los agentes, la cual puede ser lograda gracias a una *comunicación* establecida.

### Cooperación en planes y objetivos conjuntos

La cooperación de agentes se lleva a cabo cuando se comparte un objetivo común, el cual puede repartirse en sub-objetivos. Esta *planificación multiagente* puede representarse con la notación *Agentes(A<sub>1</sub>,...,A<sub>n</sub>)*, donde:

- (A<sub>1</sub>,...,A<sub>n</sub>): describe la existencia de un agente A<sub>1</sub> hasta un agente A<sub>n</sub> involucrados en la planificación
- Cada acción específica a los agentes involucrados como un parámetro con el fin de conocer y considerar sus acciones. Por ejemplo: función\_acción(A<sub>1</sub>, acción).

### *Plan conjunto*

Es una forma de realizar una planificación multiagente, aquí se describen acciones específicas para cada agente. Una planificación conjunta es útil cuando el objetivo puede ser alcanzado a través de que cada agente ejecute bien sus acciones asignadas.

### *Coordinación*

Hace referencia a la acción de coordinar agentes con el fin de alcanzar el mismo plan conjunto. Para lograr una coordinación, cada agente debe tener un conocimiento común que les permita ejecutar el plan.

### Planificación condicional en entornos parcialmente observables

También conocido como *planificación multicuerpo*, es la generación de planes en conjuntos correctos. Se utiliza en problemas de planificación donde existe un agente centralizado y único que se encarga de dictar acciones. En el caso multiagente, se otorga la capacidad a cada agente a considerar planes conjuntos que podrían tener éxito en caso de coordinación.

La planificación multicuerpo se basa en la planificación de orden-parcial (POP), y se diferencia en que la primera no posee entornos estáticos debido a la existencia de múltiples agentes, pero pudiendo imitar su funcionamiento a través de la *sincronización* de los agentes a la hora de realizar acciones y con la generación de una *acción conjunta*. Una planificación multicuerpo puede ser representada a través de un grafo ordenado de acciones conjuntas parcialmente ordenadas.

### *Sincronización*

En programación multiagente se refiere al efecto de sincronizar las acciones de los agentes con el fin de que el entorno se mantenga sin cambio mientras cada agente está deliberando y decidiendo qué acción ejecutar.

### Acción Conjunta

Es un conjunto de acciones definidas para cada agente en un tiempo específico. Entre estas acciones se incluye la no acción.

### *Lista de acciones concurrentes*

Utilizar el algoritmo de planificación de orden-parcial (POP) sobre un grupo de acciones conjuntas puede generar problemas entre más acciones y agentes se posean, pues su coste es de orden exponencial ( $\text{Acciones}^{\wedge} \text{agentes}$ ). Una solución a esto es definir acciones conjuntas implícitamente, es decir, definir cómo cada acción individual interactúa con otras posibles acciones, evitando de esta manera relacionar acciones que son independientes unas de otras. A esta enumeración de las acciones que sí interactúan se les denomina Lista de acciones concurrentes, y es similar a las precondiciones que anteceden a una acción, solo que en vez de definir variables de estado, se definen acciones que deben o no ser ejecutadas de manera concurrente. A través de esta representación es posible crear planificaciones similares al POP, diferenciándose en los siguientes tres puntos:

- Además de la relación de orden temporal  $A < B$ , permitiremos  $A = B$  y  $A \leq B$ , que significan respectivamente «concurrente» y «antes de la concurrencia».
- Cuando una nueva acción ha requerido acciones concurrentes, se deben instanciar aquellas acciones, utilizando acciones nuevas o existentes en el plan.
- La prohibición de acciones concurrentes es una fuente adicional de limitaciones. Cada restricción debe ser resuelta mediante la limitación de acciones que antes o después entran en conflicto.

### Mecanismos de coordinación

Son los mecanismos existentes para poder coordinar las acciones entre los agentes. Estos pueden establecer roles, jerarquías, expectativas, contratos, entre otros.

### *Convención*

Es una forma en que los agentes acuerdan un plan conjunto previo a la realización de la actividad conjunta. Una convención restringe la selección de planes conjuntos. A las convenciones ampliamente aceptadas también se les suele denominar *leyes sociales*. Si bien las convenciones son específicas al dominio, se proponen cuatro tipos de implementación:

- *Convenciones específicas del dominio*: Estas se implementan como restricciones en la descripción de las acciones con el fin de evitar incumplir la convención.
- *Convenciones independiente del dominio*: Es cuando cada agente ejecuta los mismos algoritmos de planificación multicuerpo al obtener las mismas entradas, en

estos casos se puede establecer como convención seleccionar el primer plan conjunto que sea viable.

- *Convención costosa-robusta*: Genera todos los planes conjuntos y posteriormente se selecciona la representación impresa que esté en primer lugar alfabéticamente
- *Comportamiento emergente*: Sucede cuando las convenciones surgen de procesos evolutivos y los agentes adoptan como convención las reglas que les generan mayor éxito.

### Comunicación

El uso excesivo de convenciones puede provocar poca flexibilidad en la planificación multiagente y por tanto el fracaso. En ausencia de convenciones aplicables, los agentes pueden hacer uso de la comunicación para alcanzar un conocimiento común sobre un plan conjunto y viable. La comunicación no tiene que ser específicamente textual, pueden existir distintas formas de comunicación, por ejemplo:

- *Reconocimiento de planes*: sucede cuando un agente ejecuta primero una parte del plan, comunicando implícitamente que esa actividad ya está asignada y asignando las restantes a los demás.

### Toma de decisión para múltiples agentes

La toma de decisiones en la programación de agentes puede realizarse de múltiples maneras y considerar diferentes herramientas tales como la teoría de control, de juegos, de grafos y los procesos de markov, esto en la mayoría de los casos dependerá del tipo de problema a abordar y la forma en cómo se modele la solución. Aún así, existen algunos conceptos canónicos y generalizados que se presentarán a continuación.

*Tomador de decisión único*: es cuando en entornos con múltiples agentes, solo uno toma decisiones. Este agente tomador de decisiones desarrolla planes para los demás agentes y les ordena las acciones a ejecutar. Estos tomadores de decisión consideran a los demás agentes como benévolos, ya que siempre harán lo que se les pida. Entre los modelos para la toma de decisión única, se encuentran:

- *Planificación multifactor*: un solo tomador de decisiones pero con operaciones o acciones simultáneas.
- *Planificación multicuerpo*: es un tipo de planificación en donde suceden múltiples acciones simultáneas. Aquí el agente requerirá realizar una planificación multisectorial para manejar cada acción y efecto a la vez que manejar las interacciones de estos. Una planificación con múltiples efectores puede realizarse dentro de un sistema multiagente separando sus tareas a través de un tomador de decisión único y convirtiendo la planificación en una de tipo multicuerpo. Esta planificación se puede entender similar a la de un agente único si se considera que cada parte del cuerpo actúa como uno solo.

- *Planificación descentralizada*: comunicación infactible durante ciertos períodos y fase de ejecución *parcialmente desacoplada*. Son planificaciones en donde a diferencia de una planificación multicuerpo, la planificación se realiza gracias a la información que aporta cada agente en un momento dado, esta información deberá ser transmitida a través de acciones comunicativas explícitas entre agentes.

*Tomadores de decisión múltiples o de contrapartes*: son entornos donde cada agente posee sus propias preferencias, y elige y ejecuta su propio plan, hay de dos tipos:

- *Tipo 1*: Múltiples tomadores de decisión con *una meta en común*, todos los trabajadores persiguen los mismos objetivos en nombre de la empresa. Su principal problema es la coordinación, y asegurarse de que todos están tirando en la misma dirección y de no estropear accidentalmente los planes de los otros agentes.
- *Tipo 2*: Los Tomadores de decisiones tienen sus propias preferencias, las preferencias pueden ser totalmente diferentes, incluso opuestas.

**Contrapartes**: se le denomina así a los agentes que poseen preferencias, selección de planes y ejecución de acciones propias diferentes del agente que se está programando. Es decir, en caso donde un agente A y B son independientes, A sería contraparte de B y B contraparte de A. Existen dos tipos de contrapartes:

- *Con meta común o problema coordinado*: Es cuando todos los agentes o tomadores de decisiones persiguen una meta en común. Su principal problema es abordar la coordinación entre las partes y asegurarse que todos están aportando en la resolución del problema.
- *Con meta distinta o problema de juego*: Es cuando cada agente posee sus propias preferencias, por lo que cada uno perseguirá lo mejor que pueda su propio interés. Un ejemplo de esto son los juegos de suma cero (ajedrez).

## Arquitectura SOA

La arquitectura basada en servicios (SOA), es un enfoque para el diseño y desarrollo de aplicaciones que se basa en el uso de servicios independientes y distribuidos para llevar a cabo funciones específicas. En este enfoque, los servicios son unidades lógicas y funcionales que se pueden invocar a través de una red y que pueden interactuar con otros servicios para llevar a cabo tareas más complejas.

En un sistema de tutoría este enfoque permite mejorar la eficiencia y escalabilidad de la plataforma. Un sistema de tutoría requiere integración de varios componentes, como la base de datos para almacenar información de los estudiantes, agentes compañeros y tutores que manejan datos relacionados a estados concretos durante el flujo del software. Y que les permite comunicarse entre ellos.

La arquitectura basada en servicios permite desacoplar cada uno de estos componentes y construirlos de manera independiente, lo que facilita la integración, comunicación, eficiencia y escalabilidad de la plataforma.

## ALGORITMOS DE INFERENCIA LÓGICA

Son algoritmos que simulan los procesos de razonamiento lógico con el fin de obtener nueva información a través de procesar la información ya conocida. Estos algoritmos utilizan el concepto de “sentencias”, las cuales son percepciones o situaciones que aportan información, relaciones o acciones a realizar sobre el entorno y sus elementos. Las sentencias pueden ser entendidas como “hechos”, y cumplir el rol tanto de “premisa” como “conclusión” dentro de una regla de inferencia utilizada para el razonamiento.

La inferencia en los procesos de razonamiento lógico pueden realizarse a través de dos formas:

1. *Método deductivo*: también conocido como método progresivo, dirigido por hechos o encadenado hacia delante, este método hace uso de la regla de inferencia lógica “modus ponens”, la cual consta de reglas que nos permiten realizar inferencias como por ejemplo: “si P implica Q; y si P es verdad; entonces Q también es verdad”.
2. *Método inductivo*: también entendido como método regresivo, dirigido por objetivos o encadenamiento hacia atrás, es un método que hace uso del método inductivo, es decir, es guiado por un objetivo que se busca validar reconstruyendo el razonamiento.

Los algoritmos de inferencia lógica suele ir acompañado de estructuras como:

1. *Base de hechos*: Conjunto de hechos o predicados que constituyen y describen la información que se tiene del problema.
2. *Base de conocimiento (o de reglas)*: Conjunto de reglas que describen los mecanismos de razonamiento que permiten resolver el problema
3. *Motor de inferencia*: Conjunto de metareglas para interpretar y ejecutar las reglas que constituyen la base de conocimiento y obtiene la cadena de razonamiento que soluciona el problema. Un motor de inferencia consta de cuatro fases:
  - a. *Detección*: Obtención del conjunto de reglas aplicables a un estado de la BH; formación del conjunto de conflictos (intérprete de reglas)
  - b. *Selección*: Resolución de conflictos. Selección de la regla a aplicar (estrategia de control)

- c. *Aplicación:* Aplicación de la regla sobre una instancia de las variables (modificación de la base de hechos). Propagación de instancias y grado de certezas.
- d. *Parada o repetición:* Si no se ha encontrado una solución y no hay reglas aplicables fracasó.

## APRENDIZAJE REFORZADO

El aprendizaje por refuerzo, está compuesto por un agente y un ambiente que interactúan entre sí. En este ambiente el agente mediante un proceso de prueba y error, aprende a mapear un determinado estado del medio en acciones que maximicen la recompensa en el ambiente en el que se encuentra inmerso.

Lo que se busca no es dar la salida adecuada a nuevos datos de entrada después de un largo entrenamiento con muchos datos como en el aprendizaje supervisado, sino saber qué acción realizar en un entorno y situación dada para maximizar la acumulación de recompensas, para ello el agente debe actuar y probar para que en un tiempo próximo ejecutar las mejores acciones.

En el aprendizaje por refuerzo se conoce estados  $s$  y acciones  $a$ . Se desconoce el modelo transición  $T(s,a,s')$  y la recompensa  $R(s,a)$  y se busca una política  $\pi(s)$ .

Existen varios algoritmos de aprendizaje por refuerzo aquí solo abordaremos aquellos relacionados al aprendizaje activo libres de modelo que emplean el método de diferencia temporal, como por ejemplo:

*Q-learning:* Este algoritmo es un método de diferencia temporal que intenta aprender valores óptimos de  $Q$ , para todos los pares de estado-acción  $(s,a)$ , es decir  $Q^*(s,a)$ . Su fórmula de actualización está definida por:

$$Q_t(s, a) = Q_t(s, a) + \alpha * [R(s, a) + \gamma * \max_{a'} Q_{t+1}(s', a') - Q_t(s, a)]$$

Q-learning sigue una política (comportamiento del sistema) óptima es decir siempre toma la acción del conjunto de acciones en el estado  $t + 1$  que tenga un  $Q$  valor mayor.

**SARSA:** Este algoritmo es un método de diferencia temporal que intenta aprender valores óptimos de Q, para todos los pares de estado-acción (s,a), es decir  $Q^*(s,a)$ . Su fórmula de actualización está definida por:

$$Q_t(s, a) = Q_t(s, a) + \alpha * [R(s, a) + \gamma * Q_{t+1}(s', a') - Q_t(s, a)]$$

donde:

- *s* estado del ambiente en el tiempo *t*.
- *a* la acción seleccionada en ese estado.
- *R(s, a)* la recompensa obtenida por ejecutar la acción *a*.
- *s'* el estado al que se llegó luego de ejecutar la acción *a* en el estado *s*.
- *a'* la acción seleccionada en *s'*.
- $\gamma$  factor de descuento.
- $\alpha$  tasa de aprendizaje.

Lo que hace es aproximar  $Q^*$  mediante un proceso de iteración de política estimar  $Q^\pi$  para la política de comportamiento  $\pi$  que sigue el agente, y al mismo tiempo puede cambiar  $\pi$  para hacerla más greedy con respecto a  $Q^\pi$ . En otras palabras, toma la acción actual en vez de la acción óptima.

Su algoritmo es:

```

1- Inicializar cada entrada  $Q(s, a)$  arbitrariamente
2- DO (por cada episodio)
3-   Determinar estado inicial s
4-   WHILE (no finalice el episodio)
5-     Seleccionar una acción a desde el estado s usando una política derivada de  $Q$ 
        (por ejemplo  $\epsilon$ -greedy)
6-     WHILE (no se llegue a un estado terminal)
7-       Ejecutar la acción a. Observar recompensa r y nuevo estado s'
8-       Seleccionar acción a' desde s' usando una política derivada de  $Q$ 
        (por ejemplo  $\epsilon$ -greedy)
9-        $Q(s, a) = Q(s, a) + \alpha * [r + \gamma * Q(s', a') - Q(s, a)]$ 
10-       $s = s'$ 
11-       $a = a'$ 

```

La convergencia en SARSA depende de la política de exploración, algunas de estas son las siguientes:

1. *e – greedy*:

- a. Seleccionar  $\max * Q_t(s, a)$ ; con probabilidad  $1 - \varepsilon$ .
- b. Seleccionar *Alguna acción en t*; con probabilidad  $\varepsilon$

2. *e – greedy* reduciendo  $\varepsilon$  con el paso del tiempo hasta llegar a 0.
3. *e – greedy optimista* que considera que todos los valores  $Q$  inicialmente tienen una recompensa grande que con el tiempo se va normalizando, definida por:

$$Q_{n+1} = Q_n + \alpha(R_n + Q_n)$$

4. Función de exploración:  $f(u, n) = u + \frac{k}{n+1}$ ; con  $k > u$  (*utilidad*); donde  $u$  en el caso de SARSA es el  $Q$  valor.

5. Función de exploración:  $E = \frac{\sum_{k=1}^k LE(s, a_k) - \sum_{n=1}^k N(s, a_n)}{\sum_{k=1}^k LE(s, a_k)}$ , donde:
  - a.  $LE(s, a_k)$ : Límite exploración de la acción  $a_k$  en el estado  $s$
  - b.  $k$ : Total de acciones disponibles en el estado  $s$ .
  - c.  $N(s, a_k)$ : Conteo de veces que se ha llevado a cabo la acción  $a_k$  en el estado  $s$ .

Luego de decidir si se explota o se explora. Si se decide explotar se toma la mejor acción. En caso contrario se define el criterio de selección:

1. Seleccionar cuya acción menos explorada:  $P = LE(s, a) - N(s, a)$ . donde:
  - a.  $LE(s, a)$ : Límite de exploración de la acción  $a$  en el estado  $s$ .
  - b.  $N(s, a)$ : conteo de veces que la acción  $a$  ha sido ejecutada en el estado  $s$
2. Seleccionar de forma aleatoria.

La política lo que busca es que **explote** los conocimientos adquiridos del agente pero que también permite la **exploración** de nuevas acciones, para adquirir nuevo conocimiento.

Para que el algoritmo de aprendizaje funcione correctamente requiere:

- Que la tasa de aprendizaje  $\alpha$  decrezca con el tiempo  $\alpha = \frac{k}{(k+n)}$ ;  $k$  constante.
- De la política de exploración.

*Consideraciones del aprendizaje activo:*

- Aprende  $Q$  valores a partir de las recompensas.
- Funciona aunque el agente no actúe de forma óptima.
- Sin exploración no se puede llegar a una política óptima.
- En complejidad espacio y tiempo su coste es cuadrático.

## SISTEMAS DE TUTORÍA INTELIGENTES

Los sistemas de tutoría inteligentes o STI son software de enseñanza asistida por computadora, aplicable en el ámbito de la educación diseñados para fortalecer el aprendizaje dentro y fuera del aula, que se comporta como un experto en un determinado dominio, emplea técnicas de inteligencia artificial, lleva a cabo diagnóstico situacional del estudiante, luego propone y dirige una enseñanza óptima en relación a este diagnóstico.

### Definiciones de STI

Algunas definiciones para los STI son:

- “*Sistemas que modelan la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación y el dominio del conocimiento del especialista y el entendimiento del estudiante sobre ese dominio*” - Wolf, 1984.
- “*Sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñarselo.*” - VanLehn, 1988.
- “*Un sistema que incorpora técnicas de IA a fin de crear un ambiente que considere los diversos estilos cognitivos de los alumnos que utilizan el programa.*” - Giraffa, 1997.

### Objetivos del STI

Los objetivos de los STI son:

- Actuar como tutor particular de acuerdo a las necesidades cognitivas del estudiante (procesos implicados en el aprendizaje, atención, motivación, interés, conocimientos previos, complejidad de las actividades, etc).
- Ser un sistema adaptable de acuerdo a los conocimientos previos y la velocidad de aprendizaje de cada estudiante.
- Proporcionar un enfoque educativo de aprendizaje personalizado, cuya finalidad es que el aprendizaje se ajuste a las fortalezas, necesidades, habilidades e intereses de cada estudiante. Bajo este enfoque cada estudiante recibe un plan de aprendizaje basado en lo que sabe y en cómo aprende mejor.

- Proporcionar retroalimentación y orientación al estudiante respecto de lo estudiado.

## Requisitos de los STI

Para determinar la secuencia y presentación de contenidos basados en el rendimiento de los estudiantes, un STI requiere lo siguiente:

- Determinar las características del estudiante, a través de una evaluación psicométrica:
  - Evaluación psicométrica: medio por el cual se mide las características psicológicas, como rasgos de la personalidad, estilos de comportamiento, capacidades cognitivas y motivacionales. Estas evaluaciones son de diferente índole por ejemplo:
    - Capacidad cognitiva.
    - Pruebas de aptitud.
    - Pruebas lógicas.
    - Pruebas de razonamiento.
    - Evaluación de personalidad.
    - Inteligencia emocional.
    - Preferencias de comportamiento.
- Determinar las características de los contenidos y/o actividades, etiquetadas de acuerdo a las competencias necesarias para su correcto entendimiento y resolución.
- Determinar el dominio de conocimiento e implementación con el apoyo de un experto en el área de estudio.
- Capacidad de adaptación en función del rendimiento del alumno.

## Funcionamiento

El STI está compuesto por agentes inteligentes, en este caso particular un tutor inteligente que emplea la información obtenida para recomendar cuál es la siguiente actividad o contenido a mostrar.

Sigue un proceso iterativo, donde el sistema recibe información continua de cómo el alumno interactúa con el sistema. La información describe la manera en que el alumno va progresando en su aprendizaje.

Se emplea un modelo matemático que toma en cuenta la información obtenida para elegir la siguiente actividad o contenido a presentar al alumno, de manera que la dificultad y competencias necesarias sean coherentes con sus habilidades en un instante determinado.

Este proceso de obtención de información tiene en cuenta los siguientes datos observables durante el desarrollo de las actividades:

- El historial de intentos.
- El uso de ayudas.
- Los tiempos de respuesta.
- La respuesta obtenida.

Por otra parte el modelado de los test debe tener en cuenta:

- El funcionamiento del test.
- La cantidad de ítems que componen el test.
- Las características de estos ítems.
- La duración del test.
- El tipo de respuestas.
- Las competencias necesarias para resolver la actividad por parte del alumno.

Los STI pueden asistir a un estudiante a través de diferentes modalidades:

- Tutorial: Se presenta material informativo por pantalla y se efectúan preguntas relacionadas.
- Ejercitación: Esta modalidad normalmente se lleva a cabo con motivo de reforzar los conocimientos previos del estudiante a través de la práctica de ejercicio.
- Juegos: Se busca que el estudiante aprenda y practique mediante el juego haciendo que el estudiante se sienta inmerso en el proceso de aprendizaje.
- Simulaciones: Este modo le permite al sujeto aprender reglas, mecanismos y dispositivos dinámicos a través de un proceso de experimentación de un modelo simulado.
- Herramientas: Para uso auxiliar en tareas educativas, normalmente aplicaciones.

## Componentes de un STI

Los componentes de un STI son los siguientes:

- *Módulo del estudiante*: representación del estado cognitivo del estudiante a partir del diagnóstico a través de la evaluación psicométrica, genera un modelo del estudiante y lo almacena en una base de datos.
  - Permite al módulo tutor generar una retroalimentación adecuada.

- Submódulos del estudiante:

- Estilos de aprendizaje:

- Estilos de aprendizajes disponibles en el sistema.
- Métodos de selección de estilos.
- Información referente a los estilos de aprendizaje.

- Estado de conocimientos: contiene el mapa de conocimientos del estudiante que se actualizarán durante el uso del software a través de los resultados obtenidos en las evaluaciones efectuadas por el módulo tutor.

- Perfil

- *Módulo del dominio*: cúmulo de conocimiento experto respecto de un dominio.

- Conocimiento estructurado en forma de árbol donde cada nodo contiene capítulos compuestos por temas, la totalidad de todos los nodos representa el conocimiento del dominio.
- Módulo que tiene como objetivo almacenar todos los conocimientos del campo de aplicación.
- Submódulos del dominio:

- Almacén de parámetros básicos.

- Conocimientos: contenidos del sistema ya sean:

- Conceptos.
- Preguntas.
- Ejercicios.
- Problemas.
- Relaciones.

- Elementos didácticos: material multimedia que se requiere para facilitarle al estudiante apropiarse del conocimiento expuesto durante una sesión pedagógica como por ejemplo

- Imágenes, sonidos y videos.

- *Módulo tutor*: se encarga de las siguientes funciones:

- Determinar las estrategias pedagógicas e instruccionales del sistema.
- Definir y aplicar estrategias pedagógicas de enseñanza.
- Fijar objetivos a ser alcanzados y los planes para alcanzarlos.
- Seleccionar los problemas.
- Monitorear el desempeño.
- Suministrar asistencia.
- Seleccionar el material de aprendizaje.

- Integrar el método de enseñanza, técnicas didácticas y el dominio a ser enseñado.
- Composición del dominio:
  - Protocolos pedagógicos: encargado de gestionar los protocolos pedagógicos.
  - Planificador de lecciones: encargado de organizar los contenidos de una lección pedagógica.
  - Analizador de perfil: encargado de analizar las características del alumno para poder seleccionar la estrategia pedagógica adecuada.
- *La interfaz*: puente entre las salidas y entradas del sistema a través de una interfaz gráfica.

## LÓGICA DIFUSA

Es una técnica computacional que permite trabajar con información con alto grado de imprecisión, en esto se diferencia de la lógica convencional que trabaja con información bien definida y precisa.

Suministra una manera sencilla de obtener una conclusión a partir de información de entrada vaga, ambigua, imprecisa, con ruido o incompleta como es normalmente en el mundo real.

Sigue una lógica multivaluada que admite varios valores de verdad posibles (valores intermedios), imitando como una persona toma decisiones.

La lógica difusa trabaja con conjuntos difusos; define funciones de pertenencia que asocia a cada objeto del universo A un valor en el intervalo [0,1].

Donde  $C(x) = y$ ; es decir  $y$  es el grado de pertenencia del objeto  $x$  perteneciente al universo A al conjunto difuso C.

### Cuando usar lógica difusa

La lógica difusa se utiliza bajo los siguientes casos:

- Cuando la complejidad de un proceso es muy alta y no existen modelos matemáticos simples que lo aborden.
- Para procesos altamente no lineales.
- Cuando se manejan definiciones y conocimientos no estrictamente definidos (impreciso o subjetivo).

- Si el procesamiento del conocimiento experto puede ser desempeñado y lingüísticamente formulado.

### Cuando no usar lógica difusa

La lógica difusa no es recomendable cuando:

- El control convencional rinde un resultado satisfactorio.
- Existe un modelo matemático factible y adecuado para resolver la problemática.

### Características de la lógica difusa

La lógica difusa se caracteriza por:

- Ser flexible.
- Permitir incrementar su complejidad sin necesidad de reelaborar todo desde el principio.
- Tolerante a datos imprecisos.
- Puede modelar funciones no lineales complejas.
- Puede ser construida aprovechando la experiencia de los expertos en el ámbito.
- No requiere entrenamiento como por ejemplo las redes neuronales.
- Puede combinarse con técnicas de control convencionales.
- Se basa en el lenguaje natural.

### Diferencia lógica tradicional y lógica multivaluada

Conjuntos clásicos	Conjuntos difusos
Solo dos opciones, el elemento pertenece o no al conjunto; true o false (1 o 0)	Admite grados de pertenencia entre 0 y 1. No se limita a sólo dos valores de verdad, sino a un continuo de valores entre 0 y 1.
Discreto	Continuo
Blanco o negro	gama de grises
Salida binaria	Salida difusa
Rígido	Flexible

El concepto de grado de pertenencia es dependiente del dominio.

## Propósito

Fue concebido por Lofti A. Zadeh, profesor de la universidad de California en Berkeley. Quien presentó esta metodología como una forma de procesar la información permitiendo pertenencias parciales a los conjuntos.

Zadeh menciona que la gente no requiere información numérica precisa del medio que le rodea para desarrollar tareas de control altamente adaptables como por ejemplo conducir un automóvil.

A pesar de que la lógica difusa trabaja con información imprecisa, esta lógica es muy precisa.

El propósito de la lógica difusa es describir y formalizar la realidad, empleando modelos flexibles que interpreten las leyes que rigen el comportamiento humano frente a su entorno, en vez de ajustar el mundo real a modelos matemáticos rígidos y estáticos como la lógica clásica binaria.

Se habla de **difuso** cuando un hecho proporciona información y no es ambiguo. Información que es útil para el soporte de una decisión.

## Pasos para aplicar la lógica difusa

Los pasos para aplicar la lógica difusa son los siguientes:

1. Fusificación del input.
2. Aplicación de operadores lógicos.
3. Agregación.
4. Transformación del valor difuso a numérico.

## Estructura de la regla

Para un motor de inferencia Mamdani:

*Si x es A entonces y es B*

donde:

- Antecedente:  $x \text{ es } A$ ; puede estar conformado por más de una variable es decir  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .
- Consecuente:  $y \text{ es } B$

Quiere decir antecedente implica consecuente:  $p \rightarrow q$ ; sin embargo en un sistema de inferencia difuso pueden existir muchas reglas por lo que existen muchos consecuentes, en

ese punto se debe realizar la agregación para combinar todas las salidas en un único conjunto.

Para un motor de inferencia TSK:

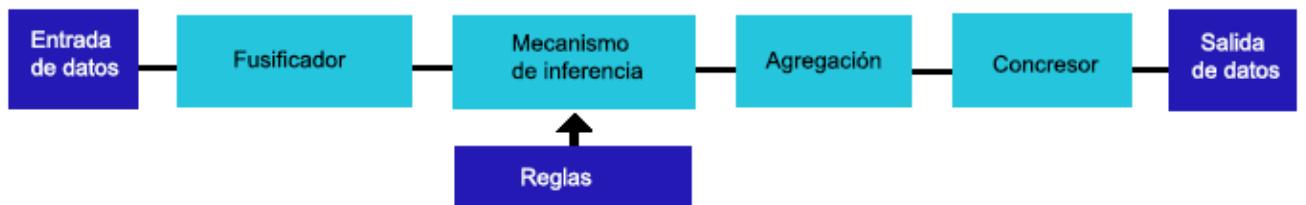
*Si  $x$  es  $A$  entonces  $y$  es  $f(x)$*

### Sistema de inferencia difusa

Proceso de *formulación* del recorrido que se realiza desde una entrada dada hasta que se genera la salida usando para ello, lógica difusa.

La *formulación* involucra:

- Selección funciones de pertenencia.
- Selección de operadores lógicos.
- Diseño de reglas difusas.
- Elección de mecanismo de implicación.
- Elección de mecanismo Agregación.
- Método de Defuzzificación.



### Modificadores lingüísticos

Los modificadores lingüísticos permiten cambiar la forma de los conjuntos difusos.

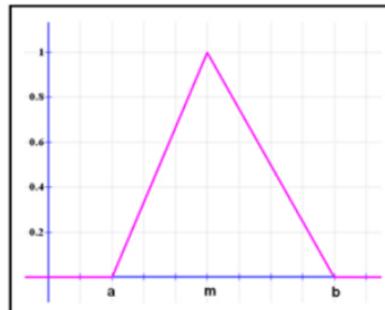
Modificador lingüístico	Clasificación	Fórmula
poco	Dilatación	$(f(x))^{0.75}$
más o menos	Dilatación	$(f(x))^{0.5}$
muy	Concentración	$(f(x))^{-2}$

## Funciones de membresía

Existe muchas funciones de membresia pero las más usadas son:

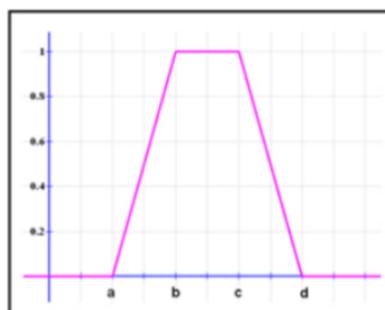
**Función triangular:** viene definida por un límite inferior  $a$ , un límite superior  $b$ , y un valor  $m$  tal que  $a < m < b$ .

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a}, & \text{si } a < x \leq m \\ \frac{b-x}{b-m}, & \text{si } m < x < b \\ 0, & \text{si } x \geq b \end{cases}$$



**Función trapezoidal:** viene definida por un límite inferior  $a$ , un límite superior  $d$ , un límite de soporte inferior  $b$ , y un límite de soporte superior  $c$ , tal que  $a < b < c < d$ .

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } (x < a) \text{ ó } (x > d) \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{si } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{si } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{si } c \leq x \leq d \end{cases}$$

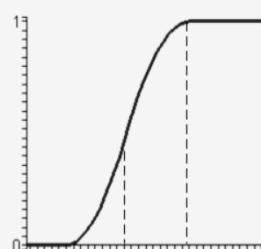


- Función Sigmoidal

Definida por sus límites inferior  $a$ , superior  $b$  y el valor  $m$  o punto de inflexión, tales que  $a < m < b$ .

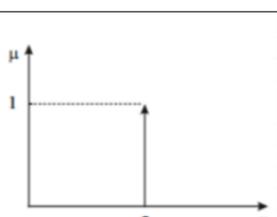
El crecimiento es más lento cuanto mayor sea la distancia  $a-b$ . Para el caso concreto de  $m=(a+b)/2$ , que es lo usual, se obtiene la siguiente gráfica.

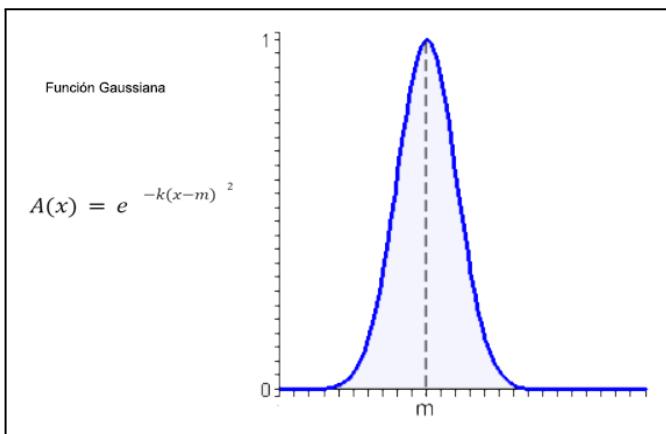
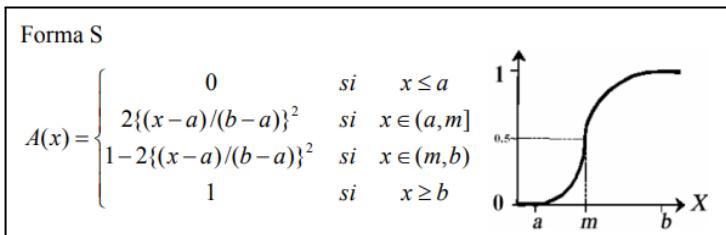
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } x \leq a \\ 2\left[\frac{x-a}{b-a}\right]^2, & \text{si } a < x \leq m \\ 1-2\left[\frac{x-b}{b-a}\right]^2, & \text{si } m < x < b \\ 1, & \text{si } x \geq b \end{cases}$$



### Forma singleton

$$A(x) = \begin{cases} 1 & x = a \\ 0 & x \neq a \end{cases}$$





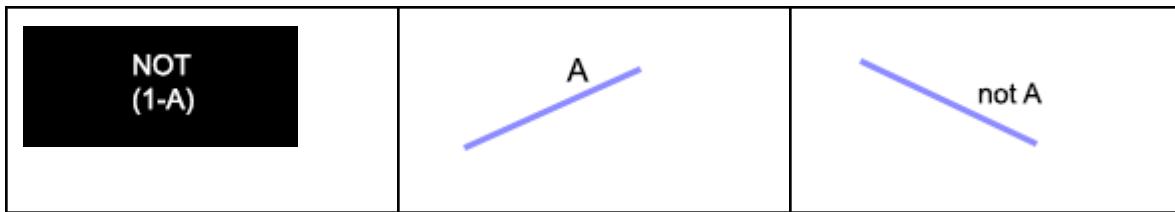
## Conectores lógicos

Existen los siguientes operadores lógicos para **or-and**:

T-norma	T-conorma
min	max
prod	prod*
w	w*

El más usado es la función min y max:

Operadores lógicos	Conjunto inicial	Conjunto resultante
OR max (A,B)		
AND min (A,B)		



## Operadores para la implicación y agregación

Existen los siguientes operadores lógicos para implicación y agregación:

- TSK.
- Mandani.
- Larsen.
- Luckasiwicz.

Pero los más usados son Mandani y TSK:

Operador es	Implicación	Agregación	Defusificador
Mandani	$\min(f_a(X), f_b(X))$	$\max(f_a(Y), f_b(Y))$	primer máximo. último máximo. centro de gravedad.
TSK	$\bar{y}^n, h^n$		$\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}^i)^* h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$

La diferencia radica en que mamdani usa el enfoque FATI y el TSK el enfoque FITA.

*Enfoque FATI:* Aplicar el operador de *implicación* con la entrada dada a cada una de las reglas y obtener su correspondiente *conjunto difuso de salida*. Posteriormente, *agregar* los conjuntos difusos de salida obtenidos para construir una *única salida*. Finalmente, reducir el conjunto difuso agregado resultante a un número crisp (valor característico). Este enfoque tiene como ventaja ser más fiel a la representación lingüística.

*Enfoque FITA:* Aplicar el operador de *implicación* con la entrada dada a cada regla para obtener el *conjunto difuso de salida* y reducir este un valor característico a un número crisp. Posteriormente, agregar estos valores a través de la media ponderada por el grado de emparejamiento. Este enfoque tiene como ventaja que el cálculo de salida es mucho más rápido.

El *tsk* usa el enfoque *FITA*, obtiene el centro de gravedad de cada regla y la altura máxima. No lleva a cabo la agregación sino que analiza cada una de las reglas y luego obtiene el valor a través de la sumatoria.

Mandani usa el enfoque *FATI*, efectúa la agregación de cada regla y modifica los conjuntos borrosos de salida hasta el valor máximo obtenido en cada etiqueta lingüística (*ajuste*); para posterior cálculo del *centroide*.

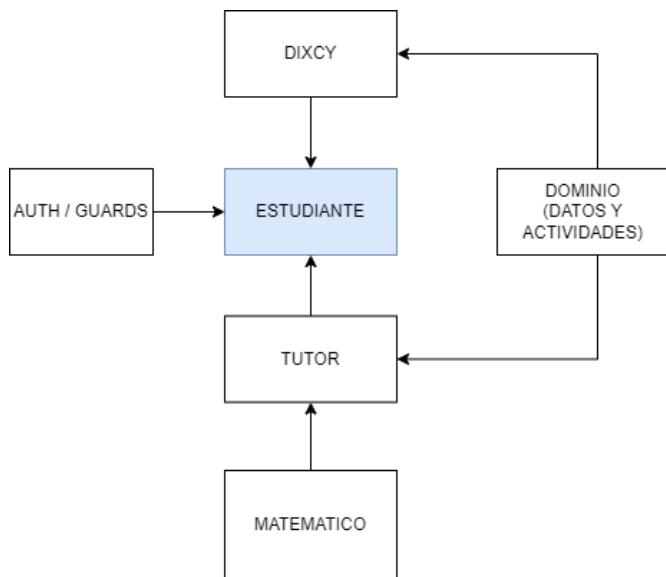
## CAPÍTULO 2: MODELO SOLUCIÓN

### ESTRUCTURA DEL MODELO

A partir de la información especificada en el marco teórico, se ha originado la presente propuesta, esta se constituye de los siguientes módulos:

- Módulo dominio.
  - Servicio de datos orientados a la base de datos.
  - Servicio de datos orientados a las actividades.
- Módulo Matemático.
  - Servicio matemático.
    - Sarsa.
    - Fuzzy.
    - Funciones matemáticas.
- Módulo tutor.
- Módulo estudiante.
- Módulo de Dixcy (compañero).
- Guards.

*Diagrama estructura del modelo*



### JUSTIFICACIÓN DEL MODELO

Para modelar se ha tenido en cuenta dos aristas, por un lado las *consideraciones* pertinentes al *modelo del problema* de aprendizaje de la lectura, y por otro que es lo que se propone en el *modelo solución* para suplir esas consideraciones.

Modelo del problema	Modelo de la solución
El lector novato realiza una lectura en serie	Se tomará en cuenta el tiempo de respuesta del estudiante para cuantificar qué tan consolidado está el aprendizaje
El lector avanzado realiza una lectura paralela	
El aprendizaje toma en cuenta la correlación temporal	Las actividades se presentarán en conjunto: letra imprenta minúscula, letra imprenta mayúscula, fonema, significado en caso de tenerlo
Los individuos presentan el problema de imagen especular por lo que requieren romper la simetría	Se tendrán en cuenta actividades que ejerciten la ruta dorsal (gestuales)
El aprendizaje de la lectura efectúa una codificación jerárquica	Se tendrá en cuenta actividades con grafemas, grafemas complejos, sílabas, y palabras completas
El aprendizaje de la lectura codifica en la caja de letras elementos de sentido	Se tendrá en cuenta actividades con morfemas
El aprendizaje de la lectura implica uso del área de trabajo consciente	Se tendrá en cuenta actividades con objetivos únicos
Para que el niño aprenda requiere efectuar combinaciones de su modelo interno de palabras	Se tendrá en cuenta actividades que permitan ensamblar palabras
Para que el niño aprenda debe ir minimizando sus errores.	La retroalimentación aportará información progresivamente al niño hasta obtener la respuesta correcta
Para que el niño aprenda se debe optimizar la adquisición de grafemas nuevos	Se tendrá en cuenta que actividades dan mejores resultados en el aprendizaje del niño
Los individuos tienden a equivocarse constantemente	La retroalimentación se acompañará por un mensaje felicitando la participación del niño a pesar de equivocarse
La atención es clave en el aprendizaje	<p>Se tendrá en cuenta reducir al mínimo elementos distractores durante la realización de una actividad</p> <p>Se tendrá en cuenta emplear un compañero inteligente que mediante un gesto particular llame la atención del estudiante. Se tomará el tiempo que demora el estudiante en responder al estímulo</p>
El compromiso activo es clave en el aprendizaje	<p>Se tendrá en cuenta la motivación del niño respecto de cada actividad mediante calificación directa por parte del niño</p> <p>Se tendrá en cuenta la curiosidad del niño mediante pregunta directa de qué tópico le gustaría explorar</p> <p>El niño podrá ver su avance, aquello que sabe y lo que no sabe</p> <p>Se tendrá en cuenta el compromiso del niño por aprender registrando las entradas diarias al software.</p>
La retroalimentación es clave en el aprendizaje	<p>Se brindará retroalimentación inmediata</p> <p>La retroalimentación será precisa, informativa y objetiva</p>

La consolidación es clave en el aprendizaje	El modelo a implementar proporcionará mensajes que incentiven al niño a descansar y alimentarse cada 20 minutos de uso del software
La relación entre grafemas y fonemas puede no ser regular	Se tendrá en cuenta presentar primeramente grafemas regulares por sobre los irregulares
El aprendizaje de la lectura requiere de la conciencia fonológica	Las actividades pedagógicas tendrán en cuenta la manipulación consciente de fonemas
El aprendizaje de la lectura está constituida por la etapa fonológica	Las actividades pedagógicas tendrán en cuenta la enseñanza explícita de correspondencia grafema-fonema Las actividades pedagógicas tendrán en cuenta la segmentación de palabras Las actividades pedagógicas tendrán en cuenta fijar la atención del estudiante en grupos de letras relevantes y aisladas Las actividades pedagógicas tendrán en cuenta emplear en nivel cognitivo bajo palabras cortas
El aprendizaje de la lectura se beneficia por un conjunto de actividades	Se tendrá en cuenta actividades donde se empleen rimas, jitanjáforas, juegos de palabras, trazado de letras, uso de ventana corrediza Se tendrá en cuenta actividades donde se manipule el sonido Se tendrá en consideración que las actividades de ensamble de palabras se desarrolle únicamente con grafemas conocidos por el estudiante Se tendrá en cuenta actividades donde se pueda enfatizar los componentes que forman una palabra
El aprendizaje de la lectura se merma por un conjunto de acciones	Se tendrá en consideración no enseñar el nombre de las letras hasta que se complete el grafema Se tendrá en consideración <i>no</i> emplear actividades que vinculen directamente la palabra completa con su representación visual de significado en etapas iniciales de conocimiento Se tendrá en cuenta no dar retroalimentación con una connotación negativa
El aprendizaje de la lectura requiere de la enseñanza explícita del código alfabetico.	Se tendrán en cuenta actividades consideran la correspondencia de grafema-fonema Se tendrán en cuenta actividades de combinación de grafemas Se tendrán en cuenta actividades con cambio de orden de los grafemas Se tendrán en cuenta actividades que permitan la diferenciación en espejo de grafemas como d-b, p-q
El aprendizaje de la lectura requiere que se siga una progresión racional (Se emplea la tabla especificada en orden)	El orden de presentación de los grafemas, tendrá en cuenta que los más utilizados se presenten primero

de enseñanza de las letras en niños)	El orden de presentación de los grafemas, tendrá en cuenta que las consonantes continuas se presenten primero
	El orden de presentación de los grafemas, tendrá en cuenta comenzar enseñando estructuras silábicas simples
	Se tendrá en cuenta enseñar la h con tipografía y color diferente
	Se tendrá en cuenta enseñar los grafemas complejos como un todo y que escapan de las reglas de ensamble
	Se tendrá en cuenta emplear ejemplos con palabras completas frecuentes
El aprendizaje de la lectura requiere que se asocie la lectura con la escritura	Se tendrá en cuenta incorporar palabras formadas por morfemas léxicos y gramaticales.
	Se tendrá en cuenta no enseñar palabras con ortografía errada
El aprendizaje de la lectura requiere ir de lo explícito a lo implícito	Se tendrá en cuenta actividades que soliciten al niño realizar trazado de letras
	Se tendrán en cuenta actividades de lectura
El aprendizaje de la lectura requiere que las actividades propuestas sigan un orden racional	El modelo a implementar evitará emplear grafemas no aprendidos
	Las actividades utilizarán palabras de uso frecuente
	Las actividades emplearán palabras bien escritas y verdaderas
	Las actividades no se repetirán de forma consecutiva en un mismo grafema
El aprendizaje de la lectura requiere compromiso, atención y disfrute	Se premiará al niño cuando complete un nivel de grafema almacenando en su inventario una imagen de “trofeo”
	La retroalimentación premiará al niño por participar y responder correctamente en el primer intento almacenando en su inventario una imagen de “carita feliz”
	La retroalimentación premiará al niño por participar a pesar de equivocarse almacenando en su inventario imagen de “estrella”
El aprendizaje de la lectura requiere que exista una adaptación al nivel del niño	Las actividades tendrán en cuenta guiar la atención del niño hacia las correspondencias grafema-fonema, tanto en el plano auditivo mediante la escucha atenta de fonemas, rimas y sílabas, como en el plano visual a través de la identificación de grafemas y sílabas que componen las palabras.
	Las actividades se ajustarán en complejidad según el conocimiento que tenga el niño respecto del grafema
	Una vez el niño haga uso del software se tomará en cuenta el aprendizaje del niño respecto de cada grafema

El problema se plantea resolver mediante un sistema de tutoría inteligente adaptativo, que tendrá en cuenta lo considerado en tabla, la propuesta está constituida por:

- Agentes inteligentes.
  - Tutor inteligente.
  - Compañero inteligente.
- Sistema de inferencia.
  - Niveles cognitivos.
  - Niveles de grafema.
- Lógica difusa.
  - Representación del conocimiento.
- Mecanismos de aprendizaje.
  - SARSA.

## MODELO DEL ENTORNO

### REAS

Agente	Medida de rendimiento	Ambiente	Actuadores	Sensores
Tutor	Elección favorable de actividad respecto del conocimiento y motivación generada.	Estudiante	Selección y visualización de actividades. Retroalimentación: <ul style="list-style-type: none"><li>○ Plantear enunciado.</li><li>○ Corrección.</li><li>○ Finalizar actividad.</li></ul>	Desempeño a las actividades. Apreciación actividad.
Dixey	No posee	Estudiante	Sugerencias: <ul style="list-style-type: none"><li>○ Replantear actividad.</li><li>○ Introductoria a nivel</li><li>○ Explicar actividad</li><li>○ Ejemplificar actividad</li><li>○ Especificar errónea.</li><li>○ Especificar correctas.</li></ul>	Tiempo. Respuesta a la actividad.

### PROPIEDADES

Propiedad	Justificación
Abierto	No es posible controlar lo que el estudiante o agentes externos hagan fuera o durante una actividad
Parcialmente observable	No es posible captar la totalidad del ambiente
Dinámico	El entorno (El estudiante) puede cambiar (su conocimiento) por factores externos al agente. El tiempo forma parte de las percepciones relevantes del problema.
No determinista	Los estados siguientes no están 100% determinados por la acción en el estado actual.
Multi agente	Compuesto de dos agentes Tutor y Compañero

<b>Colaborativo</b>	El agente tutor requiere la participación y los datos generados a través de las intervenciones generadas por el compañero para su posterior cómputo.
<b>Secuencial</b>	Los episodios siguientes dependen de las acciones ejecutadas anteriormente.
<b>Continuo</b>	El conocimiento del estudiante aumenta progresivamente a lo largo del tiempo pasando por valores continuos.
<b>Desconocido</b>	El agente tutor requiere conocer las preferencias del usuario para maximizar el rendimiento.

## POBLACIÓN

Propiedad	Tamaño	Diversidad	Homogeneidad	Meta	Cooperatividad
Valor	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente inteligente</li> <li>• Agente reactivo</li> </ul>	Heterogéneo	Meta única	Cooperativo

## CARACTERÍSTICAS DE AGENTE

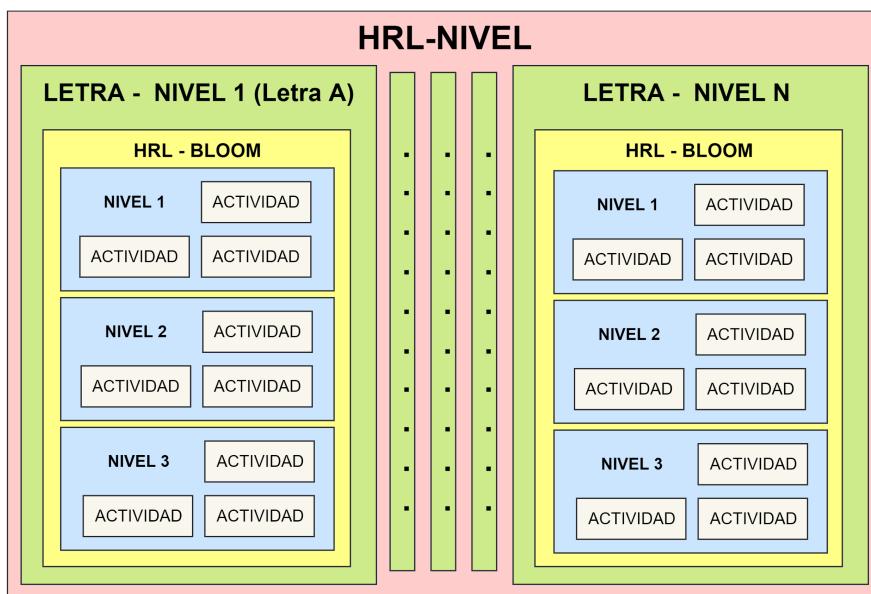
Área	Característica	Tutor	Dixey
Razonamiento	Arquitectura	Tropista	Tropista
	Creencia	Entorno	Entorno
	Meta	Explícita	Implícita
	Reactividad	Si	Sí
Percepción	Acceso	Parcial	Parcial
	Precisión	Subjetiva	Subjetivo
	Memoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Historial del entorno.</li> <li>• Acciones realizadas.</li> <li>• Efecto de acciones realizadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acciones realizadas.</li> </ul>
Acción	Comunicación	Local	Local
	Negociación	Servicio	Servicio

## MÓDULO PEDAGÓGICO O DEL DOMINIO

El módulo de dominio está compuesto por las actividades, el almacenamiento de las actividades y sus funcionalidades en el sistema.

## ACTIVIDADES

Las actividades pedagógicas utilizables por el tutor inteligente son actividades prototipo agrupadas por nivel cognitivo teniendo en cuenta lo especificado en tabla de bloom revisada. Los niveles cognitivos de las actividades pedagógicas llegarán hasta el nivel 3 de bloom, es decir las actividades van orientadas a que el niño recuerde, comprenda y aplique.



Las actividades se obtienen a partir de los recursos proporcionados por el ministerio de educación del gobierno de Chile.

La interacción que lleva a cabo el estudiante con las actividades son las siguientes:

- Selección mediante mouse.
- Marcado mediante mouse.
- Escrito mediante teclado según el dispositivo que esté usando.
- Ordenamiento mediante mouse.

### Actividades de identificación

Actividad	Nivel	Actividad	Nivel
<p>• ¿Cómo suena esta letra?</p>	1	<p>Selecciona donde encuentres silabas de p <b>mari</b><b>posa</b></p>	1

<p> Observa y nombra los dibujos. ¿Con qué letra comienzan? Escribe y descubre las palabras secretas.</p>	<b>1</b>	<p> Marca con una X la letra inicial de cada nombre.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td><td><input type="checkbox"/> o</td><td><input type="checkbox"/> a</td><td><input type="checkbox"/> p</td></tr> <tr> <td></td><td><input checked="" type="checkbox"/> m</td><td><input type="checkbox"/> i</td><td><input type="checkbox"/> v</td></tr> <tr> <td></td><td><input type="checkbox"/> l</td><td><input type="checkbox"/> e</td><td><input type="checkbox"/> s</td></tr> <tr> <td></td><td><input type="checkbox"/> e</td><td><input type="checkbox"/> s</td><td><input type="checkbox"/> l</td></tr> <tr> <td></td><td><input type="checkbox"/> t</td><td><input type="checkbox"/> c</td><td><input type="checkbox"/> u</td></tr> <tr> <td></td><td><input type="checkbox"/> i</td><td><input type="checkbox"/> r</td><td><input type="checkbox"/> p</td></tr> </table>		<input type="checkbox"/> o	<input type="checkbox"/> a	<input type="checkbox"/> p		<input checked="" type="checkbox"/> m	<input type="checkbox"/> i	<input type="checkbox"/> v		<input type="checkbox"/> l	<input type="checkbox"/> e	<input type="checkbox"/> s		<input type="checkbox"/> e	<input type="checkbox"/> s	<input type="checkbox"/> l		<input type="checkbox"/> t	<input type="checkbox"/> c	<input type="checkbox"/> u		<input type="checkbox"/> i	<input type="checkbox"/> r	<input type="checkbox"/> p	<b>3</b>
	<input type="checkbox"/> o	<input type="checkbox"/> a	<input type="checkbox"/> p																								
	<input checked="" type="checkbox"/> m	<input type="checkbox"/> i	<input type="checkbox"/> v																								
	<input type="checkbox"/> l	<input type="checkbox"/> e	<input type="checkbox"/> s																								
	<input type="checkbox"/> e	<input type="checkbox"/> s	<input type="checkbox"/> l																								
	<input type="checkbox"/> t	<input type="checkbox"/> c	<input type="checkbox"/> u																								
	<input type="checkbox"/> i	<input type="checkbox"/> r	<input type="checkbox"/> p																								
<p>marque la letra n</p> <p>nómada      nombre      utensilio      niño      mamá</p>	<b>1</b>	<p> ¿Con qué sílaba empieza? Une.</p> <p>ma      me      mi      mo      mu</p>	<b>2</b>																								
<p>marque la letra d</p> <p>dado      dato      balanza      barco</p>	<b>1</b>	<p>marque la letra p</p> <p>pato      queso      palo      que</p>	<b>1</b>																								
<p>Ordene las palabras según corresponda con su sílaba</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td colspan="2"><b>PALABRAS CON S</b></td> </tr> <tr> <td>sa</td> <td></td> </tr> <tr> <td>se</td> <td></td> </tr> <tr> <td>si</td> <td></td> </tr> <tr> <td>so</td> <td></td> </tr> <tr> <td>su</td> <td></td> </tr> </table> <p>sur, subir, asustado soldado, eso, oso silla, música, si seca, insectos, seguir, sapo, saltar, gusano</p>	<b>PALABRAS CON S</b>		sa		se		si		so		su		<b>2</b>	<p><b>El caracol mira la lluvia.</b></p> <p> Dibuja una cruz por cada palabra de la oración.</p>	<b>2</b>												
<b>PALABRAS CON S</b>																											
sa																											
se																											
si																											
so																											
su																											
<p> Une los que terminan con el mismo sonido.</p>	<b>3</b>																										

### Actividades rima

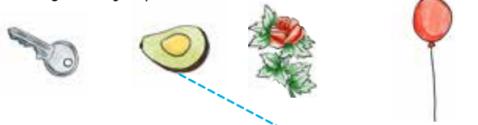
Actividad	Nivel	Actividad	Nivel
-----------	-------	-----------	-------

<p>¿Qué palabra rima con “taza”?</p>	<b>3</b>	<p>Indique donde está la rima en los siguientes versos</p> <p><b>Abeja</b></p>  <p>iAh! En esa reja me picó una abeja.</p>	<b>1</b>
--------------------------------------	----------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------

### Actividades de sustitución

Actividad	Nivel	Actividad	Nivel
<p>¿Qué palabra queda si en la palabra “rosa” cambiamos el primero sonido por /p/?</p>	<b>2</b>	<p>¿Qué dibujo corresponde?</p> <p>👉 Observa y nombra los dibujos. ➡ Cambia solo el sonido inicial del modelo por la r ✍ Marca el dibujo que corresponda.</p>    	<b>3</b>

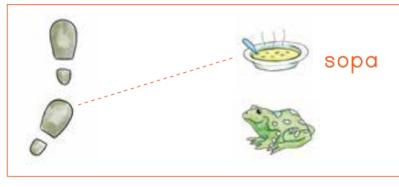
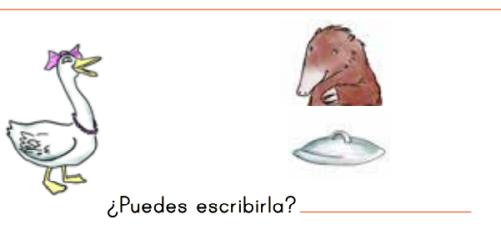
### Actividades de eliminación

Actividad	Nivel	Actividad	Nivel
<p>Escuche la siguiente palabra, como queda si le quitamos primer sonido. Escriba su respuesta</p> <p>👉</p> <p>ube _____</p>	<b>3</b>	<p>👉 Nombra los dibujos de la fila superior . Elimina el primer sonido de su nombre, ¿qué palabra queda? 👉 Une según el ejemplo.</p>  	<b>3</b>

## Actividades de trazado

Actividad	Nivel	Actividad	Nivel
<p>✍ Escribe la letra <b>B</b>.</p>  <p>✍ Escribe la letra <b>b</b>.</p> 	1	<p>Puedo leer y escribir</p> <p>✍ Lee, repasa y copia.</p> <p><u>La foca Filomena va a la fiesta.</u></p> <p><u>La foca Filomena va a la fiesta.</u></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	1

## Actividades de inversión

Actividad	Nivel	Actividad	Nivel
<p>✍ Lee, ordena y escribe sus nombres.</p>  <p>no   güi   pin _____</p>	3	<p>Cambiemos las sílabas de lugar.</p> <p>👉 ¿Qué palabra se forma si cambiamos de lugar las sílabas de la palabra <b>paso</b>? Observa el ejemplo.</p> 	2
<p>👉 ¿Qué palabra se forma si cambiamos de lugar las sílabas de la palabra <b>mago</b>? Une con una línea.</p>  <p>¿Puedes escribirla? _____</p>	2	<p>👉 ¿Qué palabra se forma si cambiamos de lugar las sílabas de la palabra <b>pata</b>? Une con una línea.</p>  <p>¿Puedes escribirla? _____</p>	2

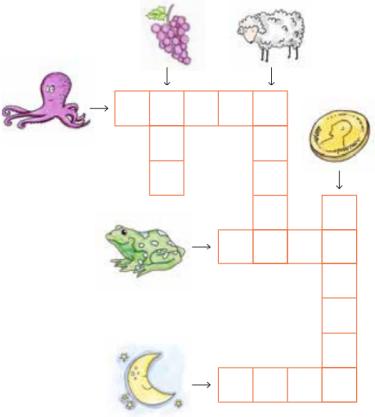
## Actividades de segmentación

Actividad	Nivel	Actividad	Nivel																					
<p>Marca con una X todos los que tengan 7 sonidos.</p> <p>● ● ● ● ● ● ●</p> <table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																	2	<p>Piensa: ¿cuántos sonidos tiene cada palabra? Une.</p> <table border="1"> <tr><td>● ●</td></tr> <tr><td>● ● ●</td></tr> <tr><td>● ● ● ●</td></tr> <tr><td>● ● ● ● ●</td></tr> <tr><td>● ● ● ● ● ●</td></tr> </table>	● ●	● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ●	2
● ●																								
● ● ●																								
● ● ● ●																								
● ● ● ● ●																								
● ● ● ● ● ●																								
<p>¿Cuántas sílabas escuchas?</p>	3	<p>Observa el dibujo y escucha la oración.</p> <p>El caracol está bajo la lluvia.</p> <p>Dibuja una cruz por cada palabra de la oración.</p> <table border="1"> <tr><td> </td></tr> </table>								1														
<p>Observa y nombra los dibujos.</p> <p>¿Cuántos sonidos tienen? Dibuja una línea por cada sonido.</p>	3																							

## Actividades de síntesis

Actividad	Nivel	Actividad	Nivel
-----------	-------	-----------	-------

<p> Si agregas vocales a la letra <b>m</b> se forman sílabas. Escribe y escucha</p> <p style="text-align: center;"><b>m</b></p> <p style="text-align: center;">_____  _____  _____  _____  _____ </p>	1	<p>Escuche la siguiente palabra, como queda si le agregamos el sonido <b>n</b>. Escriba su respuesta</p> <p> león _____</p>	1																						
<p>Que palabra representa a la imagen</p> <p></p> <p>ala      estuche      león</p>	1	<p><b>¿Que dice aqui?</b></p> <p style="text-align: center;">estuche</p> <p> </p>	1																						
<p>¿Que dice la siguiente frase?</p> <p>• La gata juega</p> <p> </p>	1	<p> Ayúdalo y pinta las letras que corresponden.</p> <p> P R A T P A</p> <p> F L U T I E A R O O L L A</p> <p> D S B O I L L A C E</p>	1																						
<p>Escribe palabras que empiecen con la vocal a e i o u</p> <table border="1" data-bbox="290 1350 719 1574"> <thead> <tr> <th>VOCALES</th> <th>PALABRAS QUE EMPIEZAN CON LA VOCAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>abeja, ardilla</td> </tr> <tr> <td>e</td> <td>elefante</td> </tr> <tr> <td>i</td> <td>iguana</td> </tr> <tr> <td>o</td> <td>oveja</td> </tr> <tr> <td>u</td> <td>urrraca</td> </tr> </tbody> </table>	VOCALES	PALABRAS QUE EMPIEZAN CON LA VOCAL	a	abeja, ardilla	e	elefante	i	iguana	o	oveja	u	urrraca	3	<p>Escribamos palabras con</p> <table border="1" data-bbox="918 1350 1348 1599"> <tbody> <tr> <td>pa</td> <td>pájaro, mapa, preparar</td> </tr> <tr> <td>pe</td> <td>perro, pequeño, operar</td> </tr> <tr> <td>pi</td> <td>pincel, picaflor, capitán</td> </tr> <tr> <td>po</td> <td>poco, tiempo, mariposa</td> </tr> <tr> <td>pu</td> <td>pulsera, apurado, pulpo</td> </tr> </tbody> </table>	pa	pájaro, mapa, preparar	pe	perro, pequeño, operar	pi	pincel, picaflor, capitán	po	poco, tiempo, mariposa	pu	pulsera, apurado, pulpo	3
VOCALES	PALABRAS QUE EMPIEZAN CON LA VOCAL																								
a	abeja, ardilla																								
e	elefante																								
i	iguana																								
o	oveja																								
u	urrraca																								
pa	pájaro, mapa, preparar																								
pe	perro, pequeño, operar																								
pi	pincel, picaflor, capitán																								
po	poco, tiempo, mariposa																								
pu	pulsera, apurado, pulpo																								
<p> Escribe:</p> <p> _____  _____</p>	3	<p>Escríba la palabra solo escuchando el sonido uno a uno.</p> <p>/s/ /a/ /p/ /o/  _____</p>	3																						

<p> Observa los dibujos y completa el crucigrama.</p> 	3	<p> Completa las palabras con las vocales <b>e</b> o <b>i</b>, según corresponda.</p> <table border="1" data-bbox="910 361 1498 499"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>s_ll_a    _l_fant_    _guana    _str_ll_a    ard_ll_a</p>						2						
<p> Observa y nombra los dibujos.</p> <p> Completa las palabras con las sílabas <b>ga</b>, <b>go</b> y <b>gu</b>.</p> <p> Lee en voz alta.</p> <table border="1" data-bbox="323 886 742 1035"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>rila</td> <td>viota</td> <td>sano</td> </tr> </table>				rila	viota	sano	2	<p> ¿Qué sílabas faltan? Completa.</p> <table border="1" data-bbox="1041 823 1330 886"> <tr> <td>da</td><td>de</td><td>di</td><td>do</td><td>du</td> </tr> </table> <p> ni ___     mone ___     ñan ___</p>	da	de	di	do	du	2
rila	viota	sano												
da	de	di	do	du										

### Actividades de soporte

Actividad	Nivel	Actividad	Nivel
-----------	-------	-----------	-------

<p>¿Cómo suena la letra <b>R</b>?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La letra <b>r</b> suena <b>fuerte</b> al <b>inicio</b> de una palabra:</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <b>ratón</b>       <b>reloj</b> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>La letra <b>r</b> suena <b>suave</b> al <b>medio</b> de una palabra:</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <b>loro</b>       <b>pera</b> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>La letra <b>rr</b> suena <b>fuerte</b> al <b>medio</b> de una palabra, entre vocales:</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <b>perro</b>       <b>ornitorrinco</b> </div>	---	<p>Las rima es cuando los versos tienen igual sonido final como por ejemplo:</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="border-radius: 50%; padding: 5px 10px; background-color: #ff9999; color: white; font-weight: bold;">Elefante</span>  </div> <p><b>La letra e</b> baila con elefantes que salen de todas partes.</p>	---
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

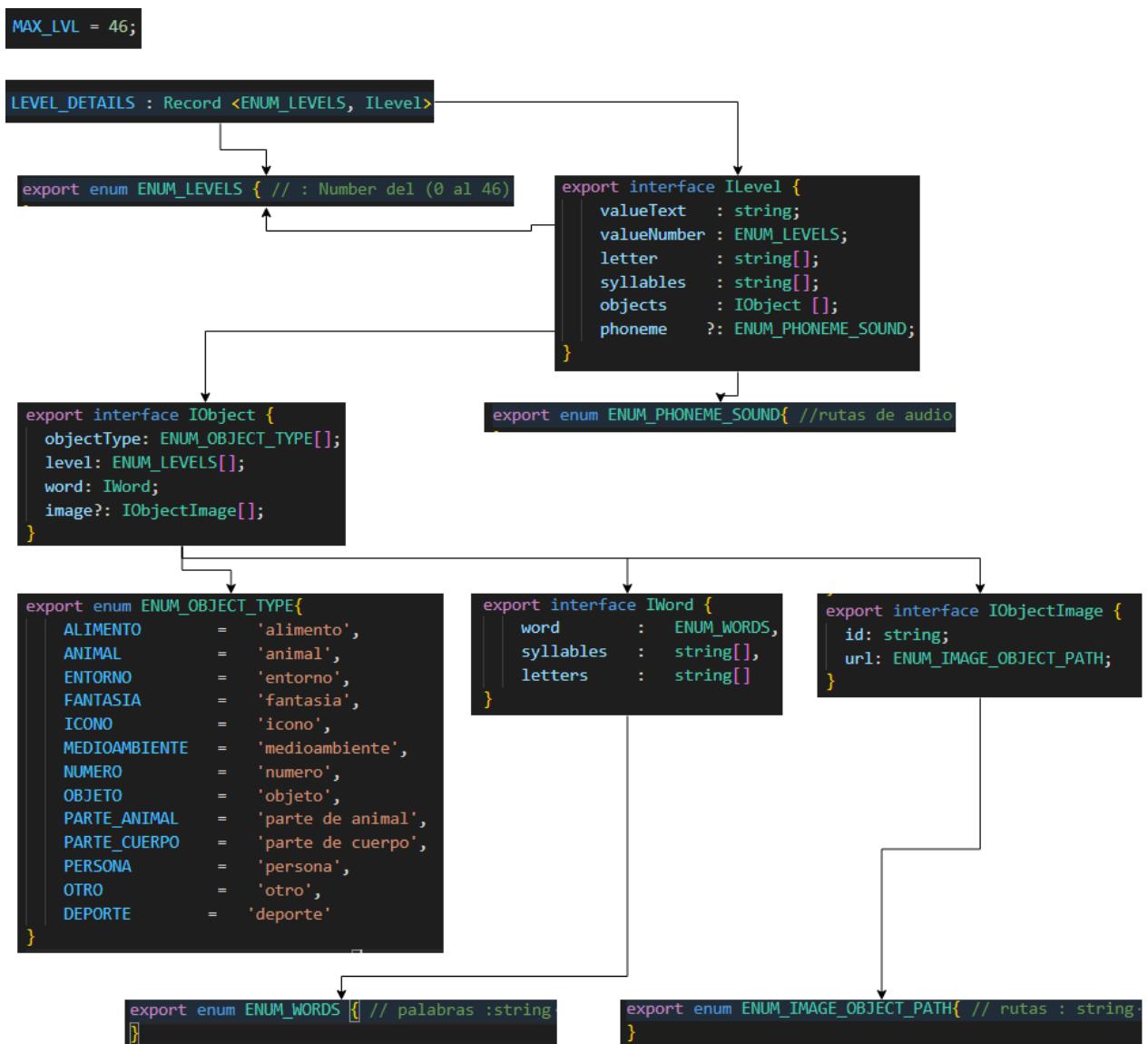
## SERVICIO DE DATOS

Dentro de este grupo se encuentran dos servicios encargados al control de datos. Estos son:

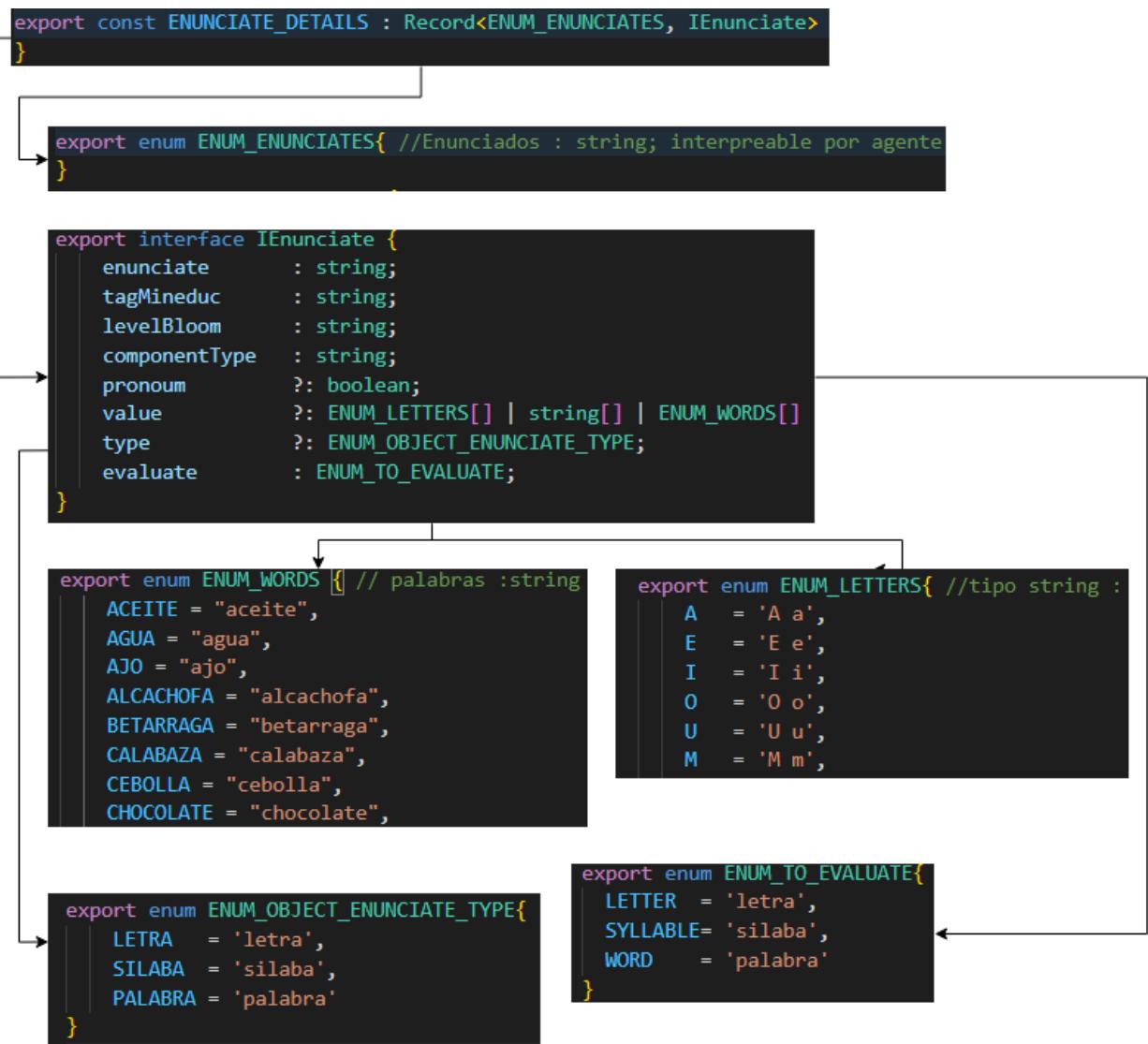
- **Servicio orientado a la base de datos:** Encargado de realizar las peticiones a la API de datos y manejar el local storage, permitiendo acceder y manipular información que contribuye a la gestión y seguimiento de los datos de usuario.
- **Servicio orientado a las actividades:** Encargado de comunicar y facilitar la transmisión de información referente a las actividades pedagógicas de acuerdo a *nivel de grafema* y *nivel cognitivo* a llevar a cabo por el sistema, las cuales son proporcionadas hacia el estudiante. Este servicio hace uso de diferentes estructuras, especificadas en *estructuras orientadas a las actividades*.

## Estructuras orientadas a las actividades.

Estructura para los niveles.



Estructura para los enunciados.



Estructura para los intereses.



## Módulo matemático

Los servicios se pueden definir como herramientas de apoyo para los diferentes módulos que permiten la **comunicación** directa a través de inyección de dependencias. Es decir en los servicios está implícita la capacidad de comunicarse con otros módulos de forma eficiente.

## SERVICIO MATEMÁTICO

El servicio matemático se encarga de realizar cálculos complejos de manera eficiente, los cuales son necesarios de forma recurrente para el sistema de inferencia difuso, la exploración y el algoritmo sarsa.

Es importante resaltar que este servicio no solo funciona como un almacenamiento de datos, sino también como un comunicador de datos hacia los agentes implicados en el sistema.

## MÓDULO DEL ESTUDIANTE

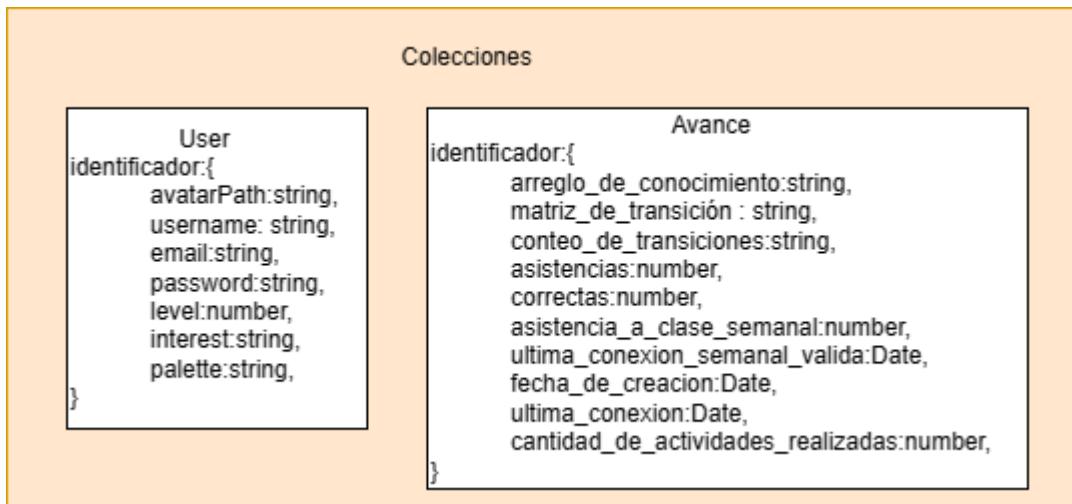
El módulo del estudiante está compuesto por los datos del usuario, almacenamiento de los datos del usuario y sus funcionalidades en el sistema.

### DATOS DEL USUARIO

Los datos que se almacenarán del usuario son los siguientes:

- Correo electrónico, ya que este permite la recuperación de la cuenta del estudiante cuando olvida la contraseña.
- La contraseña para poder iniciar sesión debidamente encriptada.
- El identificador del avatar, que permite al software recuperar la imagen del usuario.
- El alias, un apodo que decida colocarse el niño.
- El  *arreglo de conocimiento*, que permite al tutor inteligente obtener el avance del estudiante en cada nivel de grafema, está compuesta por:
  - *Nivel de grafema* (n filas); los niveles de grafemas son 45 en total.
  - *Conocimiento* (columna 1); valor numérico comprendido en 0 y 1.
- La *matriz de transiciones*, que permite al tutor conocer la valoración que tiene una actividad en un determinado estado:
  - La columna se refiere al código de la actividad.
  - La fila se refiere al grado de bloom:
    - Bajo, medio y alto.
- La *matriz del número de transiciones*, que permite al tutor conocer la cantidad de veces que se ha explorado una determinada actividad:
  - La columna se refiere al código de la actividad.
  - La fila se refiere al grado de bloom:
    - Bajo, medio y alto.
- La asistencia es útil para calcular el compromiso.
- La fecha de registro utilizada para calcular el compromiso.
- La asistencia, dato numérico que indica la cantidad de veces que se ha iniciado sesión (contabilizando como máximo 1 vez por día).
- La cantidad de respuestas correctas que ha efectuado el estudiante.

## ALMACENAMIENTO DE DATOS DEL USUARIO



### Funcionalidades

Este módulo debe encargarse de las siguientes funcionalidades:

- *Registro:*
  - Insertar correo en la bd.
  - Insertar contraseña en la bd.
  - Insertar id del avatar seleccionado en la bd.
  - Insertar alias en la bd.
  - Generar arreglo conocimiento inicial e insertar en bd.
  - Generar matriz de transición inicial e insertar en la bd.
  - Insertar fecha de registro en la bd.
  - Inicializar en 0 la asistencia durante el registro.
  - Inicializar en 0 las respuestas correctas del estudiante durante el registro.
  -
- *Edición de datos personales:*
  - Actualizar alias.
  - Actualizar id del avatar.
  - Actualizar contraseña.
- *De comunicación:*
  - Proporcionar asistencias del estudiante al servicio.
  - Proporcionar cantidad de respuestas correctas del estudiante.
  - Proporcionar arreglo de conocimiento.
  - Proporcionar matriz de transiciones.
- *De actualización:*
  - Actualizar asistencias del estudiante en la bd.
  - Actualizar cantidad de respuestas correctas del estudiante en la bd.
  - 
  - Actualizar código de interfaz\_color preferido por el estudiante en la bd.
  - Actualizar tópico preferido por el estudiante en la bd.
- *De soporte:*
  - Validar las credenciales de inicio de sesión.

## MÓDULO DEL TUTOR

### DESCRIPCIÓN GENERAL

Aristas	Descripción
<b>Nombre de agente</b>	Agente tutor.
<b>Rendimiento</b>	<p>El rendimiento utiliza como criterio los siguientes parámetros del ambiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● La correctitud del estudiante.</li> <li>● La ayuda que ha necesitado para contestar la actividad.</li> <li>● El tiempo que le ha tomado responder.</li> <li>● La apreciación de la actividad.</li> <li>● La complejidad de la actividad.</li> </ul> <p>Para calcular la utilidad empleamos el algoritmo SARSA que nos entrega valores <math>Q(s,a)</math> que tiene en cuenta el aprendizaje obtenido por ejecutar la acción <math>a</math> en un estado <math>s</math>.</p>
<b>Medioambiente</b>	Estudiante.
<b>Actuadores</b>	<p>Mostrar actividades pedagógicas por pantalla.</p> <p>Generar discurso hablado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Presentación de actividad.</li> <li>● Retroalimentación.</li> </ul>
<b>Sensores</b>	<p>Desempeño del estudiante durante la realización de la actividad.</p> <p>Apreciación de la actividad según el estudiante.</p>

### FUNCIONALIDADES

Las funcionalidades que debe efectuar el módulo tutor son las siguientes:

- *Proporcionar actividades pedagógicas al estudiante:*
  - Seleccionar un nivel a trabajar de acuerdo al *arreglo de conocimiento* del estudiante.
  - *Fuzzificar* el valor numérico de conocimiento.
  - Solicitar actividades pedagógicas al *módulo de dominio* pasándole como parámetro el *nivel de grafema* y el *nivel cognitivo*.
  - Decidir si explorar o explotar.
  - Si se ha decidido *explorar* seleccionar identificador aleatorio y llevar a cabo la actividad.
  - Si se ha decidido *explotar* entonces.
    - Filtrar las actividades según *nivel cognitivo en la matriz de transición*.
    - Seleccionar actividad con mejor rendimiento (valor numérico más alto).

- Almacenar el identificador de la actividad.
- Generar actividad según la estructura del enunciado.
  - Teniendo en cuenta el *nivel de grafema*.
- Calcular la *recompensa* obtenida tras concluir la actividad.
- Calcular el nuevo valor del rendimiento de la acción del agente.
- Actualizar el rendimiento de la acción en el campo de transiciones almacenada en la base de datos estudiante.
- *Proporcionar recompensas al estudiante:*
  - Caso 1: “carita feliz” por responder correctamente en el primer intento.
  - Caso 2: “trofeo” según completado del conjunto de niveles.
- *De comunicación:*
  - Comunicar el término de acciones al servicio.
  - Solicitar arreglo de conocimiento al servicio .
  - Solicitar matriz de transiciones al servicio .
  - Solicitar actividades al tutor.
  - Solicitar variables para el cálculo del rendimiento al servicio.

### de recompensa

La recompensa obtenida al concluir una actividad pedagógica tiene en cuenta las siguientes variables:

Nombre de la variable	Representación	Tipo de variable	Valores
Respuesta	Correctitud de la respuesta.	Binaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Correcto</i> = 1</li> <li>• <i>Incorrecto</i> = 0</li> </ul>
AyudaDixcy	Nivel de ayuda que recibió el estudiante por parte de Dixcy.	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Resolver</i> = 0.0</li> <li>• <i>Acotar</i> = 0.2</li> <li>• <i>Ejemplificar</i> = 0.5</li> <li>• <i>Explicar</i> = 0.7</li> <li>• <i>Repetir discurso</i>: 1.0</li> </ul>
Apreciación	Apreciación del estudiante sobre la actividad.	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 estrellas = 0.15</li> <li>• 2 estrellas = 0.25</li> <li>• 3 estrellas = 0.55</li> <li>• 4 estrellas = 0.7</li> <li>• 5 estrellas = 1</li> </ul>
Tiempo	Tiempo que tardó el estudiante en responder la actividad.	Continua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 35 segundos = 0.15</li> <li>• 25 segundos = 0.5</li> <li>• 15 segundos = 1</li> </ul>
hrlc	Nivel de complejidad de la actividad.	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>hrlc</i> = 0.15 ; <i>nivel cognitivo 1</i></li> <li>• <i>hrlc</i> = 0.5; <i>nivel cognitivo 2</i>.</li> <li>• <i>hrlc</i> = 1; <i>nivel cognitivo 3</i>.</li> </ul>

La fórmula para calcular el aprendizaje obtenido luego de una actividad pedagógica es la siguiente:

$$\text{Aprendizaje} = \text{Motivación} + \text{correctitud}$$

$$\text{Motivación} = \alpha(\text{Tiempo}) + \beta(\text{Apreciación})$$

$$\text{Correctitud} = \alpha_1(\text{AyudaDixcy}) + \beta_1(\text{nivelCognitivoActividad} * \text{respuesta})$$

Para la correctitud:

$$\alpha_1 = 0.4$$

AyudaDixcy:

- AyudaDixcy = 1; repetir discurso
- AyudaDixcy = 0.9; Introductoria
- AyudaDixcy = 0.7; Explicar
- AyudaDixcy = 0.5; Ejemplificar
- AyudaDixcy = 0.2; Acotar
- AyudaDixcy = 0; Dar pista gráfica

$$\beta_1 = 0.6$$

nivelCognitivoActividad:

- nivelCognitivoActividad = 0.15; nivel cognitivo 1.
- nivelCognitivoActividad = 0.5; nivel cognitivo 2.
- nivelCognitivoActividad = 1; nivel cognitivo 3.

respuesta: 1 o 0; correcto o incorrecto

Para la motivación:

$$\alpha = 0.3$$

Tiempo:

- tiempo = 0; 35+ segundos
- tiempo = 0.5; 25 a 34 segundos
- tiempo = 1; 0 a 24 segundos

$$\beta = 0.7$$

Apreciación:

- 1 estrellas = 0
- 2 estrellas = 0.25
- 3 estrellas = 0.55
- 4 estrellas = 0.7
- 5 estrellas = 1

## Base de reglas

Luego de obtener los valores de motivación y correctitud estos se tratarán a través de conjuntos difusos aplicando la siguiente base de reglas.

Motivación	Correctitud	Aprendizaje
alta	Alta	alto
media	Alta	alto
baja	Alta	alto
alta	media	medio
media	media	medio
baja	media	medio
alta	baja	bajo
media	baja	bajo
baja	baja	bajo

Con las siguientes funciones de membresía:

*Motivación:*

- Alto: *Trapezoidal abierta.*
- Medio: *trapezoidal.*
- Bajo: *Trapezoidal abierta.*

*Correctitud:*

- Alto: *Trapezoidal abierta.*
- Medio: *trapezoidal.*
- Bajo: *Trapezoidal abierta.*

*Aprendizaje:*

- Alto : *Trapezoidal abierta.*
- Medio: *Trapezoidal.*
- Bajo: *Trapezoidal abierta.*

Conjunto difuso aprendizaje

El aprendizaje nos permite realizar la actualización del conocimiento del nivel de grafema y además actualizar el rendimiento de las transiciones.

$$Conocimiento_n = Conocimiento_n + (nivelCognitivoActividad_1 * Aprendizaje);$$

*Para el conocimiento:*

$$Aprendizaje = -x ; 0 < x \leq 0.4$$

$$Aprendizaje = x ; 0.4 < x \leq 1$$

*nivelCognitivoActividad<sub>1</sub>:*

- *nivelCognitivoActividad<sub>1</sub> = 0.05 ; nivel cognitivo 1.*
- *nivelCognitivoActividad<sub>1</sub> = 0.1; nivel cognitivo 2.*
- *nivelCognitivoActividad<sub>1</sub> = 0.15; nivel cognitivo 3.*

## ALGORITMO DE APRENDIZAJE

El algoritmo de aprendizaje para el tutor inteligente es necesario para calcular la utilidad de cada una de las acciones que este lleva a cabo en un determinado estado, valor que constantemente se va modificando a lo largo del tiempo, en este caso el algoritmo seleccionado para este propósito es el algoritmo SARSA:

```

1- Inicializar cada entrada  $Q(s, a)$  arbitrariamente
2- DO (por cada episodio)
3-   Determinar estado inicial  $s$ 
4-   WHILE (no finalice el episodio)
5-     Seleccionar una acción  $a$  desde el estado  $s$  usando una política derivada de  $Q$ 
        (por ejemplo  $\epsilon$ -greedy)
6-     WHILE (no se llegue a un estado terminal)
7-       Ejecutar la acción  $a$ . Observar recompensa  $r$  y nuevo estado  $s'$ 
8-       Seleccionar acción  $a'$  desde  $s'$  usando una política derivada de  $Q$ 
        (por ejemplo  $\epsilon$ -greedy)
9-        $Q(s, a) = Q(s, a) + \alpha \cdot [r + \gamma \cdot Q(s', a') - Q(s, a)]$ 
10-       $s = s'$ 
11-       $a = a'$ 

```

Con la siguiente función de exploración:

$$E = \frac{\sum_{k=1}^k (\sum_{n=1}^k LE(s, a_k)) - \sum_{n=1}^k N(s, a_n)}{\sum_{k=1}^k (\sum_{n=1}^k LE(s, a_k))}$$

donde:

$LE(s, a_k)$ : Límite exploración de la acción  $a_k$  en el estado  $s$ .

$k$ : Total de acciones disponibles en el estado  $s$ .

$N(s, a_k)$ : Conteo de veces que se ha llevado a cabo la acción  $a_k$  en el estado  $s$ .

Con el siguiente criterio de selección cuando efectúa exploración:

$$P = LE(s, a) - N(s, a).$$

donde:

$LE(s, a)$ : Límite de exploración de la acción  $a$  en el estado  $s$ .

$N(s, a)$ : conteo de veces que la acción  $a$  ha sido ejecutada en el estado  $s$

## MÓDULO DE DIXCY

Aristas	Descripción
Nombre de agente	Agente compañero.
Rendimiento	Reactivo simple.
Medioambiente	Estudiante.
Actuadores	Generar discurso hablado: Ayuda.
Sensores	Respuestas del estudiante durante el desarrollo de la actividad.

### FUNCIONALIDADES

El agente compañero tiene como propósito ayudar al estudiante para que infiera la respuesta correcta en base a diferentes magnitudes de ayuda, de esta forma genera un recuerdo para situaciones futuras similares y evita que el estudiante se detenga indefinidamente en una actividad.

El compañero debe realizar las siguientes acciones:

- *De ayuda.*
  - Repetir discurso. Repetir enunciado de actividad.
  - Introductoria: Recordar cómo suenan los grafemas del nivel.
  - Explicar. Explicar cómo resolver la actividad.
  - Ejemplificar. El compañero resuelve una actividad similar.
  - Acotar. Reduce la cantidad de alternativas.
  - Dar pista gráfica. Pone encima de la respuesta correcta un indicador visual.
- *De comunicación.*
  - Suministrar las siguientes *variables* al servicio:
    - Ayuda que recibió el estudiante.
    - Apreciación del estudiante respecto de la actividad.
    - Respuesta del estudiante.
  - Solicitar al servicio aumentar la asistencia en 1.
- *De recompensa.*
  - Proporcionar recompensa de “sol” por asistencia diaria.
  - Proporcionar recompensa de “emoticon” por participar en la actividad.
- *De observación.*

- El agente debe contabilizar la cantidad de tiempo transcurrido desde que la actividad se inició para generar ayudas de forma progresiva.
- El agente debe tener en cuenta la intensidad de ayuda recibida por el estudiante.
- El agente debe tener en cuenta el grado de la actividad desarrollada.
- El agente debe tener en cuenta el nivel de la actividad trabajada.
- El agente debe tener en cuenta la apreciación proporcionada por el estudiante frente a la actividad.
- El agente debe tener en cuenta la respuesta del estudiante frente a la actividad propuesta.

## RESTRICCIONES

Se plantean las siguientes restricciones:

- El conocimiento de un *nivel de grafema* no podrá ser inferior a 0.
- Las actividades no se repetirán de forma consecutiva en un mismo nivel de grafema.

## GUARD

Los guards son una herramienta que pueden ser utilizadas para controlar el acceso a ciertas partes del sistema. En este caso concreto se emplearon para dos casos concretos:

- Permitir el acceso directo al home, mediante consulta del local storage.
- Evitar ingresar a funcionalidades como la visualización del avance o el planteamiento de actividades, sin los datos necesarios. Consultando y actualizando previamente a los servicios de datos.

## Exhibición de las funcionalidades

### Actividades



Selecciona las letras que corresponden



b c s o q h e n d t e

Enviar

Tengo una ayuda disponible.



Escribe una palabra con:



Enviar





Escucha la siguiente silaba, como queda si le agregamos el sonido "eh" al final. Escriba su respuesta.

(Speaker icon)

Enviar

Presiona el parlante para escuchar el mensaje, luego agregale el sonido eh. Una vez que ya lo tengas escríbelo en el recuadro mediante el teclado.



Completa la palabra con la letra según corresponda.



r b o l

Enviar



dir de la pantalla completa, mueve el mouse hacia la parte superior de la pantalla y presiona F11

Escriba la palabra solo escuchando el sonido uno a uno

Enviar

Seguramente la respuesta sea agujero.



A white rectangular input field for writing the word. Below it is an orange 'Enviar' button. A speech bubble in the bottom right corner contains the text 'Seguramente la respuesta sea agujero.' (Probably the answer is hole.)

Escuche la siguiente palabra, como queda si le quitamos el primer sonido. Escriba su respuesta.

Enviar

Quizás esto ayude.



A white rectangular input field for writing the word. Below it is an orange 'Enviar' button. A speech bubble in the bottom right corner contains the text 'Quizás esto ayude.' (Maybe this helps.)

Lee, ordena y escribe su nombre



<b>o</b>	<b>r</b>	<b>j</b>	<b>a</b>	<b>e</b>
----------	----------	----------	----------	----------

Enviar

Mira la imagen y luego ordena las fichas para formar su representación escrita.



Marca la silaba inicial de:



jau la

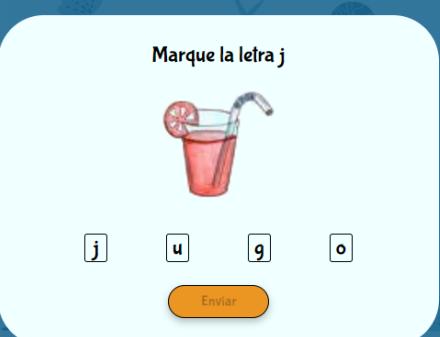
Enviar



Marca todos los que tengan 3 sílabas



Marque la letra j





Observa el dibujo y escucha. Presiona el botón con la cantidad de letras que tiene la palabra



7    8    9    10

Enviar



Observa y nombra el dibujo. ¿Con qué sílaba comienza? Escribe



Enviar



Que palabra representa a la imagen

Enviar

Seguramente la respuesta NO sea ventaja, juego.

A white rounded rectangle containing a question and four options. Below the options is an 'Enviar' button. A speech bubble from a cartoon fox says 'Seguramente la respuesta NO sea ventaja, juego.'

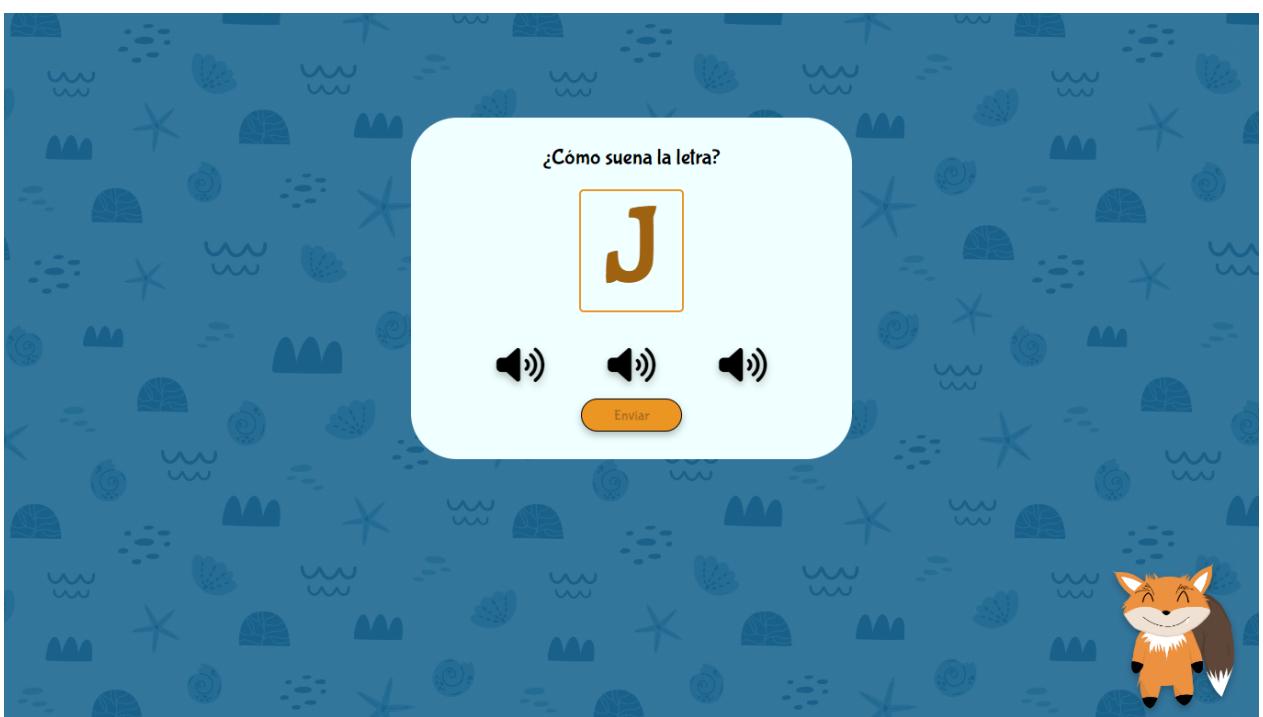
Selecciona donde encuentres letras de J

o  j  o  s

Enviar

Quiero ayudarte.

A white rounded rectangle containing a question and four options. Below the options is an 'Enviar' button. A speech bubble from a cartoon fox says 'Quiero ayudarte.'







Otras funcionalidades



**Aprendizaje Libre**

Level 0 A a	Level 1 E e	Level 2 I i	Level 3 O o
Level 4 U u	Level 5 M m	Level 6 N n	Level 7 S s
Level 8 L l	Level 9 F f	Level 10 CV	Level 11 VC
Level 12 P p	Level 13 T t	Level 14 B b	Level 15 D d
Level 16 CVC	Level 17 CCV	Level 18 bd	Level 19 Cc
Level 20 QU Qu	Level 21 pq	Level 22 V v	Level 23 LL Ll
Level 24 Y y	Level 25 Y y	Level 26 H h	Level 27 CH Ch
Level 28 G g	Level 29 GU Gu	Level 30 R r	Level 31 R r
Level 32 RR	Level 33 P	Level 34 L	Level 35 C



**Selecciona tu avatar**



**DATOS DE USUARIO**

Avatar: 

Nombre de usuario: test4

Correo: test4@test.com

Contraseña: \*\*\*\*\*

Logout



## CAPÍTULO 3: PROCESOS DE INGENIERÍA DE SOFTWARE

### ETAPA DE ANÁLISIS DE REQUISITOS

#### INTRODUCCIÓN

##### Propósito

Esta sección tiene como finalidad especificar los requisitos del software Dixcy, es decir describir lo que el futuro software debe hacer, para satisfacer una capacidad que necesita el usuario para conseguir un determinado objetivo.

Se toma como guía para este propósito el estándar IEEE 830, el cual comunica explícitamente que es necesario presentar la siguiente información para una correcta especificación de requisitos de software:

- Ámbito del sistema.
- Definiciones, acrónimos y abreviaturas.
- Referencias.
- Perspectiva del producto.
- Funciones del producto.
- Características de los usuarios.
- Restricciones.
- Suposiciones y dependencias.
- Requisitos futuros.
- Interfaces externas.
- Funciones.
- Requisitos de rendimiento.
- Restricciones de diseño.
- Atributos del sistema.
- Otros requisitos.

Cada uno de los cuales debe ser:

- Correcto.
- Preciso.
- No ambiguo.
- Completo.
- Verificable.
- Modificable.

Teniendo en consideración para su desarrollo la meta, el usuario y los objetivos del software.

El documento está dirigido a individuos interesados en el desarrollo del software, pero teniendo especial consideración en la Comisión de evaluación de memoria de título compuesta del profesor guía y académicos afines.

## Descripción del problema

El proyecto se enfoca en los problemas que surgen de la falta de tiempo, focalización y adaptabilidad pedagógica del sistema educativo formal, abordando las siguientes falencias:

- Un educador es incapaz de suplir las necesidades educativas de estimulación, atención y adecuación de un conjunto de personas, a causa de las capacidades y cualidades específicas de cada una, por ejemplo:
  - Una persona puede aprender a efectuar una actividad, por ejemplo de reconocimiento de sílabas concretas en un determinado párrafo en 5 minutos mientras que a otra persona puede tomarle el doble del tiempo.
  - Una actividad puede dar excelentes resultados en el aprendizaje de una persona pero en otra no, y el resultado puede ser inverso en caso de desarrollar una actividad diferente, esto debido:
    - A un bajo interés por el desarrollo de la misma.
      - Ya sea por preferencias personales.
      - O por el incentivo (recompensa) que recibe al término de una.
    - A que la actividad no se adecua al nivel cognitivo y conocimientos previos del individuo.
  - Una persona puede requerir mayor cantidad de práctica que otra para aprender a realizar de forma correcta una actividad, debido a la gran cantidad de estudiantes y el tiempo limitado que manejan los docentes no existe mucho margen para la reiteración en este sentido.
- Un educador dispone de un tiempo determinado para enseñar, por lo que no puede exceder dicho tiempo y prestar atención personalizada a cada uno de sus estudiantes o a quienes más lo necesiten.
- El correcto desarrollo de una clase es dependiente de factores psicológicos del educador, como por ejemplo su carisma, estado de ánimo y vocación por enseñar.

En vista de lo anterior, resulta complejo para el educador asegurar que un conjunto de personas aprendan correctamente y logren adquirir en este caso concreto la capacidad de leer, esto no significa que el problema sea originado por el docente sino más bien es algo natural debido a las características y necesidades del ser humano, que el sistema educativo no puede suplir correctamente.

Si bien la atención humana personalizada individual es la mejor para enseñar, el llevarlo a cabo no es factible debido a la enorme demanda y gasto económico que esto conlleva, al igual que el espacio físico necesario para el desarrollo de actividades individuales.

Adicionalmente tenemos en consideración que el 12 de diciembre del 2019 comenzó una pandemia mundial, generando un problema educativo debido a la interrupción de la normalidad en los procesos de educación formal pasando de modalidad presencial a online, lo que ha servido de estímulo para reformar e innovar en el ámbito educativo con proyectos de base tecnológica como en el que aquí se propone.

Surge la necesidad de resolver este problema ya que el aprender a leer y escribir permite el desarrollo igualitario de los individuos que componen una sociedad; aprender esta habilidad a una edad temprana es indispensable para sus beneficios futuros ya que les permite desenvolverse en todo tipo de actividades, ya sean recreativas, laborales, educativas y comunicativas, es decir les brinda la capacidad de desenvolverse socialmente, de adquirir nuevos conocimientos y mejorar sus capacidades cognitivas. Actualmente esta necesidad de enseñar a leer es suplida en la mayoría de los casos por clases en donde existe un tutor que enseña a un conjunto de personas en aula, o bien a través de tutorías individuales, siendo esta última la que logra obtener mejores resultados pero a su vez es inaccesible a la mayoría de personas.

## Definiciones, acrónimos y abreviaturas

ACRÓNIMOS	
<b>STI</b>	Sistema de tutoría inteligente.
<b>STIAAL</b>	Software de tutoría inteligente adaptativo para apoyar el aprendizaje de la lectura en niños.
<b>Dixcy</b>	Nombre de la mascota del software y a la vez del producto.
<b>IEEE</b>	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (conocido por sus siglas IEEE en Ingles), es una asociación mundial de ingenieros dedicada a la normalización y el desarrollo en áreas técnicas.
<b>ERS</b>	Especificación de requisitos de software.

## DEFINICIONES

<b>Alias</b>	Sustituto del nombre propio.
<b>Requisito</b>	Condición o capacidad que necesita el usuario para resolver un problema o conseguir un objetivo determinado [Piattini, 1996].
<b>Agentes inteligentes</b>	Un agente es cualquier entidad que pueda <i>percibir</i> su entorno mediante sensores y <i>actuar</i> sobre ese entorno a través de actuadores. La <i>inteligencia</i> del agente va a depender del <i>comportamiento</i> del mismo, es decir que tan <i>racional</i> es; y de su <i>complejidad</i> (menor a mayor complejidad): <i>reflejo simple</i> , basado en <i>modelo</i> , basado en <i>objetivos</i> , basado en <i>utilidad</i> , basado en el <i>aprendizaje</i> .
<b>Sistemas multiagente</b>	<i>Entorno cooperativo</i> (De acuerdo a nuestro problema) donde participa más de un agente inteligente para conseguir maximizar la medida de rendimiento, en este tipo de entorno existe comunicación entre los agentes.
<b>Aprendizaje por refuerzo</b>	<i>Definición teórica:</i> El aprendizaje por refuerzo es aprender qué hacer, cómo asignar situaciones a acciones, para maximizar una señal de recompensa numérica. Explicado de otra forma... no se le dice al estudiante qué acciones tomar, sino que debe descubrir qué acciones producen la mayor recompensa probándolas.
<b>Sistema de tutoría inteligente</b>	Entorno de aprendizaje computarizado interactivo que proporciona actividades y sugerencias a través de retroalimentación personalizable e inmediata, mediante el análisis del estudiante durante el uso del sistema, enfatizando sus intereses, motivaciones y conocimientos; para adaptarse al estudiante promoviendo su aprendizaje.

## Ámbito

El software al cual se *referirá* como *Dixcy* está dirigido a personas de 4 a 7 años de edad (Es decir el software se construye considerando que será usado por ellos).

Específicamente se *desarrolla* un *STI* para el caso concreto del aprendizaje de la lectura, los tópicos involucrados son los siguientes:

- Agentes inteligentes.
- Sistemas multiagente.
- Aprendizaje por refuerzo.
- Sistemas de tutoría inteligente.
- Enseñanza de la lectura.

*Dixcy* tiene como *meta* apoyar el aprendizaje y la correcta adquisición de la lectura (etapa alfabetica) en personas de 4 a 7 años de edad.

*Dixcy* tiene como *objetivos*:

- *Evaluuar* los conocimientos del estudiante.
- *Adaptarse* a las *necesidades* individuales del estudiante.
  - Intereses.

- Conocimientos.
- Motivación.
- Brindar *retroalimentación* inmediata.
- Proporcionar actividades pedagógicas adecuadas al estudiante.
- Proporcionar un apartado de visualización de los *avances* realizados por el estudiante que ha usado el sistema.

*Dixcy* proporciona los siguientes *beneficios*:

- Beneficia el aprendizaje y la correcta adquisición de la lectura.
- Proporciona una instancia *flexible* para la adquisición de la lectura.
- Proporciona *retroalimentación* inmediata al estudiante.
- Proporciona *adaptabilidad* a las necesidades individuales del estudiante.
- Propicia el *desarrollo igualitario* de los individuos que componen una sociedad.
- Brinda la *capacidad* de adquirir nuevos conocimientos y *mejora* las capacidades cognitivas del individuo mediante el aprendizaje de la lectura.

*Dixcy* hará lo siguiente:

- Generará un *perfil* del *estudiante*.
- Considerará los *conocimientos* del *estudiante*.
- Considerará el *nivel cognitivo* del *estudiante*.
- Considerará el *nivel cognitivo* de las *actividades*.
- Considerará la *motivación* del estudiante respecto de *cada actividad* propuesta.
- Considerará los *tiempos* de respuesta durante la realización de *cada actividad* propuesta.
- Brindará *retroalimentación* inmediata al estudiante durante el desarrollo de la actividad docente.
- Se *adaptara* a las necesidades individuales del estudiante.
- Aprenderá a *comportarse* de acuerdo a los datos recopilados durante el uso del software.
- Propondrá *actividades* pedagógicas *acordes* al *perfil* que se formará del *estudiante*.

*Dixcy* no hará lo siguiente:

- No tomará en cuenta las rutas de procesamiento de información (kinésica, auditiva, visual).
- No almacenará ningún tipo de dato personal del estudiante.
- No realizará pruebas explícitas y formales al estudiante.
- No actuará como un sistema que en todos los casos propone la mejor actividad, sino que explorará **inicialmente** para formar un perfil **durante** el uso.

## Referencias

Temporización 1:

- Temporización STIAAL.xlsx

Temporización 2:

- Temporización enfocada a la implementación

## DESCRIPCIÓN GENERAL

### Perspectiva del producto

La perspectiva del producto de software está definido por lo siguiente:

- Se divide en una interfaz de usuario, un contenedor lógico y una base de datos
- Es independiente y no forma parte de ningún otro sistema.
- Requiere una base de datos para almacenar preguntas, tópicos, usuarios y progreso.
- Requiere una API para gestionar la solicitud de datos.
- Tendrá una interfaz visual mediante la cual el usuario podrá interactuar con el software.
- El software será web por lo que para ser utilizado requiere de un equipo con acceso a un navegador web, tal como: computadora, tablet o teléfono móvil.
- La interfaz de usuario debe cumplir con los siguientes sub atributos de calidad (Mayor especificación en Modelo de calidad) y su propósito es mejorar su experiencia de usuario respecto de la Usabilidad:
  - Inteligibilidad.
  - Aprendizaje.
  - Operabilidad.
  - Protección frente a errores.
  - Estética.
- El producto software se describe como un sistema de tutoría inteligente para el aprendizaje de la lectura en niños de 4 a 7 años de edad.
- La estructura de la interfaz de usuario se define a través del DOM.
- El modo de operar el software es mediante el uso de un navegador web más el hardware especificado en los puntos anteriores.
  - Las operaciones que realiza el usuario son:
    - Iniciar sesión.
    - Registrarse.
    - Ver y modificar datos de usuario.
  - alias de usuario.
  - Contraseña.
  - Imagen de perfil.

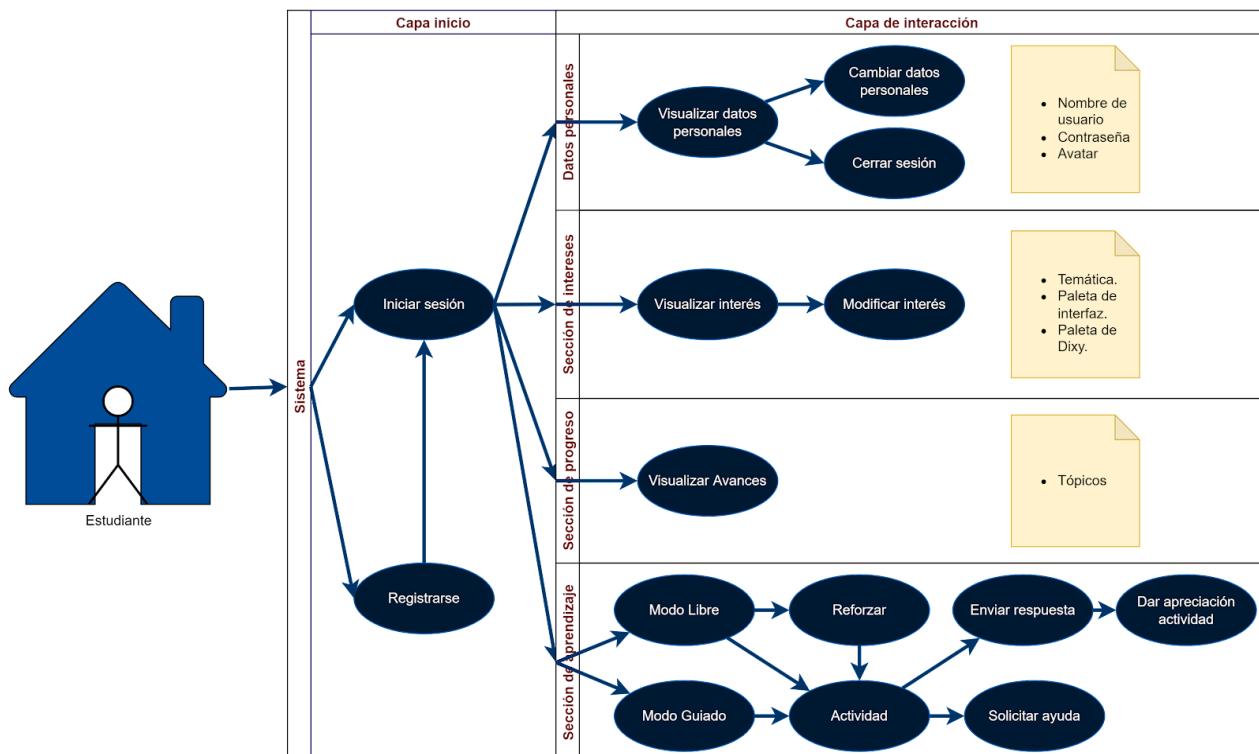
- Ver su progreso.
  - Ver y modificar sus intereses.
    - Temática de las preguntas.
    - 
    - Paleta de la interfaz.
  - Realizar actividades pedagógicas.
    - Contestar las actividades propuestas.
    - Solicitar ayuda a la mascota compañera que denominaremos como Dixcy.
  - Cerrar sesión.
- Las operaciones automáticas del software son:
    - Proporcionar actividades al estudiante.
    - Brindar ayuda al estudiante a través de Dixcy.
    - Calcular el progreso del estudiante.
    - Modificar los intereses del estudiante.
  - Las operaciones interactivas entre el usuario y software son:
    - Realizar actividades pedagógicas:
      - Introducción al tópico. (no más de 40 segundos)
      - Presentar actividad que el tutor está proponiendo. (No mayor a 40 segundos)
      - Contestar la actividad propuesta.
      - Solicitar ayuda si es que lo desea a la mascota compañero Dixcy.
  - Las funciones de procesamiento de datos son:
    - Solicitar actividad.
    - Actualizar/Solicitar progreso del estudiante.
    - Actualizar/Solicitar intereses del estudiante.
    - Actualizar/Solicitar datos “personales” del estudiante.
  - El software permite acceso rápido a la sesión del usuario.
  - El software guarda todo el progreso del usuario.
  - El software siempre proporciona una actividad acorde a su progreso.
  - No requiere actualización o descarga de programas de terceros para poder hacer uso del software, a excepción del navegador Microsoft Edge.

## Funciones del producto

Las funciones del software según caso de uso son las siguientes:

- Iniciar sesión.
- Registrarse.
- Ver y modificar datos de usuario.
  - Nombre de usuario.
  - Contraseña.
  - Imagen de perfil.
- Ver su progreso.
- Ver y modificar sus intereses.
  - Temática de las preguntas.
  - Paleta de la interfaz.
- Realizar actividades pedagógicas.
  - Contestar las actividades propuestas.
  - Solicitar ayuda a la mascota compañera que denominaremos como Dixcy.
- Cerrar sesión.

### Diagrama caso de uso



### Características del usuario

El software está dirigido al siguiente tipo de usuario:

<b>Tipo de usuario</b>	Estudiante
<b>Formación</b>	Poca o nula educación formal.
<b>Experiencia en el uso de aplicaciones</b>	Poca o nula experiencia en el uso de aplicaciones.
<b>Actividad</b>	Realización de actividades pedagógicas propuestas por el tutor inteligente.

## Restricciones

Las restricciones que tendrá el software son las siguientes:

- Requiere que el usuario sea capaz de entrar a la web del software solo o en compañía.
- Requiere protocolo http.
- Será un software de aplicación web.
- Requerirá conexión a internet.
- El software será implementado con la arquitectura cliente-servidor.
- El apartado del cliente será programado con los siguientes lenguajes:
  - HTML, CSS; JavaScript/TypeScript.
- El apartado del servidor será programado con:
  - Javascript/TypeScript.
- Contará con un entorno visual.
- El software debe contar con los atributos de calidad determinados en el proceso de ingeniería de software apartado de referencias Modelo de calidad.
- El software se desarrollará mediante licencia abierta (open source) y por tanto no se requerirá de licencia para su uso o instalación.

Restricciones de hardware.

- El software requiere para su uso ser visualizado, escuchado y tener un medio para interactuar con él, es decir *dispositivos de hardware* por el lado del usuario:
  - En el caso de ingreso mediante *computadora*:
    - Pantalla.
    - Teclado.
    - Mouse.
    - Parlante.
  - En el caso de ingreso mediante *teléfono móvil o tableta*:

- Pantalla Touch.
  - Parlante.
- Respecto a la memoria que debe disponer se requiere:
    - 90 MB de memoria disponible.
- El software requiere requiere:
    - Servidor web para alojar la página.
    - Servidor para almacenar la base de datos que tenga como mínimo 20 MB de memoria.

### Restricciones de política

- El software no almacenará datos privados del estudiante como por ejemplo su domicilio, rut, información de familiares, nombres y apellidos.

### Restricciones de tiempo

- El proyecto considera un tiempo de desarrollo de 6 meses desde su aceptación y en caso excepcional hasta 6 meses más, es decir no puede superar el año según artículo 27 del reglamento de titulación.

### Restricciones de habilidad

- Uso de control de versiones git.
  - Uso de framework angular.
  - Manejo de los siguientes lenguajes:
    - JavaScript.
    - Typescript.
    - HTML.
    - CSS.
- Uso de herramientas inteligentes.

### Suposiciones y dependencias

- Debe ser compatible con el navegador Microsoft Edge.

- Requiere conexión a internet.
- Será monousuario.

## Requisitos futuros

- Mejorar la interfaz a través de un diseñador ux/ui.
- Incorporación de mayor contenido audiovisual.
- Adaptación automática a las temáticas de mayor impacto en el usuario.
- Ampliación del ámbito de comprensión lectora.
- Identificación y gestión emocional por parte de los agentes.
- Tomar en cuenta explícitamente los tipos de procesamiento de información preferente del usuario.
- Recolección de datos para posterior medición de efectividad del software a nivel general e individual por estudiante.
- Añadir tienda de recompensas visuales para que el niño compre algunos ítems con monedas virtuales que otorga el software a medida que realiza progresos en el aprendizaje de la lectura.

## REQUISITOS ESPECÍFICOS

### Funciones

Para la especificación de requisitos específicos se utilizó la metodología mediante estímulos.

*Especificación de conceptos:*

<b>Identificador</b>	<i>ID del requisito.</i>
<b>Importancia</b>	<p><i>Para determinar la importancia se considera que tan crítico es el requisito para el núcleo del software, es decir para que pueda realizar la tutoría inteligente al usuario a través de los agentes. La importancia tiene tres categorías:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta.</li> <li>• Media.</li> <li>• Baja.</li> </ul>
<b>Actor</b>	<p><i>Quien desencadena el estímulo, los posibles son:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usuario.</li> <li>• Tutor.</li> <li>• Dixy.</li> </ul>
<b>Estímulo</b>	<i>Que desencadena el evento.</i>
<b>Caso de éxito</b>	<i>Cumplimiento del requisito</i>
<b>Caso de fracaso</b>	<i>Si el requisito no pudo llevarse a cabo</i>

Especificación de requisitos específicos:

<b>Identificador</b>	[RF01] Iniciar sesión
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	<i>El actor ha presionado el botón “ingresar”</i>
<b>Caso de éxito</b>	Transición al home de usuario.
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: Ingrese credenciales válidas.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF02] Ir a registro
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón “registrarse”
<b>Caso de éxito</b>	Transición a interfaz de Registro - Selector de avatar
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No ocurre la transición.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF03] Registrarse - Selector de avatar
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón “siguiente” luego de seleccionar un avatar.
<b>Caso de éxito</b>	Transición Registrarse - Ingreso de alias
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: Seleccione un avatar antes de continuar.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF04] Registrarse - Ingreso de alias
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón “siguiente” luego de ingresar un alias.
<b>Caso de éxito</b>	Transición Registrarse - Ingreso de correo
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: Ingrese un alias antes de continuar.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF05] Registrarse - Ingreso de correo
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario

<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón “siguiente” <i>luego de ingresar un correo.</i>
<b>Caso de éxito</b>	Transición <i>Registrarse - Ingreso de contraseña.</i>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mensaje: Ingrese un correo válido antes de continuar.</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	<b>[RF06] Registrarse - Ingreso de contraseña</b>
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón “siguiente” <i>luego de ingresar la contraseña.</i>
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transición, a interfaz de Login.</li> <li>Apertura, ventana con mensaje de éxito.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mensaje: Ingrese una contraseña antes de continuar.</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	<b>[RF07] Ir a Datos de usuario</b>
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón “Datos de usuario” ( <i>la imagen del avatar</i> ).
<b>Caso de éxito</b>	Transición a interfaz Datos de Usuario.
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No ocurre la transición.</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	<b>[RF08] Editar Dato de usuario - alias</b>
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón  asociado al <i>alias</i> .
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limpia el <i>alias</i>.</li> <li>Habilita la edición del “alias”.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No permite la edición del alias.</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	<b>[RF10] Cancelar cambio de alias</b>
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón  asociado al “alias”.
<b>Caso de éxito</b>	Restaura texto anterior.
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El alias no se restaura.</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF11] Editar Dato de usuario - contraseña
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón  asociado a la “contraseña”.
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Limpia la contraseña.</li> <li>● Habilita la edición de la “contraseña”.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No permite la edición de la contraseña.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF12] Efectuar cambio de contraseña.
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón  asociado a la “contraseña”.
<b>Caso de éxito</b>	Apertura Validación de cambio de contraseña.
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: Ingrese una nueva contraseña válida.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF13] Cancelar cambio de contraseña
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón  asociado a la “contraseña”.
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No ocurre el cambio de contraseña.</li> <li>● Restaura la contraseña oculta.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: No se restaura la contraseña oculta.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF14] Validación de cambio de contraseña.
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón  asociado a la “contraseña actual”.
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se cambia correctamente la contraseña del usuario.</li> <li>● Mensaje: Se ha modificado correctamente la “contraseña”.</li> <li>● Cierre ventana Validación de cambio de contraseña.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: La contraseña anterior ingresada no es válida.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF15] Cancelar validación de cambio de contraseña
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón  asociado a la “contraseña anterior”.

<b>Caso de éxito</b>	Restaura texto oculto en campo de contraseña.
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mensaje: Se cambia la contraseña.</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF16] Editar Dato de usuario - avatar
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón  asociado a “avatar”
<b>Caso de éxito</b>	Apertura Selector de avatar.
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mensaje: No se abre el selector</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF17] Efectuar cambio de avatar
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón  asociado al “avatar”.
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mensaje: Se ha modificado correctamente el “avatar”.</li> <li>Se cambia el avatar asociado al usuario.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mensaje: No se ha podido modificar el avatar.</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF18] Cancelar cambio de avatar
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón  asociado al “Selector de avatar”.
<b>Caso de éxito</b>	Cierre Selector de avatar.
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El selector de avatar se mantiene abierto o la imagen se ha modificado.</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF19] Ir a Intereses
<b>Importancia</b>	Media
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón Intereses.
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transición a intereses.</li> <li>Se visualiza sección temáticas.</li> <li>Se visualiza sección colores de interfaz.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No ocurre la transición a intereses.</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF20] Editar temáticas
----------------------	-------------------------

<b>Importancia</b>	Media
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón  asociado a las temáticas.
<b>Caso de éxito</b>	Se permite utilizar el Checkbox asociado a la temáticas.
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No ocurre nada.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF21] Guardar temáticas
<b>Importancia</b>	Media
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón  en la sección temática.
<b>Caso de éxito</b>	Se guardan las temáticas preferentes del usuario.
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: Debe seleccionar alguna temática.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF22] Cancelar edición de temáticas
<b>Importancia</b>	Media
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón  en la sección temática.
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No se efectúa ningún cambio.</li> <li>● Se bloquea el uso del Checkbox.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ocurre un cambio.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF23] Seleccionar colores de interfaz.
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado alguno de los botones que contienen una imagen representativa para los colores de interfaz.
<b>Caso de éxito</b>	Cambian los colores de la interfaz de usuario.
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No ocurre el cambio de color de la interfaz.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF25] Ir a Avances
<b>Importancia</b>	Media
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón Avances.
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Transición a Avances.</li> <li>● Se visualiza sección trofeos.</li> <li>● Se visualiza sección avances.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No ocurre la transición.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Identificador</b>	<b>[RF26] Iniciar Aprendizaje</b>
<b>Importancia</b>	Alta
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón Avances.
<b>Caso de éxito</b>	Apertura ventana emergente <i>selector de modo</i> .
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No se abre el selector de modo.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	<b>[RF27] Selector de modo - botón normal</b>
<b>Importancia</b>	Alta.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón normal.
<b>Caso de éxito</b>	Llamada al agente tutor. (código 0 normal)
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El tutor no interviene.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	<b>[RF28] Selector de modo - botón libre</b>
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Estímulo</b>	El actor ha presionado el botón Libre.
<b>Caso de éxito</b>	Transición selector de nivel - libre.
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No ocurre la transición.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	<b>[RF30] Selector de nivel - modo libre.</b>
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Estímulo</b>	Se presiona alguno de los niveles (todos disponibles).
<b>Caso de éxito</b>	Llamada al agente tutor (código 1 libre).
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El tutor no interviene.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	<b>[RF31] Selector de nivel - modo refuerzo.</b>
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Estímulo</b>	El actor presiona alguno de los niveles (solo los que ha concluido).
<b>Caso de éxito</b>	Llamada al agente tutor (código 2 refuerzo).
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El tutor no interviene.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF32] <b>Seleccionar Actividad Pedagógica - Normal</b>
<b>Importancia</b>	Alta
<b>Actor</b>	Tutor Inteligente
<b>Estímulo</b>	Llamada.
<b>Caso de éxito</b>	Propone una actividad pedagógica al estudiante: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Introducción.</li> <li>● Actividad.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El tutor propone una actividad pedagógica aleatoria.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF33] <b>Seleccionar Actividad Pedagógica - Libre</b>
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Actor</b>	Tutor Inteligente
<b>Estímulo</b>	Llamada
<b>Caso de éxito</b>	Propone una actividad pedagógica al estudiante de acuerdo al nivel que seleccionó.
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El tutor propone una actividad pedagógica aleatoria.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF34] <b>Seleccionar Actividad Pedagógica - Refuerzo</b>
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Actor</b>	Tutor Inteligente
<b>Estímulo</b>	Llamada
<b>Caso de éxito</b>	Propone una actividad pedagógica al estudiante de acuerdo al nivel que seleccionó con un <b>conocimiento temporal</b> .
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El tutor propone una actividad pedagógica aleatoria.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF35] <b>Ayuda Dixy - Solicitar.</b>
<b>Importancia</b>	Alta.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Estímulo</b>	Llamada.
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Brinda ayuda al estudiante según nivel, actividad y conteo de asistencia.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> Plantilla de textos motivadores.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Dixy no realiza ningún tipo de acción.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF36] <b>Ayuda Dixy - automática</b>
<b>Importancia</b>	Alta.
<b>Actor</b>	Dixy o usuario.

<b>Estímulo</b>	Llamada.
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brinda ayuda al estudiante según nivel, actividad y conteo de asistencia.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> Plantilla de textos motivadores.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dixcy no realiza ningún tipo de acción.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF37] <b>Concluir tutor - normal o libre</b>
<b>Importancia</b>	Alta.
<b>Actor</b>	Tutor inteligente
<b>Estímulo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ó Conteo de asistencia de dixcy igual a 5.</li> <li>• ó Respuesta correcta.</li> </ul>
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestra consultador de apreciación.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> Plantilla de textos motivadores.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No Muestra el consultador de apreciación</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF39] <b>Consultador de apreciación</b>
<b>Importancia</b>	Alta.
<b>Actor</b>	Tutor.
<b>Estímulo</b>	Llamado por el tutor cuando concluye una actividad.
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Muestra</b> de consultador de apreciación.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se muestra el consultador de apreciación.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF40] <b>Envío apreciación - normal</b>
<b>Importancia</b>	Alta.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Estímulo</b>	Se seleccionó una cantidad de estrellas en el consultador de apreciación.
<b>Caso de éxito</b>	<p>Llamada al agente tutor con la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Código de actuación 3 (<i>término normal</i>).</li> <li>• Apreciación.</li> <li>• Tiempo que ha demorado en resolver la actividad.</li> <li>• Intensidad de ayuda Dixcy.</li> <li>• El resultado de la actividad (booleano).</li> <li>• Identificador de actividad.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensaje: El valor de la apreciación a sido null (mensaje exclusivo <b>desarrolladores</b>)</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF41] Envío apreciación - libre
<b>Importancia</b>	Alta.
<b>Actor</b>	Usuario.
<b>Estímulo</b>	Se seleccionó una cantidad de estrellas en el consultador de apreciación.
<b>Caso de éxito</b>	Llamada al agente tutor con la siguiente información: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Código de actuación 4 (<i>término libre</i>).</li> <li>• Apreciación.</li> <li>• Tiempo que ha demorado en resolver la actividad.</li> <li>• Intensidad de ayuda Dixcy.</li> <li>• El resultado de la actividad (booleano).</li> <li>• Identificador de actividad.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensaje: El valor de la apreciación a sido null (mensaje exclusivo <i>desarrolladores</i>)</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF42] Cálculos agente tutor - normal
<b>Importancia</b>	Alta
<b>Actor</b>	Tutor Inteligente
<b>Estímulo</b>	Llamada
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se actualiza el <i>aprendizaje</i> en el nivel (tópico) respectivo.</li> <li>• Se actualiza la matriz de <i>transición</i> (SARSA).</li> <li>• Llamada al tutor con código de actuación 0.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se ha calculado el aprendizaje en el nivel.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF43] Cálculos agente tutor - libre
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Actor</b>	Tutor Inteligente
<b>Estímulo</b>	Llamada
<b>Caso de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se actualiza el <i>aprendizaje</i> en el nivel (tópico) respectivo.</li> <li>• Se actualiza la matriz de <i>transición</i>.</li> <li>• Llamada al tutor con código de actuación 1.</li> </ul>
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se ha calculado el aprendizaje en el nivel.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF45] Salir
<b>Importancia</b>	Alta
<b>Actor</b>	Usuario
<b>Estímulo</b>	El actor presiona el botón terminar actividad.
<b>Caso de éxito</b>	Se regresa al home.
<b>Caso de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No regresa al home.</li> </ul>

- **Mensaje:** No tiene conexión a internet.

## Interfaces externas

### Interfaces de usuario

Los requisitos que afectan a la interfaz del usuario son:

- Mascota interactiva Dixey.
- Contenido audiovisual.
- Elementos interactivos como:
  - Ventanas.
  - Menú.
  - Botones.
  - Cursor.

### Interfaces de hardware

Los dispositivos necesarios para el correcto funcionamiento del software son:

- Teclado.
- Mouse.
- Pantalla.

### Interfaces de comunicación

Las interfaces de comunicación externas son:

- Base de datos.
- Archivos.

## Requisitos de rendimiento

Se consideran los siguientes requisitos de rendimiento considerando que es un proyecto de tesis al que no se le realizará divulgación al no ser de uso comercial, se espera que sea usado únicamente por el grupo de desarrollo, profesor guía y el comité evaluador. Teniendo esto en cuenta:

- El *número esperado de usuarios* simultáneos conectados no será superior a 5 personas.
- El *número esperado de usuarios* registrados no será superior a 10 personas.
- La *información a guardar en la base de datos* son:

- *Datos de usuario - generales:*
  - Alias de usuario.
  - Correo electrónico.
  - Contraseña.
  - Avatar.
- *Datos de usuario - avance:*
  - Matriz numérica de *transiciones* almacenada en un string.
  - Matriz numérica de *avance* almacenada en un string.
- La frecuencia de uso de la base de datos es *alta*.
- La cantidad de registros que se espera a almacenar es como *máximo* la cantidad de actividades que puede ejecutar el tutor más las preferencias de usuario: *Centena*.

## Atributos del sistema

Los atributos del sistema para el producto software Dixy se encuentran especificados en el modelo de calidad.

## Otras consideraciones del sistema

- No requerirá intervención de un **maestro** humano.
- El sistema implementa una jerarquía de actividades **de acuerdo al nivel** (avance en los tópicos) y **conocimiento** (nivel cognitivo respecto de un tópico) del estudiante.

## ETAPA DE DISEÑO

### INTRODUCCIÓN

#### Propósito

Este documento tiene como finalidad generar y especificar el diseño sobre el cual se construirá el software, facilitando su desarrollo y siendo la base para la implementación, siendo una guía para los desarrolladores y una proyección para el cliente.

#### Preludio

El diseño debe cumplir con los atributos no funcionales especificados en el modelo de calidad, además de poder solventar los requisitos funcionales, teniendo en cuenta que es una aplicación web.

## DEFINICIONES, ACRÓNIMOS, ABREVIATURAS

ACRÓNIMOS	
<b>STI</b>	Sistema de tutoría inteligente.
<b>STIAAL</b>	Software de tutoría inteligente adaptativo para apoyar el aprendizaje de la lectura en niños.
<b>Dixy</b>	Nombre de la mascota del software y a su vez del proyecto.
<b>IEEE</b>	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (conocido por sus siglas IEEE en Inglés), es una asociación mundial de ingenieros dedicada a la normalización y el desarrollo en áreas técnicas.
<b>ERS</b>	Especificación de requisitos de software.

DEFINICIONES	
<b>Alias</b>	Sustituto del nombre propio.
<b>Requisito</b>	Condición o capacidad que necesita el usuario para resolver un problema o conseguir un objetivo determinado [Piattini, 1996].
<b>Agentes inteligentes</b>	Un agente es cualquier entidad que pueda <i>percibir</i> su entorno mediante sensores y <i>actuar</i> sobre ese entorno a través de actuadores. La <i>inteligencia</i> del agente va a depender del <i>comportamiento</i> del mismo, es decir que tan <i>racional</i> es; y de su <i>complejidad</i> (menor a mayor complejidad): <i>reflejo simple</i> , basado en <i>modelo</i> , basado en <i>objetivos</i> , basado en <i>utilidad</i> , basado en el <i>aprendizaje</i> .
<b>Sistemas multiagente</b>	<i>Entorno cooperativo</i> (De acuerdo a nuestro problema) donde participa más de un agente inteligente para conseguir maximizar la medida de rendimiento, en este tipo de entorno existe comunicación entre los agentes.
<b>Aprendizaje por refuerzo</b>	<i>Definición teórica:</i> El aprendizaje por refuerzo es aprender qué hacer, cómo asignar situaciones a acciones, para maximizar una señal de recompensa numérica. Explicado de otra forma... no se le dice al estudiante qué acciones tomar, sino que debe descubrir qué acciones producen la mayor recompensa probándolas.
<b>Sistema de tutoría inteligente</b>	Entorno de aprendizaje computarizado interactivo que proporciona actividades y sugerencias a través de retroalimentación personalizable e inmediata, mediante el análisis del estudiante durante el uso del sistema, enfatizando sus intereses, motivaciones y conocimientos; para adaptarse al estudiante promoviendo su aprendizaje.

## DISEÑO

### Diagrama de casos de uso.

Especificado en requisitos.

## Diseño por contrato

Especificación de conceptos:

<b>Identificador</b>	<i>ID de la funcionalidad</i>
<b>Importancia</b>	<p>Para determinar la importancia se considera que tan crítico es el requisito para el núcleo del software, es decir para que pueda realizar la tutoría inteligente al usuario a través de los agentes. La importancia tiene tres categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta.</li> <li>• Media.</li> <li>• Baja.</li> </ul>
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	<i>Descripción de la funcionalidad.</i>
<b>Precondición</b>	<i>Condiciones que debe cumplir la entrada para ser válida.</i>
<b>Flujo normal</b>	<i>Descripción de los procedimientos en ejecución normal sin errores.</i>
<b>Postcondición</b>	<i>Lo que se garantiza como condición de salida si se cumple la precondición.</i>
<b>Invariante</b>	<i>Propiedades no modificables hasta la postcondición.</i>
<b>Flujo de fracaso</b>	<i>Qué sucede si la precondición no se cumple.</i>

Especificación del diseño de las funcionalidades:

<b>Identificador</b>	[RF01] Iniciar sesión
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de iniciar sesión en la aplicación web.
<b>Precondición</b>	Evento. Correo. Contraseña. Base de datos disponible.
<b>Flujo normal</b>	Se consulta la base de datos buscando si el correo y la contraseña ingresada se encuentran en la misma, en caso de encontrarse procede a la postcondición. De lo contrario flujo de fracaso.
<b>Postcondición</b>	Transición a interfaz Home de usuario.
<b>Invariante</b>	Correo. Contraseña. BD.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensaje: Ingrese credenciales de usuario válidas.</li> <li>• Mensaje: No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	<b>[RF02] Ir a registro</b>
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de la transición a la interfaz de registro.
<b>Precondición</b>	Evento.
<b>Flujo normal</b>	Se presiona el botón de registro generando un evento de transición desde el login a la interfaz de registro.
<b>Postcondición</b>	Transición a interfaz de registro.
<b>Invariante</b>	Sin invariante.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No ocurre la transición.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	<b>[RF03] Registrarse - Selección de Avatar</b>
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada del registro de usuario específicamente el identificador del avatar.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Selección de una de las imágenes propuestas por el sistema.</li> <li>● Recurso no vacío.</li> <li>● Evento.</li> </ul>
<b>Flujo normal</b>	Se selecciona una de las imágenes de avatar proporcionadas por el sistema y se presiona siguiente, almacenando en una variable el identificador del avatar para posterior guardado en la base de datos.
<b>Postcondición</b>	Transición <i>Registrarse - Ingreso de alias</i>
<b>Invariante</b>	Recursos del sistema.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: Seleccione una imagen de avatar.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	<b>[RF04] Registrarse - Ingreso de alias</b>
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada del registro de usuario específicamente del dato alias.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alias validado según expresiones regulares (mínimo y máximo de caracteres, solo valores alfanuméricos)</li> </ul>
<b>Flujo normal</b>	El usuario ingresa un alias válido y presiona continuar, almacenando este dato en una variable para posterior registro.
<b>Postcondición</b>	Transición a <i>Registrarse - Ingreso de correo</i>
<b>Invariante</b>	Expresión regular.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: Ingrese un alias válido para continuar.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	<b>[RF05] Registrarse - Ingreso de correo</b>
----------------------	-----------------------------------------------

<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada del registro de usuario específicamente del dato correo.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ingresar correo validado según expresiones regulares (mínimo y máximo de caracteres permitidos, y que contenga punto después de un @).</li> <li>Correo inexistente en la base de datos.</li> </ul>
<b>Flujo normal</b>	El usuario ingresa un correo válido y presiona continuar, almacenando este dato en una variable para posterior registro.
<b>Postcondición</b>	Transición <i>Registrarse - Ingreso de contraseña</i>
<b>Invariante</b>	Expresión regular.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Mensaje:</b> Ingrese un correo válido para continuar.</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF06] Registrarse - Ingreso de contraseña
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada del registro de usuario específicamente del dato contraseña.
<b>Precondición</b>	Contraseña válida en mínimo y máximo de caracteres.
<b>Flujo normal</b>	El usuario ingresa una contraseña válida y presiona continuar, generando la postcondición en caso contrario flujo de fracaso.
<b>Postcondición</b>	Transición, a interfaz de Login. Apertura, ventana con mensaje de éxito. BD: Se ingresa el id del source del avatar, alias, correo y contraseña encriptada.
<b>Invariante</b>	Expresión regular.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Mensaje:</b> Ingrese una contraseña válida.</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF07] Ir a Datos de usuario
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de ir a la interfaz de datos de usuario.
<b>Precondición</b>	Evento. Datos de usuario no nulos ni vacíos.
<b>Flujo normal</b>	Se presiona el botón datos de usuario que es la imagen del avatar que seleccionó. Luego ocurre la transición a datos de usuario donde se observa el avatar, el alias y la contraseña que es ficticia para seguridad del usuario.
<b>Postcondición</b>	Transición a interfaz Datos de Usuario.
<b>Invariante</b>	Sin invariante.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No ocurre la transición.</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF08] Editar Dato de usuario - alias
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de habilitar la edición del alias del usuario.
<b>Precondición</b>	Evento. Datos de usuario no nulos ni vacíos.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón  asociado al <i>alias</i> lo que permite la edición del alias limpiando y tabulando hacia el respectivo campo.
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Limpia el <i>alias</i>.</li> <li>● Habilita la edición del “<i>alias</i>”.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Sin invariante.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No permite la edición del alias.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF09] Efectuar cambio de alias
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de confirmar el cambio del alias del usuario.
<b>Precondición</b>	Evento. Alias válido y distinto del actual.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón  asociado al “ <i>alias</i> ”. Esta acción confirma la edición del alias, siempre y cuando sea distinto al alias actual, actualizando el alias del usuario en la base de datos.
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: Se ha modificado correctamente el “<i>alias</i>”.</li> <li>● Se cambia el alias.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Sin invariante.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: El dato no es válido, no se ha podido modificar.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF10] Cancelar cambio de alias
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de cancelar el cambio del alias del usuario.
<b>Precondición</b>	El actor ha presionado el botón  asociado al “ <i>alias</i> ”.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón  asociado al “ <i>alias</i> ”. Esta acción cancela el cambio y restaura el alias además de inhabilitar la edición.
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Restaura el alias.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Sin invariante.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El alias no se restaura.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF11] Editar Dato de usuario - contraseña
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de habilitar la edición de la contraseña del usuario.
<b>Precondición</b>	Evento. Datos de usuario no nulos ni vacíos.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón  asociado a la contraseña lo que permite la edición de la contraseña limpiando y tabulando hacia el respectivo campo.
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Limpia la contraseña.</li> <li>● Habilita la edición de la “contraseña”.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Sin invariante.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No permite la edición de la contraseña.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF12] Efectuar cambio de contraseña.
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de confirmar el cambio de contraseña del usuario.
<b>Precondición</b>	Evento. Contraseña válida.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón  asociado a la “contraseña”. En el caso de ser válida se abre la confirmación secundaria de contraseña.
<b>Postcondición</b>	Apertura Validación de cambio de contraseña.
<b>Invariante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mínimo de caracteres.</li> <li>● Máximo de caracteres.</li> </ul>
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: La contraseña ingresada no es válida.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF13] Cancelar cambio de contraseña
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de cancelar el cambio de contraseña del usuario.
<b>Precondición</b>	Evento.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón  asociado a la contraseña. Esta acción cancela el cambio y restaura la contraseña además de inhabilitar la edición.
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No ocurre el cambio de contraseña.</li> <li>● Restaura la contraseña oculta.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Contraseña falsa para seguridad del usuario.</li> </ul>
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No se restaura la contraseña oculta.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF14] Validación de cambio de contraseña.
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de confirmar el cambio de contraseña del usuario.
<b>Precondición</b>	Evento. Contraseña nueva. Contraseña actual.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón <input checked="" type="checkbox"/> asociado a la “contraseña de validación”. En caso de que sea igual a la contraseña actual del usuario, se procede a la postcondición en caso contrario flujo de fracaso.
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: Se ha modificado correctamente la “contraseña”.</li> <li>● Cierre ventana Validación de cambio de contraseña.</li> <li>● Texto oculto en campo de contraseña.</li> <li>● BD: se actualiza la contraseña de usuario.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Sin invariante.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No se restaura la contraseña oculta.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF15] Cancelar validación de cambio de contraseña
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de cancelar la validación del cambio de contraseña.
<b>Precondición</b>	Evento.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón <input checked="" type="checkbox"/> asociado a la contraseña de validación. Esta acción cancela el cambio y restaura la contraseña además de inhabilitar la edición.
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No ocurre el cambio de contraseña.</li> <li>● Restaura la contraseña oculta.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Contraseña falsa para seguridad del usuario.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: La contraseña de confirmación ingresada no es válida.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF16] Editar Dato de usuario - avatar
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de habilitar
<b>Precondición</b>	Evento.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón <input checked="" type="checkbox"/> asociado al “avatar”. Lo que permite la apertura del selector de los avatares suministrados por el sistema.
<b>Postcondición</b>	Apertura Selector de avatar.
<b>Invariante</b>	Recursos suministrados por el sistema.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: No se abre el selector</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF17] Efectuar cambio de avatar
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de confirmar el cambio de avatar relacionado al usuario.
<b>Precondición</b>	Evento. Identificador de la imagen seleccionada.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón ✓ asociado al “avatar”. Si este ha seleccionado alguna de las opciones de avatar suministradas por el sistema entonces postcondición en caso contrario flujo de fracaso.
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: Se ha modificado correctamente el “avatar”.</li> <li>● BD: Se actualiza el identificador del avatar asociado al usuario.</li> <li>● Componente: Se cambia el avatar.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Sin invariante.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mensaje: No se ha podido modificar el avatar.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF18] Cancelar cambio de avatar
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de cancelar el cambio de avatar.
<b>Precondición</b>	Evento. Identificador del avatar actual del usuario.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón ✗ asociado al “Selector de avatar”. Cierra el selector de avatar y no ejecuta ninguna modificación.
<b>Postcondición</b>	Cierre Selector de avatar.
<b>Invariante</b>	Identificador del avatar actual del usuario.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El avatar se modifica.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF19] Ir a Intereses
<b>Importancia</b>	Media
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de visualizar y modificar los interés del usuario.
<b>Precondición</b>	Evento. Identificador de temáticas del usuario. Identificador de paleta de interfaz del usuario.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón Intereses, en caso de NO tener preferencias por defecto entonces flujo de fracaso, caso contrario postcondición.
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Transición a intereses.</li> <li>● Se visualiza sección temáticas.</li> <li>● Se visualiza sección colores de interfaz.</li> </ul>

<b>Invariante</b>	Temáticas disponibles. Paleta de interfaz disponible.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No ocurre la transición a intereses.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF20] Editar temáticas
<b>Importancia</b>	Media
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de permitir hacer uso de los checkbox asociados a las temáticas.
<b>Precondición</b>	Evento.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón  asociado a las temáticas, lo que permite hacer uso de los checkbox.
<b>Postcondición</b>	Se permite utilizar el Checkbox asociado a la temáticas.
<b>Invariante</b>	Temáticas disponibles.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No permite la edición.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF21] Guardar temáticas
<b>Importancia</b>	Media
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de guardar las preferencias de temáticas seleccionadas por el usuario.
<b>Precondición</b>	Evento. Checklist. Al menos 1 ítem seleccionado.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón  en la sección temática. Si se encuentra seleccionado al menos 1 ítem del checklist entonces postcondición, en caso contrario flujo de fracaso.
<b>Postcondición</b>	Se permite utilizar el Checkbox asociado a la temáticas.
<b>Invariante</b>	Temáticas disponibles.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensaje: Debe seleccionar alguna temática.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF22] Cancelar edición de temáticas
<b>Importancia</b>	Media
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de cancelar la edición de las temáticas del usuario.
<b>Precondición</b>	Evento. Temática/s inicial/es del usuario.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón  en la sección temática. Si las temáticas iniciales del usuario no se encuentran vacías entonces postcondición, caso contrario flujo de fracaso.
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se efectúa ningún cambio.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se bloquea el uso del Checkbox.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Temática/s inicial/es del usuario.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensaje: No restaura las temáticas que el usuario tenía seleccionadas.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF23] Seleccionar colores de interfaz.
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de cambiar los colores de la interfaz.
<b>Precondición</b>	<p>Evento. Paleta de colores interfaz.</p>
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado alguno de los botones que contienen una imagen representativa para las paletas de colores de la interfaz, esto genera la postcondición, en caso de que las paletas de colores no existan entonces flujo de fracaso.
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambian los colores de la interfaz.</li> <li>• BD: Se guarda la preferencia de colores de la interfaz relacionada al usuario.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Paleta de colores.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No ocurre el cambio de color.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF25] Ir a Avances
<b>Importancia</b>	Media
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de visualizar los avances del usuario.
<b>Precondición</b>	<p>Evento. Aprendizaje del usuario no vacío ni nulo.</p>
<b>Flujo normal</b>	El actor presiona el botón de avances en el home lo que genera una consulta en la base de datos respecto de los aprendizajes del usuario, en caso de ser nulos entonces flujo de fracaso en caso contrario postcondición.
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transición a Avances.</li> <li>• Se visualiza sección trofeos.</li> <li>• Se visualiza sección avances.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Sin invariante.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No ocurre la transición.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF26] Iniciar Aprendizaje
<b>Importancia</b>	Alta

<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de la apertura de los modos.
<b>Precondición</b>	Evento. Modos.
<b>Flujo normal</b>	El actor presiona el botón aprender en caso de no existir modos disponibles flujo fracaso, caso contrario postcondición.
<b>Postcondición</b>	Apertura ventana emergente <i>selector de modo</i> .
<b>Invariante</b>	Modos.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No ocurre la apertura del selector de modo.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF27] <b>Selector de modo - botón Guiado</b>
<b>Importancia</b>	Alta.
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de poner en funcionamiento el modo <i>Guiado</i> de aprendizaje es decir asistida por el tutor tomando en cuenta el aprendizaje y preferencias del usuario.
<b>Precondición</b>	Evento. Identificador del evento.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón <i>Guiado</i> generando la postcondición, en caso de que el código de actuación sea nulo o vacío flujo de fracaso.
<b>Postcondición</b>	Llamada al agente tutor con la siguiente información: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Código de actuación 0 (<i>Guiado</i>).</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Códigos de actuación.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El tutor no interviene.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF28] <b>Selector de modo - botón libre</b>
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de poner en funcionamiento el modo libre de aprendizaje es decir asistida por el tutor tomando en cuenta el aprendizaje y preferencias del usuario PERO solo de aquel nivel que quiera estudiar.
<b>Precondición</b>	Evento. Identificador del evento.
<b>Flujo normal</b>	El actor ha presionado el botón libre generando la postcondición, en caso de que el código de actuación sea nulo o vacío flujo de fracaso.
<b>Postcondición</b>	Transición selector de nivel - libre.
<b>Invariante</b>	Códigos de actuación.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No ocurre la transición al selector de nivel - libre.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF30] <b>Selector de nivel - modo libre.</b>
<b>Importancia</b>	Baja.

<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de llamar al agente tutor para iniciar las actividades pedagógicas, en el nivel que el usuario seleccionó.
<b>Precondición</b>	Evento. Identificador de evento. Nivel seleccionado.
<b>Flujo normal</b>	Se presiona alguno de los niveles (todos disponibles).
<b>Postcondición</b>	Llamada al agente tutor con la siguiente información: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Código de actuación 1 (<i>libre</i>).</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Listado de niveles.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tutor no interviene.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF32] <b>Seleccionar Actividad Pedagógica - Guiado</b>
<b>Importancia</b>	Alta
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de que el tutor intervenga para realizar una actividad pedagógica que corresponda con el aprendizaje y las preferencias del usuario.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código de actuación 0 (<i>Guiado</i>).</li> <li>• Consultar conocimiento en los niveles (tópicos) del estudiante en la base de datos.</li> <li>• Consultar intereses del usuario.</li> <li>• Ejecutar jerarquía de grafema.</li> <li>• Ejecutar jerarquía de bloom.</li> <li>• Explora o explota.</li> </ul>
<b>Flujo normal</b>	Se consulta la base de datos buscando el aprendizaje en cada nivel, una vez obtenga ese arreglo, llama a la jerarquía de grafema para obtener el orden de presentación de grafema, se busca el nivel de grafema con menor valor respetando el orden de la jerarquía, paso posterior se toma ese valor numérico transformándolo a una etiqueta lingüística, con esa etiqueta lingüística se llama a la jerarquía de bloom, para consultar las actividades disponibles con ese grado de bloom. Luego consulta a la matriz de transiciones buscando las actividades que mejores resultados den al usuario en caso de que el agente decida explotar, si decide explorar coje una actividad aleatoria de las que están disponibles según la jerarquía. Además consulta a la base de datos los intereses del usuario, para proveer actividades con las temáticas en concreto que le interesen.
<b>Postcondición</b>	Propone una actividad pedagógica al estudiante: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción.</li> <li>• Actividad.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cualquier dato de la base de datos no se modifica mientras el tutor esté deliberando la actividad pedagógica.</li> <li>• jerarquía de grafema.</li> <li>• Jerarquía de bloom.</li> </ul>
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tutor propone una actividad pedagógica aleatoria.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Identificador</b>	[RF33] <b>Seleccionar Actividad Pedagógica - Libre</b>
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de que el tutor intervenga para realizar una actividad pedagógica que corresponda con el nivel que el usuario ha seleccionado y sus preferencias.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Código de actuación 1 (<i>Libre</i>).</li> <li>● Consulta conocimiento del nivel que seleccionó.</li> <li>● Consultar intereses del usuario.</li> <li>● Ejecutar jerarquía de bloom.</li> <li>● Explora o explota.</li> </ul>
<b>Flujo normal</b>	Se consulta la base de datos buscando el aprendizaje en el grafema seleccionado, una vez obtiene ese valor lo transforma a una etiqueta lingüística, con esa etiqueta lingüística se llama a la jerarquía de bloom, para consultar las actividades disponibles con ese grado de bloom. Luego consulta a la matriz de transiciones buscando las actividades que mejores resultados den al usuario en caso de que el agente decida explotar, si decide explorar coje una actividad aleatoria de las que están disponibles según la jerarquía. Además consulta a la base de datos los intereses del usuario, para proveer actividades con las temáticas en concreto que le interesen.
<b>Postcondición</b>	Propone una actividad pedagógica al estudiante de acuerdo al nivel que seleccionó.
<b>Invariante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cualquier dato de la base de datos no se modifica mientras el tutor esté deliberando la actividad pedagógica.</li> <li>● Jerarquía de bloom.</li> </ul>
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El tutor propone una actividad pedagógica aleatoria.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF35] <b>Ayuda Dixcy - Solicitar</b>
<b>Importancia</b>	Alta.
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de controlar las ayudas que debe proporcionar la mascota compañero Dixcy.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Evento.</li> <li>● Nivel (tópico).</li> <li>● Actividad en desarrollo.</li> <li>● Conteo de asistencia.</li> <li>● Tiempo.</li> </ul>
<b>Flujo normal</b>	<p>Se presiona a Dixcy.</p> <p>Si el conteo de asistencia es igual a 0, entonces repetir discurso.</p> <p>Si el conteo de asistencia es igual a 1, entonces realizar la introductoria.</p> <p>Si el conteo de asistencia es igual 2, entonces explicar.</p> <p>Si el conteo de asistencia es igual a 3, entonces ejemplificar.</p>

	<p>Si el conteo de asistencia es igual a 4 especificar erróneas. Si el conteo de asistencia es igual a 5 entregar respuesta correcta..</p>
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brinda ayuda al estudiante según nivel, actividad y conteo de asistencia.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> Plantilla de textos motivadores.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel.</li> <li>• Actividad en desarrollo.</li> </ul>
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dixcy no realiza ningún tipo de acción.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF36] <b>Ayuda Dixcy - automática</b>
<b>Importancia</b>	Alta.
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de controlar las ayudas que debe proporcionar la mascota compañero Dixcy.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evento.</li> <li>• Nivel (tópico).</li> <li>• Actividad en desarrollo.</li> <li>• Conteo de asistencia.</li> <li>• Tiempo.</li> </ul>
<b>Flujo normal</b>	<p>Si el tiempo límite dividido 3 ha transcurrido entonces desencadenar.</p> <p>Si respuesta incorrecta por parte del usuario entonces desencadena.</p> <p>Sumar 1 al conteo de asistencia en cualquiera de los 2 casos anteriores.</p> <p>Si el conteo de asistencia igual 1, entonces repetir discurso.</p> <p>Si el conteo de asistencia igual 2, entonces eliminar respuestas erróneas.</p> <p>Si el conteo de asistencia igual 3, entonces darle la respuesta correcta.</p> <p>Entre cada asistencia debe existir un lapso de tiempo igual a límite de tiempo dividido en 3, en caso contrario mensaje motivador.</p>
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brinda ayuda al estudiante según nivel, actividad y conteo de asistencia.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> Plantilla de textos motivadores.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel.</li> <li>• Actividad en desarrollo.</li> </ul>
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dixcy no realiza ningún tipo de acción.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF37] <b>Concluir tutor - guiada o libre</b>
<b>Importancia</b>	Alta.
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de controlar el término de una actividad pedagógica guiada o libre.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respuesta.</li> <li>• Tiempo.</li> <li>• Conteo de asistencia.</li> <li>• Nivel (tópico).</li> <li>• Actividad en desarrollo.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código de actuación 0 guiada o 1 libre.</li> </ul>
<b>Flujo normal</b>	<p>Si el tiempo ha llegado al límite entonces postcondición.</p> <p>Si Dixcy le ha dado la respuesta correcta entonces postcondición.</p> <p>Si el usuario ha respondido correctamente entonces postcondición.</p>
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transición muestra consultador de apreciación con los siguientes atributos:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Código de actuación 3 o 4.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Invariante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo límite.</li> <li>• Conteo límite.</li> <li>• Nivel.</li> <li>• Actividad.</li> <li>• Códigos de actuación.</li> </ul>
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tutor no realiza ningún tipo de acción.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF39] Muestra consultador de apreciación
<b>Importancia</b>	Alta.
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de consultarle al usuario su apreciación respecto de una actividad.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evento.</li> <li>• Código 3 guiada o 4 libre.</li> </ul>
<b>Flujo normal</b>	Muestra el consultador de apreciación luego de un término de actividad guardando el código que lo ha llamado para uso posterior del agente.
<b>Postcondición</b>	Muestra de consultador de apreciación.
<b>Invariante</b>	Código de actuación.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tutor no realiza ningún tipo de acción.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF40] Envío apreciación - guiada
<b>Importancia</b>	Alta.
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de enviarle la apreciación al agente tutor.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evento.</li> <li>• Código 3 guiada.</li> </ul>
<b>Flujo normal</b>	El usuario selecciona una cantidad de estrellas para dar su apreciación de la actividad para luego desencadenar la postcondición. Si el valor de apreciación es vacío o null entonces flujo de fracaso.
<b>Postcondición</b>	<p>Llamada al agente tutor con la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Código de actuación 3 (<i>término guiada</i>).</li> <li>• Apreciación.</li> <li>• Tiempo que ha demorado en resolver la actividad.</li> <li>• Intensidad de ayuda Dixcy.</li> <li>• El resultado de la actividad (booleano).</li> <li>• Identificador de actividad.</li> </ul>

<b>Invariante</b>	Todos los atributos del postcondición.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mensaje: El valor de la apreciación a sido null (mensaje exclusivo <i>desarrolladores</i>)</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF41] <b>Envío apreciación - libre</b>
<b>Importancia</b>	Baja.
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de enviarle la apreciación al agente tutor en modo libre.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evento.</li> <li>Código 4 libre.</li> </ul>
<b>Flujo normal</b>	El usuario selecciona una cantidad de estrellas para dar su apreciación de la actividad para luego desencadenar la postcondición. Si el valor de apreciación es vacío o null entonces flujo de fracaso.
<b>Postcondición</b>	Llamada al agente tutor con la siguiente información: <ul style="list-style-type: none"> <li>Código de actuación 4 (<i>término libre</i>).</li> <li>Apreciación.</li> <li>Tiempo que ha demorado en resolver la actividad.</li> <li>Intensidad de ayuda Dixcy.</li> <li>El resultado de la actividad (booleano).</li> <li>Identificador de actividad.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Todos los atributos del postcondición.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mensaje: El valor de la apreciación a sido null (mensaje exclusivo <i>desarrolladores</i>)</li> <li><b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF42] <b>Cálculos agente tutor - guiada</b>
<b>Importancia</b>	Alta
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de realizar los cálculos de aprendizaje luego de que el usuario califica una actividad pedagógica guiada.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Código de actuación 3 (<i>término guiada</i> ).</li> <li>Apreciación.</li> <li>Tiempo que ha demorado en resolver la actividad.</li> <li>Intensidad de ayuda Dixcy.</li> <li>El resultado de la actividad (booleano).</li> <li>Identificador de actividad.</li> </ul>
<b>Flujo normal</b>	El agente utiliza los siguientes datos generados durante la realización de la actividad pedagógica: <ul style="list-style-type: none"> <li>Apreciación.</li> <li>Tiempo que ha demorado en resolver la actividad.</li> <li>Intensidad de ayuda Dixcy.</li> <li>El resultado de la actividad (booleano).</li> </ul>

	<p>Luego con esos datos calcula el aprendizaje, el cual toma en cuenta la motivación y el nivel cognitivo (más especificación en modelo solución).</p> <p>Posteriormente se toma el aprendizaje que ha tenido el usuario como recompensa para realizar los cálculos de las transiciones, teniendo en cuenta el identificador de la actividad (más especificación en modelo solución).</p> <p>Luego de los cálculos se llama a él mismo con código de actuación 0 para proponer la siguiente actividad pedagógica.</p>
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se actualiza el <i>aprendizaje</i> en el nivel (tópico) respectivo.</li> <li>• Se actualiza la matriz de <i>transición</i> (<i>SARSA/Motivación</i>).</li> <li>• Llamada al tutor con código de actuación 0.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Códigos de actuación.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se ha calculado el aprendizaje en el nivel.</li> <li>• <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

<b>Identificador</b>	[RF43] Cálculos agente tutor - libre
<b>Importancia</b>	Baja
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de realizar los cálculos de aprendizaje luego de que el usuario calificara una actividad pedagógica guiada.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código de actuación 4 (término libre).</li> <li>• Apreciación.</li> <li>• Tiempo que ha demorado en resolver la actividad.</li> <li>• Intensidad de ayuda Dixcy.</li> <li>• El resultado de la actividad (booleano).</li> <li>• Identificador de actividad.</li> </ul>
<b>Flujo normal</b>	<p>El agente utiliza los siguientes datos generados durante la realización de la actividad pedagógica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apreciación.</li> <li>• Tiempo que ha demorado en resolver la actividad.</li> <li>• Intensidad de ayuda Dixcy.</li> <li>• El resultado de la actividad (booleano).</li> </ul> <p>Luego con esos datos calcula el aprendizaje, el cual toma en cuenta la motivación y el nivel cognitivo (más especificación en modelo solución).</p> <p>Posteriormente guarda el aprendizaje que ha tenido el usuario como recompensa para realizar los cálculos de las transiciones, teniendo en cuenta el identificador de la actividad (más especificación en modelo solución).</p> <p>Luego de los cálculos se llama a él mismo con código de actuación 1 para proponer la siguiente actividad pedagógica.</p>
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se actualiza el <i>aprendizaje</i> en el nivel (tópico) respectivo.</li> <li>• Se actualiza la matriz de <i>transición</i>.</li> <li>• Llamada al tutor con código de actuación 1.</li> </ul>
<b>Invariante</b>	Códigos de actuación.
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se ha calculado el aprendizaje en el nivel.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Identificador</b>	[RF45] Salir
<b>Importancia</b>	Alta
<b>Descripción de la funcionalidad</b>	Funcionalidad encargada de regresar al home.
<b>Precondición</b>	Evento.
<b>Flujo normal</b>	El usuario presiona el botón salir, regresando al home.
<b>Postcondición</b>	Transición al home.
<b>Invariante</b>	Sin invariante
<b>Flujo de fracaso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No regresa al home.</li> <li>● <b>Mensaje:</b> No tiene conexión a internet.</li> </ul>

### Atributos no funcionales

Especificado en el documento de modelo de calidad STIAAL\_V1.

### Arquitectura del sistema

Cliente-servidor

SPA

Arquitectura del sistema

El sistema será implementado con una arquitectura basada en X. De manera general se compone de:

1. Frontend: Interfaz de usuario desarrollada con.....
2. Backend: conjunto de X para la Y.
3. Base de datos.

Patrón de implementación.

Front-end . Maqueta.

back-end

### Diseño de clases

Reemplazado por Diseño por contrato

### Diseño de datos

Adjuntado en Modelo Solución

## Maquetado visual

Interfaces

*interfaz login*



*Interfaz de registro*

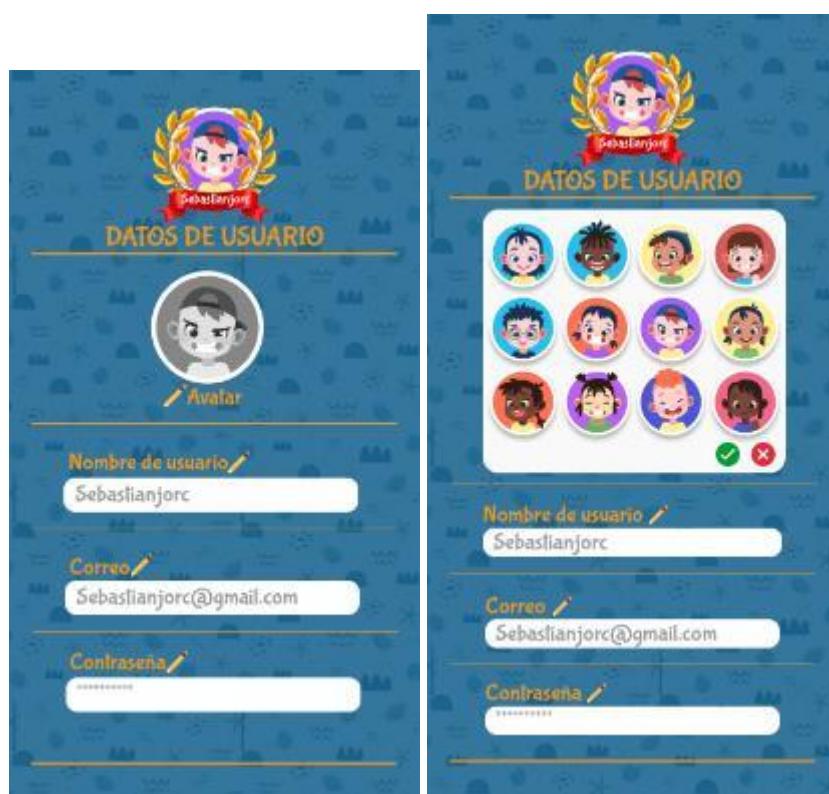




Interfaz Home

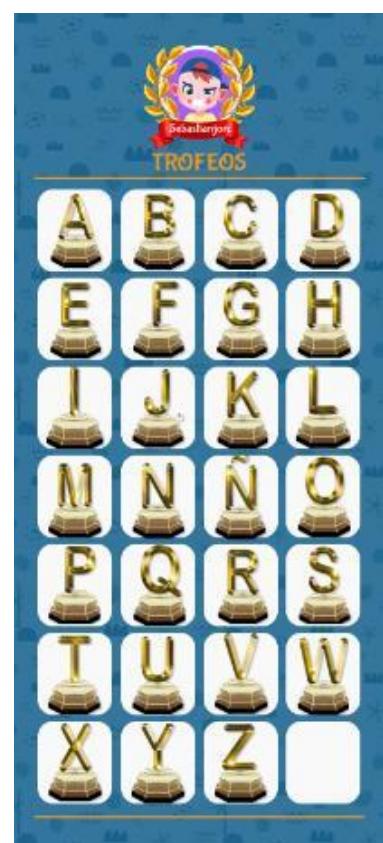


Interfaz de datos de usuario

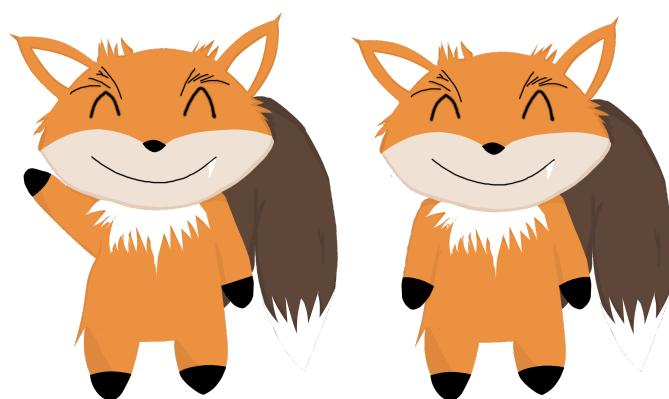


*Interfaz de Aprender*

*Nota: Vista de actividades en el apartado de modelo solución*

*Interfaz de avance*

*Interfaz de Intereses**Agente compañero*



### Diseño recompensas

Trofeos



Asistencia



Participación



Respuesta correcta



### ETAPA DE VERIFICACIÓN

MODELO DE CALIDAD

## Requisitos no funcionales

Para la selección de factores de calidad se utilizará la siguiente tabla:

Etiqueta	Definición
<b>Imprescindible</b>	Se exige al software el tener esta característica de calidad
<b>Importancia relativa</b>	El software se beneficiaría con esta característica de calidad
<b>Prescindible</b>	El software no requiere esta característica de calidad

Los factores de calidad según la ISO 25010, que se han determinado que corresponden para el software Dixcy son los siguientes:

<b>Adecuación funcional:</b> Representa la capacidad del producto software para proporcionar funciones que satisfacen las necesidades declaradas e implícitas, cuando el producto se usa en las condiciones especificadas.			
Subatributo	Descripción	Importancia	Argumento
<b>Completitud</b>	Grado en el cual el conjunto de funcionalidades cubre todas las tareas y los objetivos del usuario.	<b>Imprescindible</b>	Es importante que software cumpla con todas las funcionalidades propuestas
<b>Corrección</b>	Capacidad del producto o sistema para proveer resultados correctos con el nivel de precisión requerido.	<b>Prescindible</b>	No requiere que los resultados sean siempre correctos, pues el sistema irá aprendiendo y la falla es una alternativa
<b>Pertinencia</b>	Capacidad del producto software para proporcionar un conjunto apropiado de funciones para tareas y objetivos del usuario.	<b>Imprescindible</b>	Debe tener funciones específicas para tareas y objetivos acordes al usuario, haciendo alusión a la adaptabilidad que es característico de los STI

<b>Eficiencia:</b> Esta característica representa el desempeño relativo bajo ciertas características.			
Subatributo	Descripción	Importancia	Argumento
<b>Comportamiento temporal</b>	Los tiempos de respuesta y procesamiento de un sistema cuando lleva a cabo sus funciones bajo condiciones determinadas.	<b>Importancia relativa</b>	Las respuestas deben ser rápidas con el fin de no entorpecer la usabilidad ni el flujo de la enseñanza
<b>Utilización de recursos</b>	Las cantidades y tipos de recursos utilizados cuando el software lleva a cabo su función	<b>Importancia relativa</b>	El software debe cumplir con los recursos básicos, pero no requiere una optimización excesiva al ser

	bajo condiciones determinadas		solo un prototipo
<b>Capacidad</b>	Grado en que los límites máximos de un parámetro de un producto o sistema software cumplen con los requisitos.	<b>Imprescindible</b>	El software debe cumplir con los límites especificados para solicitudes, envíos y almacenamiento de información de usuarios paralelos, y considerar los tiempos.

**Compatibilidad:** Capacidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y/o llevar a cabo sus funciones requeridas cuando comparten el mismo entorno hardware o software. Esta característica se subdivide a su vez en las siguientes subcaracterísticas

Subatributo	Descripción	Importancia	Argumento
<b>Coexistencia</b>	Capacidad del producto para coexistir con otro software independiente, en un entorno común, compartiendo recursos comunes sin deterioro.	<b>Prescindible</b>	El software es independiente y no requiere coexistencia.
<b>Interoperabilidad</b>	Capacidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar y utilizar la información intercambiada.	<b>Imprescindible</b>	El software requiere el intercambio constante de información desde el cliente al servidor.

**Usabilidad:** Capacidad del producto software para ser entendido, aprendido, usado y resultar atractivo para el usuario, cuando se usa bajo determinadas condiciones.

Subatributo	Descripción	Importancia	Argumento
<b>Inteligibilidad</b>	Capacidad del producto que permite al usuario entender si el software es adecuado para sus necesidades.	<b>Imprescindible</b>	El software debe ser enfocado a responder las necesidades que el usuario tenga, siempre y cuando pertenezcan al contexto en que se desenvuelve el software que en este caso es un tutor para la lectura.
<b>Aprendizaje</b>	Capacidad del producto que permite al usuario aprender su uso.	<b>Imprescindible</b>	Requiere ser intuitivo para el usuario, ya que está dirigido a niños pequeños.
<b>Operabilidad</b>	Capacidad que permite al usuario operarlo y controlarlo con facilidad.	<b>Imprescindible</b>	Requiere ser intuitivo para el usuario con el fin de no complicar su experiencia.
<b>Protección frente a errores</b>	Capacidad del sistema para proteger a los usuarios de generar errores.	<b>Imprescindible</b>	El software debe ser capaz de evitar que el usuario tenga la posibilidad de generar errores durante su uso, con la finalidad de

			no entorpecer su funcionamiento ni la experiencia de usuario.
<b>Estética</b>	Capacidad de la interfaz de usuario de agradar y satisfacer la interacción con el usuario.	<b>Imprescindible</b>	Está enfocado a menores y por tanto el atractivo visual forma parte de la habilidad para generar interés en el usuario.

**Fiabilidad:** Capacidad de un sistema o componente para desempeñar las funciones especificadas, cuando se usa bajo unas condiciones y periodo de tiempo determinados.

Subatributo	Descripción	Importancia	Argumento
<b>Madurez</b>	Capacidad del sistema para satisfacer las necesidades de fiabilidad en condiciones normales.	<b>Imprescindible</b>	Las funcionalidades del software deben responder correctamente, con la finalidad de no entorpecer los procesos lectivos.
<b>Disponibilidad</b>	Capacidad del sistema o componente de estar operativo y accesible para su uso cuando se requiere.	<b>Imprescindible</b>	El software debe encontrarse disponible en toda condición normal para no entorpecer su propósito pedagógico.
<b>Tolerancia a fallos</b>	Capacidad para operar según lo previsto en presencia de fallos hardware o software.	<b>Importancia relativa</b>	El software debe ser capaz de funcionar correctamente posterior a un fallo evitando cierres inesperados o pérdidas de avance.
<b>Capacidad de recuperación</b>	Capacidad del producto software para recuperar los datos directamente afectados y restablecer el estado deseado del sistema en caso de interrupción o fallo.	<b>Prescindible</b>	El software no requiere este subatributo ya que las etapas lectivas son cortas y después de cada avance ocurre guardado de datos.

**Seguridad:** Capacidad de protección de la información y los datos de manera que personas o sistemas no autorizados no puedan leerlos o modificarlos.

Subatributo	Descripción	Importancia	Argumento
<b>Confidencialidad</b>	Capacidad de protección contra el acceso de datos e información no autorizados, ya sea accidental o deliberadamente.	<b>Importancia relativa</b>	El software maneja perfiles de usuario por lo que requerirá de contraseñas e información de preferencias de usuario que no deben ser expuestas.
<b>Integridad</b>	Capacidad del sistema o componente, para prevenir accesos o modificaciones, no autorizados a datos o programas de ordenador.	<b>Imprescindible</b>	De suma importancia ya que la modificación de los componentes del software por parte de terceros no autorizados generará que este deje de funcionar correctamente.
<b>No repudio</b>	Capacidad de demostrar las acciones o eventos que han tenido lugar, de	<b>Prescindible</b>	no requiere corroborar que las acciones han tenido lugar, ya que

	manera que dichas acciones o eventos no puedan ser repudiados posteriormente.		el repudio de acciones es irrelevante en este ámbito.
<b>Responsabilidad</b>	Capacidad de rastreo inequívoco de las acciones de una entidad.	<b>Importancia relativa</b>	El software requiere conocer las acciones que han realizado algunas entidades como el usuario y el agente.
<b>Autenticidad</b>	Capacidad de demostrar la identidad de un sujeto o un recurso.	<b>Imprescindible</b>	El software requerirá identificación de usuario para guardar avances.

**Mantenibilidad:** Esta característica representa la capacidad del producto software para ser modificada efectiva y eficientemente, debido a necesidades evolutivas, correctivas o perfectivas.

Subatributo	Descripción	Importancia	Argumento
<b>Modularidad</b>	Capacidad de un sistema o programa de ordenador (compuesto de componentes discretos) que permite que un cambio en un componente tenga un impacto mínimo en los demás.	<b>Imprescindible</b>	Importante para el software ya que debe tener bajo acoplamiento para evitar que la modificación de algunos de sus módulos afecte al resto.
<b>Reusabilidad</b>	Capacidad de un activo que permite que sea utilizado en más de un sistema software o en la construcción de otros activos.	<b>Prescindible</b>	No se exige la característica de reutilización para el proyecto.
<b>Analizabilidad</b>	Facilidad con la que se puede evaluar el impacto de un determinado cambio sobre el resto del software, diagnosticar las deficiencias o causas de fallos en el software, o identificar las partes a modificar.	<b>Imprescindible</b>	Importante para el software en caso de generar fallas debe ser informativo tanto para el equipo de desarrollo como para el usuario. Permitiendo trazabilidad.
<b>Capacidad para ser modificado</b>	Capacidad del producto que permite que sea modificado de forma efectiva y eficiente sin introducir defectos o degradar el desempeño.	<b>Importancia relativa</b>	El proyecto no exige la modificación posterior a su presentación, pero será útil que durante su desarrollo se facilite su modificación
<b>Capacidad de ser probado</b>	Facilidad con la que se pueden establecer criterios de prueba para un sistema o componente y con la que se pueden llevar a cabo las pruebas para determinar si se cumplen dichos criterios.	<b>Imprescindible</b>	Debe de ser posible aplicarle al software pruebas para poder determinar su correcto funcionamiento, contribuyendo a que los desarrolladores sean capaz de visualizar que el software cumple con sus funciones.

**Portabilidad:** Capacidad del producto o componente de ser transferido de forma efectiva y eficiente de

un entorno hardware, software, operacional o de utilización a otros.

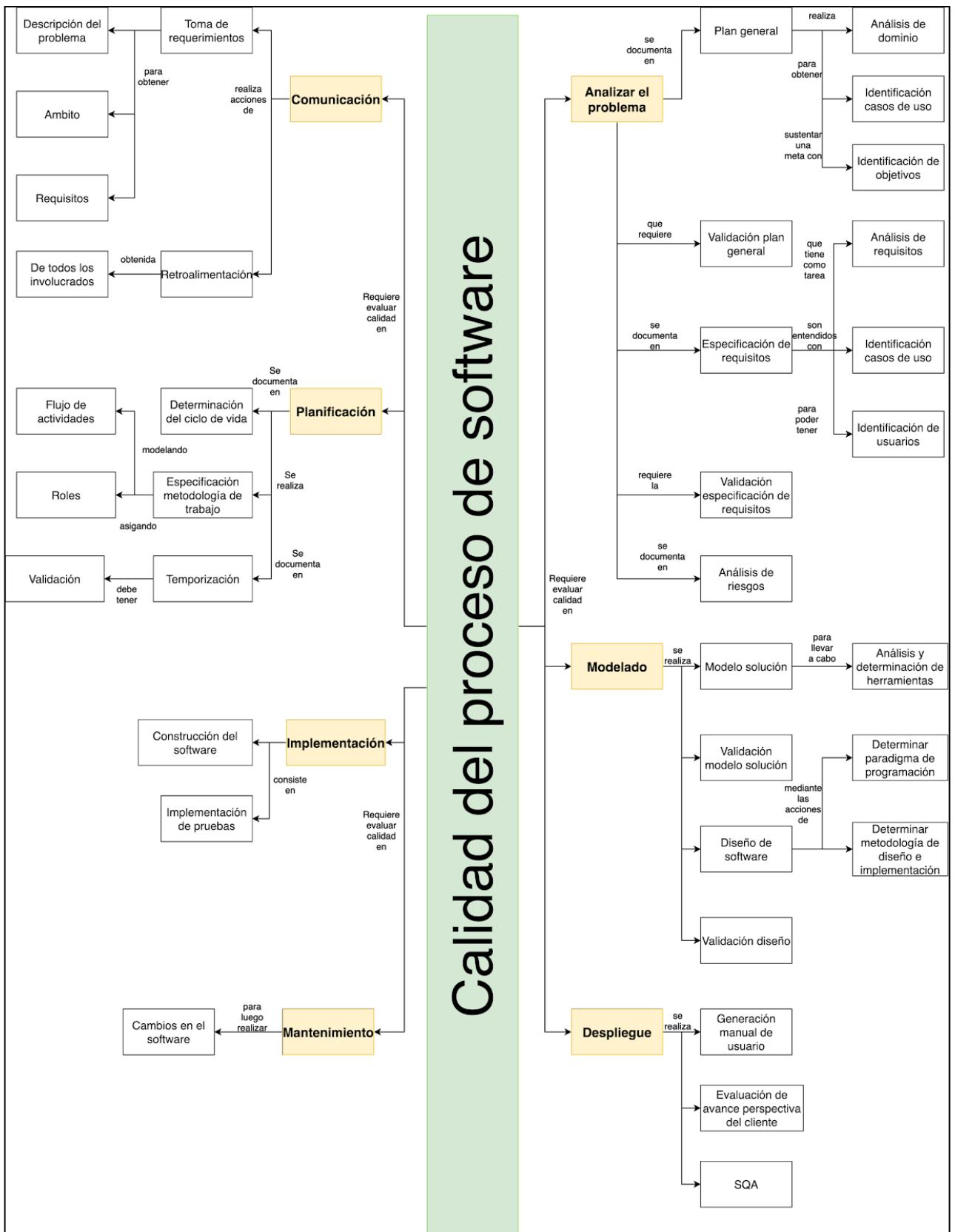
Subatributo	Descripción	Importancia	Argumento
<b>Adaptabilidad</b>	Capacidad del producto que le permite ser adaptado de forma efectiva y eficiente a diferentes entornos determinados de hardware, software, operacionales o de uso	<b>Importancia relativa</b>	Debe adaptarse a las pantallas de cada usuario y navegadores.
<b>Facilidad de instalación</b>	Facilidad con la que el producto se puede instalar y/o desinstalar de forma exitosa en un determinado entorno.	<b>Prescindible</b>	Será una aplicación web y por tanto no requerirá de instalación.
<b>Capacidad para ser reemplazado</b>	Capacidad del producto para ser utilizado en lugar de otro producto software determinado con el mismo propósito y en el mismo entorno.	<b>Prescindible</b>	No busca reemplazar otro software.

También se tiene en cuenta la perspectiva/Interés de los involucrados frente a cada uno de los atributos determinados (Internos/Externos).

Interesados	Atributos de calidad
<b>Desarrolladores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Completitud.</li> <li>● Comportamiento temporal.</li> <li>● Utilización de recursos.</li> <li>● Capacidad.</li> <li>● Interoperabilidad.</li> <li>● Protección frente a errores.</li> <li>● Responsabilidad.</li> <li>● Integridad.</li> <li>● Modularidad.</li> <li>● Analizabilidad.</li> <li>● Capacidad de ser modificado.</li> <li>● Capacidad de ser probado.</li> <li>● Autenticidad.</li> </ul>
<b>Usuario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Completitud.</li> <li>● Pertinencia.</li> <li>● Comportamiento temporal.</li> <li>● Inteligibilidad.</li> <li>● Aprendizaje.</li> <li>● Operabilidad.</li> <li>● Protección frente a errores.</li> <li>● Estética.</li> <li>● Madurez.</li> <li>● Disponibilidad.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confidencialidad.</li> <li>Tolerancia a fallos.</li> <li>Integridad.</li> <li>Adaptabilidad.</li> <li>Autenticidad.</li> </ul>
Profesor guía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todos.</li> </ul>

### Calidad del proceso



## Métricas de calidad del proceso

Para medir la calidad del proceso se plantean una serie de preguntas que tienen como objeto de métrica la Tasa que se describe de la siguiente forma:

Tipo de métrica	Valor	Valor normalizado
<b>Tasa</b>	$0 \leq x < 0.25$	1
	$0.25 \leq x < 0.5$	2
	$0.5 \leq x < 0.75$	3
	$0.75 \leq x < 1$	4
	$x = 1$	5

### Comunicación (CN)

1. ¿Se hizo toma de requerimientos?
  - a. ¿Se describió el problema?
  - b. ¿Se definió el ámbito?
  - c. ¿Se definieron los requisitos?
2. ¿Se hizo retroalimentación?
  - a. ¿Por todos los involucrados?

### Analizar el problema (AP)

1. ¿Se realizó un plan general?
  - a. ¿Se realizó análisis del dominio?
  - b. ¿Se identificaron los casos de uso?
  - c. ¿Se identificaron los objetivos?
  - d. ¿Se documentó?
  - e. ¿Se validó el plan general generado?
2. ¿Se realizó especificación de requisitos?
  - a. ¿Se analizaron los requisitos?
  - b. ¿Se analizaron los casos de uso?
  - c. ¿Se identificaron los usuarios?
  - d. ¿Se documentó?
  - e. ¿Se hizo validación?
3. ¿Se analizaron los riesgos?

### Planificación (PL)

1. ¿Se realizó ciclo de vida?
2. ¿Se definió la metodología de trabajo del grupo de desarrollo?
  - a. ¿Se documentó el flujo de actividades del grupo de desarrollo?
  - b. ¿Se designaron roles dentro del grupo de desarrolladores?

3. ¿Se realizó una temporización?
  - a. ¿La temporización realizada fue validada?

### Modelado (MOD)

1. ¿Se generó un modelo para la solución de la problemática?
  - a. ¿Se realizó un análisis y determinación de herramientas?
  - b. ¿Se validó el modelo generado?
2. ¿Se generó un diseño del software?
  - a. ¿Se estableció un paradigma de programación adecuado?
  - b. ¿Se estableció una metodología de diseño adecuada?
  - c. ¿Se realizó una implementación adecuada?
  - d. ¿El diseño fue validado?

### Implementación (IMP)

1. Construcción de software.
2. Implementación de pruebas.
  - a. ¿Cuál es el conteo de pruebas que se le efectuaron al software por parte de los desarrolladores?

### Despliegue (DES)

1. ¿Se generó un manual de usuario?
2. ¿Se realizaron evaluaciones de avance?
3. ¿Se realizaron revisiones SQA?
4. ¿El software cumple con los atributos de calidad determinados?, según:
  - a. Adecuación funcional.
  - b. Eficiencia.
  - c. Compatibilidad.
  - d. Usabilidad.
  - e. Fiabilidad.
  - f. Seguridad.
  - g. Mantenibilidad.
  - h. Portabilidad.
5. Implementación de pruebas por funcionalidad específica según ERS.
  - a. ¿Cuál es el conteo de pruebas que efectuaron los usuarios sobre la funcionalidad específica i?
    - i. ¿Se lleva a cabo correctamente durante el uso del software?
6. ¿El software cumple con la meta propuesta?.

### Mantenimiento (MAN)

1. ¿Se desarrolló el software respetando el diseño?
2. ¿Se desarrolló el software velando por la cohesión de cada uno de sus módulos?
3. ¿Se desarrolló el software velando por el bajo acoplamiento?

### Resultado métricas de calidad del proceso

Métricas de calidad	Valor
¿Se hizo toma de requerimientos?	1.00
<i>¿Se describió el problema?</i>	1.00
<i>¿Se definió el ámbito?</i>	1.00
<i>¿Se definieron los requisitos?</i>	1.00
¿Se hizo retroalimentación?	1.00
<i>¿Por todos los involucrados?</i>	1.00
<b>Evaluación métrica "Comunicación"</b>	<b>1.00</b>

¿Se realizó un plan general?	1.00
<i>¿Se realizó análisis del dominio?</i>	1.00
<i>¿Se identificaron los casos de uso?</i>	1.00
<i>¿Se identificaron los objetivos?</i>	1.00
<i>¿Se documentó?</i>	1.00
<i>¿Se validó el plan general generado?</i>	1.00
¿Se realizó especificación de requisitos?	0.94
<i>¿Se analizaron los requisitos?</i>	1.00
<i>¿Se analizaron los casos de uso?</i>	1.00
<i>¿Se identificaron los usuarios?</i>	1.00
<i>¿Se documentó?</i>	1.00
<i>¿Se hizo validación?</i>	0.70
¿Se analizaron los riesgos?	0.00
<b>Evaluación de métrica "Analizar el problema (AP)"</b>	<b>0.65</b>

¿Se realizó ciclo de vida?	1.00
¿Se definió la metodología de trabajo del grupo de desarrollo?	1.00
<i>¿Se documentó el flujo de actividades del grupo de desarrollo?</i>	1.00
<i>¿Se designaron roles dentro del grupo de desarrolladores?</i>	1.00
¿Se realizó una temporización?	1.00
<i>¿La temporización realizada fue validada?</i>	1.00
<b>Evaluación de métrica "Planificación (PL)"</b>	<b>1.00</b>

¿Se generó un modelo para la solución de la problemática?	1.00
<i>¿Se realizó un análisis y determinación de herramientas?</i>	1.00
<i>¿Se validó el modelo generado?</i>	1.00
¿Se generó un diseño del software?	0.88
<i>¿Se estableció un paradigma de programación adecuado?</i>	1.00



¿Se estableció una metodología de diseño adecuada?	1.00
¿Se realizó una implementación adecuada?	1.00
¿El diseño fue validado?	0.50
<b>Evaluación de métrica "Modelado (MOD)"</b>	<b>0.94</b>

Construcción de software.	1.00
Implementación de pruebas.	1.00
¿Cuál es el conteo de pruebas que se le efectuaron al software por parte de los desarrolladores?	120
<b>Evaluación de métrica "Implementación (IMP)"</b>	<b>1.00</b>

¿Se generó un manual de usuario?	1.00
¿Se realizaron evaluaciones de avance?	1.00
¿Se realizaron revisiones SQA?	1.00
¿El software cumple con los atributos de calidad determinados?, según:	<b>1.00</b>
Adecuación funcional.	1.00
Eficiencia.	1.00
Compatibilidad.	1.00
Usabilidad.	1.00
Fiabilidad.	1.00
Seguridad.	1.00
Mantenibilidad.	1.00
Portabilidad.	1.00
Implementación de pruebas por funcionalidad específica según ERS.	0.63
¿Cuál es el conteo de pruebas que efectuaron los usuarios sobre la funcionalidad específica i?	0.20
¿Se lleva a cabo correctamente durante el uso del software?	0.70
¿El software cumple con la meta propuesta?.	1.00
<b>Evaluación de métrica "Despliegue (DES)"</b>	<b>0.94</b>

¿Se desarrolló el software respetando el diseño?	0.70
¿Se desarrolló el software velando por la cohesión de cada uno de sus módulos?	0.50
¿Se desarrolló el software velando por el bajo acoplamiento?	0.70
<b>Evaluación de métrica "Mantenimiento (MAN)"</b>	<b>0.63</b>

## Enfoque ontológico

Es fundamental para hacer un buen modelo de calidad considerar el enfoque ontológico proporcionado por las métricas de Kesh<sup>10</sup>.

*Estructura:* Son las relaciones que asocian las entidades del modelo.

- *CO1: Adecuación al problema:* Se refiere a que tanto el modelo refleja el problema que se quiere solucionar con la implementación de este.
- *CO2: Solidez:* Hace referencia a que tanto el modelo sigue con los principios técnicos del diseño (buenas prácticas, orientado al diseñador).
- *CO3: Consistencia:* Refleja el nivel de contradicción que tenga el modelo E/R, es decir, que tan estable y coherente es el producto de software.
- *CO4: Concisión:* Nivel de redundancia que tiene el modelo E/R. Capacidad de ser conciso en el diseño.

*Contenido:* Los atributos de las entidades del modelo.

- *CO5: Compleción:* Nivel de relevancia de los atributos que pertenecen al modelo E/R. El modelo contiene todas las sentencias acerca del dominio que son correctas y relevantes.
- *CO6: Cohesión:* Es la cercanía de los atributos, es decir, se busca que estos estén relacionados.
- *CO7: Validez:* Hace referencia a que los atributos sean válidos dentro del modelo E/R. Corresponde con las necesidades de negocio de clientes y usuarios.

**Factor de calidad o de comportamiento:** Adecuación funcional.

---

<sup>10</sup> "Evaluating the quality of entity relationship models." [Evaluating the quality of entity relationship models - ScienceDirect](#)  
. Fecha de acceso 21 oct.. 2020.

	Compleitud	Pertinencia
<b>Estructura</b>		
Adecuación al problema	X	X
Solidez		
Consistencia	X	X
Concisión		X
<b>Contenido</b>		
Compleción	X	X
Cohesión		X
Validez	X	X

### Evaluación de los componentes ontológicos

Para medir la calidad de los factores de calidad se plantean una serie de preguntas que tienen como objeto de métrica la Tasa que se describe de la siguiente forma:

Tipo de métrica	Valor	Valor normalizado
Tasa	0 <= x <0.25	1
	0.25 <= x <0.5	2
	0.5 <= x <0.75	3
	0.75 <= x <1	4
	x = 1	5

#### Adecuación al problema (O1)

- Entrevista con usuario (valoración 1 a 5)
  - ¿Considera que el modelo que estamos proponiendo se adecua a su problema?
  - ¿El modelo considera los aspectos relevantes de su problema?
  - ¿El modelo toma todo el dominio del problema?

### Solidez (O2)

- Entrevista con el equipo técnico (valoración 1 a 5)
  - ¿Se aplicó diseño por contrato?
  - ¿Se utilizaron elementos de los principios SOLID y/o GRASP?
  - ¿Se identificaron malas prácticas en el modelo (DRY, elementos mejorables)?

### Consistencia (O3)

- También se evalúa con valor 1 a 5, y utiliza las siguientes fórmulas:
  - ¿El modelo presenta contradicciones?
  - Si presenta inconsistencias, ¿cuantas presenta y a que relaciones afecta?
  - ¿El modelo es coherente con el producto software?
- $O_3 = 5 - D$
- $D = \frac{R}{4n}$

Donde:

- $R$  = número de inconsistencias
- $n$  = número de relaciones en el modelo

### Concisión (O4)

- Valoración 0 a 1. Donde:
  - ¿El modelo es conciso con el diseño?
  - ¿El modelo cumple con la meta propuesta?
  - ¿El modelo presenta entidades y relaciones repetitivas?
  - Fórmula:  $M = 1 - (nR)/n$

Donde:

- $n$  = número de entidades en el modelo
- $nR$  = número de relaciones repetidas en el modelo
- $M$  = número máximo de puntaje = 1
- $M$  = número mínimo de puntaje = 0

### Compleción (O5)

- Se definen un conjunto de consultas a realizarse en el modelo y se les asigna un valor de importancia a cada una. Se realizan las consultas y por cada falla se le resta a 5 el valor de importancia de aquella pregunta.
  - ¿Las entidades del modelo consideran todos los atributos necesarios para su representación?
  - ¿El modelo contiene todas las sentencias lógicas del dominio del problema?
  - ¿Estas sentencias son correctas?

### Cohesión (O6)

- Considera:
  - ¿Cuántas entidades presentan este problema?
  - ¿Los atributos de las entidades de su modelo están relacionados? (a)

- *número de atributos relacionados/número total de atributos*
- ¿Su modelo presenta entidades “Dios” (entidades que contienen una gran porción de todos los atributos involucrados en el modelo)? (b)
  - $1 - (\text{número de entidades dios} / \text{número total de entidades})$
- ¿Presenta entidades con múltiples comportamientos, encargados de tareas no relacionadas? (c)
  - *número de comp no relacionados/número total de comp.*
- Resultado =  $((a) + (b) + (c)) / 3$

### Validez (O7)

- ¿El modelo cumple con las reglas del negocio? (a)
- ¿El modelo cumple con lo requerido por el cliente? (b)
- ¿El modelo cumple con los requisitos de los usuarios? (c)
- ¿Los atributos considerados son válidos? es decir, corresponden al modelo del mundo (entorno en el que se desenvuelve el problema con una determinada lógica) que se está tratando de resolver? (d)
  - Todos los atributos son válidos para todas las entidades = 1
  - Todos los atributos no son válidos para todas las entidades = 0
  - Fórmula:  $\sum_{i=1}^n \frac{o_{7i}}{n}$ ,
  - $o_{7i} = \text{número de atributos válidos/número total de atributos}$
  - n = total entidades
- Resultado =  $((a) + (b) + (c) + (d)) / 4$

### Métricas del enfoque ontológico

Métrica ontológicas	Valor
¿Considera que el modelo se está proponiendo se adecua a su problema	1.000
¿El modelo considera los aspectos relevantes de su problema?	1.000
¿El modelo toma todo el dominio del problema?	0.800
<b>Evaluación métrica "Adecuación al problema (O1)"</b>	0.933

¿Se aplicó diseño por contrato?	1.000
¿Se utilizaron elementos de los principios SOLID y/o GRASP?	1.000
¿Se identificaron malas prácticas en el modelo (DRY, elementos mejorables)?	1.000
<b>Evaluación métrica "Solidez (O2)"</b>	1.000

¿El modelo presenta contradicciones?.	1.000
Si presenta inconsistencias, ¿cuantas presenta y a que relaciones afecta?.	1.000
¿El modelo es coherente con el producto software?	1.000

<b>Evaluación métrica "Consistencia (O3)"</b>	<b>1.000</b>
-----------------------------------------------	--------------

¿El modelo es conciso con el diseño?	1.000
¿El modelo cumple con la meta propuesta?	1.000
¿El modelo presenta entidades y relaciones repetitivas?	1.000
<b>Evaluación métrica "Concisión (O4)"</b>	<b>1.000</b>

¿Las entidades del modelo consideran todos los atributos necesarios para su representación?	1.000
¿El modelo contiene todas las sentencias lógicas del dominio del problema?	1.000
¿Estas sentencias son correctas?	1.000
<b>Evaluación métrica "Compleción (O5)"</b>	<b>1.000</b>

¿Presenta entidades con uno o más atributos no relacionados?	0.978
¿Su modelo presenta entidades “Dios” (entidades que contienen una gran porción de todos los atributos involucrados en el modelo)?	0.500
¿Presenta entidades con múltiples comportamientos, encargados de tareas no relacionadas?	0.884
<b>Evaluación métrica "Cohesión (O6)"</b>	<b>0.787</b>

¿El modelo cumple con las reglas del negocio?	1.000
¿El modelo cumple con lo requerido por el cliente?	1.000
¿El modelo cumple con los requisitos de los usuarios?	1.000
¿Los atributos considerados son válidos? es decir, corresponden al modelo del mundo (entorno en el que se desenvuelve el problema con una determinada lógica) que se está tratando de resolver?	1.000
<b>Evaluación métrica "Validez (O7)"</b>	<b>1.000</b>

Factor de calidad o de comportamiento: Eficiencia.

	Comportamiento temporal	Utilización de recursos	Capacidad
<b>Estructura</b>			
Adecuación al problema	X	X	
Solidez		X	
Consistencia			X
Concisión			X

Contenido			
Compleción		X	X
Cohesión			
Validez	X		X

Factor de calidad o de comportamiento: Compatibilidad.

	Interoperabilidad
Estructura	
Adecuación al problema	X
Solidez	X
Consistencia	X
Concisión	X
Contenido	
Compleción	
Cohesión	X
Validez	X

Factor de calidad o de comportamiento: Usabilidad.

	Inteligibilidad	Aprendizaje	Operabilidad	Protección frente a errores	Estética
Estructura					
Adecuación al problema	X				
Solidez				X	X
Consistencia	x	x	X	X	
Concisión	x	x	X	X	
Contenido					
Compleción	X			X	
Cohesión	X	X	X		

Validez	X	X			X
---------	---	---	--	--	---

Factor de calidad o de comportamiento: Fiabilidad.

	Madurez	Disponibilidad	Tolerancia a fallos
<b>Estructura</b>			
Adecuación al problema			
Solidez	X	X	X
Consistencia	X	X	X
Concisión	x		
<b>Contenido</b>			
Compleción	X		
Cohesión			
Validez	X		X

Factor de calidad o de comportamiento: Seguridad.

	Confidencialidad	Integridad	Responsabilidad	Autenticidad
<b>Estructura</b>				
Adecuación al problema	X	X	X	X
Solidez		X		
Consistencia				X
Concisión			X	X
<b>Contenido</b>				
Compleción	X	X		X
Cohesión	X		X	X
Validez	X	X	X	X

Factor de calidad o de comportamiento: Mantenibilidad.

	Modularidad	Analizabilidad	Capacidad de ser modificado	Capacidad de ser probado

Estructura				
Adecuación al problema	X		X	
Solidez	X	X	X	X
Consistencia	X	X		X
Concisión	X	X	X	X
Contenido				
Compleción				
Cohesión	X	X	X	X
Validez				X

**Factor de calidad o de comportamiento: Portabilidad**

	Adaptabilidad
Estructura	
Adecuación al problema	X
Solidez	X
Consistencia	
Concisión	
Contenido	
Compleción	X
Cohesión	
Validez	X

**Fórmulas para el cálculo de la calidad del software**

Fórmula para la Calidad del software:

$$Q = \sum_{i=1}^N W_i * F_i$$

Fórmula para factores de calidad (o de comportamiento):

$$F_i = \frac{\sum_{j=1}^{M_i} P_{ij} * S_{ij}}{M_i}$$

Fórmula para los subfactores de calidad (o componentes de comportamiento):

$$S_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{L_{ij}} O_k}{L_{ij}}$$

Fórmula para el cálculo de calidad del software ampliada (reemplazando variables compuestas)

$$Q = \left\{ \sum_{i=1}^N W_i * \left[ \frac{\sum_{j=1}^{M_i} P_{ij} * \left( \frac{\sum_{k=1}^{L_{ij}} O_k}{L_{ij}} \right)}{M_i} \right] \right\}$$

**donde:**

**Nivel 3.**

- $Q$  : Cruce del modelo y factores de calidad
- $N$  : Número total de factores de calidad = 8
- $W_i$  : Peso del factor de calidad  $i$
- $F_i$  : Valor del factor de calidad  $i$

**Nivel 2.**

- $M_i$  : Número total de subfactores del factor  $i$
- $P_{ij}$  : Valor independiente del sub factor de calidad  $j$  del factor de calidad  $i$
- $S_{ij}$  : Sumatoria de los valores ontológicos implicados en el subfactor de calidad  $j$  del factor de calidad  $i$

**Nivel 1.**

- $L_{ij}$  : Número total de Componentes ontológicos implicados en el subfactor  $j$  del factor  $i$
- $O_k$  : Valor del componente ontológico  $k$

Los pesos de calidad de los factores de calidad se han calculado mediante el siguiente procedimiento:

1. Según etiqueta de importancia de un subfactor (Especificado en **tablas de requisitos no funcionales**) obtenemos los siguientes **valores de importancia**:

Etiqueta	Valor de importancia
Imprescindible	3
Importancia relativa	1

Prescindible	0
--------------	---

2. Se considera  $M_i$  : Número total de subfactores del factor  $i$ . Para obtener el **peso de los subfactores**  $\in Factor_i$

- Peso de los subfactores  $\in Factor_i$  =  $\frac{M_i}{\sum_0^I M_i}$

3. Para obtener el peso de cada Factor se debe considerar como F la cantidad de factores y Fj un Factor. entonces:

- Peso de Factor  $j$  =  $\frac{\sum_0^I M_{ij}}{\sum_{00}^{JI} M_{ij}}$
- $\sum_{00}^{JI} M_{ij}$  = Importancia total de los subfactores.

Tabla de pesos para factores y subfactores de calidad

Factor	Peso factor	Subfactores calidad	Valor de importancia	Peso subfactor
Usabilidad	0.2727	Inteligibilidad	3	0.20
		Aprendizaje	3	0.20
		Operabilidad	3	0.20
		Protección frente a errores	3	0.20
		Estética	3	0.20
Adecuación funcional	0.1091	Compleitud	3	0.5
		Pertinencia	3	0.5
Mantenibilidad	0.1818	Modularidad	3	0.6
		Analizabilidad	3	0.6
		Capacidad para ser modificado	1	0.2
		Capacidad de ser probado	3	0.6
Fiabilidad	0.1272	Madurez	3	0.43
		Disponibilidad	3	0.43

		Tolerancia a fallos	1	0.14
Eficiencia	0.0909	Comportamiento temporal	1	0.20
		Utilización de recursos	1	0.20
		Capacidad	3	0.60
Seguridad	0.1455	Confidencialidad	1	0.125
		Integridad	3	0.375
		Responsabilidad	1	0.125
		Autenticidad	3	0.375
Compatibilidad	0.05454	Interoperabilidad	3	1
Portabilidad	0.01818	Adaptabilidad	1	1

Una vez obtenido los valores de las mètricas ontológicas, los atributos de calidad y los respectivos pesos, podemos proseguir a obtener el valor de calidad del proyecto

Aplicamos las fòrmulas y obtenemos el valor del factor de calidad:

- *Adecuaciòn funcional:  $F_j = 0.9694$*
- *Eficiencia :  $F_j = 0.0909$*
- *Compatibilidad:  $F_j = 0.0545$*
- *Usabilidad:  $F_j = 0.2727$*
- *Fiabilidad:  $F_j = 0.1272$*
- *Seguridad:  $F_j = 0.1455$*
- *Mantenibilidad:  $F_j = 0.1818$*
- *Portabilidad:  $F_j = 0.0182$*

Multiplicamos cada valor por su correspondiente peso y sumamos cada producto. De esta forma obtenemos el valor de la calidad:

- $Q = 0.7921818186$

## CONCLUSIONES

Después de estudiar el ámbito teórico tanto de la lectura como del aprendizaje a nivel neuronal, y de haber generado un modelo computacional que toma en cuenta las aristas involucradas en el planteamiento del problema como por ejemplo, adaptabilidad, tiempo, curiosidad, atención, retroalimentación, complejidad de acuerdo a los conocimientos del individuo, sustentado por el marco teórico, se ha logrado avanzar hacia la implementación de un sistema multiagente de tutoría inteligente adaptativo en el contexto de la enseñanza de la lectura en niños de 4 a 7 años, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

El uso de herramientas como:

*La lógica difusa*, permite un mecanismo eficiente para modelar situaciones complejas en las que las variables:

- Son múltiples y pasan por un rango de valores continuos, ya que resulta más abordable y simple llevar a cabo inferencias y tomar decisiones lógicas empleando conjuntos difusos, que tratar de combinar uno a uno los valores continuos. Bajo esta situación emplear lógica difusa resulta más cercano a la realidad.
- No se comportan de manera binaria, es decir, no son simplemente verdaderas o falsas, sino que pueden tener diferentes niveles de certeza o grados de pertenencia.

*El algoritmo SARSA*, demostró ser efectivo para personalizar la enseñanza debido a que proporciona valores representativos en cada experiencia que tenga el niño frente a una actividad, esto permite conocer el efecto de cada acción que se lleva a cabo durante el proceso de aprendizaje. Lo que sugiere una ventaja frente al desconocimiento.

En el mismo contexto la *exploración* juega un rol crucial, al facilitar las instancias pertinentes para recabar datos del aprendizaje potencial que permiten las nuevas experiencias. Así como también limitarlas para no adentrarse en transiciones (actividades) poco fructíferas para el niño.

Por otra parte, el sistema de tutoría inteligente demuestra adaptabilidad ya que se ajusta según quien use el sistema. Esto resulta crucial porque permite a los niños avanzar a su propio ritmo y con un nivel de dificultad que sea adecuado para su nivel de conocimiento gracias al modelado de las actividades en torno a los niveles de bloom.

Adicionalmente, desde el punto de vista de los pilares del aprendizaje resulta beneficioso para el infante tener la oportunidad de equivocarse sin temor a una retroalimentación negativa. En este sentido resulta clave el acompañamiento que puede proporcionar un agente compañero, ya que resulta más cercano y amigable que un profesor en el contexto del aula, debido a que se muestra como un amigo en quién el niño puede apoyarse y sentirse acompañado durante sus procesos lectivos.

En general, se sugiere que el sistema de tutoría inteligente adaptativo es una herramienta con potencial para mejorar la calidad de la educación, considerando las ventajas de una interfaz amigable que es capaz replicar virtualmente elementos de la enseñanza tradicional y a su vez incorporar nuevas herramientas informáticas que sumen posibilidades a la hora de enseñar, y sobre todo personalizable para cada instancia de aprendizaje.

Sin embargo, se debe considerar que esto no sugiere un reemplazo de la tutoría humana, ya que esta última adquiere un valor emocional generada a través de la interacción humana que enriquece el proceso lectivo, sino que este proyecto se enfoca más bien como un apoyo para mejorar el aprendizaje, y una ayuda para adquirir nuevas habilidades tanto tecnológicas como del lenguaje de forma más eficaz. Además se insta a que se realicen más investigaciones para evaluar su efectividad ya sea en esta área del aprendizaje de la lectura como en otras áreas de la educación. Y a fomentar el desarrollo de este tipo de herramientas informáticas para alcanzar cada vez mejores resultados de adaptabilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS

- Alonso, Catalina & Gallego, Domingo & Honey, Peter. (2007). Los Estilos de Aprendizaje: Procedimientos de diagnóstico y mejora. Universidad de Deusto.
- Dehaene, Stanislas (2014). El cerebro lector: Últimas noticias de las neurociencias sobre la lectura, la enseñanza, el aprendizaje y la dislexia (2da Ed.). Buenos Aires: Siglo XXI Editores, México.
- Dehaene, Stanislas (2015). Aprender a leer: De las ciencias cognitivas al aula (1ra Ed). Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina.
- Dehaene, Stanislas (2019). ¿Cómo aprendemos? Los cuatro pilares con los que la educación puede potenciar los talentos de nuestro cerebro (1ra Ed.). Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina.
- Lorin W. Anderson, David R. Krathwohl. (2001). A taxonomy for learning teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, Longman (Londres).
- Michael I. Posner, Marcus E. Raichle. (1997). Images of mind. Scientific American Library, United States of America.
- Pressman, R., Bruce R. Maxim (2019). Software Engineering: A practitioner's approach (9th ed). New York: McGraw-Hill Education.
- Quilin, Antonio. (1997). Principios de fonología y fonética española. Arco Libros, Madrid.
- Richard S. Sutton and Andrew G. Barto. (2018). Reinforcement learning. The MIT press. Cambridge.
- Roger Nkambou, Jacqueline Bourdeau, Riichirio Mizoguchi, et al. (2010). Advances in Intelligent Tutoring Systems. Springer. Berlin.
- Russell, S., Novig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach (Global Ed.). London: Pearson Educación.

### ARTÍCULOS

- Abrami, P.C., Chambers, B., Slavin, R.E., Madden, N.A., Logan, M.K., & Gifford, R. (2011). Small-Group, Computer-Assisted Tutoring to Improve Reading Outcomes for Struggling First and Second Graders. *The Elementary School Journal*, 111, 625-640.
- Akputu, O. K., Seng, K. P., Lee, Y., & Ang, L. (2018). Emotion Recognition Using Multiple Kernel Learning toward E-learning Applications. *ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl.* 14, 1, Article 1 (February 2018), 20 pages.  
DOI:<https://doi.org/10.1145/3131287>
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, Longman (Londres).
- Baquero, S., Carreiras, M., Martinez, G., Seghier, M., et al. (2009). An anatomical signature for literacy. *Nature* 461, 983–986. <https://doi.org/10.1038/nature08461>
- Barto, A. G., Sutton, R. S. (2018). Reinforcement learning. The MIT press. Cambridge.
- Chambers, B., Slavin, R.E., Madden, N.A., Abrami, P.C., Logan, M.K., & Gifford, R. (2011). Small-Group, Computer-Assisted Tutoring to Improve Reading

- Outcomes for Struggling First and Second Graders. *The Elementary School Journal*, 111, 625-640.
- Chimalakonda, S., Nori, K.V. (2020). An ontology-based modeling framework for design of educational technologies. *Smart Learn. Environ.* 7, 28. <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00135-6>
  - CostaGuta, R. (2006). Una revisión de desarrollos inteligentes para aprendizaje colaborativo soportado por computadora. *Ingeniería informática*, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina, ISSN 0717-4195, Nº. 13.
  - Davis, M. H., Rastle, K., Marslen-Wilson, W. D., & Tyler, L. K. (2000). Morphological and semantic effects in visual word recognition: A time-course study, *Language and Cognitive Processes*, 15:4-5, 507-537.
  - Defior, S. (2014). Procesos implicados en el reconocimiento de las palabras escritas. *Aula: Revista de Enseñanza e Investigación Educativa*, 20, 25-44.
  - Diuk, B. (2007). El Aprendizaje Inicial de la Lectura y la Escritura de Palabras en Español: Un Estudio de Caso. *Psykhe* (Santiago), 16, 27-39.
  - Estrada García, A. (2018). Estilos de aprendizaje y rendimiento académico. *Revista Boletín Redipe*, 7(7), 218–228.
  - Ferroni, M., Diuk, B., & Mena, M. (2016). Desarrollo de la lectura y la escritura de palabras con ortografía compleja: sus predictores. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 34(2), 253-271.
  - Figueroa, V., & Lissi, M. R. (2005). La lectura en personas sordas: consideraciones sobre el rol del procesamiento fonológico y la utilización del lenguaje de señas. *Estudios pedagógicos* (Valdivia), 31(2), 105-119.
  - García-Rodríguez, A., & Gómez-Díaz, R. (2016). Niños y app: aprendiendo a leer y escribir en digital. *Children and Apps: Learning to read and write digitally*. Alabe. *Revista de Investigación sobre lectura y Escritura*.
  - González V., R., & Hornauer-Hughes, A. (2014). *Cerebro y Lenguaje*.
  - Herrera, L., & Defior, S. (2005). Una Aproximación al Procesamiento Fonológico de los Niños Prelectores: Conciencia Fonológica, Memoria Verbal a Corto Plazo y Denominación. *Psykhe* (Santiago), 14(2), 81-95.
  - Hogo, M. A. (2010). Evaluation of e-learning systems based on fuzzy clustering models and statistical tools. *Expert systems with applications*, 37(10), 6891-6903.
  - Jordan, P., et al.: Interactive event: the Rimac tutor - a simulation of the highly interactive nature of human tutorial dialogue. In: Lane, H.C., Yacef, K., Mostow, J., Pavlik, P. (eds) *AIED 2013. LNCS (LNAI)*, vol. 7926, pp. 928–929. Springer, Heidelberg (2013). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39112-5\\_148](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39112-5_148)
  - Kathwohl, D. R., & Anderson, L. W. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Longman.
  - Kocherthalier, S. C. V. D. (2022). La pandemia de la covid-19 y sus repercusiones en el ámbito educativo para niños y niñas de cero a ocho años. *Perspectivas glocales. InterNaciones*, (22), 101–120. <https://doi.org/10.32870/in.vi22.7202>
  - Kulik, J. A., & Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems: A Meta-Analytic Review. *Review of Educational Research*, 86(1), 42–78. <https://doi.org/10.3102/0034654315581420>
  - Lenhard, W., Baier, H., Endlich, D., Schneider, W., & Hoffmann, J. (2013). Rethinking strategy instruction: direct reading strategy instruction versus computer-based guided practice. *Journal of Research in Reading*, 36(2), 223-240.
  - Liew, T.W., Mat Zin, N.A. & Sahari, N. (2017). Exploring the affective, motivational and cognitive effects of pedagogical agent enthusiasm in a multimedia learning environment. *Human-Centered Computing and Information Sciences*, 7, 9. <https://doi.org/10.1186/s13673-017-0089-2>
  - Manjón Cabeza Cruz, A., & Díaz Perea, M. R. (2012). Fases y evolución de la conciencia ortográfica infantil.
  - McConkie, G. W., & Rayner, K. (1975). The span of the effective stimulus during a fixation in reading. *Perception & Psychophysics*, 17, 578–586.

- McNamara, D. S., O'Reilly, T., Rowe, M., Boonthum, C., & Levinstein, I. (2007). iSTART: A Web-based tutor that teaches self-explanation and metacognitive reading strategies. In D. S. McNamara (Ed.), *Reading comprehension strategies: Theories, interventions, and technologies* (pp. 397–420). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Medina, A. (2006). Enseñar a Leer y a Escribir: ¿En qué Conceptos Fundamentar las Prácticas Docentes?. *Psykhe* (Santiago), 15(2), 45-55.
- Montealegre, R., & Forero, L. A. (2006). Desarrollo de la lectoescritura: adquisición y dominio. *Acta Colombiana de Psicología*, 9(1), 25-40.
- Noguera, J., Ayeni, F., Okuboyejo, S., & Adusumilli, S. (2017). Towards a Web-based Adaptive and Intelligent Tutoring System. *International Journal of Computing and Informatics*, 1(1).
- Oryina Kingsley Akputu, Kah Phooi Seng, Yunli Lee, and Li-Minn Ang. 2018. Emotion Recognition Using Multiple Kernel Learning toward E-learning Applications. *ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl.* 14, 1, Article 1 (February 2018), 20 pages. DOI:<https://doi.org/10.1145/3131287>
- PACHECO, N. E., LÓPEZ, S. M., & GÓMEZ, M. S. (2019). La importancia de la inteligencia emocional del profesorado en la misión educativa: impacto en el aula y recomendaciones de buenas prácticas para su entrenamiento. *Voces de la educación*.
- Poch-Olivé, M. (2001). Neurobiología del desarrollo temprano. Contextos educativos: *Revista de educación*, ISSN 1575-023X, Nº 4, 2001 (Ejemplar dedicado a: Desarrollo cognitivo y educación), págs. 79-94.
- Ribeiro, B. M. D. S. S., Comin, F. S., & Barcellos Dalri, R. D. C. D. M. (2020). Being a professor in the context of the COVID-19 pandemic: reflections on mental health. *Index de Enfermería*, 29(3), 137-141. Epub 25 de enero de 2021.
- Sychev O., Anikin A., Penskoy N., Denisov M., Prokudin A. (2021) Compprehension - Sistema de tutoría inteligente basado en modelos a nivel de comprensión. En: Cristea A.I., Troussas C. (eds) *Intelligent Tutoring Systems. ITS 2021. Lecture Notes in Computer Science*, vol 12677. Springer, Cham.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-80421-3\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-80421-3_6)
- Saha, S., Dhamecha, T., Marvaniya, S., Foltz, P. (PDF) Joint multi-domain learning for automatic short answer grading.  
[https://www.researchgate.net/publication/331343422\\_Joint\\_Multi-Domain\\_Learning\\_for\\_Automatic\\_Short\\_Answer\\_Grading](https://www.researchgate.net/publication/331343422_Joint_Multi-Domain_Learning_for_Automatic_Short_Answer_Grading)
- Skeide, M. A., Kumar, U., Mishra, R. K., Tripathi, V. N., Guleria, A., Singh, J. P., Eisner, F., & Huettig, F. (2017). Learning to read alters cortico-subcortical cross-talk in the visual system of illiterates. *Science advances*, 3(5), e1602612.
- Steinmauer A., Pirker J., Gütl C. (2020) sCool - Game Based Learning in STEM Education: A Case Study in Secondary Education. In: Auer M., Tsatsos T. (eds) *The Challenges of the Digital Transformation in Education. ICL 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 916. Springer, Cham.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-11932-4\\_58](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11932-4_58)
- Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement learning. The MIT press. Cambridge.
- Xu, Z., Wijekumar, K., Ramirez, G., Hu, X., & Irey, R. (2019). The effectiveness of intelligent tutoring systems on K-12 students' reading comprehension: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 3119-3137.

## RECURSOS

- Betto, F. (2021). Educación y Pandemia. Conferencia Congreso Pedagogía 2021.
- Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas del Ministerio de Educación en Chile. Biblioteca Digital Mineduc, Portal para el

desarrollo docente y la comunidad educativa. Materia 1° y 2°. Recuperado el 27 de octubre del 2021 en <https://bibliotecadigital.mineduc.cl/>

- Garrido Contreras, M. D. (2020). Educar en tiempos de pandemia: acentuación de las desigualdades en el sistema educativo chileno. ISSN 2675-1496. Rev. Caminhos da Educação: diálogos, culturas e diversidades.
- Unicef. (Primera edición, abril de 2020). Encuesta de Percepción y Actitudes de la Población. Impacto de la pandemia COVID-19 y las medidas adoptadas por el gobierno sobre la vida cotidiana.
- Unidad de Curículum y Evaluación del Ministerio de Educación en Chile. Curriculum Nacional de Lenguaje y Comunicación 1° y 2° básico. Recuperado el 27 de Octubre del 2021, <https://www.curriculumnacional.cl/portal/Educacion-General/Lenguaje-y-comunicacion-Lengua-y-literatura/>