

**Capstone**

PTY 4614 - 002D

Padre Alonso de Ovalle

“APLICACIÓN ECOELECTRO”

Ignacia Valentina paz Arancibia Botello

Gabriela Monserrat Gomez Garrido

Vania Olga Troncoso Madriaza

Prof. Arturo Vargas

21/11/2025

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

[1. Introducción 3](#_heading=h.h8zt4s6joqhf)

[2. Objetivos 4](#_heading=h.sfhpax6jnug3)

[**Objetivo general** 4](#_heading=h.2fai47hljynz)

[**Objetivos específicos** 4](#_heading=h.oz51jejz2hsg)

[3. Metodología 5](#_heading=h.fw5j9wvpu113)

[4. Alcance 6](#_heading=h.7maoxgwdukwr)

[5. Arquitectura del sistema 7](#_heading=h.vqsvpwq7581i)

[**5.1 Componentes principales** 7](#_heading=h.7phsqdesih4m)

[**a) Aplicación móvil (.NET MAUI)** 7](#_heading=h.sjro1gbe5pl)

[**b) Servicios de Integración (Google Cloud)** 7](#_heading=h.6g50xgre4zx)

[**c) Servicios en Azure** 7](#_heading=h.7n23co36n9hk)

[**5.2 Flujo de arquitectura (según el diagrama)** 8](#_heading=h.anqrg06clq2i)

[**5.3 Beneficios de esta arquitectura** 8](#_heading=h.9r7v1u1538zu)

[6.](#_heading=h.7e8jyhdpe8jq) Casos de uso implementados 10

[7. Plan de pruebas 12](#_heading=h.ighvhzywvmvn)

[**7.1 Introducción al plan de pruebas** 12](#_heading=h.psdwagzdfx9l)

[**7.3 Conclusión del plan de pruebas** 14](#_heading=h.dwm2f7wjpz7k)

[8. Evidencias 15](#_heading=h.d5dcwiigssag)

[9. Dificultades enfrentadas 26](#_heading=h.n5f7thn2gvde)

[**1. Integración de Google Maps con .NET MAUI** 26](#_heading=h.bnxniqp53137)

[**3. Permisos de cámara y geolocalización** 26](#_heading=h.eyn90tnnauqf)

[**4. Procesamiento del modelo TFLite** 26](#_heading=h.qeu0umira6mh)

[**5. Integración del archivo JSON local** 26](#_heading=h.mik57feygbco)

[**6. Coordinación grupal** 26](#_heading=h.ef3uuin3ht19)

[10. Conclusión 28](#_heading=h.y8enazug7hev)

[11. Proyección profesional 29](#_heading=h.vxhytccvz5sz)

[**Competencias técnicas adquiridas** 29](#_heading=h.wlekbc9nxjvm)

[**Competencias profesionales** 29](#_heading=h.ypctxwfow27z)

# 1. Introducción

Durante esta etapa del Proyecto APT, se desarrolló EcoElectro, una aplicación móvil orientada al reciclaje y valorización de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Su propósito principal es fomentar la conciencia ambiental mediante el uso de tecnologías emergentes como .NET MAUI, APIs de Google Cloud y bases de datos SQLite/Azure.

La aplicación permite a los usuarios registrar sus datos, iniciar sesión, capturar imágenes de aparatos electrónicos, visualizar puntos de reciclaje y gestionar la información relacionada con los procesos de valorización. Además, integra un sistema de gestión de usuarios administrado por un rol de administrador.

# 2. Objetivos

### **Objetivo general**

Desarrollar una aplicación móvil funcional que facilite la identificación y gestión del reciclaje de residuos electrónicos (RAEE) en Chile, integrando inteligencia artificial, geolocalización y sistemas de registro de usuarios.

### **Objetivos específicos**

* Implementar un sistema de registro e inicio de sesión conectado a una base de datos.
* Integrar un módulo de cámara con reconocimiento de componentes electrónicos.
* Mostrar los puntos de reciclaje más cercanos mediante Google Maps y archivos JSON con direcciones nacionales.
* Desarrollar un CRUD básico para la gestión de usuarios administrado por el rol de administrador.
* Diseñar una interfaz accesible, amigable y coherente con la identidad ecológica del proyecto (tonalidades de morado y verde).

# 3. Metodología

El desarrollo se guió bajo la metodología ágil SCRUM, dividiendo las tareas en sprints semanales y asignando roles definidos entre los integrantes. Se aplicó además la estructura lógica de la metodología CRISP-DM, considerando:

1. Análisis: Identificación del problema ambiental y definición de requerimientos funcionales.
2. Diseño: Creación de interfaces en MAUI, estructura de navegación y conexión con bases de datos.
3. Desarrollo: Implementación de los casos de uso críticos, integración de APIs y archivos JSON.
4. Pruebas: Verificación de la funcionalidad, rendimiento y experiencia de usuario en dispositivos físicos Android.
5. Documentación: Elaboración de informes, plan de pruebas y diagramas técnicos.

# 4. Alcance

El sistema abarca 10 categorías principales de RAEE, correspondientes a los dispositivos detectados por el modelo de IA:  
Battery, Keyboard, Microwave, Mobile, Mouse, PCB, Player, Printer, Television, Washing Machine.

El proyecto abarca los 8 casos de uso principales del MVP, que son:

1. Iniciar sesión
2. Registrarse
3. Capturar imagen
4. Visualizar enlaces del sistema
5. Visualizar mapa de puntos de reciclaje
6. Visualizar compañías de retiro a domicilio
7. Visualizar componentes detectados
8. Visualizar puntos para reciclaje
9. Gestionar usuarios (CRUD – administrador)

# 5. Arquitectura del sistema

La arquitectura de EcoElectro se basa en un modelo híbrido que combina ejecución local en el dispositivo móvil con servicios cloud distribuidos en Azure y Google. Esto permite procesar imágenes, almacenar datos y mostrar mapas en tiempo real, manteniendo rendimiento y disponibilidad.

### **5.1 Componentes principales**

### **a) Aplicación móvil (.NET MAUI)**

La aplicación fue desarrollada en .NET MAUI, permitiendo compatibilidad nativa con dispositivos Android. En ella se integran:

* **SQLite**: almacenamiento local para usuarios, historial y configuraciones.
* **Google Maps SDK**: visualización del mapa, rutas y puntos de reciclaje.
* **TensorFlow Lite (MobileNetV3)**: modelo local para detección de RAEE, evitando dependencia constante de internet.
* **JSON Local**: listado nacional de puntos de reciclaje utilizado como respaldo offline.

### **b) Servicios de Integración (Google Cloud)**

* **Google Maps API** para geolocalización, rutas y cálculo de distancias.
* **API de empresas de reciclaje** para mostrar puntos habilitados por región.
* **CDN / Blob TFLite** para actualizar el modelo de IA desde la nube sin reinstalar la aplicación.

### **c) Servicios en Azure**

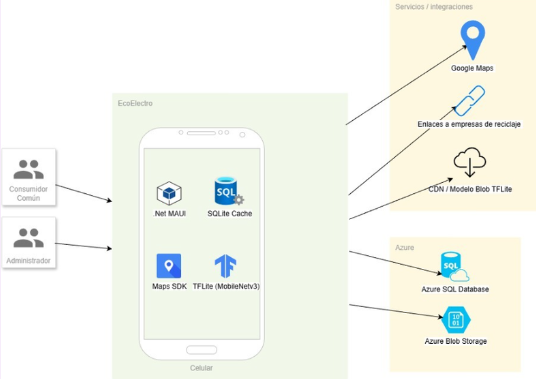
* **Azure SQL Database:** Base de datos central del sistema (usuarios, puntos, compañías y registros).
* **Azure Blob Storage:** Almacena imágenes capturadas, metadatos y archivos estáticos.

### **5.2 Flujo de arquitectura (según el diagrama)**

1. El usuario consumidor o administrador interactúa con la aplicación móvil.
2. La app procesa imágenes con el modelo TFLite integrado, obteniendo componentes detectados.
3. Se realizan consultas y sincronización con Azure SQL Database para registros y validaciones.
4. El módulo de mapas obtiene rutas y coordenadas desde Google Maps API.
5. Si el usuario lo requiere, la app consulta:  
   * Empresas de reciclaje
   * Puntos cercanos
   * Contenido educativo
6. La aplicación puede actualizar el modelo IA desde Blob Storage / CDN, manteniendo al día la categorización de RAEE.
7. Los administradores gestionan el sistema utilizando las mismas conexiones a Azure SQL.

### **5.3 Beneficios de esta arquitectura**

* **Baja latencia:** IA local sin necesidad de internet.
* **Alta disponibilidad:** Bases replicadas en Azure.
* **Escalabilidad:** Integración completa con servicios cloud.
* **Experiencia fluida:** Mapas, cámara y detección funcionan de manera integrada.



# Casos de uso implementados

| **N°** | **Caso de uso** | **Descripción breve** | **Estado** |
| --- | --- | --- | --- |
| CU1 | Iniciar Sesión | Permite que un usuario registrado acceda al sistema. | 100% |
| CU2 | Registrarse | Permite crear una nueva cuenta de usuario. | 100% |
| CU3 | Cerrar sesión del sistema | Finaliza la sesión activa del usuario y limpia los datos locales. | 100% |
| CU4 | Capturar imagen (Detección RAEE) | Captura una imagen del dispositivo RAEE y la envía al módulo de IA. | 100% |
| CU5 | Visualizar componentes detectados | Muestra en el mapa los puntos de reciclaje cercanos usando APIs y JSON. | 100% |
| CU6 | Visualizar enlaces del sistema | Muestra accesos directos a Inicio, Cámara, Perfil y Puntos de Reciclaje. | 100% |
| CU7 | Visualizar mapa integrado (puntos, compañías y enlaces) | Muestra el mapa con puntos de reciclaje, compañías y enlaces a servicios. | 100% |
| CU8 | Visualizar historial y canje | Permite ver el total de puntos, nivel y registro de actividades. | 100% |
| CU9 | Visualizar puntos para reciclaje | Filtra los puntos según tipo de dispositivo detectado. | 100% |
| CU10 | Visualizar contenido educativo | Presenta fichas informativas, protocolos y preguntas frecuentes. | 100% |
| CU11 | Gestionar usuarios (CRUD) | Permite al administrador crear, editar y eliminar usuarios. | 100% |
| CU12 | Gestionar sistema de puntos | Permite configurar niveles, puntajes y recompensas internas. | 100% |
| CU13 | Gestionar puntos de reciclaje | Administra puntos (crear, editar, eliminar, actualizar datos). | 100% |
| CU14 | Gestionar compañías de retiro a domicilio | Administra empresas, contacto, cobertura y estado. | 100% |
| CU15 | Gestionar contenido educativo | CRUD para fichas, guías, protocolos y material informativo. | 100% |
| CU16 | Gestionar catálogo de componentes | Administra el listado de componentes detectables por IA. | 100% |
| CU17 | Gestionar catálogo de dispositivos | Permite administrar categorías y tipos de RAEE. | 100% |

# 7. Plan de pruebas

## **7.1 Introducción al plan de pruebas**

El plan de pruebas del proyecto EcoElectro tiene como propósito validar el correcto funcionamiento de cada uno de los casos de uso implementados en la aplicación móvil. Las pruebas se realizaron de manera manual en dispositivos Android reales, complementadas con verificaciones funcionales en la base de datos SQL y en la integración con servicios externos como Google Maps y JSON de puntos de reciclaje.

El enfoque utilizado corresponde a pruebas funcionales de caja negra, donde se evaluó el comportamiento observable de la aplicación en relación con los requisitos definidos. Adicionalmente, se aplicaron pruebas de usabilidad, navegación, rendimiento básico y validación de datos.

Cada caso de prueba fue documentado, ejecutado y marcado como aprobado una vez verificado su funcionamiento esperado.

| **Caso de uso** | **Objetivo de prueba** | **Resultado esperado** | **Resultado obtenido** | **Estado** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iniciar sesión | Verificar autenticación y acceso correcto. | Acceso exitoso al sistema. | El usuario accede sin errores. | OK |
| Registrarse | Validar creación de usuarios en base de datos. | Usuario registrado correctamente. | Usuario se crea y sincroniza con éxito. | OK |
| Cerrar sesión | Confirmar cierre de sesión y retorno al login. | Sesión cerrada y datos limpiados. | Pantalla vuelve al login correctamente. | OK |
| Capturar imagen | Probar funcionamiento de la cámara y guardado. | Imagen capturada y enviada a IA. | Imagen procesada correctamente. | OK |
| Visualizar componentes detectados | Validar lectura y despliegue del modelo TFLite. | Componentes visibles y clasificados. | Lista de componentes mostrada sin errores. | OK |
| Visualizar enlaces del sistema | Confirmar la navegación a módulos desde el menú principal. | Navegación fluida y sin fallas. | Enlaces operativos. | OK |
| Visualizar mapa integrado | Validar carga de mapa, puntos y rutas. | Puntos cercanos visibles. | Mapa cargó y filtró correctamente. | OK |
| Visualizar compañías de retiro | Verificar despliegue de empresas RAEE por región. | Información visible y filtrada. | Compañías desplegadas correctamente. | OK |
| Visualizar historial y canje | Validar listado de puntos obtenidos y nivel actual. | Historial y puntos mostrados. | Información visible correctamente. | OK |
| Visualizar puntos para reciclaje | Validar filtro por dispositivo detectado. | Resultados filtrados por categoría. | Funciona según el RAEE seleccionado. | OK |
| Visualizar contenido educativo | Confirmar carga de fichas e información. | Contenido visible sin errores. | Fichas cargan correctamente. | OK |
| Gestionar usuarios (CRUD) | Verificar creación, edición y eliminación de usuarios. | CRUD ejecutado correctamente. | Todas las operaciones funcionan. | OK |
| Gestionar sistema de puntos | Validar configuración de niveles y puntaje. | Cambios reflejados correctamente. | Puntos y niveles actualizados. | OK |
| Gestionar puntos de reciclaje | Validar CRUD de puntos (dirección, horarios, residuos). | CRUD funcional. | Todo correcto. | OK |
| Gestionar compañías de domicilio | Verificar CRUD y visualización de empresas. | Gestión operativa. | Información actualizada correctamente. | OK |
| Gestionar contenido educativo | Probar CRUD de fichas informativas. | Material actualizado correctamente. | Funciona sin errores. | OK |
| Gestionar catálogo de componentes | Verificar administración de componentes RAEE. | CRUD funcional. | Todo correcto. | OK |

## 

## **7.3 Conclusión del plan de pruebas**

Los resultados del plan de pruebas confirman que todos los casos de uso del MVP funcionan correctamente, cumpliendo los requisitos definidos al inicio del proyecto.  
 Las pruebas realizadas evidencian:

* Correcta integración entre módulos de cámara, mapas, IA y base de datos.
* Fluidez en la navegación y velocidad adecuada al cargar elementos externos.
* Estabilidad del sistema en acciones CRUD del administrador.
* Despliegue confiable del contenido educativo y puntos de reciclaje.

El sistema se considera estable, funcional y apto para demostración académica.

# 8. Evidencias

**Iniciar Sesión**

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Registrarse**

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Capturar Imagen**

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Visualizar Enlaces del Sistema**

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Mapa

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Visualizar Mapa de Puntos de Reciclaje**

**Visualizar Compañías de Retiro a Domicilio**Mapa

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.  
  
  
  
  
  
**Visualizar Componentes Detectados**Interfaz de usuario gráfica, Aplicación, Teams

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Mapa

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Mapa

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Mapa

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Interfaz de usuario gráfica

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.  
Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Visualizar Historial y Canje**

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Visualizar puntos para reciclaje**

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Visualizar Contenido Educativo**

**Gestionar usuarios**Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Gestionar Sistema de Puntos**

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Gestionar puntos de reciclaje**

Gráfico

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Gestionar Compañías de Retiro a Domicilio**  
Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Gestionar Contenido Educativo**

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

**Gestionar catálogo de componentes**

Captura de pantalla de un celular

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

# 9. Dificultades enfrentadas

Durante el desarrollo del proyecto se presentaron varios desafíos técnicos y de coordinación que requirieron investigación y ajustes iterativos:

### **1. Integración de Google Maps con .NET MAUI**

* La compatibilidad del SDK con ciertas versiones de Android generó errores de permisos, mapa en blanco y bloqueo de renderizado. Se resolvió mediante actualización de paquetes y configuración correcta del API Key.

**2. Manejo de dependencias en MAUI**

* Algunos paquetes NuGet presentaban conflictos entre versiones, especialmente con SQLite y librerías de cámara. Se debió limpiar el proyecto, reinstalar dependencias y configurar las compilaciones manualmente.

### **3. Permisos de cámara y geolocalización**

* Android requiere permisos específicos que, al no estar definidos en el Manifest, causaban fallas en la apertura de cámara o lectura de ubicación. Esto implicó revisar documentación OS por OS.

### **4. Procesamiento del modelo TFLite**

* El modelo MobileNetV3 generaba consumo adicional de memoria. Se optimizó su uso mediante carga diferida (lazy loading) y reducción de llamadas consecutivas.

### **5. Integración del archivo JSON local**

* Combinar datos locales con datos de Google Maps causó duplicidades y desincronización de direcciones. Se normalizó la estructura JSON y se implementaron validaciones antes de cargar.

### **6. Coordinación grupal**

* Cada integrante trabajaba en dispositivos distintos, lo que originó diferencias en versiones, rutas de proyecto y pruebas. Fue necesario unificar versiones y sincronizar el repositorio constantemente.

# 10. Conclusión

El desarrollo de EcoElectro permitió consolidar conocimientos en desarrollo móvil, geolocalización, inteligencia artificial aplicada y gestión de datos. El proyecto cumple con los objetivos planteados en el inicio, logrando:

* Integrar un sistema funcional de reconocimiento de RAEE.
* Implementar módulos de navegación, contenido y visualización geográfica.
* Desarrollar un panel de administración operativo para la gestión de usuarios y puntos.
* Construir una arquitectura híbrida entre procesamiento local y servicios en la nube.

EcoElectro se proyecta como una herramienta útil para acercar la cultura del reciclaje electrónico a la ciudadanía, ofreciendo una solución tecnológica sostenible, educativa y escalable.

# 11. Proyección profesional

Este proyecto permitió fortalecer habilidades clave para el desarrollo profesional en TI:

### **Competencias técnicas adquiridas**

* Desarrollo móvil multiplataforma con .NET MAUI.
* Integración de Google Cloud y servicios externos mediante APIs REST.
* Manejo de bases de datos híbridas: SQLite local + Azure SQL.
* Implementación de modelos de IA con TensorFlow Lite.
* Diseño y ejecución de planes de prueba QA.

### **Competencias profesionales**

* Trabajo en equipo multidisciplinario.
* Organización y gestión mediante metodologías Ágiles.
* Documentación técnica profesional.
* Comunicación efectiva para la toma de decisiones.

Gracias a este proyecto, el equipo se proyecta preparado para desempeñarse en áreas como:

* Desarrollo móvil profesional
* QA y aseguramiento de calidad
* Integración de servicios cloud
* Ingeniería de software
* Proyectos de sostenibilidad tecnológica