

Universidad Rafael Landívar  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería en Sistemas  
Inteligencia Artificial  
Catedrático: Max Alejandro Cerna Flores



# **SEMINARIO**

Julio Anthony Engels Ruiz Coto – 1284719

César Adrian Silva Pérez – 1184519

Eddie Alejandro Girón Carranza – 1307419

Guatemala 24 de mayo de 2025

# **"LENSEGUA AI: Plataforma Tecnológica de Reconocimiento e Interpretación de Lengua de Señas Guatemalteca mediante Inteligencia Artificial"**

## **Resumen Ejecutivo**

La plataforma LENSEGUA es una solución tecnológica innovadora que utiliza inteligencia artificial y visión por computadora para facilitar la comunicación entre personas sordas y oyentes en Guatemala. El proyecto se enfoca en crear el primer dataset completo de LENSEGUA mediante alianzas estratégicas con instituciones locales especializadas.

## **Características principales**

- Reconocimiento en tiempo real: Interpretación de señas mediante cámara web y móvil
- Traducción bidireccional: De señas a texto/voz y viceversa con avatares animados
- Multiplataforma: Disponible en web, Android e iOS
- Interfaz accesible: Diseñada específicamente para usuarios con discapacidad auditiva
- Modo educativo: Sistema gamificado de aprendizaje con niveles progresivos
- Reconocimiento contextual: Integración de poses corporales para mayor precisión

## **Tecnologías Implementadas**

### **Stack de Inteligencia Artificial**

- MediaPipe Holistic: Para detección completa de poses, manos y expresiones faciales (468 landmarks faciales, 21 puntos por mano, 33 puntos corporales)
- Arquitectura de Modelo Personalizado:
  - Red Convolutiva 3D (3D-CNN): Para extracción de características espaciotemporales de secuencias de video
  - Redes LSTM Bidireccionales: Para procesamiento de secuencias temporales de gestos con memoria a largo plazo
  - Attention Mechanism: Para enfocar en regiones críticas durante el reconocimiento de señas
  - Transformer Encoder: Para capturar dependencias a largo plazo en secuencias complejas
- TensorFlow 2.x: Framework principal para entrenamiento de modelos desde cero
- Google Colab Pro: Plataforma de entrenamiento con GPUs Tesla V100/A100 para procesamiento intensivo
- TensorFlow Lite: Optimización y cuantización de modelos para dispositivos móviles
- ONNX Runtime: Optimización multiplataforma para inferencia rápida

### **Stack de Desarrollo**

- React Native: Desarrollo multiplataforma eficiente con rendimiento nativo
- WebRTC: Comunicación en tiempo real para streaming de video
- Node.js + Express: Backend API RESTful
- MongoDB: Base de datos NoSQL para almacenamiento de metadatos y progreso de usuarios
- Redis: Cache en memoria para optimización de consultas frecuentes

### **Infraestructura Cloud**

- Google Cloud Platform:
  - Compute Engine: Servidores de entrenamiento con GPUs
  - Cloud Storage: Almacenamiento del dataset y modelos
  - Cloud Run: Despliegue de APIs con auto-escalado
  - Firebase: Autenticación y notificaciones push

## **Estrategia de Alianzas Institucionales**

### **Socios Clave Identificados**

1. **PROCIEGO (Asociación Pro-Ciegos y Sordos de Guatemala)**
  - Acceso a comunidad sorda local
  - Validación cultural y lingüística
  - Capacitación de instructores
  - Apoyo en alimentación del data-set de prueba y entrenamiento
2. **Universidades Nacionales**
  - Universidad de San Carlos (USAC)
  - Universidad Rafael Landívar
  - Universidad Galileo
  - Provisión de estudiantes voluntarios
  - Investigación académica conjunta
3. **Colegios Especializados**
  - Escuelas para personas con discapacidad auditiva
  - Centros de educación inclusiva
  - Validación pedagógica del contenido

### **Beneficios para las Instituciones**

- Acceso gratuito a la plataforma educativa
- Certificación en tecnologías de accesibilidad
- Reconocimiento en publicaciones académicas
- Datos agregados para investigación (anonimizados)
- Soporte y mantenimiento continuo

## **Creación del Dataset LENSEGUA**

### **Metodología de Recolección**

1. **Fase 1 - Alfabeto y números** (50 señas)
2. **Fase 2 - Vocabulario básico** (200 señas cotidianas)
3. **Fase 3 - Vocabulario académico** (300 señas especializadas)
4. **Fase 4 - Frases y expresiones** (100 combinaciones)

### **Proceso de Etiquetado**

- **Grabación controlada:** Estudio con iluminación profesional
- **Múltiples ángulos:** 3 cámaras simultáneas por seña
- **Diversidad demográfica:** 20 intérpretes (diferentes edades, géneros)
- **Repeticiones:** 10 ejecuciones por seña por intérprete
- **Validación:** Revisión por 3 expertos certificados en LENSEGUA

Es viable convertirlo a Lengua de Señas Guatemalteca (LENSEGUA), pero el trabajo fuerte es conseguir y etiquetar las señas locales, poder entrar en convenio con instituciones pedagógicas que brinden el apoyo para poder llevar la herramienta a un punto de funcionamiento optimo.

Con un plan freemium podemos regalar el alfabeto americano y cobrar una licencia anual a los colegios y universidades que quieran el vocabulario completo y la alternativa de la lengua guatemalteca, reportes y soporte.

| Plan                     | Público   | Funcionalidad   | Precio         |
|--------------------------|---|---|----------------|
| Freemium                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Niños</li> <li>- Jóvenes</li> <li>- Adultos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alfabeto americano</li> <li>- 30 señas básicas</li> <li>- Práctica offline</li> </ul>  | Q0             |
| Pro Educativo            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Centros educativos</li> <li>- Universidades</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- +400 señas en lengua, LENSEGUA</li> <li>- Reconocimiento de frases cortas</li> <li>- Reportes de avance para estudiantes</li> <li>- Soporte remoto</li> <li>- Actualizaciones</li> </ul> | Q 3000 anuales |
| Pro Educativo Extranjero | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Centros educativos</li> <li>- Universidades</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- +400 señas en lengua americana</li> <li>- Reconocimiento de frases cortas</li> <li>- Reportes de avance para estudiantes</li> <li>- Soporte remoto</li> <li>- Actualizaciones</li> </ul> | Q 4700 anuales |

### **Justificación para Desarrollar un Modelo Desde Cero**

**Especificidad Cultural y Lingüística** La Lengua de Señas Guatemalteca (LENSEGUA) posee características únicas que la diferencian significativamente del Lenguaje de Señas Americano (ASL) y otras lenguas de señas internacionales. Utilizar modelos preentrenados diseñados para ASL o lenguas europeas resultaría en una precisión deficiente, ya que las configuraciones de manos, movimientos corporales y expresiones faciales varían considerablemente entre diferentes culturas sordas. Un modelo desde cero permite capturar estas particularidades locales que son esenciales para una comunicación efectiva.

**Control Total del Dataset y Calidad** Al crear nuestro propio modelo, tenemos control absoluto sobre la calidad, diversidad y representatividad del dataset. Esto es crucial para LENSEGUA, donde no existen datasets públicos suficientemente robustos. Los modelos existentes fueron entrenados con datos de otras lenguas de señas, lo que introduciría sesgos y limitaciones que comprometerían la funcionalidad en el contexto guatemalteco. Nuestro enfoque garantiza que cada seña sea grabada, etiquetada y validada por hablantes nativos de LENSEGUA.

**Optimización para Recursos Limitados** Los modelos comerciales como Google's MediaPipe o soluciones de Microsoft están optimizados para mercados con alta conectividad y dispositivos de gama alta. En Guatemala, muchos usuarios accederán desde dispositivos móviles de gama media-baja y con conexiones limitadas. Un modelo desarrollado desde cero nos permite optimizar específicamente para estas condiciones, reduciendo el consumo de batería, minimizando el ancho de banda requerido y asegurando funcionamiento offline cuando sea necesario.

**Sostenibilidad Económica a Largo Plazo** Dependrer de APIs o servicios de terceros implica costos recurrentes que pueden volverse prohibitivos a medida que la plataforma escale. Además, existe el riesgo de discontinuación del servicio o cambios en los términos de uso que podrían comprometer el proyecto. Un modelo propio elimina estas dependencias externas y reduce los costos operativos a largo plazo, permitiendo ofrecer precios más accesibles a las instituciones educativas guatemaltecas.

**Flexibilidad para Evolución Continua** La lengua de señas es un lenguaje vivo que evoluciona constantemente. Nuevas señas emergen, especialmente en contextos tecnológicos y académicos. Un modelo propio nos permite

implementar actualizaciones rápidas y agregar nuevo vocabulario sin depender de terceros. Esta agilidad es fundamental para mantener la relevancia de la plataforma y responder a las necesidades cambiantes de la comunidad sorda guatemalteca.

### **Cronograma**

#### **Fase 1: Preparación y Dataset (Meses 1-4)**

| <b>Actividad</b>                     | <b>Responsable</b>     | <b>Cantidad</b>    | <b>Horas</b>       | <b>Costo/Hora</b> | <b>Total</b>    |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| <b>Coordinación Institucional</b>    | Project Manager        | 1                  | 160                | Q200              | Q32,000         |
| <b>Setup de Estudio de Grabación</b> | Técnico AV             | 1                  | 80                 | Q 160             | Q12,800         |
| <b>Reclutamiento de Intérpretes</b>  | HR Specialist          | 1                  | 40                 | Q 384             | Q5,760          |
| <b>Grabación de Dataset</b>          | Equipo Producción      | 3                  | 480                | Q170              | Q84,480         |
| <b>Etiquetado y Validación</b>       | Data Annotators        | 2                  | 800                | Q120              | Q96,000         |
| <b>Revisión por Expertos</b>         | Especialistas LENSEGUA | 3                  | 120                | Q 240             | Q28,800         |
| <b>Subtotal Fase 1</b>               |                        | <b>11 personas</b> | <b>1,680 horas</b> |                   | <b>Q259,840</b> |

#### **Fase 2: Desarrollo de IA (Meses 3-6)**

| <b>Actividad</b>                | <b>Responsable</b> | <b>Cantidad</b>   | <b>Horas</b>     | <b>Costo/Hora</b> | <b>Total</b>    |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| <b>Arquitectura del Modelo</b>  | ML Engineer Senior | 1                 | 160              | Q310              | Q49,020         |
| <b>Implementación MediaPipe</b> | ML Engineer        | 1                 | 200              | Q280              | Q56,000         |
| <b>Desarrollo Modelos</b>       | ML Engineer        | 1                 | 280              | Q280              | Q75,200         |
| <b>Optimización y Testing</b>   | ML Engineer        | 1                 | 160              | Q280              | Q42,900         |
| <b>Integración con Backend</b>  | Backend Developer  | 1                 | 120              | Q240              | Q27,700         |
| <b>Subtotal Fase 2</b>          |                    | <b>5 personas</b> | <b>920 horas</b> |                   | <b>Q250,820</b> |

**Fase 3: Desarrollo Multiplataforma (Meses 4-8)**

| Actividad                 | Responsable        | Cantidad   | Horas       | Costo/Hora | Total    |
|---------------------------|--------------------|------------|-------------|------------|----------|
| Arquitectura React Native | Lead Developer     | 1          | 80          | Q350       | Q27,600  |
| Desarrollo Core App       | React Native Dev   | 2          | 640         | Q270       | Q171,600 |
| Optimización iOS          | iOS Specialist     | 1          | 160         | Q310       | Q50,000  |
| Optimización Android      | Android Specialist | 1          | 160         | Q300       | Q46,600  |
| Desarrollo Web App        | Frontend Developer | 1          | 200         | Q250       | Q50,000  |
| Testing Multiplataforma   | QA Engineer        | 1          | 120         | Q200       | Q23,000  |
| Subtotal Fase 3           |                    | 7 personas | 1,360 horas |            | Q338,800 |

**Fase 4: Backend y Infraestructura (Meses 5-7)**

| Actividad                 | Responsable          | Cantidad   | Horas     | Costo/Hora | Total    |
|---------------------------|----------------------|------------|-----------|------------|----------|
| Arquitectura Cloud        | DevOps Engineer      | 1          | 80        | Q330       | Q26,000  |
| API Development           | Backend Developer    | 2          | 320       | Q270       | Q86,000  |
| Base de Datos             | Database Admin       | 1          | 60        | Q300       | Q17,500  |
| Seguridad y Autenticación | Security Engineer    | 1          | 80        | Q350       | Q27,600  |
| Dashboard Analytics       | Full-stack Developer | 1          | 120       | Q270       | Q32,200  |
| Subtotal Fase 4           |                      | 6 personas | 660 horas |            | Q189,300 |

**Fase 5: Testing y Lanzamiento (Meses 7-9)**

| Actividad                  | Responsable          | Cantidad   | Horas     | Costo/Hora | Total    |
|----------------------------|----------------------|------------|-----------|------------|----------|
| Testing con Usuarios       | UX Researcher        | 1          | 80        | Q230       | Q18,400  |
| Beta Testing Institucional | Product Manager      | 1          | 60        | Q310       | Q18,400  |
| Corrección de Bugs         | Development Team     | 2          | 200       | Q270       | Q53,650  |
| Preparación Lanzamiento    | Marketing Specialist | 1          | 40        | Q215       | Q8,600   |
| Documentación              | Technical Writer     | 1          | 80        | Q200       | Q15,350  |
| Subtotal Fase 5            |                      | 6 personas | 460 horas |            | Q114,400 |

**Resumen de Inversión**

**Costos de Desarrollo (Inversión Inicial)**

| Concepto                        | Horas Totales | Costo Total        |
|---------------------------------|---------------|--------------------|
| Mano de Obra Directa            | 5,080 horas   | Q1,167,000         |
| Infraestructura Cloud (9 meses) | -             | Q62,050            |
| Herramientas y Licencias        | -             | Q27,600            |
| Marketing y Launch              | -             | Q38,300            |
| Contingencia (15%)              | -             | Q194,500           |
| TOTAL PROYECTO                  |               | <b>Q 1,489,450</b> |

**Costos Operativos Anuales**

| Concepto                    | Costo Mensual | Costo Anual     |
|-----------------------------|---------------|-----------------|
| Infraestructura Cloud       | Q5,800        | Q69,000         |
| Mantenimiento y Soporte     | Q19,200       | Q230,000        |
| Actualizaciones de Data-set | Q7,700        | Q92,000         |
| Marketing Continuo          | Q11,500       | Q138,000        |
| TOTAL OPERATIVO             | Q44,200       | <b>Q529,000</b> |

**Costos Fijos Mensuales**

| Concepto              | Detalle                           | Costo Mensual  | Costo Anual     |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------|-----------------|
| Infraestructura Cloud | AWS/Google Cloud, CDN, Storage    | Q6,000         | Q72,000         |
| Licencias de Software | Desarrollo, Analytics, Seguridad  | Q2,400         | Q28,800         |
| Salarios Base         | 2 desarrolladores medio tiempo    | Q24,000        | Q288,000        |
| Oficina y Servicios   | Coworking, Internet, Teléfono     | Q3,200         | Q38,400         |
| Seguros y Legales     | Responsabilidad civil, Patentes   | Q1,600         | Q19,200         |
| Contabilidad          | Servicios contables profesionales | Q2,000         | Q24,000         |
| SUBTOTAL FIJOS        |                                   | <b>Q39,200</b> | <b>Q470,400</b> |

### Costos Variables (Dependientes de Ventas)

| Concepto                 | % de Ingresos               | Descripción                         |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Comisiones de Venta      | 5%                          | Comisiones a partners educativos    |
| Procesamiento de Pagos   | 3.5%                        | PayPal, Stripe, tarjetas de crédito |
| Soporte al Cliente       | \$50/cliente/año            | Soporte técnico personalizado       |
| Actualizaciones Data-set | 8% de ingresos              | Mejoras continuas del modelo IA     |
| Marketing Digital        | 15% de ingresos             | Google Ads, Facebook, contenido     |
| <b>TOTAL VARIABLES</b>   | <b>31.5% + \$50/cliente</b> |                                     |

### Régimen Fiscal Guatemala

#### Impuestos Aplicables

| Impuesto                         | Tasa           | Base de Cálculo                 | Impacto Anual Estimado    |
|----------------------------------|----------------|---------------------------------|---------------------------|
| ISR (Impuesto Sobre la Renta)    | 25%            | Utilidades netas                | Variable según ganancias  |
| IVA (Impuesto al Valor Agregado) | 12%            | Ventas (trasladable)            | Q0 (trasladado a cliente) |
| ISO (Impuesto de Solidaridad)    | 1%             | Ingresos brutos (mín. Q150,000) | 1% de ingresos totales    |
| Timbres Fiscales                 | Q3 por factura | Documentos fiscales             | ~Q4,000/año estimado      |

#### Consideraciones Fiscales Importantes

- **Régimen Opcional Simplificado:** No aplicable (ingresos >Q150,000)
- **Régimen General:** Contabilidad completa requerida
- **Retenciones:** 5% ISR en servicios profesionales
- **Declaraciones:** Mensuales (IVA, ISO) y anuales (ISR)



## Análisis de Rentabilidad y ROI

### Proyección Financiera Detallada (5 años)

| Concepto                 | Año 0              | Año 1            | Año 2            | Año 3           | Año 4             | Año 5             |
|--------------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| <b>INGRESOS</b>          |                    |                  |                  |                 |                   |                   |
| Clientes Nacionales      | 0                  | 25               | 75               | 150             | 225               | 300               |
| Ingresos Nacionales      | Q0                 | Q79,800          | Q239,400         | Q478,800        | Q718,200          | Q957,600          |
| Clientes Internacionales | 0                  | 10               | 30               | 60              | 90                | 120               |
| Ingresos Internacionales | Q0                 | Q47,920          | Q143,760         | Q287,200        | Q431,280          | Q575,040          |
| <b>TOTAL INGRESOS</b>    | <b>Q0</b>          | <b>Q127,720</b>  | <b>Q383,160</b>  | <b>Q766,000</b> | <b>Q1,149,480</b> | <b>Q1,532,640</b> |
| <b>COSTOS FIJOS</b>      |                    |                  |                  |                 |                   |                   |
| Operativos Anuales       | Q0                 | Q470,400         | Q493,920         | Q518,616        | Q544,544          | Q571,776          |
| <b>COSTOS VARIABLES</b>  |                    |                  |                  |                 |                   |                   |
| Comisiones (5%)          | Q0                 | Q6,384           | Q19,160          | Q38,320         | Q57,472           | Q76,632           |
| Procesamiento (3.5%)     | Q0                 | Q4,472           | Q13,408          | Q26,824         | Q40,232           | Q53,640           |
| Soporte (\$50/cliente)   | Q0                 | Q14,000          | Q42,000          | Q84,000         | Q126,000          | Q168,000          |
| Marketing (15%)          | Q0                 | Q19,160          | Q57,472          | Q114,952        | Q172,424          | Q229,896          |
| <b>TOTAL VAR</b>         | <b>Q0</b>          | <b>Q44,016</b>   | <b>Q132,040</b>  | <b>Q264,096</b> | <b>Q396,128</b>   | <b>Q528,168</b>   |
| <b>EBITDA</b>            | <b>-Q1,488,900</b> | <b>-Q370,300</b> | <b>-Q232,450</b> | <b>-Q15,700</b> | <b>Q200,000</b>   | <b>Q414,310</b>   |
| <b>IMPUESTOS</b>         |                    |                  |                  |                 |                   |                   |
| ISO (1% ingresos)        | Q0                 | Q1,280           | Q3,665           | Q7,360          | Q11,495           | 15,326            |
| ISR (25% utilidades)     | Q0                 | \$0              | \$0              | \$0             | Q52,200           | Q105,800          |
| <b>UTILIDAD NETA</b>     | <b>-Q1,554,984</b> | <b>-Q388,128</b> | <b>-Q246,400</b> | <b>-Q24,052</b> | <b>Q145,113</b>   | <b>Q331,570</b>   |

## **Indicadores de Rentabilidad (ROI)**

### **Análisis de Punto de Equilibrio**

- **Punto de Equilibrio Operativo:** 105 clientes totales
- **Mes de Equilibrio:** Mes 28 (Año 3, Q1)
- **Ingresos de Equilibrio:** Q518,616/año

### **Cálculo del ROI**

| Métrica                       | Valor                  |
|-------------------------------|------------------------|
| Inversión Inicial             | Q1,554,984             |
| Flujo Acumulado 5 años        | -Q1,759,344            |
| Valor Presente Neto (VPN)     | -Q11,254,776           |
| Tasa Interna de Retorno (TIR) | N/A (flujos negativos) |
| Período de Recuperación       | >5 años                |

\*Calculado con tasa de descuento del 12%

### **ROI Optimista (Crecimiento Acelerado)**

*Asumiendo captación 50% mayor*

| Concepto         | Año 3      | Año 4      | Año 5      |
|------------------|------------|------------|------------|
| Total Clientes   | 315        | 472        | 630        |
| Ingresos Totales | Q1,149,480 | Q1,724,224 | Q2,298,960 |
| Utilidad Neta    | Q292,336   | Q615,128   | Q958,776   |
| ROI Acumulado    | -22.4%     | +17.2%     | +61.7%     |

### **Recomendaciones Financieras**

#### **Para Mejorar el ROI:**

1. **Acelerar captación:** Enfocar recursos en ventas B2B
2. **Optimizar costos:** Reducir costos fijos en años iniciales
3. **Diversificar ingresos:** Agregar servicios de consultoría
4. **Escalar internacionalmente:** Expandir a otros países de LATAM
5. **Considerar inversión externa:** Capital para acelerar crecimiento

### Escenarios de Financiamiento:

- **Bootstrapping:** Requiere paciencia, ROI positivo año 4-5
- **Inversión Angel (\$100K):** Acelera desarrollo, mejora ROI
- **Fondos Gubernamentales:** INNOVAGUAT, programas de inclusión social

### Proyecciones Financieras

#### Año 1

- **Clientes Objetivo:** 25 instituciones nacionales, 10 internacionales
- **Ingresos Estimados:** Q127,800 (Nacional) + Q47,920 (Internacional) = Q175,720
- **Resultado:** -Q376,280 (Inversión inicial)

#### Año 2

- **Clientes Objetivo:** 75 instituciones nacionales, 30 internacionales
- **Ingresos Estimados:** Q383,400 (Nacional) + Q143,760 (Internacional) = Q527,160
- **Resultado:** -Q24,840 (Aproximación al punto de equilibrio)

#### Año 3

- **Clientes Objetivo:** 150 instituciones nacionales, 60 internacionales
- **Ingresos Estimados:** Q766,800 (Nacional) + Q287,520 (Internacional) = Q1,054,320
- **Resultado:** +Q502,320 (Rentabilidad alcanzada)

### Impacto Social Esperado

#### Beneficiarios Directos

- **15,000+ personas sordas** en Guatemala tendrán acceso a herramientas de comunicación
- **500+ educadores** capacitados en tecnologías de accesibilidad
- **50+ instituciones** con programas de inclusión mejorados

#### Beneficiarios Indirectos

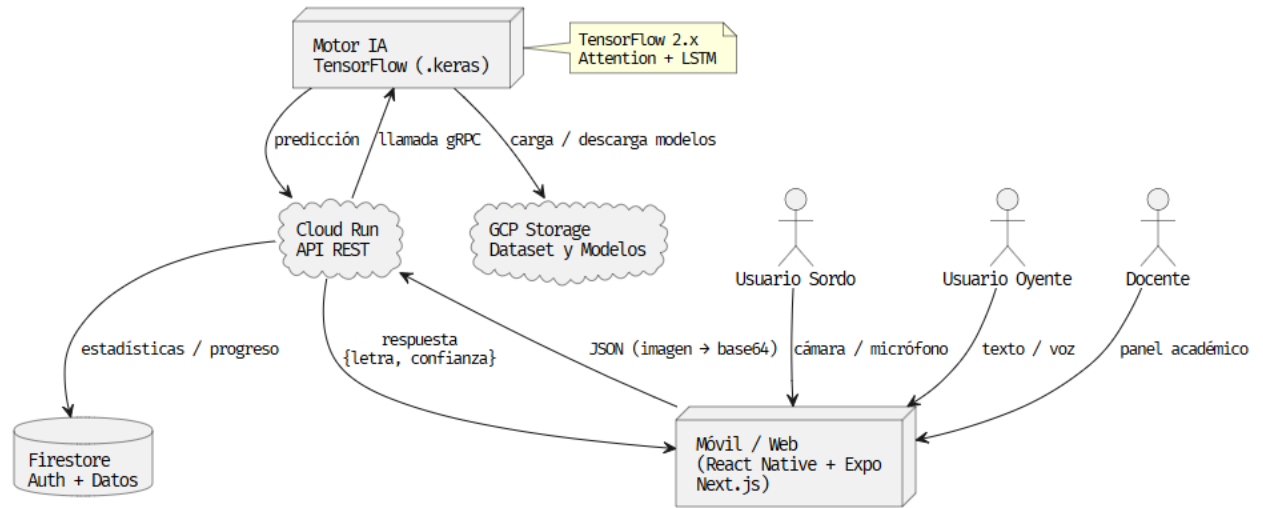
- **75,000+ familiares y amigos** de personas sordas
- **Comunidad académica internacional** con acceso a investigación en LENSEGUA
- **Sector tecnológico guatemalteco** posicionado como líder en innovación social

### Próximos Pasos

1. **Semana 1-2:** Contacto formal con PROCIEGO y universidades identificadas
2. **Semana 3-4:** Firma de convenios y acuerdos de colaboración
3. **Mes 2:** Inicio de reclutamiento de equipo técnico
4. **Mes 2:** Setup de infraestructura de desarrollo
5. **Mes 3:** Comenzar grabación del dataset piloto (alfabeto + 50 señas básicas)

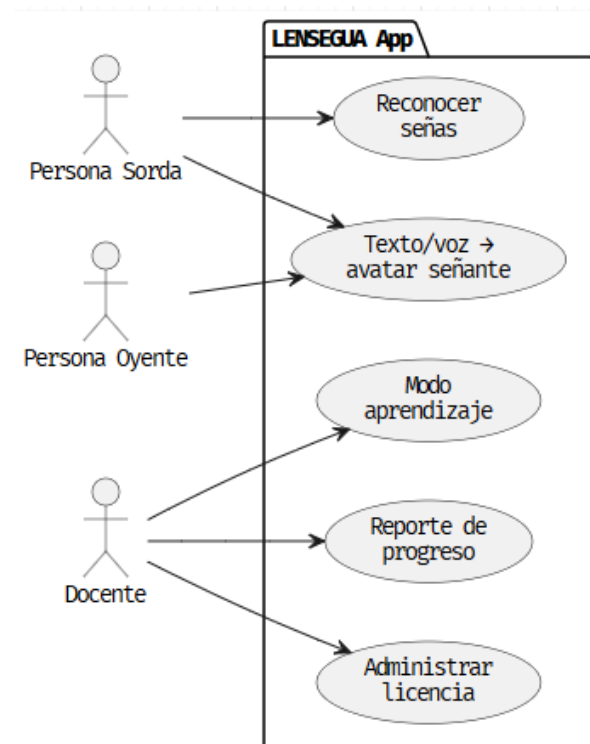
## Diagramas

### Arquitectura de la solución



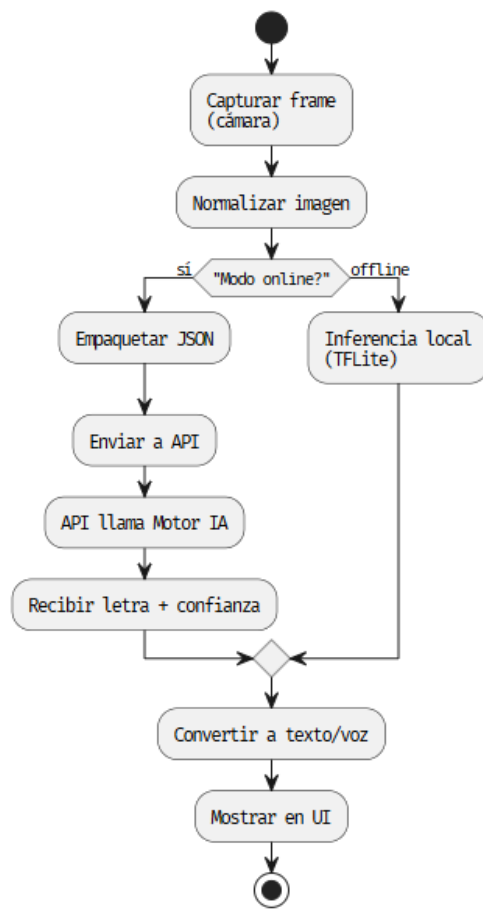
(FUENTE PROPIA)

### Caso de Uso



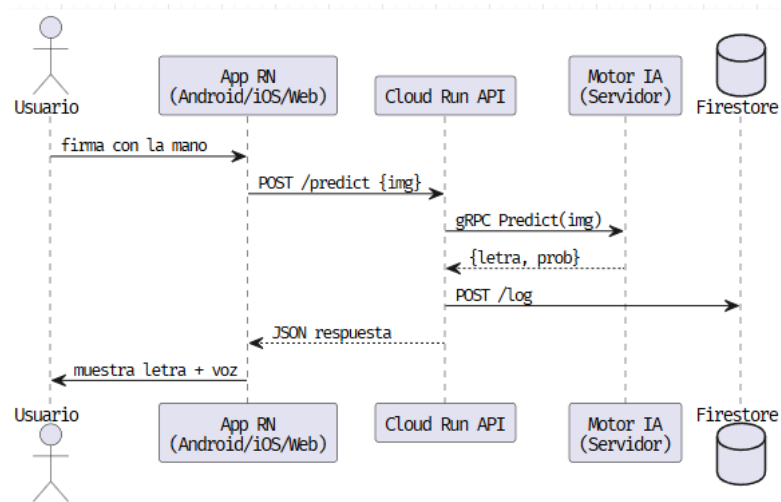
(FUENTE PROPIA)

## Flujo General del sistema



(FUENTE PROPIA)

## Componentes y Secuencia de interacción



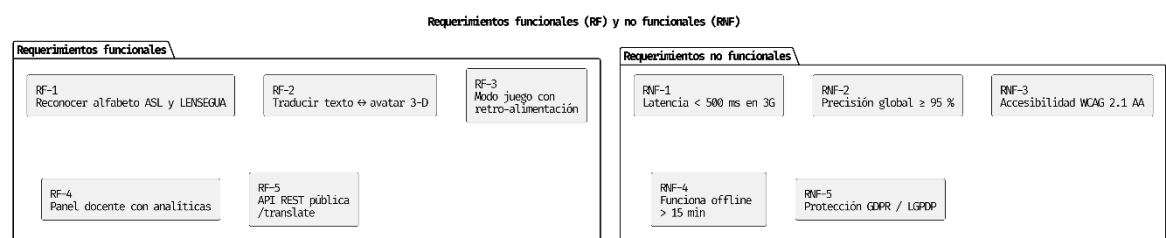
(FUENTE PROPIA)

## User persona, escenarios e historias



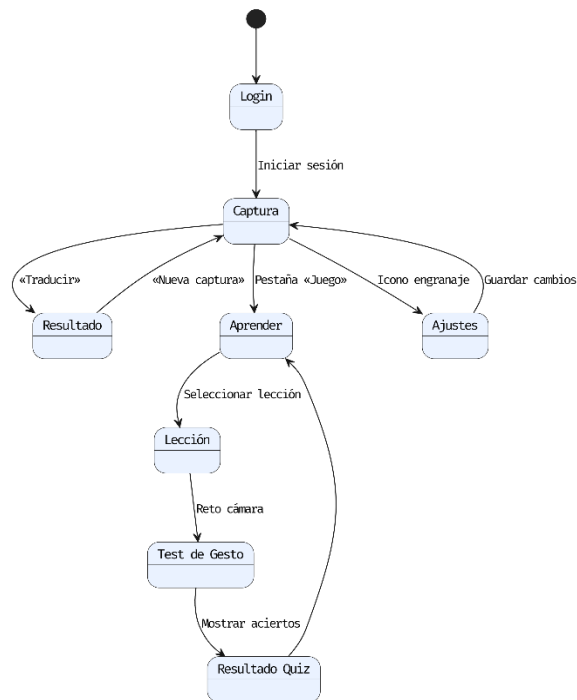
(FUENTE PROPIA)

## Requerimientos funcionales y no funcionales



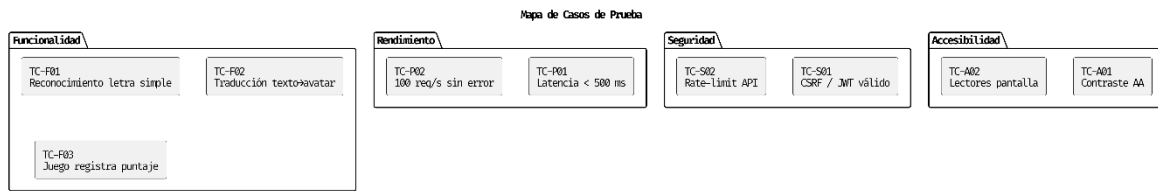
(FUENTE PROPIA)

## Usabilidad



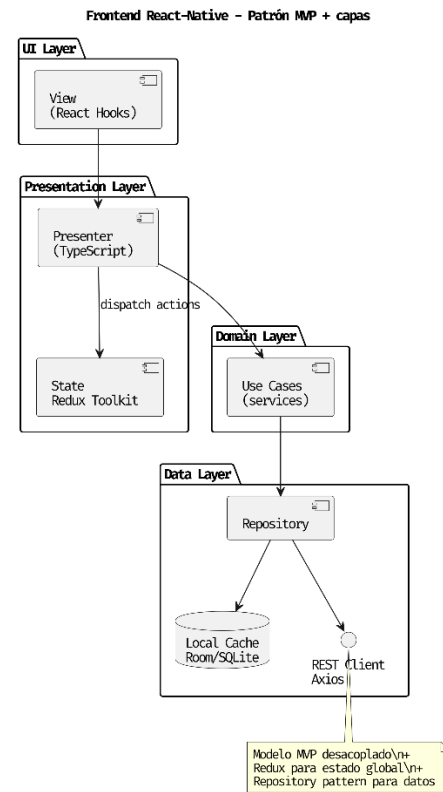
(FUENTE PROPIA)

## Casos de prueba



(FUENTE PROPIA)

## Patrón de arquitectura y componentes (modelo MVP)



(FUENTE PROPIA)

## **Referencias**

1. Athitsos, V., Neidle, C., Sclaroff, S., Nash, J., Stefan, A., Yuan, Q., & Thangali, A. (2008). The American Sign Language Lexicon Video Dataset. 2008 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 1-8. <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2008.4563181>
2. Camgoz, N. C., Hadfield, S., Koller, O., Ney, H., & Bowden, R. (2018). Neural sign language translation. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 7784-7793. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00812>
3. Lugaresi, C., Tang, J., Nash, H., McClanahan, C., Uboweja, E., Hays, M., Zhang, F., Chang, C. L., Yong, M. G., Lee, J., Chang, W. T., Hua, W., Georg, M., & Grundmann, M. (2019). MediaPipe: A framework for building perception pipelines. arXiv preprint arXiv:1906.08172. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.08172>
4. Asociación de Sordos de Guatemala. (2019). Diccionario de Lengua de Señas Guatemalteca - LENSEGUA. Editorial Sorda de Guatemala.
5. Ministerio de Educación de Guatemala. (2017). Política de Educación Inclusiva para la Población con Necesidades Educativas Especiales con y sin Discapacidad. MINEDUC.
6. Morales López, J. A. (2020). Análisis lingüístico de la Lengua de Señas Guatemalteca: Estructura fonológica y morfológica. Revista Guatemalteca de Lingüística Aplicada, 15(2), 45-68.
7. Chollet, F. (2021). Deep Learning with Python (2nd ed.). Manning Publications.
8. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
9. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. Neural Computation, 9(8), 1735-1780. <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>
10. Beck, K. (2022). Extreme Programming Explained: Embrace Change (2nd ed.). Addison-Wesley Professional.
11. Fowler, M. (2018). Refactoring: Improving the Design of Existing Code (2nd ed.). Addison-Wesley Professional.
12. Sommerville, I. (2020). Software Engineering (10th ed.). Pearson Education.
13. Greenberg, S., Carpendale, S., Marquardt, N., & Buxton, B. (2019). Sketching User Experiences: The Workbook. Morgan Kaufmann.
14. World Health Organization. (2021). World Report on Hearing. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/world-report-on-hearing>
15. Congreso de la República de Guatemala. (2008). Ley de Atención a las Personas con Discapacidad (Decreto 135-96 y sus reformas). Diario de Centro América.
16. Ministerio de Finanzas Públicas de Guatemala. (2023). Ley del Impuesto Sobre la Renta (Decreto 10-2012 y sus reformas). <https://www.minfin.gob.gt>
17. Superintendencia de Administración Tributaria. (2023). Régimen General del IVA - Manual del Contribuyente. SAT Guatemala.
18. Kerzner, H. (2022). Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling (13th ed.). John Wiley & Sons.
19. Project Management Institute. (2021). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) (7th ed.). Project Management Institute.
20. Ross, S. A., Westerfield, R. W., Jaffe, J., & Jordan, B. D. (2021). Corporate Finance (12th ed.). McGraw-Hill Education.
21. Instituto Nacional de Estadística Guatemala. (2022). Encuesta Nacional de Discapacidad 2021. INE Guatemala.
22. Organización Mundial de la Salud. (2023). Informe Mundial sobre la Discapacidad. OMS. [https://www.who.int/disabilities/world\\_report/2011/es/](https://www.who.int/disabilities/world_report/2011/es/)
23. Gackenhimer, C. (2019). React Native for Mobile Development: Harness the Power of React Native to Create Stunning iOS and Android Applications (2nd ed.). Apress.
24. Nielsen, J., & Budiu, R. (2020). Mobile Usability (2nd ed.). New Riders.



25. Reitz, K., & Schlusser, T. (2019). The Hitchhiker's Guide to Python: Best Practices for Development. O'Reilly Media.
26. Ainscow, M., Booth, T., & Dyson, A. (2021). Improving Schools, Developing Inclusion. Routledge.
27. UNESCO. (2020). Informe de Seguimiento de la Educación en el Mundo 2020: Inclusión y educación - Todos y todas sin excepción. UNESCO Publishing.