

Manual Técnico Metro Mágico CDMX

Índice

| | |
|--|----|
| Portada..... | 1 |
| Índice..... | 2 |
| Elaborado por | 3 |
| Introducción | 4 |
| Requisitos del Sistema | 5 |
| Instalación de la Aplicación (Repositorio de GitHub)..... | 6 |
| Uso de la Aplicación | 8 |
| Estructura del Proyecto | 11 |
| Distribución Lógica del Proyecto | 14 |
| Tecnologías Utilizadas..... | 16 |
| Cronograma de Actividades | 18 |
| Análisis de Viabilidad del Proyecto..... | 20 |
| Tabla Detallada de Costos – Proyecto completo (21 estaciones)..... | 22 |
| Tabla Detallada de Costos – Prototipo (5 estaciones)..... | 24 |
| Licencias y Créditos | 26 |

Manual técnico
Metro Mágico CDMX

Elaborado por:

No. Cuenta: 315110757

Fechas: 15/05/2025



Introducción

Metro Mágico CDMX es una aplicación móvil desarrollada con tecnologías de Realidad Aumentada (RA), cuyo objetivo es enriquecer la experiencia cotidiana de los usuarios del Sistema de Transporte Colectivo Metro mediante la proyección de contenidos educativos y culturales sobre los íconos de las estaciones. La aplicación se enfoca inicialmente en la Línea 3, que atraviesa diversos contextos históricos, académicos y sociales de la Ciudad de México, permitiendo una narrativa visual e interactiva a través del reconocimiento de marcadores gráficos.

Esta herramienta transforma cada logotipo de estación en una puerta de entrada a su historia: al escanear el ícono con la cámara del teléfono, el usuario puede visualizar un modelo 3D animado acompañado por una narración auditiva que explica el significado simbólico y cultural del lugar. La app no solo convierte un trayecto común en una experiencia educativa, sino que también fortalece el sentido de identidad urbana, el acceso libre al conocimiento y la valorización del patrimonio público.

El proyecto fue concebido y desarrollado por **Alan Eduardo Méndez Cuenca** como parte de una iniciativa académica con fines formativos y demostrativos. El proceso de desarrollo integró tecnologías como **Unity**, **Vuforia** y **Asset Bundles**, y fue diseñado para ser accesible en dispositivos móviles Android sin requerir hardware especializado. La interfaz es intuitiva y está pensada para usuarios diversos, desde estudiantes y docentes hasta turistas y habitantes curiosos.

Este manual técnico tiene como finalidad documentar de forma estructurada y detallada todos los aspectos técnicos y funcionales del sistema, incluyendo los requisitos de instalación, instrucciones de uso, estructura del proyecto, cronograma de actividades, tecnologías empleadas y referencias de licencias. Además, servirá como guía de consulta tanto para propósitos académicos como para futuras expansiones, mejoras o presentaciones institucionales.

En conjunto, Metro Mágico CDMX representa una fusión entre educación, cultura y tecnología que apuesta por un aprendizaje inmersivo y accesible, alineado con las necesidades de una ciudad viva, compleja y profundamente simbólica.

Requisitos del Sistema

Para garantizar el funcionamiento correcto de la aplicación *Metro Mágico CDMX*, el dispositivo móvil debe cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:

Requisitos del dispositivo móvil

- **Sistema operativo:** Android 10.0 (API level 29) o superior.
- **Procesador:** Arquitectura ARM de 64 bits compatible con IL2CPP.
- **Memoria RAM:** Mínimo 4 GB.
- **Almacenamiento disponible:** Al menos 300 MB libres (la aplicación ocupa aproximadamente 198 MB).
- **Cámara:** Requerida para el funcionamiento de la Realidad Aumentada (no se necesita ARCore).
- **Pantalla:** Resolución HD o superior para una correcta visualización de la interfaz y los modelos tridimensionales.
- **Conectividad:** No es obligatoria una conexión a internet para el funcionamiento del prototipo.

Configuración técnica del proyecto

- **Motor de desarrollo:** Unity
- **Motor de Realidad Aumentada:** Vuforia Engine versión 11.4
- **Scripting Backend:** IL2CPP
- **Nivel mínimo de API:** Android 10.0 (API level 29)
- **Nivel objetivo de API:** Automático (el más alto disponible instalado en el dispositivo)

Compatibilidad

- La aplicación no requiere ARCore.
- Compatible con la mayoría de los dispositivos Android fabricados a partir del año 2020.
- No está disponible para sistemas iOS en esta versión.

Instalación de la Aplicación

Dado que *Metro Mágico CDMX* no se encuentra disponible en la Google Play Store, es necesario realizar una instalación manual del archivo APK. A continuación, se detallan los pasos requeridos para llevar a cabo este proceso de manera segura y efectiva:

1. Descargar el archivo APK

- Obtener el archivo APK de una fuente confiable, como el repositorio oficial del proyecto en GitHub.

<https://github.com/AlanLalo13/MetroMagicoCDMX>

2. Habilitar la instalación desde fuentes desconocidas

En dispositivos con Android 8.0 (Oreo) o superior:

Abrir la aplicación **Configuración**.

1. Ir a **Aplicaciones y notificaciones**.
2. Seleccionar **Acceso especial a aplicaciones**.
3. Tocar en **Instalar aplicaciones desconocidas**.
4. Elegir la aplicación desde la cual se descargó el APK (por ejemplo, Chrome o el administrador de archivos).
5. Activar la opción **Permitir desde esta fuente**.

En dispositivos con Android 7.0 (Nougat) o versiones anteriores:

1. Abrir la aplicación **Configuración**.
2. Ir a **Seguridad**.
3. Activar la opción **Fuentes desconocidas**.
4. Confirmar la selección si se solicita.

3. Desactivar temporalmente Google Play Protect (si es necesario)

Google Play Protect puede bloquear la instalación de aplicaciones que no provienen de la Play Store. Para evitar este inconveniente:

1. Abrir la aplicación **Google Play Store**.
2. Tocar el ícono de perfil en la esquina superior derecha.
3. Seleccionar **Play Protect**.
4. Tocar el ícono de engranaje en la esquina superior derecha para acceder a la configuración.
5. Desactivar la opción **Analizar aplicaciones con Play Protect**.
6. Confirmar la desactivación si se solicita.

Nota: Se recomienda volver a activar Google Play Protect después de completar la instalación para mantener la seguridad del dispositivo.

4. Instalar la aplicación

1. Ubicar el archivo APK descargado utilizando un administrador de archivos.
 2. Tocar el archivo APK para iniciar la instalación.
 3. Seguir las instrucciones en pantalla para completar el proceso.
- 5. Verificar el funcionamiento**
- Una vez instalada, abrir la aplicación *Metro Mágico CDMX* para asegurarse de que funciona correctamente.

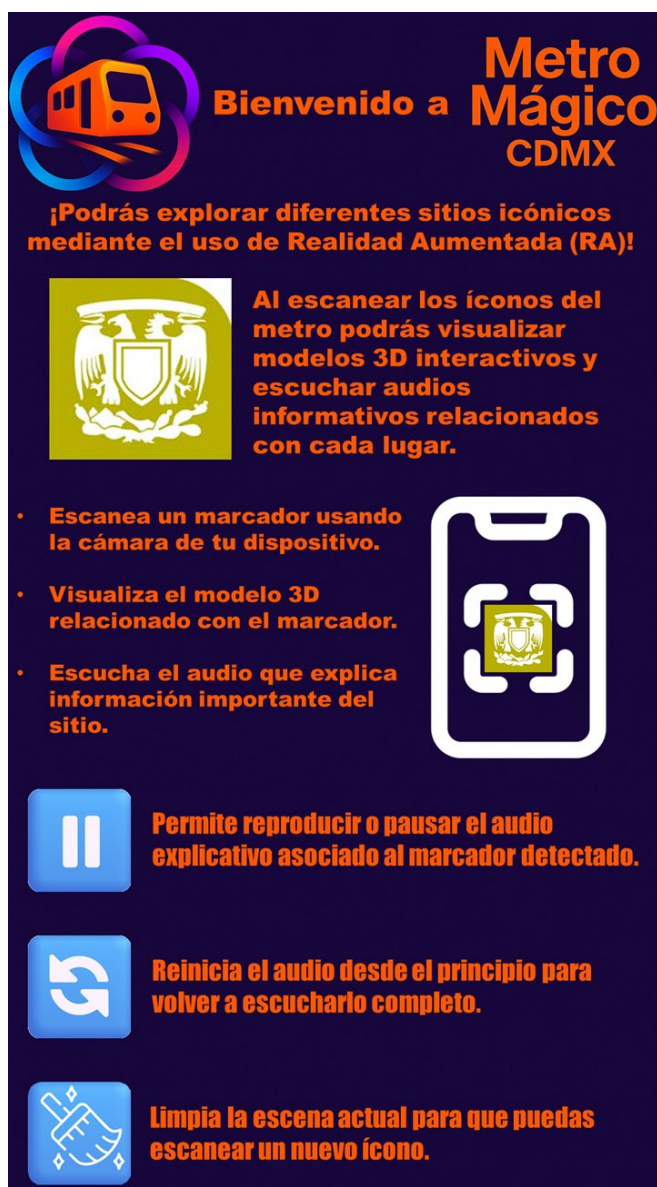
Uso de la Aplicación

Una vez instalada, la aplicación *Metro Mágico CDMX* permite al usuario interactuar con entornos de Realidad Aumentada vinculados a íconos representativos de estaciones de la Línea 3 del metro de la Ciudad de México. La interfaz está diseñada para ser intuitiva, visual y centrada en la experiencia educativa.

Flujo general de uso

1. Pantalla de inicio (menú informativo):

Al iniciar la aplicación, se muestra una infografía que explica el funcionamiento general del sistema. Esta pantalla de bienvenida orienta al usuario sobre cómo escanear marcadores y qué esperar como resultado (modelo 3D + audio explicativo).



2. Acceso al modo de escaneo:

El usuario debe presionar el botón “Empezar” para activar la cámara del dispositivo. Esto da inicio al entorno de Realidad Aumentada, donde puede apuntar la cámara hacia uno de los íconos válidos del metro.



3. Interacción con el marcador:

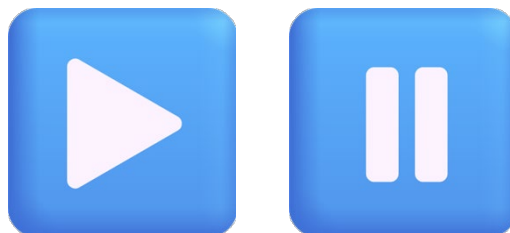
Una vez que el ícono es reconocido por el sistema:

- Se despliega el modelo 3D correspondiente a la estación escaneada.
- Se reproduce automáticamente un audio explicativo sobre el significado cultural del sitio.
- La experiencia es completamente visual y sonora, sin necesidad de interacción adicional para iniciar la información.

4. Controles disponibles durante la experiencia RA:

El usuario cuenta con tres botones funcionales dentro del entorno:

- **Pausa/Reproducción:** Permite pausar o continuar la narración asociada al marcador detectado.



- **Reiniciar:** Vuelve a reproducir el audio desde el inicio.



- **Limpiar escena:** Elimina el modelo actual y detiene el audio para que el usuario pueda escanear un nuevo ícono.



5. **Regresar al menú de inicio:**

En cualquier momento durante el uso de la cámara, el usuario puede presionar el botón con el signo de interrogación (?) ubicado en pantalla. Esto permite regresar a la infografía inicial para consultar nuevamente las instrucciones.



Consideraciones de uso

- Se recomienda escanear los íconos en un entorno bien iluminado, evitando reflejos o sombras intensas.
- El ícono debe ocupar una proporción visible de la pantalla para ser correctamente detectado.
- El dispositivo debe mantenerse relativamente estable durante el escaneo para asegurar el correcto posicionamiento del modelo 3D.

Estructura del Proyecto

El proyecto *Metro Mágico CDMX* está desarrollado en **Unity**, y su organización sigue una estructura modular que facilita el mantenimiento, la extensión del contenido y la identificación rápida de recursos. A continuación, se describe la organización principal del proyecto y los contenidos relevantes en cada carpeta del entorno de desarrollo:

1. Estructura de directorios generales

| Carpeta | Descripción |
|----------------------------|--|
| Assets/ | Contiene todos los recursos esenciales del proyecto: modelos 3D, audios, scripts, escenas, íconos y botones. |
| Library/ | Carpeta generada automáticamente por Unity, contiene archivos temporales y cachés. No debe modificarse. |
| Logs/ | Archivos de registro generados por el sistema de compilación de Unity. |
| Packages/ | Incluye las dependencias del proyecto (por ejemplo, Vuforia Engine). |
| ProjectSettings/ | Configuraciones del proyecto en Unity, como calidad gráfica, inputs, escenas y compilación. |
| QCAR/ | Contiene la base de datos generada por Vuforia con los marcadores registrados. |
| Temp/ | Carpeta temporal usada por Unity durante la ejecución. |
| UserSettings/ | Configuración personalizada del entorno del usuario en Unity. |
| MetroMagicoCDMX.apk | Compilación final exportada de la aplicación en formato APK (para instalación en Android). |

2. Contenido de la carpeta **Assets/**

| Subcarpeta | Función |
|---|---|
| Audio/ | Contiene los archivos .mp3 de narraciones generadas para cada estación (Universidad, Copilco, Zapata, La Raza y Guerrero). |
| Buttons/ | Contiene las imágenes utilizadas en los botones funcionales (Play, Pause, Reset, Clean, Menú). |
| Icons/ | Imágenes y recursos visuales del proyecto (ícono del app, interfaz de inicio, banners). |
| Models/ | Modelos 3D organizados por estación. Cada carpeta contiene los objetos y materiales necesarios para desplegar la experiencia aumentada. |
| Scenes/ | Contiene las tres escenas principales del proyecto: SplashScreen, InterfazInicio e MM01. |
| Scripts/ | Lógica del comportamiento del sistema, controladores de audio, escenas y animaciones. |
| StreamingAssets/ | Carpeta inicialmente planeada para Asset Bundles (actualmente no utilizada). |
| SamplesResources/, TextMesh Pro/ | Recursos auxiliares generados por paquetes como TextMesh Pro. |

3. Escenas del proyecto

Según la configuración de **Build Settings**, el proyecto consta de tres escenas:

1. **SplashScreen**: Pantalla de carga inicial.
2. **InterfazInicio**: Contiene la infografía explicativa y el botón “Empezar”.
3. **MM01**: Escena principal con el sistema de Realidad Aumentada activo y los botones funcionales.

4. Scripts relevantes

| Script | Descripción y estado |
|-------------------------------------|---|
| AudioOnMarkerDetect.cs | Versión preliminar para activar audio al detectar un marcador. Actualmente reemplazado por lógica más integrada. Puede considerarse obsoleto. |
| CleanMarker.cs | Controla el botón "Limpiar", pero su funcionalidad fue integrada en MarcadorController.cs. Recomendado deshabilitar. |
| ControladorCambioEscena.cs | Maneja la transición entre escenas (por ejemplo, de la infografía a la escena AR). |
| ExtraAnimations.cs | Añade efectos especiales a objetos como oscilación, temblores y animaciones tipo "shake". Usado en modelos específicos. |
| PlayPauseButtonController.cs | Script preliminar para gestionar botón de pausa y reproducción. Reemplazado por MarcadorController.cs. Puede eliminarse si ya no está asignado. |
| PulsatingObject.cs | Crea un efecto visual de "latido" o resaltado en el modelo de Universidad. Actualmente activo y funcional. |
| SimpleARAnimator.cs | Controlador de animaciones general para modelos: rotación, movimiento, escalado, etc. Es uno de los scripts clave del proyecto. |
| SplashScreenLoader.cs | Script de transición automática desde la pantalla de presentación inicial hacia la escena principal de interfaz. |

Distribución Lógica del Proyecto

La escena principal del proyecto *Metro Mágico CDMX* está organizada siguiendo una estructura jerárquica modular, diseñada para facilitar el control independiente de cada marcador, la integración eficiente de modelos 3D, la reproducción de audio y la interacción mediante botones. Esta distribución garantiza claridad, escalabilidad y mantenimiento óptimo.

Organización general de la escena

La jerarquía de la escena contiene los siguientes elementos principales:

- **ARCamera:**

Cámara de Realidad Aumentada configurada con Vuforia Engine, encargada del reconocimiento y seguimiento de los marcadores físicos.

- **Directional Light:**

Fuente de luz principal que ilumina los objetos 3D proyectados en la escena aumentada.

- **Marcadores por estación:**

Cada estación del metro representada en la aplicación está asociada a un marcador individual. Estos se organizan en GameObjects principales con nombres como MarcadorUniversidad, MarcadorCopilco, etc., y todos comparten la misma estructura lógica interna.

Contenido de cada marcador

Cada objeto de marcador contiene como elementos hijos:

- **Modelos 3D:**

Uno o más objetos tridimensionales que representan simbólicamente la identidad visual de la estación. Pueden incluir animaciones configuradas a través de scripts personalizados.

- **Canvas individual:**

Cada marcador incluye su propio sistema de interfaz de usuario (UI), encapsulado en un Canvas, lo que permite un control autónomo de los botones y del audio sin interferencia entre estaciones. Este Canvas contiene:

- **Botón de reproducción/pausa de audio**
- **Botón para reiniciar el audio desde el inicio**
- **Botón para limpiar la escena**
- **Componente AudioSource** para la narración asociada al marcador

Esta estructura se replica de forma idéntica para cada marcador incluido en la aplicación, lo que permite mantener una lógica uniforme en toda la experiencia aumentada.

- **EventSystem:**

Componente requerido por Unity para gestionar las interacciones con la interfaz. Está presente una sola vez en la escena y permite que todos los botones respondan adecuadamente.

Tecnologías Utilizadas

El desarrollo de *Metro Mágico CDMX* se realizó utilizando herramientas especializadas en entornos interactivos, programación en tiempo real y Realidad Aumentada. A continuación, se describen las tecnologías y plataformas empleadas durante el proyecto:

Motor de desarrollo

- **Unity 2022.3.5f1**

Motor de desarrollo utilizado para crear la aplicación, administrar la lógica de interacción, diseñar las escenas 3D y gestionar los eventos de usuario. Unity permitió compilar el proyecto para la plataforma Android mediante un flujo de trabajo modular y flexible.

Realidad Aumentada

- **Vuforia Engine 11.1.3**

Plataforma integrada en Unity para el reconocimiento de marcadores e implementación de Realidad Aumentada. Se utilizó el sistema de *Image Targets* para activar contenido multimedia al detectar los íconos de estaciones del metro. La base de datos de marcadores fue configurada directamente desde el *Vuforia Target Manager* y exportada al proyecto.

Lenguaje de programación

- **C#**

Lenguaje empleado para la escritura de todos los scripts del sistema, incluyendo animaciones, lógica de botones, control de escenas y administración de audio.

Plataforma de compilación

- **Android**

El proyecto fue exportado como archivo .apk para dispositivos Android. La compilación fue realizada directamente desde Unity, empleando compresión **LZ4** y arquitectura compatible con dispositivos de 32 bits y superiores. No se utilizó **Google Play App Bundle**, ya que la aplicación se distribuye por medios externos.

Librerías y paquetes adicionales

- **TextMesh Pro**

Utilizado para mejorar la calidad tipográfica de la interfaz dentro del proyecto, permitiendo textos más nítidos y configurables.

Herramientas de apoyo

- **TTSMaker**

Plataforma en línea utilizada para generar narraciones en formato MP3, las cuales fueron integradas a la experiencia aumentada de cada marcador.

- **Autodesk 3ds Max**

Empleado en el modelado y edición de elementos tridimensionales utilizados en las escenas aumentadas. Los modelos fueron posteriormente exportados e integrados en Unity con sus respectivas animaciones.

Sistema operativo de desarrollo

- **Windows 11**

El entorno de desarrollo completo fue implementado en sistema operativo Windows, lo cual facilitó la integración de herramientas externas, exportación del proyecto y pruebas locales con dispositivos Android.

Cronograma de Actividades

| Fecha | Actividad | Descripción |
|-------------|---|--|
| 14 de abril | Redacción del documento del proyecto (borrador) | Inicio de la propuesta: portada, temática, propuesta de implementación y estilo general del documento. |
| 15 de abril | Instalación y preparación del entorno de Unity + Registro de licencia Vuforia | Configuración técnica base del proyecto. |
| 16 de abril | Creación del proyecto base en Unity + Estructura de carpetas + Creación del repositorio | Organización inicial del entorno y repositorio. |
| 17 de abril | Diseño de arquitectura del proyecto en Unity | Planeación lógica: módulos, scripts, carga dinámica, organización. |
| 18 de abril | Creación de base de datos de íconos/marcadores | Asociación visual y técnica de cada ícono con su contenido. |
| 19 de abril | Búsqueda de modelos 3D y animaciones (parte 1) | Descarga de recursos base para el prototipo. |
| 20 de abril | Búsqueda de modelos 3D y animaciones (parte 2) | Terminación de la fase de búsqueda y selección de recursos. |
| 21 de abril | Redacción de guiones para narraciones | Escribir los textos que se grabarán para las estaciones. |
| 22 de abril | Grabación de narraciones (parte 1) | Grabar narraciones para 3 estaciones del prototipo. |
| 23 de abril | Grabación de narraciones (parte 2) + Edición básica | Terminar grabaciones y dejar archivos de audio listos. |
| 24 de abril | Integración del sistema de audio en Unity | Asignar audios por marcador, incluir triggers y probar. |
| 25 de abril | Implementación de interfaz de usuario | Diseño de botones, paneles, logos y su funcionalidad. |
| 26 de abril | Implementación del sistema de carga dinámica | Código que detecta marcador y descarga recurso correspondiente. |

| | | |
|-------------|---|---|
| 27 de abril | Pruebas técnicas del prototipo (día 1 de 2) | Verificar funcionamiento correcto de los primeros elementos. |
| 28 de abril | Pruebas técnicas del prototipo (día 2 de 2) | Correcciones y validación de todas las estaciones del prototipo. |
| 29 de abril | Captura de evidencias + grabación de video | Documentar visualmente la experiencia para incluir en manual y repositorio. |
| 30 de abril | Redacción del manual de usuario | Guía para usuarios: capturas, instrucciones paso a paso. |
| 01 de mayo | Redacción del manual técnico (día 1 de 2) | Descripción técnica del sistema, módulos, tecnologías, cronograma. |
| 02 de mayo | Redacción del manual técnico (día 2 de 2) | Estructuración y revisión final del documento técnico. |
| 03 de mayo | Análisis de costos actualizado + análisis de viabilidad actualizado | Ajustar cifras reales y redactar justificación técnica y económica. |
| 04 de mayo | Cálculo del precio final de la aplicación | Propuesta de precio basada en los costos de implementación. |
| 05 de mayo | Subida final del proyecto al repositorio de GitHub | Código fuente, ejecutables, documentación, videos. |
| 06 de mayo | Creación de la presentación final | Diseño visual, estructura narrativa y selección de diapositivas clave. |
| 07 de mayo | Revisión general del proyecto | Revisión integral y simulación de entrega final. |

| Fecha | Actividad |
|------------|---|
| 08 de mayo | Día reservado para imprevistos |
| 09 de mayo | Día reservado para imprevistos |
| 10 de mayo | Día reservado para imprevistos |
| 11 de mayo | Día de respaldo (ajustes finales si algo falló) |
| 12 de mayo | Día de respaldo (cualquier reposición faltante) |
| 13 de mayo | Revisión final voluntaria / descanso |
| 14 de mayo | Entrega oficial del proyecto |

Análisis de Viabilidad del Proyecto

1. Factores Financieros

- El proyecto es viable económicamente si se contempla su implementación institucional. La Secretaría de Cultura, el STC Metro o incluso la SEP podrían adquirirlo como herramienta educativa y cultural para la ciudadanía.
- El presupuesto estimado de \$62,350 MXN es competitivo en comparación con otros desarrollos de software con fines sociales.
- Existe potencial para retorno de inversión (ROI) si se comercializa por licencia o suscripción. El gobierno cuenta con recursos suficientes para financiar su uso en campañas educativas o de concientización cultural.

2. Factores de Mercado

Existe una demanda clara por herramientas educativas interactivas, especialmente con enfoque urbano y cultural.

Los usuarios potenciales incluyen:

- Estudiantes de nivel medio-superior y superior.
- Turistas nacionales y extranjeros.
- Ciudadanos interesados en historia y cultura.

Actualmente no hay competencia directa en el uso de Realidad Aumentada aplicada al Metro de la CDMX. La aplicación ocupa un nicho único y puede extenderse fácilmente a otras líneas.

3. Factores Legales y Regulatorios

Para una implementación real, sería necesario:

- Solicitar autorización de uso de imagen al STC Metro.
- Garantizar que los modelos 3D y audios usados sean de autoría propia o con licencias libres/comerciales.
- El proyecto no recolecta datos personales, por lo que no infringe leyes de privacidad como la Ley Federal de Protección de Datos Personales.

4. Factores Humanos y Organizacionales

La aplicación está diseñada para ser fácil de usar e intuitiva.

- Requiere únicamente la cámara del celular y conexión a internet.
- Los usuarios pueden experimentar la app desde casa, escaneando logotipos físicos o digitales.
- Adultos mayores podrían requerir orientación, pero el diseño es minimalista.
- Usuarios favorecidos: jóvenes, oficinistas, estudiantes, docentes, turistas digitales.
- Puede incluirse un tutorial rápido en futuras versiones para ampliar la accesibilidad.

5. Factores Operativos

El uso de Asset Bundles permite:

- Carga dinámica de contenido desde la nube.
- Fácil escalabilidad: se pueden añadir nuevas estaciones o líneas sin reconstruir la app.
- Mantenimiento simple y de bajo costo.
- La app no requiere recursos intensivos, por lo que puede funcionar en la mayoría de los smartphones actuales.

6. Factores Sociales, Culturales y Éticos

El proyecto fomenta el acceso gratuito al conocimiento, la identidad cultural y la valorización del entorno urbano.

- No discrimina ni excluye.
- Está enfocado en la educación, cultura y tecnología socialmente útil.
- Ayuda a transformar el viaje diario en metro en una experiencia enriquecedora.
- Promueve el orgullo por el patrimonio urbano y la historia de la ciudad.

Tabla Detallada de Costos – Proyecto completo (21 estaciones)

Fecha de elaboración: 14 de abril de 2025

Responsable: Alan Eduardo Méndez Cuenca

| Categoría | Descripción | Cantidad | Costo Unitario (MXN) | Costo Total (MXN) |
|------------------------|---|------------|----------------------|-------------------|
| Desarrollo de Software | Planificación técnica (arquitectura del sistema) | 2 días | \$850 | \$1,700 |
| | Configuración del entorno (Unity, Vuforia, GitHub) | 1 día | \$850 | \$850 |
| | Programación del sistema completo (RA, animaciones, UI) | 7 días | \$850 | \$5,950 |
| | Pruebas funcionales y ajustes finales | 2 días | \$850 | \$1,700 |
| Diseño de Contenido | Creación/adaptación de modelos 3D (uno por estación) | 21 modelos | \$1,500 | \$31,500 |
| | Diseño de interfaz de usuario (UI) | 1 día | \$850 | \$850 |
| | Edición de gráficos, íconos y texturas | 1 día | \$850 | \$850 |
| Producción de Audio | Redacción de guiones para narraciones (21 estaciones) | 2 días | \$850 | \$1,700 |
| | Generación de voz con IA y procesamiento | 1 día | \$850 | \$850 |
| Pruebas de Usuario | Autoevaluación técnica y funcionalidad como validación de uso | 1 día | \$850 | \$850 |
| Documentación | Manual de usuario con capturas y explicación de uso | 1 día | \$850 | \$850 |

| | | | | |
|--------------------------|---|---------------|----------------------------|---------|
| | Manual técnico (estructura del proyecto, tecnologías, cronograma) | 2 días | \$850 | \$1,700 |
| | Evidencia en video y diseño de presentación final | 1 día | \$850 | \$850 |
| Marketing y Distribución | Mockups promocionales y assets de difusión | 1 día | \$850 | \$850 |
| | Simulación de publicación en tiendas digitales | 1 registro | \$600 | \$600 |
| Costos de Hardware | Uso técnico de smartphone para desarrollo y pruebas | 1 dispositivo | \$1,200 (estimado mensual) | \$1,200 |
| Costos Adicionales | Margen por imprevistos (15% del subtotal) | — | — | \$7,800 |

Resumen General por Categoría

| Categoría | Subtotal (MXN) |
|---------------------------|---------------------|
| Desarrollo de Software | \$10,200 |
| Diseño de Contenido | \$33,200 |
| Producción de Audio | \$2,550 |
| Pruebas de Usuario | \$850 |
| Documentación | \$3,400 |
| Marketing y Distribución | \$1,450 |
| Costos de Hardware | \$1,200 |
| Costos Adicionales (15%) | \$7,800 |
| Total del Proyecto | \$60,650 MXN |

Tabla Detallada de Costos – Prototipo (5 estaciones)

Responsable: Alan Eduardo Méndez Cuenca

Fecha de elaboración: 14 de abril de 2025

| Categoría | Descripción | Cantidad | Costo Unitario (MXN) | Costo Total (MXN) |
|--------------------------|--|------------|----------------------|-------------------|
| Desarrollo de Software | Planificación técnica | 1 día | \$850 | \$850 |
| | Configuración del entorno | 1 día | \$850 | \$850 |
| | Programación del sistema (5 estaciones) | 4 días | \$850 | \$3,400 |
| | Pruebas funcionales y ajustes | 1 día | \$850 | \$850 |
| Diseño de Contenido | Creación/adaptación de 5 modelos 3D | 5 modelos | \$1,500 | \$7,500 |
| | Diseño de interfaz de usuario | 1 día | \$850 | \$850 |
| | Edición de gráficos, texturas, íconos | 1 día | \$850 | \$850 |
| Producción de Audio | Redacción de guiones para 5 estaciones | 1 día | \$850 | \$850 |
| | Generación de voz IA + procesamiento | 1 día | \$850 | \$850 |
| Pruebas de Usuario | Validación funcional del prototipo | 1 día | \$850 | \$850 |
| Documentación | Manual de usuario + capturas y explicación | 1 día | \$850 | \$850 |
| | Manual técnico (ajustado al prototipo) | 1 día | \$850 | \$850 |
| | Evidencia en video y presentación final | 1 día | \$850 | \$850 |
| Marketing y Distribución | Mockups simulados para difusión | 1 día | \$850 | \$850 |
| | Simulación de publicación digital | 1 registro | \$600 | \$600 |

| | | | | |
|--------------------|--|---------------|---------|------------------|
| Costos de Hardware | Uso técnico de smartphone para pruebas | 1 dispositivo | \$1,200 | \$1,200 |
| Costos Adicionales | Margen por imprevistos (15%) | — | — | \$3,000 (aprox.) |

Resumen General por Categoría – Prototipo

| Categoría | Subtotal (MXN) |
|----------------------------|---------------------|
| Desarrollo de Software | \$5,950 |
| Diseño de Contenido | \$9,200 |
| Producción de Audio | \$1,700 |
| Pruebas de Usuario | \$850 |
| Documentación | \$2,550 |
| Marketing y Distribución | \$1,450 |
| Costos de Hardware | \$1,200 |
| Costos Adicionales (15%) | \$3,000 |
| Total del Prototipo | \$25,900 MXN |

Precio: 25,900 MXN

Licencias y Créditos

Imágenes y gráficos

- Todas las imágenes utilizadas en la aplicación, incluyendo íconos, botones, interfaz gráfica y recursos visuales, fueron elaboradas de manera original dentro del desarrollo del proyecto.
- No se utilizaron imágenes de terceros ni con licencia externa.

Audios

- Las narraciones empleadas para cada estación fueron generadas mediante la plataforma **TTSMaker** (<https://ttsmaker.com/es>).
- Se respetaron los términos de uso de la herramienta, la cual permite la generación de audios libres de derechos para proyectos educativos y no comerciales.

Modelos 3D de autoría propia

Los siguientes modelos tridimensionales fueron creados desde cero para el proyecto:

- Universidad3DWhite
- Copilco3DWhite
- Zapata3DWhite
- Guerrero3DWhite
- Guerrero
- AntiEsclavitud
- LaRaza3DWhite
- LogoUNAM

Modelos 3D con licencia CC Attribution (Creative Commons Atribución)

Los siguientes modelos fueron descargados de la plataforma **Sketchfab** y utilizados respetando sus respectivas licencias CC Attribution. Fueron adaptados y optimizados dentro del entorno de Unity para su integración:

| Modelo | Autor (Sketchfab) | Licencia |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------|
| Biblioteca Central UNAM | alecsvaldez | CC Attribution |
| Cabeza Olmeca | jess oliva | CC Attribution |
| Volcán | jaimerog | CC Attribution |
| Cabeza Serpiente Prehispánica - CDMX | Jorge Cu | CC Attribution |
| Emiliano Zapata | statuevision | CC Attribution |
| Maíz Low Poly | Henry_Frean | CC Attribution |
| Caballo | Antonio Nicolas | CC Attribution |
| Mexican Flag | SusiePhilpott | CC Attribution |
| Chichén Itzá | McKinneyPublicLibrary | CC Attribution |
| Blackhole | shikoooooooooooo | CC Attribution |
| Saturno | uperesito | CC Attribution |
| Telescope | Francesco Coldesina | CC Attribution |
| Acacia tree | evolveduk | CC Attribution |

Modelo 3D con licencia Estándar (Free3D)

| Modelo | Autor (Free3D) | Licencia |
|---------------------|------------------|----------------------------|
| Libro 005 modelo 3D | Artist Rendering | Licencia Estándar (Free3D) |

Herramientas utilizadas

- **Unity 2022.3.5f1**: Motor de desarrollo de la aplicación.
- **Vuforia Engine 11.1.3**: Motor de Realidad Aumentada.
- **TextMesh Pro**: Librería integrada para mejoras tipográficas.
- **Autodesk 3ds Max**: Software utilizado para el modelado y edición de objetos tridimensionales.
- **TTSMaker**: Herramienta en línea para generación de audios narrativos.