

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA



MODELO COMPUTACIONAL EN APOYO A
TERAPIAS DEL LENGUAJE

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

PRESENTA

JOSÉ ABRAHAM BAEZ BAGATELLA

ASESORA: DRA. DARNES VILARIÑO AYALA

CO-ASESORA: DRA. MARÍA JOSEFA SOMODEVILLA GARCÍA

PUEBLA, PUEBLA

2017

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ESTADO DEL ARTE	5
2.1. CONDICIONES QUE SE PRESENTAN EN EL TRASTORNO DEL LENGUAJE	8
2.1.1. DISLEXIA	8
2.1.2. TRASTORNO POR DÉFICIT DE ATENCIÓN	9
2.1.3. AUTISMO	11
3. MARCO TEÓRICO	15
3.1. EL LENGUAJE	15
3.2. TERAPIA DEL LENGUAJE	17
3.3. PROCESAMIENTO DE LENGUAJE NATURAL	17
3.3.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS	18
3.3.2. APLICACIONES DEL PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL	18
3.3.3. EL RECONOCIMIENTO DE VOZ	19
3.3.4. LOS MODELOS DE LENGUAJE	19
3.4. METODOLOGÍA	20
4. DESARROLLO	23
4.1. ANÁLISIS Y DISEÑO	23
4.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
4.1.2. ESCENARIO	24
4.1.3. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	25
4.1.4. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	26

4.1.5.	ALCANCES	26
4.1.6.	ANÁLISIS DEL SISTEMA	27
4.2.	IMPLEMENTACIÓN	48
4.2.1.	MODELADO NAVEGACIONAL	49
4.2.2.	PROCESOS	50
4.2.3.	PRODUCTOS DE DESARROLLO	58
5.	EXPERIMENTOS	73
5.1.	PRUEBAS INICIALES DEL TRANSCRIPTOR	73
5.1.1.	ESCENARIO 1	74
5.1.2.	ESCENARIO 2	77
5.1.3.	ESCENARIO 3	79
5.2.	EXPERIMENTACIÓN Y PRUEBAS CON SATTEL	83
6.	RESULTADOS	89
6.1.	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS CON SATTEL	89
7.	CONCLUSIONES	95
8.	TRABAJO FUTURO	97
	Bibliografía	99

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El estudio del desarrollo y habilidades humanas proporcionan hoy en día un amplio campo de estudio para diversas áreas, el entender los procesos de la mente humana ha ayudado a crear diversas herramientas, técnicas y nuevos estudios para la prevención y tratamiento de las condiciones que puedan afectarle en el desarrollo saludable y funcional de su cuerpo y habilidades. Estas condiciones deben ser determinadas por un profesional en el área y su tratamiento debe ser igualmente decidido por él. Una condición que afecta el desarrollo del ser humano, y del que este trabajo tratará, es el trastorno específico del lenguaje (TEL) un trastorno que retrasa la adquisición del lenguaje oral en niños que no tienen pérdida de audición, o algún aparente defecto físico que le impida el desarrollo de este.

El lenguaje es un sistema de comunicación estructurado basado en el conjunto de signos y sonidos utilizados por el ser humano para transmitir sus ideas y conocimientos a otros seres humanos, este es un recurso que hace posible un tipo de comunicación, la comunicación oral. Existiendo esta comunicación es posible desarrollar de manera más sencilla y comprensible la comunicación escrita. Según los autores Julián Pérez Porto y María Merino[20], el lenguaje en el ser humano se encuentra muy desarrollado y se trata de un proceso con raíces psíquicas y fisiológicas. El lenguaje

hablado posee una separación técnica, la cual se divide en 3 dimensiones:

- Forma. Esta comprende la fonología, morfología y sintaxis.
- Contenido. La semántica.
- Uso. La pragmática.

El trastorno específico del lenguaje según el Instituto Nacional de Sordera y Otros Desordenes de Comunicación, del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos de América [16] es una condición que aparece en un 7% a 8% de la población de niños en el nivel preescolar. Las causas de este trastorno aún son desconocidas. Existen diversas formas de tratar este trastorno, estas suelen ser de origen psicológico o neurológico. Dentro de las de origen psicológico, el tratamiento se realiza mediante terapias que pretenden incrementar la percepción y distinción de diversos sonidos, acompañados de la práctica y repetición de palabras del idioma para mejorar su pronunciación y capacidad de comunicación. Y dentro de las de origen neurológico el tratamiento depende de diversos químicos y operaciones cerebrales que pretenden corregir defectos en los procesos cerebrales de percepción del habla.

En el presente trabajo se desarrolló un modelo de lenguaje que permite descubrir los errores que comete el interlocutor (menor de edad) con él y el desarrollo de un modelo de aprendizaje para que el niño logre mejorar su condición de locución que presenta. Este trabajo comprende la programación de un tratamiento o terapia de origen psicológico a un medio computacional, este medio es un sistema web implementando un modelo de enseñanza-aprendizaje para mejorar el alcance de estos tratamientos a la población que lo requiere.

El objetivo general es el desarrollo de un modelo de lenguaje que permita mediante métodos de aprendizaje ayudar a niños que presentan problemas en la comunicación verbal.

El objetivo general conduce a los siguientes objetivos particulares:

1. Estudiar los diferentes problemas de lenguaje que se encuentran en los niños, para establecer los modelos que permitan detectarlos de manera automática.
2. Enlazar el sintetizador de voz, con el convertidor de audio simple, a cadena de texto.
3. Desarrollar interfaces web que permitan descubrir los errores en la cadena de recepción.
4. Construir modelos de lenguaje para detectar las palabras que han sido mal pronunciadas por el niño.
5. Integrar los diferentes módulos como parte de un sistema.
6. El sistema debe ser capaz de responder a múltiples usuarios asignando el modelo adecuado para el problema que presenta cada niño.
7. Probar el sistema desarrollado con muestras de niños sin problemas de lenguaje y con niños con problemas en el lenguaje.

Este documento esta dividido en 8 secciones siendo esta la primera. La sección 2 presenta el estado del arte en la cual se plantean las condiciones de salud a las que se les desea implementar una solución computacional y los trabajos relacionados. La sección 3 es el marco teórico que detalla las características en común del problema y los procesos de la solución. En la sección 4 se expone el desarrollo del trabajo hecho. En la sección 5 se pueden observar los distintos experimentos realizados. La sección 6 exhibe los resultados de los experimentos. La sección 7 presentará las conclusiones de esta investigación. Finalmente la sección 8 propondrá los trabajos futuros de esta investigación.

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE

El trastorno específico del lenguaje (TEL) es caracterizado por problemas en el habla, comprensión o expresiones verbales por medio del idioma hablado o escrito, algunos autores lo nombran como Trastorno Específico del Desarrollo del Lenguaje (TEDL). Este trastorno impide a una persona el fácil y correcto aprendizaje de la lengua madre, comenzando a tener problemas a edades cortas para empezar a expresarse verbalmente, las personas con este trastorno sufren de deterioros constantes y a gran escala de la comprensión y expresión del vocabulario, gramática, contexto y semántica mediante el uso hablado y escrito del idioma lo cual desencadena posteriores problemas en el desarrollo del aprendizaje académico y social.

La definición que se ha adoptado para el TEDL parte de unos criterios de exclusión previamente fijados y que se han aceptado universalmente: “todo inicio retrasado y todo desarrollo lento del lenguaje que no pueda ponerse en relación con un déficit sensorial (auditivo) o motor, ni con deficiencia mental, ni con trastornos psicopatológicos (trastornos masivos del desarrollo en particular), ni con privación socio afectiva, ni con lesiones o disfunciones cerebrales evidentes” [4].

El trastorno específico del lenguaje (TEL) es caracterizado por problemas en hablar, comprender o expresarse verbalmente, tales

problemas comúnmente son fallas en la escucha y reinterpretación de la información recibida, también hay deficiencia en la expresión oral del idioma y además fallas en la correcta lectura y comprensión de lo que se lee. Este trastorno se presenta desde edades cortas y es altamente difícil de detectar, pues podría confundirse o solaparse con otros trastornos que se relacionan con el trastorno específico del lenguaje.

Las características de diagnóstico básico de trastorno del lenguaje son las dificultades en la adquisición y uso de la lengua, debido a déficits en la comprensión o producción del vocabulario, estructura de la oración, y el discurso. Las deficiencias en el lenguaje son evidentes en la comunicación oral, comunicación escrita, o el lenguaje de signos. Las habilidades del lenguaje necesitan ser evaluados en ambas modalidades de expresión y recepción, ya que éstos pueden variar en severidad[3].

Los niños que presentan este trastorno tienen como síntomas: déficit en varios aspectos del lenguaje tales como la fonología, morfología y la sintaxis, además mala identificación de los tiempos de conjugación y de los artículos. Por ejemplo niños con lengua materna en el idioma Inglés pueden hacer malas sustituciones de sonidos, tales como omitir el sonido de las consonantes al final de una palabra o bien reemplazar sonidos parecidos en la forma de pronunciar una consonante.

En niños hispanohablantes se han encontrado errores fonológicos expresados en las omisiones de sílabas y en la reducción de la estructura silábica. Además señalan errores en los morfemas nominales, en los pronombres clíticos, en la concordancia del adjetivo y en las marcas verbales. Posteriormente se encontraron errores morfológicos como es el uso inadecuado del plural, de las marcas de género y de la flexión verbal[2].

Para la mayoría de los bebés y niños la comprensión del lenguaje se desarrolla naturalmente desde su nacimiento, se activan sus capacidades de recuerdo e imitación, por medio de la vista o el oído, con lo cual comienzan

a entender el (los) idioma(s). Sin embargo se estima que 1 de cada 20 niños tiene un síndrome de trastorno del lenguaje, el cual si se desconoce su causa se le denomina trastorno de desarrollo del lenguaje[6].

No ha sido posible determinar a qué edad se completa el desarrollo de la percepción del habla, pero se ha encontrado que en bebés de 1 a 4 meses logran distinguir el sonido como lo hace una persona adulta, así como que la categorización de los sonidos muestra mejores índices a los 4 que a los 7 años y finalizando con mejoras en los contrastes auditivos entre los 9 y 17 años, lo cual sugiere una tendencia evolutiva[17].

Es difícil determinar este síndrome pues hasta la edad de 4 años un niño puede tener las mismas capacidades de lenguaje como niños de entre 5 y 6 años, sin embargo en algunos casos puede ocurrir un estancamiento del lenguaje que perdura hasta la edad adulta[22].

Este síndrome o trastorno está relacionado con diversas condiciones como: daño cerebral, autismo, dislexia, déficit de atención, hiperactividad entre otras, también puede ocurrir en personas que no presentan alguna de las condiciones mencionadas, es decir personas con una aparente condición “normal”. No debe confundirse un trastorno del lenguaje con otras condiciones que parecen serlo, por ejemplo la falta de inteligencia causado por daño cerebral puede parecer que suma un trastorno específico de lenguaje, pero no es siempre la situación, la detección de este trastorno específico se vuelve aún más difícil en personas con daño cerebral.

“Además estas dificultades no pueden ser atribuidas a problemas de escucha u otro des-alineamiento sensorial, tampoco a disfunciones motrices, condiciones médicas o neurológicas y tampoco puede ser asociado con problemas de inteligencia o de retraso general del desarrollo” [3].

2.1. CONDICIONES QUE SE PRESENTAN EN EL TRASTORNO DEL LENGUAJE

2.1.1. DISLEXIA

La dislexia es una enfermedad específica de aprendizaje que se presenta en niños que han sido instruidos de manera adecuada y poseen una inteligencia “normal”, las dificultades de aprendizaje que presentan son debido a una deficiencia en su forma de procesar lo que se escucha, lo que obstaculiza la comprensión y el correcto uso de la gramática del idioma.

El déficit fonológico en las personas con dislexia ha sido demostrado por distintos equipos de investigación en diferentes lenguas y utilizando una amplia variedad de tareas. Los niños con dislexia presentan un retraso constante en el desarrollo de la percepción del habla, sobre todo durante la educación básica. Las habilidades de discriminación de las claves fonéticas necesarias para percibir el habla en los niños con dislexia quienes sólo avanzan en la discriminación del punto de articulación[18], además hay una carencia para procesar el ritmo del habla y la temporalidad de la misma; sin embargo presentan una buena habilidad para distinguir entre las variantes acústicas del mismo fonema, por ejemplo “dado”, les es más fácil diferenciar la acústica de la primera “d” con respecto a la segunda.

Los estudios enfocados en niños con dislexia que examinan las dificultades en el proceso perceptivo auditivo plantean dos hipótesis: “la hipótesis del déficit de procesamiento temporal y la hipótesis del déficit específico en percepción del habla”[18].

El déficit de procesamiento temporal altera la manera en que se perciben los sonidos de corta duración y se reflejan en problemas para procesar sonidos breves, por ejemplo los pronombres “El”, “La”, etc. La segunda hipótesis plantea que las dificultades de lectura surgen a partir de un problema de percepción y procesamiento auditivo para diferenciar las

2.1. CONDICIONES QUE SE PRESENTAN EN EL TRASTORNO DEL LENGUAJE

representaciones fonológicas de los fonemas[18]. Teniendo en cuenta lo anteriormente abordado podría llegar a decirse que la dislexia es resultado de un retraso en el desarrollo del lenguaje, pero las características acústicas relevantes varían conforme al desarrollo de la persona, la experiencia y la edad. Sin embargo los datos sobre esta condición aún son escasos.

2.1.2. TRASTORNO POR DÉFICIT DE ATENCIÓN

El trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) es una alteración psicológica frecuente en niños, los síntomas que presenta son falta de atención, impulsividad e hiperactividad. Estas características hacen que los niños sean vulnerables a presentar otros desordenes y uno de ellos es el del lenguaje. El interés por investigar los trastornos del lenguaje en niños con déficit de atención con hiperactividad surge a mediados de los 80's con el establecimiento del trastorno diferenciándose del trastorno de hiperactividad, esto desencadenó varias preguntas acerca del desarrollo del lenguaje en los niños. Se realizaron estudios que mostraron:

- Presentan una conducta lingüística un tanto peculiar.
- Tienen más dificultades en la ejecución de ciertas tareas lingüísticas.
- Realizan también una ejecución deficitaria de tareas que no requieren propiamente una respuesta verbal, pero en las que el lenguaje actúa como mediador en la ejecución[23].

Los estudios de problemas de lenguaje en niños con déficit de atención se han abordado de la siguiente manera:

Como trastornos psiquiátricos, mediante la observación de la íntima relación encontrada entre los trastornos del lenguaje y el TDAH. Desde un

punto de vista neuropsicológico, a través de la observación de la conducta lingüística de estos niños y a partir de ella deducir las posibles disfunciones neurológicas. Desde un prisma cognitivo, con el seguimiento del modelo de procesamiento de la información. Y, en menor número de ocasiones, desde la visión de la patología del lenguaje[23].

Sin embargo desde el aspecto funcional, los niños con TDAH no tienen muchos problemas en la utilización del lenguaje, su comunicación es eficaz, usando un lenguaje excesivo en situaciones comunes, pero si se les asigna una tarea lingüística específica su rendimiento es malo. Un niño con TDAH es lingüísticamente funcional a menos que también presenten un trastorno específico del lenguaje.

Los aspectos lingüísticos donde se observa que los niños con TDAH tienen especiales dificultades son los siguientes: Procesamiento fonológico y sintáctico, pero no en aspectos semánticos. Dificultades en tareas que requieren organización semántica. Tareas de memoria auditiva. Baker y Cantwell[13] observaron, en la muestra de niños con TDAH que estudiaron, que el 78 % de ellos presentaban problemas de articulación; el 69 % problemas de procesamiento del lenguaje; dificultades en el lenguaje expresivo en un 58 % y dificultades en lenguaje receptivo en el 34 %. El índice de gravedad de estos trastornos era de moderado a leve en la mayoría de los niños y sólo grave en un 3 %. Los niños con TDAH también obtienen un rendimiento peor en las pruebas de fluencia verbal[23].

Cabe resaltar que no todas las manifestaciones lingüísticas que pueden observarse en niños con TDAH son relevantes de la misma manera. Los problemas del habla, articulación y fluencia se relacionan en menor medida con el TDAH que los problemas de lenguaje. La relación entre el TDAH y los problemas de procesamiento del lenguaje conocidos como trastorno del procesamiento auditivo central (TPAC) poseen ciertas características [14].

- Presentan una conducta lingüística irregular con cierta ineficacia

2.1. CONDICIONES QUE SE PRESENTAN EN EL TRASTORNO DEL LENGUAJE

para ajustarse al contexto comunicativo y para comprender la intencionalidad comunicativa de su interlocutor.

- Retraso en la adquisición de aspectos lingüísticos, en cuyo desarrollo influyen de forma decisiva los procesos atencionales tales como el código fonológico y el nivel morfológico, muy especialmente de comprensión y expresión de tiempos verbales.
- Dificultades en la ejecución de tareas lingüísticas que demandan control inhibitorio como las tareas de fluidez léxica.
- Obtienen peores resultados en tareas que requieren poner en marcha la capacidad de procesamiento simultáneo de la información como las tareas de procesamiento semántico y, especialmente, las que requieren pensamiento analógico lingüístico. Esta misma dificultad se observa en la ejecución de tareas de tipo metalingüístico, muy especialmente en las de conciencia fonológica.
- También realizan una ejecución deficitaria en tareas que no exigen propiamente una respuesta verbal, en las que el lenguaje actúa como mediador en la ejecución[14].

2.1.3. AUTISMO

El autismo comúnmente se caracteriza por falta de capacidad de comunicación de calidad, así como de socialización, el problema con el desarrollo del habla ocurre en etapas tempranas del desarrollo de la comunicación. Los problemas motrices y de comunicación se observan desde niños, los cuales se reflejan en un problema de aprendizaje y de comportamiento[15].

El estudio de Michele Noterdaeme et al. [15] se han examinado a niños mediante un examen neurológico estándar y se han realizado pruebas como:

funciones motrices delicadas como pintar, recortar, martillar, etc. y además funciones motrices rudimentarias tales como correr o saltar, entre otras pruebas han concluido que el desarrollo motriz relacionado con el trastorno específico del lenguaje mostró un menor desempeño en comparación a su grupo de control.

Para abordar el problema de Trastorno del lenguaje que afectan la precisión y la calidad del habla y entendimiento del lenguaje, en los últimos tiempos se han presentado dos modelos: el modelo de reestructuración léxica por Anne E. Fowler[8] en 1991 y la teoría de distintividad fonológica por Elbro en 1998, dichos modelos muestran que los niños con escasa información de pronunciación de palabras se les dificulta distinguir a qué letra pertenece el sonido y requieren una atención especializada para incrementar su percepción del habla. Los procesos de la percepción del habla incluyen un análisis auditivo preliminar, el análisis de las características de la pronunciación, las auditivas y la combinación de las características fonéticas en una representación fonológica[17].

Un estudio llevado por Heather K.J. van der Lely, Stuart Rosen y Alastair McClelland[12] en un niño de 10 años 3 meses que presenta trastorno específico del lenguaje, se creyó que su condición podría haber sido heredada de su padre y un tío paterno que también presentaban deterioro en sus habilidades con el lenguaje. Esto supone que pudo haber sido transmitido vía genética. Este niño presenta graves deterioros en su pronunciación y percepción del lenguaje, teniendo la habilidad de percepción de un niño de 5 años y 10 meses. Pero presenta un alto reconocimiento en palabras aisladas, es decir si se le presenta solo una palabra, el comprende de mejor manera su significado, asemejando a un niño de 7 años. La capacidad de expresarse verbalmente por medio de frases cortas es alta, de hecho es su manera de comunicación, pues en oraciones largas realiza pausas y omite artículos. Síntomas consistentes con TEL. Debido a este estudio se ha podido proporcionar evidencia de un déficit de lenguaje gramatical con implicaciones importantes en 2 áreas. La primera es que la posibilidad de que los déficit auditivos y cognitivos que co-ocurren con el trastorno del lenguaje en algunos niños TEL pueden no

2.1. *CONDICIONES QUE SE PRESENTAN EN EL TRASTORNO DEL LENGUAJE*

ser la causa del deterioro. Y la segunda la existencia de una especialización determinada genéticamente de un subsistema en el cerebro, necesaria para la gramática[12].

Como se ha mencionado anteriormente, no es necesario sufrir de alguna de estas condiciones para padecer TEL. Existe un debate para determinar cuál es la causa de este trastorno, por una parte existe la teoría que establece que es un déficit específico para el lenguaje y por otra parte la teoría que afirma que es causado por limitaciones de procesamiento en general.

La primera teoría asume que los niños con TEL tienen dificultades para aprender el habla desde una edad muy temprana y eventualmente se estancan en el aprendizaje, este estancamiento se puede reflejar en otros sistemas cognitivos conforme transcurre el tiempo [11]. La segunda teoría afirma que este síndrome no es culpa del material lingüístico, sino como es procesado dentro del cerebro, además se piensa que algunos trastornos de carácter no lingüístico, tales como la memoria o la percepción también pueden ser responsables de este desorden. La teoría más prominente de este tipo es la “Hipótesis del Déficit Rápido de Procesamiento Temporal” la cual sostiene que el TEL es resultado en el déficit en procesar de manera breve o rápida la información que se escucha[11].

Un particular interés ha ocurrido en la relación que tienen el síndrome de déficit de atención y el trastorno específico del lenguaje debido a la carencia de lectura, se ha establecido que los niños con déficit de atención presentan carencia de lectura de 25 % al 40 %, y los niños con trastorno específico del lenguaje presentan carencia de lectura de un 25 % a un 30 %. Si se prueba la existencia de una forma pura de TEL entonces se podría asumir que existe un subsistema en el cerebro que controla la gramática. Algunos análisis a nivel genético indican que estos dos trastornos se enlazan sobre la misma localización genética (6p22). Este estudio preliminar podría indicar que ambos síndromes se transmiten de manera genética[12].

Además se han encontrado mediante estudios, problemas en las

funciones motoras de niños con autismo que guardan estrecha relación con el TEL.

Actualmente existe un sistema desarrollado en la Universidad de las Américas Puebla llamado "Icatiani" el cual es un sistema de apoyo para la adquisición del lenguaje, el cual utiliza como herramienta de trabajo la biblioteca CSLU desarrollada por el Centro de Entendimiento del Lenguaje Hablado y descontinuada desde el 14 de Febrero de 2007. Esta herramienta ofrece un avatar tridimensional que apoye al usuario mostrando los movimientos faciales y bucales además de reconocimiento de voz de el idioma Español de México enfocado a adultos. Sin embargo no se han encontrado evidencias de que este trabajo siga en desarrollo. En la presente investigación no se pretendió detectar la patología clínica que presenta el niños y en ningún momento se tuvo la intención de reemplazar al terapeuta de lenguaje, lo que se pretendió es que se detecte cuando el interlocutor se exprese de manera inadecuada y establece la estrategia adecuada basada en terapias aprobadas por expertos que apoyen al niño en la mejora de su habla.

CAPÍTULO 3

MARCO TEÓRICO

3.1. EL LENGUAJE

El lenguaje es un sistema estructurado de comunicación, formado por un conjunto de signos y sonidos, para el cual existe un contexto de uso. Hay distintas disciplinas que se encargan de estudiarlo y analizarlo, por ejemplo la anatomía, fisiología, neurología, psicología, etc.

Para el experto en cuestiones lingüísticas Ferdinand de Saussure, el lenguaje está compuesto por la lengua (es el idioma, un modelo general y constante para quienes integran una determinada colectividad lingüística) y el habla (la materialización momentánea de ese recurso)[20]. Sin embargo el motivo de esta investigación es analizar primeramente los componentes abstractos del lenguaje, los cuales son:

Fonología. Estudia y analiza los sonidos de una lengua, es decir los sonidos asociados con los símbolos que una lengua utiliza, patrones de acentuación y entonación, cada uno de estos sonidos válidos para un idioma es llamado “Fonema”. Los niños aprenden a reconocer y reproducir estos sonidos para después combinarlos y empezar a producir palabras.

Morfología. Un morfema es la unidad mínima significativa de un

idioma y es compuesto por 1 o más fonemas, y una palabra está compuesta de 2 o más morfemas. Existe una clasificación para los morfemas, un morfema puede ser “libre”, es decir un morfema válido para el idioma, y por sí mismo tiene un significado. Un morfema se le llama “ligado” cuando por sí mismo no posee algún significado, pero si se encuentra como parte de una palabra, entonces el morfema es válido para el idioma. Por ultimo un morfema se le llamara “derivado” si a partir de él surgen nuevas palabras.

Sintaxis. Se refiere a la forma válida para un idioma de combinar las palabras y crear oraciones que sean aceptables, el conocimiento de la sintaxis permite al individuo generar un gran número de combinaciones y crear múltiples oraciones, además de reconocer las que no son correctas o válidas, por ejemplo en el idioma español, una forma de construir oraciones consiste en ordenar las palabras en sujeto, verbo y predicado.

Semántica. Se refiere al significado de las palabras y la relación que guarda una con otra para darle un significado completo a una oración. No todas las oraciones formadas por sujeto, verbo y predicado tienen un significado para el idioma, a pesar de estar correctamente formadas a nivel sintáctico, a nivel semántico carecen de sentido. Por ejemplo “El falda corre hacia el sueño”, esta sintácticamente bien escrito, mas carece de significado. Las palabras están relacionadas entre sí en redes semánticas complejas que le lleva a un individuo mucho tiempo comprender todas.

Pragmática. Son las estrategias para utilizar de manera apropiada el lenguaje en uno o varios contextos, es decir se podrán expresar intenciones. La pragmática consiste en crear e introducir los temas de conversación y saber organizar un argumento formal.

A medida que los niños practican y dominan los sonidos (fonemas), los significados (semántica) y las reglas gramaticales (sintaxis) también deben aprender un gran número de reglas no verbalizadas que dirigen la conversación. En pocas palabras, deben de aprender la pragmática del

lenguaje. El conocimiento implícito de la pragmática es los que indica a los niños cuándo y cómo deben hablar. Incluye incontables reglas y normas que rigen la forma de expresión, la entonación, y todas las demás variaciones sutiles que atribuyen distintos significados a los mismos morfemas y que pueden variar de manera apreciable de un contexto a otro[21].

3.2. TERAPIA DEL LENGUAJE

Para explicar de manera clara que es el aprendizaje del lenguaje es necesario separar los términos "aprendizaje" y "lenguaje". El aprendizaje es un proceso en virtud del cual una actividad se origina o se cambia a través de la reacción a una situación encontrada[10]. El lenguaje es un sistema de comunicación estructurado y para el cual existen contextos. El lenguaje hablado es una característica común en los seres humanos, se utilizan signos lingüísticos tales como ondas sonoras, señas y gestos. Aunque la capacidad humana de aprender un lenguaje es grande, en ocasiones su capacidad de reproducción del lenguaje se ve limitada varias veces por factores desconocidos, ocasionando que la capacidad comunicativa del individuo sea de baja calidad.

En un programa de prevención de alteraciones de lenguaje se realizan actividades respiratorias de soplo, y actividades estimulantes para labios y lengua para favorecer la articulación de fonemas. Además acompañados de una serie de ejercicios diarios de articulación de palabras, los cuales incluyen palabras de mas de 2 sílabas, oraciones y trabalenguas, estos pretenden lograr que el individuo mentalmente comprenda los fonemas que va a articular.

3.3. PROCESAMIENTO DE LENGUAJE NATURAL

Por procesamiento de lenguaje natural (o NLP por sus siglas en inglés: *Natural Language Processing*) se entiende la habilidad de la computadora para procesar la información comunicada, no sólo las letras o los sonidos del lenguaje. Esta habilidad se ve comprometida por los lenguajes de programación y su capacidad de manipulación de los datos a procesar,

facilitado el desarrollo de programas o de modelos que ayuden a comprender los mecanismos humanos relacionados con el lenguaje hablado[5].

3.3.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

El uso del procesamiento de lenguaje natural presenta como ventaja que el interlocutor no necesita esforzarse para aprender el medio de comunicación, el habla, puesto que ya lo ha aprendido. Sin embargo hay que recordar que una computadora no cuenta con inteligencia natural por lo que su capacidad de respuesta es limitada por la programación de la comprensión del lenguaje, es decir, el usuario no debe emplear sobre-entendidos o emplear palabras con significados fuera de su rango de comprensión.

3.3.2. APLICACIONES DEL PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL

Las aplicaciones del procesamiento de lenguaje natural son múltiples puesto que son capaces de abarcar varias tareas humanas, algunas de estas son:

- Traducción automática
- Clasificación automática
- Análisis de sentimientos
- Recuperación de información
- Extracción de resúmenes automáticos
- Tutores inteligentes
- Reconocimiento de voz
- Detección de plagio

Esta investigación comprende una de estas tareas que es el "Reconocimiento de voz".

3.3.3. EL RECONOCIMIENTO DE VOZ

El reconocimiento de voz es un proceso el cual consta de dada una voz (sonido) determinar las palabras que han sido emitidas. Este trabajo posee una alta complejidad puesto que una persona no pronuncia palabra por palabra, es decir emitiendo un sonido de silencio entre ellas, sino suele hablar sin pausas entre palabras, lo cual implica tareas de segmentación de señales de audio digital para determinar los caracteres asociados con el segmento de sonido. El determinar el tamaño de estos segmentos es discutible puesto que no todos los seres humanos hablan al mismo ritmo, además la asociación de caracteres asignados a los sonidos también puede verse afectada por el tono y el "acento" con el que una persona pronuncia una palabra. Estas características complican aún más la tarea. El proceso de transcripción de voz a texto es explicado posteriormente en la sección 3.

3.3.4. LOS MODELOS DE LENGUAJE

Un modelo de lenguaje o modelo de lenguaje estadístico es una distribución de probabilidad de secuencias de palabras, estos modelos forman parte de tareas de PLN tales como: reconocimiento de voz, análisis gramaticales (parsing), recuperación de información, extracción de resúmenes automáticos, etc., y funcionan como una herramienta de apoyo semántico a éstas tareas. En el reconocimiento de voz la computadora intenta asociar las secuencias de palabras con los sonidos detectados para así formar una oración que intenta ser semántica y pragmáticamente correcta.

Las secuencias de palabras pueden ser nombradas por el número de palabras secuenciadas llamados n-gramas, donde "n" es el número de palabras en secuencia. Así pueden obtenerse modelos formados por:

- "Unigramas". Secuencia de una sola palabra, la cual no es muy útil si se trata de reconocer únicamente oraciones.
- "Bigramas". Secuencias de dos palabras, muy útil para oraciones cortas.

- "Trigramas". Secuencias de tres palabras, el cual es un común estándar si se esta trabajando con oraciones simples que no sean muy largas.
- Etcétera

No existe una estandarización oficial de cómo debe crearse un modelo de lenguaje en cuanto a estructura dentro del archivo que lo contiene, es adaptable a cada proyecto.

3.4. METODOLOGÍA

Hoy en día el avance de internet y las tecnologías emergentes asociadas a la web están universalizando los sistemas de información. El término "aplicación web" se refiere a la nueva familia de aplicaciones que han sido diseñadas especialmente para ser ejecutadas en la web[19].

El proceso de creación de sistema se basará en la metodología "Object Oriented Web Solution" que será llamada en adelante "OOWS". Esta metodología especifica que el proceso se divide en dos grandes partes: El modelado conceptual y el desarrollo de la solución.

El modelado conceptual se divide en dos etapas: El modelado conceptual y el desarrollo de la solución.

Modelado conceptual

Captura de requisitos funcionales: que se realiza mediante diagramas de casos de uso y escenarios, que luego son usados para construir el modelo conceptual. Se establece un Diagrama de Clases mediante la definición de la estructura del sistema que se logra estableciendo por un lado: sus clases, operaciones y atributos, y por otro: estableciendo las relaciones entre clases mediante especialización, asociación y agregación.[7]

Se realizan los tipos de diagramas de secuencia constituido por las interacciones y comunicación entre objetos.

Modelado de la navegación y de la presentación. Se establecen los requisitos de navegación por medio de un (1) "Diagrama de usuarios" y (2) un "Modelo navegacional"; y los requisitos de presentación por medio de (3) un "Modelo de presentación".

1. Diagrama de Usuarios: se especifican los tipos de usuarios como anónimos, genéricos, registrados, y de acuerdo a ello se establecen los permisos de acceso al sistema.
2. Modelo Navegacional: Este modelo se forma por una colección de Mapas navegacionales. Un mapa es un grafo dirigido en el que los nodos son llamados (a) Contextos navegacionales y las aristas (b) Enlaces navegacionales. Estos mapas navegacionales, son representativos de la vista hipermedia del usuario sobre las clases, ofrece semántica de navegación y presentación. El Modelo navegacional captura en forma clara, los requisitos de navegación de la aplicación Web.
 - a) Un Contexto navegacional: es una unidad de interacción que representa una vista de datos y su funcionalidad (atributos y operaciones de las clases). Según la forma de ser accedidos, pueden ser: Contextos de exploración o Contexto de secuencia. El Contexto de exploración se establece si son accesibles desde cualquier nodo y se indica con la letra "E" uno de los cuales se identifica como el Contexto de inicio o "Home" y es indicado con la letra "H". El segundo caso: Contexto de Secuencia es indicado con la letra "S" y es cuando el contexto se alcanza a través de una secuencia de pasos de navegación (Enlaces Navegacionales).
 - b) Los Enlaces Navegacionales representan pasos de navegación entre los contextos y se representan mediante asociaciones entre paquetes UML.
3. Modelo de Presentación: Se establecen los requisitos de presentación de los Contextos Navegacionales, los cuales se especifican por medio

de un conjunto de patrones que se asocian a las primitivas del contexto:

- a) De paginación de la información: que permite definir la capacidad de desplazamiento vertical (scrolling) sobre la información. Todas las instancias se dividen en bloques lógicos, de tal forma que cada bloque es visible a la vez. Además se ofrecen mecanismos para avanzar y retroceder. El patrón se aplica a la clase directora, a la relación navegacional, a un índice o a un filtro. La información requerida por el patrón incluye: (1) la cardinalidad, el número de instancias del bloque; (2) el modo de acceso: secuencial, para acceder al bloque siguiente, previo, primero y último y aleatorio, para acceso directo o circular, para un comportamiento circular del conjunto de bloques.
- b) De ordenamiento: que define un criterio de ordenamiento de la población (con valores ASC=ascendente o DESC=descendente) acorde al valor de uno o más atributos. Se puede aplicar a clases navegacionales, a estructuras de acceso o mecanismos de búsqueda.
- c) De distribución de la información: con cuatro patrones básicos: registro, tabular, maestro-detalle y árbol. Se utiliza para indicar la forma en que se mostrará la información. Se puede aplicar a la clase directora (constituye la información principal que se recupera para el Contexto Navegacional) o a las relaciones navegacionales.[7]

CAPÍTULO 4

DESARROLLO

4.1. ANÁLISIS Y DISEÑO

En este proyecto se desarrolló un modelo de lenguaje que permite a un sistema actuar como apoyo a las sesiones de terapias de lenguaje que presentan los interlocutores (menores de edad) proponiendo ejercicios aprobados por expertos en el área y descubriendo fallas en la pronunciación de los mismos. Además el sistema ayudará al menor de edad a que pueda llevar a cabo sus prácticas diarias en casa o en la escuela.

4.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La terapia de lenguaje para niños que presentan trastornos específicos de lenguaje, es un programa que imparte tratamiento terapéutico a pacientes desde los 6 años que presentan problemas de lenguaje. Este programa trata los siguientes padecimientos:

- Retardo simple de lenguaje
- Retardo de lenguaje Anártrico
- Retardo de lenguaje Afásico
- Dislalias
- Retardo Anártrico-Audiógeno

- Retardo Afásico Audiógeno
- Trastornos del Lenguaje y Trastornos de los Procesos Centrales de la Audición
- Trastorno Global del Desarrollo
- Estimulación Temprana del Lenguaje

Se cuentan con cubículos para terapia, talleres y material didáctico. Se requiere del desarrollo de herramientas tecnológicas para apoyar al terapeuta en lenguaje en su trabajo de mejoras en la calidad del habla de los pacientes.

La herramienta tecnológica desarrollada es:

- Un sistema computacional que puede ofrecer los modelos de terapia de practica y repetición utilizados en el material didáctico, talleres y terapias brindados por profesionales en el área. Este sistema tiene como objetivo que el paciente pueda tener acceso a sus prácticas desde cualquier lugar mediante un sistema web, además apoyar al terapeuta al brindar control y seguimiento de pacientes y generación de reportes o evidencia de la mejora de sus pacientes.

4.1.2. ESCENARIO

USAER es una unidad de servicios de apoyo a la educación regular que proporciona tratamientos de origen psicológico a menores de edad entre los 6 y los 13 años que presenten trastornos de lenguaje. Estos tratamientos o terapias los proporcionan terapeutas expertos a niños en escuelas de nivel preescolar, primaria y secundaria. Estas terapias son interacciones con los menores y empiezan a partir de movimientos musculo faciales, y ejercicios de repetición. Se pretende que se cree un sistema que registre a los usuarios y solo puedan acceder a través de este acceso usuario/contraseña. El registro de los usuarios debe incluir sus datos personales, tales como nombre, apellidos, edad y grado escolar. Además es conveniente registrar

que problema presenta cada usuario, este problema es determinado por el terapeuta.

Cada ejercicio pertenece a una sección de una lección, cada lección pertenece a una clase. Las clases son "Sílabas trabadas", "Punto y articulación de la R suave", "Punto y articulación de la R fuerte". Además se deberían poder agregar mas clases, lecciones, secciones y ejercicios.

Cada niño puede seleccionar un "couch", que será un avatar animado, y le ayudará a conocer y utilizar el sistema. A los niños se les deja la tarea de realizar una serie de ejercicios dependiendo de lo que el terapeuta crea necesario, se necesita llevar un control de que ejercicios hacen los niños y generar un reporte de esa tarea, que incluya que ejercicios se hicieron, cuantas veces fue intentado el ejercicio y los audios asociados a esos ejercicios (nombres de archivo). Además se requiere que los terapeutas únicamente, puedan obtener los audios de las repeticiones de los niños por medio de una descarga desde el navegador web.

4.1.3. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Después de varias entrevistas con los terapeutas y asistencia a sesiones de terapia se han identificado a 3 actores en el sistema, cada uno con labores diferentes dentro del sistema, estos usuarios son:

- Alumno
- Terapeuta
- Administrador de sistema

Y se han logrado identificar como requisitos funcionales los siguientes:

- Autenticación de usuarios (todos los actores)
- Realización de ejercicios (actor Alumno)
- Generación de reportes (actor Terapeuta)

- Generación de nuevas sesiones de ejercicios (actor Terapeuta)
- Obtención de archivos de audio de los ejercicios practicados por los alumnos (actor Terapeuta)
- Administración de usuarios (actor Administrador de sistema)

4.1.4. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

- **Rendimiento:** Al ser un sistema web que sea capaz de consultarse desde una variedad de dispositivos deben crearse interfaces ligeras fáciles de cargar en memoria.
- **Disponibilidad:** Siendo un sistema web se requiere que esté disponible en cualquier momento, esta garantía será ofrecida por el contrato de servicios web con la compañía Digital Ocean.
- **Seguridad:** Al sistema solo tendrá acceso personal autorizado por el administrador del sistema y los terapeutas de lenguaje, además se incluirá encriptación de datos de acceso por parte del cliente y encriptación de datos personales dentro de la base de datos del servidor para ofrecer privacidad y seguridad de los datos.
- **Usabilidad:** El sistema debe ser fácil de entender por usuarios menores de edad, por lo que se crearán interfaces simples de entender.
- **Portabilidad:** El sistema es utilizable en cualquier navegador web en cualquier dispositivo, por ejemplo PCs, Smartphones, Tablet, etc.
- **Escalabilidad:** El sistema es capaz de adaptarse a futuros requerimientos y mejoras.
- **Concurrencia:** El sistema soportará a múltiples usuarios a la vez.

4.1.5. ALCANCES

Este proyecto apoya el alcance de un programa social y por consecuencia a un sector de la sociedad que presenta un problema de salud, y dado que se almacena información personal y de paciente se brinda seguridad y protección de datos.

4.1.6. ANÁLISIS DEL SISTEMA

En esta sección se detallará el análisis del sistema y las herramientas utilizadas para su desarrollo basados en la metodología propuesta.

DIAGRAMA DE USUARIOS

Se han encontrado 3 tipos de usuarios o actores y 1 usuario transitivo que al cabo de poco tiempo se convertirá en actor o no será usuario del sistema. Los 3 tipos de usuario encontrados son "Alumno", "Terapeuta", "Administrador" y el usuario transitivo será llamado "Usuario no registrado". En la figura 4.1 y 4.2 pueden observarse los distintos tipos de usuario.

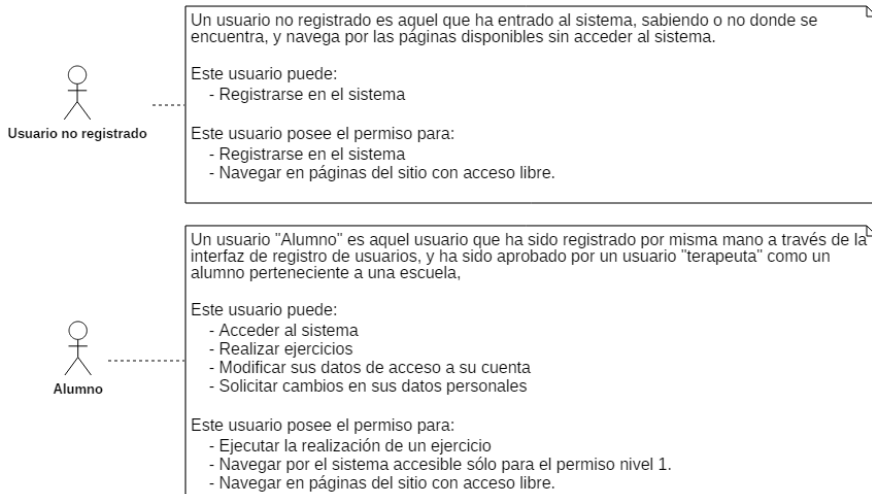


Figura 4.1: Diagrama de usuarios "No registrado" y "Alumno" del sistema SATTEL

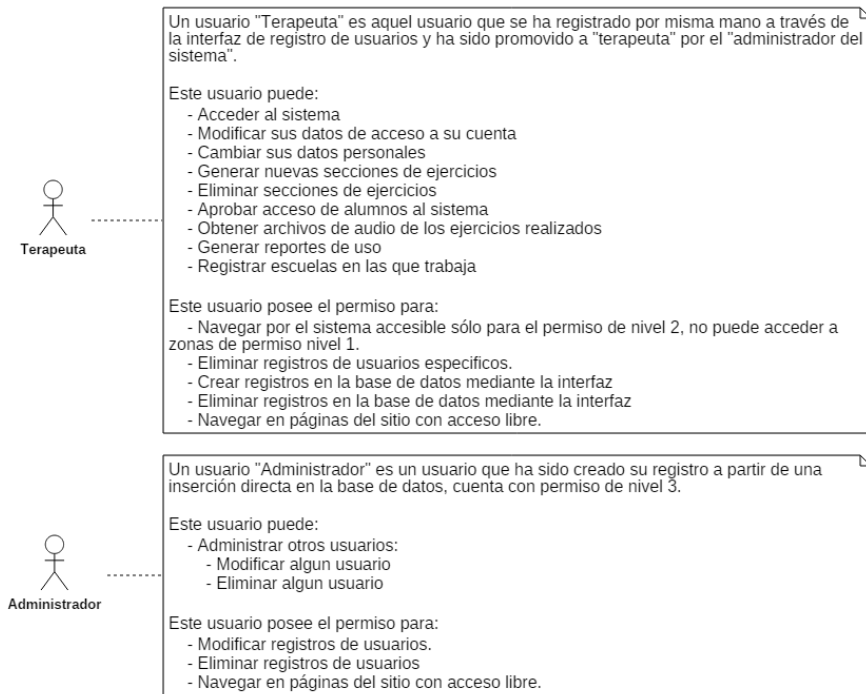


Figura 4.2: Diagrama de usuarios "Terapeuta" y "Administrador" del sistema SATTEL

DIAGRAMA DE CASOS DE USO

Un caso de uso es una funcionalidad del sistema, que puede ser una interacción entre el usuario y el sistema, comunicaciones entre los componentes que realizan un cambio visible al sistema o bien una interacción de un sistema con otro, el conjunto de todas las funcionalidades que el sistema tendrá es visualizado en el diagrama de casos de uso.

Se han identificado 10 casos de uso para 3 actores del sistema los cuales pueden apreciarse en la figura 4.3

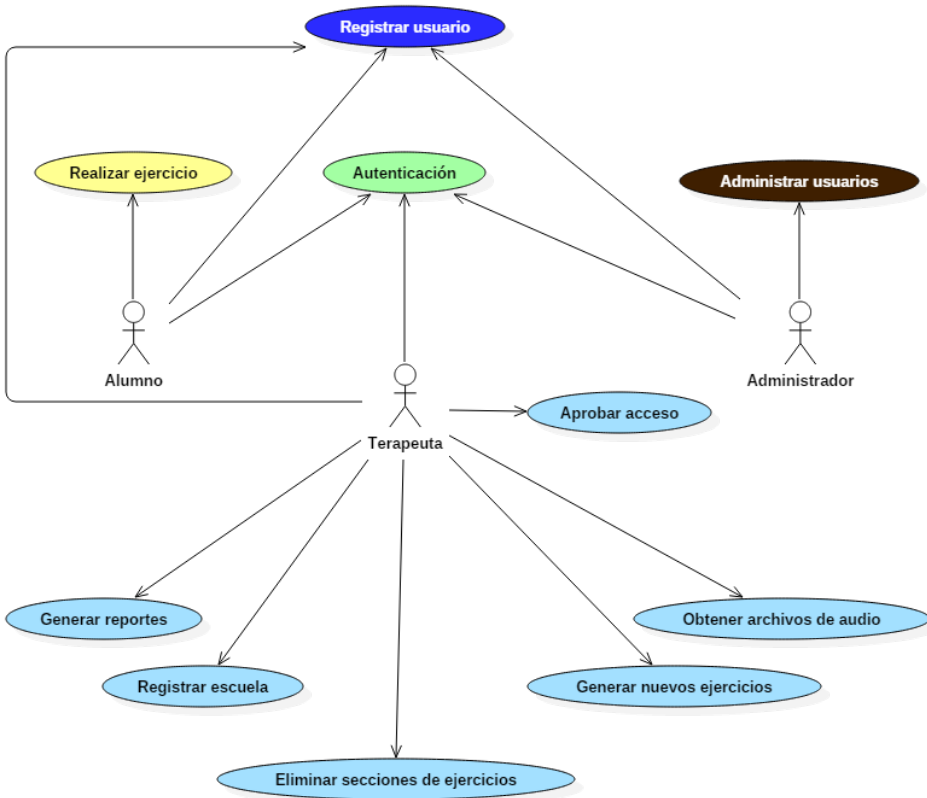


Figura 4.3: Diagrama de casos de uso del sistema SATTEL

El actor alumno posee 3 casos de uso disponibles, el actor terapeuta posee 8 casos de uso disponibles y el actor administrador cuenta con 3 casos de uso.

ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO

La especificación de un caso de uso es un artefacto propuesto para ser un poco más fácil de entender lo que esta parte del sistema realiza. Estas especificaciones no poseen una regla estándar, pero si se proponen diferentes formas y características en las cuales este puede cumplir el objetivo, las

características básicas que una especificación debe cumplir son:

- Participantes e interacción. Se aclara que actor o actores están involucrados en este caso de uso.
- Eventos. Describir el flujo de eventos durante la interacción del actor con el sistema, la secuencia debe estar bien detallada y especificar si el caso de uso puede desencadenar un flujo alternativo o bien otro caso de uso.
- Eventos alternos y de excepción. También es conveniente describir que otras tareas pueden realizar este caso de uso de manera detallada y como controlar los posibles errores contemplados de modo que el sistema sea estable

La especificación de casos de uso ha sido organizada en forma de tabla con el siguiente formato:

Cuadro 4.1: Formato de especificación de casos de uso

Caso de uso:	Nombre del caso de uso		
Creado por:	Nombre del creador del caso de uso		
Actor(es):	Actores que utilizan este caso de uso		
Descripción:	Descripción del caso de uso		
Precondiciones:	Otros casos de uso a cumplir antes de ejecutar este		
Flujo normal:	1	Paso 1	
	2	Paso 2	
	3	Paso 3	
Flujo alternativo:	A-1	1	Paso 1
		2	Paso 2
		3	Paso 3
	A-2	1	Paso 1
		2	Paso 2
		3	Paso 3
Excepciones:	E-1	Error	
		1	Paso 1
		2	Paso 2
	E-2	Error	
		1	Paso 1
2	Paso 2		
Notas:			

Las especificaciones de casos de uso son las siguientes:

Cuadro 4.2: Especificación del caso de uso "Registrar usuario"

Caso de uso:	Registrar usuario		
Creado por:	José Abraham Baez Bagatella		
Actor(es):	Alumno, Terapeuta, Administrador		
Descripción:	A través de este caso de uso un usuario podrá registrarse como usuario del sistema.		
Precondiciones:	Ninguna		
Flujo normal:	1	El sistema muestra un formulario con campos de texto para escribir el nombre de usuario y contraseña que desee. Además usara campos de texto para capturar su nombre y apellidos. Por último campos selectores para su fecha de nacimiento, escuela a la que pertenece y el año de ingreso, todos los campos son obligatorios.	
	2	El usuario registra sus datos correspondientes en cada campo. Luego oprime el botón "Enviar" (E-1) (E-2) (E-3).	
	3	El sistema registra los datos del nuevo usuario.	
	4	Termina el caso de uso.	
Flujo alterno:	Ninguno		
Excepciones:	E-1	El nombre de usuario esta fuera de los rangos.	
		1	El sistema muestra un mensaje informando al usuario que su nombre de usuario debe contener mínimamente 6 caracteres y como máximo 12 caracteres.
		2	El caso de uso continúa a partir del paso 2.
	E-2	La contraseña es muy corta.	
		1	El sistema muestra un mensaje informando al usuario que su contraseña es muy corta y debe contener al menos 6 caracteres.
		2	El caso de uso continúa a partir del paso 2.
	E-3	No se ha rellenado algún campo.	
		1	a)El sistema informa al usuario que no ha terminado de proporcionar sus datos.
	2	El caso de uso continúa a partir del paso 2.	
Notas:	Ninguna		

Cuadro 4.3: Especificación del caso de uso "Autenticación"

Caso de uso:	Autenticación		
Creado por:	José Abraham Baez Bagatella		
Actor(es):	Alumno, Terapeuta, Administrador		
Descripción:	Mediante este caso de uso un usuario registrado en el sistema podrá acceder a sus funciones.		
Precondiciones:	Haber completado exitosamente el caso de uso "Registrar usuario".		
Flujo normal:	1	El sistema muestra una interfaz donde se encuentran los campos de texto para "Nombre de usuario" y "Contraseña", además del botón "Ingresar".	
	2	El usuario proporciona su nombre de usuario y contraseña.	
	3	El sistema realiza una consulta a la base de datos verificando que el nombre de usuario exista, y comprueba que la contraseña brindada corresponda a la almacenada (E-1). Luego re direcciona al usuario a su página principal.	
	4	Termina el caso de uso.	
Flujo alterno:	Ninguno		
Excepciones:	E-1	Acceso incorrecto.	
		1	El sistema informa al usuario que su nombre de usuario o contraseña es incorrecto, y le pide volver a intentar su acceso.
		2	El caso de uso continúa a partir del paso 2.
Notas:	Ninguna		

Cuadro 4.4: Especificación del caso de uso "Realizar ejercicio"

Caso de uso:	Realizar ejercicio	
Creado por:	José Abraham Baez Bagatella	
Actor(es):	Alumno	
Descripción:	Mediante este caso de uso un alumno podrá realizar un ejercicio en la interfaz web.	
Precondiciones:	Haber completado con éxito el caso de uso "Autenticación"	
Flujo normal:	1	El sistema muestra la interfaz de ejercicios los cuales poseen texto informativo en tamaño de fuente regular, mientras que el ejercicio se muestra en letras capitales. También se ofrece un botón de color verde con la imagen de un micrófono para cada ejercicio.
	2	El alumno oprime el botón con la imagen del micrófono y repite lo que el ejercicio dice.
	3	El sistema captura la muestra de audio y lo envía al servidor. Esta muestra es procesada por el transcriptor. Luego se devuelve la respuesta a la interfaz web.
	4	El alumno es informado del resultado de lo que el sistema interpretó.
	5	El sistema compara la expresión deseada y la respuesta obtenida, en caso de no ser iguales informa al alumno que ha fallado. En otro caso, lo felicita.
	6	Termina el caso de uso
Flujo alterno:	Ninguno	
Excepciones:	Ninguna	
Notas:	Ninguna	

Cuadro 4.5: Especificación del caso de uso "Generar reportes"

Caso de uso:	Generar reportes	
Creado por:	José Abraham Baez Bagatella	
Actor(es):	Terapeuta	
Descripción:	Mediante este caso de uso el actor terapeuta podrá generar reportes de uso del sistema por alumno.	
Precondiciones:	Haber completado exitosamente el caso de uso "Autenticar".	
Flujo normal:	1	El sistema muestra una interfaz con los campos "Nombre del alumno", "Clase", "Lección", "Fecha" y el botón "Generar".
	2	El actor terapeuta selecciona los valores de los campos deseados y luego oprime el botón "Generar" (E-1).
	3	El sistema realiza una consulta a la base de datos y genera un reporte en formato PDF con los datos obtenidos de la consulta. Luego solicita la aceptación de la descarga del archivo generado.
	4	Termina el caso de uso.
Flujo alterno:	Ninguno	
Excepciones:	E-1	Todos los campos deben ser seleccionados
	1	El sistema muestra un aviso al usuario informándole que debe seleccionar todos los campos.
	2	El caso de uso continúa a partir del paso 2.
Notas:	Los datos que deben llevar los reportes son un título, "Escuela", "Nombre del alumno", "Fecha", "Ultima visita al sitio" y una tabla con los datos "Nombre de lección", "Ejercicio", "Número de intentos", "Número de aciertos". Por ultimo campos de firma de "Visto bueno" con el nombre del terapeuta y "Visto bueno" del director (el director escribirá su nombre)	

Cuadro 4.6: Especificación del caso de uso "Registrar escuela"

Caso de uso:	Registrar escuela	
Creado por:	José Abraham Baez Bagatella	
Actor(es):	Terapeuta	
Descripción:	Mediante este caso de uso el actor terapeuta podrá registrar las escuelas en las que asisten los alumnos.	
Precondiciones:	Haber completado exitosamente el caso de uso "Autenticar".	
Flujo normal:	1	El sistema muestra una interfaz con los campos de texto "Nombre de la escuela", "Colonia", "Código postal", "Calle y número", "Teléfono" y los selectores "Estado", "Nivel", "Turno" y "Sector" y el botón "Registrar".
	2	El usuario rellena todos los campos pedidos y selecciona todos los valores deseados de los selectores y por último oprime el botón "Registrar" (E-1).
	3	El sistema realiza una inserción en la base de datos para crear un registro de Escuela, luego es direccionado nuevamente a su página principal informándole que la escuela ha quedado registrada.
	4	Termina el caso de uso
Flujo alterno:	Ninguno	
Excepciones:	E-1	No se han ingresado todos los datos.
		1 El sistema muestra un mensaje informándole al usuario que es necesario proporcionar todos los datos.
		2 El caso de uso continúa a partir del paso 2.
Notas:	La lista de escuelas y datos la poseen los terapeutas	

CAPÍTULO 4. DESARROLLO

Cuadro 4.7: Especificación del caso de uso "Eliminar secciones de ejercicios"

Caso de uso:	Eliminar secciones de ejercicios	
Creado por:	José Abraham Baez Bagatella	
Actor(es):	Terapeuta	
Descripción:	Mediante este caso de uso el actor terapeuta podrá eliminar secciones de ejercicios del sistema.	
Precondiciones:	Haber completado con éxito el caso de uso "Autenticación".	
Flujo normal:	1	El sistema muestra una interfaz listando todas las clases de prácticas, junto con las lecciones asociadas a cada una, además se listan todos los ejercicios asociados a cada lección, cada uno con una casilla de verificación. Y finalmente el botón "Eliminar seleccionados".
	2	El usuario selecciona lo que desea eliminar y presiona el botón "Eliminar seleccionados".
	3	El sistema muestra un mensaje con un resumen de lo que se desea eliminar y los botones "Aceptar" y "Cancelar".
	4	El usuario oprime el botón "Aceptar"
	5	El sistema realiza una consulta a la base de datos y elimina los registros indicados. Luego le informa al usuario mediante otra interfaz los registros que han sido eliminados.
	6	Termina el caso de uso
Flujo alterno:	Ninguno	
Excepciones:	Ninguna	
Notas:	La eliminación de una sección de ejercicios debe eliminar en cascada todos los registros asociados a cada uno.	

Cuadro 4.9: Especificación del caso de uso "Generar nuevos ejercicios"

Caso de uso:	Generar nuevos ejercicios
Creado por:	José Abraham Baez Bagatella
Actor(es):	Terapeuta

4.1. ANÁLISIS Y DISEÑO

Descripción:	Mediante este caso de uso el actor terapeuta podrá generar nuevas clases, lecciones y secciones de ejercicios.		
Precondiciones:	Haber completado con éxito el caso de uso “Autenticación”.		
Flujo normal:	1	El sistema muestra una interfaz donde se proporciona un selector de clases y de lecciones previamente almacenadas en la base de datos. Un botón para “Agregar nueva clase” y un botón para “Agregar nueva lección”. Un botón para ver los calentamientos almacenados y correspondientes a la lección seleccionada. Un botón para agregar un nuevo ejercicio de calentamiento a la lección seleccionada, y por último todas las secciones de la lección seleccionada con sus respectivos consejos, apoyos y ejercicios, además de un botón llamado “Agregar ejercicio” para cada sección. Finalmente un botón llamado “Crear nueva sección”.	
	2	El usuario puede presionar el botón “Agregar clase” (A-1) o seleccionar una clase listada en el selector de clases. El usuario puede presionar el botón “Agregar nueva lección” (A-2) o seleccionar una lección asociada a la clase previamente almacenada. El usuario puede presionar el botón “Ver calentamientos” (A-3) y puede presionar el botón “Agregar calentamiento” (A-4). También puede presionar cada botón asociado a una sección. El usuario puede oprimir el botón “Consejos” (A-5), “Apoyo” (A-6), “Ver ejercicios” (A-7) o “Agregar ejercicio” (A-8). Finalmente el usuario puede oprimir el botón “Crear nueva sección” (A-9).	
	3	El sistema realiza una consulta a la base de datos realizando la orden requerida en el flujo alterno seleccionado.	
	4	Termina el caso de uso	
Flujo alterno:	A-1	1	El sistema muestra una interfaz con campos de texto para “Nombre de la nueva clase” y una “Descripción” opcional y los botones “Agregar” y “Cancelar”.
		2	El usuario proporciona un nombre para la nueva clase y opcionalmente una descripción. Luego oprime el botón “Agregar”.
		3	El caso de uso continúa a partir del paso 3.

A-2	1	El sistema muestra una interfaz con un campo de texto para el “Nombre de nueva lección”, y opcionalmente 3 campos de texto para “Ejercicios de calentamiento” junto con los botones “Grabar”, “Parar”, “Reproducir” asociados a la grabación de audio. Finalmente los botones “Agregar” y “Cancelar”.
	2	El usuario proporciona un nombre para la nueva lección y opcionalmente agrega en texto o en voz el o los ejercicios de calentamiento para la nueva lección. Finalmente oprime el botón “Agregar”.
	3	El caso de uso continúa a partir del paso 3.
A-3	1	El sistema muestra una interfaz con un campo de texto para cada calentamiento almacenado en la base de datos asociado con la lección seleccionada, en estos campos de texto aparecen los textos almacenados como calentamiento. Además con los botones “Reproducir”, “Grabar” y “Parar” con los cuales se puede editar el audio asociado. Y finalmente los botones “Guardar cambios” y “No hacer cambios”.
	2	El usuario modifica el texto en algún campo de texto y puede grabar un nuevo audio de calentamiento. Finalmente presiona el botón “Guardar cambios”.
	3	El caso de uso continúa a partir del paso 3.
A-4	1	El sistema muestra una interfaz con instrucciones que indican los pasos para crear un nuevo calentamiento. Un campo de texto para escribir el nuevo calentamiento, los botones “Grabar”, “Parar” y “Reproducir” asociados a grabar un archivo de audio. Finalmente los botones “Guardar cambios” y “Cancelar”.
	2	El usuario proporciona un nuevo ejercicio de calentamiento y puede grabar un archivo de audio presionando los botones de control de archivos de audio. Finalmente presiona el botón “Guardar cambios”.
	3	El caso de uso continúa a partir del paso 3.

4.1. ANÁLISIS Y DISEÑO

	A-5	1	El sistema muestra una interfaz con campos de texto para los consejos almacenados actualmente en la sección del que ha sido elegido el botón. Además de un campo de texto adicional para agregar un nuevo consejo de manera opcional. Los botones “Guardar cambios” y “Cancelar”.
		2	El usuario proporciona un nuevo consejo en el campo de texto, o modifica alguno de los consejos actuales. Finalmente presiona el botón “Guardar cambios”.
		3	El caso de uso continúa a partir del paso 3.
	A-6	1	El sistema muestra una interfaz con una descripción y un campo de texto asociado al apoyo que contiene la sección que ha sido seleccionada y los botones “Guardar cambios” y “Cancelar”.
		2	El usuario proporciona o modifica el texto de apoyo para la lección y oprime el botón “Guardar cambios”.
		3	El caso de uso continúa a partir del paso 3.
	A-7	1	El sistema muestra una interfaz donde se listan dentro de campos de texto los ejercicios asociados a esta lección. Y los botones “Guardar cambios” y “Cancelar”.
		2	El usuario modifica algún(os) ejercicio(s) listado(s) y presiona el botón “Guardar cambios”.
		3	El caso de uso continúa a partir del paso 3.
A-8	1	El sistema muestra una interfaz con hasta 5 campos de texto para agregar nuevos ejercicios a esta sección y los botones “Agregar” y “Cancelar”.	
	2	El usuario proporciona al menos 1 ejercicio nuevo para agregar, luego presiona el botón “Agregar”.	
	3	El caso de uso continúa a partir del paso 3.	
A-9	1	El sistema muestra una interfaz con una descripción indicando a que lección se le agregará una nueva sección, y 5 campos de texto para agregar “Nuevo ejercicios”. Por último los botones “Agregar” y “Cancelar”.	
	2	El usuario proporciona al menos 1 nuevo ejercicio para la nueva sección y pulsa el botón “Agregar”.	
	3	El caso de uso continúa a partir del paso 3.	
Excepciones:	Ninguna		

CAPÍTULO 4. DESARROLLO

Notas:	Esta es una parte crucial del sistema pues permite a los terapeutas ampliar el sistema sin necesidad de saber programación
--------	--

Cuadro 4.10: Especificación del caso de uso "Obtener archivos de audio"

Caso de uso:	Obtener archivos de audio	
Creado por:	José Abraham Baez Bagatella	
Actor(es):	Terapeuta	
Descripción:	Mediante este caso de uso el actor terapeuta podrá obtener los archivos de audio de los ejercicios realizados por los alumnos.	
Precondiciones:	Haber completado exitosamente el caso de uso "Autenticación".	
Flujo normal:	1	El sistema muestra una interfaz con los selectores "Alumno", "Clase", "Lección" y "Fecha" y por último el botón "Obtener" (E-1).
	2	El usuario selecciona el valor de al menos 1 de los selectores y finalmente presiona el botón "Obtener".
	3	El sistema realiza una consulta a la base de datos obteniendo las rutas de archivo dentro del sistema para después comprimir en un archivo formato ZIP los archivos de audio descritos en los resultados. El sistema luego ofrecerá al usuario la descarga del archivo por medio del gestor de descargas del navegador.
	4	Termina el caso de uso.
Flujo alterno:	Ninguno	
Excepciones:	E-1	No se ha seleccionado algún valor
	1	El sistema informa al usuario mediante un mensaje que debe seleccionar al menos un valor de las cajas de selección.
	2	El caso de uso continúa a partir del paso 2
Notas:	Ninguna	

Cuadro 4.11: Especificación del caso de uso "Aprobar acceso"

Caso de uso:	Aprobar acceso		
Creado por:	José Abraham Baez Bagatella		
Actor(es):	Terapeuta		
Descripción:	A través de este caso de uso el actor terapeuta podrá dar autorización de acceso al sistema a un alumno que ha intentado registrarse.		
Precondiciones:	Haber completado con éxito el caso de uso "Autenticar".		
Flujo normal:	1	El sistema muestra en una interfaz una lista de usuarios que han solicitado integrarse al sistema, son detallados los datos que el usuario proporcionó y cada conjunto de detalle se muestra con una casilla de verificación. Por último se ofrecen los botones "Integrar seleccionados" y "Rechazar seleccionados".	
	2	El usuario selecciona al menos 1 casilla de verificación y puede oprimir el botón "Integrar seleccionados" (A-1) o el botón "Rechazar seleccionados" (A-2).	
	3	Termina el caso de uso.	
Flujo alterno:	A-1	1	El sistema realiza una consulta a la base de datos y actualiza el estado del usuario registrado concediéndole el permiso para utilizar el sistema.
		2	El sistema informa al usuario los nuevos alumnos con acceso al sistema.
		3	Termina el caso de uso.
	A-2	1	El sistema realiza una consulta a la base de datos eliminando el registro del usuario que ha seleccionado.
		2	El sistema informa al usuario los registros que han sido eliminados.
		3	Termina el caso de uso
Excepciones:	Ninguna		
Notas:	Los usuarios pueden registrarse pero el acceso al sistema será proporcionado por un terapeuta, de esta manera se evita que se tengan accesos no deseados		

Cuadro 4.12: Especificación del caso de uso "Administrar usuarios"

Caso de uso:	Administrar usuarios		
Creado por:	José Abraham Baez Bagatella		
Actor(es):	Administrador		
Descripción:	Mediante este caso de uso el actor administrador podrá gestionar la actualización o eliminación de usuarios registrados.		
Precondiciones:	Haber completado con éxito el caso de uso "Autenticación".		
Flujo normal:	1	El sistema muestra una lista con los nombres de usuario registrados, y los botones "Modificar" y "Eliminar" al lado de cada usuario listado.	
	2	El usuario oprime el botón "Modificar" (A-1) o el botón "Eliminar" (A-2).	
	3	Termina el caso de uso	
Flujo alterno:	A-1	1	El sistema muestra una interfaz que contiene en cajas de texto los datos del usuario a modificar y los botones "Guardar cambios" y "Cancelar".
		2	El usuario modifica los datos y oprime el botón "Guardar cambios".
		3	El sistema realiza una consulta a la base de datos y actualiza el registro del usuario seleccionado. Luego refresca la página para volver a cargar los datos listados en el paso 1.
		4	El caso de uso continúa a partir del paso 1.
	A-2	1	El sistema mediante una interfaz pregunta al usuario si desea eliminar al usuario seleccionado, y se muestran los datos de este mismo. Por último se muestran los botones "Confirmar" y "Cancelar".
		2	El usuario oprime el botón "Confirmar".
		3	El sistema realiza una consulta a la base de datos y elimina al usuario seleccionado. Luego refresca la página para volver a cargar los datos listados en el paso 1.
		4	El caso de uso continúa a partir del paso 1.
Excepciones:	Ninguna		
Notas:	El administrador del sistema será designado dentro de USAER		

DIAGRAMAS DE SECUENCIA

Los diagramas de secuencia explican paso a paso como se comunicarán los objetos, y que métodos serán utilizados para esta comunicación, además puede observarse el tiempo de control de cada objeto. Estos al pertenecer al modelo de diseño poseen un nivel más alto de abstracción y las clases ya se han definido con sus atributos y métodos principales.

En esta sección se incluyen los diagramas de secuencia correspondientes a cada caso de uso descrito anteriormente.

Diagrama de secuencia para el caso de uso "Registrar usuario"

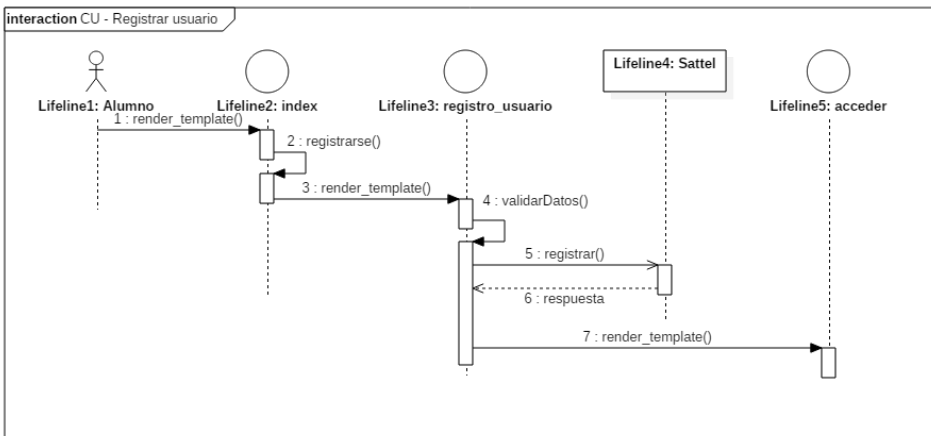


Figura 4.4: Diagrama de secuencia para el caso de uso "Registrar usuario" del sistema SATTEL

Diagrama de secuencia para el caso de uso "Autenticación"

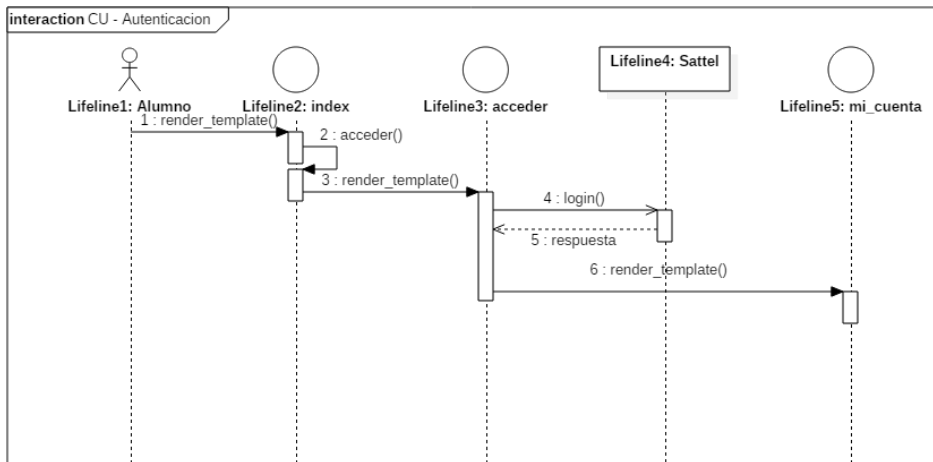


Figura 4.5: Diagrama de secuencia para el caso de uso "Autenticación" del sistema SATTEL

Diagrama de secuencia para el caso de uso "Realizar ejercicio"

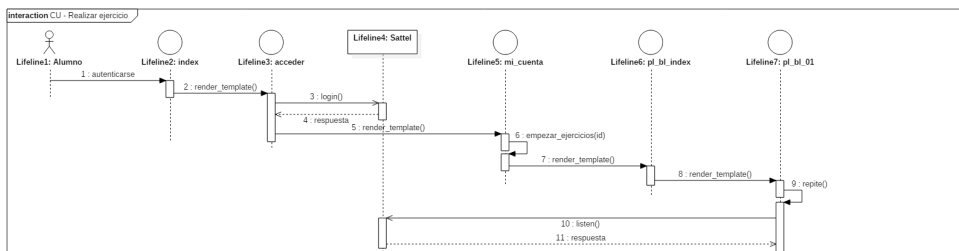


Figura 4.6: Diagrama de secuencia para el caso de uso "Realizar ejercicio" del sistema SATTEL

Diagrama de secuencia para el caso de uso "Generar reportes"

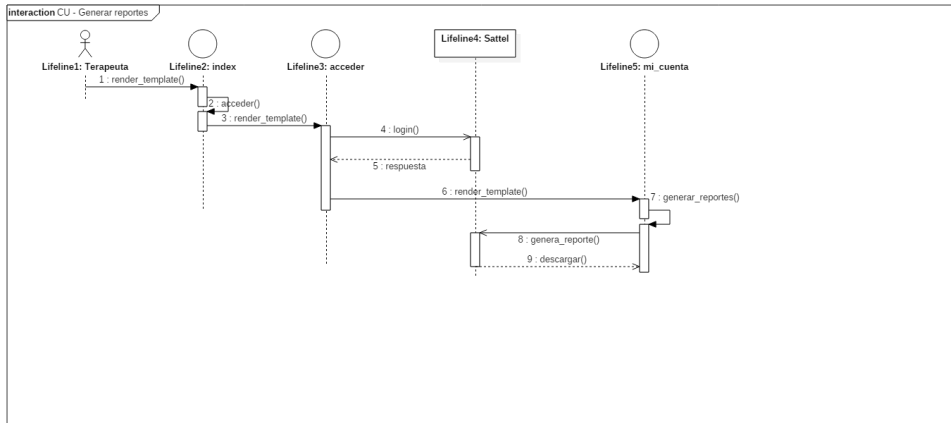


Figura 4.7: Diagrama de secuencia para el caso de uso "Generar reportes" del sistema SATTEL

Diagrama de secuencia para el caso de uso "Registrar escuela"

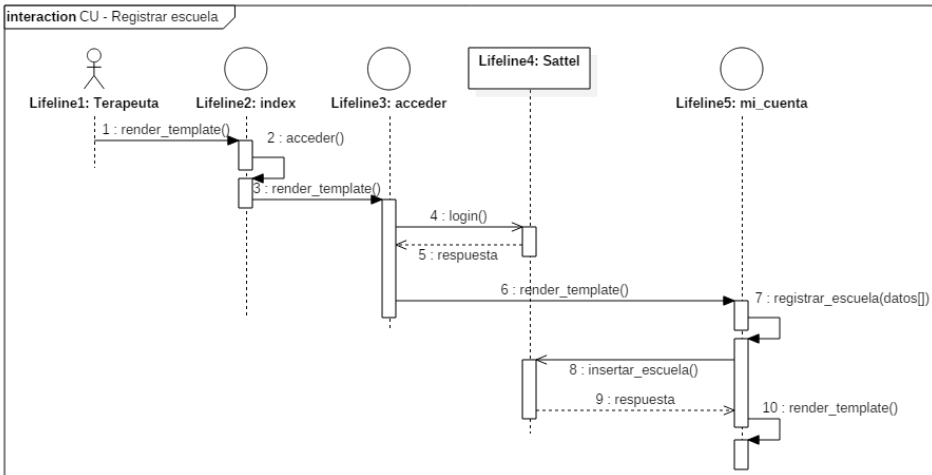


Figura 4.8: Diagrama de secuencia para el caso de uso "Registrar escuela" del sistema SATTEL

Diagrama de secuencia para el caso de uso "Eliminar secciones de ejercicios"

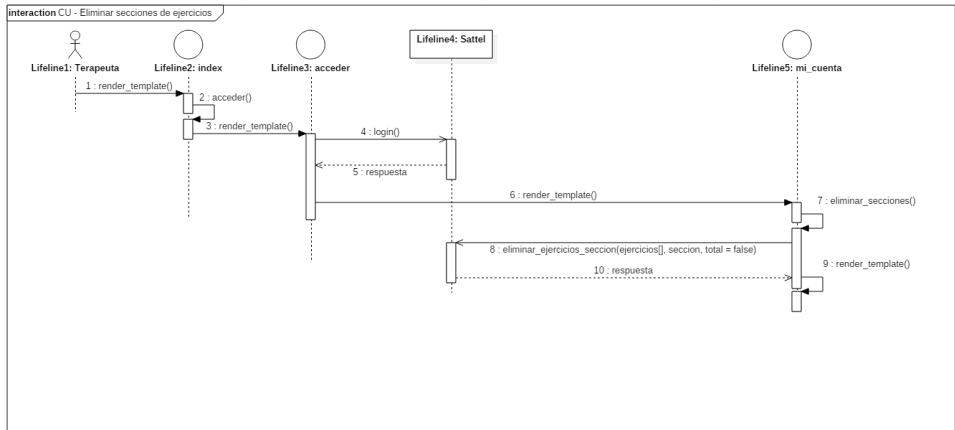


Figura 4.9: Diagrama de secuencia para el caso de uso "Eliminar secciones de ejercicios" del sistema SATTEL

Diagrama de secuencia para el caso de uso "Generar nuevos ejercicios"

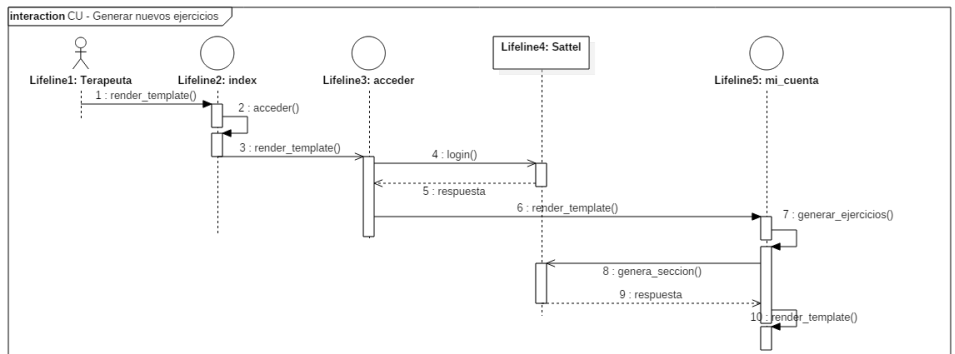


Figura 4.10: Diagrama de secuencia para el caso de uso "Generar nuevos ejercicios" del sistema SATTEL

Diagrama de secuencia para el caso de uso "Obtener archivos de audio"

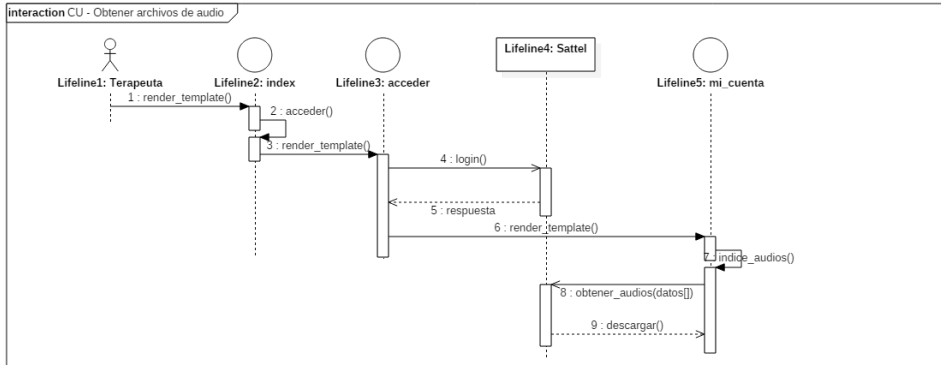


Figura 4.11: Diagrama de secuencia para el caso de uso "Obtener archivos de audio" del sistema SATTEL

Diagrama de secuencia para el caso de uso "Aprobar acceso"

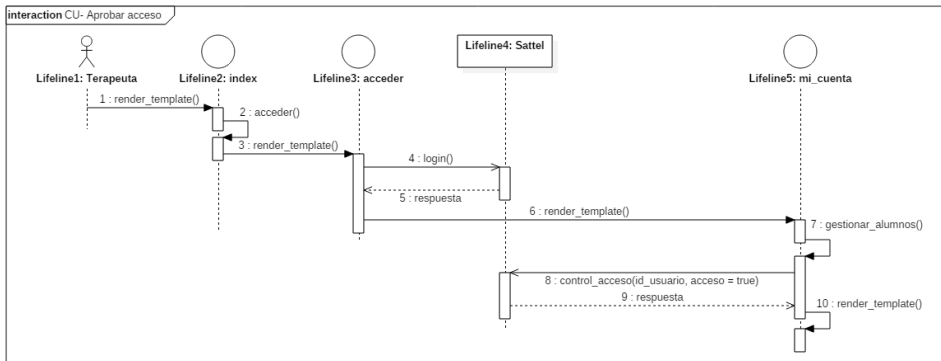


Figura 4.12: Diagrama de secuencia para el caso de uso "Aprobar acceso" del sistema SATTEL

Diagrama de secuencia para el caso de uso "Administrar usuarios"

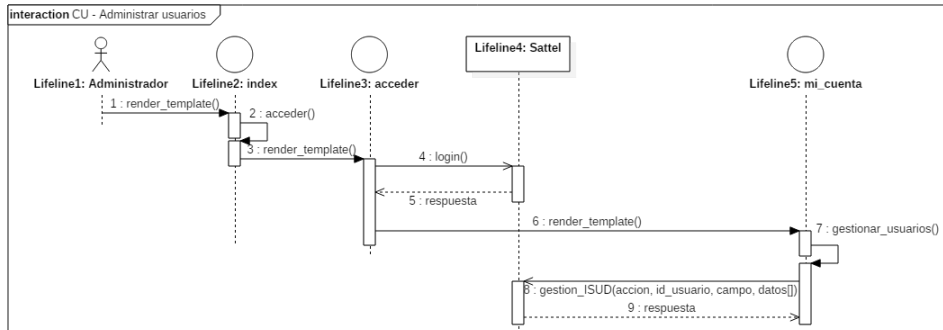


Figura 4.13: Diagrama de secuencia para el caso de uso "Administrar usuarios" del sistema SATTEL

4.2. IMPLEMENTACIÓN

Para la implementación del sistema se han requerido 3 herramientas computacionales:

- **Servidor web.** El proveedor de servicios web es "Nginx", el cual es un software de código abierto y libre que proporciona servicios HTTP y "reverse proxy", así como servicios IMAP/POP3. Es un servicio de alto rendimiento, estable de fácil configuración y consumo mínimo de recursos.
- **Sistema gestor de bases de datos.** Para gestionar la base de datos se ha optado por el SGBD "MariaDB", un sistema derivado de MySQL y que posee la mayoría de las instrucciones conocidas de este otro gestor. Un sistema estable y optimizado, si bien es un sistema más robusto que su predecesor, se le ha elegido por ser más reciente y se espera que su obsolescencia sea aún más lejana.
- **Framework de desarrollo web.** Con el objetivo de soportar la integración con el sistema de transcripción de voz a texto de CMU Sphinx y su desarrollo bajo el lenguaje de programación Python, se ha elegido el framework "Flask", un entorno basado en la especificación WSGI y el motor de plantillas de Jinja2. También se ha utilizado el

framework "Bootstrap" para la mejor adaptación de las interfaces del sistema a cualquier dispositivo.

La programación del sistema se lleva a cabo bajo los siguientes lenguajes:

- **Python.** Lenguaje de programación interpretado y multiparadigma. Utilizado para la programación del servidor web sus clases y métodos, además de ser utilizado para la adaptación del software de transcripción.
- **HTML5.** Lenguaje de marcado para la definición de estructuras y contenidos de sitios web en su especificación clásica (tex/html). Utilizado para la escritura de todas las interfaces web.
- **JQuery(JavaScript).** Biblioteca multiplataforma, basado en el lenguaje de programación JavaScript y definido como orientado a objetos, el cual se ejecuta del lado del cliente. Utilizado para la programación de los eventos que las interfaces deben ejecutar.
- **CSS3.** Lenguaje de marcado que define la presentación de un documento estructurado. Utilizado como tal, para definir la presentación de todas las interfaces web.

4.2.1. MODELADO NAVEGACIONAL

La implementación del sistema web posee un mapa navegacional donde los nodos son las paginas web, y los enlaces son hipervínculos. El modelo de navegación se puede apreciar en la figura 4.14.

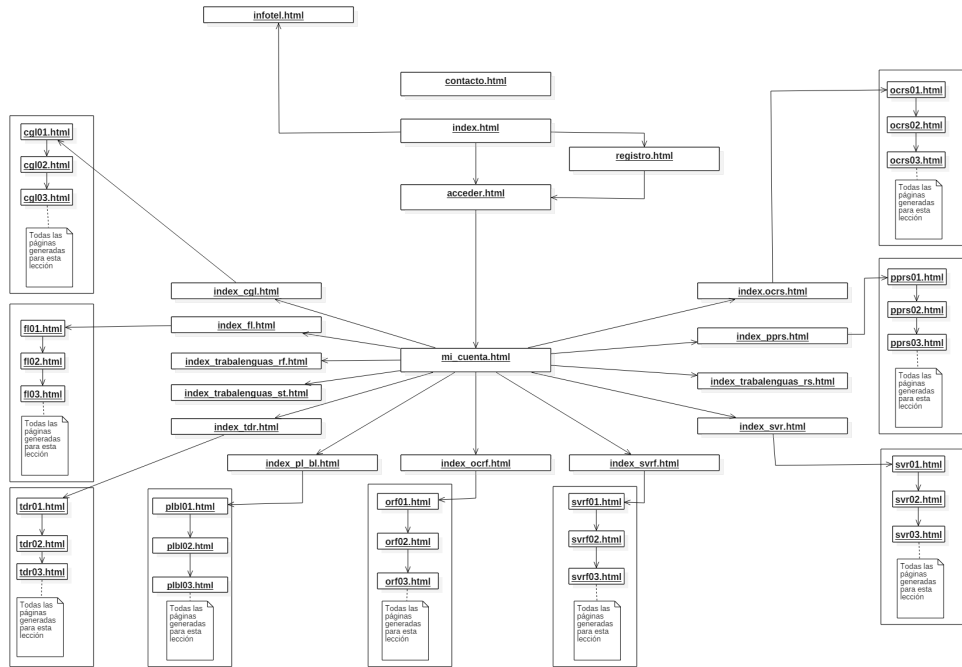


Figura 4.14: Modelo navegacional del sistema SATTEL

4.2.2. PROCESOS

EL PROCESO DE TRANSCRIPCIÓN DE VOZ A TEXTO

La voz es un sonido que produce el ser humano, este se genera cuando el aire inhalado es expulsado a través de la laringe haciendo que vibren las cuerdas bucales. Dado que la voz es un sonido este puede ser digitalizado para su análisis. El proceso de la digitalización de una señal de audio consiste en:

- Capturar y transformar las vibraciones del sonido en señales eléctricas por medio de un transductor electroacústico, por ejemplo un micrófono. El resultado de esta captura es una señal de flujo continuo.
- Una vez capturado el sonido en un flujo continuo se procede al muestreo mediante un conversor de señales analógicas a digitales,

en el cual discretiza el tiempo en una serie de intervalos regulares muy pequeños. La cantidad de muestras que se realizan por unidad de tiempo se mide en la unidad Hercio (Hz). Entre mayor cantidad de muestras, mas fidelidad de sonido se alcanzará, pero a cambio este tendrá un mayor tamaño en memoria.

- Luego se inicia la cuantificación que analiza los voltajes de la señal analógica en relación al tiempo, así a cada intervalo se le asigna el valor determinado por el conversor análogo/digital.
- A continuación dada la frecuencia de muestreo y los valores asignados a cada muestra, se puede hablar del "bitrate" o tasa de bits, es la cantidad de bits (0 y 1) que se transmiten por unidad de tiempo, en general se utiliza el segundo como unidad de tiempo. Regularmente se puede expresar como "bps" (bits por segundo). Una señal digital de 16KHz donde cada valor es expresado en 16 bits, estará transmitiendo 256000 bps o 32 Kbps.
- Por último se requiere la codificación, que en otras palabras es la estructuración de como serán almacenados estos datos en memoria, comúnmente se trata de un proceso de compresión para que se utilice menos espacio.

Esta señal digital puede ser representada gráficamente como se observa en la figura 4.15 y para su análisis y proceso de transcripción, se necesita antes decodificar la señal si es que ha sido codificada en un archivo de audio y obtener todos los valores asignados a los intervalos de tiempo. La manera de analizar esta señal es decisión de cada analista, pero usualmente se realiza una segmentación de esta señal por intervalos y a cada intervalo se le aplica una transformación rápida de Fourier (FFT). Si este es el caso entonces se cuenta con una base de conocimiento donde están almacenados los datos de cada fonema del idioma con transformación rápida de Fourier para luego realizar una comparación entre ambas transformadas y así determinar el fonema que ha sido emitido en ese intervalo. De esta manera es posible hacer una transformación de voz a texto.

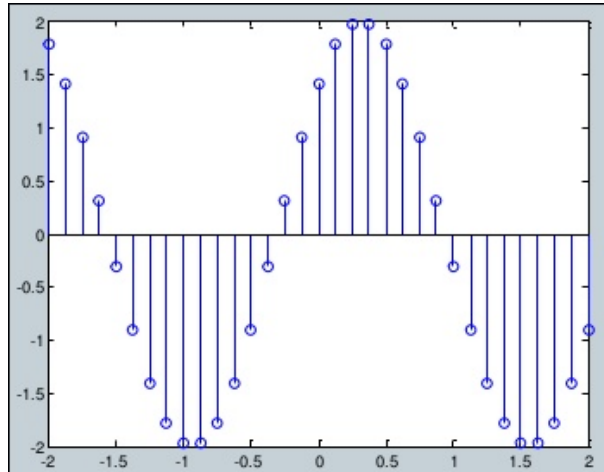


Figura 4.15: Ejemplo de una señal digital

En esta investigación se está utilizando el paquete de software "Python SpeechRecognition", el cual utiliza como motor de transformación el software "CMU Sphinx". Este software tiene como base el reconocimiento en el idioma inglés, pero ha sido adaptado para su reconocimiento de fonemas en español, esta adaptación fue creada por VoxForge[1]. Además se cuenta con dos aspectos fundamentales para realizar este reconocimiento, un diccionario de términos y fonemas, y un modelo de lenguaje.

EL DICCIONARIO DE TÉRMINOS

El diccionario de términos y fonemas es un archivo de texto simple que utiliza el software SpeechRecognition y contiene todas las palabras que deseamos reconocer, seguidas de los fonemas que componen cada palabra. Este diccionario es creado con la intención de reconocer palabras enteras, es decir sintácticamente bien formadas. Un ejemplo de este archivo de diccionario se puede observar en la figura 4.16, en la cual se muestra una pequeña lista de palabras seguidas de los fonemas que la conforman.

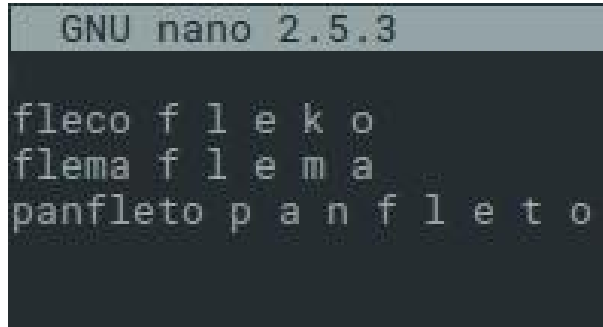


Figura 4.16: Diccionario de palabras

Estos diccionarios limitan la capacidad del software de reconocimiento de voz a texto a solo reconocer las palabras que aparecen en el diccionario, se usará esta limitación como conveniencia de la siguiente manera:

Se tiene el ejercicio de repetición de trabalenguas:

Tres tristes tigres tragaban trigo

Un usuario que intente leer esto solo deberá leer las palabras indicadas por el ejercicio, por lo cual las 5 palabras deberán estar listadas en el diccionario. Sin embargo también se deben incluir las palabras que puedan indicar fallos de pronunciación, como se verá en la sección posterior "El proceso de detección de error en el habla".

EL MODELO DE LENGUAJE

El modelo de lenguaje funciona como herramienta de apoyo semántico, este modelo también es un archivo de texto simple pero estructurado, en el cual se listan n-gramas de palabras a partir de oraciones previamente analizadas y separadas como puede observarse en la figura 4.17, así el reconocedor puede formar oraciones complejas con mejor probabilidad de que sean lo que el locutor dijo. Este archivo que contiene el modelo de lenguaje contiene palabras clave que utiliza el software SpeechRecognition.

```

GNU nano 2.5.3 Archivo
\data\
ngram 1=24
ngram 2=29
ngram 3=0
ngram 4=0

\1-grams:
-0.8893017 </s>
-99 <s> -0.638972
-1.491362 El -0.2867895
-1.491362 Hay -0.2867895
-1.491362 Las -0.2867895
-1.491362 Los -0.2568263
-1.491362 alegremente -0.241032
-1.491362 clases -0.2867895
-1.01424 de -0.5256715
-1.491362 dulces -0.2867895
-1.491362 empiezan -0.2867895
-1.491362 escuela -0.2867895
-1.491362 esta -0.2720663
-1.491362 jarrón -0.2720663
-1.491362 juega -0.2867895
-1.491362 la -0.2867895
-1.190332 lleno -0.4329176
-1.491362 los -0.2568263
-1.491362 muy -0.2867895
-1.01424 niños -0.5256716
-1.491362 para -0.2867895
-1.491362 patio -0.2568263
-1.491362 temprano -0.241032
-1.491362 un -0.2867895

\2-grams:
-0.69897 <s> El
-0.69897 <s> Hay
-0.69897 <s> Las
-0.69897 <s> Los
-0.30103 El patio
-0.30103 Hay un
-0.30103 Las clases
-0.30103 Los niños
-0.30103 alegremente </s>
-0.30103 clases empiezan
-0.60206 de dulces
-0.60206 de la
-0.60206 de niños
-0.30103 dulces para

```

Figura 4.17: Modelo de lenguaje

Sin embargo el reconocimiento de las oraciones es más propenso a fallar que el de una simple palabra. Para resolver este fallo se pueden utilizar técnicas de corrección diversas, la utilización de estas técnicas de tolerancias a fallos no se aplicará si es que intentamos detectar errores en el habla, es decir, mientras el usuario este realizando un ejercicio no se usará.

Supóngase que se tiene nuevamente el ejercicio de repetición de trabalenguas:

Tres tristes tigres tragaban trigo

La generación de un modelo de lenguaje que abarque frases hasta trigramas de palabras contendrá lo que puede observarse en la tabla 4.13:

Cuadro 4.13: División del trabalenguas en n-gramas

Unigramas	Bigramas	Trigramas
Tres	Tres tristes	Tres tristes tigres
tristes	tristes tigres	tristes tigres tragaban
tigres	tigres tragaban	tigres tragaban trigo
tragaban	tragaban trigo	
trigo		

Pero como en el caso de los diccionarios, también deberían listarse modelos de lenguaje que contengan fallos de pronunciación, o el modelo se verá limitado a solo conjuntar las palabras bien pronunciadas.

EL PROCESO DE DETECCIÓN DE ERROR EN EL HABLA

El proceso de detección de error al momento de hablar es una tarea conjunta entre el reconocimiento de voz, y lo que se pretende que debe decirse. Inicialmente se deben crear diccionarios y modelos de lenguaje que contengan fallos, es decir, darle la capacidad al software de reconocer palabras mal pronunciadas. Por ejemplo se tiene el ejercicio de repetición de trabalenguas:

Tres tristes tigres tragaban trigo

Para la creación del diccionario, como se ha visto anteriormente se crea una lista con las palabras del trabalenguas, y además los posibles fallos para cada palabra, estos fallos son dictados por expertos en el área. Para este ejemplo el diccionario sería el que se muestra en la tabla 4.14:

Cuadro 4.14: Diccionario de palabras del trabalenguas

Palabra	Fonemas componentes
tres	t r e s
tristes	t r i s t e s
tigres	t i g r e s
tragaban	t r a g a b a n
trigo	t r i g o
tles	t l e s
tlistes	t l i s t e s
tigles	t i g l e s
tlagaban	t l a g a b a n
tligo	t l i g o
tes	t e s
tistes	t i s t e s
tigues	t i g e s
tagaban	t a g a b a n
tigo	t i g o

Donde la lista incluye los fallos más comunes de pronunciación de las palabras del trabalenguas.

El modelo de lenguaje para este trabalenguas que incluya los posibles fallos es más difícil de crear puesto que es combinatorio entre las palabras correctas y los posibles fallos. Supóngase que se cuenta con un archivo de texto plano, el cual se utilizará como corpus del modelo de lenguaje, que incluye el trabalenguas correcto y añadiendo todas las combinaciones de fallos, una vista hacia tal archivo puede verse en la tabla 4.15.

Cuadro 4.15: Diccionario de palabras del trabalenguas

Tres tristes tigres tragaban trigo
Tles tristes tigres tragaban trigo
Tres tlistes tigres tragaban trigo
Tres tristes tigles tragaban trigo
Tres tristes tigres tlagaban trigo
Tres tristes tigres tragaban tligo
Tles tlistes tigres tragaban trigo
Tres tlistes tigles tragaban trigo
Tres tristes tigles tlagaban trigo
Tres tristes tigres tlagaban tligo
Tles tlistes tigles tragaban trigo
Tres tlistes tigles tlagaban trigo
Tres tristes tigles tlagaban tligo
Tles tlistes tigles tlagaban trigo
Tres tlistes tigles tlagaban tligo
Tes tristes tigres tragaban trigo
Tres tistes tigres tragaban trigo
Tres tristes tiges tragaban trigo
Tres tristes tigres tagaban trigo
Tres tristes tigres tragaban tigo
etc...

El modelo de lenguaje es creado a partir de un corpus, el cual será el archivo de texto plano citado anteriormente, y el software que genera este modelo automáticamente es SRILM desarrollado por SRI International, el cual es adaptable al reconocedor CMU Sphinx. Este software hará las combinaciones hasta el número de ngramas requerido con todas las oraciones listadas, dándole la capacidad de crear oraciones que puedan contener fallos. Una vez que se tienen tanto el diccionario como el modelo de lenguaje con capacidad de responder a palabras fallidas en su pronunciación se procede a la detección de fallos.

La detección de fallos se hace a través de sentencias condicionales. Al momento de emitir una palabra u oración el software reconocerá la voz y usando como base las palabras en el diccionario y el modelo de lenguaje

emite una respuesta. Por medio de la comparación de cadenas se puede detectar en que parte de la palabra ha fallado la pronunciación y se le hace saber al usuario donde ha fallado, para luego pedirle que lo intente nuevamente.

4.2.3. PRODUCTOS DE DESARROLLO

Dado el escenario, las herramientas de software y las herramientas de transcripción y detección de errores en el habla el sistema web puede ser creado y poseerá un alto potencial de detección de errores. Este será un sistema de apoyo al terapeuta en trastornos específicos del lenguaje, nombrado de ahora en adelante "SATTEL".

SISTEMA WEB SATTEL

SATTEL es un sistema creado con tecnologías web recientes, el cual ha sido modelado bajo lineamientos de desarrollo anteriormente expuestos. La creación del sistema se divide en 3 secciones:

- Construcción e implementación del modelo de lenguaje.
- Construcción e implementación de la base de datos.
- Implementación de la interfaz web.

La construcción del modelo de lenguaje es el objetivo más relevante de esta investigación, pues la herramienta utilizada para el desarrollo de este y su implementación es de código abierto muy versátil a diversas modificaciones que hagan que se cumpla con el objetivo. También un modelo eficiente de la base de datos creará el vínculo apropiado entre el modelo de lenguaje y la interfaz web, además de que cargará con la responsabilidad de manejar los datos del usuario y su progreso en el sistema. Por último SATTEL se desarrolló no solo para el niño que presenta el problema, sino también como apoyo al terapeuta al momento de proponer lecciones especializadas para los usuarios de manera automática y que éste

pueda generar reportes de evidencia del uso del sistema por sus pacientes y detectar su mejora. Cada sección será descrita a detalle a continuación.

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE LENGUAJE

Un modelo es una construcción mental que refleja algunas características del objeto de investigación que son relevantes para una determinada investigación. El modelo depende totalmente del objeto que estamos modelando [9]. El modelo implementado es uno en el que se contempla todo el material didáctico que apoya a las terapias de lenguaje, es un modelo robusto y creciente. Este se divide en 2 partes, el diccionario de palabras y el modelo de lenguaje.

El diccionario de palabras cuenta inicialmente con 729 palabras que componen el material didáctico de apoyo. El modelo de lenguaje a construir se compone de combinaciones de palabras semánticamente correctas, estas combinaciones son unigramas, bigramas y trigramas de palabras, las cuales suman 1629 combinaciones.

Cuadro 4.16: N-Gramas del modelo

Combinación	Cantidad
Unigramas	729
Bigramas	672
Trigramas	228

Para implementar este modelo se requirió de una herramienta computacional desarrollada por la Universidad Carnegie Mellon, el software CMU Sphinx es un sistema de reconocimiento de voz compuesto por un programa de reconocimiento de voz a texto y un entrenador de modelo acústico. Originalmente un sistema para el reconocimiento del habla

inglesa, pero ha sido adaptado por VoxForge para el reconocimiento de varios idiomas, incluido el español.

Para poder utilizar este software adecuadamente con su adaptación al español, se debe contar con un modelo acústico, el cual engloba la pronunciación de los fonemas en el idioma, un modelo de lenguaje que son las secuencias más comunes de palabras en el idioma y un diccionario de palabras.

El motivo por el cual el modelo es dividido en un diccionario de palabras y un modelo de lenguaje es para la utilización correcta de este software, sin embargo hay que considerar que el software fue hecho para propósitos generales, y utilizar un modelo tan grande y un diccionario extenso pueden generar errores al momento del reconocimiento. Por lo que se ha planteado una solución a estos posibles errores, dividir el modelo y el diccionario.

Aplicando la filosofía poka-yoke, no buscar lo que no existe, se trata de dividir el diccionario al problema específico, es decir, si la pregunta es ¿Te gusta el chocolate? Solo se pueden contemplar muy pocas respuestas, como “Sí”, “No”, “Un poco”, etc., sin embargo no es posible contestar “Yo tengo un pescado”. Por lo tanto para una sesión de ejercicios propuestos, la cantidad de respuestas también es limitada, con esto en mente se ha dividido el diccionario de palabras para que este corresponda únicamente con las respuestas esperadas.

Con respecto al modelo de lenguaje, no es necesaria una división, puesto que CMU Sphinx hace el reconocimiento de las palabras por medio del diccionario, sin embargo por motivos de optimización también es conveniente dividir de la misma manera este modelo, puesto que de nada sirve que haga una búsqueda en combinaciones que nunca van a ocurrir.

De esta manera el resultado es un modelo acústico en español proporcionado por VoxForge, 54 diccionarios de palabras y 54 modelos de lenguaje. El software CMU Sphinx es originalmente capaz de reconocer solo un diccionario, modelo de lenguaje y modelo acústico, pero este ha sido modificado para cargar de manera dinámica el modelo y diccionario

que necesite según la situación, lo cual se explicará posteriormente cuando se hable acerca de la implementación de la interfaz web.

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA BASE DE DATOS.

Para modelar la base de datos se han tenido varias sesiones de entrevistas con personal de la Unidad de Servicios de Apoyo a la Educación Regular No. 31 donde se ha recolectado material físico que se utiliza en su tratamiento, además de presenciar las sesiones de terapia que brindan, en las cuales se han acordado requerimientos que desean en este sistema, estos pueden leerse en la sección 4.2.1 donde se plantea el escenario de las necesidades.

Se han logrado identificar 3 entidades principales: Usuarios, Escuelas y Ejercicios. Un usuario es un ser humano que pretende utilizar el sistema, este usuario puede ser un alumno, un terapeuta o un administrador. Las escuelas son aquellas que harán uso del sistema y se requiere que tengan un registro en el sistema para después poder conocer quien hace uso del sistema y a que escuela pertenece. Y la entidad de ejercicios se refiere a las prácticas de palabras, oraciones y material con el que un terapeuta cuenta y son realizados por sus pacientes. Un ejercicio pertenece a una lección del día, esta lección pertenece a una terapia en específico.

Para el modelado estas 3 entidades han sido abstraídas y clasificadas como 13 entidades lógicas y sus relaciones, las cuales pueden observarse en la figura 4.18, este modelo relacional cumple con las necesidades de almacenamiento de datos.

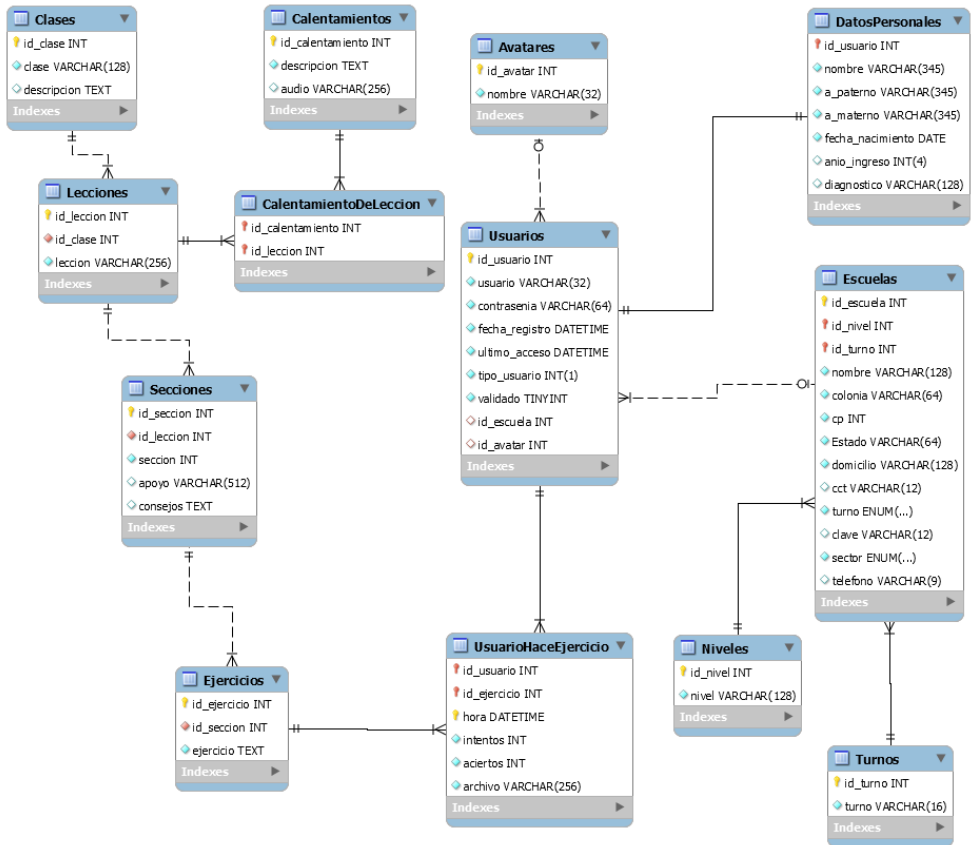


Figura 4.18: Modelo entidad relación de la base de datos para el sistema SATTEL

Entidades

- **Usuarios.** Entidad que contiene la información del usuario para su acceso al sistema.
- **Avatares.** Entidad que contiene información simple de los entrenadores virtuales que un usuario elige. Solo se contiene su nombre y un identificador.

- Escuelas. Entidad que almacenará los datos de las escuelas que harán uso del sistema, las escuelas poseen un nombre, dirección, nivel académico, turnos de clases, sector al que pertenecen, etc.
- Datos Personales. Entidad que contiene la información de los datos personales de cada usuario, tales como nombre(s), apellidos, fecha de nacimiento, el año de ingreso a la escuela que cursa y la condición de problema de lenguaje detectado en este. Esta entidad es una entidad débil o derivada puesto que es identificado totalmente por el usuario registrado. Por seguridad de datos, estos se guardan encriptados.
- Turnos. Entidad ligera que almacena los turnos en los que la escuela atiende.
- Niveles. Entidad ligera que almacena los niveles académicos de las escuelas.
- Clases. Entidad que guarda los datos de una “Clase” o “Tipo de terapia” del cual solo se requiere su nombre y la descripción de esta terapia.
- Lecciones. Entidad que contiene el nombre de la lección y a que clase o terapia pertenece.
- Calentamientos. Entidad que almacena los ejercicios previos recomendados por los terapeutas antes de empezar a realizar ejercicios correspondientes a la terapia.
- Calentamientos de lección. Entidad que relaciona cual es el ejercicio previo adecuado para una lección en específico.
- Secciones. Entidad que almacena consejos y apoyos para un subconjunto de ejercicios.
- Ejercicios. Entidad que almacena los ejercicios a realizar en la terapia.
- Usuario hace ejercicio. Entidad que almacena información del ejercicio hecho por determinados usuarios, además de datos estadísticos y ubicaciones de la grabación de voz hecha por el paciente.

Una vez logrado el modelo relacional se lleva a cabo su implementación. Para implementarlo se requiere de un Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) en el que se ha optado por “MariaDB”, un sistema SQL potente y actualizado con la ventaja de ser gratuito.

IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ WEB

La implementación de SATTEL consiste en realizar todo lo propuesto por el modelo navegacional junto con lo propuesto en los diagramas de secuencia. El primero dará el mapa por el cual se navegará dentro del sitio, dando indicaciones de construcción navegacional. El segundo le brindará los métodos necesarios para el funcionamiento correcto e indicado por las especificaciones de casos de uso, dando como resultado un sistema web ordenado y de fácil navegación.

Durante la implementación de los ejercicios a realizarse se planteó la siguiente problemática.

El sitio web, por su naturaleza, es capaz de ser visitado por varios usuarios a la vez, por lo tanto también los ejercicios serán ejecutados de forma paralela por los usuarios. Surgen las preguntas:

- ¿El servidor está configurado para el soporte de múltiples usuarios?
- ¿El transcriptor es capaz de resolver todas las peticiones con los diversos diccionarios?

La respuesta a la primera pregunta es Si. El servidor fue configurado utilizando el paquete *mod_wsgi* el cual no solo es una especificación para la comunicación entre servidores web y aplicaciones web, sino que extiende el funcionamiento de este lanzando cada petición como un hilo de ejecución, de esta manera se puede sacar provecho máximo del procesador del servidor y hace posible que con un solo procesador se puedan atender unas pocas peticiones de manera paralela y no solo 1 a la vez.

Sin embargo el transcriptor fue objeto de investigación profunda durante este proceso, puesto que sí se va a utilizar un diccionario específico para una sección en específico, este debe ser capaz de cambiar al diccionario correcto en el tiempo correcto, lo cual es una tarea casi imposible de cronometrar. Se optó por algo diferente.

Se le pide al servidor que por cada sesión de usuario se ejecute en el un método de transcripción, es decir no compartirán el módulo, sino cada uno posee uno propio, este método le comunica al software de reconocimiento de voz a texto que necesita la transcripción de una secuencia de audio utilizando el diccionario y modelo de lenguaje para su sesión. Así el software de reconocimiento de voz es capaz de recibir peticiones simultaneas indicándole que datos son los que debe usar.

De esta manera se resuelve el problema de las múltiples peticiones, sin embargo como en todo sistema, entre más robusto sea y más usuarios tenga también crecen las necesidades de hardware. Actualmente el servidor cuenta con 4 procesadores, 2GB de memoria RAM y 50 GB de disco duro SSD, lo cual favorece la utilización y el crecimiento del sistema.

Así después de la construcción, se han implementado de manera inicial 62 páginas web, y 62 archivos JavaScript, correspondiendo un archivo JavaScript por cada página HTML creada, en las figuras 4.19 y 4.20 se puede apreciar una vista del sistema. La figura 4.19 corresponde a la página de inicio, mientras que la figura 4.20 muestra el sistema de acceso al usuario.

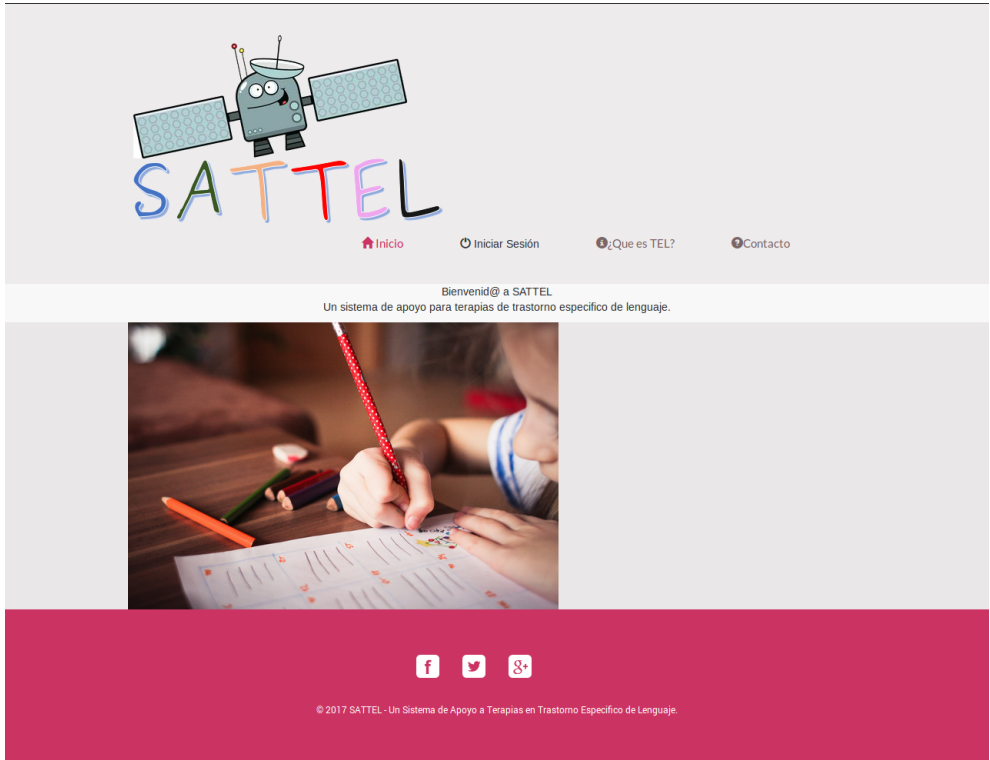


Figura 4.19: Página de inicio del sistema SATTEL



Figura 4.20: Página de acceso al sistema SATTEL

El acceso al sistema así como los datos privados y sensibles han sido protegido por el sistema de encriptación RSA con llaves de 2048 bytes, lo cual hace que los datos de acceso se envíen de manera segura y con mínimas probabilidades de intervención de cuenta por alguien no autorizado a utilizar el sistema.

El usuario inicialmente empezará en un panel de control del sistema, como se muestra en la figura 4.21 y desde el cual podrá realizar múltiples acciones, tales como:

- Acceder a las lecciones y realizar ejercicios de repetición.
- Visualizar y solicitar cambios en sus datos personales
- Solicitar el cambio de contraseña de su cuenta y elegir a su "couch" favorito
- Además, si es una cuenta de terapeuta, podrá generar nuevas lecciones para los pacientes.

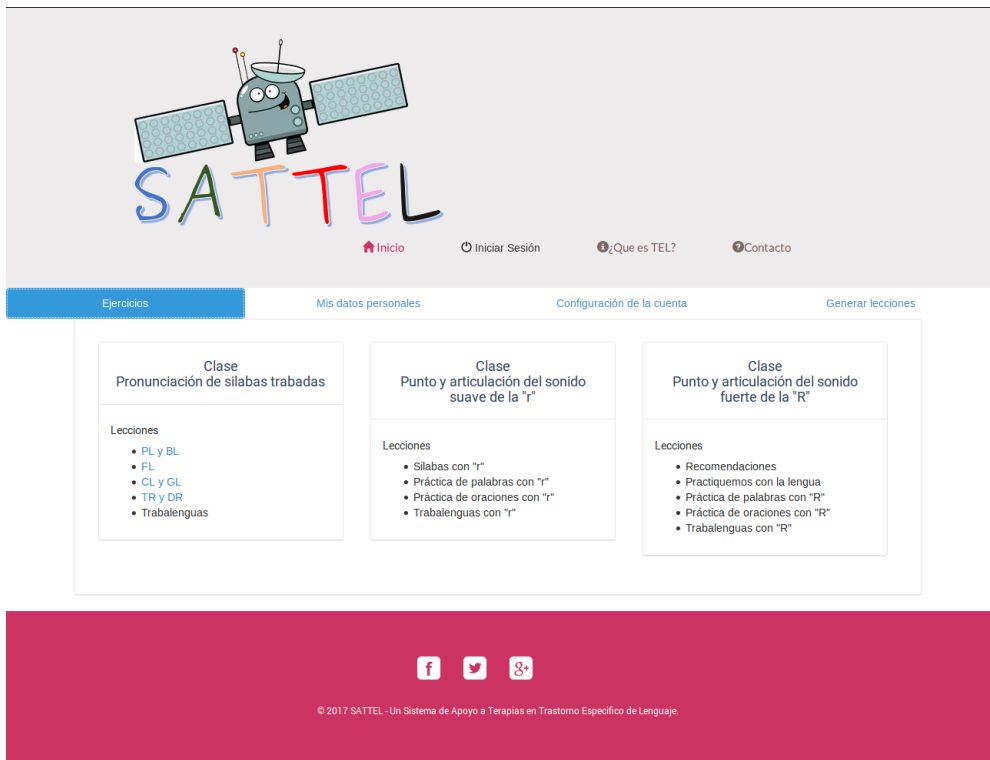
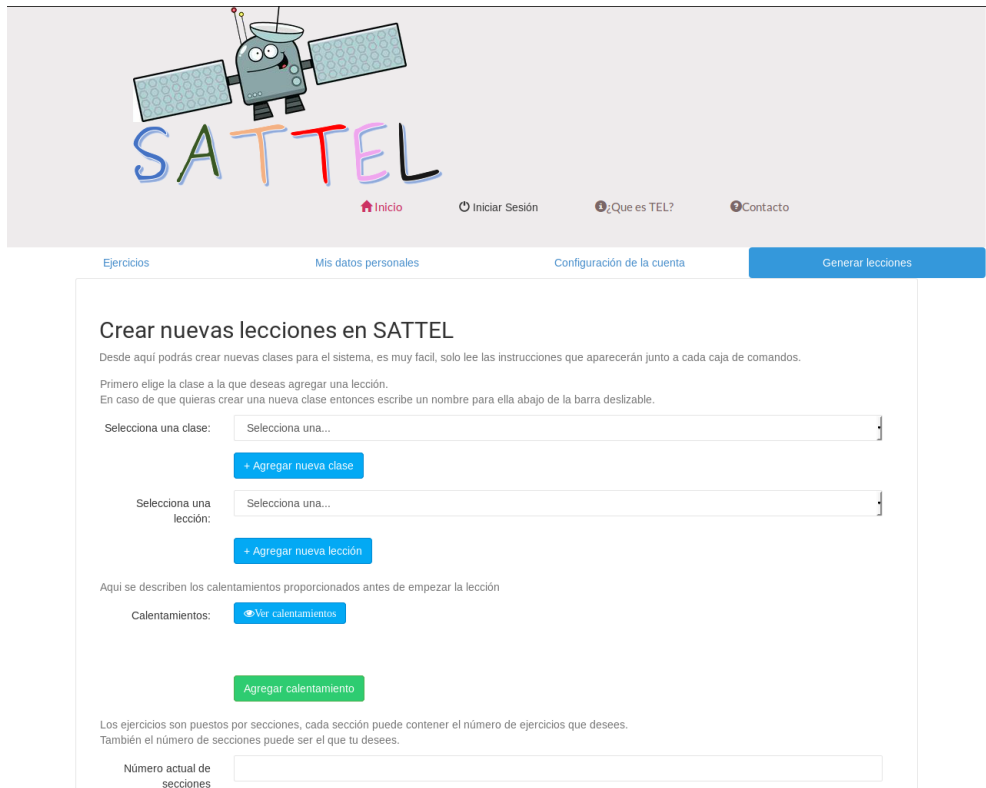


Figura 4.21: Panel de control del usuario en el sistema SATTTEL

SATTTEL es un sistema creciente, la sección del sistema que responde al caso de uso "Generar nuevos ejercicios", por medio de una interfaz se

automatiza la generación de páginas de ejercicios, lecciones y clases nuevas, obteniendo más contenido para el sistema web, véase las figuras 4.22 y 4.23. Los datos solicitados son cargados de manera asíncrona y las interfaces de llenado de información son pequeños e inteligibles por el usuario.



The screenshot shows the SATTEL web interface. At the top, there is a header with a cartoon satellite character and the text "SATTEL". Below the header, there are navigation links: "Inicio", "Iniciar Sesión", "¿Que es TEL?", and "Contacto". A secondary navigation bar contains "Ejercicios", "Mis datos personales", "Configuración de la cuenta", and "Generar lecciones" (highlighted in blue). The main content area is titled "Crear nuevas lecciones en SATTEL" and includes the following elements:

- Instructions: "Desde aquí podrás crear nuevas clases para el sistema, es muy facil, solo lee las instrucciones que aparecerán junto a cada caja de comandos. Primero elige la clase a la que deseas agregar una lección. En caso de que quieras crear una nueva clase entonces escribe un nombre para ella abajo de la barra deslizable."
- Form fields: "Selecciona una clase:" and "Selecciona una lección:" with dropdown menus and "+ Agregar nueva clase" and "+ Agregar nueva lección" buttons.
- Section: "Aquí se describen los calentamientos proporcionados antes de empezar la lección" with a "Ver calentamientos" button.
- Form field: "Agregar calentamiento" button.
- Text: "Los ejercicios son puestos por secciones, cada sección puede contener el número de ejercicios que desees. También el número de secciones puede ser el que tu desees."
- Form field: "Número actual de secciones" with an input box.

Figura 4.22: Interfaz de generación de contenido para el sistema SATTEL

Además para ejercicios que requieren contenido multimedia se implementaron controles de reproducción y grabación de audio, haciendo que el contenido de las lecciones sea enriquecido con los medios que el terapeuta crea convenientes.

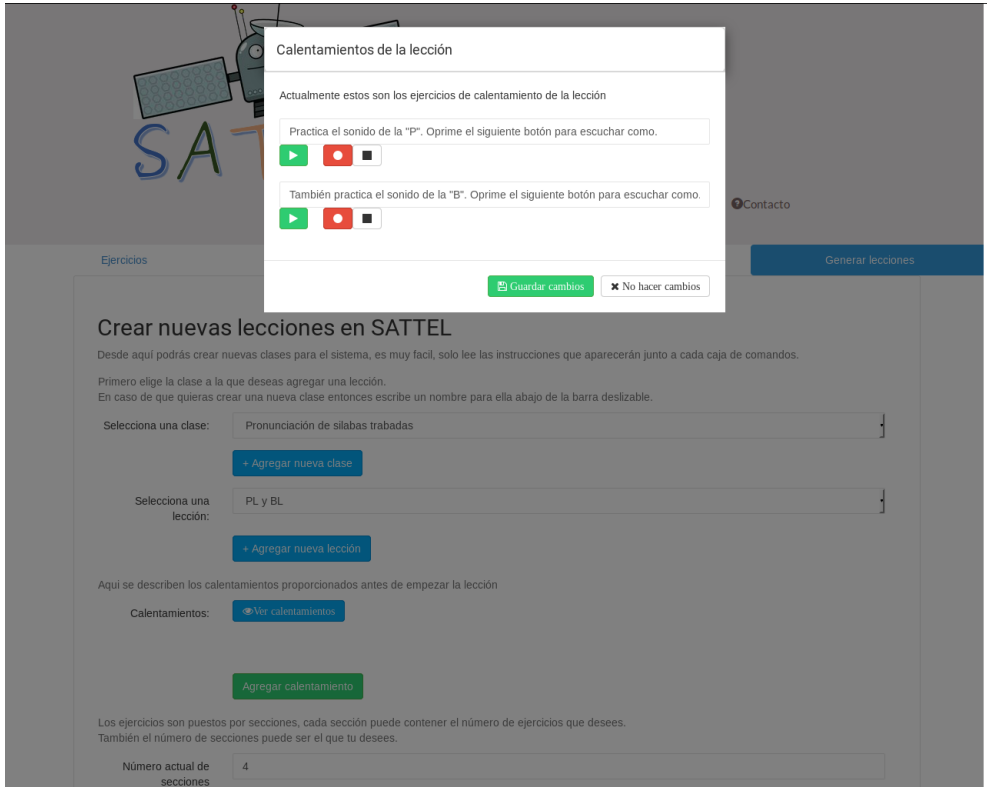



Figura 4.23: Interfaz de generación de contenido multimedia para el sistema SATTEL


Por último las interfaces donde el paciente realizará sus ejercicios también han sido creadas de manera sencilla, es decir, que los niños que utilizarán el sistema se sientan cómodos al navegarlo y sobre todo puedan entender el sistema con solo verlo. Un ejemplo de esta interfaz es el que se muestra en la figura 4.24.


EJERCICIOS DE LAS SILABAS PL Y BL (PARTE 1)



PRACTIQUEMOS
Es este ejercicio pronunciarás la palabra


BILÁ



Cuando estes listo presiona el botón con el microfono



PRACTIQUEMOS
Es este ejercicio pronunciarás la palabra

PILÁ


Cuando estes listo presiona el botón con el microfono



Consejos

- Intenta repetir la practica al menos 5 veces, verás que mejoras mucho
- Si te cuestra trabajo repite silaba por silaba para practicar
- Intenta que la habitacion en la que estes no tenga mucho ruido

Figura 4.24: Interfaz de realización de ejercicios de repetición del sistema SATTEL

CAPÍTULO 5

EXPERIMENTOS

5.1. PRUEBAS INICIALES DEL TRANSCRIPTOR

Las pruebas iniciales del transcriptor se han realizado con el software CMU Sphinx versión 4.5, utilizando el modelo acústico en español, contando con el diccionario y modelo de lenguaje original, es decir, antes de realizar las modificaciones anteriormente mencionadas. El ambiente de grabación es un lugar al aire libre y se utilizó una grabadora que dio el siguiente formato a los archivos de audio (tabla 5.1):

Cuadro 5.1: Formato original de grabación de audio

Tipo de compresión	MP3
Canales	2
Frecuencia de muestreo	44100 Hz

Sin embargo CMU Sphinx, a pesar de que puede trabajar con este tipo de compresión de audio, realiza mejor trabajo con el siguiente formato de audio (tabla 5.2):

Cuadro 5.2: Formato óptimo de audio para CMU Sphinx

Tipo de compresión	WAV
Canales	1
Frecuencia de muestreo	16000 Hz

Se procedió a realizar la conversión de audio, y así se realizó la primera prueba puesto que se necesitaba saber la eficacia del software.

5.1.1. ESCENARIO 1

Con la intención de probar la capacidad de procesamiento del módulo de transcripción ante varias palabras, se le ha pedido a 5 hombres y 5 mujeres grabar su voz pronunciando su nombre completo 5 veces. Los resultados pueden apreciarse en la tabla 5.4.

Cuadro 5.4: Resultados de transcripción del escenario 1

Archivo	Texto original	Transcripción	Porcentaje de acierto
audio1_hombre1.wav	Andoni Ibarreche Herrera	anda ven y mira se era verdad	0 %
audio1_hombre2.wav	Erick Rocha Torales	Eric Corporal	33 %
audio1_hombre3.wav	Natam Becker Desudo	nada de que el todo	0 %
audio1_hombre4.wav	Andres Vázquez Flores	des mas duro	0 %
audio1_hombre5.wav	Julio Salas Conde	Julio al azul	33 %
audio2_hombre1.wav	Andoni Ibarreche Herrera	andan iba a decir verdad	0 %
audio2_hombre2.wav	Erick Rocha Torales	que pasa dora desde	0 %
audio2_hombre3.wav	Natam Becker Desudo	nada de qué de escudo	0 %
audio2_hombre4.wav	Andres Vázquez Flores	con tres brazos lo	0 %

5.1. PRUEBAS INICIALES DEL TRANSCRIPTOR

audio2_hombre5.wav	Julio Salas Conde	murió salas con	33%
audio3_hombre1.wav	Andoni Ibarreche Herrera	anda billy va a detenerme	0%
audio3_hombre2.wav	Erick Rocha Torales	hey qué pasa dora les en	0%
audio3_hombre3.wav	Natam Becker Desudo	nada de qué de sudor	0%
audio3_hombre4.wav	Andres Vázquez Flores	nada de qué de sudor	0%
audio3_hombre5.wav	Julio Salas Conde	julio ha blas con	33%
audio4_hombre1.wav	Andoni Ibarreche Herrera	anda ven y mira a ver te de red	0%
audio4_hombre2.wav	Erick Rocha Torales	hey no te rechazó reales	0%
audio4_hombre3.wav	Natam Becker Desudo	nada de qué de su don	0%
audio4_hombre4.wav	Andres Vázquez Flores	grandes maestros no	0%
audio4_hombre5.wav	Julio Salas Conde	julio sa nación	33%
audio5_hombre1.wav	Andoni Ibarreche Herrera	anda billy barney quería ver	0%
audio5_hombre2.wav	Erick Rocha Torales	el rosa da les	0%
audio5_hombre3.wav	Natam Becker Desudo	nada de qué de su boda	0%
audio5_hombre4.wav	Andres Vázquez Flores	en tres dos uno	0%
audio5_hombre5.wav	Julio Salas Conde	julio salas con	66%
audio1_mujer1.wav	Andoni Ibarreche Herrera	anda ven y mira se era verdad	0%
audio1_mujer2.wav	Erick Rocha Torales	eric corporal	33%
audio1_mujer3.wav	Natam Becker Desudo	nada de que el todo	0%
audio1_mujer4.wav	Beatriz Beltran Matrinez	de y cercana y nick	0%
audio1_mujer5.wav	Cristina Lopez Ramirez	cristina lo es la nick	33%

CAPÍTULO 5. EXPERIMENTOS

audio2_mujer1.wav	Andoni Herrera	Ibarreche	andan iba a decir verdad	0 %
audio2_mujer2.wav	Erick Torales	Rocha	que pasa dora desde	0 %
audio2_mujer3.wav	Natam Desudo	Becker	nada de qué de escudo	0 %
audio2_mujer4.wav	Beatriz Matrinez	Beltran	er in venta a él	0 %
audio2_mujer5.wav	Cristina Ramirez	Lopez	es limpia lo dejará nick	0 %
audio3_mujer1.wav	Andoni Herrera	Ibarreche	anda billy va a detenerme	0 %
audio3_mujer2.wav	Erick Torales	Rocha	hey qué pasa dora les en	0 %
audio3_mujer3.wav	Natam Desudo	Becker	nada de qué de sudor	0 %
audio3_mujer4.wav	Beatriz Matrinez	Beltran	ya lo canal	0 %
audio3_mujer5.wav	Cristina Ramirez	Lopez	cristina lópez reloj	66 %
audio4_mujer1.wav	Andoni Herrera	Ibarreche	anda ven y mira a ver te de red	0 %
audio4_mujer2.wav	Erick Torales	Rocha	hey no te rechazó reales	0 %
audio4_mujer3.wav	Natam Desudo	Becker	nada de qué de su don	0 %
audio4_mujer4.wav	Beatriz Matrinez	Beltran	ver te ven eran a ti	0 %
audio4_mujer5.wav	Cristina Ramirez	Lopez	cristina lo envió	33 %
audio5_mujer1.wav	Andoni Herrera	Ibarreche	anda billy barney quería ver	0 %
audio5_mujer2.wav	Erick Torales	Rocha	el rosa da les	0 %
audio5_mujer3.wav	Natam Desudo	Becker	nada de qué de su boda	0 %
audio5_mujer4.wav	Beatriz Matrinez	Beltran	el príncipe entran phil	0 %

5.1. PRUEBAS INICIALES DEL TRANSCRIPTOR

audio5_mujer5.wav	Cristina Ramirez	Lopez	piscina lo sal ves	0%
-------------------	---------------------	-------	--------------------	----

Puede apreciarse que la tasa de aciertos palabra a palabra es mínima puesto que el diccionario utilizado carece de varios nombres, se entendió en este punto que era necesario agregar manualmente las palabras que faltaban en el diccionario para que la transcripción fuera más acertada.

5.1.2. ESCENARIO 2

Un segundo experimento con los datos originales fue realizado para poner a prueba la capacidad de reconocimiento de una sola palabra. Se les ha pedido a 4 hombres y a 4 mujeres grabar su voz pronunciando en cada archivo de audio un número. Estos números son cualquiera de los números entre 0 y 9. Los resultados del experimento pueden apreciarse en las tablas 5.6 y 5.7.

Cuadro 5.6: Resultados de transcripción del escenario 2

Archivo	Texto original	Transcripción	Similitud
H1.0_A1.wav	Cero	cero	1
H1.1_A1.wav	Uno	um no	0
H1.2_A1.wav	Dos	oh	0
H1.3_A1.wav	Tres	tres	1
H1.4_A1.wav	Cuatro	walt er	0
H1.5_A1.wav	Cinco	cinco	1
H1.6_A1.wav	Seis	se	0
H1.7_A1.wav	Siete	bien	0
H1.8_A1.wav	Ocho	mucho	0
H1.9_A1.wav	Nueve	lo	0
H2.0_A1.wav	Cero	pero	0
H2.1_A1.wav	Uno	um no	0

CAPÍTULO 5. EXPERIMENTOS

H2_2_A1.wav	Dos	lo es	0
H2_3_A1.wav	Tres	ven	0
H2_4_A1.wav	Cuatro	cuatro	1
H2_5_A1.wav	Cinco	y cómo	0
H2_6_A1.wav	Seis	de él	0
H2_7_A1.wav	Siete	viejo	0
H2_8_A1.wav	Ocho	mucho	0
H2_9_A1.wav	Nueve	muere	0

Cuadro 5.7: Resultados de la transcripción del escenario 2 (Mujeres)

Archivo	Texto original	Transcripción	Similitud
M1_0_A1.wav	Cero	dinero	0
M1_1_A1.wav	Uno	no	0
M1_2_A1.wav	Dos	no	0
M1_3_A1.wav	Tres	me	0
M1_4_A1.wav	Cuatro	va en un	0
M1_5_A1.wav	Cinco	cinco	1
M1_6_A1.wav	Seis	ven	0
M1_7_A1.wav	Siete	bien	0
M1_8_A1.wav	Ocho	ocho	1
M1_9_A1.wav	Nueve	marie	0
M2_0_A1.wav	Cero	cielo	0
M2_1_A1.wav	Uno	um no	0
M2_2_A1.wav	Dos	lo ves	0
M2_3_A1.wav	Tres	les	0
M2_4_A1.wav	Cuatro	walt er	0
M2_5_A1.wav	Cinco	cinco	1
M2_6_A1.wav	Seis	hey	0
M2_7_A1.wav	Siete	bien	0
M2_8_A1.wav	Ocho	ocho	1
M2_9_A1.wav	Nueve	bree	0

Nuevamente puede apreciarse que los resultados son poco precisos, en este experimento pudo comprenderse que no solo es necesario recortar el diccionario, sino prever que las pronunciaciones parecidas entre palabras

son capaces de generar errores de transcripción. La manera de manejar estos posibles errores es solo colocar en el diccionario la palabra correcta e incluyendo únicamente sus posibles errores de pronunciación, logrando que no se incluyan errores sin sentido como los que se aprecian en las tablas anteriores.

5.1.3. ESCENARIO 3

Para poner a prueba la máxima capacidad de respuesta del software CMU Sphinx, se ha generado un texto largo que incluya diversas palabras y se le ha pedido a 3 hombres y a 1 mujer repetir el siguiente texto:

- Asia es el continente más poblado de la tierra y cuenta con un 90% de la población mundial. ¡Qué curioso!, yo jamás he visitado Asia. Me cuestiono si habrá mucha diferencia con el continente en donde yo vivo, en especial con los animales y la comida que encuentras aquí. En cuestión de animales, en mi continente puedes encontrar chimpancés, charales, gatos, chitas, focas y muchos más. En cuanto a la comida, también hay mucha variedad, frutas como ciruelas, piñas, chirimoyas, uvas, papayas y muchas más que, por cierto, están deliciosas. Ha de ser divertido visitar Asia. Me gustaría conocer niños de allá. ¿Tendrán las mismas tradiciones que en mi continente?. Una tradición típica que me gusta celebrar es el día de los charros, en la cual, las niñas utilizan un pañuelo negro y se pintan las uñas de rojo para desfilan por la ciudad hasta llegar al faro, en donde hay jirafas, ovejas y monjes. También hay juegos en donde puedes ganar joyas, juguetes, jaulas, almejas, llaves y gorras. ¡Fantástico!, ¿no crees?. Y tú, ¿qué me puedes platicar sobre tú continente?

La transcripción fue evaluada utilizando dos medidas de similitud, estas son el Índice de Jaccard y la Similitud Coseno. Los resultados son:

CAPÍTULO 5. EXPERIMENTOS

Cuadro 5.9: Resultados de transcripción del escenario 3 (Hombre 1)

Sujeto	Hombre 1
Archivo	lecturaH1.wav
Transcripción	
<p>hacer el continente más cubra po vo lado de la tierra y contacto es el concepto de población mundial que curioso yo jamás te esta bas mejor cielos cierran quede se con un riñón de dominio vivo en especial con los animales la comida que encuentras aquí en vez de animales en el continente cuesta encontrar partes artesanales brazos sillas vocación mucho es encontrar comida tenemos llorar retroceso de las líneas siguen huellas uvas fatales ni mucho más que por cierto estas delicias parece que es divertido quizás te gustaría conocer niños de ella en una des más tres en este continente la presentó el científica en el poste de celebrar exiliados sabes en la mano a los niños les en un baño en el oeste de los días de po va señor conocidas de la en dónde es la habitación uds también e ras donde puedan ampollas de estaba lanzando esas llaves y corras fantástico merece tito feo corte caza del continente</p>	
Índice de Jaccard	15.84 %
Similitud coseno	65.07 %

Cuadro 5.11: Resultados de transcripción del escenario 3 (Hombre 2)

Sujeto	Hombre 2
Archivo	lecturaH2.wav
Transcripción	
<p>ese es el continente más habla de la tierra y cuenta con sesenta y uno por ciento la población bien qué curioso yo jamás en estados de inversiones de ra hace diferencia con el sr king fbi lloviendo en especial con los animales la comida que encuentras aquí inversión en el encendido de un debes encontrar su francés sarah les d as dos sillas rocas y sus dos y cuando la comida también el mucha variedad frutas conocido en las líneas gilipollas tú baja para las internas licor cierto está en el cielo haberse dirigido visitas de usted me conoces a niños de la pelea es dos veces y continente una crecen típica un sr es helena es el bienestar del cual los niños dicen un pelo negro se pinta en sillas de rojo conocía por la ciudad el naranja en dónde es la razón de castigo también perros en donde pueden al collar te sr abrazar negras llaves licor han partido novias y tú qué recuerdo el caso del continente</p>	

5.1. PRUEBAS INICIALES DEL TRANSCRIPTOR

Índice de Jaccard	17.73 %
Similitud coseno	63.74 %

Cuadro 5.13: Resultados de transcripción del escenario 3 (Hombre 3)

Sujeto	Hombre 3
Archivo	lecturaH3.wav
Transcripción	
<p>hace un tío debajo en la tierra y cuando los debemos entrar algo de té con el sr yo jamás he estado hace venga cielos en esa herencia del continente él vendría bien un receso algunos animales en el túnel que conduce y el puente de londres delicado pe de vuestros tres entonces tal vez nada todos quizás otras internas en cada unidad cabello estaba en la red nacido en las villas inmuebles uvas batallas y mucho más que el concierto ves donde dice des hazte de vista hacia los cercanos de niños ella tendrá dos canciones kenny continente blanda decente y qué nos de la decencia de nuestros eran cuatro años illa danny lo hizo pintadas en el lado oeste parte lacera arterial palo los dejará hacerme fértil es tan lejos de donde pueda bajo las fuentes avanza verdad llaves y ra es fantástico nombres y tú que hago por ti na es del continente</p>	
Índice de Jaccard	9.09 %
Similitud coseno	65.17 %

Cuadro 5.15: Resultados de transcripción del escenario 3 (Mujer 1)

Sujeto	Mujer 1
Archivo	lecturaM1.wav
Transcripción	

así es el continente más poblado de la tierra y papá qué haces intentas jefe población mundial qué curioso que jamás he visto a ese de la escena sí habrá mucha diferencia con el continente en ello vivan en especial con los crímenes en la comida que encuentras aquí en cuestión de animales en el continente puedes encontrar sin cáncer es señales de estas chi cas son casi muchas naves en cuanto la comida caminan escala queda f red desconocido en las líneas siguen huellas tú vas a dallas en marcha en las que por cierto está delicioso es parecer divertido visitará se me extraña que la señal de la central en isla tres en las nubes más feliz que les kenny continente en la cabeza y crítica que me gusta ese decide dios charles era va en la azote lisa y ben era negra y se pinta la señal de rojo parecida por la seda escaleras arrojan dónde allá siga jason deja seguimos están en el juego se lanza puedes planear hijo ella sobre tres cabras aleja es agresivo res atrás fantástico no crees y lo que me feliz eléctricas en este continente

Índice de Jaccard	19.9 %
Similitud coseno	71.67 %

Mediante esta prueba se pudo medir la similitud entre lo grabado y lo transcrito por medio del software, los resultados indican nuevamente una baja tasa de aciertos, sin embargo se comprobó que el rendimiento para la transcripción de un texto largo es suficiente.

A través de estos experimentos se comprobaron las capacidades de reconocimiento del software con sus capacidades originales. Los resultados de transcripción no son muy acertados, sin embargo lo que se deseaba saber era la capacidad del software de transcripción, puesto que sería modificado para su integración en el sistema como parte de un módulo más complejo y además resaltar que no interesó la corrección automática, sino el reconocimiento correcto.

5.2. EXPERIMENTACIÓN Y PRUEBAS CON SATTEL

Para estas pruebas el software de reconocimiento de voz a texto CMU Sphinx 4.5 ya ha sido integrado como parte del sistema en el módulo de transcripción, ha sido modificado y adecuado su diccionario y modelos de lenguaje con los desarrollados (véase la sección 4.2.3). Con las herramientas listas se procedió a realizar las pruebas utilizando como herramienta de evaluación de la transcripción la distancia de Levenshtein donde el mejor resultado se aproxima o es 0.

El proceso de grabación y procesamiento de la respuesta se realiza como muestra la figura 5.1



Figura 5.1: Proceso de interacción entre el locutor y SATTEL

CAPÍTULO 5. EXPERIMENTOS

El sistema fue puesto a prueba inicialmente con 2 menores de edad que no presentan alguna dificultad para su habla, 1 niña de X años en X grado de primaria y 1 niño de X años en X grado de primaria. Se les ha pedido que utilicen el sistema y practiquen la lección "Sílabas trabadas" en la sección "Ejercicios con PL y BL". Los resultados son los siguientes

En una sesión con niños de la escuela primaria Simón Bolívar y en presencia de los terapeutas fue llevado a cabo un experimento con 4 niños en una sesión de 20 minutos con el sistema. Los sujetos son 2 niños de 2do grado de primaria, 1 niño de 3er grado de primaria y 1 niño de 6to grado de primaria. Se les ha pedido que todos practiquen la misma lección, la lección es "Sílabas trabadas" en la sección "Ejercicios con PL y BL". Los resultados se muestran en las tablas siguientes.

Cuadro 5.17: Resultados del Experimento 1 (Niño 2do grado)

Texto a leer	Número de intentos	Pronunciado	Transcripción	Distancia de Levenshtein
bilá	1	bila	Bilá	0
pilá	3	pila Pila Pilá	Bilá pilá pilá	1 0 0
bla	1	bla	bla	0
pla	2	pla pla	bla pla	1 0
bla ble bli blo blu	2	bla ble bli blo blu bla ble bli blo bu	bla ble bli ble blu bla ble bli blo bu	1 0
pla ple pli plo plu	4	pla ple pli pl pla ple pli plo pla ple pli plo plu pla ple pli plo pu	pla ple pli pli pla pla pli plo pla ple pli plo plo pla ple pli plo pu	1 0 1 0
ablandar	1	ablandar	ablandar	0
doble	1	doble	doble	0

5.2. EXPERIMENTACIÓN Y PRUEBAS CON SATTEL

blindado	2	bindado bindado	bndado bindado	1 0
bloque	1	boque	boque	0
blusa	1	busa	busa	0
planeta	2	planeta paneta	planeta paneta	0 0
plegaria	4	pegalia pegalia pegalia plegalia	pegalia pegalia pegalia plegalia	0 0 0 0
cumplir	5	cumpir cumpir cumpir cumpli cumplir	cumpir cumpir cumpir cumpli cumplir	0 0 0 0 0
ejemplo	2	ejemplo ejemplo	ejemplo ejemplo	0 0
plutón	1	pultón	pultón	0

Cuadro 5.19: Resultados del Experimento 1 (Niña 2do grado)

Texto a leer	Número de intentos	Pronunciado	Transcripción	Distancia de Levenshtein
bilá	1	bilá	bilá	0
pilá	1	pilá	pilá	0
bla	2	bla bla	pla bla	1 0
pla	2	pla pla	bla pla	1 0
bla ble bli blo blu	6	bla ble bli bla ble bli bl bla ble bli blo bla ble bli blo bla ble bli blo	bla ble bli bla ble bli bla bla ble bli blo bla ble bli blo bla ble bli blo	0 1 0 0 0

CAPÍTULO 5. EXPERIMENTOS

		bla ble bli blo	bla ble bli blo	0
pla ple pli plo plu	4	pla ple pli plo pla ple pli plo pla ple pli plo pla ple pli plo	pla ple pli plo pla ple pli plo pla ple pli plo pla ple pli plo	0 0 0 0
ablandar	1	ablandar	ablandar	0
doble	3	dobe doble doble	dobe doble doble	0 0 0
blindado	2	blindado blindado	blindado blindado	0 0
bloque	1	bloque	bloque	0
blusa	2	busa blusa	busa blusa	0 0
planeta	1	planeta	planeta	0
plegaria	2	plegaria plegaria	pegaria plegaria	1 0
cumplir	1	cumplir	cumplir	0
ejemplo	1	ejemplo	ejemplo	0
plutón	2	plutón plutón	plutón plutón	0 0

5.2. EXPERIMENTACIÓN Y PRUEBAS CON SATTEL

Cuadro 5.21: Resultados del Experimento 1 (Niño 3er grado)

Texto leer	a	Número de intentos	Pronunciado	Transcripción	Distancia de Levenshtein
bilá		1	bilá	bilá	0
pilá		2	pilá pilá	bilá pilá	1 0
bla		1	bla	bla	0
pla		1	pla	pla	0
bla ble bli blo blu		2	bla ble bli blo bla ble bli blo blu	bla ble bli bla bla ble bli blo blu	1 0
pla ple pli plo plu		3	pla ple pli plo plu pla ple pli plo plu pla ple pli plo plu	pla ple pli pla plo pla pla pli plo plu pla ple pli plo plu	2 1 0
ablandar		1	abandal	abandal	0
doble		1	doble	doble	0
blindado		2	blinda blin blindado	bndado bndado blindado	9 0
bloque		1	bloque	bloque	0
blusa		1	blusa	blusa	0
planeta		1	planta	planta	0
plegaria		2	plegalia plegalia	plegaria plegalia	1 0
cumplir		1	cumplil	cumplil	0
ejemplo		2	ejemplo ejemplo	ejempo ejemplo	1 0
plutón		1	plutón	plutón	0

CAPÍTULO 5. EXPERIMENTOS

Cuadro 5.23: Resultados del Experimento 1 (Niño 6to grado)

Texto leer	a	Número de intentos	Pronunciado	Transcripción	Distancia de Levenshtein
bilá		1	bilá	bilá	0
pilá		1	pilá	pilá	0
bla		1	bla	bla	0
pla		2	pla pla	bla pla	1 0
bla ble bli blo blu		2	bla ble bli blo blu bla ble bli blo blu	bla bla bli blo blo bla ble bli blo blu	2 0
pla ple pli plo plu		3	pla ple pli plo plu pla ple pli plo plu pla ple pli plo plu	pla pla pli plo plu pla pla pli plo plo pla ple pli plo plu	1 2 0
ablandar		1	ablandar	ablandar	0
doble		1	doble	doble	0
blindado		2	blindado blindado	bndado blindado	2 0
bloque		1	bloque	bloque	0
blusa		1	blusa	blusa	0
planeta		1	planeta	planeta	0
plegaria		1	plegaria	plegaria	0
cumplir		2	cumpli cumplir	cumpli cumplir	0 0
ejemplo		1	ejemplo	ejemplo	0
plutón		1	plutón	plutón	0

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

6.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS CON SATTEL

Durante las pruebas se solicitó la lectura de textos de diferentes longitudes, tales textos son palabras que forman parte de la terapia de lenguaje y estas pueden observarse en la sección 5.2 mediante las tablas donde se expresan los experimentos.

En total se realizaron 102 evaluaciones con diferentes tamaños de texto que varían de los tres caracteres a los 18 como se muestra en la figura 6.1, la selección de los textos que los voluntarios deberían pronunciar se hizo de manera que se siguiera una lección de práctica valorada por los terapeutas; el tamaño medio del texto evaluado es de 7 caracteres con un grado de variabilidad con respeto al valor medio de 4 caracteres.

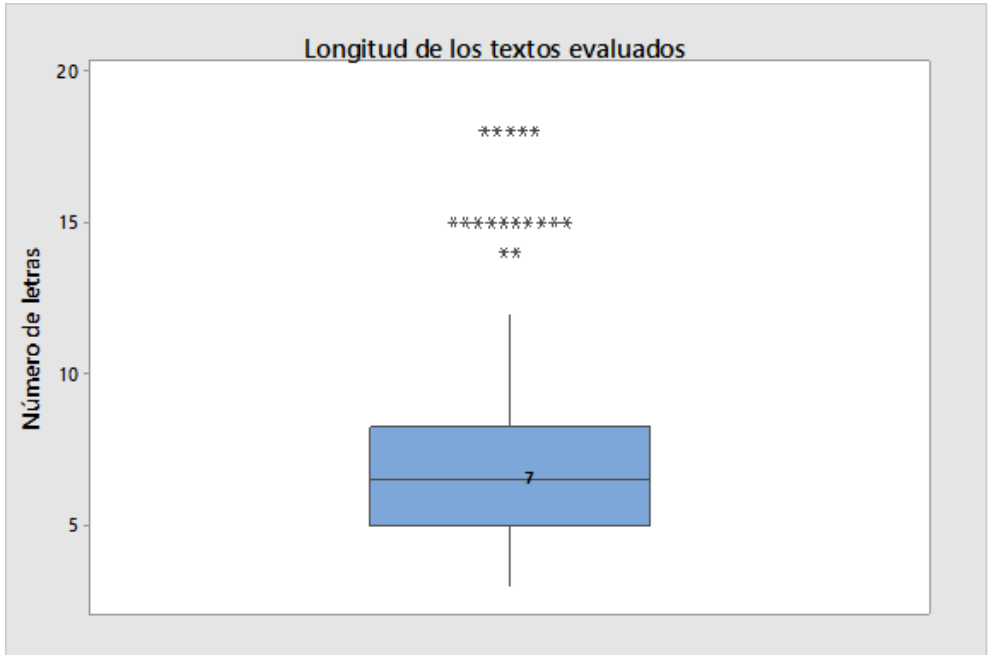


Figura 6.1: Gráfica de caja y bigotes de los textos utilizados en la evaluación de SATTEL

Cuadro 6.2: Valores desglosados de la figura 6.1

No. de evaluaciones	Tamaño medio	Desviación Estándar	Tamaño mínimo	Tamaño Máximo	Q1	Mediana	Q3	Moda
102	7	4	3	18	5	7	8	7

Como puede observarse el 75% o menos de los textos que se solicitaron

6.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS CON SATTEL

es de tamaño ocho, el 25 % restante de tamaño mayor o igual a 8; y el tamaño más frecuente de las palabras utilizadas es 7.

Como ya se mencionó en las secciones precedentes, la evaluación de éxito (reconoce el texto correctamente) o fracaso (no reconoce el texto correctamente) se lleva a cabo utilizando la medida de similitud de Levenshtein.

Diremos que el reconocimiento fue exitoso sí y solamente sí la distancia de Levenshtein entre el texto dicho por el voluntario y la transcripción obtenida es igual a 0. En la tabla 6.4 se presenta el resumen de los resultados para las 102 evaluaciones realizadas.

Cuadro 6.4: Resultados de la evaluación

Éxito/ Fracaso	Conteo	Porcentaje	Conteo Acumulado	Porcentaje Acumulado
0	21	20,6	21	20,5
1	81	79,4	102	100

En los casos de fracaso, la diferencia entre el texto hablado y el texto reconocido se muestra gráficamente en la figura 6.2 y cuyos valores son reflejados en la tabla 6.6.

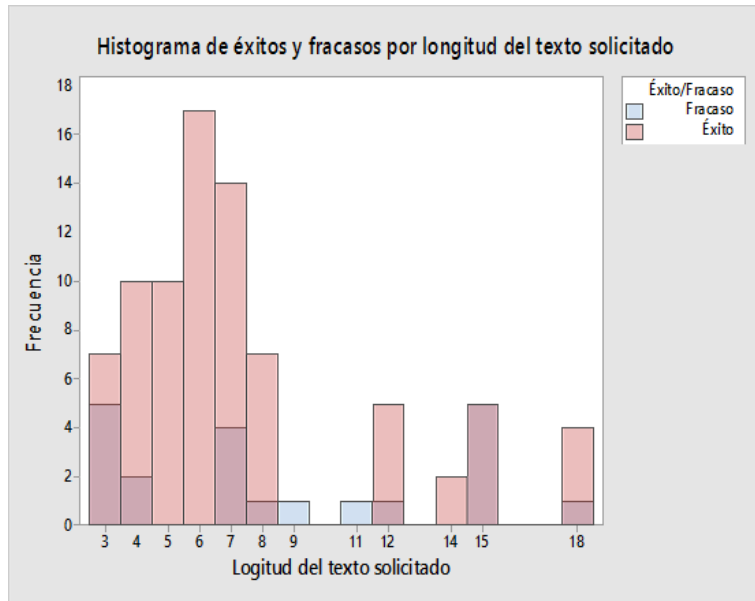


Figura 6.2: Gráfico representante de los éxitos y fracasos para cada palabra experimentada

Cuadro 6.6: Detalle de éxitos y fracasos por longitud del texto evaluado

No. de textos evaluados	Tamaño Palabra	Éxitos	Evaluaciones con distancia mayor a cero			Fracasos
			Distancia 1	Distancia 2	Distancia 9	
12	3	8	4			4
12	4	10	2			2
10	5	10				0
17	6	17				0
18	7	14	4			4
8	8	7		1		1
1	9	0			1	1

6.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS CON SATTEL

1	11	0	1			1
6	12	4	2			2
2	14	2				0
10	15	5	2	3		5
5	18	4	1			1
Totales						
102		81	16	4	1	21

Como se puede observar en la tabla no existe un patrón de error asociado al tamaño de la palabra evaluada. Finalmente para tener un intervalo de confianza de la precisión del sistema se realizó una prueba de intervalo de confianza para una proporción con $H_0: p = 0.75$ versus $H_1: p > 0.75$ con los resultados siguientes:

Cuadro 6.8: Prueba de $p = 0,75$ vs. $p > 0,75$

Muestra	X	N	Muestra p	Límite inferior de 90 %	Valor Z	Valor p
1	81	102	0.794118	0.742809	1.03	0.152

El valor de p sugiere rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa que nuestro proceso de reconocimiento tiene una precisión mayor al 75 %.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

Durante esta investigación se abordaron temas que involucran trastornos del lenguaje en menores de edad y sus tratamientos, además se ha involucrado la computación como apoyo a la solución de este problema. La computación ha ido evolucionando y mejorando lo ya desarrollado para cumplir metas del mundo real cada vez en mejor tiempo e incrementando sus alcances. El desarrollo de técnicas y software para el procesamiento del lenguaje natural es un gran avance en el desarrollo tecnológico de la humanidad puesto que le da más facilidades para su comunicación con las máquinas, haciendo que este control, manejo y comunicación se encuentre ahora al alcance de más personas.

La formulación de esta investigación constó de la realización de entrevistas con personal de la Unidad de Servicios de Apoyo a la Educación Regular (USAER), de esta manera pudieron determinarse los aspectos básicos y fundamentales de su trabajo y se comenzó a trabajar un prototipo de interfaz y plantear todos los casos de uso para la creación de un sistema.

Durante la elaboración del prototipo y la especificación de los casos de uso se fue obteniendo una visión parcial del sistema a desarrollar y mediante posteriores entrevistas se terminaron de especificar las necesidades de almacenamiento y definir completamente los requerimientos de software y así definir los diagramas de secuencia y el modelo navegacional.

La construcción fue una de las etapas más largas del proyecto puesto que tuvieron que investigarse a fondo el funcionamiento del software de reconocimiento de voz y afinar su precisión a un contexto de gran tamaño como lo es la "Terapia del lenguaje" y dividirlo en contextos de corta magnitud. Al mismo tiempo implementar lo especificado en los diagramas de secuencia dentro de las interfaces web y realizar la interconexión de las mismas correspondiendo al modelo navegacional. También en este punto definir el modelo de la base de datos, sus relaciones y su implementación, esto junto con la conectividad a la interfaz web. Además de realizar la conexión entre las interfaces, el transcriptor y el sistema gestor de bases de datos se tuvo que evaluar un servidor con la potencia suficiente y la configuración adecuada para soportar múltiples usuarios.

En la fase de pruebas se experimentó con varias voces tanto adultas como de menores con el objetivo de ir ajustando los diccionarios del sistema y probar su eficiencia, dando como resultado el modelo de lenguaje y diccionario final.

SATTEL es un sistema estable y que ha sido ya probado en práctica logrando un buen rendimiento y eficacia. También se caracteriza por ser un sistema inteligible, sin saturación de elementos y con un diseño amigable para el público que lo utilizará. Con este sistema se pretende la mejora en las terapias de lenguaje que ofrecen los profesionales a menores de edad en diversas escuelas de educación preescolar, primaria y secundaria.

La aplicación de las técnicas y software existentes en el procesamiento del lenguaje natural puede observarse en esta investigación, ya que se ha podido automatizar el apoyo a una profesión como el terapeuta de lenguaje mediante un sistema computarizado, haciendo más rápido y eficiente su trabajo lo cual tiene como consecuencia que les sea posible aumentar su alcance y realizar su trabajo con resultados fiables y con evidencia de ello.

CAPÍTULO 8

TRABAJO FUTURO

SATTEL es un sistema que cubre las necesidades de software expuestas en varias entrevistas, sin embargo el sistema puede prestarse a futuras mejoras y agregaciones de nuevos elementos. Como recomendación a estas mejoras en el futuro son:

- **SphinxTrain.** Software para el entrenamiento del modelo acústico, la utilización de este software realiza leves mejoras en el reconocimiento a corto plazo, pero en una utilización continua ofrece muy buenos resultados. La implementación de un módulo de entrenamiento del modelo acústico puede mejorar los resultados del sistema.
- **Certificado SSL.** Debido a recientes actualizaciones de sistemas de información y servicios web es muy posible que en un futuro sea obligatorio el adquirir un certificado SSL para mejorar la protección de los datos.
- **Integración en un robot.** Puesto que esta investigación usa como núcleo un sistema de reconocimiento de voz y un modelo que ajusta la precisión del mismo, este núcleo es capaz de migrarse a algún otro sistema computarizado con el único requerimiento de que posea entradas y salidas de audio. Un robot actual contiene estas capacidades y más, lo cual lo hace un blanco excelente en el siguiente paso de implementación.

- **Realidad aumentada.** El sistema es capaz de verse beneficiado por la realidad aumentada, ofreciendo avatares virtuales que apoyen no solo con imágenes interactivas y amigables, sino que ahora podrían utilizar un módulo de habla y escucha adecuados al contexto en el que operarían.

Se recomienda que las mejoras y agregados al sistema se describan de la misma manera que el proyecto fue creado o bien se utilice otra técnica formal de ingeniería de software con el objetivo de preservar su portabilidad y su capacidad de mejoras por otros desarrolladores.

Bibliografía

- [1] Voxforge spanish model released - cmusphinx open source speech recognition. <https://cmusphinx.github.io/2010/08/voxforge-spanish-model-released/>, 2010.
- [2] Victor Acosta, Gustavo M. Ramirez, and Sergio Hernandez. Un estudio de la relación entre la memoria, la narrativa y el lenguaje en alumnado con trastorno específico del lenguaje (tel). *Universitas Psychologica*, 14:631–343, Abril - Junio 2015.
- [3] American Psychiatric Assosiation. *DIAGNOSTIC AND STATISTICAL MANUAL OF MENTAL DISORDERS*. American Psychiatric Publishing, 2013.
- [4] R. Castro Rebolledo, M. Giraldo Prieto, L. Hincapié Henao, F. Lopera, and D.A. Pineda. Trastorno específico del desarrollo del lenguaje: una aproximación teórica a su diagnóstico, etiología y manifestaciones clínicas. *Revista de neurología*, 39(12):1173–1181, 2004.
- [5] Augusto Cortez Vásquez, Hugo Vega Huerta, and Jaime Pariona Quispe. Procesamiento del lenguaje natural. *Revista de Ingeniería de Sistemas e Informática*, 6(2), Julio 2009.
- [6] Biblioteca Nacional de Medicina de los EE.UU. Trastorno del lenguaje en niños. <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/001545.htm>, 2016.
- [7] Ana Nieves del Valle Rodriguez. *Metodologías de diseño usadas en ingeniería web, su vinculación con las NTICS*. PhD thesis, Universidad Nacional de la Plata, Argentina, 2009.

- [8] Anne e. Fowler. How early phonological development might set the stage for phoneme awareness. *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research*, pages 53–64, 1991.
- [9] Alexander Gelbukh and Grigori Sidorov. *Procesamiento automático del Español con enfoque en recursos léxicos grandes*. Instituto Politécnico Nacional, México, 2006.
- [10] E. Hilgard and G Bower. *Teorias del aprendizaje*. Trillas, México, 1975.
- [11] Ziegler Johannes C., Catherine Pech-Georgel, George Florence, F Xavier Alario, and Christian Lorenzi. Deficits in speech perception predict language learning impairment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005.
- [12] Heather K.J., Vander Lely, Stuart Rosen, and Alastair McClelland. Evidence for a grammar-specific deficit in children. *Current Biology*, 8:1253–1258, Octubre 1998.
- [13] Baker L and Cantwell D. Attention deficit disorder and speech/language disorders. *Comprehensive Mental Health Care*, 2:3–16, 1992.
- [14] A. Miranda-Casas, A. Ygual-Fernández, F. Mulas-Delgado, B. Roselló-Miranda, and R.M. Bó. Procesamiento fonológico en niños con trastorno por déficit de atención con hiperactividad: ¿es eficaz el metilfenidato? *Revista de neurología*, 34:115–121, Febrero 2002.
- [15] Michele Noterdaeme, Katrin Mildenerger, Falk Minow, and Hedwig Amorosa. Evaluation of neuromotor deficits in children with autism and children with a specific speech and language disorder. *European Child and Adolescent Psychiatry*, (11):219–225, 2002.
- [16] National Institute of Deafness and Other Communication Disorders. El trastorno específico del lenguaje. <https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/el-trastorno-especifico-del-lenguaje>, Abril 2015.

- [17] Rosario Ortiz, Juan E. Jiménez, Mercedes Muñetón, Estefanía Rojas, Adelina Estévez, Remedios Guzmán, Cristina Rodríguez, and Francisco Naranjo. Desarrollo de la percepción del habla en niños con dislexia. *Psicothema*, 20(4):678–683, 2008.
- [18] Rosario Ortiz, Adelina Estévez, and Mercedes Muñetón. El procesamiento temporal en la percepción del habla de los niños con dislexia. *Anales de psicología*, 30(2):716–724, Mayo 2014.
- [19] Oscar Pastor, Joan Fons, and Vicente Pelechano. Oows: A method to develop web applications from web-oriented conceptual models. *Department of Information Systems and Computation, Technical University of Valencia, Cami de Vera, Spain*, 2003.
- [20] Julián Pérez Porto and María Merino. Definición de lenguaje. <http://definicion.de/lenguaje/>, 2012.
- [21] Ana María Schwarz. Las 4 dimensiones que componen el lenguaje. <http://www.nosotros2.com/familia-bebes-y-ninos/021/articulo/1525/las-4-dimensiones-que-componen-el-lenguaje>, Diciembre 2016.
- [22] H. K. J. Van Der. Lely and L. S Tollwerck. A grammatical specific language impairment in children: An autosomal dominant inheritance? *Brain and language*, 52:484–504, 1996.
- [23] A. Ygual-Fernández, A Miranda-Casas, and J.F. Cervera-Mérida. Dificultades en las dimensiones de forma y contenido del lenguaje en los niños con trastorno por déficit de atención con hiperactividad. *Revista de neurología clínica*, pages 193–202, Febrero 2000.