

Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)

Escuela de Ingeniería

**Máster universitario en Diseño y Gestión de
Proyectos Tecnológicos**

SAILCA: Sistema Automático de Interpretación de Lenguaje de Señas, para enseñanza de Cálculo

Trabajo Fin de Máster

Presentado por: González Cristancho, Vivian Carolina

Director: Pedraza Gómara, Luis

Ciudad: Bogotá, Colombia

Fecha: 28 de enero de 2016

Tabla de contenido

Resumen.....	7
Abstract.....	7
1. Introducción	8
1.1. Motivación.....	8
1.2. Planteamiento de trabajo	8
1.3. Estructura del trabajo	9
2. Resumen de la propuesta	10
2.1. Descripción de la convocatoria.....	10
2.1.1. Objetivos de la convocatoria	10
2.1.2. Financiación.....	11
2.1.3. Aspectos relevantes de la convocatoria	12
2.2. Resumen del proyecto	12
2.2.1. Objetivos del Trabajo	12
2.3. Descripción del consorcio	13
2.3.1. Centro de Innovación Educativa Regional Occidente.....	13
2.3.2. Grupos de Investigación.....	14
2.3.3. Asociaciones.....	14
3. Propuesta según el formato de la convocatoria.....	16
3.1. Componente científico técnico	16
3.1.1. Título del proyecto.....	16
3.1.2. Investigador principal y co-investigador.....	16
3.1.3. Conformación del equipo de investigación	17
3.1.4. Resumen ejecutivo.....	19
3.1.5. Palabras Clave.....	21
3.1.6. Justificación	21
3.1.7. Marco de referencia conceptual	22
3.1.8. Planteamiento del Problema	25
3.1.9. Estado del arte.....	26
3.1.10. Objetivos del proyecto.....	34
3.1.11. Metodología	34
3.1.12. Resultados esperados de la investigación	36
3.1.13. Resultados esperados - Productos	36

3.1.14.	Trayectoria del equipo de investigación	38
3.1.15.	Posibles evaluadores	40
3.1.16.	Gestión del Proyecto.....	40
3.2.	Componente Financiero	55
3.3.	Organización de la Alianza.....	61
3.3.1.	Estructura de la Alianza	61
3.3.2.	Metodología para la Articulación de la Alianza	64
3.3.3.	Acuerdo de Propiedad Intelectual	67
3.3.4.	Interlocución.....	67
3.3.5.	Contrapartida	68
4.	Conclusiones y Trabajo futuro.....	69
4.1.	Trabajo Futuro	70

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Esquema del módulo de traducción de voz a LSC	20
Ilustración 2: Esquema del módulo de traducción de LSC a texto	20
Ilustración 3: Subsistemas físicos de un equipo de visión artificial.	24
Ilustración 4: Interfaz del sistema SINGLATOR.....	28
Ilustración 5: Interfaz Sistema Hetah.....	28
Ilustración 6: Interfaz del sistema Sign Tel Interpreter.....	29
Ilustración 7: Agente virtual Guido.....	29
Ilustración 8: Agente animado Paula.....	30
Ilustración 9: Agente animado proyecto TESSA.....	30
Ilustración 10: Agente animado del Sistema SiSi	31
Ilustración 11: Interfaz desarrollada dentro del proyecto CONSIGNOS.....	32
Ilustración 12: Interfaz iCommunicator	33
Ilustración 13: Diagrama de fases del proyecto.....	35
Ilustración 14: Diagrama de paquetes de trabajo	41
Ilustración 15: Estructura del Comité de gestión del proyecto	65

Índice de Tablas

Tabla 1: Personal, funciones y dedicación, Grupo de automática, electrónica y ciencias computacionales	18
Tabla 2: Personal, funciones y dedicación de GIIPLyM.....	18
Tabla 3: Personal, funciones y dedicación, CIER occidente	18
Tabla 4: Personal, funciones y dedicación, FENASCOL	19
Tabla 5. Productos resultado de actividades de formación de recurso humano para la CTeI	36
Tabla 6: Productos resultado de actividades de apropiación social del conocimiento.....	37
Tabla 7. Productos resultado de generación de nuevo conocimiento	37
Tabla 8: Productos resultado de actividades de desarrollo tecnológico e innovación	37
Tabla 9: Paquete de Trabajo 0 - Gestión del proyecto.....	42
Tabla 10: Paquete de Trabajo 1 - Generación de señas	43
Tabla 11: Paquete de Trabajo 2 - Definición y diseño de arquitectura del sistema	44
Tabla 12: Paquete de Trabajo 3 - Definición y diseño de arquitectura del sistema	45
Tabla 13: Paquete de Trabajo 4 - Diseño del módulo de traducción de voz a LSC	46
Tabla 14: Paquete de Trabajo 5 - Diseño del módulo traductor de LSC a texto.....	47
Tabla 15: Paquete de Trabajo 6 - Prueba piloto	48
Tabla 16: Paquete de Trabajo 7 - Divulgación y explotación	49
Tabla 17: Identificación de riesgos	50
Tabla 18: Matriz de riesgos	51
Tabla 19: Plan de acción ante el riesgo.....	53
Tabla 20: Presupuesto para compra de equipos	55
Tabla 21: Presupuesto para materiales e insumos.....	55
Tabla 22: Presupuesto para viajes	56
Tabla 23: Presupuesto para eventos académicos	56
Tabla 24: Presupuesto para software	57
Tabla 25: Presupuesto par publicaciones y patentes.....	57
Tabla 26: Presupuesto destinado a servicios	57
Tabla 27: Presupuesto personal Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias computacionales	58
Tabla 28: Presupuesto personal GIIPLyM.....	58
Tabla 29: Presupuesto personal CIER Occidente	59
Tabla 30: Presupuesto personal FENASCOL.....	59
Tabla 31: Presupuesto global del proyecto.....	60
Tabla 32: Capacidad del talento humano	63

Tabla 33: Capacidad de infraestructura.....	64
Tabla 34: Participantes por tareas.....	66
Tabla 35: Contrapartida por cada socio del proyecto.....	68

Resumen

Con el transcurrir del tiempo, ha crecido el interés por lograr la efectiva inclusión de las personas con discapacidad física en los diversos ámbitos sociales, así como garantizar la protección de sus derechos. Sin embargo, ni los gobiernos, ni las ciudades, ni las instituciones, están preparados para lograrlo. Ante esta situación, el uso de las TIC, se convierte en la respuesta para lograr que las intenciones se conviertan en soluciones.

Uno de los derechos fundamentales que se debe garantizar a la población con discapacidad física, es el de la educación. Por esto, este trabajo se centra en el desarrollo de un sistema de traducción automática de Lenguaje de Señas Colombiano (LSC) a texto, y a la inversa, de voz a LSC. El objetivo fundamental es facilitar la enseñanza del cálculo a este tipo de alumnos. El proyecto involucra ramas de la lingüística, la visión artificial y el procesamiento de señal. El resultado es una propuesta de financiación orientada a la convocatoria No. 716 de COLCIENCIAS

Palabras Clave: Educación, traducción, Lenguajes de Señas, visión artificial, procesamiento de señales.

Abstract

With the passage of time, there has been growing interest in achieving the effective inclusion of people with physical disabilities in several social areas, as well as ensure the protection of their rights. However, neither governments nor the cities, nor the institutions, are prepared to do so. In this situation, the use of ICT, becomes the answer to achieving that the intentions become solutions.

One of the fundamental rights which must be guaranteed to people with physical disabilities, is education right. Therefore, this work focuses on the development of an automatic translation system from Colombian Sign Language to text, and inversely, from voice to Colombian Sign Language. The fundamental objective is to facilitate the teaching of calculus to this kind of students. The result is a financing proposal based on the requirements of the Call No. 716 of COLCIENCIAS.

Keywords: Education, translation, Sign Language, Artificial Vision, signal processing

1. Introducción

1.1. Motivación

Las personas sordas, al usar un lenguaje diferente al de la mayoría de la población, se enfrentan a grandes dificultades para comunicarse en su vida cotidiana, lo cual representa tanto una barrera de acceso a los diversos servicios de los que gozan las personas oyentes, como un factor de vulnerabilidad en cuanto al respeto de sus derechos constitucionales.

Uno de los derechos que más visiblemente resulta afectado para las personas sordas, es el derecho a la educación, ya que, aunque en el caso colombiano, existen normativas que demandan a las entidades regionales establecer mecanismos de inclusión para los diferentes niveles educativos. Sin embargo, según cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), tan sólo el 41% de esta población accede a la educación primaria, 10% a la secundaria y el 1,6% a educación superior (DANE, 2010).

Aun para las personas que logran ingresar y permanecer en los programas educativos para sordos, se presenta una gran dificultad el apropiarse del conocimiento brindado ya que las clases son impartidas en un lenguaje que no es el suyo. Aunque en algunas Instituciones de Educación Superior (IES), se ha brindado a estos alumnos la posibilidad de acceder al servicio de intérpretes de señas, el mismo presenta dos inconvenientes. El primero es la falta de experticia y conocimiento de lenguaje especializado; el segundo, el aumento de costo en la matrícula.

Ante esta problemática, las soluciones a través del uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) se convierten en una alternativa para facilitar los procesos de inclusión en la educación para las personas con este tipo de discapacidad. En particular, en este trabajo, se propone un proyecto para facilitar el aprendizaje del cálculo diferencial a través de una herramienta de traducción automática de Lenguaje de Señas Colombiano (LSC) a texto en español y de voz en español a LSC.

1.2. Planteamiento de trabajo

La presente propuesta se ha estructurado para ser presentada a la Convocatoria para programas de investigación en innovación educativa con uso de TIC ejecutados por los Centros de Innovación Educativa Regional (CIER) – 2015, Proceso No 716 del Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS).

La convocatoria elegida está dirigida a la financiación de programas de investigación, **el presente Trabajo de Fin de Máster, tiene por alcance realizar la propuesta de un proyecto en particular, como parte de un programa a presentarse dentro de la misma.** Lo anterior, siguiendo la estructura requerida por COLCIENCIAS y que se desarrolla en el capítulo 3 del presente documento.

Así las cosas, considerando la estructura y restricciones propias de la convocatoria, se propone llevar a cabo un trabajo con dos componentes principales: Por una parte el componente lingüístico, encargado del desarrollo de neologismos y soportar el proceso de la traducción en cuanto a reglas gramaticales. Por otra parte el tecnológico, que a través de procesos de visión artificial, procesamiento de señales y desarrollo de algoritmos, realizará el procesamiento automático de traducción.

1.3. Estructura del trabajo

Teniendo en cuenta lo mencionado en los numerales anteriores, el presente trabajo se ha estructurado en 4 capítulos a saber:

En el presente capítulo se presenta, de forma general, el problema que se aborda, las causas del mismo y la propuesta planteada para contribuir a su solución; así como la convocatoria para la que fue diseñada la propuesta.

En el segundo capítulo, se describen los ítems más importantes de la convocatoria, los cuales se deben tener muy en cuenta en el momento de redactar la propuesta, como lo son los objetivos de la convocatoria, el monto y los rubros a financiar, el plazo de ejecución, entre otros. Del mismo modo, se realiza un resumen del proyecto, y la descripción de los socios escogidos dentro de la propuesta.

En el tercer capítulo, se desarrolla la propuesta siguiendo la estructura indicada dentro de los términos de referencia de la convocatoria, la cual tiene 3 componentes principales: el componente científico técnico, el componente financiero y la estructura de organización de la alianza. Adicionalmente, se incluye la estructura de desglose de trabajo y el plan de gestión de riesgos del proyecto.

Finalmente, en el capítulo cuarto se encuentran las conclusiones del proyecto, abarcando las contribuciones que esperan del proyecto, la forma en que se alcanzaron los objetivos propuestos al desarrollar el presente Trabajo de Fin de Master y las líneas de acción futura al culminar el proyecto del que trata la propuesta.

2. Resumen de la propuesta

En el presente capítulo se realiza una descripción detallada de la convocatoria, resaltando las características principales de la misma. Así mismo, se presenta un resumen del proyecto y la descripción del consorcio para llevar a cabo el proyecto.

2.1. Descripción de la convocatoria

Convocatoria para programas de investigación en innovación educativa con uso de TIC ejecutados por los Centros de Innovación Educativa Regional CIER – 2015 (Proceso No 716)¹.

La convocatoria elegida está dirigida a la financiación de programas de investigación, el presente Trabajo de Fin de Máster, tiene por alcance realizar la propuesta de un proyecto en particular, como parte de un programa a presentarse dentro de la misma. Lo anterior, siguiendo la estructura requerida por COLCIENCIAS y que se desarrolla en el capítulo 3 del presente documento.

2.1.1. Objetivos de la convocatoria

El objetivo general de la convocatoria seleccionada, es fortalecer las capacidades nacionales, regionales, e institucionales en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel) educativas de los CIER, a través de la financiación para la formulación y ejecución de programas y proyectos de investigación que generen soluciones innovadoras mediadas por las posibilidades que ofrece el uso educativo de las TIC.

Teniendo en cuenta que el proyecto “SAILCA: Sistema Automático de Interpretación de Lenguaje de Señas, para enseñanza de Cálculo”, representa una solución nunca antes explorada en Colombia, para facilitar la inclusión en la educación de las personas sordas, gracias al uso de las TIC; el mismo, cumple con las características necesarias para ser presentado a la convocatoria seleccionada.

Los objetivos específicos de esta convocatoria son:

- Diseñar modelos metodológicos para el seguimiento y la evaluación del uso educativo de TIC en proyectos y programas educativos que se promueven en el nivel nacional y/o regional para caracterizar el impacto del uso y apropiación educativa de TIC en los establecimientos educativos.

¹ Página de la convocatoria: <http://www.colciencias.gov.co/convocatoria/convocatoria-para-programas-de-investigaci-n-en-innovaci-n-educativa-con-uso-de-tic-eje>

- Analizar la relación que surge entre las actividades de formación, investigación, apropiación social y planeación estratégica en los CIER según la normatividad de COLCIENCIAS relacionada con los factores para el reconocimiento de Centros del Sistema Nacional de CTel.
- Comprobar si las estrategias existentes para el uso y apropiación de contenidos educativos digitales, son pertinentes para el contexto regional y aportan al mejoramiento de la calidad educativa.

2.1.2. Financiación

A través de esta convocatoria el Ministerio de Educación Nacional (MEN) y COLCIENCIAS financiarán hasta tres programas. El valor a financiar será hasta el 70% del valor total de cada programa: Trescientos millones de pesos m/cte. (\$300.000.000). El presupuesto deberá presentarse discriminado por rubros. Se entiende como contrapartida todos aquellos aportes que asigne la institución que avala el programa presentado. El presupuesto deberá considerar una contrapartida mínima de 30% del costo total del programa, estos recursos podrán constituir tanto aportes en efectivo, como aportes en especie. Se entiende como contrapartida todos aquellos aportes que asigne la Alianza estratégica.

Únicamente se financiarán los siguientes rubros:

- Equipos
- Materiales e insumos
- Bibliografía
- Servicios técnicos
- Adecuación de infraestructura (máximo 10% del monto solicitado)
- Software
- Salidas de campo
- Viajes
- Eventos académicos
- Publicaciones
- Personal científico (estudiantes de doctorado, maestría, profesionales de apoyo y auxiliares de investigación). Los costos individuales no podrán exceder los topes máximos que COLCIENCIAS defina por resolución.
- Administración (hasta el 7%)
- Seguimiento y evaluación (3%).

2.1.3. Aspectos relevantes de la convocatoria

- Tipo de convocatoria: Financiación con subvención directa no reembolsable
- Estado: Cerrada
- Fecha de apertura: Mayo 8, 2015 (Todo el día)
- Fecha de cierre: Junio 30, 2015 - 17:00
- Fecha de publicación de resultados de evaluación: 28 Agosto 2015
- Fecha de publicación de adjudicación: 11 Septiembre 2015
- Contacto del proceso: contacto@colciencias.gov.co
- Cuantía de la convocatoria: \$ 900.000.000
- Monto a financiar por programa: Hasta \$300.000.000
- Porcentaje de financiación: 70%
- Plazo de ejecución del programa: Entre 18 y 24 meses

La información completa de la convocatoria, así como los documentos de la propuesta, se pueden encontrar en el enlace <http://www.colciencias.gov.co/convocatoria/convocatoria-para-programas-de-investigaci-n-en-innovaci-n-educativa-con-uso-de-tic-eje>

2.2. Resumen del proyecto

El proyecto desarrollado en esta memoria presenta la propuesta para el desarrollo de un **Sistema de traducción automática de voz a Lenguaje de Señas Colombiana – LSC, y LSC a texto, con el fin de facilitar la enseñanza del cálculo diferencias en las Instituciones de Educación Superior**; lo anterior, siguiendo la estructura establecida en los términos de referencia de la convocatoria No 716 de 2015, de COLCIENCIAS.

Así las cosas, en primer lugar, se realiza un estudio minucioso de los posibles integrantes de la alianza (o consorcio), con el fin de conformar un equipo de investigación con experiencia en las diferentes áreas que abarca el proyecto. Una vez elegido el equipo, se procede a realizar una planeación desde los puntos de vista técnico, financiero y de gestión del proyecto los cuales se constituyen en los elementos claves para la presentación de una propuesta que genere interés a los posibles evaluadores.

2.2.1. Objetivos del Trabajo

Teniendo en cuenta lo anterior, los objetivos de este proyecto son:

2.2.1.1. Objetivo General

Presentar una propuesta coherente y atrayente, desde los aspectos técnico, financiero y de gestión de proyectos; la cual pudiera ser aceptada dentro de la convocatoria elegida.

2.2.1.2. *Objetivos Específicos*

- Con­formar un equipo interdisciplinar y altamente calificado para el desarrollo del proyecto propuesto.
- Estructurar una metodología de trabajo coherente que permita obtener los resultados esperados del proyecto.
- Desarrollar un cronograma que se ajuste a los requerimientos de la convocatoria y a la metodología propuesta para el desarrollo del proyecto.
- Elaborar un presupuesto claro y detallado para la ejecución del proyecto.
- Elaborar una matriz de riesgos que permita la gestión de los mismos durante el desarrollo del proyecto.

2.3. Descripción del consorcio

Para la conformación del consorcio, se realizó una selección cuidadosa de las entidades que deberían conformarlo, teniendo en cuenta lo establecido en el numeral 3 de los términos de referencia de la convocatoria, el cual establece que la misma **está dirigida a los CIER**, los cuales deben crear alianzas que reflejen articulación multidisciplinaria e interinstitucional de las capacidades de CTel y que incluyan al menos un Grupo de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación reconocido en el marco de la convocatoria 693 de 2014,. A continuación, se presentan las entidades que conformarían el consorcio o alianza, cuya trayectoria de investigación en el campo del proyecto, se desarrollará en el numeral 3.1.14, Trayectoria del equipo de Investigación:

2.3.1. Centro de Innovación Educativa Regional Occidente

Como ya se mencionó, la convocatoria elegida, está dirigida a los CIER, los cuales buscan **promover la construcción de capacidades regionales de uso educativo de las TIC**. Por su parte, el CIER Occidente², conformado por las Secretarías de Educación de Antioquia, Medellín, Envigado, Apartadó y Sabaneta, la gobernación del Chocó, la Institución Universitaria Pascual Bravo, la Universidad Católica del Norte, el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, la Universidad de Antioquia, la Universidad Pontificia Bolivariana y Teleantioquia; tiene como programa de Investigación la Apropiación Pedagógica de las TIC en las Escuelas Innovadoras del CIER Occidente. **Todo lo anterior hace del CIER occidente el punto de enlace la investigación, el desarrollo de las TIC, y su aplicación en entornos educativos.**

² Sitio web del CIER Occidente: <http://cieroccidente.edu.co/>

2.3.2. Grupos de Investigación

Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales

Pertenece al Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín (ITM), clasificado en categoría A1 por COLCIENCIAS³. Este grupo busca la solución a problemas en el campo de la automatización y el control industrial de la región y del país, a través del fomento de la participación activa en investigación y extensión. **Dentro de sus líneas de investigación están: la *visión artificial* y la *fotónica*, las *máquinas inteligentes* y *reconocimiento de patrones*, sistemas de control y robótica, y la electrónica y comunicaciones.**

Grupo de Investigación Interdisciplinaria en Pedagogía del Lenguaje y las Matemáticas (GIPLyM)

Este grupo perteneciente a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la Universidad del Valle, y clasificado en categoría A por COLCIENCIAS⁴, tiene dentro de sus líneas de investigación la de Didáctica del lenguaje y las matemáticas; a través de la cual busca producir teoría sobre las relaciones didácticas, así como desarrollar propuestas didácticas en los campos del lenguaje y las matemáticas. Dentro de dicha línea, **ha realizado trabajos orientados a la formación de capacidades y enseñanza de población sorda y ciega.**

2.3.3. Asociaciones

FENASCOL

La Misión de la Federación Nacional de Sordos de Colombia (FENASCOL)⁵, es la de contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas sordas a través de la defensa de sus derechos y la realización de acciones y programas que respondan a sus necesidades. Dentro de los objetivos de la Federación se encuentran: **Favorecer el desarrollo, respeto y divulgación de la LSC y participar en su investigación;** Servir de órgano consultivo de entidades públicas y privadas, es decir, en todo lo relacionado con la población sorda; Desarrollar, promover y participar en el diseño de leyes, normas, políticas, planes, programas y acciones que respondan a las necesidades de la población sorda y sus asociaciones; **Fomentar y participar en la investigación y divulgación, de experiencias y avances científicos y tecnológicos que beneficien a las personas sordas.**

Es de resaltar que, aunque las entidades elegidas son reales, cumplen con los requisitos establecidos para la convocatoria y en su conjunto se complementan logrando conformar un

³ Sitio web del Grupo de Investigación en Automática, electrónica y ciencia computacionales: <http://www.itm.edu.co/PlantillaMicrositio/ingenieria/automaticayelectronica.aspx>

⁴ Sitio web de GIPLyM: <http://edumat.udistrital.edu.co:8080/giiplym>

⁵ Sitio web de FENASCOL: <http://www.fenascol.org.co/index.php>

equipo multidisciplinario que pueda llevar a cabo con éxito el proyecto, las mismas no han sido contactadas.

De otra parte, teniendo en cuenta que en el Anexo 7 de la convocatoria (Componente de organización y estructura de la alianza), se establecen los apartados a especificar en este aspecto dentro de la propuesta. Por lo tanto, en el numeral 3.3, Organización de la Alianza, del presente documento se detallan más aspectos sobre la estructura del consorcio.

3. Propuesta según el formato de la convocatoria

En este capítulo se presenta la propuesta completa desarrollando cada uno de los puntos requeridos dentro de los términos de referencia de la convocatoria número 716 de 2015 de COLCIENCIAS.

3.1. Componente científico técnico

En este apartado se presenta la problemática, justificación y objetivos del proyecto, así como la forma de abordarlo, teniendo en cuenta el estado del arte, el grupo de investigación que se propone y los componentes de gestión.

3.1.1. Título del proyecto

SAILCA: Sistema Automático de Interpretación de Lenguaje de Señas, para enseñanza de Cálculo.

3.1.2. Investigador principal y co-investigador

A continuación, se presenta la hoja de vida del investigador principal y co-investigador, seleccionados para este proyecto teniendo en cuenta su formación profesional y experiencia en el campo de investigación del presente proyecto⁶.

Investigador Principal

Teniendo en cuenta que el proyecto se compone en gran medida de una parte técnica que requiere de experiencia en visión artificial, procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones, se propone como investigador principal el siguiente perfil que cumple con dicha experiencia:

Nombre: Julián Leopoldo Valenzuela Riaño.

Categoría: Investigador Asociado (I) (vigencia desde 20/04/2015 hasta 20/04/2018).

Nacionalidad: Colombiano.

Sexo: Masculino.

Formación Académica:

Doctorado: Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, Doctorado en Ingeniería Línea Automática.

Maestría/Magister: Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, Maestría en Automatización Industrial.

⁶ Los nombres del investigador principal y co-investigador son ficticios, sin embargo se toman datos reales de investigadores reales cuya hoja de vida se encuentra registrada en la plataforma Scienti de COLCIENCIAS.

Pregrado/Universitario: Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, Ingeniería Electrónica.

Líneas de investigación: Procesamiento digital de imágenes, Visión artificial, Reconocimiento de patrones.

Co-Investigador

El otro gran componente del proyecto, se enfoca al área lingüística y su aplicación en la enseñanza en matemáticas a los sordos, área de experticia del co-investigador propuesto para el proyecto.

Nombre: Lucero Díaz Ortiz.

Categoría: Investigador Junior (vigencia desde 18/05/2014 hasta 18/05/2019).

Nacionalidad: Colombiana.

Sexo: Femenino.

Formación Académica:

Doctorado Universidad Del Valle, Doctorado en Educación.

Maestría/Magister Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, Maestría en Matemáticas.

Pregrado/Universitario Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, Matemáticas.

Líneas de investigación: Argumentación en Lenguaje y Matemáticas, Didáctica del Lenguaje y las Matemáticas, Lenguaje y Construcción de Conocimiento Matemático.

3.1.3. Conformación del equipo de investigación

El proyecto plantado será ejecutado por: El CIER Occidente, el Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales, el Grupo de Investigación Interdisciplinario de Pedagogía de Lenguaje y Matemáticas, y FENASCOL. La trayectoria de estas entidades se describe con detalle en el numeral 3.1.14 del presente documento.

En las tablas que se presentan a continuación, se relacionan: los nombres, funciones y dedicación, del equipo de investigación dispuesto por cada entidad para el desarrollo del proyecto, por parte de cada una de las instituciones involucradas.

Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales (Código COLCIENCIAS COL0053581)				
Nombre del Investigador	Función	Dedicación (Horas /Año)		
		2016	2017	2018
Julián Leopoldo Valenzuela Riaño	Investigador Principal, Coordinador técnico	600	600	200
Lina Carolina Mesa Caballero	Ingeniero de Animación	750	1700	180
Daniel Alejandro González Ruiz (Estudiante de Maestría)	Ingeniero Especialista Visión artificial y Análisis de señales	1700	750	180
José Luis Díaz Pérez	Ingeniero de software	2000	2000	50
Aura Cristina Caballero Segura (Estudiante de pregrado)		500	500	0
TOTALES:		5550	5550	610

Tabla 1: Personal, funciones y dedicación, Grupo de automática, electrónica y ciencias computacionales

Grupo de Investigación Interdisciplinaria en Pedagogía del Lenguaje y las Matemáticas – GIIPLYM (Código COLCIENCIAS COL0009171)				
Nombre del Investigador	Función	Dedicación (Horas /Año)		
		2016	2017	2018
Lucero Díaz Ortiz	Co-investigadora, Jefe de proyecto	400	250	140
Katherine Johana Mora Carmona (Estudiante de Doctorado)	Experto en Lenguaje y matemáticas	600	300	20
Jessica Lorena Rodríguez Leal	Experto en Lenguaje y matemáticas	500	150	20
Leonardo Jesús Torres González (Estudiante de pregrado)		350	350	0
TOTALES:		1850	1050	180

Tabla 2: Personal, funciones y dedicación de GIIPLYM

CIER Occidente				
Nombre del Investigador	Función	Dedicación (Horas /Año)		
		2016	2017	2018
Miguel Antonio Lara López	Líder del proyecto	550	550	450
Lina Tatiana Orjuela Pérez	Ingeniero de Software	1700	1050	150
Juan Fernando Torres Campos (Joven Investigador 1)		2000	2000	150
Juan Felipe Muñoz Cárdenas (Joven investigador 2)		2000	2000	0
TOTALES:		6250	5600	750

Tabla 3: Personal, funciones y dedicación, CIER occidente

FENASCOL				
Nombre del Investigador	Función	Dedicación (Horas /Año)		
		2016	2017	2018
Lizardo Gutiérrez Vargas	Coordinador	300	300	120
Marco Antonio Sanabria Arias	Profesional en lingüística y traducción	500	650	20
Diana Catalina Romero	Profesional en lingüística y traducción	450	350	20
TOTALES:		1250	1300	160

Tabla 4: Personal, funciones y dedicación, FENASCOL

3.1.4. Resumen ejecutivo

En los últimos años las TIC se han convertido en una de las principales alternativas analizadas al momento de buscar soluciones que permitan una efectiva inclusión, en los sistemas de salud, educación, participación social y cultural, etc.; de aquella población, que por sus condiciones de raza, género, o limitaciones físicas, se puede encontrar en riesgo de exclusión y vulnerabilidad.

Siguiendo esta línea, **este proyecto busca, a través del uso de las TIC, disminuir las barreras que enfrentan las personas sordas, dentro de los procesos educativos.**

Concretamente, el proyecto plantea **el desarrollo de un sistema de traducción de Lenguaje de Señas colombiano - LSC a texto en español, y de voz en español a LSC, para ser usado en la enseñanza del cálculo diferencial** (materia que se encuentra dentro del núcleo básico de todas las ingenierías, así como programas de economía, administración, arquitectura, entre otros). Esto, con el fin de facilitar a las personas sordas, el acceso a programas convencionales de educación.

Para lograr lo anterior, por una parte, es necesario dedicar esfuerzos del personal el proyecto, a la generación y validación de una base datos de señas, fácil de usar y aceptada por las personas sordas, para los términos usados dentro del cálculo diferencial.

Adicionalmente, desde el punto de vista tecnológico se requiere de dos módulos principales a saber: El primero de ellos dedicado a la captación de la voz del docente y alumnos de clase y su traducción a LSC. El otro, dedicado al reconocimiento y procesamiento del LSC a través de sistemas de visión artificial, y traducción a texto en español. El proceso de comunicación en dos vías, deberá responder a un tiempo adecuado para que haya fluidez y no se retrasen los procesos educativos. Finalmente, para la interacción con los usuarios, se plantea el uso de una pantalla inteligente.

A continuación, se presenta una descripción detallada de los módulos y su interacción:

Módulo de traducción de voz a LSC

Para el desarrollo del módulo de traducción de voz a LSC, se requiere de tres componentes fundamentales: El primero dedicado al reconocimiento de la voz, y su traducción a texto; el segundo, encargado del procesamiento del texto para traducirlo en LSC; por último, es necesario el desarrollo de un componente que tome la traducción a LSC y realice una representación animada del mismo. En la siguiente ilustración se presenta el esquema de bloques de este módulo:

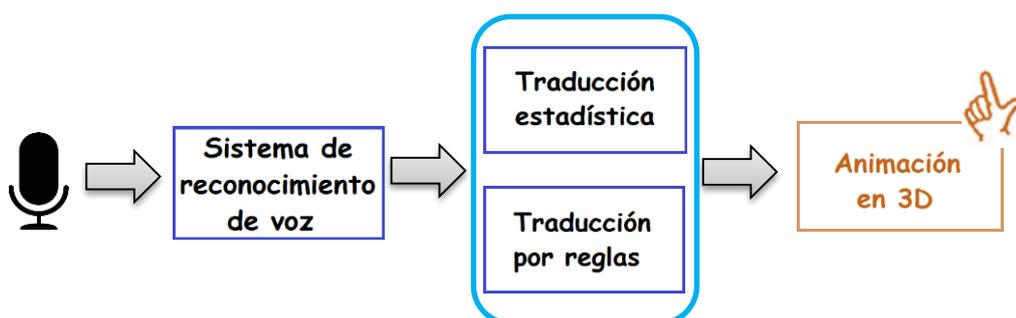


Ilustración 1: Esquema del módulo de traducción de voz a LSC

Módulo de traducción de LSC a texto

Este módulo estará compuesto por un sistema de captura de LSC basado en el sistema de lectura compuesto por una cámara RGB y un sistema Infrarrojo, el cual entrega la señal de video y profundidad al sistema de reconocimiento de LSC, que deberá interpretar estas señales para discernir el término u oración que fue capturado. Una vez se haya realizado este proceso se debe realizar la traducción al idioma español la cual será representada en forma de texto a través de una pantalla. La Ilustración 2, nos muestra el esquema de este módulo.

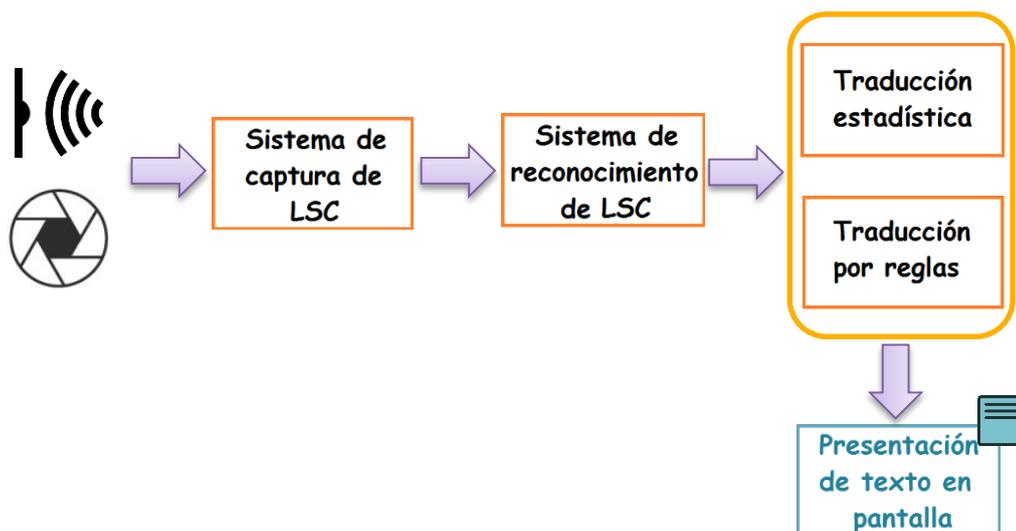


Ilustración 2: Esquema del módulo de traducción de LSC a texto

Por último, se realizará la integración de los dos módulos a fin de tener el sistema completo. Así mismo, el desarrollo del proyecto contempla realizar pruebas pilotos que permitan realizar los ajustes necesarios que permitan el correcto funcionamiento del sistema en ambientes controlados.

3.1.5. Palabras Clave

Traductor, LSC, Educación, Cálculo, Animación, neologismo.

3.1.6. Justificación

En Colombia, los derechos a la igualdad y a la educación se establecen en los artículos 13, 54 y 67 de la (Constitución Política de Colombia, 1991.), los cuales establecen que:

Artículo 13: *“Todas las personas nacen libres e iguales ante la ley, recibirán la misma protección y trato de las autoridades y gozarán de los mismos derechos, libertades y oportunidades sin ninguna discriminación por razones de sexo, raza, origen nacional o familiar, lengua, religión, opinión política o filosófica (...)”* negrilla fuera de texto.

Artículo 54: *“Es obligación del Estado y de los empleadores ofrecer formación y habilitación profesional y técnica a quienes lo requieran”.*

Artículo 67: *“La educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social (...)”* negrilla fuera de texto.

De lo anterior, se concluye que toda persona tiene derecho a la educación y a que el Estado le ofrezca formación profesional sin que haya lugar a discriminación alguna por limitaciones físicas. En este sentido, la Ley 361 de 1997, en sus artículos 11 y 12, determina que el Gobierno Nacional promoverá la integración de la población con limitación a las aulas regulares en establecimientos educativos que se organicen directamente o por convenio con entidades gubernamentales y no gubernamentales, para lo cual se adoptarán las acciones pedagógicas necesarias para integrar académica y socialmente a los limitados, en el marco de un Proyecto Educativo Institucional, y establecerá la metodología para el diseño y ejecución de programas educativos especiales de carácter individual según el tipo de limitación, que garanticen el ambiente menos restrictivo para la formación integral de las personas con limitación (Ley 361/1997).

Así las cosas, el desarrollo de este proyecto se constituye como una acción en pro del cumplimiento del mandato constitucional de garantizar los derechos a la igualdad y la educación de las personas con limitación física, ya que por medio de este se facilita la inclusión de las personas sordas en la educación superior, que hasta el momento, no se ha logrado hacer efectivamente.

3.1.7. Marco de referencia conceptual

En las siguientes páginas se presentan los conceptos base requeridos para el desarrollo del proyecto:

3.1.7.1. *Persona Sorda*

Según el Instituto Nacional para Sordos (INSOR)⁷, una persona sorda es aquella que tiene dificultades para oír, ya sea porque oye muy poco o nada. Es de resaltar que las personas sordas tienen las mismas capacidades que los oyentes. Algunos sordos se comunican con lengua de señas y otros con lengua oral.

Ante la ausencia de la facultad de oír, lo sordos son seres visuales, siendo este canal su principal vía de percepción del lenguaje y la realidad, por esto incorporan en su lenguaje señas, grafía, lectura de labios, dactilología, y se valen de distintos códigos para almacenar la información en su memoria (códigos fonológicos, manual-kinestésicos, viso espaciales, etc.), gracias a esto logra acceder al conocimiento, comprenderlo y producirlo (FENASCOL, 2015).

3.1.7.2. *Lenguaje de señas*

La lengua de señas, también llamada lengua de signos, es una lengua natural de expresión y configuración gesto-espacial y percepción, a través de la cual los sordos establecen un canal de comunicación.

Es de gran importancia reconocer que, así como en el lenguaje oral puede existir más de una lengua en cada país, el lenguaje de señas no hay necesariamente una lengua de señas para cada país, y tampoco una lengua universal, por el contrario, existe diversidad de lenguas de señas, ubicadas regionalmente. (Wikipedia - La enciclopedia Libre, 2015b)

A pesar de esta diversidad de lenguas, se suele reconocer un lenguaje de señas “oficial” para cada país, el cual para Colombia es el Lenguaje de Señas Colombiano LSC.

Fonología de las lenguas de señas: El conjunto de unidades simbólicas mínimas o fonemas de la mayoría de lenguas de señas puede analizarse en términos de siete parámetros formativos básicos: (Wikipedia - La enciclopedia Libre, 2015b)

- **Configuración:** Forma que adquiere la mano para realizar un signo.
- **Orientación de la mano:** palma hacia arriba, hacia abajo, hacia el signante.

⁷ Definición de persona sorda, según INSOR, tomada de: <http://insor.gov.co/ninos/quien-es-una-persona-sorda/>

- **Lugar de articulación:** Lugar del cuerpo donde se realiza el signo: boca, frente, pecho, hombro.
- **Movimiento:** Movimiento de las manos al realizar un signo: giratorio, recto, vaivén, quebrado.
- **Punto de contacto:** Parte de la mano dominante (derecha si eres diestro, izquierda si eres zurdo) que toca otra parte del cuerpo: yemas de los dedos, palma de la mano, dorso de los dedos.
- **Plano:** Es donde se realiza el signo, según la distancia que lo separa del cuerpo, siendo el Plano 1 en contacto con el cuerpo, y el Plano 4 el lugar más alejado (los brazos estirados hacia delante).
- **Componente no manual:** Es la información que se transmite a través del cuerpo: Expresión facial, componentes hablados y componentes orales, movimientos del tronco y hombros. (Como ejemplo; al expresar futuro nos inclinamos ligeramente hacia delante, y al expresar pasado, hacia atrás).

3.1.7.3. *Cálculo diferencial*

El cálculo diferencial es una parte del análisis matemático que consiste en el estudio de cómo cambian las funciones cuando sus variables cambian, su objetivo de estudio principal es la derivada, (Wikipedia - La enciclopedia Libre, 2015a), la cual analizada en cierto punto de una función, es una medida de la tasa en la cual dicha función cambia conforme un argumento se modifica, es decir, que una derivada implica una tasa de cambio. La inversa de una derivada se llama antiderivada, o integral indefinida (Wikilibros, 2015).

3.1.7.4. *Traducción automática*

Es el proceso mediante el cual se utiliza software de computadora para traducir un texto de un lenguaje natural a otro (Systran, 2015).

Para realizar una traducción ya sea humana o automática, es necesario llevar a cabo una restauración del mensaje en la lengua original a la lengua destino, lo cual implica que el traductor debe interpretar y analizar todos los elementos del texto y saber cómo influyen unas palabras en otras. Por esto el traductor debe contar con amplios conocimientos de gramática, sintaxis, semántica, etc., de los idiomas de origen y de destino, además de familiaridad con cada región específica.

Tecnología de traducción automática basada en reglas

Como su nombre lo indica, esta tecnología se basa en un gran número de reglas lingüísticas integradas y en millones de diccionarios bilingües para cada par de idiomas.

Con base en las reglas almacenadas, el software analiza sintácticamente el texto y crea una representación transitoria a partir de la cual se genera el texto en el idioma de destino.

Con esta tecnología se permite al usuario mejorar las traducciones por medio del ingreso de términos que se almacenan en diccionarios definidos por el usuario y que invalidan la configuración predeterminada del sistema.

Tecnología de traducción automática estadística

Esta tecnología hace uso de modelos de traducción estadísticos con parámetros obtenidos del análisis de corpus monolingües y bilingües. La creación de modelos de traducción estadísticos es un proceso rápido, pero la tecnología depende enormemente de los corpus multilingües existentes. Se necesitan un mínimo de 2 millones de palabras para un dominio específico y más incluso para el idioma en general.

3.1.7.5. Visión artificial

De acuerdo con Platero, la Visión Artificial o también llamada Visión por Computador, pretende capturar la información visual del entorno físico para extraer características relevantes visuales, utilizando procedimientos automáticos.

Algunas de las ventajas de la visión artificial, sobre la visión humana están en la medición de magnitudes físicas, la realización de tareas rutinarias y las tareas de bajo nivel de proceso.

Los dos sistemas básicos para la visión artificial son el sistema de formación de las imágenes constituido por el subsistema de iluminación, de captación de la imagen y de adquisición de la señal en el computador; y el sistema de procesamiento de las mismas, en el cual se realiza un procesamiento mediante algoritmos para transformarla en información de alto nivel. (Platero, 2011) La siguiente Ilustración presenta un subsistema básico de un equipo de visión artificial.

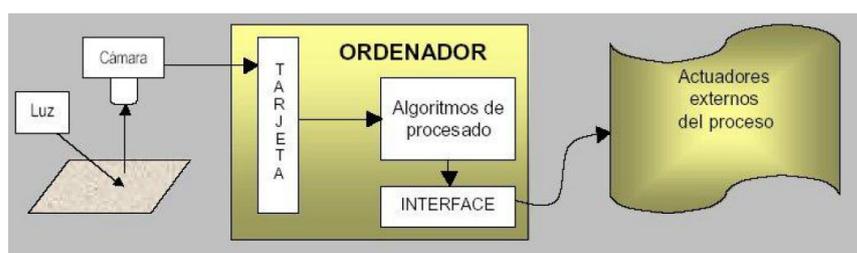


Ilustración 3: Subsistemas físicos de un equipo de visión artificial. (Platero, 2011)

La visión artificial 3D se encarga de proporcionar la capacidad de emular la visión humana a un ordenador, para que este pueda generar un modelo tridimensional de un objeto o escena, muchos de estos realizan esta reconstrucción a partir de imágenes 2D. Existen técnicas o sistemas que permiten captar la profundidad de los objetos o en una escena, como por ejemplo: sistemas estereoscópicos, mediante múltiples cámaras, sistemas basados en el tiempo de vuelo o los sistemas basados en el escáner de luz estructurada (Wikipedia - La enciclopedia Libre, 2015c).

3.1.8. Planteamiento del Problema

Los estudiantes sordos que ingresan a las IES en Colombia, se encuentran con barreras para apropiar los conocimientos impartidos al no poderse comunicar en el mismo lenguaje que sus docentes y compañeros de clase.

Datos del DANE, revelan que el 41% de las personas con discapacidad auditiva accede a la educación primaria, 10% a la secundaria y tan sólo el 1,6% a educación superior (DANE, 2010).

Ante dicha situación, el Ministerio de Educación Nacional, ha indicado que en las IES se debería contar con un intérprete de LSC, sin embargo, aun con este lineamiento, se presentan dos grandes problemáticas para realizar una inclusión efectiva a la educación de calidad de la población con discapacidad, las cuales no permiten que se resuelva efectivamente el problema:

- La primera es que para el caso de materias con terminología propia que no se usa comúnmente, es muy difícil que tanto intérprete como estudiante, tengan señas definidas para los términos especializados.
- La segunda es que algunas IES de carácter privado facilitan el acceso al intérprete de señas, sin embargo, el costo debe ser asumido por el estudiante, lo cual aumenta de forma sustancial los costos de la carrera universitaria, pasando de un promedio de COP \$3.250.000 por semestre⁸, a un aproximado de COP \$10.450.000⁹.

⁸ Dato calculado el promedio de costo de todas las carreras universitarias, con base en la información registrada en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior:

<http://snies.mineducacion.gov.co/consultasnies/programa/buscar.jsp?control=0.39922147786471296>

⁹ De acuerdo con las cifras informadas en entrevista con FENASCOL, así como en la consulta de la oferta de empleos para intérpretes de señas en Colombia, el salario por hora de estos profesionales, es de aproximadamente COP \$ 40.000; haciendo un cálculo de que una materia tenga una intensidad de 60 horas por semestre y que un estudiante sordo tome 3 materias por semestre ya que debido a las barreras su proceso de aprendizaje es más demorado, el costo del intérprete por semestre sería de COP \$7.200.000

3.1.9. Estado del arte

A continuación se realiza una descripción de los desarrollos existentes en el campo de investigación del proyecto de la presente propuesta:

3.1.9.1. Educación para personas sordas en Colombia

La normativa colombiana establece que el Estado Colombiano deberá garantizar en sus instituciones de educación pública, el acceso a la educación y la capacitación en los niveles primario, secundario, profesional y técnico para las personas con limitación, quienes para ello dispondrán de una formación integral dentro del ambiente más apropiado a sus necesidades especiales. Así mismo, el Gobierno Nacional deberá promover la integración de la población con limitación a las aulas regulares en establecimientos educativos (Ley 361, 1997).

Para el caso específico de la población sorda, el artículo 5 (Atención a estudiantes sordos usuarios de Lengua de Señas Colombiana - LSC), del (Decreto 366, 2009), establece las obligaciones en materia de prestación del servicio educativo en preescolar y básica primaria, secundaria y media; las cuales delega a las entidades territoriales.

Respondiendo a esta normatividad, el MEN, publicó el documento Orientaciones pedagógicas para la atención educativa a estudiantes con limitación auditiva, (Ministerio de Educación Nacional, 2006) con el objetivo de *“presentar a las entidades territoriales los conceptos y orientaciones pedagógicas para la atención educativa a los estudiantes sordos que permitan el diseño, la implementación, la evaluación de prácticas sociales, culturales y pedagógicas; para su reconocimiento como sujetos de derecho”*. En este documento, el MEN plantea que los IES, debe tener en cuenta acciones como.

- **Contar con el apoyo de un intérprete de LSC**, preferiblemente con experiencia en el sector educativo.
- Flexibilizar el plan de estudios a partir de las características de la persona sorda, de sus intereses y motivaciones (Ministerio de Educación Nacional, 2006).

3.1.9.2. Lenguaje de señas para matemáticas

Para el caso colombiano, FENASCOL, desarrollo los libros de vocabulario pedagógico I, II y III, en los cuales presenta vocabulario utilizado en Básica Primaria y Secundaria, en las áreas de Ciencias, Matemáticas, Religión Castellano, Física, Química y Sociales (Historia y Geografía), entre otras.

Con base en las señas establecidas por FENASCOL, la licenciada en matemáticas Elizabeth Mejía, en su trabajo de grado creó un vocabulario de señas para la materia Matemáticas I del

programa de Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad Tecnológica de Pereira (Mejía Calderón, 2011).

Así mismo, existen otros diccionarios de lengua de señas para matemáticas, particularmente, para el Lenguaje de Señas Americano (ASL), como lo son el Texas Math Sign Language Dictionary¹⁰, el cual incluye la traducción a ASL de más de 500 palabras para para la educación media; la colección de términos de matemáticas desarrollada por el Deafstem¹¹; y el Science/Mathematics Sign Lexicon¹².

Es de anotar que el lenguaje de señas para las diferentes materias de educación superior en Colombia, se crea en cada IES, difiriendo así entre cada una de ellas.

3.1.9.3. Herramientas de ayuda para la interacción con sordos

Con el fin de lograr una integración de las personas sordas a la vida social, se han creada múltiples herramientas que ayuden en la comunicación de esta población con la población oyente. **En este apartado se presentan algunas de las herramientas con las que se cuenta a nivel nacional e internacional, las cuales, por sí solas no son suficientes para ser implementadas como sistema de ayuda en la enseñanza del cálculo en instituciones educativas**, debido a que no se han desarrollado para la traducción a LSC, no están diseñadas para ser implementadas en ambientes de aprendizaje, o no incluyen señas específicas para los términos usados en el cálculo.

Centro de relevo (Colombia)¹³: Desde el año 2001, el Ministerio de Comunicaciones en Colombia (hoy Ministerio de tecnologías de la Información y las Comunicaciones – Ministerio TIC) implementó el Centro de Relevo en asociación con FENASCOL, con el objetivo de integrar diversas herramientas tecnológicas para responder a las necesidades comunicativas básicas de las personas sordas del país. Dicho proyecto ofrece los siguientes servicios:

- Relevo de llamadas: permite a usuarios sordos realizar llamadas a teléfonos móviles o fijos en cualquier ciudad de Colombia, y comunicarse con personas oyentes.
- Apropiación TIC: es una herramienta de educación on-line habilitada en la web del Centro de Relevo, para que la población sorda en Colombia acceda de manera apropiada a las tecnologías y servicios de este programa. Tiene dos esquemas de alfabetización basados en el mundo digital y el uso del lenguaje sonoro. Es decir, que

¹⁰ Sitio Web del Texas Math Sign Language Dictionary: <http://www.tsdvideo.org/index.php?style=see>

¹¹ Enlace a la colección de términos del Deafstem: <http://www.shodor.org/deafstemterms/list/categorized>

¹² Sitio Web del Science/Mathematics Sign Lexicon: <http://www.rit.edu/~w-msse/pages/lexicon/wordlist.php?letter=i>

¹³ Sitio Web del Centro de Relevo del Ministerio TIC: <http://www.centroderelievo.gov.co/>

además de enseñar a apropiarse de las TIC, ofrece un contexto de cómo se utilizan las palabras del idioma castellano.

- Formación virtual de intérpretes.

Traducción de texto a lenguaje de señas: Uno de los desarrollos tecnológicos con los que se busca romper las barreras de comunicación entre las personas sorda y las oyentes, son los sistemas de traducción de texto a lenguaje de señas, algunos de ellos a los cuales se puede acceder de forma gratuita a través de internet, estos sistemas traducen palabras básicas y no cuentan con vocabulario especializado y concretamente no cuentan con términos especializados para la enseñanza de cálculo; para contrarrestar esta limitante, las palabras que no se encuentran dentro de su base, son deletreadas.

Ejemplos de estos sistemas son SINGLATOR¹⁴, el cual usa como agente traductor a una persona real; e IRIS HETAH¹⁵, el cual usa un avatar para la traducción. La Ilustración 4 y la Ilustración 5 presentan la interfaz de dichas herramientas.



Ilustración 4: Interfaz del sistema SINGLATOR.

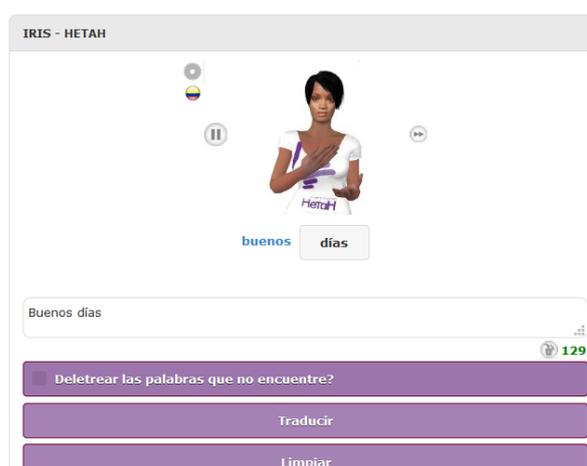


Ilustración 5: Interfaz Sistema Hetah

Traducción de voz a lenguaje de señas: Al igual que con los traductores de texto a lenguaje de señas, también se encuentra una gran variedad de traductores de voz a lenguaje de señas, la mayoría de estos a ASL, dentro de los ejemplos analizados están:

- Aramedia¹⁶, un sistema comercializado unidireccional de traducción del inglés a ASL, el cual contiene más de 2500 videos de signos, para 4500 palabras inglesas.
- SignTel Interpreter¹⁷, aplicación que permite traducir el inglés, ya sea hablado o escrito, a la ASL. Dispone de más de 30.000 palabras y frases diferentes, y sus

¹⁴ Sitio Web de la herramienta SINGLATOR: <http://www.signslator.com>

¹⁵ Sitio Web de la herramienta IRIS de HETAH: <http://hetah.net/traductor?ids=es>

¹⁶ Sitio Web de la herramienta de ARAMEDIA: <http://aramedia.com/>

¹⁷ Sitio Web de la herramienta de SignTel Interpreter: <http://www.signtelinc.com/signtel-interpreter.html>

correspondientes representaciones en la Lengua de Signos, capturadas en video y digitalizadas. En la Ilustración 6 se presenta la interfaz de la aplicación.



Ilustración 6: Interfaz del sistema Sign Tel Interpreter.

- SignSmith Studio¹⁸, herramienta que permite traducir textos del inglés a la ASL, a través de agentes animados virtuales en 3D. El sistema tiene una base de datos de más de 10.000 palabras de la lengua inglesa y está diseñado principalmente para la traducción de contenido web.
- El proyecto eSIGN (“Essential Sign Language Information on Government Networks”¹⁹, desarrollado en el Instituto de Lengua de Signos Alemana de la Universidad de Hamburgo, es una herramienta para la generación automática de contenido en Lengua de Signos, la cual a través de un agente virtual, el cual se muestra en la Ilustración 7, permite la creación de signos y está orientada principalmente a la traducción del contenido de páginas web a la Lengua de Signos Alemana, Holandesa e Inglesa.



Ilustración 7: Agente virtual Guido

- El sistema de traducción del inglés hablado a la ASL, para su uso en aeropuertos desarrollado en la Escuela de Telecomunicaciones de la Universidad de DePaul, el cual permite a los guardias de seguridad comunicarse con los pasajeros sordos a

¹⁸ Sitio Web de la herramienta SignSmith Studio: <http://www.vcom3d.com/signsmith.php>

¹⁹ Sitio Web del proyecto eSIGN: <http://www.sign-lang.uni-hamburg.de/esign/>

través de un agente animado, de forma que la persona sorda pueda tener acceso a la información acerca de los procesos de seguridad (Lancaster et al., 2003). La siguiente ilustración nos muestra el agente de este sistema.



Ilustración 8: Agente animado Paula

- El proyecto TESSA (“TEExt and Sign Support Assistant” – Asistente de Texto y Signado)²⁰, enmarcado en el proyecto ViSiCAST (“Virtual Signing: Capture, Animation, Storage and Trasmisión” – Signado Virtual: Captura, Animación, Almacenamiento y Transmisión), desarrollado en la Universidad de East Anglia en colaboración con la Oficina de Correos de Reino Unido, con el fin de hacer posible que los trabajadores de estas oficinas puedan comunicarse con clientes sordos. El sistema convierte la voz a la Lengua de Signos Inglesa BLS, a través de un agente virtual presentado en la Ilustración 9.



Ilustración 9: Agente animado proyecto TESSA

- El sistema SignSynth²¹ desarrollado en la Universidad de Nuevo México; una aplicación prototipo articuladora de síntesis de lenguaje de señas. Esta aplicación permite traducir un texto en lengua inglesa a su correspondiente en ASL,

²⁰Sitio Web del proyecto TESSA: <http://www.visicast.cmp.uea.ac.uk/Tessa.htm>

²¹ Sitio Web del sistema SignSynth :<http://www.panix.com/~grvsmth/signsynth/>

representando los signos a través de un agente animado que puede visualizarse en cualquier navegador web.

- La máquina de traducción del inglés al ASL, en el dominio de aplicación de “información del tiempo atmosférico”. También desarrollada en la Universidad de Nuevo México. Un sistema basado en reglas por transferencia, y se compone de cuatro bloques: analizador léxico, programa de análisis, módulo de transferencia y módulo de generación.
- El proyecto TEAM (“Translation from English to ASL by Machine”), de la Universidad de Pennsylvania (Philadelphia), en el que se desarrolló un sistema de traducción basado en reglas del inglés a la ASL que permite representar los signos a través de un agente animado virtual (Zhao et al., 2000).
- El sistema SiSi (“Say It, Sign It”), para la traducción del inglés a la Lengua de Signos Inglesa (BSL), desarrollado, por IBM en colaboración con la Universidad de East Anglia (UEA) y el RNID (“Royal National Institute for Deaf People” – Instituto Nacional Real para Personas Sordas). Este sistema dispone de un reconocedor del habla, que permite traducir la voz a texto, y un módulo que permite traducir el texto a la Lengua de Signos representada mediante un agente animado.(IBM, 2007). La siguiente ilustración pertenece al agente animado usado en este proyecto:



Ilustración 10: Agente animado del Sistema SiSi

Otros desarrollos de traducción de voz a lenguaje de señas son:

- Los desarrollados por la Universidad Politécnica de Madrid, la cual desarrolló un sistema de traducción de voz a Lengua de Signos Española para un servicio público

de atención personal, haciendo uso de un agente animado 3D²² La Ilustración 11 nos presenta la interfaz de esta herramienta. Como desarrollo posterior a este proyecto, se desarrolló el proyecto CONSIGNOS, un prototipo para la comunicación automática sordo oyente por medio de lenguaje de señas, consiste en la incorporación de tecnología de reconocimiento de voz y de traducción entre lenguas para la implementación de un sistema de traducción de voz a Lengua de Signos Española (LSE).

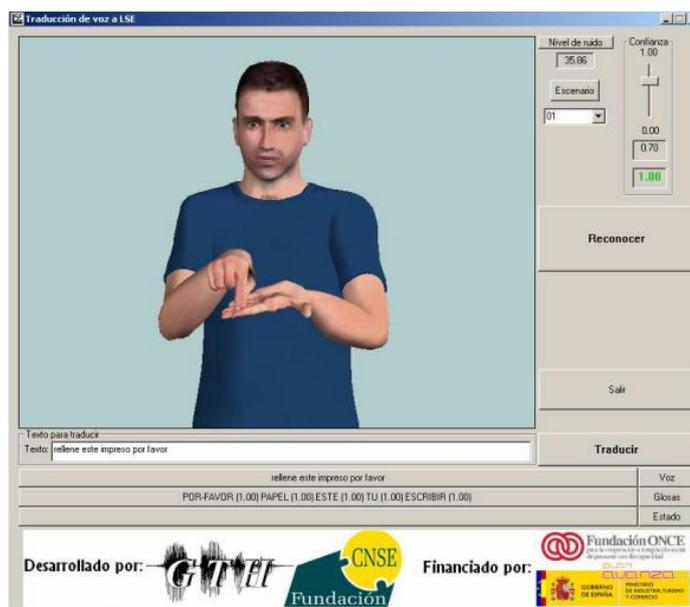


Ilustración 11: Interfaz desarrollada dentro del proyecto CONSIGNOS

- El desarrollo de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, la cual realizó un sistema de reconocimiento de voz y traducción a LSHO, haciendo uso de un agente virtual 3D, este sistema está orientado inicialmente a la enseñanza de español. (Zafra, 2014)
- iCommunicator²³, una herramienta comercial, que permite la traducción de voz a ASL, en diferentes contextos, como son el educativo, las comunicaciones diarias y reuniones, entre otros. A continuación, se presenta la ilustración de la interfaz de esta herramienta.

²² Sitio Web del proyecto: <http://www.traduccionvozlse.es/>

²³ Sitio Web de la herramienta i Communicator: <http://www.compuaccess.com/icomunicator.htm>

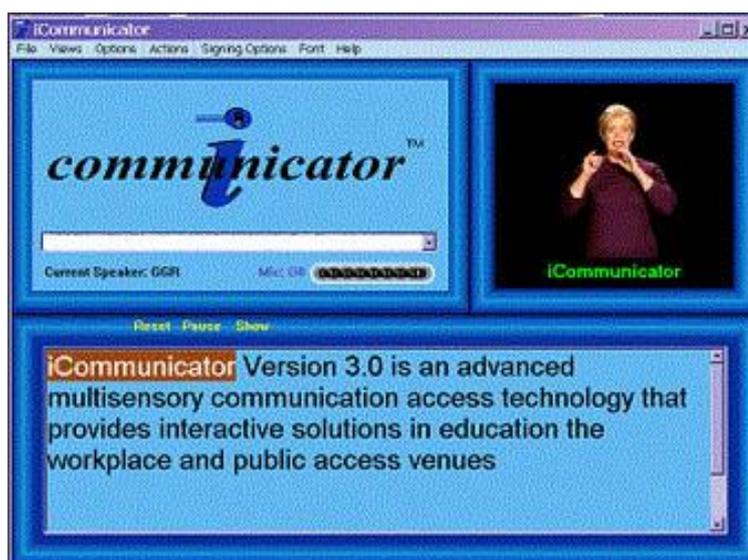


Ilustración 12: Interfaz iCommunicator

- En el caso colombiano, se cuenta con el sistema VLSC - Sistema inteligente de reconocimiento de voz para la traducción del lenguaje verbal a la lengua de señas colombianas. Un sistema, que pretende facilitar los procesos de inclusión en la educación de estudiantes sordos. Este sistema usa redes neuronales aplicadas al reconocimiento de patrones de voz, complementado un agente tridimensional, que representa el LSC (Bernal Villamarin, 2014).

Sistemas de reconocimiento de lenguaje señas y traducción a voz: La mayoría de los trabajos en sistemas de traducción de lenguaje de señas a voz, se han creado como tesis de grado o trabajos universitarios, algunos de ellos son:

- ONIS, desarrollado por alumnos de la Universidad de Matanza, un software que corre sobre sobre Sistema Operativo Windows, y hace uso de la cámara de Kinect para traducir el Lenguaje de Señas Argentino a texto, en este se traducen algunos de las frases usadas más frecuentemente (D'Agostino, 2013).
- El proyecto "Intérprete de Lenguaje de Señas", desarrollado por el Centro de Investigación y Tecnología Aplicada (CITA), el cual hace uso de tecnologías como como Language Integrated Query (LINQ) y Kinect Research Software Development Kit (SDK) para interpretar el Lenguaje de Señas Mexicano LSM (García Delgado, 2012).
- El trabajo de Reconocimiento de imágenes del LSM, desarrollado por F. Priego, en el Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional, México, el cual explora 2 métodos de reconocimiento de imágenes de manos que representan símbolos estáticos del alfabeto del LSM. El primero, con captura de imágenes a través de una cámara de 8 Megapíxeles, requiere de fondo negro, condiciones adecuadas

de iluminación, que las señas del alfabeto del LSM efectuadas se ejecuten con la mano derecha y se fije la distancia de operación luminosidad. El segundo, realiza la captura a través de Kinect, no requiere de condiciones especiales de luminosidad (Priego Pérez, 2012).

- El trabajo realizado en la Escuela Politécnica nacional, en Ecuador, en el cual se desarrolló un sistema que traduce de lenguaje de señas a lenguaje de texto usando visión artificial. En este desarrollo, es necesario contar con condiciones de iluminación controladas, así como el desarrollo de algoritmos para el procesamiento de la imagen (Chiguano, Moreno, & Corrales, 2015).

Así mismo, en el ambiente comercial, se han desarrollado sistemas de reconocimiento de lenguaje de señas y traducción a voz, como el UNI de MotionSavvy²⁴, un dispositivo móvil que permite la traducción en 2 sentidos de ASL a inglés, el cual será distribuido a partir del verano de 2016, este sistema cuenta con 2000 señas, brindando al usuario la posibilidad de adicionar sus propias señas.

3.1.10. Objetivos del proyecto

El proyecto SAILCA tiene como objetivos:

3.1.10.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema de traducción de voz en español a LSC y de LSC a texto en español, para ser usado dentro de las instituciones educativas, en la enseñanza de cálculo.

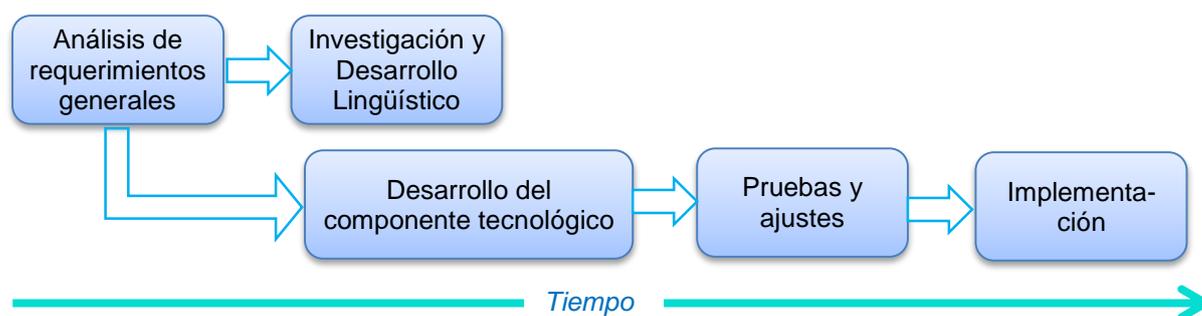
3.1.10.2. Objetivos Específicos

- Formar y validar neologismos en LSC, que representen los términos propios del cálculo diferencial.
- Diseñar e implementar un sistema que permita el reconocimiento de voz en español y su traducción a LSC mediante animación en 3D.
- Diseñar un sistema que capture el LSC y lo traduzca a texto en español.

3.1.11. Metodología

El desarrollo de este proyecto se realizará en 5 fases, las cuales se relacionan en su mayoría de forma secuencial, sin embargo, teniendo en cuenta que el trabajo requerido abarca varias áreas, en algunos momentos se presentarán relaciones de superposición. A continuación, se ilustra el diagrama de fases del proyecto:

²⁴ Sitio Web de la herramienta: <http://www.motionsavvy.com/#learn-more>



Fase 1: Análisis de requerimientos generales

En esta fase se usarán, algunas de las técnicas y herramientas recomendadas por el Project Management Institute – PMI²⁵, en el PMBOK quinta edición, como lo son las entrevistas, cuestionarios y grupos focales; con el fin de establecer los requisitos específicos que debe cumplir el sistema desarrollado.

Fase 2: Investigación y Desarrollo Lingüístico

Durante esta fase, se desarrollará todo el trabajo que requiere el componente lingüístico del proyecto, para lo cual se acudirá a los expertos tanto en lenguaje de señas como en lenguaje matemático, se tendrán sesiones de trabajo en campo con población sorda y se llevarán a cabo reuniones del equipo del proyecto involucrado en las tareas de esta fase.

Fase 3: Desarrollo del componente tecnológico

En esta fase se incluye todo el trabajo de investigación, y desarrollo que se requiere para el diseño e implementación del sistema, desde el punto de vista tecnológico, el cual se alimenta del resultado de la fase de Análisis de requerimientos generales, así como de los resultados de la investigación y desarrollo lingüístico. Para el desarrollo de esta fase, se usarán técnicas analíticas que incluyan el estudio de proyectos similares y se llevarán a cabo reuniones del equipo del proyecto involucrado.

Fase 4: Pruebas y ajustes

Durante esta fase se evaluará el desempeño del sistema frente a los requisitos establecidos, a través de pruebas en laboratorio y en campo en un ambiente controlado, involucrando a algunos de los futuros usuarios del sistema. Así mismo se realizarán las mejoras pertinentes, con base al resultado de las pruebas.

Fase 5 Implementación

Esta es la etapa final del proyecto en la cual el sistema probado entrará en funcionamiento en las IES involucradas en el proyecto.

²⁵ Página del PMI: <http://www.pmi.org/default.aspx>

3.1.12. Resultados esperados de la investigación

El resultado principal generado dentro del proyecto será un sistema de traducción de voz en español a LSC y de LSC a texto en español, para ser usado dentro de las instituciones educativas, en la enseñanza de cálculo. Como partes integrantes de este sistema, adicionalmente se esperan como resultados los siguientes:

- Conjunto de señas en LSC, que representen los términos propios del cálculo diferencial.
- Sistema de reconocimiento de voz en español y traducción a LSC mediante animación en 3D
- Sistema de captura de LSC y traducción a texto en español.

3.1.13. Resultados esperados - Productos

En las siguientes tablas se presentan los resultados esperados de formación de recurso humano, apropiación social de conocimiento, generación de nuevo conocimiento y desarrollo tecnológico e innovación:

Productos resultado de actividades de Formación de Recurso Humano para la CTel			
Tipo de Producto	Resultado esperado	Indicador	Beneficiario
Jóvenes investigadores	Vinculación del joven investigador al proyecto.	2	<ul style="list-style-type: none"> • Juan Fernando Torres Campos • Juan Felipe Muñoz Cárdenas
Formación de pregrado	Formación culminada del estudiante de pregrado al proyecto.	2	<ul style="list-style-type: none"> • Aura Cristina Caballero Segura • Leonardo Jesús Torres González
Formación estudiante de maestría	Inicio de la formación del estudiante de maestría en el marco del proyecto.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Daniel Alejandro González Ruiz
Vinculación de estudiante de doctorado	Inicio de la formación del estudiante de doctorado en el marco del proyecto.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Katherine Johana Mora Carmona

Tabla 5. Productos resultado de actividades de formación de recurso humano para la CTel

Productos resultado de actividades de Apropiación Social del Conocimiento			
Tipo de Producto	Resultado esperado	Indicador	Beneficiario
Ponencias*	Participación en eventos especializados, presentando los resultados de la investigación.	6 Ponencias Nacionales 4 Ponencias Internacionales	Dependiendo del evento
Eventos científicos	Organización de eventos especializados, presentando los resultados de la investigación.	1 Workshop	<ul style="list-style-type: none"> Investigadores de las áreas de lingüística, literatura y afines Investigadores del área de visión artificial, procesamiento de señales, ingeniería y afines
Divulgación	Presentación de los resultados.	1 Página web 3 Videos	<ul style="list-style-type: none"> Comunidad científica Personas sordas Instituciones de Educación Superior Ciudadanía en general
Presentación de los resultados a la comunidad civil	Talleres realizados.	3 Talleres	<ul style="list-style-type: none"> Alcaldías y federaciones de sordos de las ciudades de Bogotá, Medellín y Cúcuta.
Realización de capacitación, seminarios y talleres	Cursos de capacitación, realizados	3 Cursos	<ul style="list-style-type: none"> Población sorda e Instituciones de Educación Superior de las ciudades de Bogotá, Medellín y Cúcuta.

Tabla 6: Productos resultado de actividades de apropiación social del conocimiento

Productos resultado de Generación de Nuevo Conocimiento		
Tipo de Producto	Resultado esperado	Indicador
ARTÍCULOS	Artículos en revistas indexadas en los índices y bases mencionados en el Modelo de Medición de grupos	2 Artículos A2 3 Artículos B

Tabla 7. Productos resultado de generación de nuevo conocimiento

Productos resultado de actividades de Desarrollo Tecnológico e Innovación		
Tipo de Producto	Resultado esperado	Indicador
Prototipo	Sistema de lectura de señas y software con su respectivo código fuente y manuales de instalación	1 Prototipo

Tabla 8: Productos resultado de actividades de desarrollo tecnológico e innovación

3.1.14. Trayectoria del equipo de investigación

En los siguientes párrafos se presenta la experticia de las entidades vinculadas al proyecto, en las áreas de interés para el mismo:

CIER Occidente

Constituido por su naturaleza, como un espacio con el propósito contribuir al desarrollo tecnológico, la innovación en las prácticas educativas y la generación de conocimiento en el país. Durante su primera fase, el CIER Occidente²⁶ ha trabajado en los siguientes proyectos tendiente s a masificar el uso eficiente de las TIC en la educación:

- Evaluación del impacto del uso de objetos de aprendizaje interactivos a través de la herramienta descartes JS con estudiantes de matemáticas de básica primaria.
- Modelo de asistente para la construcción pedagógica de micro currículos apoyado en TIC para Instituciones Educativas de Básica y Media
- Validación de una matriz metodológica para formación de agentes educativos investigadores con el uso de TIC a través de Redo -Red de Conocimiento- como innovación educativa.
- Relación entre innovación pedagógica y apropiación de TIC

Grupos de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales

Este grupo conformado hace 12 años, ha enfocado su trabajo en las líneas de investigación de Maquinas inteligentes y reconocimiento de patrones; Visión artificial y fotónica; Sistemas de control y robótica; Electrónica y comunicaciones; y Ciencias computacionales²⁷. En los cuales ha publicado más de 200 artículos científicos, 14 libros y 34 capítulos de libro; Así mismo, ha desarrollo alrededor de 50 proyectos y diseñado varios prototipos y software. Algunos de sus trabajos son:

- Review of Statistical Shape Spaces for 3D Data with Comparative Analysis for Human Faces (Brunton, Salazar Jiménez, Bolkart, & Wuhler, 2014).
- Image Preprocessing assessment detecting low contrast regions under non-homogeneous light conditions (Molina Cortes, Restrepo Martinez, & Branch, 2014).
- Implementación de una metodología para la detección de comandos de voz utilizando HMM (Acosta Bedoya, Sarria Paja, & Duque Munoz, 2012).
- Diseño de un dispositivo de navegación en interiores para discapacitados visuales.
- Software Computacional: VICO (Visualizador de Contornos).

²⁶ Sitio web del CIER Occidente: <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/micrositios/1752/w3-propertyvalue-49058.html>

²⁷ Sitio web del Grupo de Investigación en Automática, electrónica y ciencia computacionales: <http://www.itm.edu.co/PlantillaMicrositio/ingenieria/automaticayelectronica.aspx>

- Investigación: Diseño e implementación de un sistema de visión global y colaboración multiagente para el comando de un equipo de robots
- Investigación: Aplicación de técnicas de dinámica no lineal para sistemas de identificación biométrica orientado al reconocimiento on-line de firmas

GIIPLyM

Este grupo, conformado desde el año 1998, orienta su trabajo a las líneas de Lenguaje y Construcción de Conocimiento Matemático; Argumentación en lenguaje y matemáticas; Didáctica del lenguaje y las matemáticas; y Formación de educadores matemáticos²⁸. Dentro de su trabajo se cuenta con múltiples publicaciones de artículos, libros y capítulos de libro. Algunos de los trabajos realizados en el área del proyecto son:

- El desarrollo del lenguaje y de la discursividad en la formación inicial en matemáticas de estudiantes sordos (Leon Corredor, Calderon, & Orjuela, 2011).
- Bilingualism of Colombian Deaf Children in the Teaching-Learning of Mathematics in the First Year of Elementary School (Calderon & Leon Corredor, 2010).
- Referentes curriculares con incorporación de tecnologías para la formación del profesorado de matemáticas en y para la diversidad (Leon Corredor et al., 2013).

FENASCOL

En el cumplimiento de su misión, esta entidad ha desarrollado múltiples proyectos tendientes a mejorar la calidad de vida de los sordos en Colombia, así como diseñar e implementar estrategias que permitan su inclusión. Dentro de los proyectos que ha desarrollado FENASCOL²⁹ están:

- Diseño y puesta en marcha del Centro de Relevó en convenio con el Ministerio TIC.
- Desarrollo de propuestas pedagógicas y curriculares especializadas para escolares con discapacidad; en convenio con la Secretaría de Educación Distrital.

²⁸ Sitio web de GIIPLyM: <http://edumat.udistrital.edu.co:8080/giiplym>

²⁹ Sitio web de FENASCOL: <http://www.fenascol.org.co/index.php>

3.1.15. Posibles evaluadores

Para la evaluación de este proyecto se proponen una lista compuesta por tres profesionales que han trabajado en temas relacionados con el objetivo del proyecto³⁰:

José Ignacio Sarmiento González:

Investigador Dpto. Ingeniería Electrónica, ETSI Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid

E-mail: SamientoGJosel@upm.edu.es

Sergey Lee

Profesor Emérito de la Escuela de computación, Facultad de ciencias de la computación, Universidad de East Anglia

E-Mail: Lee.sergey@uea.ac.uk

Arthur Cage

Investigador Asociado, Instituto de Lengua de signos alemana, Universidad de Hamburgo

Email: Cage.arthut@sign-lang.uni-hamburg.de

3.1.16. Gestión del Proyecto

Dentro de este apartado se realiza un análisis detallado de los paquetes de trabajo a realizar para completar el proyecto, así como los riesgos que enfrenta su ejecución y el cronograma propuesto para la ejecución del proyecto.

3.1.16.1. Estructura de Desglose de Trabajo

Para el desarrollo de este proyecto se plantea 8 Paquetes de Trabajo, necesarios para llevar a cabo el proyecto. En la Ilustración 14 se presenta el Diagrama de paquetes de trabajo con los elementos de interacción entre estos.

³⁰ Los datos de los posibles evaluadores son inventados.

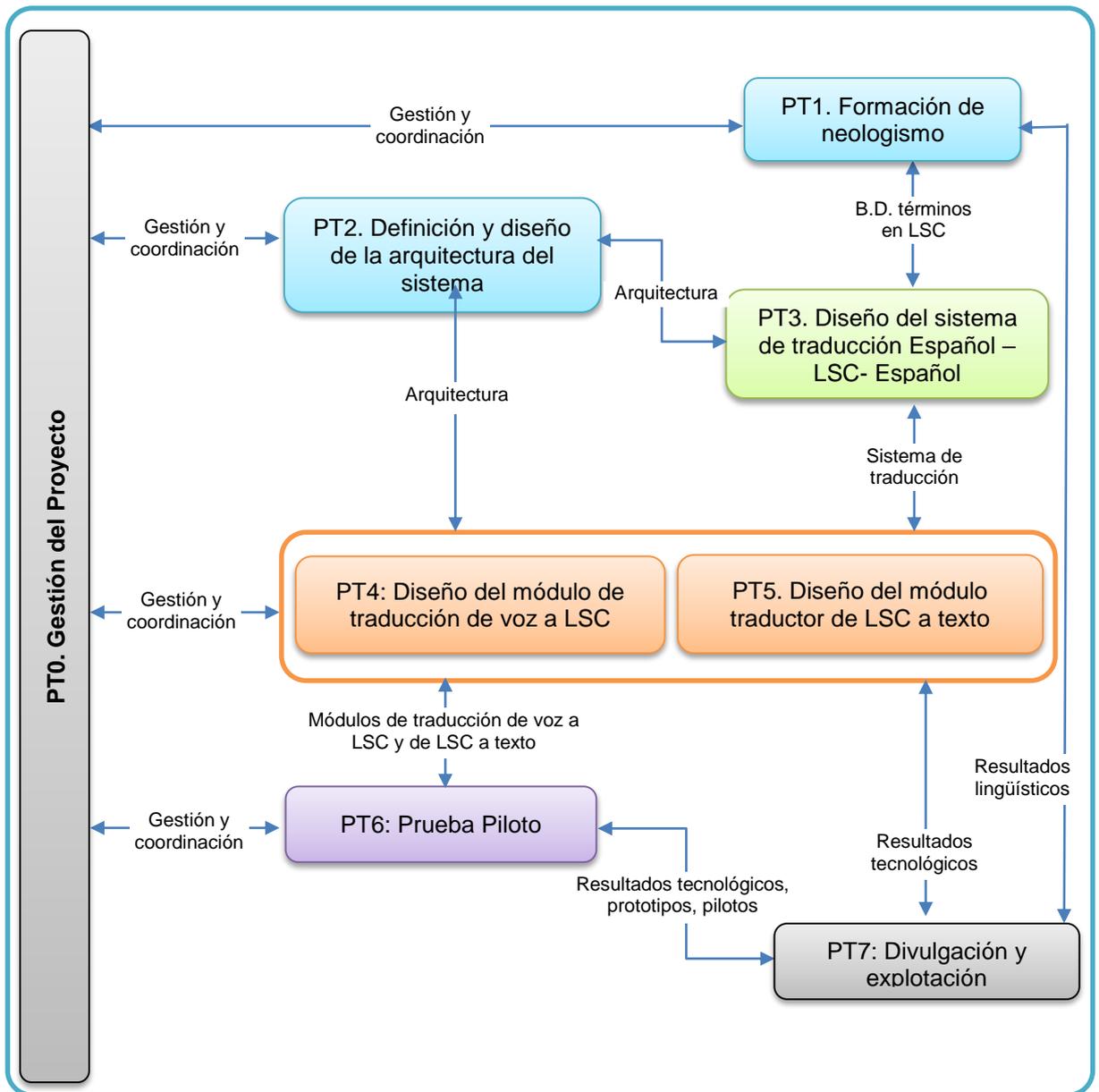


Ilustración 14: Diagrama de paquetes de trabajo

A continuación, se presenta una descripción detallada de cada uno de los paquetes de trabajo:

Paquete de Trabajo: 0		Título: Gestión del proyecto	
Fecha Inicio: 11 – Ene – 2016	Fecha Finalización: 26 – Feb – 2018	Líder: CIER Occidente	
<p>Descripción: Este paquete de trabajo contempla las actividades de gestión del proyecto desde los enfoques técnicos y administrativo. En este orden de ideas, bajo este paquete de trabajo se realizará el seguimiento a las actividades propuestas en los demás paquetes de trabajo con el fin de verificar el cumplimiento de los tiempos planificados, la correcta ejecución del presupuesto, así como realizar el control de calidad y verificación de calidad del proyecto. Las 3 tareas principales que se desarrollarán son:</p> <p>Tarea 0.1 Reunión de inicio de proyecto: (Líder – CIER Occidente; Participa – Todos) Esta tarea marca el inicio del proyecto, en ella se realizará una presentación general de los objetivos del proyecto, los resultados esperados, el cronograma y su presupuesto asociado, así como de las responsabilidades de cada una de las entidades involucradas, los acuerdos del consorcio y los mecanismos de interacción que se deben usar.</p> <p>Tarea 0.2 Coordinación del Proyecto: (Líder – Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales) Esta tarea se dedica a la coordinación y articulación del proyecto desde el punto de vista tecnológico, procurando la cooperación entre los miembros del proyecto y la correcta gestión de los recursos compartidos, a fin de conseguir que el sistema desarrollado cumpla con las características especificadas. Así mismo, bajo esta tarea, se contempla la definición de los requisitos generales, desarrollo y pruebas del sistema, y la coordinación de las reuniones técnicas del proyecto.</p> <p>Tarea 0.3 Gestión y Administración del Proyecto: (Líder – CIER Occidente) Esta tarea se encarga de la gestión administrativa del proyecto, ejecutando actividades como la interacción con COLCIENCIAS, la verificación del cumplimiento de los acuerdos pactados en el consorcio, el control a la ejecución de los paquetes de trabajo y generación de entregables, verificación de la documentación generada, administración financiera del proyecto, citación a reuniones.</p>			
<p>Resultados esperados: Plan de gestión de proyecto, informes, documentación técnica y administrativa.</p>			

Tabla 9: Paquete de Trabajo 0 - Gestión del proyecto

Paquete de Trabajo: 1		Título: Formación de neologismos	
Fecha Inicio: 12 – Ene – 2016	Fecha Finalización: 17 – Oct – 2016	Líder: GIIPLyM	
<p>Descripción: Este paquete de trabajo corresponde al componente lingüístico del proyecto, en el cual, se deben recopilar los términos usados dentro de la enseñanza del cálculo diferencial, y establecer las señas más recurrentes y apropiadas en el contexto; para que sean usados en el desarrollo del sistema de traducción automática Español – LSC – Español. Las principales tareas a realizar son:</p> <p>Tarea 1.1 Estudio Lingüístico: (Líder – GIIPLyM; participa – FENASCOL) Esta tarea consiste en realizar un estudio que sirva como base para establecer tanto los términos más usados durante la enseñanza del cálculo diferencial, como las señas existentes, reconocidas oficialmente para los términos matemáticos y los ambientes educativos.</p> <p>Tarea 1.2 Levantamiento de Base de señas existentes: (Líder – FENASCOL; Participa – GIIPLyM) Esta tarea toma los resultados de la anterior, con el fin de determinar de las señas existentes, cuales son reconocidas por consenso, como adecuadas para los términos del interés de este proyecto, para que sirvan como base del trabajo futuro.</p> <p>Tarea 1.3 Generación de neologismos específicos para cálculo diferencial: (Líder – GIIPLyM; Participa – FENASCOL) En esta tarea se debe generar las señas para los términos usados en la enseñanza de cálculo diferencial, y validarlas para constatar que las mismas sean de fácil recordación y uso para los sordos.</p>			
<p>Resultados esperados: Base de datos de términos usados en la enseñanza del cálculo diferencial y sus respectivas señas validadas por personas sordas, conocedoras del tema.</p>			

Tabla 10: Paquete de Trabajo 1 - Generación de señas

Paquete de Trabajo: 2		Título: Definición y diseño de arquitectura del sistema	
Fecha Inicio: 12 – Ene – 2016	Fecha Finalización: 27 – Jun – 2016	Líder: Grupo Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales	
<p>Descripción: Este paquete de trabajo brindará el insumo técnico principal para el desarrollo del sistema, a través de la definición de los requisitos de cada uno de sus módulos y la interacción entre ellos. Las principales tareas a realizar son:</p> <p>Tarea 2.1 Análisis de los requerimientos del sistema: (Líder – CIER Occidente; Participa – Todos) El objetivo de esta tarea es definir las especificaciones físicas y funcionales del sistema, los parámetros de calidad del mismo, así como su alcance y limitaciones.</p> <p>Tarea 2.2 Diseño de la Arquitectura del Sistema: (Líder – Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales; Participa – CIER Occidente) Con base en los requerimientos planteados en la tarea 2.1, durante el desarrollo de esta tarea se estudiarán y seleccionarán las mejores alternativas para la captación, procesamiento, traducción y representación de los dos idiomas (LSC y Español), insumo necesario para el desarrollo de los paquetes de trabajo 3, 4 y 5.</p>			
Resultados esperados: Requerimientos del sistema, arquitectura del sistema.			

Tabla 11: Paquete de Trabajo 2 - Definición y diseño de arquitectura del sistema

Paquete de Trabajo: 3		Título: Diseño del sistema de traducción Español-LSC-Español	
Fecha Inicio: 18 – Oct – 2016	Fecha Finalización: 02 – May – 2017	Líder: CIER Occidente	
<p>Descripción: El objetivo de este paquete de trabajo es desarrollar el sistema de traducción automática de texto en español a caracteres que representen el LSC, y viceversa, para ser integrado dentro de los módulos de traducción. Dentro de este paquete de trabajo se levantará la base de datos necesaria para la traducción, así como la representación en caracteres del LSC. Las principales tareas a realizar son:</p> <p>Tarea 3.1 Levantamiento de Base de Datos de reglas y términos para LSC y Español: (Líder – GIIPlyM; Participa – FENASCOL, Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales) En esta tarea se creará una base de datos con las reglas gramaticales del español y el LSC, que servirán para el proceso de la traducción. Así mismo, se desarrollará una representación en caracteres, para los términos en LSC, a fin de que sean tomados tanto por el sistema de traducción, como por el sistema de representación animada.</p> <p>Tarea 3.2 Desarrollo del traductor: (Líder – CIER Occidente; Participa – Todos) La ejecución de esta tarea implica desarrollar, con base en las reglas y los caracteres creados en la tarea T3.1, el sistema de traducción automática, el cual deberá tomar los datos de generados en los sistemas de reconocimiento de voz (T4.1) y de reconocimiento de LSC (T5.2); y entregarlos a los sistemas de representación en texto y de animación de LSC.</p> <p>Tarea 3.3 Evaluación y ajustes del sistema: (Líder – CIER Occidente; Participa – Todos) Durante esta tarea se realizarán las pruebas de funcionamiento, de acuerdo con los parámetros establecidos, para el sistema de traducción desarrollado en la tarea anterior, y los ajustes pertinentes que requiera el mismo a fin de que las traducciones sean lo más precisas posible.</p>			
<p>Resultados esperados: Base de datos de reglas gramaticales, base de datos de representación en señas de LSC, sistema de traducción.</p>			

Tabla 12: Paquete de Trabajo 3 - Definición y diseño de arquitectura del sistema

Paquete de Trabajo: 4		Título: Diseño del módulo de traducción de voz a LSC	
Fecha Inicio: 28 – Jun – 2016	Fecha Finalización: 24 – Jul – 2017	Líder: Grupo Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales	
<p>Descripción: Este paquete de trabajo contempla la captura de la voz en español, para su procesamiento y representación escrita, así como el diseño del sistema de animación en 3D del LSC. Así mismo, se contempla la prueba y ajustes a los sistemas mencionados. Las principales tareas a realizar son:</p> <p>Tarea 4.1 Exploración y prueba y elección de los sistemas de reconocimiento de voz: (Líder – CIER Occidente; Participa – Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales) Esta tarea se ocupa de la prueba de los sistemas de reconocimiento de voz en español y la caracterización de los mismos de acuerdo con la precisión de su reconocimiento y tiempos de respuesta, a fin de seleccionar el que mejor se adapte para el desarrollo del proyecto.</p> <p>Tarea 4.2 Desarrollo de interfaz de animación 3D del LSC: (Líder – Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales; Participa – FENASCOL) En esta tarea se desarrollará el sistema que tomará la representación en caracteres del LSC, y se encargará de su animación 3D, para esto se deberá crear la animación de cada uno de los neologismos generados en la tarea T1.3., para su posterior verificación por personas sordas.</p> <p>Tarea 4.3 Prueba y ajustes módulo Voz a LSC: Líder – Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales; Participa – FENASCOL, GIIPlyM) Esta tarea contempla la prueba de funcionamiento de la interfaz de animación del LSC, y la verificación de su cumplimiento con los requerimientos especificados, en especial de tiempo y precisión, para lo cual se realizarán validaciones por parte de personas sordas, a la fidelidad de la reproducción de la seña en la animación, así como del tiempo de respuesta.</p>			
Resultados esperados: Elección del sistema de reconocimiento de voz, desarrollo de interfaz de animación en 3D, pruebas.			

Tabla 13: Paquete de Trabajo 4 - Diseño del módulo de traducción de voz a LSC

Paquete de Trabajo: 5		Título: Diseño del módulo traductor de LSC a texto	
Fecha Inicio: 28 – Jun – 2016	Fecha Finalización: 24 – Jul – 2017	Líder: Grupo Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales	
<p>Descripción: Este paquete de trabajo corresponde al desarrollo del sistema de captura del LSC y el procesamiento de las señales generadas en dicha captura para que las mismas sean representadas mediante caracteres. Las tareas principales del paquete de trabajo son:</p> <p>Tarea 5.1 Desarrollo del sistema de captura del LSC: (Líder – Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales) Esta tarea se ocupa del desarrollo del sistema de captura de LSC, conforme a los requerimientos y arquitectura establecidos en las tareas T2.1 y T2.2, para luego entregar las señales capturadas para el reconocimiento de las mismas.</p> <p>Tarea 5.2 Diseño del sistema de reconocimiento de LSC: (Líder – Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales; Participa – FENASCOL, GIIPLYM) En esta tarea se lleva a cabo el procesamiento de las señales capturadas para realizar su interpretación y representación mediante los caracteres establecidos en la tarea T3.1, para su posterior traducción.</p> <p>Tarea 5.3 Prueba individual del módulo y ajustes: (Líder – Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales Participa – FENASCOL) Mediante esta tarea se desarrollarán las pruebas a los sistemas de captura y reconocimiento de LSC, con el fin de verificar la correcta lectura de la seña, así como el desempeño del sistema de reconocimiento en el proceso de análisis de señales, conforme a los requisitos establecidos en la tarea T2.1.</p>			
Resultados esperados: Sistema de captura de LSC y Sistema de reconocimiento de LSC, pruebas.			

Tabla 14: Paquete de Trabajo 5 - Diseño del módulo traductor de LSC a texto

Paquete de Trabajo: 6		Título: Prueba Piloto	
Fecha Inicio: 25 – Jul – 2017	Fecha Finalización: 05 – Feb – 2018	Líder: Grupo Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales	
<p>Descripción: Para el desarrollo de este paquete de trabajo se contempla la integración de los sistemas desarrollados en los paquetes de trabajo 3, 4 y 5, los cuales habrán sido probados previamente. Una vez se encuentren integrados los sistemas, se procederá a la ejecución de pruebas del sistema completo. Las tareas principales que componen este paquete de trabajo son:</p> <p>Tarea 6.1 Integración del Sistema: (Líder – Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales) En esta tarea, teniendo en cuenta la arquitectura definida, se llevará a cabo la integración del sistema de traducción automática (PT3), los componentes del módulo de traducción de Voz a LSC (PT4) y del módulo de traducción de LSC a Texto (PT5). Adicionalmente, se desarrollará la interfaz de usuario del sistema integrado.</p> <p>Tarea 6.2 Evaluación y mejoras: (Líder – CIER Occidente: Participa – Todos) Esta tarea contempla el desarrollo de pruebas piloto, primero en ambientes controlados y luego dentro de salones de clase, la medición del desempeño del sistema y los ajustes necesarios de acuerdo con el resultado de las pruebas.</p>			
Resultados esperados: Sistema integrado, Pruebas piloto			

Tabla 15: Paquete de Trabajo 6 - Prueba piloto

Paquete de Trabajo: 7		Título: Divulgación y explotación	
Fecha Inicio: 12 – Ene – 2016	Fecha Finalización: 26 – Feb – 2018	Líder: CIER Occidente	
<p>Descripción: Con el fin de difundir los resultados del proyecto para que el mismo sea conocido por instituciones educativas, gobernaciones, alcaldías y sobre todo por la población sorda, se contempla el desarrollo de este paquete de trabajo, mediante el cual cada uno de los miembros del consorcio difundirá y propenderá por la implementación del sistema y el desarrollo de trabajos futuros sobre el mismo.</p> <p>Tarea 7.1 Definición del Plan de Divulgación: (Líder – CIER Occidente; Participa – Todos) En esta tarea se establecerán los medios de comunicación que se usarán para divulgar los resultados del proyecto, los momentos del proyecto en que se realizarán las comunicaciones y los aspectos a tener en cuenta en cada uno de los medios de divulgación establecidos.</p> <p>Tarea 7.2 Implementación del plan de divulgación: (Líder – CIER Occidente; Participa – Todos) En esta tarea se ejecutarán el plan desarrollado en la tarea anterior. Es responsabilidad de cada uno de los miembros del consorcio publicar en sus páginas web los comunicados generados dentro del proyecto.</p> <p>Tarea 7.3 Plan De Explotación: (Líder – CIER Occidente; Participa – Todos) Esta tarea contempla el plan de explotación de los resultados que comienza por la difusión del mismo entre los potenciales usuarios y la promoción e impulso de los mismos apalancados en las relaciones institucionales de los miembros del consorcio.</p>			
Resultados esperados: Plan de divulgación, plan de explotación, comunicados de prensa, publicaciones, reportes.			

Tabla 16: Paquete de Trabajo 7 - Divulgación y explotación

3.1.16.2. Plan de Gestión de Riesgos

En este numeral, con el fin de minimizar los posibles impactos negativos en el proyecto, se presenta el análisis, evaluación y acciones de mitigación de los riesgos; desde los puntos de vista de su gestión, desarrollo del componente técnico y de definición de producto. Así las cosas, los riesgos identificados son:

ID del Riesgo	Descripción	Consecuencia
R-1	Falta de claridad en la definición del alcance y requisitos del proyecto durante la etapa de planificación.	El producto podría no cumplir con la calidad requerida en cuanto a tiempos de respuesta y funcionamiento, se podrían presentar problemas en la integración de los diferentes módulos del proyecto, causando retrasos y sobrecostos en la ejecución.
R-2	Dificultades en la comunicación entre el equipo del proyecto y la población beneficiada durante las etapas de planificación, ejecución y control del proyecto.	Podría haber errores en la definición de requerimientos, que llevarían al desarrollo de un producto que no cumpla con las expectativas de los usuarios finales. Así mismo podrían presentarse retrasos en la ejecución del proyecto.
R-3	Los recursos humanos, tecnológicos y financieros no están disponibles en los tiempos estipulados en el cronograma del proyecto.	Se podría ver afectada la calidad y cumplimiento del cronograma de ejecución del proyecto.
R-4	Carencias en las adecuaciones de infraestructura eléctrica y tecnológica de las instituciones educativas en las que se implementara el proyecto.	No se podría implementar el proyecto, o se incurriría en sobrecostos para la implementación.
R-5	Falta de disposición de los alumnos y docentes oyentes, para colaborar con las pruebas requeridas.	Se dificultaría la evaluación del sistema en un ambiente de producción, lo cual podría generar impacto en la calidad del proyecto y en los tiempos de ejecución del mismo.

Tabla 17: Identificación de riesgos

Estos riesgos se han evaluado de acuerdo con su probabilidad e impacto, para calcular su nivel de prioridad, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

Probabilidad:

Baja (B): Casi improbable que ocurre, pero posible. *Ponderación = 1*

Media (M): Bastante posible. *Ponderación = 2*

Alta (A): Muy probable que ocurra. *Ponderación = 3*

MS			
S			
M			
	B	M	A

Impacto:

Menor (M): El riesgo solo afecta a una tarea del proyecto. *Ponderación = 1*

Serio (S): Implica varias tareas o grupos de tareas del proyecto, pero no su relación entre ellas. *Ponderación = 2*

Muy Serio (MS): Afecta el éxito del proyecto en general y requiere que se tomen acciones en tareas relacionadas. *Ponderación = 3*

ID del Riesgo	Clasificación	Probabilidad	Impacto	Nivel	Matriz	Responsable												
R-1	Definición de Producto	Baja	Muy Serio	Medio	MS <table border="1"> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td>M</td><td>A</td></tr> </table>	X									B	M	A	Coordinador del proyecto
		X																
B	M	A																
1	3																	
R-2	Gestión	Medio	Serio	Medio	MS <table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td>M</td><td>A</td></tr> </table>					X					B	M	A	Coordinador del proyecto
	X																	
B	M	A																
2	2																	
R-3	Gestión	Baja	Muy Serio	Medio	MS <table border="1"> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td>M</td><td>A</td></tr> </table>	X									B	M	A	Coordinador Técnico
		X																
B	M	A																
1	3																	
R-4	Técnico	Medio	Serio	Alto	MS <table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td>M</td><td>A</td></tr> </table>					X					B	M	A	Coordinador Técnico
	X																	
B	M	A																
2	2																	
R-5	Gestión	Baja	Serio	Medio	MS <table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td>M</td><td>A</td></tr> </table>				X						B	M	A	Coordinador del proyecto
X																		
B	M	A																
1	2																	

Tabla 18: Matriz de riesgos

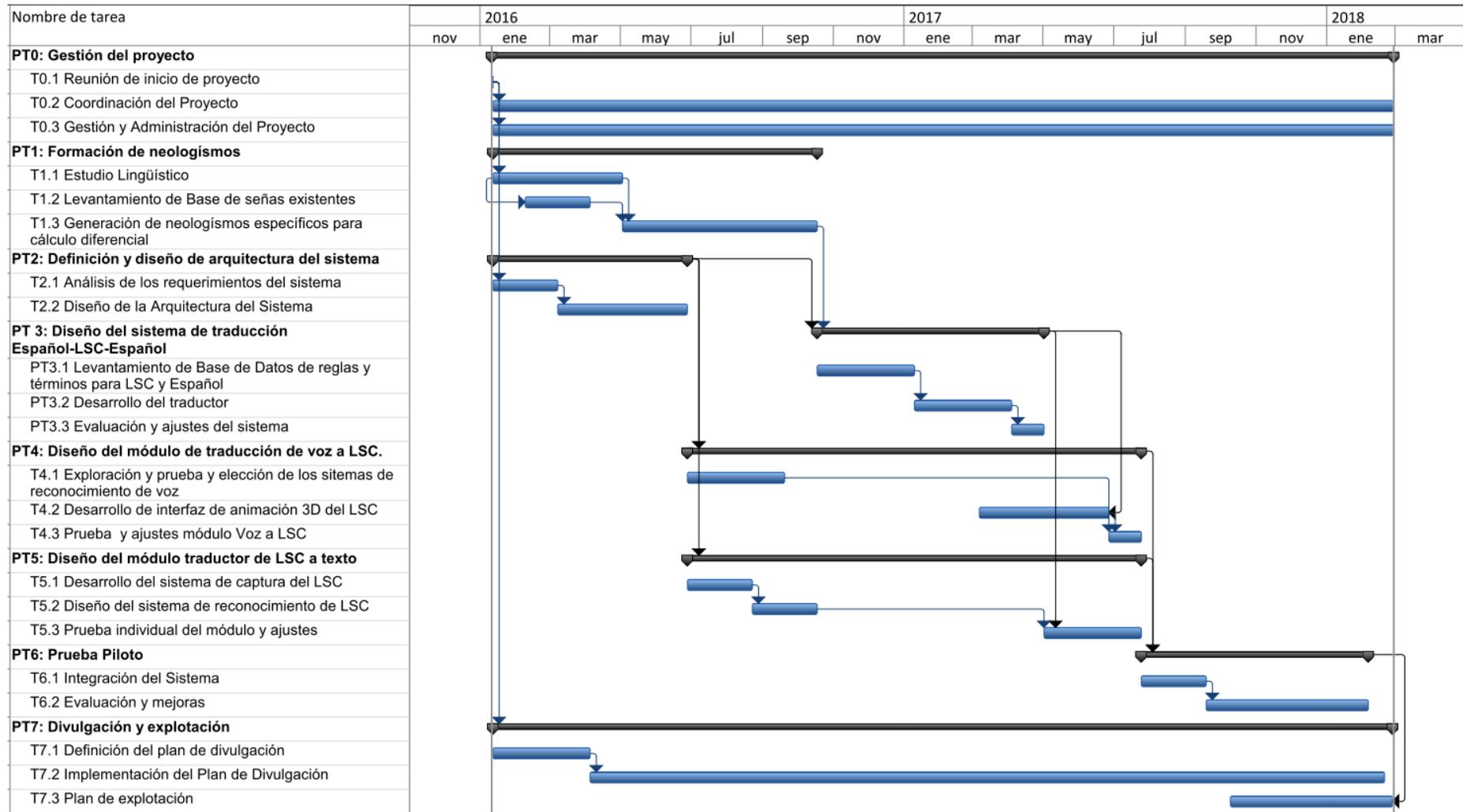
ID Riesgo	ID Acción	Acción		Fecha inicio	Fecha límite	Criterios de Aceptación
R-1	A.1.1	Realizar sesiones de trabajo para definir detalladamente cada uno de los componentes y entregables del proyecto y establecer los criterios de aprobación.	Coordinador del proyecto	Mes 1	Mes 2	3 Sesiones de trabajo para la definición de requerimientos: Una inicial, una en la etapa media de la planificación y una para finalizar la etapa de planificación. 1 Documento debidamente aprobado, en el cual se especifiquen los componentes del proyecto y sus criterios de aceptación
	A.1.2	Realizar entrevistas con una muestra de cada uno de los interesados para conocer las expectativas y necesidades	Director técnico	Mes 1	Mes 2	1 Reunión por cada uno de los grupos de interesados identificados

ID Riesgo	ID Acción	Acción		Fecha inicio	Fecha límite	Criterios de Aceptación
R-2	A.2.1	Establecer canales de común acuerdo, los canales de comunicación con los usuarios finales.	Coordinador del proyecto	Mes 1	Mes 26	1 Documento aprobado en el cual se pacten los canales y requisitos de comunicación para reportes de avances, solicitudes, interacción en cada uno de los paquetes de trabajo que lo requieran. Comunicaciones llevadas de forma eficiente y efectiva entre los beneficiados y los miembros del equipo de trabajo.
R-3	A.3.1	Oficializar el compromiso por parte del patrocinador y entidades involucradas del proyecto para la asignación de recursos conforme al calendario establecido.	Coordinador del proyecto	Mes 1	Mes 2	Un contrato de financiación del proyecto donde tanto el patrocinador, como las entidades ejecutoras garanticen suministrar los recursos necesarios para la ejecución del proyecto conforme al cronograma establecido.
	A.3.2	Realizar seguimiento a la disponibilidad de recursos y uso de los mismos durante la ejecución del proyecto.	Coordinador del proyecto	Mes 1	Mes 26	Disponibilidad de recursos para la correcta ejecución del proyecto.
R-4	A.4.1	Establecer dentro del alcance del proyecto claramente el trabajo a realizar y las condiciones de infraestructura requeridas para el correcto funcionamiento del proyecto	Director técnico	Mes 1	Mes 2	1 Documento en el cual se especifica detalladamente el alcance del proyecto, así como aquello que no cubre el proyecto y los supuestos de los que se parte para la ejecución del proyecto, elaborado por el equipo de trabajo, guiado por el director técnico y avalado por el coordinador del proyecto.
	A.4.2	Realizar un <i>site-survey</i> de las instalaciones para establecer el estado de su infraestructura	Director técnico	Mes 3	Mes 5	1 Visita de <i>site-survey</i> documentada mediante informe en el que consten el estado de las redes eléctricas, de telecomunicaciones e instalaciones civiles, soportadas con fotos y firmadas por expertos en RETIE, obras civiles y redes

ID Riesgo	ID Acción	Acción		Fecha inicio	Fecha límite	Criterios de Aceptación
R-5	A.5.1	Incluir como condición para la IES beneficiada, establecer un grupo de estudiantes y alumnos comprometidos con el desarrollo de las pruebas de la herramienta	Coordinador del proyecto	Mes 1	Mes 26	<p>1 Acuerdo firmado el compromiso del cliente de suponer un grupo de estudiantes y docentes para los pilotos y en el desarrollo del proyecto se cuenta con al menos 5 estudiantes y 2 docentes para apoyar los pilotos</p> <p>Participación de estudiantes y docentes de la IES beneficiada, en las pruebas del proyecto</p>

Tabla 19: Plan de acción ante el riesgo

3.1.16.3. Cronograma



3.2. Componente Financiero

A continuación se presenta en detalle el presupuesto requerido para el desarrollo del proyecto:

Compra de Equipos						
Descripción	Cant.	Justificación de uso en el proyecto	Precio unitario	Fuentes		Total
				COLCIENCIAS	EJECUTORA	
Sistema (Cámara y sensor) de detección de gestos 3D	2	Desarrollo del módulo de reconocimiento de LSC	\$ 300.000	\$ 600.000	\$ -	\$ 600.000
Computadores	3	Desarrollo de los módulos de traducción y sus componentes (procesamiento de señales, animación, traducción)	\$ 2.500.000	\$ 7.500.000	\$ -	\$ 7.500.000
Micrófono de alta definición	2	Captura de voz para traducción a LSC	\$ 100.000	\$ 200.000	\$ -	\$ 200.000
FPGA	1	Módulo de traducción de LSC a texto	\$ 210.000	\$ 210.000	\$ -	\$ 210.000
Total por fuentes				\$ 8.510.000	\$ -	\$ 8.510.000

Tabla 20: Presupuesto para compra de equipos

Materiales e Insumos					
Descripción	Cant.	Justificación de uso en el proyecto	Fuentes		Total
			COLCIENCIAS	EJECUTORA	
Insumos de Papelería	Varios	Impresión de entregables, informes y resultados.	\$ 800.000	\$ -	\$ 800.000
Total por fuentes			\$ 800.000	\$ -	\$ 800.000

Tabla 21: Presupuesto para materiales e insumos

Viajes						
Descripción	Cant.	Justificación de uso en el proyecto	Precio Unitario	Fuentes		Total
				COLCIENCIAS	EJECUTORA	
Reuniones del equipo de investigación	6	Seguimiento del proyecto	\$ 1.200.000	\$ 7.200.000	\$ -	\$ 7.200.000
Total por fuentes				\$ 7.200.000	\$ -	\$ 7.200.000

Tabla 22: Presupuesto para viajes

Eventos Académicos						
Descripción	Cant.	Justificación de uso en el proyecto	Precio Unitario	Fuentes		Total
				COLCIENCIAS	EJECUTORA	
Organización de workshop	1	Presentación de los resultados del proyecto	\$ 3.000.000	\$ -	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
Organización de talleres y cursos a nivel nacional	6	Presentación de resultados y beneficios a las comunidades, capacitación a los usuarios	\$ 3.000.000	\$ 18.000.000	\$ -	\$ 18.000.000
Presentación del resultado en eventos nacionales	6	Divulgación de los resultados del proyecto	\$ 800.000	\$ 4.800.000	\$ -	\$ 4.800.000
Presentación de resultados en eventos internacionales	4	Presentación de los resultados del proyecto	\$ 2.500.000	\$ 10.000.000	\$ -	\$ 10.000.000
Total por fuentes				\$ 32.800.000	\$ 3.000.000	\$ 35.800.000

Tabla 23: Presupuesto para eventos académicos

Software					
Descripción	Cant.	Justificación de uso en el proyecto	Fuentes		Total
			COLCIENCIAS	EJECUTORA	
Software de reconocimiento de voz	1	Módulo de traducción de voz a LSC	\$ 450.000	\$ -	\$ 450.000
Software especializado para procesamientos de señales	1	Módulo de traducción de LSC a texto	\$ 18.000.000	\$ -	\$ 18.000.000
Software de animación en 3D	1	Módulo de traducción de voz a LSC	\$ 4.500.000	\$ -	\$ 4.500.000
Total por fuentes			\$ 22.950.000	\$ -	\$ 22.950.000

Tabla 24: Presupuesto para software

Publicaciones y patentes						
Descripción	Cant.	Justificación de uso en el proyecto	Precio Unitario	Fuentes		Total
				COLCIENCIAS	EJECUTORA	
Publicación de artículos A2	2	Presentación de resultados del proyecto	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 4.000.000
Publicación de artículos B	3	Presentación de resultados del proyecto	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000	\$ 1.500.000	\$ 4.500.000
Patente prototipo	1	Desarrollo de prototipo	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ -	\$ 3.000.000
Total por fuentes				\$ 8.000.000	\$ 3.500.000	\$ 11.500.000

Tabla 25: Presupuesto par publicaciones y patentes

Servicios						
Descripción	Cant.	Justificación de uso en el proyecto	Precio Unitario	Fuentes		Total
				COLCIENCIAS	EJECUTORA	
Desarrollo de videos	3	Divulgación de resultados	\$ 1.000.000	\$ 3.000.000	\$ -	\$ 3.000.000
Diseño de página web	1	Divulgación de resultados	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ -	\$ 1.000.000
Total por fuentes				\$ 4.000.000	\$ -	\$ 4.000.000

Tabla 26: Presupuesto destinado a servicios

Presupuesto de Personal Grupo Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales										
Nombres y Apellidos	Costo Hora	2016		2017		2018		Fuentes de Financiación		Total
		Horas	Costo/ Año	Horas	Costo/ Año	Horas	Costo/ Año	COLCIENCIAS	Contrapartida	
Julián Leopoldo Valenzuela	\$ 30.000	600	\$ 18.000.000	600	\$ 18.000.000	200	\$ 6.000.000	\$ -	\$ 42.000.000	\$ 42.000.000
Lina Carolina Mesa	\$ 18.000	750	\$ 13.500.000	1700	\$ 30.600.000	180	\$ 3.240.000	\$ -	\$ 47.340.000	\$ 47.340.000
Daniel Alejandro González	\$ 21.000	1700	\$ 35.700.000	750	\$ 15.750.000	180	\$ 3.780.000	\$ -	\$ 55.230.000	\$ 55.230.000
José Luis Díaz Pérez	\$ 22.500	2000	\$ 45.000.000	2000	\$ 45.000.000	50	\$ 1.125.000	\$ -	\$ 91.125.000	\$ 91.125.000
Aura Cristina Caballero	\$ 4.050	500	\$ 2.025.000	500	\$ 2.025.000	0	\$ -	\$ -	\$ 4.050.000	\$ 4.050.000
			\$114,225,000		\$111.375.000		\$14.145.000			
Total por fuentes								\$ -	\$ 239.745.000	\$ 239.745.000

Tabla 27: Presupuesto personal Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias computacionales

Presupuesto de Personal Grupo Automática, Personal GIIPLyM										
Nombres y Apellidos	Costo Hora	2016		2017		2018		Fuentes de Financiación		Total
		Horas	Costo/ Año	Horas	Costo/ Año	Horas	Costo/ Año	COLCIENCIAS	Contrapartida	
Lucero Díaz Ortiz	\$ 30.000	400	\$12.000.000	250	\$7.500.000	140	\$4.200.000	\$ -	\$ 23.700.000	\$23.700.000
Katherine Johana Mora	\$ 25.000	600	\$15.000.000	300	\$7.500.000	20	\$500.000	\$ -	\$ 23.000.000	\$23.000.000
Jessica Lorena Rodríguez	\$ 15.000	500	\$7.500.000	150	\$2.250.000	20	\$300.000	\$ -	\$ 10.050.000	\$10.050.000
Leonardo Jesús Torres	\$ 4.500	350	\$1.575.000	350	\$1.575.000	0	\$-	\$ -	\$ 3.150.000	\$3.150.000
			\$ 36.075.000		\$ 18.825.000		\$ 5.000.000			
Total por fuentes								\$ -	\$ 59.900.000	\$ 59.900.000

Tabla 28: Presupuesto personal GIIPLyM

Presupuesto de Personal CIER Occidente										
Nombres y Apellidos	Costo Hora	2016		2017		2018		Fuentes de Financiación		Total
		Horas	Costo/ Año	Horas	Costo/ Año	Horas	Costo/ Año	COLCIENCIAS	Contrapartida	
Miguel Antonio Lara López	\$ 30.000	550	\$ 16.500.000	550	\$ 16.500.000	450	\$13.500.000	\$ -	\$ 46.500.000	\$ 46.500.000
Lina Tatiana Orjuela Pérez	\$ 18.000	1700	\$ 30.600.000	1050	\$ 18.900.000	150	\$ 2.700.000	\$ 52.200.000	\$ -	\$ 52.200.000
Juan Fernando Torres	\$ 12.100	2000	\$ 24.200.000	2000	\$ 24.200.000	150	\$ 1.815.000	\$ -	\$ 50.215.000	\$ 50.215.000
Juan Felipe Muñoz	\$ 12.100	2000	\$ 24.200.000	2000	\$ 24.200.000	0	\$ -	\$ -	\$ 48.400.000	\$ 48.400.000
		\$ 95.500.000		\$ 83.800.000		\$18.015.000				
Total por fuentes								\$ 52.200.000	\$ 145.115.000	\$ 197.315.000

Tabla 29: Presupuesto personal CIER Occidente

Presupuesto de Personal FENASCOL										
Nombres y Apellidos	Costo Hora	2016		2017		2018		Fuentes de Financiación		Total
		Horas	Costo/ Año	Horas	Costo/ Año	Horas	Costo/ Año	COLCIENCIAS	Contrapartida	
Lizardo Gutiérrez Vargas	\$ 30.000	300	\$ 9.000.000	300	\$ 9.000.000	120	\$ 3.600.000	\$ -	\$ 21.600.000	\$ 21.600.000
Marco Antonio Sanabria	\$ 18.000	500	\$ 9.000.000	650	\$ 11.700.000	20	\$ 360.000	\$ -	\$ 21.060.000	\$ 21.060.000
Diana Catalina Romero	\$ 15.000	450	\$ 6.750.000	350	\$ 5.250.000	20	\$ 300.000	\$ 12.300.000	\$ -	\$ 12.300.000
		\$ 24.750.000		\$ 25.950.000		\$ 4.260.000				
Total por fuentes								\$ 12.300.000	\$ 42.660.000	\$ 54.960.000

Tabla 30: Presupuesto personal FENASCOL

Presupuesto Global						
Rubros	2016	2017	2018	Fuentes		Total
				FINANCIADO	CONTRAPARTIDA	
Equipos	\$ 8.510.000	\$ -	\$ -	\$ 8.510.000	\$ -	\$ 8.510.000
Materiales e Insumos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 850.000	\$ -	\$ 800.000
Viajes	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 50.000	\$ -	\$ 7.200.000	\$ 7.200.000
Eventos académicos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 32.800.000	\$ 3.000.000	\$ 35.800.000
Software	\$ 3.600.000	\$ 2.400.000	\$ 1.200.000	\$ 22.950.000	\$ -	\$ 22.950.000
Uso de Equipos	\$ 3.300.000	\$ 17.200.000	\$ 15.300.000	\$ -	\$ 22.500.000	\$ 22,500,000
Publicaciones y patentes	\$ 18.450.000	\$ 4.500.000	\$ -	\$ 8.000.000	\$ 3.500.000	\$ 11.500.000
Servicios	\$ 4.500.000	\$ 7.000.000	\$ -	\$ 3.400.000	\$ -	\$ 3.400.000
Personal científico	\$ 10.750.000	\$ 10.750.000	\$ 1.000.000	\$ 64.500.000	\$ 487.420.000	\$ 551.920.000
Presupuesto Total x Año	\$ 321.060.000	\$ 283.000.000	\$ 60.570.000			\$ 664.630.000
Gastos de Operación (7% del desembolso COLCIENCIAS)				\$ 9.870.700	\$ -	\$ 9.870.700
Total desembolso COLCIENCIAS				\$ 150.880.700	\$ -	\$ 150.880.700
Seguimiento y evaluación (3% del desembolso COLCIENCIAS)				\$ 4.526.421	\$ -	\$ 4.526.421
TOTAL GENERAL				\$ 155.407.121	\$ 523.620.000	\$ 679.027.121
Porcentajes				23%	77%	100%

Tabla 31: Presupuesto global del proyecto

3.3. Organización de la Alianza

3.3.1. Estructura de la Alianza

Las entidades que participarán del proyecto en caso de resultar favorecidas con la convocatoria son:

Centro de Innovación para la Educación – CIER Occidente: Conformado por las Secretarías de Educación de Antioquia, Medellín, Envigado, Apartadó y Sabaneta, la gobernación del Chocó, la Institución Universitaria Pascual Bravo, la Universidad Católica del Norte, el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, la Universidad de Antioquia, la Universidad Pontificia Bolivariana y Teleantioquia (Ministerio de Educación Nacional, 2015).

FENASCOL: La Federación Nacional de Sordos de Colombia – FENASCOL, es una organización cuya misión es contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas sordas a través de la defensa de sus derechos y la realización de acciones y programas que respondan a sus necesidades. Dentro de los objetivos de la Federación, entre otros, se encuentran: Favorecer el desarrollo, respeto y divulgación de la Lengua de Señas Colombiana y participar en su investigación; Servir de órgano consultivo de entidades públicas y privadas, es decir, en todo lo relacionado con la población sorda; Desarrollar, promover y participar en el diseño de leyes, normas, políticas, planes, programas y acciones que respondan a las necesidades de la población sorda y sus asociaciones; Fomentar y participar en la investigación y divulgación, de experiencias y avances científicos y tecnológicos que beneficien a las personas sordas.

Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales (Código COLCIENCIAS COL0053581³¹): Pertenece al Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín ITM, clasificado en categoría A1 por COLCIENCIAS, tiene como objetivos: Generar conocimiento mediante la ejecución de proyectos de investigación que respondan a las necesidades del sector productivo y el desarrollo tecnológico de la región, empleando tecnología de punta en el campo de las máquinas inteligentes y reconocimiento de patrones; Generar conocimiento científico y tecnológico en las áreas de análisis, diseño y síntesis de sistemas de control automático y sistemas robóticos, brindando solución a problemas de automatización industrial; Generar conocimiento científico y tecnológico en las áreas de la electrónica y las telecomunicaciones para el progreso social, académico y económico de la región; Desarrollar académica, científica y tecnológicamente la *visión artificial* y la fotónica a través de aplicaciones orientadas a la inspección visual automática y al desarrollo de metodologías para

³¹ Registro del Grupo de Automática, electrónica y ciencias Computacionales en la plataforma GrupLAC de COLCIENCIAS:

<http://scienti.colciencias.gov.co:8080/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000003665>

el sensado de propiedades ópticas; Generar conocimiento científico y tecnológico en el área de las ciencias computacionales.

Grupo de Investigación Interdisciplinaria en Pedagogía del Lenguaje y las Matemáticas (Código COLCIENCIAS COL0009171)³²: Este grupo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la Universidad del Valle, clasificado en categoría A por COLCIENCIAS, trabaja en las líneas de investigación de Argumentación en lenguaje y matemáticas; Desarrollo de procesos comunicativos en matemáticas; Didáctica del lenguaje y las matemáticas, y El desarrollo de competencias argumentativas en matemáticas. Dentro de sus objetivos, están los de contribuir a la consolidación del Doctorado en Educación en el país, con el correspondiente impacto en los demás niveles de escolaridad y en la formulación de políticas educativas en las áreas de lenguaje y matemáticas; e impactar los programas de formación de docentes de lenguaje y matemáticas, en los niveles de pregrado y de especialización y de maestría.

³² Registro del GIIPlyMen la Plataforma GrupLAC de COLCIENCIAS: <http://scienti.colciencias.gov.co:8080/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000008198>

Capacidad Instalada:

Capacidades del Talento Humano: A continuación, se presenta una descripción de las capacidades en talento humano, de cada una de las entidades que conforman la alianza.

Entidad	No de funcionarios	Áreas de formación	Nivel de formación	Área principal de Experticia
CIER Occidente	40	Ingeniería, ciencias sociales, economía, educación, bellas artes	30% maestría, 30% especialización, 40 % título universitario.	Educación a través de las TIC
FENASCOL	30	Ciencias sociales, economía, educación.	6% Maestría 25% Especialización 60% Título Universitario 12% Título técnico o tecnólogo	Desarrollo de LSC, investigación e inclusión de personas sordas en los ámbitos sociales
Grupo de Automática, Electrónica, y Ciencias Computacionales	38	Ingeniería	Post doctorado 0.03% Doctorado. 55.28% Maestría 34.2% Universitario 10.49%	Visión Artificial y Fotónica; Ciencias Computacionales; Electrónica y Comunicaciones; Máquinas Inteligentes y Reconocimiento de Patrones y Sistemas de Control y Robótica
GIIPLyM	15	Español Lingüística Filología Matemáticas	Post doctorado 6,7% Doctorado. 53% Maestría 27% Universitario 13.3%	Argumentación en lenguaje y matemáticas; Desarrollo de procesos comunicativos en matemáticas; Didáctica del lenguaje y las matemáticas, y El desarrollo de competencias argumentativas en matemáticas.

Tabla 32: Capacidad del talento humano³³

³³ Los datos incluidos en la tabla son aproximaciones realizadas con base en la información publicada en la web, en los casos que esta información no se encontró se han inventado los datos, por tanto, la información no corresponde a los datos exactos reales de las entidades allí mencionadas.

Capacidades de Infraestructura física, Equipos y Tecnológica

ENTIDAD	CAPACIDAD DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA
CIER Occidente	El CIER Occidente, cuenta con una oficina propia en las instalaciones de la Biblioteca pública y parque cultural Débora Arango en el municipio de Envigado, en la cual se encuentran 20 computadores de escritorio y 25 portátiles.
FENASCOL	Cuenta con sus oficinas en la ciudad de Bogotá, 3 salas de capacitación, programas multimedia para la enseñanza de matemáticas en nivel de primaria de personas sordas.
Grupo de Automática, Electrónica, y Ciencias Computacionales	El grupo de investigación de Automática, electrónica y ciencias computacionales cuenta con 4 laboratorios: <ul style="list-style-type: none"> • Óptica, Fotónica, Visión Artificial y Aplicaciones en Física, destinado a desarrollar e implementar técnicas basadas en óptica, fotónica y visión artificial para caracterización y fabricación de dispositivos y materiales. • Maquinas Inteligentes, Reconocimiento de Patrones: Destinado al desarrollo de proyectos de investigación conducentes al desarrollo de herramientas de software y hardware relacionadas con las máquinas inteligentes y el reconocimiento de patrones • Sistemas de Control y Robótica. • Electrónica, Telecomunicaciones e Informática
GIIPLyM	El GIIPLyM Cuenta con un laboratorio de desarrollo de capacidades lingüísticas en la Ciudad de Bogotá

Tabla 33: Capacidad de infraestructura³⁴

Líder Científico de la alianza

Se propone para este rol, al PhD, Julián Leopoldo Valenzuela Riaño, cuyo perfil se detalla en el numeral 3.1.2 del presente documento.

Comité ético

El presente proyecto no requiere de comité ético de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

3.3.2. Metodología para la Articulación de la Alianza

El proyecto prepara la gestión técnica y administrativa del proyecto, éste se regirá por un Comité de Gestión del proyecto cuya estructura es presentada en el siguiente diagrama:

³⁴ Los datos aquí consignados no corresponden a la realidad de las entidades

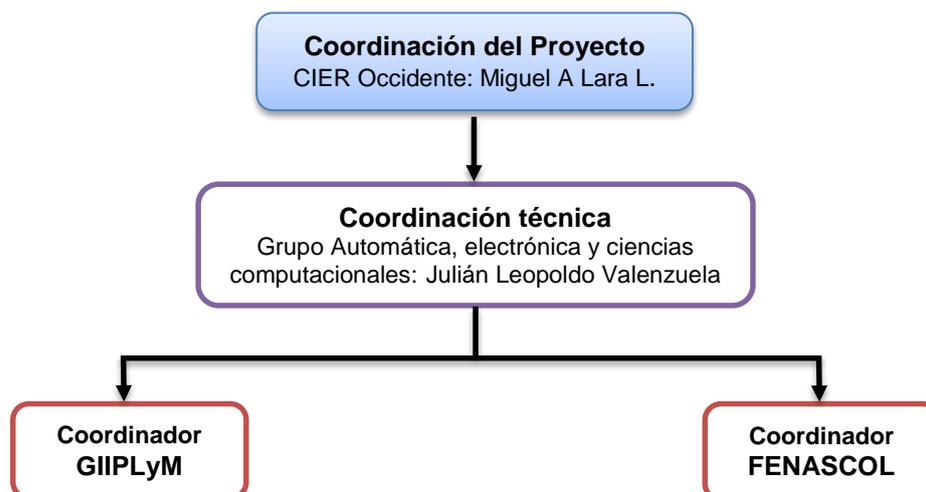


Ilustración 15: Estructura del Comité de gestión del proyecto

Funciones del Coordinador del proyecto: La coordinación del proyecto, que estará a cargo del CIER Occidente, se encargará del cumplimiento del plan de gestión del proyecto, con todos los aspectos que el mismo involucra (cronograma, presupuesto, aseguramiento de la calidad y gestión del riesgo, comunicaciones, etc.), para lo cual deberá realizar un seguimiento constante, que le permita detectar y manejar los posibles problemas que puedan presentarse y que impacten negativamente el correcto desarrollo del proyecto y el cumplimiento de sus objetivos. Adicionalmente, el coordinador del proyecto será el responsable de la interacción con COLCIENCIAS; así como de la generación, divulgación y archivo de los documentos del proyecto, tales como informes, comunicados y actas.

Coordinador Técnico: La coordinación técnica estará a cargo del Grupo de automática, electrónica y ciencias computacionales. La persona delegada para esta labor deberá cumplir con las funciones de: Liderar al equipo en la definición de los requisitos de funcionamiento y de calidad del proyecto, y vigilar el correcto cumplimiento de los mismos; articular el trabajo entre las entidades; convocar las reuniones técnicas del proyecto; guiar al equipo de investigación en el desarrollo de sus tareas y solventar los problemas técnicos que puedan surgir en el desarrollo de los mismos.

Coordinadores de las entidades: Los coordinadores de las entidades serán los responsables del cumplimiento de las tareas asignadas, serán el punto de articulación entre el proyecto y su entidad, sirviendo como replicadores de los informes y comunicaciones en general, del mismo modo, deberán velar por el correcto manejo del presupuesto y recursos asignados a su entidad.

Reuniones de gestión de proyecto: Las reuniones se realizarán el primer martes de cada mes, en ellas cada una de las entidades rendirá informe del avance de sus tareas, el desempeño en ejecución de cronograma y presupuesto y los problemas presentados; con base en esta información se establecerán las acciones de mejora pertinentes. Las reuniones extraordinarias deberán solicitarse por cualquiera de los coordinadores de las entidades, al coordinador del proyecto, indicando el motivo de su solicitud. El coordinador del proyecto analizará la pertinencia de la reunión y de ser procedente, citará a todos los miembros del comité.

A continuación, se presenta el resumen de las tareas con sus responsables:

		CIER Occidente	Grupo de Automática	GIIPLyM	FENASCOL
Paquete de Trabajo 0	Tarea 0.1				
	Tarea 0.2				
	Tarea 0.3				
Paquete de Trabajo 1	Tarea 1.1				
	Tarea 1.2				
	Tarea 1.3				
Paquete de Trabajo 2	Tarea 2.1				
	Tarea 2.2				
Paquete de Trabajo 3	Tarea 3.1				
	Tarea 3.2				
	Tarea 3.3				
Paquete de Trabajo 4	Tarea 4.1				
	Tarea 4.2				
	Tarea 4.3				
Paquete de Trabajo 5	Tarea 5.1				
	Tarea 5.2				
	Tarea 5.3				
Paquete de Trabajo 6	Tarea 6.1				
	Tarea 6.2				
Paquete de Trabajo 7	Tarea 7.1				
	Tarea 7.2				
	Tarea 7.3				

	Lidera
	Participa

Tabla 34: Participantes por tareas

3.3.3. Acuerdo de Propiedad Intelectual

Las entidades ejecutoras del proyecto acuerdan que la Propiedad Intelectual sobre los resultados que se deriven del proyecto, según lo acordado por las partes y de mutuo acuerdo, sí la propuesta es seleccionada dentro de la convocatoria para ser apoyada y financiada, se regirá por lo aquí estipulado y por las leyes vigentes en la materia.

1. Los derechos patrimoniales de autor sobre los artículos científicos, papers, ponencias, etc., que se deriven del proyecto pertenecerán a las partes de acuerdo con su aporte económico y en especie, así como su aporte creativo en cada obra. Previa la publicación y/o divulgación y/o presentación de cualquier creación derivada del proyecto, las partes acordarán los términos de la misma con el fin de cumplir los términos de propiedad intelectual compartida aquí pactados y evitar una divulgación que posteriormente impida obtener posibles patentes.
2. Los derechos de propiedad intelectual sobre los dispositivos, artefactos, maquinarias, software, firmware, planos esquemáticos, manuales de usuario, protocolos de prueba, etc., y demás creaciones susceptibles de ser protegidas por la propiedad industrial o el contrato y que se deriven del desarrollo del proyecto pertenecerán a las partes en proporción a su aporte económico y en especie, así como su aporte inventivo en cada desarrollo. Para tal efecto y teniendo en cuenta que el desarrollo del proyecto puede variar desde su concepción inicial hasta su finalización, el comité de Propiedad Intelectual aquí conformado, determinará si se mantienen los porcentajes de participación inicialmente acordados o si se modifican como consecuencia del aporte inventivo de cada parte.

Los derechos morales de autor pertenecerán a los autores de las obras literarias artísticas y científicas que se deriven del desarrollo del proyecto de acuerdo con lo establecido por la ley³⁵.

3.3.4. Interlocución

Aspectos Administrativos:

Nombre del interlocutor: Miguel Antonio Lara López.

Correo electrónico: miguel.lopez@cieroccidente.edu.co

Teléfono: +574 100 00 00

³⁵ Tomado del modelo de acta de acuerdo sobre derechos de propiedad intelectual entre la Universidad Pontificia Bolivariana y terceros

Aspectos Técnicos:

Nombre del interlocutor: Julián Leopoldo Valenzuela

Correo electrónico: julian.l.valenzuela@gaecc.edu.co

Teléfono:+574 100 00 01

3.3.5. Contrapartida

Se establece el compromiso que en caso que el proyecto resulte financiable por COLCIENCIAS, las entidades que conforman la Alianza Estratégica aportarán los siguientes recursos como contrapartida:

Entidad	Total	% de participación	Monto de contrapartida			
			Especie (E)	% (E)	Efectivo (\$)	% (\$)
CIER Occidente	\$ 149.915.000	29%	\$ 145.115.000	97%	\$ 4.800.000	3%
Grupo de Automática, electrónica y Ciencias Computacionales	\$ 266.045.000	51%	\$ 262.245.000	99%	\$ 3.800.000	1%
GIIPLyM	\$ 63.200.000	12%	\$ 59.900.000	95%	\$ 3.300.000	5%
FENASCOL	\$ 44.460.000	8%	\$ 42.660.000	96%	\$ 1.800.000	4%
Total	\$ 523.620.000	100%	\$ 509.920.000	97%	\$ 13.700.000	3%

Tabla 35: Contrapartida por cada socio del proyecto

4. Conclusiones y Trabajo futuro

A través de la ejecución del proyecto de la propuesta se pretende, haciendo uso de las TIC, dar una solución que permita facilitar la enseñanza de cálculo a las personas sordas.

Al finalizar este proyecto se contará con neologismos en LSC, que representen los términos propios del cálculo diferencial validados por personas sordas involucradas en los procesos de educación, lo cual garantizará que los mismos sean fáciles de usar y se asocien fácilmente con su significado.

De otra parte, se tendrá un sistema que permita, con base en los neologismos diseñados y a las reglas gramaticales identificadas, traducir la voz capturada a LSC mediante animación en 3D, dentro de un ambiente de enseñanza de cálculo diferencial.

Para completar el proyecto, se tendrá un sistema que por medio de procesos de visión artificial leerá LSC y mediante el proceso de señales y el uso de algoritmos traducirá la señal visible capturada a texto en español.

Para conseguir los objetivos, teniendo en cuenta que la convocatoria está dirigida a los Centros de Innovación Educativa Regional en alianza con grupos de investigación avalados por COLCIENCIAS, se propone la conformación de un consorcio que incluye el CIER Occidente, un grupo de investigación con gran trayectoria y especializado en los aspectos tecnológicos requeridos para el desarrollo de proyecto (visión artificial, procesamiento de señales, reconocimiento de patrones), un grupo de investigación experto en la lingüística y las matemáticas, y a FENASCOL como representante de la población sorda de Colombia. Este grupo, además de cumplir con los requisitos de COLCIENCIAS, y en conjunto cuenta con la experiencia requerida en cada uno de los aspectos que compone el proyecto.

Se propuso un cronograma de 26 meses para la ejecución del proyecto, lo cual cumple con el tiempo requerido por la convocatoria (24 a 36 meses). Dentro del cronograma, se articulan los paquetes de trabajo y tareas de forma lógica, trabajando los componentes de gestión de proyecto, tecnológico, lingüístico y de divulgación y explotación de resultados. Este cronograma se alinea con la metodología propuesta la cual se compone de 5 fases que se desarrollan principalmente en cascada.

El presupuesto a financiar para este proyecto es de \$ 155.407.121, lo cual se encuentra por debajo del máximo establecido para cada programa, esto teniendo en cuenta que deberá quedar presupuesto para la ejecución de otros proyectos del programa. Así mismo, se cumple

con los criterios de que la parte financiada no sea superior al 70% del proyecto, y que el monto financiado de personal no sea superior al 60% del total financiado.

Como componentes adicionales, aunque la estructura establecida por la convocatoria no lo exige, se presenta un plan de gestión de riesgos, en el cual se identifican los mismos, se valoran por su probabilidad e impacto y se proponen las acciones de mitigación. Así mismo, se definió la estructura de desglose de trabajo estableciendo ocho paquetes de trabajo con sus respectivas tareas, y se asignaron los responsables de los mismos, teniendo en cuenta el área de experticia de cada uno de los miembros del consorcio

Teniendo en cuenta los componentes de la propuesta, se considera que la misma cumple con los objetivos planteados para el presente trabajo de grado. De otra parte, se espera que la dicha propuesta, consiga una valoración positiva por los revisores, dada la alta cualificación de los grupos de investigación, la experiencia de su equipo, y la claridad y pertinencia de los objetivos y justificación del proyecto.

4.1. Trabajo Futuro

En etapas futuras de este proyecto se puede trabajar en tres aspectos:

El primero dirigido a mejoras de desempeño en los tiempos de respuesta del sistema y fidelidad en la reproducción del LSC.

El segundo, tiene en cuenta que en Colombia no existe un organismo que estandarice las señas usadas por los sordos para los nuevos términos, por tanto, estas dependen del grupo social en el que ellos se desenvuelven. Así las cosas, se debe difundir e impulsar la adopción de un lenguaje de señas unificado para los términos de LSC, que permita que la herramienta pueda ser implementada fácilmente en diversas IES de todas las ciudades del país.

El tercero, orientado a ampliar la aplicabilidad del proyecto a otras materias, de forma tal que la herramienta paulatinamente vaya aumentando su contribución a la inclusión de las personas sordas en la educación superior.

5. Referencias

- Acosta Bedoya, W. A., Sarria Paja, M., & Duque Munoz, L. (2012). Implementación de una metodología para la detección de comandos de voz utilizando HMM. *Revista De Investigaciones Universidad Del Quindío*, 23, 64–70.
- Bernal Villamarin, S. C. (2014). Sistema VLSC Sistema inteligente de reconocimiento de voz para la traducción del lenguaje verbal a la lengua de señas colombiana. *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*. Buenos Aires: Organización de Estados Iberoamericanos.
- Brunton, A., Salazar Jiménez, A. E., Bolkart, T., & Wuhner, S. (2014). Review of Statistical Shape Spaces for 3D Data with Comparative Analysis for Human Faces. *Computer Vision And Image Understanding*, 128, 1–17.
- Calderon, D. I., & Leon Corredor, O. L. (2010). Bilingualism of Colombian Deaf Children in the Teaching-Learning of Mathematics in the First Year of Elementary School. *Colombian Applied Linguistics Journal*, 12, 9–24.
- Chiguano, E., Moreno, N., & Corrales, L. (2015). *Diseño e implementación de un sistema traductor de lenguaje de señas de manos a un lenguaje de texto mediante visión artificial en un ambiente controlado*. Quito, Ecuador. Recuperado de http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4924/1/PAPER_CHIGUANO_MORENO.pdf
- Constitución Política de Colombia (1991). Gaceta Constitucional No. 116, de 20 de julio de 1991.
- D'Agostino, A. (2013). Estudiantes crean un sistema con Kinect para traducir el lenguaje de señas argentino. Recuperado el 16 de Noviembre de 2015 de <http://www.redusers.com/noticias/estudiantes-crean-un-sistema-con-kinect-para-traducir-el-lenguaje-de-senas-argentino/>
- DANE. (2010). *Información estadística Población con registro para la localización y caracterización de las personas con discapacidad*. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-registros-vitales/discapacidad>
- Decreto 366/2009. de 9 de Febrero, por medio del cual se reglamenta la organización del servicio de apoyo pedagógico para la atención de los estudiantes con discapacidad y con capacidades o con talentos excepcionales en el marco de la educación inclusiva. Diario Oficial No. 47.258, de febrero 9 de 2009.
- FENASCOL. (2015). Que es la persona sorda. Recuperado el 29 de Noviembre de, 2015, de <http://www.fenascol.org.co/index.php/la-persona-sorda/que-es-la-persona-sorda>

- García Delgado, J. (2012). Le dan voz al lenguaje de señas con tecnología de Microsoft | EDUCACIÓN | Tecnológico de Monterrey. Recuperado el 16 de Noviembre de 2015, de <http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/snc/portal+informativo/por+tema/educacion/leda nvozasenas16mar12>
- IBM. (2007). IBM Research Demonstrates Innovative “Speech to Sign Language” Translation System - United States. Recuperado el 16 de Noviembre de 2015 de <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/22316.wss>
- Lancaster, G., Alkoby, K., Campen, J., Carter, R., Davidson, M. J., Ethridge, D., ... Wolfe, R. (2003). *Voice Activated Display of American Sign Language for Airport Security. 18th Annual International Conference on Technology And Persons With Disabilities*. Recuperado de <http://asl.cs.depaul.edu/papers/CSUN2003.pdf>
- Leon Corredor, O. L., Bonilla, M., Romero, J., Gil, D., Correal, M., Avila, C., ... Marquez Ramirez, H. A. (2013). *Referentes curriculares con incorporación de tecnologías para la formación del profesorado de matemáticas en y para la diversidad*. Mexico: Universidad Pedagógica Nacional De Mexico.
- Leon Corredor, O. L., Calderon, D. I., & Orjuela, M. (2011). El desarrollo del lenguaje y de la discursividad en la formación inicial en matemáticas de estudiantes sordos. *Enunciación*, 16, 100–116.
- Ley 361/1997. de 7 febrero, Por la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas con limitación y se dictan otras disposiciones. Colombia: Diario Oficial No. 42.978, de 11 de febrero de 1997.
- Mejía Calderón, E. (2011). Vocabulario modelo de lengua de señas para la enseñanza de Matemáticas I. XIII CIAEM-IACME. Recife, Brasil. Recuperado de <http://www.gente.eti.br/lematec/CDS/XIIICIAEM/artigos/2299.pdf>
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). *Orientaciones pedagógicas para la atención educativa a estudiantes con limitación auditiva*. Recuperado de http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-75154_archivo.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (2015). Centros de Innovación. Recuperado el 21 de Noviembre de 2015 de <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/micrositios/1752/w3-article-317303.html>
- Molina Cortes, J., Restrepo Martinez, A., & Branch, J. W. (2014). Image Preprocessing assessment detecting low contrast regions under non-homogeneous light conditions. *Lecture Notes In Computer Science*, 8334, 102–112.

Platero, C. (2011). Apuntes de Visión Artificial. Recuperado el 16 de Noviembre de 2015 de <http://www.elai.upm.es/moodle/course/view.php?id=23>

Priego Pérez, F. P. (2012). *Reconocimiento de imágenes del lenguaje de señas mexicano (Tesis de Maestría)*. Instituto Politécnico Nacional, México D.F. Recuperado de <http://www.saber.cic.ipn.mx/cake/SABERsvn/trunk/Repositorios/webVerArchivo/535/1>

Systran. (2015). ¿Qué es la traducción automática? | SYSTRAN – Tecnologías de traducción. Recuperado November 29, 2015, de <http://www.systran.es/systran/perfil-corporativo/tecnologia-de-traduccion/que-es-la-traduccion-automatica/>

Wikilibros. (2015). Cálculo en una variable/Cálculo diferencial - Wikilibros. Recuperado el 29 de Noviembre de 2015 de https://es.wikibooks.org/wiki/C%C3%A1lculo_en_una_variable/C%C3%A1lculo_diferencial

Wikipedia - La enciclopedia Libre. (2015a). Cálculo diferencial. Recuperado el 29 de Noviembre de 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1lculo_diferencial

Wikipedia - La enciclopedia Libre. (2015b). Lengua de señas. Recuperado el 29 de Noviembre de 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Lengua_de_se%C3%B1as

Wikipedia - La enciclopedia Libre. (2015c). Visión artificial. Recuperado el 16 de Noviembre de 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Visi%C3%B3n_artificial

Zafra, E. (2014). Innovadores Menores De 35: Yeny Carias, 31 - MIT Technology Review. Recuperado el 16 de Noviembre de 2015 de <http://www.technologyreview.es/tr35centroamerica/1511/yeny-carias/>

Zhao, L., Kipper, K., Schuler, W., Vogler, C., Palmer, M., & Badler, N. I. (2000). A Machine Translation System de English to American Sign Language - viewcontent.cgi. Recuperado el 29 de Noviembre de 2015 de <http://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1043&context=hms>