

Aplicación web educativa didáctica para la visualización geoespacial e interactiva de meteoritos caídos en el planeta utilizando datos históricos y la API de Google Earth

Kevin Emiro Ospinal Mena

24 de marzo del 2026

**Aplicación web educativa para la visualización geoespacial e interactiva de
meteoritos caídos en el planeta utilizando datos históricos y la API de
Google Earth**

Kevin Emiro Ospinal Mena
Universidad Piloto de Colombia

Docente:
Fabian Alberto Gaitán Giraldo
Giovanni Fajardo Utria
24 de febrero del 2026

Tabla de Contenido

Formulación del problema	11
Justificación.....	16
Objetivos específicos.....	17
Marco Referencial	18
Marco Conceptual.....	18
Marco Teórico	20
Aplicaciones tecnológicas	20
Base de datos.....	22
Geolocalización.....	24
Interfaz de usuario (UI).....	26
Meteorito.....	28
Marco Actual.	32
Diseño Metodológico	33
Cronograma.....	40
CAPÍTULO 1	43
1.1 Revisión bibliográfica de estudios sobre enseñanza de fenómenos astronómicos con tecnologías web.	43
1.1.1 Clasificación de los documentos por aporte al proyecto.....	43
1.1.2 Tecnologías emergentes en la educación astronómica	47
1.1.3 Diseño de interfaces en aplicaciones educativas	47
1.2. Análisis de Modelos Arquitectónicos.....	48
1.3 Consolidar requerimientos con docentes de ciencias y expertos.	51
1.3.1 Tipos de Requerimientos:	51
1.3.2 Requerimientos:	52
1.3.3 Sobre el proyecto:	52
1.3.4 Conclusiones de la entrevista con el experto.....	54
1.3.5 Sobre la aplicación:	55
Capítulo 2.....	57

Diseño del Proyecto	57
2.1 Mockups de la interfaz.	57
2.2 Funciones.....	60
2.2.1 Enfocadas en el Usuario	60
2.2.2 Enfocadas en lo técnico	61
2.2.3 Enfocado en la calidad del servicio	61
2.2.4 Estructura de Navegación	62
2.2.5 Historias de usuario	63
2.3 Diseño del sistema bajo el modelo 4+1 Vistas.....	71
2.3.1 +1 Escenarios: Casos de Uso	71
2.3.1.1 Diagrama General de Casos de Uso	72
2.3.2 Vista Lógica: Diagrama de Clases	83
2.3.2.1. Diagrama de Clases	84
2.3.3 Vista de Desarrollo: Componentes y Módulos	85
2.3.3.1 Diagrama de Arquitectura.....	85
2.3.3.2 Descripción de Componentes	86
2.3.3.3 Diagrama de Componentes	88
2.3.4 Vista de Procesos: Interacciones Dinámicas	89
2.3.4.1 Diagrama de flujo principal	89
2.3.4.2 Diagrama de Secuencia General	90
2.3.4.3 Diagramas de Secuencia por Caso de Uso.....	91
2.3.5 Vista Física: Interacciones Dinámicas	94
2.3.5.1 Diagrama de Despliegue.....	94
2.3.6 Diseño de la Base de Datos.....	95
2.3.6.1 Modelo Entidad-Relación	95
2.3.7 Diseño de API/REST	96
2.3.7.1 Endpoints	96
2.3.8. Diseño de Procesamiento de Datos	97
2.3.8.1. Flujo de Procesamiento.....	97

2.3.9 Patrones de Diseño	98
2.3.10 Especificación Técnica.....	99
CAPÍTULO 3.....	101
3.1 Aplicación de la metodología IID	101
3.1.1 Calendario real de ejecución	101
3.2 Registro de Iteraciones.....	102
3.2.1 Iteración 01: Investigación y análisis inicial	102
3.3.2 Iteración 02: Definición de requerimientos y diseño inicial	103
3.3.3 Iteración 03: Diseño detallado, preparación técnica e inicio de obtención de datos.....	105
3.3.4 Iteración 04: Desarrollo de datos del sistema e inicio de interfaz con mapa	106
3.3.5 Iteración 05: Preparación de interfaces e integración de módulos	107
3.3.6 Iteración 06: Ajustes finales con opiniones externas e internas y cierre.....	109
3.4 Obtención y preparación de datos	112
3.5 Desarrollo de las funcionalidades e interfaz.....	113
3.6 Apartados de la aplicación	114
3.6.1 Componente Inicio.....	115
3.6.2 Componente Mapa.....	116
3.6.3 Componente Origen	118
3.6.4 Componente Curiosidades.....	119
3.6.5 Componente Detalles del Meteorito	120
3.6.6 Componente Comparación: Altura.....	121
3.6.7 Componente Comparación: Masa.....	122
3.6.8 Componente Trayectoria e impacto	123
3.7 Lecciones aprendidas.....	124
Capítulo 4.....	126
4.1 Metodología de validación.....	126

4.1.1 Estrategia de pruebas.....	126
4.1.2 Entorno de pruebas	127
4.1.3 Criterios de aceptación	128
4.2 Pruebas funcionales	128
4.2.1 Validación de la capa de datos (Python).....	128
4.2.1.1 Casos de prueba y resultados detallados.....	129
4.2.1.2 Análisis de errores en capa de datos	130
4.2.2 Validación del backend (Node.js)	130
4.2.2.1 Pruebas de endpoints con Postman	130
Tabla 4.1. Resultados de pruebas de endpoints	131
4.2.3 Validación de la interfaz (Angular)	131
4.2.3.1 Componente Inicio.....	132
4.2.3.2 Componente Mapa	132
4.2.3.3 Componente Detalles	133
4.2.3.4 Componentes de comparación (Altura y Masa).....	134
4.2.3.5 Componente Trayectoria	136
4.2.5 Registro de errores y resolución (Bug Tracking)	136
4.3 Pruebas no funcionales	138
4.3.1 Pruebas de compatibilidad.....	138
4.3.1.1 Navegadores y versiones evaluados	138
4.3.1.2 Matriz de compatibilidad por funcionalidad.....	140
4.4 Evaluación didáctica y experiencia de usuario.....	141
4.4.1 Evaluación con usuarios	141
4.4.2 Resultados de la evaluación con usuarios	142
4.4.2.1 Tabulación de respuestas cuantitativas.....	142
4.4.2.2 Análisis de resultados por categoría	143
4.4.3 Conclusión del asesor experto	144
4.4.3.1 Primera evaluación (15 septiembre 2025)	144
4.4.3.2 Segunda evaluación (10 noviembre 2025)	144

4.4.3.3 Impacto de la asesoría en el producto final	145
4.5 Ajustes finales y mejoras implementadas.....	146
4.6 Validación final.....	146
4.6.1 Criterios de validación.....	146
4.6.1 Problemas persistentes.....	148
Conclusiones.....	149
Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS	154

Tabla de Tablas.

Tabla 1. Análisis de los involucrados	14
Tabla 2 Análisis de aplicaciones de meteoritos.....	32
Tabla 3 Diseño metodológico por objetivo	34
Tabla 4. Comparación Metodologías de desarrollo de Software.....	35
Tabla 5 Cronograma	40
Tabla 6 Revisión Bibliográfica.....	43
Tabla 7. Análisis de Modelos Arquitectónicos	48
Tabla 8. Dato vs Lenguaje Cotidiano	52
Tabla 9. HU-001: Explorar Meteoritos en Mapa	63
Tabla 10. HU-002: Acceso a Información Detallada de Meteoritos.....	64
Tabla 11. HU-003: Comparativa Visual de Altura con Objetos Cotidianos	66
Tabla 12. HU-004: Comparativa de Masa con Equivalencias Cotidianas.....	67
Tabla 13. HU-005: Simulación de Trayectoria e Impacto.....	68
Tabla 14. HU-006: Navegación por Contenido Informativo	70
Tabla 15. CU-001 Explorar Meteoritos en Mapa Interactivo.	73
Tabla 16. CU-002 Acceder a Información General del Meteorito.	75
Tabla 17. CU-003 Visualizar Diagramas de Datos Complejos.....	78
Tabla 18. CU-004: Consultar Apartados Informativos	80
Tabla 19. Descripción de Componentes	86

Tabla 20. Tablas de Endpoints.....	96
Tabla 21. Especificaciones Técnicas del sistema	99
Tabla 22. Resumen de la aplicación del modelo 4+1 Vistas	100
Tabla 23. Calendario de ejecución	101
Tabla 24. Iteración 01	102
Tabla 25. Iteración 02	103
Tabla 26. Iteración 03	105
Tabla 27. Iteración 04	106
Tabla 28. Iteración 05	107
Tabla 29. Iteración 06	109
Tabla 30. Iteraciones vs los requerimientos funcionales de la aplicación	111
Tabla 31. Niveles de Prueba	126
Tabla 32. Entorno de pruebas	127
Tabla 33. Criterios de aceptación.....	128
Tabla 34. Casos de prueba y resultados detallados.....	129
Tabla 35. Análisis de errores en capa de datos	130
Tabla 36. Resultados de pruebas de endpoints.....	131
Tabla 37. Validación Componente Inicio	132
Tabla 38. Validación Componente Mapa.....	132
Tabla 39. Validación Componente Detalles	133
Tabla 40. Validación Componente Altura y Masa.....	134
Tabla 41. Validación Componente Trayectoria.....	136
Tabla 42. Registro de errores (Bug Tracking)	137
Tabla 43. Compatibilidad Navegadores	138
Tabla 44. Matriz de compatibilidad por funcionalidad.....	140
Tabla 45. Evaluación de usuarios	141
Tabla 46. Tabulación de respuestas cuantitativas	142
Tabla 47. Análisis de resultados por categoría	143
Tabla 48. Ajustes finales y mejoras implementadas	146
Tabla 49. Evaluación de Criterios de validación	147
Tabla 50. Respuestas a preguntas de evaluación	164

Tabla 51. Respuestas a preguntas abiertas	165
--	------------

Tabla de Ilustraciones.

Ilustración 1. árbol de Problemas	12
Ilustración 2. árbol de Objetivos	13
Ilustración 3. Mockup Home	58
Ilustración 4. Mockup Mapa.....	59
Ilustración 5. Mockup Especificación de Componentes.....	60
Ilustración 6. Casos de uso	72
Ilustración 7. Diagrama de Clases	84
Ilustración 8. Diagrama de Arquitectura.....	85
Ilustración 9. Tabla de Componentes	88
Ilustración 10. Diagrama de Flujo	89
Ilustración 11. Diagrama de secuencia.....	90
Ilustración 12. CU-001	91
Ilustración 13. CU-002	92
Ilustración 14. CU-003	93
Ilustración 15. CU-004	94
Ilustración 16- Diagrama de despliegue	94
Ilustración 17. Modelo entidad Relación	95
Ilustración 18. Flujo de procesamiento de datos	98
Ilustración 24. Componente inicio	115
Ilustración 25. Componente Mapa	116
Ilustración 26. Componente Origen.....	118
Ilustración 27. Componente Curiosidades.....	119
Ilustración 28. Componente Detalles.....	120
Ilustración 29. Componente Comparación: Altura	121
Ilustración 30. Componente Masa	122
Ilustración 31. Componente Trayectoria Espacio.....	123
Ilustración 32. Componente Trayectoria Impacto.....	124

Ilustración 19. Componente Mapa - Versión preliminar sin agrupación de puntos	160
Ilustración 20. Componente Masa - Versión preliminar en 2D	160
Ilustración 21. Componente Altura - Versión preliminar	161
Ilustración 22. Componente Trayectoria - Versión preliminar	162
Ilustración 23. Componente Impacto – Antes de descartar	162

Formulación del problema

Según estudios recientes¹ resaltan cómo la falta de recursos tecnológicos adecuados impide la tener un material de apoyo eficaz de fenómenos astronómicos y científicos. Por esto temas astronómicos como la caída y el impacto de meteoritos ha presentado limitaciones debido a la escasez de herramientas didácticas en un mundo donde se busca tener tecnológicas accesibles e interactivas que faciliten la comprensión de estas temáticas complejas. A pesar de que existen más de 60.000 meteoritos catalogados por instituciones como la NASA², la mayoría de estos datos están almacenados en bases de datos públicas de difícil interpretación para estudiantes y docentes sin formación técnica especializada. Además, investigaciones como la de Ceplecha³ han resaltado la relevancia del estudio de los meteoritos para entender procesos fundamentales del sistema solar, mientras que informes⁴ señala que la carencia de recursos educativos modernos limita la enseñanza de conceptos astronómicos y geofísicos en las aulas.

Sumado a ello, los programas educativos suelen abordar de forma superficial la temática como los mencionados anteriormente siendo fenómenos clave que juntan varias temáticas de física aplicadas además de ser por sí mismo un tema de interés a nivel científico.

pregunta orientadora:

¿Cómo se puede implementar una aplicación web educativa, usando geolocalización y recursos interactivos sobre los meteoritos impactados, para mejorar la comprensión sobre el fenómeno en un lenguaje cotidiano?

¹ RID UNRN (Red Interuniversitaria de Didáctica). La enseñanza de fenómenos astronómicos mediante TIC. Argentina, 2023.

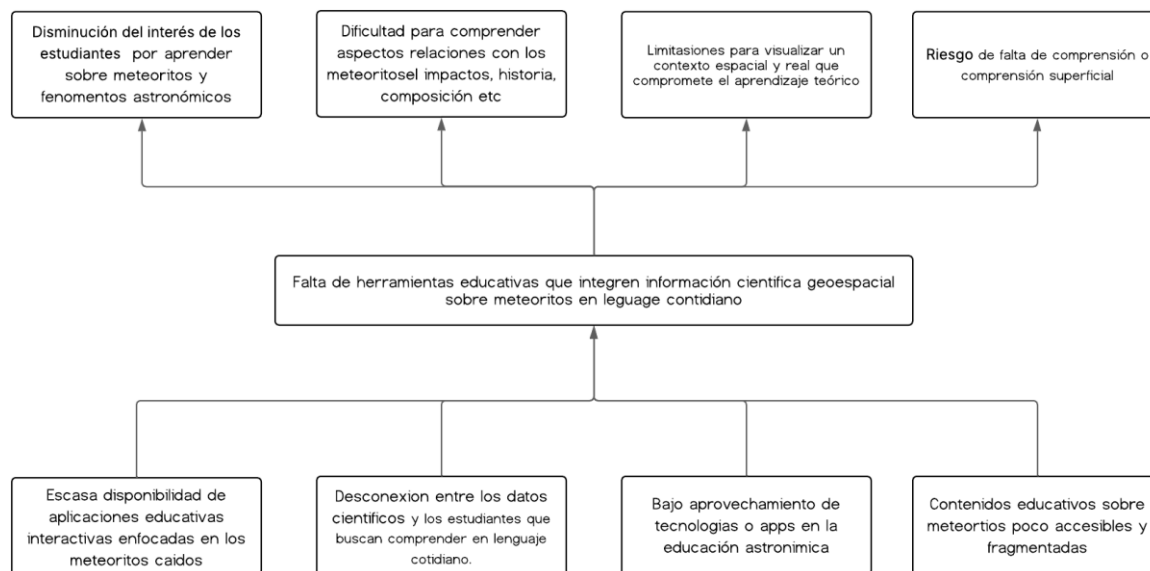
² NASA. Meteoritical Bulletin Database [en línea]. 2021. Disponible en: <https://www.lpi.usra.edu/meteor/> [Consulta: abril de 2025].

³ CEPLÉCHA, Zdenek; SPURNÝ, Pavel; BOROVIČKA, Jiří; KEAY, Colin S. L. Meteor Phenomena and Bodies. Space Science Reviews, 1998, vol. 84, no. 3–4, p. 327–471.

⁴ RID UNRN (Red Interuniversitaria de Didáctica). La enseñanza de fenómenos astronómicos mediante TIC. Argentina, 2023.

Árbol del problema: En la siguiente figura se presenta el análisis de la relación causa-impacto de los objetivos a tener presente para solventar el problema con la enseñanza del meteorito.

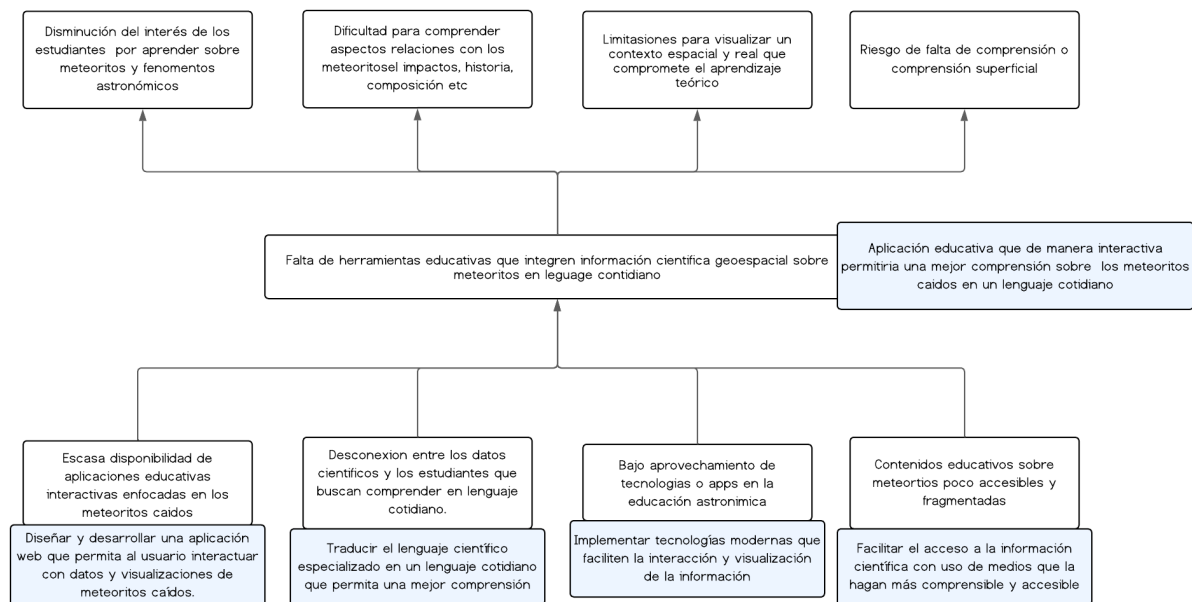
Ilustración 1. árbol de Problemas



Fuente: Elaboración Propia

Árbol de Objetivos: En la siguiente figura se muestran los objetivos a tener presente para solventar el problema con la enseñanza del meteorito, para evitar llegar a las consecuencias.

Ilustración 2. árbol de Objetivos



Fuente: Elaboración Propia

Análisis de involucrados:

Tabla 1. Análisis de los involucrados

Grupos	Intereses	Problemas	Recursos / Mandatos
Estudiantes	Aprender de forma visual e interactiva, alejándose de lo tradicional y aburrido	Contenido complejo, desactualizado o poco atractivo.	Ganas de aprender de manera cómoda y didáctica.
Docentes de ciencias	Disponer de herramientas didácticas que apoyen la enseñanza y aumente el interés en estos temas.	Falta de recursos didácticos modernos adaptados al currículo.	Conocimiento pedagógico con capacidad de integrar tecnología en los estudiantes.
Desarrollador	Crear una herramienta que cumpla como herramientas que cause interés en los estudiantes.	Dificultades técnicas en integración de datos científicos y visuales.	Conocimiento técnico, Frameworks, APIs como Google Earth y para animar.
Instituciones educativas	Mejorar la calidad de sus recursos educativos y aumentar el	Limitaciones económicos o tecnologico.	Infraestructura, comunidad estudiantil, marco curricular.

	interés por parte de los estudiantes por aprender.		
Divulgadores científicos	Difundir conocimiento astronómico al público general.	Alcance limitado y dificultad de traducir datos científicos a lenguaje comprensible o cotidiano.	Experiencia en comunicación científica, acceso a contenido especializado.
Usuarios generales	interés sobre meteoritos o temas espaciales.	Poca existencia de recursos científicos en línea.	Curiosidad, tiempo libre, acceso a internet.
Google Earth	Ser fomentada y usada como plataforma visual interactiva.	Necesidad de integración eficiente.	Acceso a datos geoespaciales, visualización 3D global, documentación técnica.

Fuente: Elaboración Propia

Justificación

El acceso a la información científica debe estar disponible y poder ser tratada de la manera más simple y clara posible, especialmente para los estudiantes y jóvenes que pueden comenzar a tener un interés en la astronomía y las ciencias naturales. Un estudio de Beech⁵ señala que la educación sobre meteoritos sigue siendo limitada en muchos planes de estudio, a pesar de su relevancia en una mejor comprensión del origen del sistema solar y la evolución geológica de la Tierra. Además, según Jenniskens⁶, el análisis de meteoritos proporciona información clave de la composición del universo y la historia del planeta, pero estos conocimientos no siempre son presentados de manera fácilmente accesible para el público general.

Además, se ha identificado que tanto estudiantes como docentes presentan dificultades para comprender fenómenos astronómicos cotidianos, lo que refleja una carencia en la formación y recursos educativos adecuados.⁷ Estas dificultades pueden atribuirse a la falta de recursos didácticos actualizados y atractivos que faciliten el aprendizaje de la astronomía temas donde la idea del proyecto presentado ayuda al hacer uso de una herramienta interactiva para esta área con el fin de ayudar en esta falencia.

Por lo tanto, la aplicación web buscara representar una solución innovadora para fomentar el conocimiento astronómico, facilitando el aprendizaje de temas complejos mediante tecnologías interactivas y contenido educativo accesible.

⁵ BEECH, M. (2006). *Meteors and Meteorites: Origins and Observations*. Springer.

⁶ JENNISKENS, P. et al. (2019). *Meteorite recovery and characterization: A global effort*. Meteoritics & Planetary Science, 54(3), 699-726.

⁷ RID UNRN (Red Interuniversitaria de Didáctica). La enseñanza de fenómenos astronómicos mediante TIC. Argentina, 2023.

Objetivo general

Realizar una aplicación web educativa que permita la visualización geoespacial de meteoritos caídos con apoyo de la API de Google Earth, al integrar datos históricos con elementos didácticos para mostrar su tamaño, energía, composición, origen, impacto y repercusiones en un lenguaje cotidiano.

Objetivos específicos

1. Determinar los requerimientos mediante el análisis de los aspectos clave relacionados con la visualización geoespacial de meteoritos caídos y su adecuada demostración didáctica.
2. Realizar el diseño de la interfaz web intuitiva, accesible que facilite la interacción y la comprensión de la información relacionada con los meteoritos caídos.
3. Desarrollar la aplicación web educativa sobre los meteoritos caídos con la API de Google Earth y la integración de los componentes didácticos con los datos.
4. Validar el funcionamiento de la aplicación educativa mediante pruebas que garanticen una calidad técnica y efectividad didáctica en la aplicación.

Marco Referencial

Este marco referencial tiene como propósito lograr sustentar teóricamente los fundamentos conceptuales y técnicos que orientan el desarrollo de la aplicación web de carácter educativo. En esta sección se presentan los principales conceptos, clasificado desde los más general hasta los más específico, que respaldan el diseño y la implementación del proyecto en términos técnicos. Entre estos se incluyen: aplicaciones tecnológicas, bases de datos, geolocalización, interfaces de usuario y realidad aumentada.

Por esto, cada uno de los términos anteriormente mencionados constituye una parte fundamental en la construcción de sistemas digitales modernos orientados a la enseñanza y al aprendizaje. Por los mismo estos elementos favorecen a la comprensión de la arquitectura técnica de la aplicación propuesta en su funcionalidad y términos clave.

Marco Conceptual

1. **Aplicaciones tecnológicas:** Las aplicaciones tecnológicas comúnmente conocidas como APP, son programas informáticos diseñados para satisfacer funciones específicas en distintas áreas y que pueden ejecutarse en dispositivos o navegadores web⁸.
2. **Bases de datos:** Una base de datos se define como un sistema organizado donde se almacenan y gestiona información digital de forma que se facilite la recuperación de grandes volúmenes de datos⁹.
3. **Geolocalización:** La geolocalización es una tecnología reciente que tiene como objetivo determinar la posición geográfica exacta de un objeto o usuario con el uso de señales satelitales o redes móviles¹⁰.

⁸ CABERO, Julio; LLORENTE, María C. Aplicaciones móviles en educación: estado de la cuestión. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 2020, no. 58, p. 183–203.

⁹ CORONEL, C., & Morris, S. (2015). *Database Systems: Design, Implementation, & Management*. Cengage Learning.

¹⁰ MARTÍNEZ, Ricardo; RODRÍGUEZ, Laura. Geolocalización y educación: una mirada desde las TIC. Revista de Tecnología Educativa, 2018, vol. 31, no. 1, p. 51–66.

4. **Interfaz de Usuario (UI):** La interfaz de usuario (UI) es la forma más comúnmente usada actualmente donde las personas interactúan con sistemas digitales usando elementos gráficos como botones, menús o iconos¹¹.
5. **Meteoritos:** Los meteoritos son fragmentos de materia que proviene del espacio que alcanzan a impactar en la superficie terrestre tras atravesar la atmósfera.¹²
6. **Alfabetización científica:** La alfabetización científica es la capacidad de involucrarse en temas que estén relacionado con la ciencia y las ideas asociadas a la misma, además de lograr evaluar información técnica de manera crítica. Implica también la habilidad de interpretar datos, explicaciones y fenómenos en un lenguaje accesible.¹³

¹¹ NORMAN, Donald A. *The Design of Everyday Things*. New York: Basic Books, 2013.

RAUP, David M.; SEPKOSKI, Jack J. Mass extinctions in the marine fossil record. *Science*, 1982.

¹² H. McSween, G. Huss y T. McCoy, *Meteorites and Their Parent Planets*. 3.^a ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.

¹³ J. Osborne, *Teaching Scientific Literacy*. Londres: Routledge, 2002.

Marco Teórico

En esta sección se presentan los fundamentos conceptuales que sustentan el desarrollo del proyecto. Se describen los principales conceptos relevantes para su construcción, con el fin de garantizar la coherencia teórica y orientar adecuadamente su diseño.

Aplicaciones tecnológicas

El desarrollo de aplicaciones tecnológicas (apps) tiene un origen junto a los avances fundamentales de la informática que surgieron en la década de los ochenta. En este periodo, la evolución de sistemas operativos y la creación de lenguajes de programación más accesibles permitieron que los programas informáticos fueran más funcionales y pudieran ser utilizados en diversas plataformas. Estos primeros pasos crearon unas bases para el desarrollo de software; con el paso del tiempo, se convertiría en una parte integral de la vida cotidiana.

Durante este periodo de transformación digital que estuvo impulsado principalmente por el crecimiento de los smartphones y las plataformas móviles además de la potencia de tecnologías, que cambiaron radicalmente la manera en que las personas interactúan con la tecnología¹⁴. Los dispositivos móviles, con sus capacidades de procesamiento avanzadas y su conectividad a la red, se convirtieron en herramientas multifuncionales y muy portables. Este avance permitió a las aplicaciones no solo mejorar el acceso a la información, sino también ofrecer soluciones prácticas y específicas para resolver problemas en tiempo real. Las apps empezaron a ser utilizadas no solo para entretenimiento, sino también para mejorar aspectos fundamentales de la vida diaria, incluyendo la educación, la ciencia y la medicina, entre otros sectores.

Simultáneamente en el ámbito educativo, las apps se destacaron como herramientas clave para promover el aprendizaje, permitiendo a los usuarios acceder a contenidos didácticos en cualquier momento y lugar. Con la capacidad de

¹⁴ Huang, Y.-M., Hwang, W.-Y., & Chang, *Innovations in Designing Mobile Learning Applications* (Año: 2010),

ajustarse según las necesidades del usuario, las aplicaciones facilitaron la creación de experiencias de aprendizaje más interactivas y dinámicas. La integración de tecnologías como la realidad aumentada, la geolocalización y las bases de datos enriqueció aún más el potencial de estas herramientas, proporcionando contextos de aprendizaje más inmersivos y prácticos.¹⁵

Asimismo, la facilidad de acceso y la interactividad promovieron un modelo de aprendizaje más participativo, permitiendo que los usuarios no solo consumieran información, sino que también pudieran generar contenido, analizar datos y colaborar en proyectos conjuntos.

Luego se observó el impacto de las aplicaciones tecnológicas en la ciencia y la divulgación del conocimiento ha sido igualmente significativo, por esto las aplicaciones científicas han permitido a investigadores y ciudadanos acceder a datos en tiempo real, realizar simulaciones y visualizar fenómenos complejos de manera más comprensible. En este sentido, las apps se han convertido en una herramienta clave para democratizar el conocimiento, facilitando la comprensión y análisis de datos científicos de manera accesible para un público más amplio.

En resumen, el desarrollo de aplicaciones tecnológicas ha sido una consecuencia directa de los avances en informática y las innovaciones tecnológicas de las últimas décadas. A medida que los dispositivos móviles han ganado popularidad y se han integrado en todos los aspectos de la vida cotidiana, las aplicaciones han emergido como herramientas clave para mejorar el acceso a la información, facilitar el aprendizaje y transformar cómo interactuamos con el conocimiento.

¹⁵ S. ADAMS BECKER, M. CUMMINS, A. DAVIS, A. FREEMAN, C. GLESINGER HALL, V. ANANTHANARAYANAN, *NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition* (The New Media Consortium, 2017), Estados Unidos.

Base de datos.

Las bases de datos, un componente esencial en el desarrollo de aplicaciones tecnológicas, nacieron con el auge de los sistemas computacionales en la segunda mitad del siglo XX. Fueron creadas para gestionar grandes volúmenes de información de manera estructurada y eficiente. Inicialmente, su aplicación se limitó a sectores como la contabilidad y administración de empresas, pero con el tiempo su uso se diversificó a otras disciplinas, especialmente la ciencia. Hoy en día, las bases de datos son fundamentales en el contexto científico, ya que permiten almacenar, consultar y organizar datos sobre fenómenos naturales, como los meteoritos, facilitando el acceso a información detallada sobre su ubicación, composición, fecha de caída, entre otros aspectos¹⁶.

Consecuentemente en el contexto científico, las bases de datos permiten registrar, clasificar y consultar información de manera estructurada convirtiéndose en fuentes confiables para aplicaciones interactivas que desean presentar datos científicos o de negocio en formatos comprensibles, fomentando la interpretación y el análisis autónomo del usuario¹⁷. Con las aplicaciones científicas, las bases de datos permiten a los usuarios acceder rápidamente a grandes volúmenes de información organizada. Esto no solo optimiza la consulta, sino que también facilita la interpretación y el análisis de los datos. A través de interfaces gráficas fáciles de usar, los usuarios pueden realizar búsquedas específicas y personalizadas, obteniendo solo los datos relevantes.

Además, un aspecto clave de las bases de datos es su estructura de datos relacionales los cuales permiten organizar la información en tablas, facilitando la actualización, modificación y recuperación de datos permitiendo combinar datos provenientes de diferentes fuentes, como observaciones astronómicas y registros históricos de meteoritos. Esta capacidad de integrar y organizar los datos de manera coherente es crucial para aplicaciones que buscan hacer la ciencia más accesible, como las apps educativas sobre meteoritos. Los usuarios pueden comparar datos,

¹⁶ S. K. SINGH, *Database Systems: Concepts, Design and Applications* (2010).

¹⁷ CEPLÉCHA, Zdenek; SPURNÝ, Pavel; BOROVIČKA, Jiří; KEAY, Colin S. L. Meteor Phenomena and Bodies. *Space Science Reviews*, 1998, vol. 84, no. 3–4, p. 327–471.

generar gráficos y realizar análisis personalizados, lo que no solo mejora la comprensión del fenómeno, sino que también facilita la toma de decisiones informadas.

Naturalmente el uso de bases de datos ha permitido que los datos sean accesibles desde cualquier lugar y en cualquier momento, mejorando la colaboración y el acceso remoto a la información. Esto es especialmente útil para aplicaciones, que requieren acceso constante a datos actualizados. En el caso de las apps científicas, como las dedicadas al estudio de meteoritos, la actualización en tiempo real de los datos es fundamental para garantizar que los usuarios siempre tengan acceso a información relevante y precisa.

En resumen, las bases de datos son fundamentales para el desarrollo de aplicaciones tecnológicas, especialmente en el ámbito científico y educativo. Permiten organizar y gestionar grandes volúmenes de información de manera eficiente, facilitando el acceso y la interpretación de los datos. Además, su integración en aplicaciones interactivas promueve el aprendizaje autónomo y el análisis activo del conocimiento, convirtiéndose en una herramienta clave para la divulgación científica y el avance del conocimiento.

Geolocalización.

La geolocalización es una tecnología que ha experimentado una notable evolución desde sus inicios en aplicaciones militares en la década de 1960 donde este tubo su inicio. Durante este periodo, el sistema de posicionamiento global (GPS) se desarrolló con el propósito principal de permitir a los militares determinar posiciones con alta precisión, lo que se traducía en una ventaja estratégica considerable. El GPS, desarrollado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos, fue inicialmente utilizado exclusivamente por fines militares, pero con el tiempo, su uso se expandió a una amplia gama de aplicaciones civiles.

Después de la década de 1990, la tecnología GPS comenzó a ser accesible para el público general gracias a la miniaturización de los dispositivos electrónicos y la mejora en la precisión del sistema.¹⁸ Este avance permitió que el GPS se integrara en más dispositivos, desde automóviles hasta teléfonos móviles. La incorporación de esta tecnología en los smartphones marcó un punto de inflexión, ya que transformó la geolocalización de una herramienta especializada en una función de uso cotidiano. Los usuarios ahora podían conocer su ubicación exacta en tiempo real, lo que no solo facilitaba la navegación, sino que también habría un sinfín de posibilidades para aplicaciones en áreas como el turismo, el transporte, la seguridad, y la salud, etc.

Por lo tanto, el GPS permitió identificar posiciones en la superficie terrestre con gran precisión, lo que ha sido un factor clave para el desarrollo de aplicaciones de geolocalización. Actualmente, esta tecnología no solo se utiliza para conocer la ubicación exacta de una persona o un objeto, sino que también se aplica en sistemas de mapeo, análisis espacial y monitoreo de flotas, entre otras apps que usamos diariamente.

Además, la integración de la geolocalización con otras tecnologías, con otros tipos de sensores de los dispositivos móviles, ha permitido ofrecer experiencias más

¹⁸ MARTÍNEZ, Ricardo; RODRÍGUEZ, Laura. Geolocalización y educación: una mirada desde las TIC. *Revista de Tecnología Educativa*, 2018, vol. 31, no. 1, p. 51–66.

personalizadas. Por ejemplo, las aplicaciones pueden ofrecer recomendaciones en tiempo real sobre restaurantes, tiendas o puntos turísticos cercanos, basadas no solo en la ubicación del usuario, sino también en sus preferencias previas. Esta capacidad de ofrecer servicios contextualizados ha transformado la manera en que los usuarios interactúan con la tecnología, brindando experiencias más inmersivas y relevantes.

Al mismo tiempo la geolocalización también ha tenido un impacto importante en sectores como la salud, donde se utilizan aplicaciones para el seguimiento de la actividad física, la monitorización de pacientes en tiempo real y la localización de recursos médicos. En la educación, las herramientas basadas en geolocalización han permitido desarrollar aplicaciones interactivas, explorando diferentes lugares y fenómenos geográficos de manera dinámica.

En resumen, la geolocalización ha tenido una evolución de ser una tecnología especializada para fines militares a convertirse en una herramienta indispensable en la vida cotidiana, integrada en una amplia variedad de dispositivos y aplicaciones. Su capacidad para ofrecer servicios personalizados y su integración con otras tecnologías la ha convertido en un componente esencial de las aplicaciones móviles modernas.

Interfaz de usuario (UI)

La interfaz de usuario (UI) es un concepto que ha evolucionado significativamente desde sus inicios en los primeros días del diseño de software gráfico. Este concepto tiene sus raíces en la década de 1970 con los experimentos pioneros realizados por Xerox PARC (Palo Alto Research Center),¹⁹ un centro de investigación que desarrolló el primer sistema gráfico de interfaz de usuario.

En esos años, los sistemas operativos eran principalmente de línea de comandos, lo que requería que los usuarios interactuaran con el computador a través de instrucciones textuales. Sin embargo, los innovadores de Xerox PARC propusieron un nuevo enfoque, que involucraba representaciones gráficas e interactivas con el uso de dispositivos como el ratón para interactuar con iconos y ventanas en pantalla, lo que facilitaba una interacción más intuitiva y accesible.

Naturalmente este avance en el diseño de interfaces gráficas sentó las bases para lo que luego sería luego conocido como el modelo de interacción moderno entre los usuarios y los sistemas digitales. Empresas como Apple y Microsoft tomaron estos principios y los llevaron al mercado en la década de 1980, la interfaz gráfica de usuario (GUI, por sus siglas en inglés) se consolidó como una revolución en la informática. Apple, con su lanzamiento del Macintosh en 1984²⁰, popularizó el concepto de las interfaces gráficas, integrando una amplia variedad de elementos visuales como iconos, botones, menús y ventanas, que simplificaron la interacción con el ordenador.

En la actualidad, la UI se ha convertido en un componente esencial de todas las aplicaciones digitales, tanto en computadoras de escritorio como en dispositivos móviles. La UI no es solo el diseño visual de una aplicación, sino que implica cómo los usuarios interactúan con los diferentes elementos dentro del sistema, como botones, campos de texto, menús y pantallas táctiles siendo indispensables hoy en día. La calidad de la interfaz de usuario tiene un impacto directo en la experiencia de uso, ya que una interfaz bien diseñada facilita que los usuarios comprendan

¹⁹ NORMAN, Donald A. The Design of Everyday Things. New York: Basic Books, 2013.

²⁰ Ibíd.

rápidamente cómo interactuar con el sistema y accedan a la información o funciones que necesitan. A través de la UI, los usuarios no solo navegan por la aplicación, sino que también forman su percepción de la herramienta.

Del mismo modo como Norman²¹ subraya que una interfaz de usuario intuitiva puede mejorar la satisfacción del usuario y aumentar el éxito de una aplicación²², mientras que una interfaz deficiente puede generar frustración y dificultar la adopción de la tecnología. La clave en el diseño de una UI efectiva es la simplicidad y la coherencia, donde los elementos visuales sean fáciles de entender y las interacciones sean lo más naturales y fluidas posibles.

Además de la simplicidad, la accesibilidad juega un papel crucial en la calidad de la UI. A medida que el uso de la tecnología se diversifica, las aplicaciones deben ser accesibles para una amplia gama de usuarios, incluidas personas con discapacidades.

En resumen, la interfaz de usuario ha pasado de ser una característica técnica en los primeros días de la informática a convertirse en un factor clave para el éxito de las aplicaciones tecnológicas.

²¹ Ibíd. 50

²² Ibíd. 50

Meteorito.

Durante el paso de los años la comprensión científica de los meteoritos ha avanzado significativamente, consolidándose como un campo clave para el estudio del origen y evolución del sistema solar. Desde el siglo XVIII, cuando se empezaron a registrar y analizar sistemáticamente las caídas de meteoritos, la comunidad científica logró superar la antigua creencia de que estos objetos provenían de fenómenos atmosféricos o eran simples supersticiones populares²³. Este cambio conceptual al definirlo como un objeto de interés científico permitió abrir nuevas líneas de investigación que con el tiempo han contribuido a fortalecer la astrofísica, la geología planetaria y la ciencia de materiales.

Los meteoritos se definen como fragmentos de roca, metal o combinaciones de ambos que provienen del espacio exterior y que, tras atravesar la atmósfera terrestre, logran impactar la superficie sin desintegrarse completamente²⁴. Estos objetos se clasifican comúnmente en rocosos (condritas y acondritas), metálicos (compuestos principalmente por hierro y níquel) y mixtos (rocosos-metálicos), cada uno con características químicas y estructurales que aportan información relevante sobre los cuerpos progenitores, como asteroides o cometas²⁵. Su análisis ha permitido descubrir componentes primordiales del sistema solar, incluyendo minerales que no existen de forma natural en la Tierra, así como microestructuras que revelan procesos de fusión, colisiones y enfriamiento ocurridos hace miles de millones de años.

Más allá de su relevancia científica, los meteoritos representan un fenómeno que despierta interés cultural, histórico y educativo. A lo largo del tiempo, han sido asociados con mitologías, interpretaciones religiosas e incluso usos rituales, especialmente en civilizaciones antiguas que desconocían su origen astronómico²⁶. En la actualidad, los meteoritos se estudian desde una perspectiva multidisciplinaria que integra la astronomía, la geografía, la física y las ciencias de la Tierra, lo que

²³ Molina, J. *Historia del estudio de los meteoritos*. Bogotá: Ediciones Astronómicas, 2019.

²⁴ Trigo-Rodríguez, J. *Geología planetaria y cuerpos menores*. Madrid: CSIC, 2020.

²⁵ Rossi, L. *Introducción a la meteórica*. Buenos Aires: AstroPress, 2018.

²⁶ Méndez, P. *Meteoritos y cultura humana*. Ciudad de México: Cosmos Editorial, 2016.

permite contextualizar su impacto tanto en la historia de la Tierra como en la comprensión del cosmos.

En el ámbito educativo, el uso de meteoritos como recurso didáctico ha demostrado ser altamente efectivo para facilitar la comprensión de conceptos astronómicos y geoespaciales que de otro modo resultan abstractos para los estudiantes. De acuerdo con García y López ²⁷, la visualización de meteoritos en entornos digitales como mapas interactivos, simulaciones tridimensionales o aplicaciones basadas en geolocalización permite interpretar con mayor facilidad fenómenos como trayectorias de ingreso, dispersión de fragmentos, distribución histórica de impactos y análisis energético.

Además, al realizar la integración de meteoritos en plataformas web que utilizan sistemas cartográficos, como Google Earth, facilita la exploración espacial en entornos realistas, permitiendo al usuario ubicarse geográficamente respecto a sitios de impacto, comparar tamaños, analizar patrones globales y comprender el carácter dinámico del sistema solar [6]. De esta manera, los meteoritos pueden dejar de ser elementos ajenos o distantes para convertirse en fenómenos concretos, visibles y comprensibles, lo que incrementa el interés por la ciencia y refuerza la alfabetización astronómica.

²⁷ García, P. y López, M. "Visualización astronómica como herramienta educativa". *Revista de Didáctica de las Ciencias*, vol. 12, n.º 2, pp. 45–58, 2021.

Alfabetización científica

La alfabetización científica es un componente esencial en la formación de ciudadanos capaces de comprender e interactuar con el mundo contemporáneo, caracterizado por una creciente presencia de términos científicos en la vida cotidiana. A partir de la década de 1990, este concepto comenzó a consolidarse gracias al aporte de organismos internacionales y movimientos educativos que buscaban promover la comprensión pública de la ciencia como un requisito fundamental para la participación social y el desarrollo cultural²⁸. Su importancia radica en que permite a las personas interpretar información científica, evaluar evidencias y tomar decisiones informadas en situaciones que involucran riesgos, fenómenos naturales o avances tecnológicos.

La alfabetización científica se define como la capacidad de una persona para comprender conceptos, procesos y explicaciones científicas, así como para interpretar datos, analizar información técnica y aplicar el razonamiento científico en situaciones reales²⁹. Esto incluye el dominio conceptual, además de también habilidades comunicativas, pensamiento crítico y la facultad de traducir información experta a un lenguaje cotidiano comprensible para cualquier persona.

En el ámbito educativo, la alfabetización científica es una herramienta clave para cerrar la brecha entre el conocimiento académico y la comprensión pública. De acuerdo con Ceballos³⁰. Siguiendo esto las tecnologías digitales —como mapas interactivos, aplicaciones web, animaciones geoespaciales y modelos tridimensionales— desempeñan actualmente un papel fundamental, pues facilitan la explicación de fenómenos complejos mediante representaciones visuales sencillas y accesibles.

La alfabetización científica cobra especial relevancia cuando se trata de temas astronómicos, geoespaciales o de gran abstracción conceptual. La representación

²⁸ Herrera, S. “Uso de plataformas geoespaciales para la enseñanza de la astronomía”. *Educación y Tecnología*, vol. 9, n.º 1, pp. 77–90, 2020.

²⁹ Bybee, R. *Achieving Scientific Literacy*. Washington: NSTA Press, 1997.

³⁰ Acevedo, D. “Conceptos fundamentales de alfabetización científica”. *Educación y Ciencia*, vol. 8, n.º 1, pp. 23–34, 2018.

de información técnica en formatos accesibles, como narrativas visuales, mapas temáticos o figuras interactivas, permite que personas sin formación especializada puedan comprender eventos como caídas de meteoritos, trayectorias orbitales o procesos físicos relacionados con el espacio³¹. Por ello, el desarrollo de herramientas digitales que traduzcan información compleja a un lenguaje cotidiano contribuye directamente al fortalecimiento de la alfabetización científica, al hacer que los estudiantes puedan relacionar fenómenos astronómicos con experiencias reales y significativas.

³¹ Ceballos, S. "Estrategias didácticas para la apropiación de la ciencia". *Revista Pedagógica*, vol. 15, n.º 3, pp. 112–125, 2020.

Marco Actual.

Actualmente existen diversas aplicaciones que muestran datos astronómicos o mapas geoespaciales de meteoritos, pero para comprender mejor su funcionamiento y alcance, se analizan en distintos aspectos mediante una tabla comparativa.

Tabla 2 Análisis de aplicaciones de meteoritos

	NASA Fireballs	Meteoritical Bulletin	Earth Impact Database	Meteor Showers AR (App)
Características principales	Muestra impactos recientes de meteoritos sobre un mapa interactivo	Base de datos científica de meteoritos catalogados	Registra cráteres de impacto conocidos en la Tierra	App de realidad aumentada que visualiza lluvias de meteoros
Alcance educativo	Medio	Alto	Medio	Medio
Interactividad	Baja	Baja	Baja	Alta
Diferencias	Esta muestra un mapa plano con poca interacción t enfocado en mostrar únicamente el lenguaje técnico el nivel del impacto.	Es más enfocada en ser una base de datos que tener aspectos interactivos.	Es enfocada en mostrar la posición y tamaño de los meteoritos no abarca más allá, además de tener poca interactividad.	Esta muestra a tiempo real una órbita de meteoritos en el sistema solar pero no da más detalles del movimientos o información de los meteoritos.

Requerimientos	Visualizar eventos de meteoritos registrados por sensores	Buscar meteoritos por nombre, fecha, tipo o país	Explorar una lista completa de cráteres de impacto reconocidos	Ver lluvias de meteoros en tiempo real mediante realidad aumentada
	Ver datos detallados de cada impacto en forma de lista o mapa	Acceder a una base de datos científica validada	Consultar detalles geográficos y geológicos de cada sitio	Localizar lluvias activas en función de la posición del usuario
	Filtrar información por fecha, ubicación o energía	Descargar información detallada de cada meteorito	Acceder a recursos científicos y artículos asociados. Ver mapas 2D	

Fuente: Elaboración propia.

Diseño Metodológico.

Para el desarrollo del proyecto se empleará un enfoque cualitativo, a través del método investigación acción, ya que no solo se pretende analizar un fenómeno educativo, sino también intervenir activamente mediante la creación de una solución tecnológica. Al diseñar y realizar una aplicación web educativa para la enseñanza de fenómenos relacionados con los meteoritos, integrando contenidos de física, astronomía y geolocalización.

Tabla 3 Diseño metodológico por objetivo

Objetivo	Diseño Metodológico
Determinar los requerimientos mediante el análisis de los aspectos clave relacionados con la visualización geoespacial de meteoritos caídos y su adecuada demostración didáctica.	Diseño metodológico aplicado, realizando un análisis de que funcionalidades se van a implementar teniendo en cuenta los requerimientos.
Diseñar una interfaz web intuitiva y accesible que facilite la interacción y la comprensión de la información relacionada con los meteoritos caídos.	Diseño metodológico aplicado, usando los requerimientos y juntándolo con una búsqueda de aplicaciones o tecnologías útiles. Se pueden encontrar y diseñar formas de realizar la interfaz de la app.
Desarrollar la aplicación web educativa sobre meteoritos caídos con uso de la programación de la API de Google Earth y la integración de elementos didácticos.	Diseño metodológico aplicado, comprendiendo el diseño que se tiene en cuenta juntos a las tecnologías se procederá a realizar la unión de estos procesos para el desarrollo de la aplicación web.
Validar el funcionamiento y despliegue de la aplicación educativa mediante pruebas que garanticen su calidad técnica y efectividad didáctica en la aplicación.	Diseño metodológico aplicado, se comenzará realizando diferentes tipos de pruebas desde unitarias, hasta con usuarios para comprender mejor si se cumple lo propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

Conociendo que se va a mantener consistentemente durante cada objetivo un diseño metodología aplicado se analizan diferentes metodologías de creación de software para comprender cual aplica mejor dentro de la solución en este proyecto. Para esta labor se analizan la metodología cascada, espiral, Scrum (metodología ágil), IDD (Desarrollo iterativo incremental).

Tabla 4. Comparación Metodologías de desarrollo de Software

Metodología	¿En qué consiste?	Implementación	Ventajas	Desventajas
Cascada	Es un Modelo lineal y secuencial donde cada fase (requisitos, diseño, implementación, pruebas, mantenimiento) debe completarse antes de pasar a la siguiente. No se permite retroceder.	Se inicia con la toma de requisitos exhaustiva y documentada. Luego se diseña todo el sistema. Después se implementa todo el código. Finalmente se prueba todo. Cada etapa termina antes de empezar la siguiente.	Planificación inicial clara y detallada. Fácil de gestionar por su estructura rígida. Documentación exhaustiva desde el inicio.	Nula flexibilidad: Si las pruebas con usuarios revelan problemas en el diseño, no se puede volver atrás. Validación tardía: Los módulos no se probarán hasta el final. No se adapta al feedback: La retroalimentación no podría incorporarse.

Espiral	Este modelo está centrado en la gestión de riesgos. El proyecto avanza en espiral y cada ciclo incluye: determinar objetivos, identificar y analizar riesgos, desarrollar y probar, planificar siguiente iteración.	Por cada ciclo, se identifican los riesgos técnicos y del proyecto. Con esto se diseñan prototipos para mitigar esos riesgos. Se desarrolla y prueba. Se evalúa el resultado y se planifica el siguiente ciclo con nuevos objetivos.	Gestión de riesgos explícita: Útil para identificar problemas como disponibilidad de API o calidad de datos. Enfoque iterativo que permite refinamiento progresivo.	Sobredimensionada: El proyecto no tiene riesgos lo suficientemente críticos para usar esta metodología. Complejidad administrativa: Requiere documentación de riesgos. Porque el eje del proyecto está enfocado a funcionalidades, no los riesgos.
Scrum	Es una metodología ágil que organiza el trabajo en iteraciones fijas (Sprint de 1-4 semanas). Utiliza artefactos como Product Backlog y ceremonias	Se crea un Product Backlog con todas las funcionalidades priorizadas. El equipo selecciona un conjunto para el Sprint (Sprint Backlog). Durante el	Máxima flexibilidad: Ideal para incorporar feedback de usuarios después de cada Sprint. Entrega continua: Cada Sprint genera un incremento	Requiere equipo multidisciplinario: Las ceremonias están diseñadas para equipos, no para un desarrollador único. Sobrecarga de procesos: Implementar roles y reuniones

	como Sprint Planning, Daily Scrum, Sprint Review y Sprint Retrospective.	Sprint, se trabaja en reuniones diarias. Al final, se revisa el incremento y se reflexiona para mejorar.	funcional.El Product Backlog se alinea con las Historias de Usuario.	formales sería artificial.
--	--	--	--	----------------------------

Desarrollo Iterativo e Incremental (IID)	Este enfoque donde el proyecto se construye mediante ciclos repetitivos. Cada iteración recorre análisis, diseño, implementación y pruebas, pero solo para un conjunto de funcionalidades (incremento), refinando el producto progresivamente. No impone ceremonias ni roles fijos.	Se parte de una visión general para producto. Se planifica la primera iteración con un conjunto pequeño de funcionalidades. Se analiza, diseña, implementa y prueba ese subconjunto. Se revisa el resultado con stakeholders. Se planifica la siguiente iteración incorporando el feedback y añadiendo nuevas funcionalidades.	Adaptabilidad : Permite incorporar retroalimentación de docentes y usuarios en ciclos sucesivos. Gestión de complejidad: Aborda los retos por separado (datos, luego API, luego mapa, luego comparaciones). Validación temprana: Cada módulo puede probarse con usuarios nada más ser desarrollado. Mitigación de riesgos implícita: Problemas se	Requiere disciplina documental: Riesgo de no actualizar diagramas tras cada ciclo. Posible aumento del alcance: El feedback puede generar deseos de añadir funcionalidades no planeadas. Dependencia del feedback: La calidad final depende de la disponibilidad de evaluaciones de usuarios.
--	--	---	---	---

			detectan en iteraciones iniciales.	
--	--	--	------------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia.

Luego de conocer las ventajas, desventajas y limitaciones de cada metodología de desarrollo, se opta por escoger la metodología de desarrollo iterativo e incremental (IID). Esta decisión responde principalmente al factor didáctico de la propuesta, ya que para cumplir correctamente este aspecto se requiere una retroalimentación continua que permita considerar la opinión de expertos en la materia. Además, al no poder definir con precisión los tiempos de desarrollo desde el inicio, esta metodología nos permite evitar conflictos con esta problemática al adaptarse naturalmente a los ajustes y refinamientos propios de un proyecto educativo.

Cronograma.

Con el fin de organizar adecuadamente las etapas del proyecto y asegurar el cumplimiento de los objetivos propuestos siguiendo la metodología anteriormente planteada esta ser definida por ciclos, se presenta el cronograma que distribuye las actividades con respecto a los objetos en el tiempo de semanas de manera estructurada y coherente.

Tabla 5 Cronograma

Iteración	Objetivo de la Iteración	Actividades incluidas
It-01	Investigación y análisis inicial	- Revisión bibliográfica de estudios sobre temas
		- Consolidar requerimientos con expertos (inicio)
It-02	Definición de requerimientos y diseño inicial	- Consolidar requerimientos con expertos (finalización)
		- Análisis de aplicaciones educativas similares
		- Elaboración de documento consolidado de requerimientos (inicio)
		- Creación de wireframes y mockups (inicio)
		- Obtención de la información base para la aplicación (inicio)
		- Selección de herramientas tecnológicas (inicio)
It-03	Diseño detallado y preparación técnica	- Elaboración de documento consolidado de requerimientos (finalización)
		- Creación de wireframes y mockups (finalización)

		- Iteración del diseño según observaciones (inicio)
		- Obtención de la información base (finalización)
		- Selección de herramientas tecnológicas (finalización)
		- Codificación modular (inicio)
It-04	Desarrollo del núcleo del sistema	- Iteración del diseño según observaciones (finalización)
		- Codificación modular (continuación)
		- Integración de contenidos multimedia e interactivos (inicio)
		- Revisión técnica interna y pruebas de compatibilidad (inicio)
It-05	Integración y validación temprana	- Codificación modular (finalización)
		- Integración de contenidos multimedia e interactivos (finalización)
		- Revisión técnica interna y pruebas de compatibilidad (continuación)
		- Pruebas directas sobre la aplicación (inicio)
		- Recolección de opiniones y posibles mejoras (inicio)
		- Registro y análisis de errores (inicio)
It-06	Ajustes finales y cierre	- Revisión técnica interna y pruebas de compatibilidad (finalización)
		- Pruebas directas sobre la aplicación (finalización)

		- Recolección de opiniones y posibles mejoras (finalización)
		- Registro y análisis de errores (finalización)
		- Ajustes finales en la aplicación
		- Consolidado del diseño final

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 1

Determinar los requerimientos para el desarrollo de la aplicación.

Este capítulo presenta una revisión del estado del arte del proyecto, enfocándose en la profundización del problema mediante el análisis de estudios relacionados. Asimismo, se señalan los requerimientos necesarios para abordar los dos enfoques principales: la traducción a un lenguaje cotidiano y la consolidación de la información en un único repositorio.

1.1 Revisión bibliográfica de estudios sobre enseñanza de fenómenos astronómicos con tecnologías web.

Se desea tener una revisión bibliográfica de estudios para lograr identificar el problema en su profundidad. Además de ser usados como base para una correcta divulgación de la información que se presentara en la aplicación. Esta revisión examina estudios clave sobre el uso de tecnologías como información técnica de los fenómenos de los meteoritos, la realidad aumentada, la geolocalización, bases de datos científicas y el diseño de interfaces en el contexto de la enseñanza astronómica.

1.1.1 Clasificación de los documentos por aporte al proyecto

Tabla 6 Revisión Bibliográfica

Nombre	Año	Título	Páginas	Importancia	Aporte
ALVAREZ, Luis et al.	1980	<i>Extraterrestrial Cause for the Cretaceous–Tertiary Extinction</i>	1095–1108	Baja	Nos aporta información sobre el meteorito más conocido que extinguió los dinosaurios

BEECH, M.	2006	<i>Meteors and Meteorites: Origins and Observations</i>	–	Media	Nos permite comprender un tema que se quiere mostrar que es el origen de los meteoros
BILLINGHURST, Mark et al.	2015	<i>A Survey of Augmented Reality</i>	73–272	Media	No ayuda a comprender mejor la implementación a un lenguaje cotidiano
BOHOR, Bruce F. et al.	1984	<i>Shocked quartz in the Cretaceous–Tertiary boundary clays: Evidence for a global distribution</i>	–	Media	Nos ayuda a explicar la historia del impacto y el cambio que pudo generar.
CEPLÉCH A, Zdenek et al.	1998	<i>Meteor Phenomena and Bodies</i>	327–471	Media	Con el fin de tratar los temas a un lenguaje cotidiano podemos usar este artículo como base.
CORONE L, C.; MORRIS, S.	2015	<i>Database Systems: Design, Implementation, & Management</i>	–	Media	Para implementar las bases de datos de la mejor manera.
EARTH IMPACT DATABASE	2024	<i>University of New Brunswick</i> (sitio web)	–	Alta	Aporta información académica confiable que puede usarse como fuente de validación científica.

FRENCH, Bevan M.	19 90	<i>Traces of Catastrophe: A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures</i>	–	Media	Aporta explicaciones sobre los efectos de impactos, aunque muy técnicos. Puede usarse para traducir conceptos complejos a un lenguaje cotidiano
GANAPATHY, R.	19 80	<i>A Major Meteorite Impact on the Earth 65 million Years Ago</i>	–	Media	conecta el tema con la extinción de los dinosaurios, al hablar del suceso
GONZÁLEZ, Margarita; PÉREZ, Ana	20 21	<i>Integración de apps en entornos de aprendizaje</i>	145–160	Media	Aporta indirectamente, al mostrar estrategias de cómo integrar la aplicación educativa en contextos escolares o universitarios
HUANG, Y.-M.; HWANG, W.-Y.; CHANG, –	20 10	<i>Innovations in Designing Mobile Learning Applications</i>	–	Media	Útil para orientar el diseño pedagógico de la aplicación
JENNISKENS, P. et al.	20 19	<i>Meteorite recovery and characterization: A global effort</i>	699–726	Media	Aporta ejemplos sobre cómo se buscan y estudian meteoritos

KRING, David A.	19 93	<i>Environmental consequences of impact cratering events as a function of ambient conditions on Earth</i>	–	Media	Contribuye explicando los efectos ambientales de impactos.
KYTE, Frank T.; WASSON, John T.	19 80	<i>Upper limits on Iridium and other elements in terrestrial materials</i>	–	Alta	Aporta a la base científica, ya que el iridio es clave en estudios de meteoritos.
MARTÍNEZ, Ricardo; RODRÍGUEZ, Laura	20 18	<i>Geolocalización y educación: una mirada desde las TIC</i>	51–66	Media	Muy útil para la aplicación, ya que respalda el uso de mapas interactivos para mostrar caídas de meteoritos.
RAUP, David M.; SEPKOSKI, Jack J.	19 82	<i>Mass extinctions in the marine fossil record</i>	–	Alta	Relevante para contextualizar el impacto de meteoritos en la vida terrestre y como se puede abordar este tema.
RID UNRN	20 23	<i>La enseñanza de fenómenos astronómicos mediante TIC</i>	–	Alta	Aporta directamente en el enfoque pedagógico.
Meteoritical Bulletin	20 25	<i>Global Meteorite Catalog</i> N/A	-	Vital	Ofrece un registro actualizado de los meteoritos caídos y

Database (MetBull)					encontrados en todo el mundo.
NASA	20 25	NASA Fireballs and Bolides Report	-	Vital	Proporciona información sobre eventos de entrada atmosférica registrados por sensores de la NASA

Fuente: Elaboración propia.

1.1.2 Tecnologías emergentes en la educación astronómica

En el campo de la educación astronómica, diversas tecnologías digitales han permitido mejorar la comprensión de fenómenos espaciales y acercarlos a públicos no especializados. Entre estas herramientas se destacan las plataformas web interactivas, los visores geoespaciales y los sistemas de representación digital que facilitan la visualización de datos relacionados con meteoritos, trayectorias de impacto y distribución global de eventos astronómicos³². Estas tecnologías permiten que conceptos complejos se conviertan en experiencias accesibles mediante mapas, simulaciones y modelos digitales que apoyan procesos de aprendizaje significativo.

1.1.3 Diseño de interfaces en aplicaciones educativas

El diseño de interfaz de usuario (UI) es clave para que las aplicaciones astronómicas sean accesibles, intuitivas y efectivas. Norman³³ argumenta que un diseño centrado en el usuario facilita la interacción con sistemas complejos. Permitiendo simplificar la interacción de usuarios a interacciones simples e intuitivas.

³² CABERO, Julio; BARROSO, Julio. La realidad aumentada y su aplicación educativa. *Revista de Educación a Distancia*, 2016.

³³ NORMAN, Donald A., *The Design of Everyday Things*, 2013

1.2. Análisis de Modelos Arquitectónicos

Es este punto se realiza un análisis de 3 modelos arquitectónicos que pueden aplicar dentro de la estructura del proyecto al ser una aplicación web para comprender mejor que puntos se pueden usar y que puntos no aplican por medio de la siguiente tabla:

Tabla 7. Análisis de Modelos Arquitectónicos

	¿En qué consiste?	Implementación	Ventajas y Desventajas
MVC (Modelo- Vista- Controlador)	Patrón arquitectónico que separa la aplicación en tres componentes: - Modelo: Gestiona los datos y lógica de negocio. - Vista: Presenta la interfaz al usuario. - Controlador: Procesa peticiones y coordina Modelo y Vista.	Se define la estructura del proyecto en tres capas claras. El Modelo se implementa con tecnologías de base de datos y ORM. La Vista se construye con frameworks de interfaz de usuario. El Controlador se desarrolla como una capa intermedia (API) que recibe peticiones y orquesta las respuestas.	+ Separación de responsabilidades + Reutilización de Código. + Facilita localizar errores y añadir nuevas funcionalidades. + Permite añadir más controladores o modelos sin reestructurar todo. - Requiere definir claramente los límites entre capas.

4+1 Vistas (Kruchten)	Modelo para documentar arquitectura software desde cinco perspectivas simultáneas: - Vista Lógica: Estructura de las clases/objetos. - Vista de Desarrollo: Organización de los diferentes componentes/módulos. - Vista de Procesos: Concurrencia y flujos de control. - Vista Física: Despliegue en hardware/red. - +1 (Escenarios): Casos de uso que unifican las vistas.	Se identifican los actores y casos de uso principales (+1 Escenarios). A partir de ellos, se modela la estructura estática con diagramas de clases (Vista Lógica). Se define la organización del código en módulos y componentes (Vista de Desarrollo). Se modelan los flujos de interacción y procesos concurrentes (Vista de Procesos). Se define la infraestructura física de despliegue (Vista Física).	+ Comunicación efectiva: Cada vista se orienta a un stakeholder + Detección temprana de inconsistencias de puntos de vista. + Documentación completa y estandarizada + Facilita mantenimiento futuro. Cualquier persona que herede el proyecto lo podrá entender fácilmente - Requiere crear y mantener cinco tipos de diagramas. - Puede resultar excesivo: algunas vistas podrían ser más simples de lo que el modelo sugiere. - Requiere de notación UML
----------------------------------	--	--	---

Cliente-Servidor	Modelo arquitectónico donde las tareas se distribuyen entre proveedores de recursos (servidores) y solicitantes de servicios (clientes). Los clientes inician peticiones; los servidores responden. La comunicación suele darse a través de una red.	Se define qué parte del sistema actuará como cliente y qué parte como servidor. Se establece el protocolo de comunicación. Se implementan ambos lados de forma independiente, asegurando que la comunicación siga el contrato definido.	+ Se ajusta perfectamente a aplicaciones web. + Se pueden añadir más servidores o mejorar su capacidad sin afectar a los clientes. + Cliente y servidor pueden desarrollarse con tecnologías diferentes. - Si el servidor central falla, toda la aplicación deja de funcionar. - La experiencia de usuario depende de la conexión a internet. - Requiere administración continua. - La exposición del servidor a la red implica riesgos adicionales.
------------------	---	--	--

Fuente: Elaboración propia

Luego de hacer el respectivo análisis de los tres modelos arquitectónicos, se observa que no son excluyentes entre sí, sino que pueden complementarse para abordar diferentes aspectos del sistema. Por esta razón, el proyecto adoptará una arquitectura híbrida que combine lo mejor de cada modelo:

- Se utilizará el modelo Cliente-Servidor como base de despliegue, ya que la aplicación web funcionará con un frontend en Angular (cliente) que se comunicará mediante peticiones HTTP con un backend en Node.js (servidor).
- Se aplicará el patrón MVC para la organización interna del código, donde Angular actuará como la Vista, Node.js como el Controlador y la base de datos MySQL junto con los scripts de Python como el Modelo.
- Por último, el modelo 4+1 Vistas (Kruchten) se considera aplicable al proyecto para documentarlo al incluir una documentación estructurada se vuelve muy amplia para la estructura del proyecto.

Estos puntos nos permiten tener una combinación para aprovechar las ventajas de los modelos: la claridad en el despliegue del Cliente-Servidor, la organización del código del MVC y el modelo 4+1 vistas para la documentación.

1.3 Consolidar requerimientos con docentes de ciencias y expertos.

Se requiere para comprender mejor los retos y facilitar mejor la comprensión del alcance se busca definir detalladamente sobre los requerimientos de la aplicación según los objetivos planteados en un inicio.

1.3.1 Tipos de Requerimientos:

Con el objetivo de comprender mejor los requerimientos y su impacto en la aplicación estos se clasificarán en tres tipos:

- **Requerimientos de usuario (RU):** lo que el usuario espera poder hacer.
- **Requerimientos técnicos (RT):** aspectos de la arquitectura, tecnologías y funcionamiento interno del sistema.
- **Requerimientos funcionales (RF):** funciones específicas que debe tener la aplicación.

1.3.2 Requerimientos:

Se deberá de tener en cuenta que se desea hacer al limitar los alcances de la aplicación y del proyecto, estos, aunque estén en conjunto se definirá los requisitos separados para facilitar la definición de los requerimientos.

1.3.3 Sobre el proyecto:

En este punto se analizan los requerimientos que le dan profundidad al proyecto como lo son funcionalidades previstas, puntos clave para tener en cuenta y similares relacionado directamente con el objetivo principal del proyecto.

- **RU:**
 - El usuario puede visualizar meteoritos en un mapa interactivo.
 - El usuario puede obtener conocimientos relacionado a los meteoritos, como los tipos que existen, historia y términos clave.
 - El usuario puede acceder a contenido informativo al interactuar sobre cada meteorito.
 - El usuario puede observar datos complejos o informativo traducidos a lenguaje cotidiano para facilitar la comprensión del dato. Como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8. Dato vs Lenguaje Cotidiano

Dato	Como se realizará la traducción para su mejor comprensión
Nombre	Si el meteorito tiene un nombre se dirá normalmente.
País	Se mencionará el país.
Ciudad/Región	Se mencionará la ciudad o región.
Fecha de caída	Se coloca la fecha aproximada de la caída.

Coordenadas	Este dato se muestra en el mapa al verse el punto.
Clasificación	Según el tipo del meteorito se mostrará el tipo y una breve explicación del porque está en ese tipo.
Estado de alteración	Se mostrará en el mapa que tanto fue la alteración del impacto, como un área alrededor del punto base.
Masa	Se mostrará una comparación con una medida que no sea kilos como por ejemplo algo más cotidiano como un carro, edificios, etc.
Trayectoria y fragmentación	Se mostrará una pequeña simulación como pudo ser la trayectoria si se permite con los datos existentes del meteorito.
Composición	Se mostrará cada material que lo compone y el peso del material que los compone traducido a lenguaje cotidiano usando gramos en vez de porcentajes o composición de partículas.
Tamaño del cráter/ meteoro	Se buscará usar algo cotidiano como la altura promedio de personas para mostrar que tan alto/grande fue tanto el cráter como la persona.
Poder de la explosión.	Se compara con algo cotidiano para simular el alcance del impacto como una casa, edificio o una ciudad como Bogotá

Fuente: Elaboración propia.

- **RT:**
 - La aplicación debe integrarse con algún api para visualizar e interactuar con mapas.
 - La base de datos debe almacenar los datos mencionados anteriormente.
 - Debe funcionar en navegadores modernos.

- **RF:**
 - La app debe mostrar los meteoritos según su localización geográfica.
 - Debe mostrar información científica en secciones estructuradas para su comprensión en lenguaje cotidiano (composición, masa, energía de impacto, etc.).
 - Se debe contar con módulos didácticos/educativos con textos, animaciones o visualizaciones interactivas.

1.3.4 Conclusiones de la entrevista con el experto

Como parte del proceso de levantamiento de los requerimientos, se realizó una entrevista con el experto en astronomía Camilo Ospinal (ver Anexo A.1), cuyas recomendaciones fueron determinantes para ajustar el enfoque didáctico y técnico del proyecto al igual que el alcance total del mismo.

Los principales aportes para la definición de requerimientos fueron:

- **Simplificar la trayectoria:** el experto recomendó únicamente trabajar en mostrar solo la entrada atmosférica y no la mecánica celeste completa, debido a la complejidad del tema. Esto llevó a ajustar el requerimiento de visualización de trayectoria para enfocarse en la entrada atmosférica y el impacto, descartando la simulación orbital con la intervención de otros cuerpos celestes.
- **Usar Impact Earth como referencia:** sugirió para comprender mejor el tema y mejorar los cálculos consultar la herramienta Impact Earth para validar los efectos del impacto. Esta recomendación se incorporó como fuente de referencia para los cálculos de energía y dimensiones de cráter.
- **Considerar las limitaciones de datos:** advirtió que muchos de los meteoritos no tienen información completa y que esto es muy normal, pudiendo ser objeto de futuras investigaciones. A partir de esto, se definió que los campos se tendrán en cuenta que estarán sin información estableciendo una expectativa realista sobre la cobertura de datos.

Esta retroalimentación temprana me permitió enfocar el desarrollo en lo realmente valioso para el usuario final al enfocar la aplicación en lo didáctico, evitando esfuerzos en funcionalidades complejas, pero poco didácticas.

1.3.5 Sobre la aplicación:

En esta sección se habla más que de el contenido directo de la aplicación que es enfocado a el buen funcionamiento de la aplicación web independiente el contenido puntual.

- **RU:**
 - El usuario debe navegar de forma fluida y sin conocimientos técnicos.
 - El diseño debe ser visualmente atractivo para estudiantes o público general.
 - La aplicación no debe experimentar errores, interrupciones o tiempos de carga largos innecesarios.
 - El usuario debe poder fácilmente interactuar con los módulos de forma autónoma desde un navegador.
- **RT:**
 - Se deben validar el correcto funcionamiento realizando pruebas funcionales, unitarias y de integración.
 - Debe realizarse prueba en múltiples dispositivos y navegadores.
 - Se debe usar frameworks o librerías para la visualización en web.
 - La base de datos debe permitir el almacenamiento persistente de la información de la aplicación.
- **RF:**
 - El sistema debe contar con menús de navegación, secciones temáticas y filtros por fecha, país o tipo de meteorito.

- Debe permitir ampliar información al hacer clic en un marcador del mapa.
- El sistema debe integrar la API para cargar ubicaciones.
- Debe permitir consultar según diferentes especificaciones nombre, tipo, años etc.
- Debe incorporar animaciones simples para explicar trayectorias o impactos.
- El sistema debe reportar errores si no hay conexión a la API.
- Debe implementarse feedback visual o log de errores.

Capítulo 2

Diseño del Proyecto

Este capítulo segundo se quiere presentar el diseño de la aplicación denominada "Meteora" manteniendo la arquitectura híbrida definida en el anterior capítulo siendo está el Cliente-Servidor como modelo de despliegue y MVC (Modelo-Vista-Controlador) como patrón de organización del código. A lo largo del capítulo se muestran los wireframes, las funcionalidades, los diagramas UML y los diseños técnicos que servirán como base para la implementación usando como referencia el modelo 4+1 Vistas³⁴, en la cual nos explica que se puede diseñar un proyecto usando un total de 5 vistas presentas en la siguiente tabla:

Además, a estas vistas se hace una explicación del objetivo de la aplicación a través de mockups para complementar una visión menos técnica y más explicativa del proyecto.

2.1 Mockups de la interfaz.

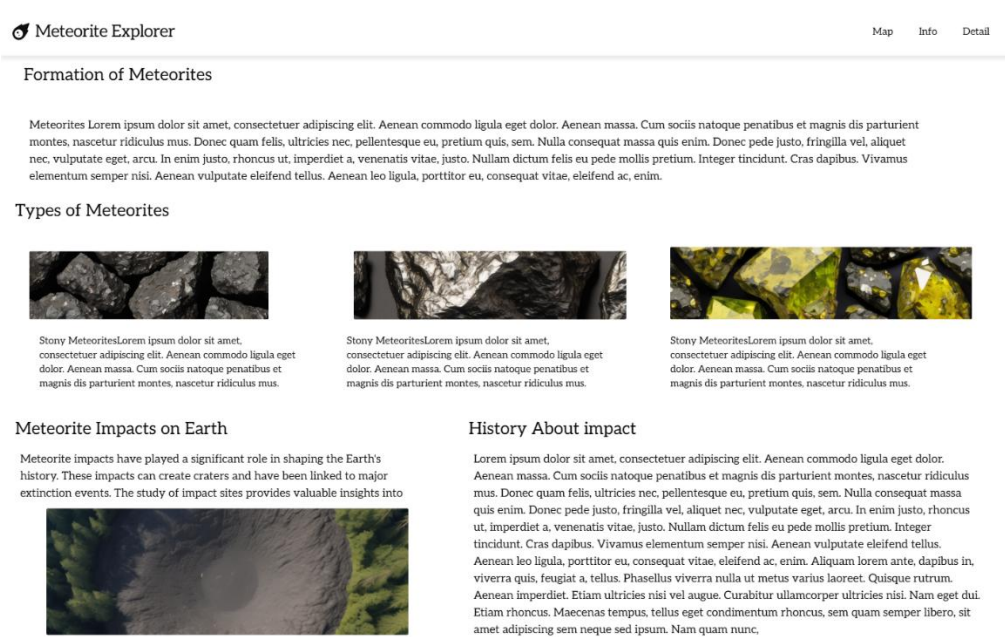
Con el fin de mostrar la idea visual que se plantea se trabajaron los 3 de los principales mockups de la aplicación, que ilustran de manera gráfica la organización de los elementos y las funcionalidades principales.

- Home Informativo:

En esta sección se muestra una introducción sobre varios términos que serán usados en el mapa, como los tipos de meteoritos, una introducción sobre el origen de los mismo, cuantos registros se tiene en la aplicación, etc.

³⁴ Philippe Kruchten, Planos arquitectónicos—La vista “4+1” Modelo de Arquitectura de Software

Ilustración 3. Mockup Home

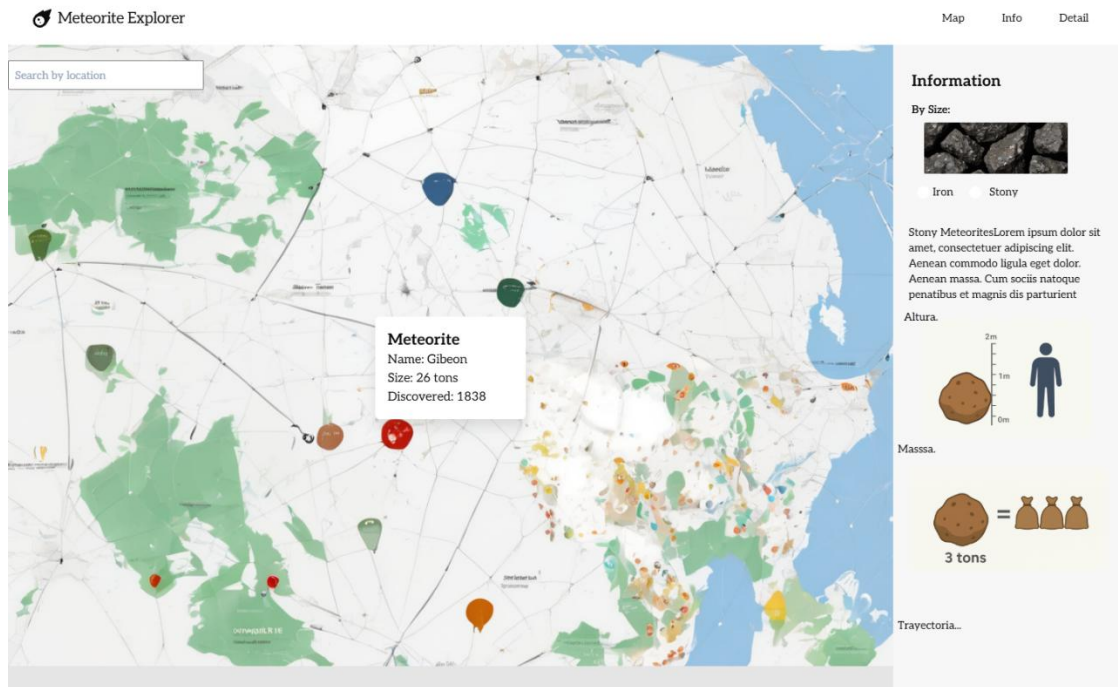


Fuente: Elaboración propia a partir de uizard

- Componente Mapa:

En esta sección se muestra en un mapa los meteoritos caídos los cuales al interactuar con ellos se podrá observar la información de los mismo con su comparación de una forma cotidiana, como se compara la altura del objeto con una persona promedio, igual con el peso, así como se definió en los requerimientos.

Ilustración 4. Mockup Mapa

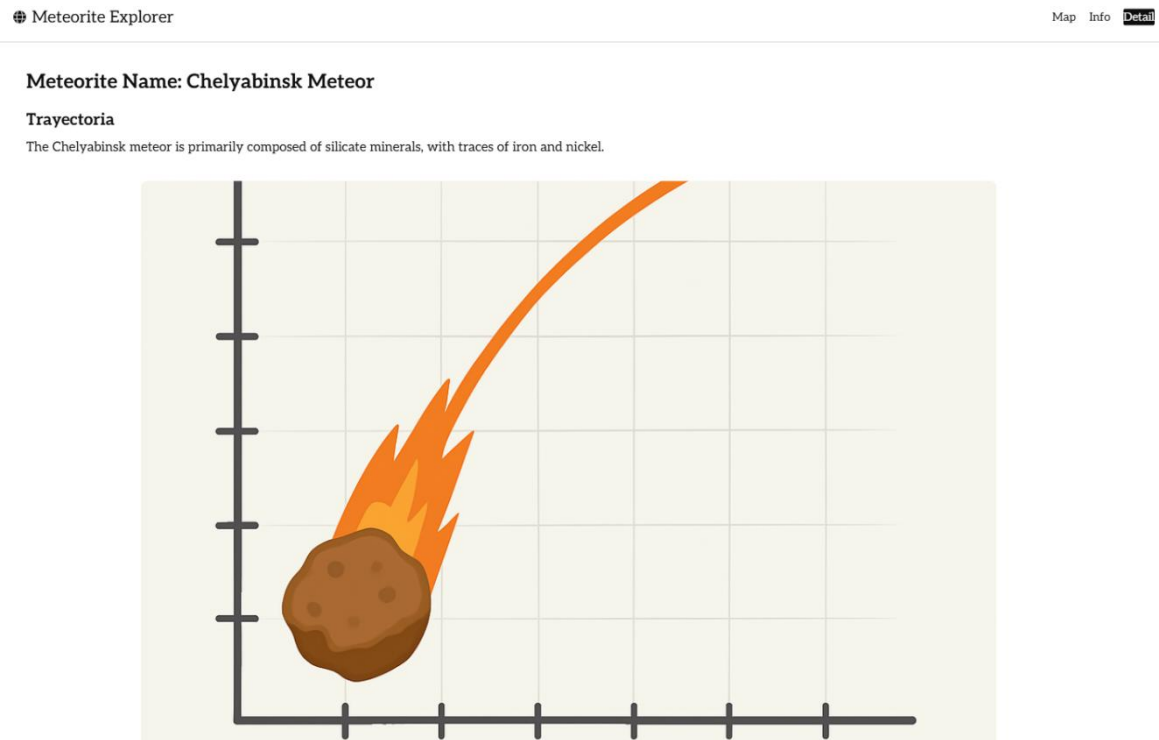


Fuente: Elaboración propia a partir de uizard

- Componente de traducción Específica/simulación:

Este componente responde al objetivo de mostrar la información técnica a un lenguaje comprensible y más cotidiano. Se centra en mostrar los datos del meteorito en términos de objetos o situaciones familiares para el usuario, facilitando la interpretación de magnitudes que, de otra manera, podrían resultar abstractas o complejas. Esto en tres aspectos importantes a la altura, la masa y la trayectoria de impacto que están mostradas juntas en un mismo componente.

Ilustración 5. Mockup Especificación de Componentes



Fuente: Elaboración propia a partir de uizard

2.2 Funciones

En esta sección se describiría las funcionalidades deseadas dentro de la aplicación enfocadas en tres aspectos principales el usuario, lo técnico o requerimientos para en funcionamiento del sistema y enfocada en mantener una aplicación que cumpla con un mínimo en calidad de servicio.

2.2.1 Enfocadas en el Usuario

RF-001: Explorar meteoritos en un mapa interactivo con puntos marcados.

RF-002: Acceder a información general del meteorito con un clic en el marcador.

RF-003: Tener un apartado sobre meteoritos que informe sobre tipos, historia y glosario, a su vez de la información de la web.

RF-004: Visualizar traducciones de datos complejos a diagramas que faciliten su entendimiento:

- **RF-004.1:** Visualización de masa con comparativas cotidianas
- **RF-004.2:** Visualización de altura con referentes comprensibles
- **RF-004.3:** Visualización de composición de materiales
- **RF-004.4:** Visualización de trayectoria y energía desplegada por el impacto

RF-005: Poder navegar de forma fluida y sin necesidad de conocimientos técnicos.

RF-006: Usar la aplicación con rendimiento óptimo, sin errores ni tiempos de carga largos.

2.2.2 Enfocadas en lo técnico

RF-007: Tener una integración con APIs de mapas (Google Earth Engine, Leaflet u otras).

RF-008: Ser compatible con la mayoría de los navegadores modernos y dispositivos diversos.

RF-009: Utilizar frameworks actuales como Angular y Node.js principalmente.

RF-010: Base de datos construida en MySQL que almacene la data requerida para la aplicación.

2.2.3 Enfocado en la calidad del servicio

RF-011: Proveer secciones estructuradas de información científica y su traducción cotidiana.

RF-012: Incorporar menús de búsqueda y filtros.

RF-013: Desplegar información ampliada al hacer clic en un marcador o al pedir más información de algún tema con su módulo didáctico.

RF-014: Incluir simulaciones visuales para trayectoria, fragmentación o impacto.

2.2.4 Estructura de Navegación

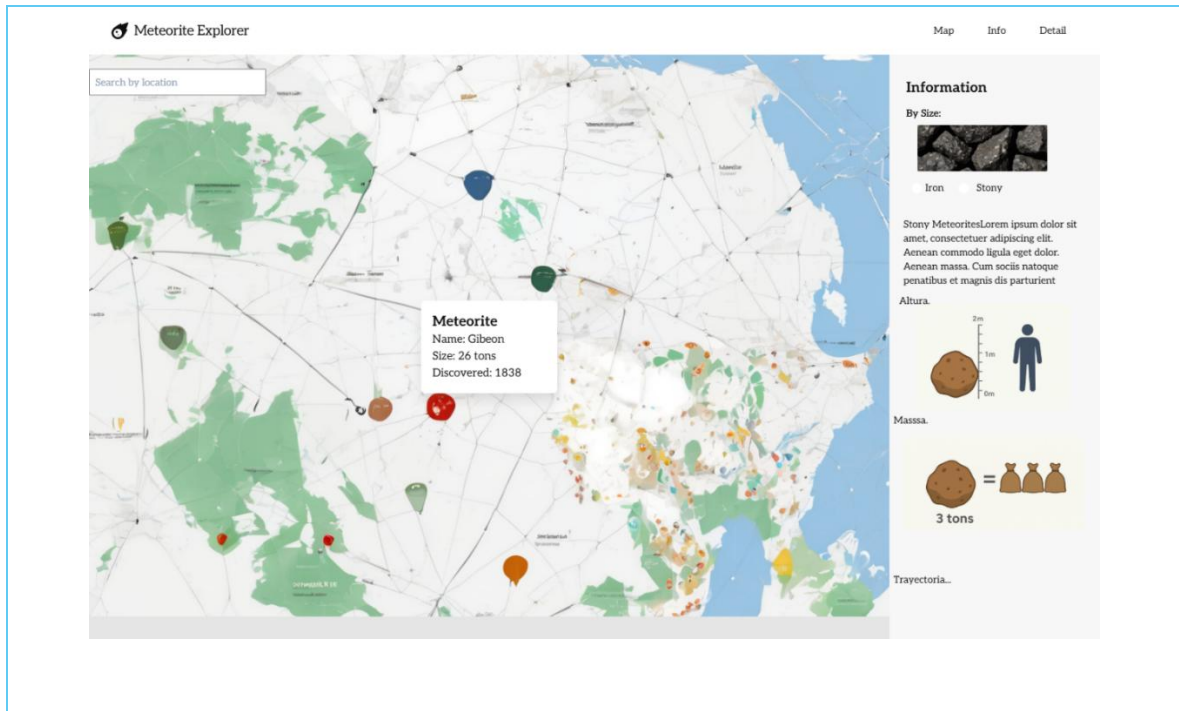
La aplicación se organiza de manera jerárquica y sencilla enfocada en los tres menús mencionado anteriormente, permitiendo al usuario acceder a la información desde el menú principal para enfocarse en una interacción directa con el mapa. La navegación se estructura según mas a detalle:

- **Página principal (Mapa interactivo)**
 - Vista central con el mapa.
 - Puntos georreferenciados de meteoritos.
 - Al hacer clic en un punto: se despliega información específica.
 - En esto detalles se podrá acceder a más información de un meteorito específico.
 - Botones superiores de acceso rápido a otras secciones.
- **Información general componente Inicio**
 - Contenido general sobre meteoritos (tipos importantes, historia).
 - Contenido general sobre la aplicación (cuantos meteoritos se tiene registro, que hace las aplicaciones y que se puede hacer con ella).
 - Explicaciones en lenguaje cotidiano para facilitar comprensión.
 - Glosario de términos importantes.
- **Detalle del meteorito seleccionado**
 - Datos básicos (nombre, país, fecha).
 - Datos técnicos (masa, composición, trayectoria, impacto).
 - Visualizaciones comparativas (masa vs objetos comunes, tamaño vs persona, Trayectoria e impacto vs construcciones).
 - Simulaciones de trayectoria e impacto.

2.2.5 Historias de usuario

Tabla 9. HU-001: Explorar Meteoritos en Mapa

HU-001: Explorar Meteoritos en Mapa	
Descripción	Como usuario con interés en astronomía quiero visualizar en un mapa agrupación de los lugares donde cayeron meteoritos.
Requerimiento Funcional Asociado	RF-001, RF-007, RF-012
Historias de Usuario Asociadas	HU-003, HU-004, HU-005
Prioridad	Alta
Precondiciones	• Datos del meteorito disponibles en BD • Componente de mapa cargado
Reglas de Negocio	• Los marcadores deben agruparse automáticamente cuando la densidad supere 10 puntos por área visible • El zoom máximo debe permitir ver ubicaciones específicas con precisión • El zoom mínimo debe mostrar agrupaciones continentales
Criterios de Aceptación	El mapa carga en menos de 3 segundos. • Clic en marcador despliega panel de detalles • Funciona en Chrome, Firefox, Edge y Safari
Documentos Anexos	Ninguno
PROTOTIPO	



Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. HU-002: Acceso a Información Detallada de Meteoritos

HU-002: Acceso a Información Detallada de Meteoritos	
Descripción	Como estudiante o docente, quiero acceder a información completa y traducida a lenguaje cotidiano sobre meteoritos específicos
Requerimiento Funcional Asociado	RF-002, RF-006, RF-010
Historias de Usuario Asociadas	HU-003, HU-004, HU-005
Prioridad	Alta
Precondiciones	• Meteorito seleccionado desde mapa o lista en curiosidades • Datos del meteorito disponibles en BD • Componente de mapa cargado

Reglas de Negocio	• Campos vacíos deben mostrarse como "Dato no disponible" en lugar de blanco o directamente no mostrarse • Navegación entre meteoritos debe mantener contexto del mapa
Criterios de Aceptación	• Panel de detalles carga en menos de 1 segundo • Muestra mínimo 2 campos de información con traducciones. • Navegación a componentes de comparación funciona correctamente
Documentos Anexos	Ninguno

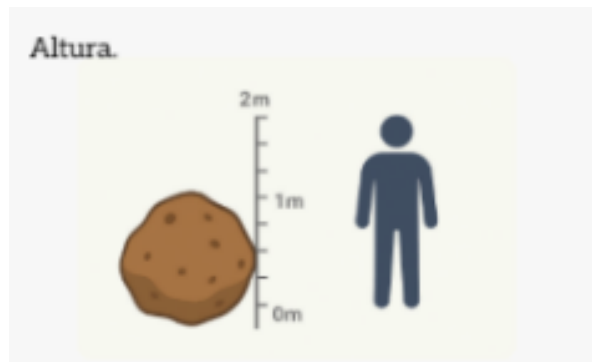
PROTOTIPO



Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. HU-003: Comparativa Visual de Altura con Objetos Cotidianos

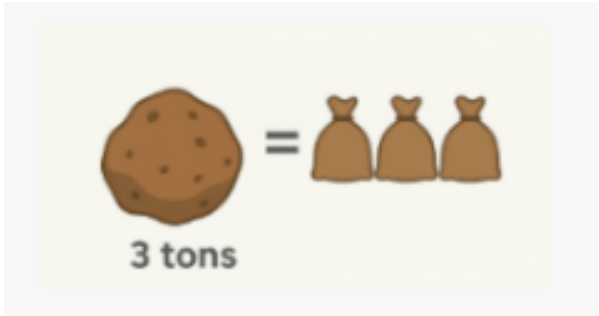
HU-003: Comparativa Visual de Altura con Objetos Cotidianos	
Descripción	Como usuario sin formación científica, quiero comparar la altura del meteorito con objetos de referencia conocidos, para dimensionar visualmente su tamaño real.
Requerimiento Funcional Asociado	RF-004, RF-010
Historias de Usuario Asociadas	HU-002
Prioridad	Media
Precondiciones	• Meteorito con datos de altura/diámetro disponible • Componente de comparación cargado • Objetos de comparación cargados
Reglas de Negocio	• Escala debe ser precisa matemáticamente • Objetos para la referencia deben ser relevantes (persona, auto, casa, edificio). • Debe incluir medidas exactas junto con comparativa visual
Criterios de Aceptación	• Visualización escala correctamente según datos del meteorito • Mínimo 4 objetos de referencia disponibles • Interfaz permite cambiar entre objetos de comparación
Documentos Anexos	Ninguno
PROTOTIPO	



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. HU-004: Comparativa de Masa con Equivalencias Cotidianas

HU-004: Comparativa de Masa con Equivalencias Cotidianas	
Descripción	Como usuario curioso, quiero entender el peso del meteorito mediante comparaciones con objetos comunes
Requerimiento Funcional Asociado	RF-004, RF-0010
Historias de Usuario Asociadas	HU-002
Prioridad	Media
Precondiciones	• Meteorito con datos de masa/peso disponible • Componente de comparación cargado • Objetos de comparación cargados
Reglas de Negocio	• Escala debe ser precisa matemáticamente • Objetos para la referencia deben ser relevantes. • Debe incluir medidas exactas junto con comparativa visual

	• Animaciones de apilamiento claras
Criterios de Aceptación	• Visualización escala correctamente según datos del meteorito • Mínimo 4 objetos de referencia disponibles • Interfaz permite cambiar entre objetos de comparación
Documentos Anexos	Ninguno
PROTOTIPO	
 El diagrama muestra un meteorito irregular de color marrón con puntos oscuros, etiquetado como '3 tons'. A su derecha, un signo de igualdad (=) precede a tres sacos de color marrón idénticos, cada uno representando una tonelada.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. HU-005: Simulación de Trayectoria e Impacto

HU-005: Simulación de Trayectoria e Impacto	
Descripción	Como usuario curioso, quiero poder ver una simulación animada de la trayectoria e impacto del meteorito, para comprender la dinámica completa del evento
Requerimiento Funcional Asociado	RF-004, RF-0010
Historias de Usuario Asociadas	HU-002

Prioridad	Media
Precondiciones	• Datos de velocidad y ángulo disponibles (opcional) • Componente de simulación cargado • Capacidad del dispositivo para realizar la carga
Reglas de Negocio	• Simulación debe ser educativa, no necesariamente científicamente exacta • Objetos para la referencia de impacto deben ser relevantes. • Animaciones comprensibles
Criterios de Aceptación	• Animación muestra el meteorito entrando a la tierra correctamente • Efecto de impacto visualmente comprensible • Representación de cráter en escala aproximada
Documentos Anexos	Ninguno

PROTOTIPO

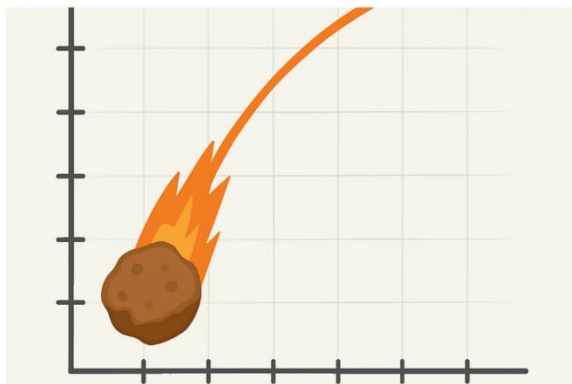
Meteorite Explorer

Map Info 

Meteorite Name: Chelyabinsk Meteor

Trayectoria

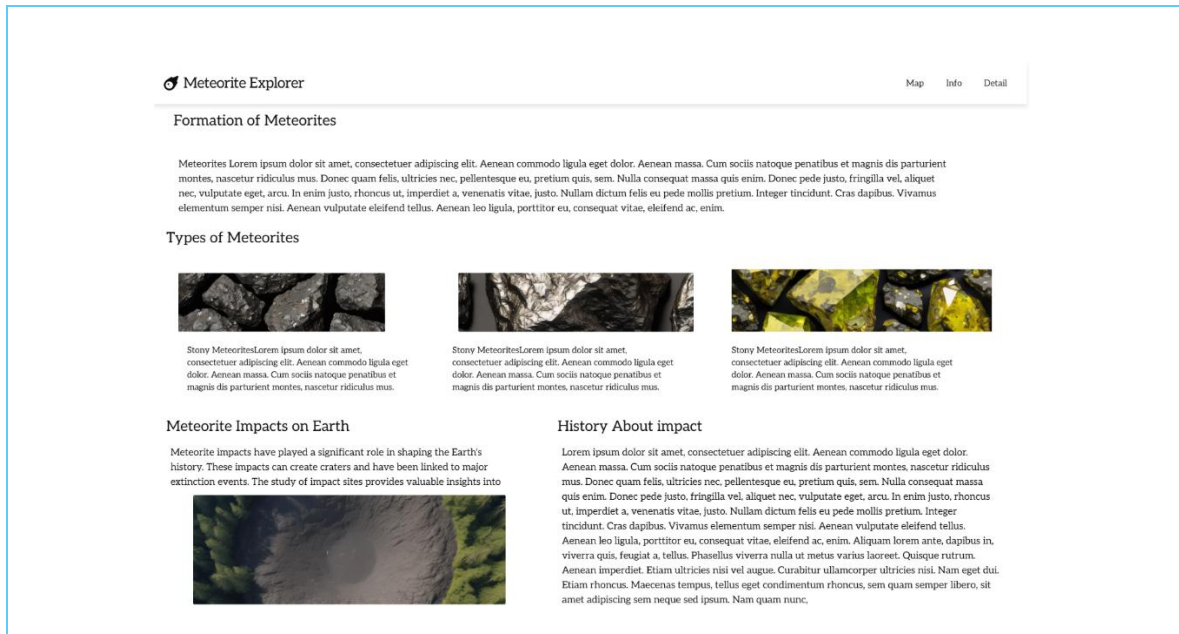
The Chelyabinsk meteor is primarily composed of silicate minerals, with traces of iron and nickel.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. HU-006: Navegación por Contenido Informativo

HU-006: Navegación por Contenido Informativo	
Descripción	Como usuario, quiero navegar entre secciones que contiene información adicional como el origen de los meteoritos o los más importantes a lo largo de la historia
Requerimiento Funcional Asociado	RF-005, RF-012
Historias de Usuario Asociadas	HU-001
Prioridad	Baja
Precondiciones	• Contenido Cargado a la base de datos • Navegación en la página disponible
Reglas de Negocio	• Navegación entre secciones debe mantener fluida • Tiempo de carga entre secciones menos de 1 segundo • Diseño consistente en todas las secciones educativas
Criterios de Aceptación	• Menú de navegación visible y funcional • Contenido educativo se muestra correctamente. • Los links internos funcionan correctamente •
Documentos Anexos	Ninguno
PROTOTIPO	



Fuente: Elaboración propia

2.3 Diseño del sistema bajo el modelo 4+1 Vistas

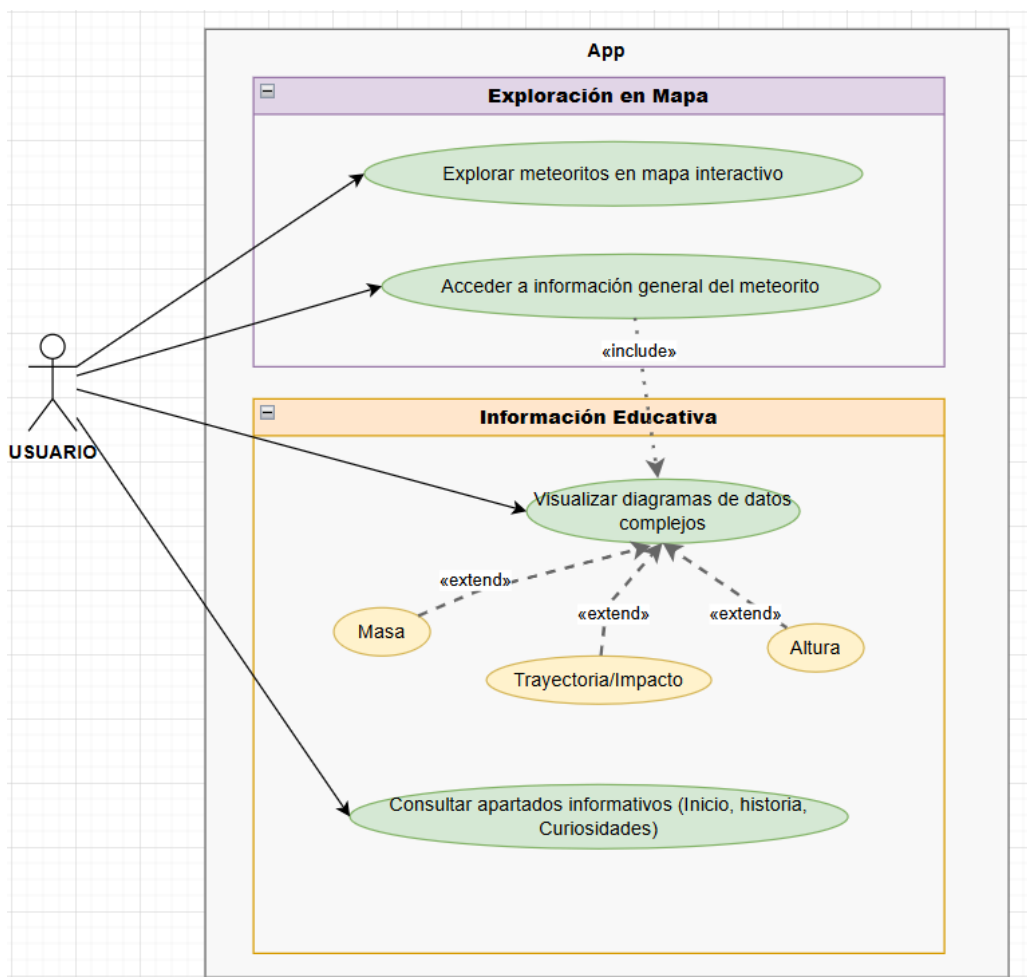
En esta sección se presenta el diseño detallado del sistema organizado según las cinco vistas del modelo de Kruchten. Cada vista quiere abordar una perspectiva diferente pero complementaria, permitiendo la mejor comprensión integral de la arquitectura de "Meteora".

2.3.1 +1 Escenarios: Casos de Uso

Esta vista del sistema se fundamenta en demostrar las interacciones de los actores con el sistema usando como medio los casos de uso.

2.3.1.1 Diagrama General de Casos de Uso

Ilustración 6. Casos de uso



Fuente: Elaboración propia usando Draw.io

Como se observa en el diagrama anterior explicando los casos de uso tenemos dos apartados grandes para diferenciar mejor el enfoque de los casos, haciendo una clara distinción entre lo que implica el interactuar con el mapa y a esos añadidos en información que se buscan añadir un enfoque didáctico. Con esto en mente se comprende mejor que casos de uso al ser información educativa se quiere buscar más un enfoque didáctico y los que no aplican en esto.

- **CU-001: Explorar Meteoritos en Mapa Interactivo.**

Tabla 15. CU-001 Explorar Meteoritos en Mapa Interactivo.

CU-001	Explorar Meteoritos en Mapa Interactivo.		
Descripción	El usuario navega en el mapa interactivo donde visualiza se marcadores geográficos de meteoritos, permitiendo explorar ubicaciones y acceder a información detallada.		
Actores	Usuario		
Pre condiciones	1. Aplicación cargada correctamente 2. Servicio de mapas disponible 3. Datos de meteoritos en la BD		
Post condiciones	1. Mapa renderizado con marcadores 2. Interfaz de mapa operativa		
Secuencia Normal	#	Acción (actor)	Reacción (sistema)
	1	Usuario navega a sección "Mapa"	Frontend carga interfaz de mapa base
	2		Frontend carga interfaz de mapa usando Google earth
	3		Backend consulta meteoritos con según coordenadas
	4		BD retorna datos de ubicaciones según el filtro

	5		Backend envía JSON con datos de mapa al Frontend
	6		Frontend renderiza mapa con marcadores
	7	Sistema muestra tooltips e información básica	Sistema muestra el caso de uso para ver el detalle componentes
Secuencia Alternativa	#	Acción (actor)	Reacción (sistema)
	1.1	Si el usuario viene de "Curiosidades" seleccionando un meteorito	Realiza primero el caso de uso para ver detalle del meteorito
	1.1		Continúa en el paso 1, forzando la navegación al mapa
	4.1	El usuario selecciona algún filtro	El sistema aplica el filtro en el back
			Continúa en el paso 5
Excepciones	#	Acción (actor)	Reacción (sistema)
		En el caso de que el servicio de mapas no esté disponible	El sistema no muestra el mapa cargado

	No hay Bd activa o no se conecta	El sistema no muestra el mapa cargado
Rendimiento	El sistema deberá realizar la/s acción/es descrita/s en los pasos 1 al 6 en un máximo de 3 segundos	
Frecuencia	Este caso de uso se espera que se lleve a cabo una media de 100 veces al día según el tráfico de usuarios	
Importancia	vital	
Urgencia	inmediatamente	
Comentarios	El rendimiento del mapa es un factor crítico para la experiencia de usuario. Se debe priorizar la carga progresiva de marcadores y el buen funcionamiento de este.	

Fuente: Elaboración propia

- **CU-002: Acceder a Información General del Meteorito.**

Tabla 16. CU-002 Acceder a Información General del Meteorito.

CU-002	Acceder a Información General del Meteorito.
Descripción	El usuario hace clic en un meteorito puede ser en un pin del mapa interactivo o una lista, desplegando un panel de detalles sobre este meteorito
Actores	Usuario

Pre condiciones	1. Aplicación cargada correctamente 2. Servicio de mapas disponible 3. Mapa componente cargado		
Post condiciones	1. Componente detalle cargado 2. Opciones de navegación apartado interactivos		
Secuencia Normal	#	Acción (actor)	Reacción (sistema)
	1	Usuario hace clic en un meteorito.	Frontend toma el año y nombre.
	2		Frontend solicita al backend los datos completos
	3		Backend consulta los datos en la base de datos
	4		BD retorna información detallada
	5		Backend envía JSON con datos completos
	6		Frontend carga el servicio para guarda el detalle.
	7		Sistema filtra que datos no están disponibles y los omite en la carga

	8		Sistema muestra la información
Secuencia Alternativa	#	Acción (actor)	Reacción (sistema)
	1.1	Si el usuario viene de "Curiosidades" seleccionando un meteorito	El sistema va directamente al paso 2.
Excepciones	#	Acción (actor)	Reacción (sistema)
		En el caso de traer datos en mal formato	El sistema no muestra los datos
		No hay Bd activa o no se conecta	El sistema no muestra el detalle.
Rendimiento	El sistema deberá realizar la/s acción/es descrita/s en los pasos 1 al 9 en menos de 1 segundo		
Frecuencia	Este caso de uso se espera que se lleve a cabo una media de 100 veces al día según el tráfico de usuarios.		
Importancia	vital		
Urgencia	inmediatamente		
Comentarios	La visualización de este apartado es clave para mantener la atención del usuario y mejorar la navegación		

Fuente: Elaboración propia

- **CU-003: Visualizar Diagramas de Datos Complejos**

Tabla 17. CU-003 Visualizar Diagramas de Datos Complejos

CU-003	Visualizar Diagramas de Datos Complejos		
Descripción	El usuario escoge un componente		
Actores	Usuario		
Pre condiciones	1. Aplicación cargada correctamente 2. Servicio de mapas disponible 3. Mapa componente cargado		
Post condiciones	1. Diagramas interactivos renderizados		
Secuencia Normal	#	Acción (actor)	Reacción (sistema)
	1		Frontend Muestra el detalle del meteorito, las comparaciones
	2	El usuario hace clic en la comparación altura	El sistema prepara la carga del componente
	3		Usa un servicio del front para tomar los datos del detalle
	4		Renderiza el componente seleccionado

	5		Muestra la comparación con animaciones.
	6	Usuario puede interactuar interactúa con el componente	Sistema muestra resultado correspondiente a la interacción
Secuencia Alternativa	#	Acción (actor)	Reacción (sistema)
	6.A	El usuario puede interactuar con la app para volver a ver el mapa	El sistema limpia el componente y devuelve al mapa con los detalles
	6.B	El usuario puede interactuar con otra comparación	Se devuelve al paso 3
	2.A	El usuario selecciona comparar masa	Se sistema carga el componente masa
			Continúa el flujo en el paso 3
	2.B	El usuario selecciona trayectoria	Se sistema carga el componente trayectoria
			Continúa el flujo en el paso 3
Excepciones	#	Acción (actor)	Reacción (sistema)

		En el caso de tener datos para abrir el componente	El sistema toma los datos clave que si o si deben llegar y deja los otros por default
		No hay DB activa o no se conecta	El sistema usa datos por default y no hace referencia a ningún meteorito.
Rendimiento	El sistema deberá realizar la/s acción/es descrita/s en los pasos 1 al 6 en al menos de 1.5 segundo		
Frecuencia	Este caso de uso se espera que se lleve a cabo una media de 40 veces al día según el tráfico de usuarios.		
Importancia	importante		
Urgencia	Hay presión		
Comentarios	Este apartado muestra cómo se puede manejar la navegación para la carga de lo diagrama de datos que disponen de un topo de comparación		

Fuente: Elaboración propia

- **CU-004: Consultar Apartados Informativos**

Tabla 18. CU-004: Consultar Apartados Informativos

CU-003	<i>Consultar Apartados Informativos</i>
---------------	--

Descripción	El usuario navega por las secciones educativas para obtener información de la app o meteoritos que incluyen los apartado curiosidades, Inicio e historia		
Actores	Usuario		
Pre condiciones	1. Aplicación cargada correctamente 2. Contenido informativo disponible		
Post condiciones	1. Sección informativa cargada		
Secuencia Normal	#	Acción (actor)	Reacción (sistema)
	1	El usuario navega por la sección inicio	Frontend carga estructura base de la sección
	2		Frontend solicita contenido informativo específico
	3		Backend consulta datos de la sección en BD
	4		BD retorna contenido estructurado
	5		Devuelve de Json con información

	6	Usuario puede interactuar con el componente informativo	Sistema actualiza contenido según la navegación
Secuencia Alternativa	#	Acción (actor)	Reacción (sistema)
	6.A	El usuario puede interactuar con la app para ingresar a ver el mapa	El sistema limpia el componente y comienza el proceso para visualizar el mapa.
	1.A	El usuario navega al apartado curiosidades	Se sistema carga el componente masa
			Continúa el flujo en el paso 2
	1.B	El usuario navega al apartado historia	Se sistema carga el componente trayectoria
			Continúa el flujo en el paso 2
Excepciones	#	Acción (actor)	Reacción (sistema)
		En el caso de tener datos del back	El sistema asume el dato en blanco y no muestra la sección del contenido
Rendimiento	El sistema deberá realizar la/s acción/es descrita/s en los pasos 1 al 6 en menos de un segundo		

Frecuencia	Este caso de uso se espera que se lleve a cabo una media de 70 veces al día según el tráfico de usuarios.
Importancia	importante
Urgencia	Hay presión
Comentarios	Este apartado muestra cómo se puede manejar la navegación para la carga de lo diagrama de datos que disponen de un topo de comparación

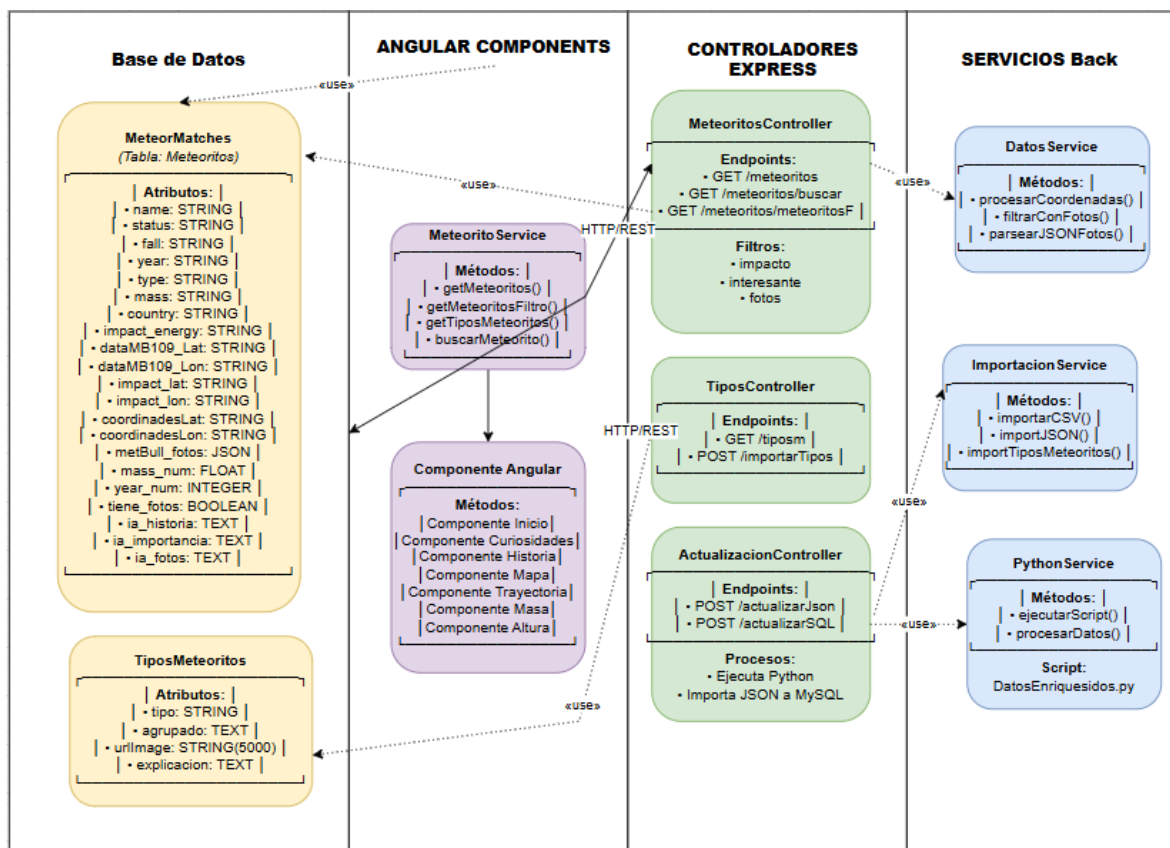
Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Vista Lógica: Diagrama de Clases

Para el sistema la vista lógica representa la estructura estática del sistema, mostrando las principales entidades y sus relaciones dentro del código de la aplicación.

2.3.2.1. Diagrama de Clases

Ilustración 7. Diagrama de Clases



Fuente: Elaboración propia usando draw.io

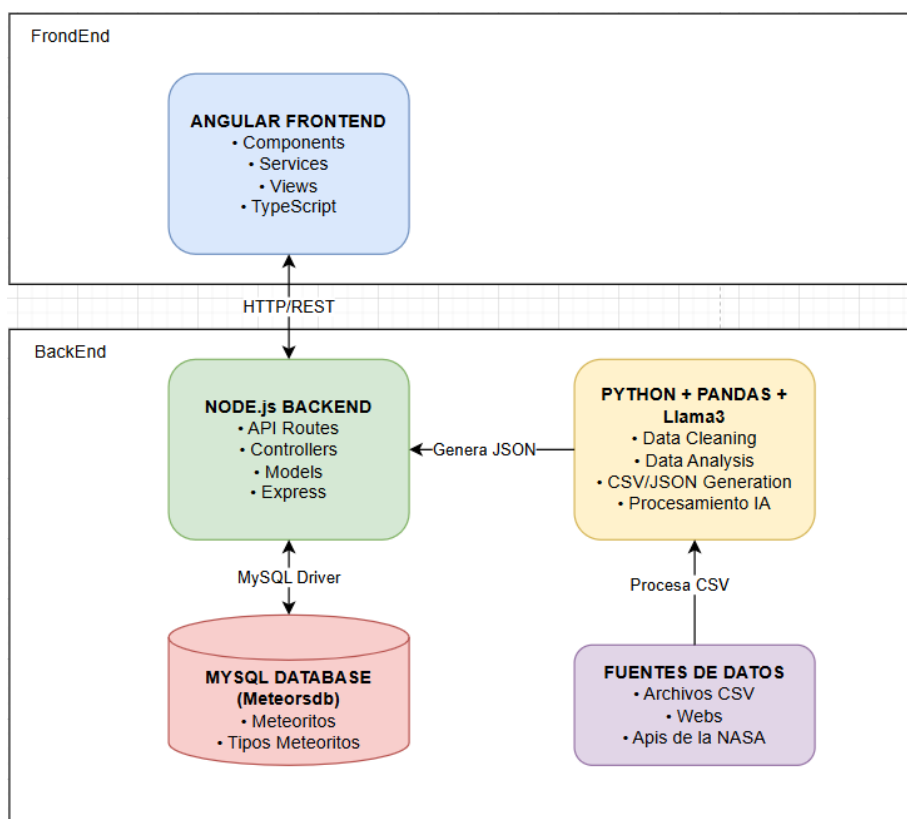
En el diagrama de clases se busca mostrar los 4 módulos que sustentan la aplicación, empezando por el componente SERVICIOS BACK que es el encargado de hacer la importación con el servicio del mismo nombre al igual que procesar los datos usando la clase de Python, luego se comprende unos controladores con la tecnología express que funcionan para dar un apoyo a la parte visual de angular al conectarla con los servicios y la base de datos. Sabiendo esto se comprende que las clases de la base de datos son solamente para guardar datos y estos son llamados por el controlador para su procesamiento y por los componentes de Angular para su visualización.

2.3.3 Vista de Desarrollo: Componentes y Módulos

Para comprender esta vista de desarrollo muestra la organización del software en componentes, módulos y su interdependencia.

2.3.3.1 Diagrama de Arquitectura

Ilustración 8. Diagrama de Arquitectura



Fuente: Elaboración propia usando Draw.io

El diagrama de arquitectura aporta a la idea expuesta en el diagrama de clases al mostrar como interactúan los componentes, mostrando la integración de cada parte del código al generar y requerir unas respuestas, así se observa en diagrama que explica este proceso comenzado con la obtención los datos externos desde las fuentes de datos para con esto generando un CSV que será procesado, normalizado y enriquecido por las clases de Python, pandas y llama3, para luego con esto generar un Json que usando Node js para guardar estos datos en la base de datos y servir este mismo de conexión con la parte visual que usa angular.

2.3.3.2 Descripción de Componentes

Tabla 19. Descripción de Componentes

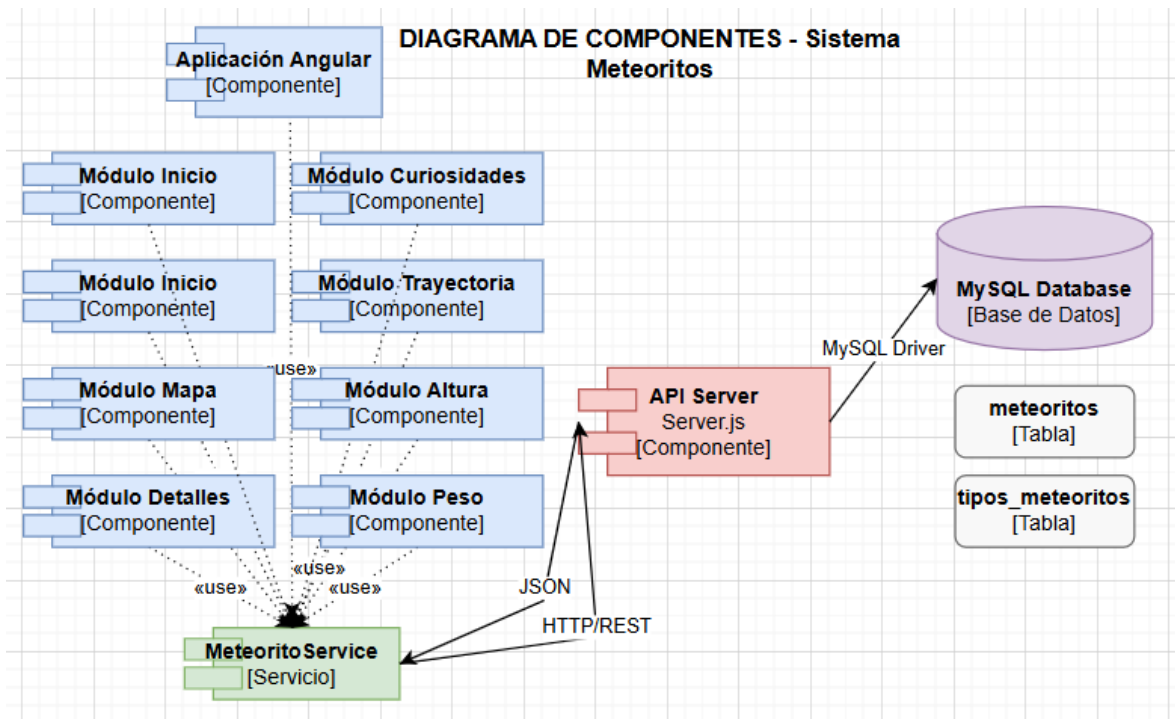
Componente	Función Principal	Tecnologías	Responsabilidades	Módulos/Entidades
ANGULAR FRONTEND	Es la encargada de la Interfaz de usuario para visualizar, interactuar y mostrar animaciones dentro de la app.	- Angular Framework - TypeScript - TML5/CSS3 - Three - gsap - google earth map	- Presentar datos en interfaces de manera interactiva - Implementar navegación, filtros y visualizaciones - Generar gráficos y visualizaciones - Consumir APIs REST	- Inicio - Mapa - Mapa detalles - Versus Altura - Versus Peso - Trayectoria e impacto
NODE.js BACKEND	Servidor API intermediario entre frontend, BD y para procesar las predicciones de procesamiento	- Node.js Runtime - Express.js - MySQL Driver - CORS middleware	- Exponer endpoints RESTful - Procesar el JSON de Python - Gestionar operaciones CRUD	- //meteoritos - /meteorInfo - /TipoMeteorito
PYTHON + PANDAS + llam3	Obtiene los datos, hace la limpieza y análisis de datos un pequeño análisis de datos con llama3	- Python 3.13.3 - Pandas - NumPy - Matplotlib/Seaborn	- Leer y consolida archivos CSV - Limpieza de datos y normalización - Análisis de información faltante	- Data cleaning - Análisis de composición - Clasificación por tipos - Cálculo de trayectorias

		-Llama3	• Generar JSON estructurado	
MYSQL DATABASE	Almacenamiento estructurado y persistente de los datos	- MySQL DBMS	- Almacenar datos normalizados - Permitir consultas eficientes - Mantener integridad referencial	- Tabla meteoritos - Tabla tipos_meteoritos
FUENTES DE DATOS	Provisión de datos crudos de meteoritos	• APIs REST • Archivos CSV • Web scraping	- Suministrar datos históricos y en tiempo real - Mantener actualización de fuentes - Garantizar calidad de datos inicial	- APIs NASA - The Meteoritical Society - Archivos locales CSV

Fuente: Elaboración Propia

2.3.3.3 Diagrama de Componentes

Ilustración 9. Tabla de Componentes



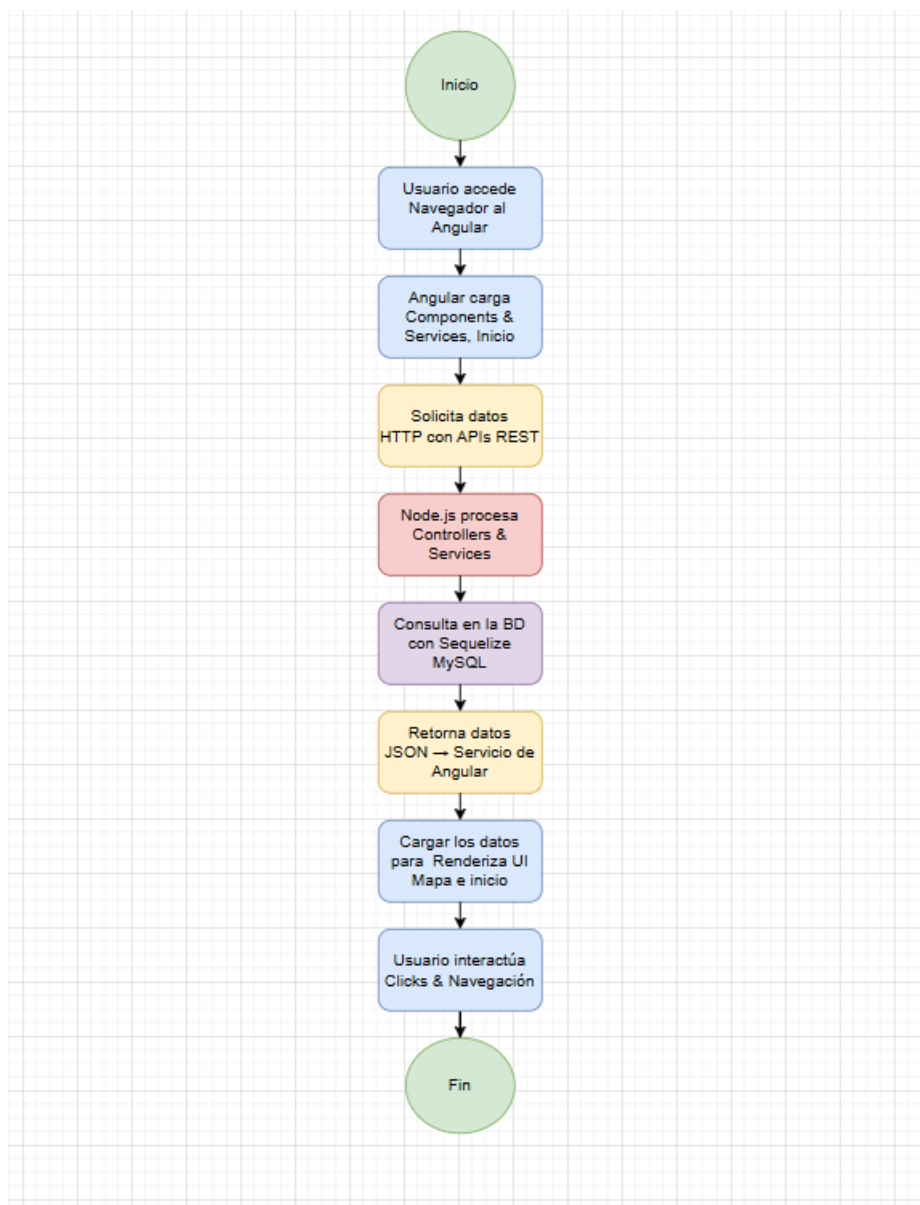
Fuente: Elaboración propia usando draw.io

Este diagrama muestra los diferentes componentes que se tienen dentro del código para ordenar el mismo, enfocándonos en los archivos que se usan para ordenar el código, por lo mismo se observa como para la parte de aplicación angular se tiene varios módulos, porque este al requiere ser guardados aparte cada componente visual, en cambio los otros dos apartados se manejan en una sola carpeta de archivos siendo estos los que se ven. Por lo mismo al ser enfocado en la aplicación no se tiene en cuenta archivos usados para la obtención de datos.

2.3.4 Vista de Procesos: Interacciones Dinámicas

2.3.4.1 Diagrama de flujo principal

Ilustración 10. Diagrama de Flujo



Fuente: Elaboración propia usando draw.io

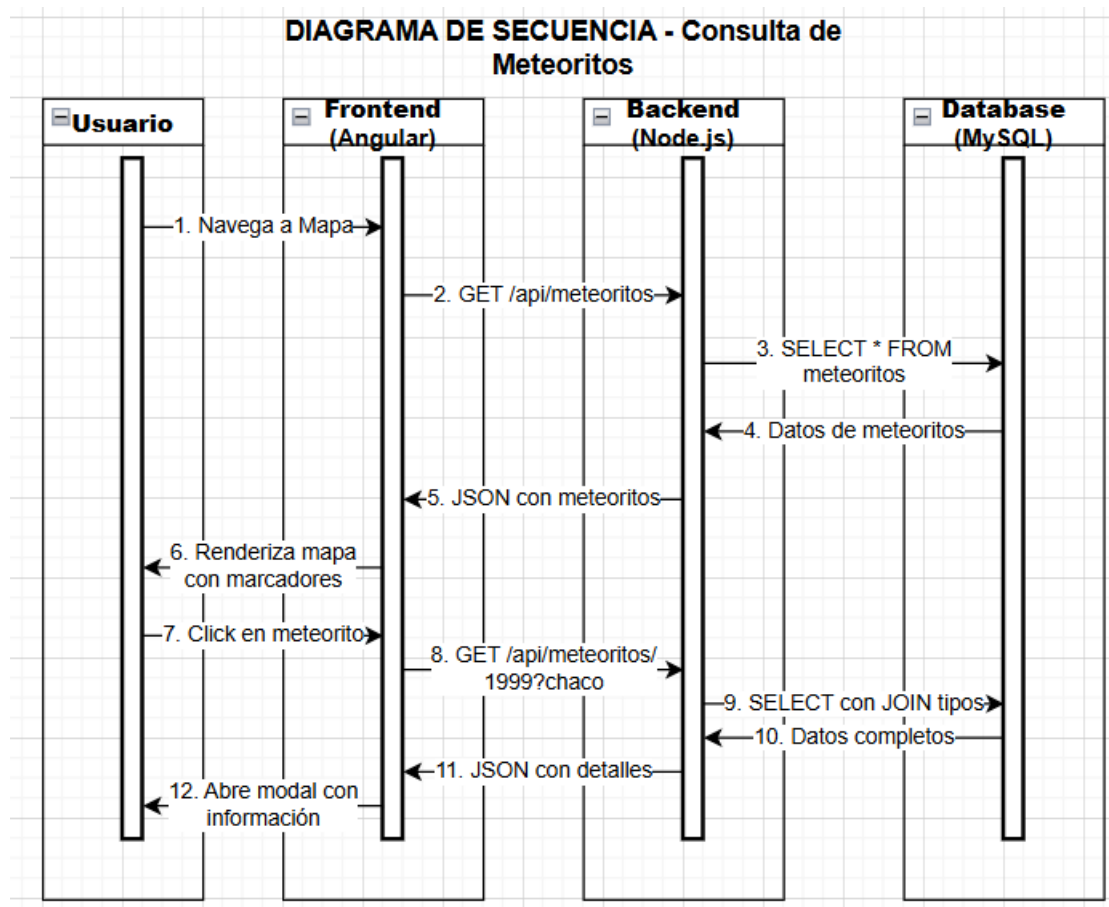
Este diagrama explica como es el paso a paso básico que usa la aplicación en un diagrama de flujo simple desde el evento de ingreso de un usuario, esto para comprender mejor que hace la aplicación para ejecutar la misma, al hacer esta línea

de procesos que realiza en palabras simples más explicativo se comprende mejor que está haciendo la aplicación a grandes rasgos.

2.3.4.2 Diagrama de Secuencia General

Explicando cada caso de uso se realiza el diagrama de secuencia que explica como interactúan los cuatro actores principales de la aplicación que son el usuario, el frontend, backend y la base de datos. Siendo como principal funcionamiento el consultar un meteorito siendo esta la base principal de la aplicación, y la que integra más a los actores.

Ilustración 11. Diagrama de secuencia



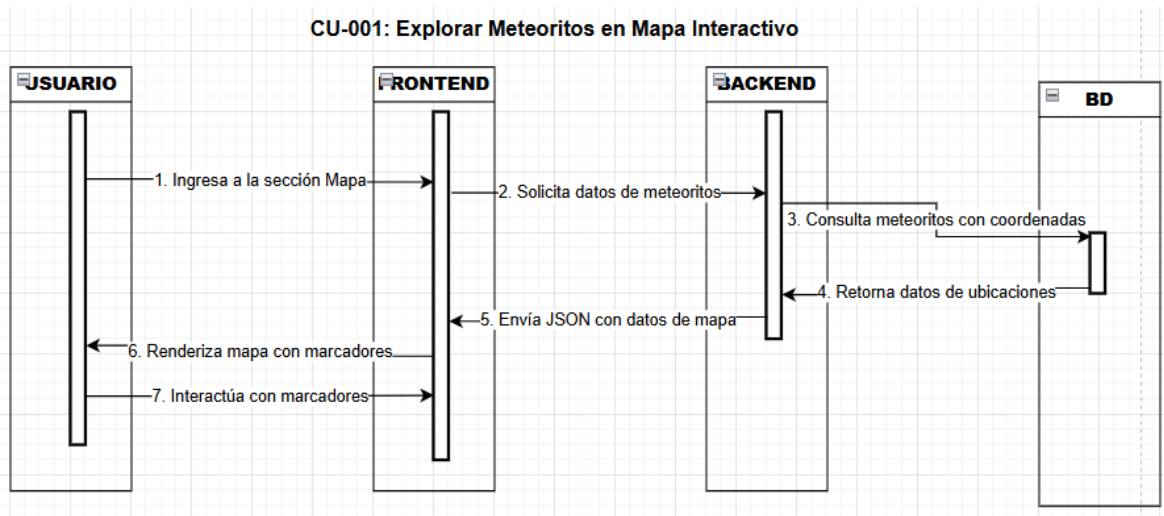
Fuente: Elaboración propia usando draw.io

2.3.4.3 Diagramas de Secuencia por Caso de Uso

- **CU-001: Explorar Meteoritos en Mapa Interactivo.**

Este diagrama explica el primer caso de uso en donde se realiza la carga del componente mapa, este es cargado y procesado para luego poder observar los meteoritos dentro del mapa.

Ilustración 12. CU-001

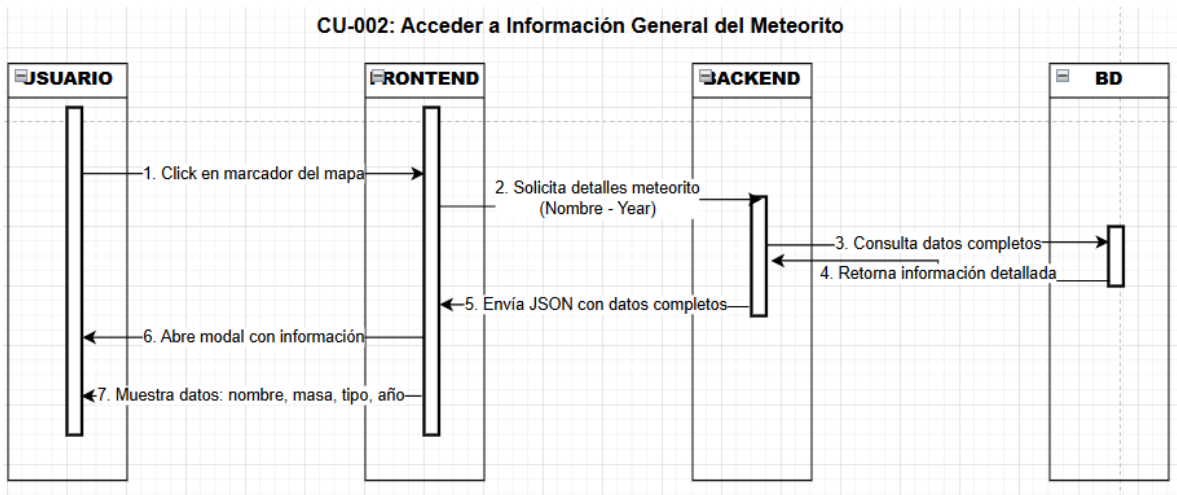


Fuente: Elaboración propia usando Draw.io

- **CU-002: Acceder a Información General del Meteorito.**

Este diagrama explica el segundo caso de uso en donde se realiza la consulta de un meteorito específico, estos datos son cargados y procesados para luego poder observar este meteorito dentro del componente detalles.

Ilustración 13. CU-002

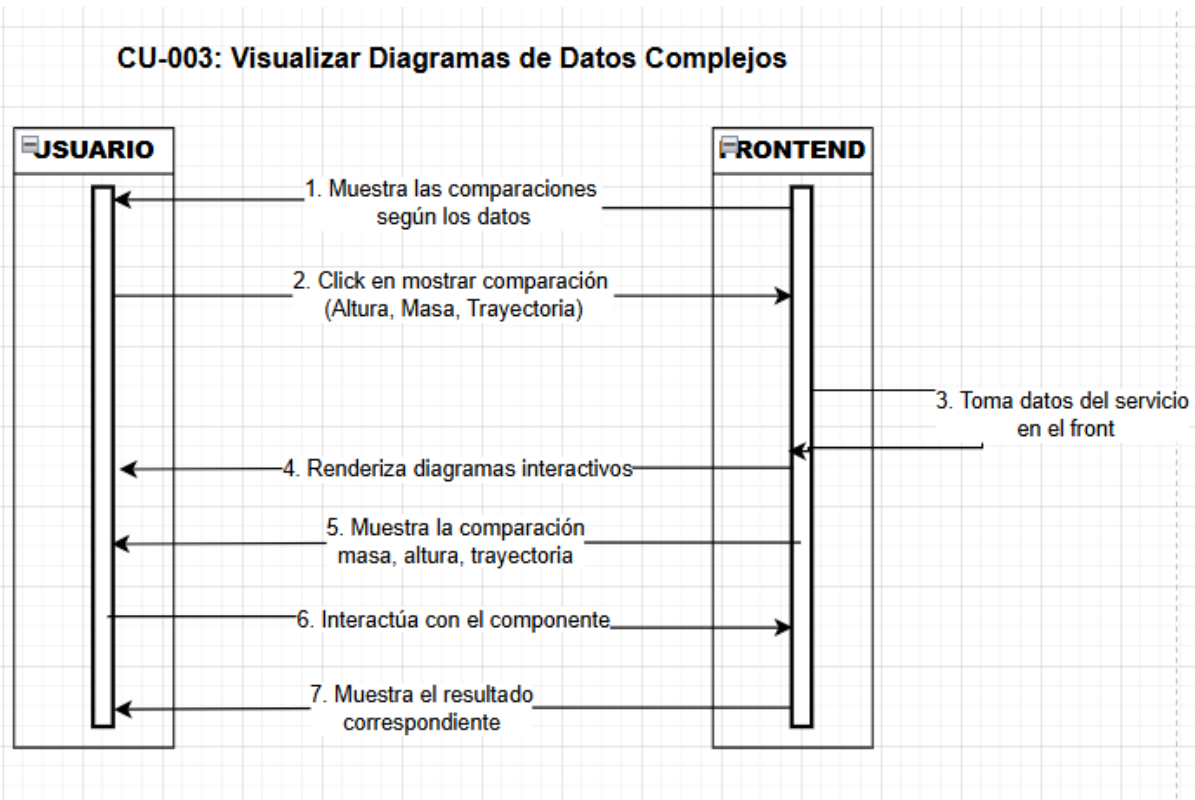


Fuente: Elaboración propia usando Draw.io

- **CU-003: Visualizar Diagramas de Datos Complejos**

Este diagrama explica el tercer caso de uso en donde se realiza el proceso en generar para la carga de las comparativas de altura, masa y trayectoria, estos varían según el dato a comprar, pero el flujo de trabajo es el mismo al ser cargado para luego poder observar.

Ilustración 14. CU-003

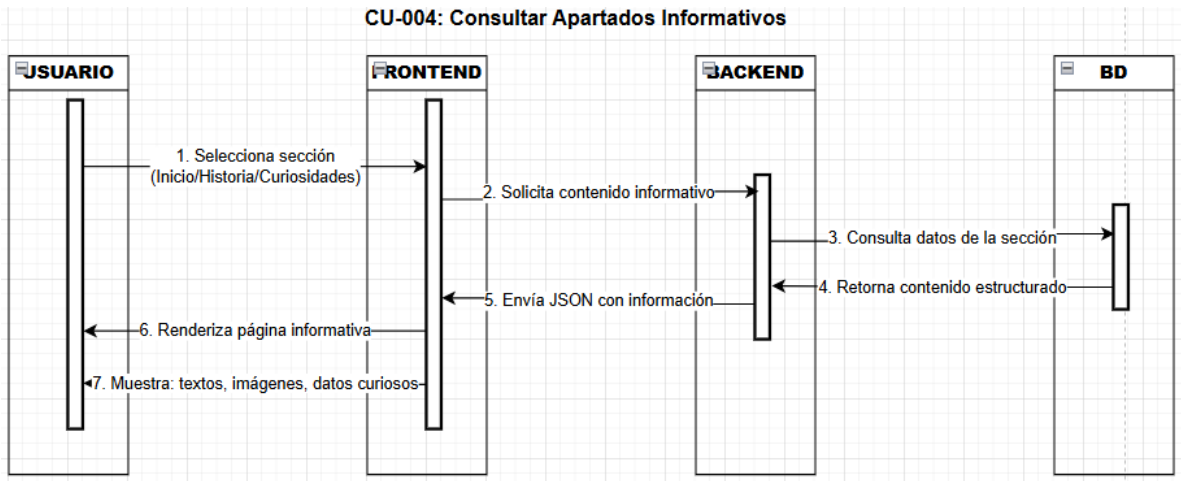


Fuente: Elaboración propia usando Draw.io

- **CU-004: Consultar Apartados Informativos**

Este diagrama explica el último caso de uso en donde se realiza la carga de componente los componentes considerados educativos que son inicio, historia y curiosidades al ser diferentes en información, pero tener un diagrama de flujo similar por esto comparten un único diagrama.

Ilustración 15. CU-004



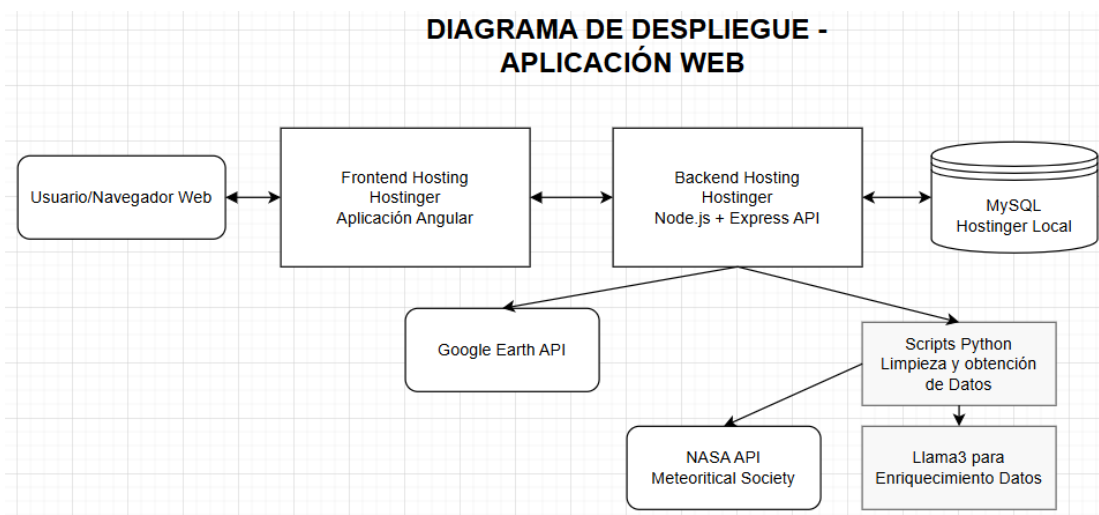
Fuente: Elaboración propia usando Draw.io

2.3.5 Vista Física: Interacciones Dinámicas

2.3.5.1 Diagrama de Despliegue

Para trabajar la vista de despliegue se realizó una muestra de cómo se puede realizar usando la aplicación web Hostinger, pero debido que la aplicación no se previó un despliegue este diagrama es mas de cómo se debería de hacer y que tener en cuenta más que un caso aplicado.

Ilustración 16- Diagrama de despliegue



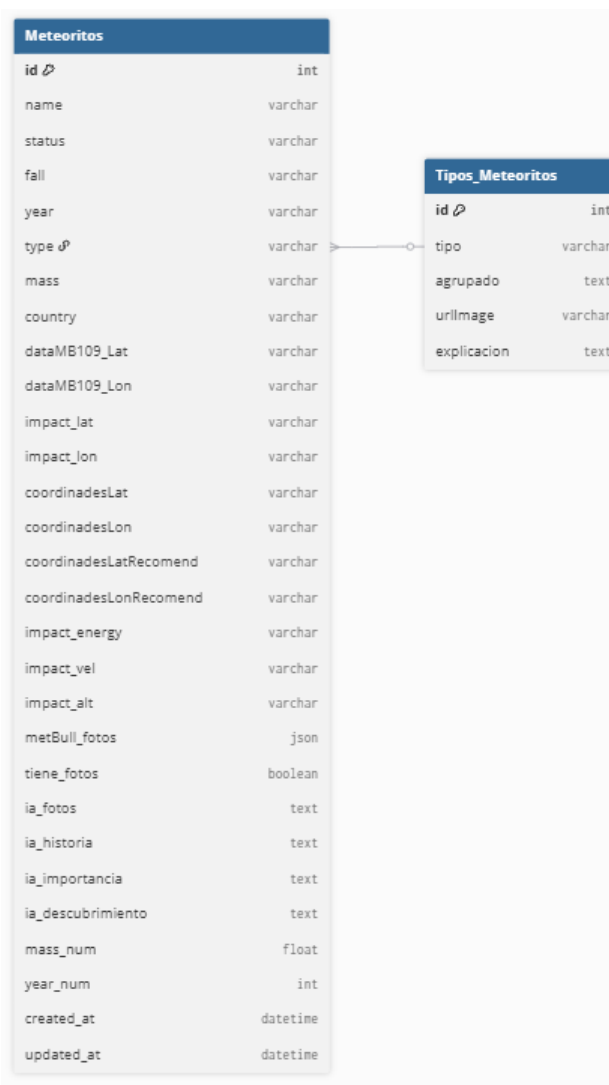
Fuente: Elaboración propia usando Draw.io

2.3.6 Diseño de la Base de Datos

2.3.6.1 Modelo Entidad-Relación

Debido que el proceso de datos se realiza aparte usando CSV y Json la tabla resultante en la base de datos es muy simple al guardar la conclusión de todos los datos, y estos al trabajarse por meteorito no se tiene una relación entre ellos al ser objetos independientes entre ellos se obtiene solo dos tablas que hacen esa función de relacionar lo necesario que es su clase.

Ilustración 17. Modelo entidad Relación



Fuente: Elaboración propia usado dbdiagram.io

2.3.7 Diseño de API/REST

Para un mejor entendimiento del servicio de api que desea implementar en la aplicación, se tiene en cuenta que este funciona por medio de peticiones a un link url que gestiona las peticiones. Además de describir los endpoints que usaran dentro de la aplicación.

2.3.7.1 Endpoints

Se usa de base url el link: <http://localhost:3000/>

Tabla 20. Tablas de Endpoints

Método	Endpoint	Parámetros	Descripción	Autenticación
GET	/meteoritos	?filter=todos imágenes interesantes impacto	Obtiene todos los meteoritos con coordenadas	No requerida
GET	/meteoritos/buscar	?name=Nombre & year=Año	Busca meteorito específico por nombre y año	No requerida
GET	/meteoritos/ meteoritosF	?filter=impacto interesante fotos	Meteoritos filtrados con lógica especial	No requerida

GET	/tiposm	-	Obtiene todos los tipos de meteoritos	No requerida
POST	/actualizarJson	-	Ejecuta Python y carga datos a MySQL	No requerida
POST	/actualizarSQL	-	Importa Meteoritos	No requerida
POST	/importarTipos	-	Importa tipos de meteoritos	No requerida

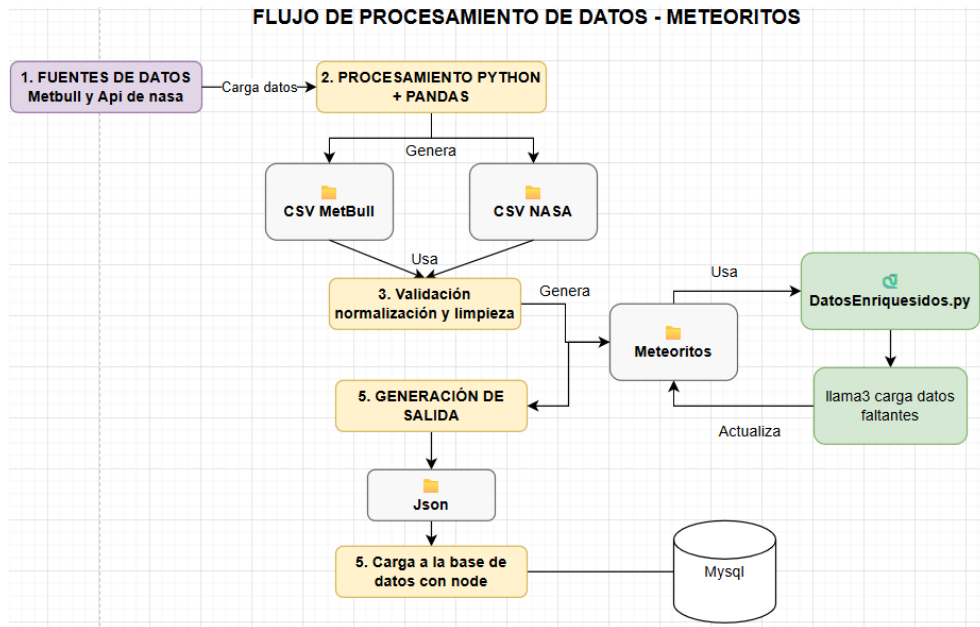
Fuente: Elaboración propia

2.3.8. Diseño de Procesamiento de Datos

2.3.8.1. Flujo de Procesamiento

Para el procesamiento como se mencionó anteriormente este se usa una base que son metbull y la nasa que generan un archivo al juntarlos, además de con el fin de complementar esta información se usan técnicas de web scrapping para obtener más datos

Ilustración 18. Flujo de procesamiento de datos



Fuente: Elaboración propia usando draw.io

2.3.9 Patrones de Diseño

En el proyecto se implementa una arquitectura híbrida basada en el patrón MVC (Modelo-Vista-Controlador). Para ello se hace uso de frameworks que separaran claramente las responsabilidades:

- Vista (View): Gestionada por Angular, que se encarga de la presentación y la interacción con el usuario.
- Controlador (Controller): Implementado con Node.js y Express, que maneja la lógica de control y los servicios.
- Modelo (Model): Representado la base de datos MySQL, junto con los scripts de Python para el procesamiento inicial de datos.

Esta estructura se buscará complementar con otros patrones de diseño más simples que nos aportan modularidad y mantenibilidad al sistema, al ser incluidos dentro explícitamente en el sistema y ampliamente con los frameworks seleccionado tales como son:

- **Patrón Repository:** Utilizable para abstraer acceso a la base de datos, encapsulando las consultas y operaciones sobre las entidades reutilizables. Esto permite cambiar la fuente de datos sin afectar la lógica de negocio.
- **Service Layer (Capa de Servicios):** Se permite encapsular la lógica de negocio en servicios independientes, facilitando su reutilización y prueba. En Node.js, estos servicios son consumidos por los controladores.
- **Patrón Suscriptor (Subscriber):** En los servicios de Angular, se utiliza el patrón suscriptor para manejar la actualización de la información en tiempo real, notificando a los componentes cuando los datos cambian.

Gracias a estos patrones se permite construir una aplicación más robusta y también facilitara la construcción de esta.

2.3.10 Especificación Técnica

Teniendo en el diseño explicado se implementa unas tecnologías compatibles con la estructura propuesta además de las especificaciones de versiones de estas:

Tabla 21. Especificaciones Técnicas del sistema

Tecnología	Versión	Justificación
Angular	18	Framework moderno para SPA, facilita la creación de componentes reutilizables
Node.js	22	Entorno runtime ideal para API REST, gran ecosistema
Express	4.18	Minimalista y flexible para crear endpoints
MySQL	8	Base de datos relacional confiable y ampliamente soportada
Sequelize	-	Usando
Python	3.13	Ideal para procesamiento de datos y web scraping

Google Earth API	1	Visualización geoespacial interactiva
three	0.18	Utilizada para la creación de animaciones en la aplicación

Fuente: Elaboración propia

2.3.11 Resumen del capítulo,

Como se observó durante este capítulo se trabajó del modelo de arquitectura 4+1 vistas, dando como resultado varios artefactos, que explican mejor el proyecto, por lo mismo se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 22. Resumen de la aplicación del modelo 4+1 Vistas

Vista 4+1	Artefacto generado	Ubicación
+1 Escenarios	Casos de Uso (CU-001 a CU-004)	Sección 2.3.1, Tablas 16-19
Vista Lógica	Diagrama de Clases	Sección 2.3.2, Ilustración 13
Vista de Desarrollo	Diagrama de Componentes + Tabla de Componentes	Sección 2.3.3, Ilustraciones 6 y 15, Tabla 9
Vista de Procesos	Diagramas de Secuencia y Flujo	Sección 2.3.4, Ilustraciones 9-12, 14 y 18
Vista Física	Diagrama de Despliegue	Sección 2.3.5, Ilustración 7

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

Del desarrollo de la aplicación

Este capítulo tiene como objetivo demostrar y explicar de manera técnica el proceso realizado para el desarrollo de la aplicación "Meteora", siguiendo la metodología de Desarrollo Iterativo e Incremental (IID) definida en el Diseño Metodológico. A lo largo del capítulo se documentan las seis iteraciones ejecutadas, los entregables generados en cada una, y el resultado final de la aplicación.

3.1 Aplicación de la metodología IID

El desarrollo de "Meteora" se organizó en seis iteraciones distribuidas con una duración planeada total de 12 semanas, siguiendo el cronograma presentado al inicio del documento en la tabla 5. Cada iteración comprendió fases de análisis, diseño, implementación y validación, permitiendo incorporar retroalimentación de manera continua.

3.1.1 Calendario real de ejecución

A continuación, se presenta el calendario real con las fechas en que se ejecutó cada iteración:

Tabla 23. Calendario de ejecución

Iteración	Semanas	Fechas	Objetivo
It-01	1-3	20 agosto - 10 septiembre 2025	Investigación y análisis inicial
It-02	4	11 septiembre - 15 septiembre 2025	Definición de requerimientos y diseño inicial
It-03	5	17 septiembre - 23 septiembre 2025	Diseño detallado y preparación técnica, iniciar con la obtención de datos

It-04	6 - 9	24 septiembre – 14 octubre 2025	Desarrollo de datos del sistema, inicio de interfaz integrando el api del mapa
It-05	9-10	15 octubre - 4 noviembre 2025	preparación de las interfaces, integración de los módulos del sistema, con los datos, y endpoints
It-06	11-12	5 noviembre - 16 noviembre 2025	Ajustes finales con opiniones externas e internas y cierre del proyecto

Fuente: Elaboración propia

3.2 Registro de Iteraciones

A continuación, se documenta cada iteración ejecutada durante el desarrollo de "Meteora", siguiendo la metodología IID. Este registro constituye la evidencia principal de la aplicación del enfoque iterativo e incremental, mostrando los entregables generados, la retroalimentación recibida y los ajustes implementados en cada ciclo.

3.2.1 Iteración 01: Investigación y análisis inicial

Tabla 24. Iteración 01

Aspecto	Descripción
Fechas	20 agosto - 10 septiembre 2025
Semanas	1 a 3
Objetivo	Establecer la base conceptual y bibliográfica del proyecto, identificar fuentes de datos y definir el alcance inicial.
Actividades realizadas	• Revisión bibliográfica de estudios sobre enseñanza de fenómenos astronómicos • Identificación de fuentes de datos (NASA, MetBull, Earth Impact Database) • Primer acercamiento a las APIs disponibles

	• Análisis de aplicaciones similares (NASA Fireballs, Meteoritical Bulletin)
Entregables generados	• Tabla 6: Revisión Bibliográfica (35 documentos analizados) • Tabla 2: Análisis de las aplicaciones de meteoritos • Documento con análisis preliminar de fuentes de datos
Evidencias	Capítulo 1
Retroalimentación recibida	Los tutores sugirieron ampliar la búsqueda a fuentes adicionales para comprender mejor el tema el origen de los datos la importancia de este antes de comenzar con el desarrollo de la aplicación.
Ajustes para It-02	Se incluyeron MetBull y NASA Fireballs como fuentes principales. Se definió que el enfoque sería en meteoritos con coordenadas geográficas confiables.
Observaciones	Esta iteración sentó las bases conceptuales del proyecto y permitió la complejidad de datos de las fuentes.

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Iteración 02: Definición de requerimientos y diseño inicial

Tabla 25. Iteración 02

Aspecto	Descripción
Fechas	11 septiembre - 15 septiembre 2025
Semanas	4
Objetivo	Consolidar requerimientos con expertos y realizar el diseño inicial de la interfaz y la arquitectura.

Actividades realizadas	• Entrevista con experto en educación astronómica para introducir el proyecto. • Elaboración de mockups iniciales con Uizard • Definición de la tabla de traducción a lenguaje cotidiano • Análisis de modelos arquitectónicos
Entregables generados	• Tabla 7: Análisis de Modelos Arquitectónicos • Tabla 8: Dato vs Lenguaje Cotidiano • Mockups iniciales (Ilustraciones 3, 4 y 5) • Transcripción de entrevista con experto • Primer borrador de requerimientos funcionales (RF-001 a RF-014)
Evidencias	• Capturas de los mockups iniciales • Transcripción de la entrevista introductoria a la temática (Anexo A)
Retroalimentación recibida	El experto recomendó priorizar la simplicidad visual y asegurar que las comparaciones fueran intuitivas incluso para niños. No incluir temáticas complejas como simular una caída exacta para cada objeto. Bastaba con enfocarse en hacer comparaciones con lenguaje cotidiano y mostrar una trayectoria desde la atmósfera, no desde el espacio exterior.
Ajustes para It-03	Se refinó la Tabla 8 añadiendo ejemplos más concretos (ej.: "peso equivalente a 20 clips" en lugar de solo gramos). Se definió la arquitectura híbrida Cliente-Servidor + MVC.
Observaciones	La retroalimentación del experto fue crucial para enfocar el proyecto en su objetivo didáctico.

3.3.3 Iteración 03: Diseño detallado, preparación técnica e inicio de obtención de datos

Tabla 26. Iteración 03

Aspecto	Descripción
Fechas	17 septiembre - 23 septiembre 2025
Semanas	5
Objetivo	Completar el diseño del sistema, preparar el entorno técnico e iniciar la obtención de datos.
Actividades realizadas	• Elaboración de diagramas UML (casos de uso, clases, secuencia, componentes) • Diseño del modelo entidad-relación • Selección definitiva de tecnologías • Configuración inicial del entorno de desarrollo • Inicio del web scraping a MetBull y NASA
Entregables generados	• Diagramas UML (Ilustraciones 8) • Modelo Entidad-Relación (Ilustración 16)
Evidencias	Evidenciadas en el capítulo 2
Retroalimentación recibida	El tutor observó que faltaban desarrollar los diagramas de caso de uso, e UML luego de lograr definir el alcance.
Ajustes para It-04	Comenzar con el desarrollo mostrando versiones preliminares de la idea para la próxima iteración para comenzar la retroalimentación de diseño.
Observaciones	Esta iteración fue intensiva en diseño y preparación técnica temas que luego fueron cambiados levemente,

	enfocándose en definir bien que temas se van a incluir antes de empezar un desarrollo completo.
--	---

Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Iteración 04: Desarrollo de datos del sistema e inicio de interfaz con mapa

Tabla 27. Iteración 04

Aspecto	Descripción
Fechas	24 septiembre - 14 octubre 2025
Semanas	6 a 9
Objetivo	Implementar la capa de datos completa, desarrollar el backend e iniciar la creación de los componentes visuales por separado.
Actividades realizadas	• Desarrollo de scripts en Python para web scraping y limpieza de datos. • Creación de la base de datos MySQL. • Implementación de API REST con Node.js/Express. • Pruebas de endpoints con Postman. • Configuración inicial de Angular y creación de los módulos mapa, peso, y altura • Primera integración con API de Google Earth • Visualización básica de marcadores en el mapa • Versiones preliminares de la trayectoria
Entregables generados	• Scripts de Python para scraping y limpieza • Base de datos MySQL poblada con 52.652 registros sin el apartado de enriquecimiento. • API REST con 7 endpoints funcionales (Tabla 21) • Componente Mapa con marcadores básicos (Anexo B)

	• Componente Altura y Peso en funcionalidad (Anexo B) • Componente trayectoria versión preliminar (Anexo B)
Evidencias	• Componente Comparación energía • Captura del primer mapa funcional, componente altura, componente peso, y versión preliminar componente trayectoria (Anexo B)
Retroalimentación recibida	Mejorar el componente trayectoria porque esta carencia de comprensión, además mejorar el componente masa que se veía muy simple y comenzar a integrar los módulos
Ajustes para It-05	Se implementó una mejora en el módulo masa agrando un componente 3d que no se tenía propuesto en primer lugar y trayectoria agregar un apartado que indique el movimiento, además de juntar el módulo energía con el de trayectoria
Observaciones	Esta iteración fue la más larga (4 semanas) debido a la complejidad de consolidar datos de múltiples fuentes debido que se enfocó más en consolidar datos que en los módulos visuales, cuando se empezó a trabajar en los módulos visuales fue en la segunda mitad de la iteración.

Fuente: Elaboración propia

3.3.5 Iteración 05: Preparación de interfaces e integración de módulos

Tabla 28. Iteración 05

Aspecto	Descripción
Fechas	15 octubre - 4 noviembre 2025

Aspecto	Descripción
Semanas	9 a 10
Objetivo	Desarrollo final de los componentes frontend
Actividades realizadas	• Desarrollo de componentes Angular: Inicio, Detalles, Comparación Altura, Comparación Masa • Implementación de detalles de marcadores en el mapa u su respectivo direccionamiento a los otros apartados • Integración de todos los componentes con la API • Implementación de filtros en el mapa (con foto, interesantes, con impacto) • Entrevista con el experto externo sobre los resultados obtenidos • Opiniones de personas ajenas al proyecto. • Análisis e implementación de opiniones obtenidas,
Entregables generados	• Componentes funcionales: Inicio, Mapa (con clustering), Detalles, Versus Altura, Versus Masa, trayecto versión final, apartados informativos • Filtros funcionales en el mapa • Informe de pruebas de usabilidad
Evidencias	• Capturas de los componentes desarrollados • Transcripción entrevista final con el asesor (Anexo A)

Aspecto	Descripción
Retroalimentación recibida	Se enfoco en dos aspectos sobre el contenido mostrado el apartado de curiosidades se recomendó mandar al mapa principal cosa que no se tenía en cuenta, mejorar la navegación volverla más lineal y dinámica.
Ajustes para It-06	Se priorizó el desarrollo de la una mejor navegación y rendimiento del proyecto dado que se comprendía todos los componentes principales funcionando se mejorará su integración
Observaciones	La retroalimentación apporto a que la aplicación se volviera más eficiente y de esta se pudiera ver los diferentes apartados.

Fuente: Elaboración propia

3.3.6 Iteración 06: Ajustes finales con opiniones externas e internas y cierre

Tabla 29. Iteración 06

Aspecto	Descripción
Fechas	5 noviembre - 16 noviembre 2025
Semanas	11 a 12
Objetivo	Completar funcionalidades pendientes, refinar la aplicación basado en feedback del experto y datos mostrados, realizar pruebas y cerrar el proyecto.

Actividades realizadas	• Desarrollo del componente historia • Rediseño de la navegación (detalle como punto central) • Optimización de rendimiento del mapa (caché de marcadores) • Mejora de animaciones agregando los objetos faltantes • Desarrollo final de componentes origen • Pruebas de compatibilidad en múltiples navegadores (Chrome, Firefox, Edge, Opera) • Pruebas de rendimiento y accesibilidad • Documentación final
Entregables generados	• Aplicación completa con todos los componentes funcionales: Inicio, Mapa, Origen, Curiosidades, Detalles, ,Versus Altura, Versus Masa, Trayectoria ,Componente Trayectoria rediseñado (Ilustraciones 26-27) • Informe de pruebas de compatibilidad (ver sección 4.3.2) • Informe de pruebas de rendimiento (ver sección 4.3.1) • Documento de tesis finalizado
Evidencias	• Capturas de los componentes finales (sección 3.5) • Videos de las animaciones (disponibles en repositorio) • Resultados de pruebas de compatibilidad (Capítulo 4)
Retroalimentación recibida	Se presento el documento para revisión final de contenido, presentando cambios menores.

Ajustes finales	Se realizaron correcciones menores de estilo, poner notas sobre la información y se ajustaron detalles para agregar todos los objetos.
Observaciones	Esta iteración permitió pulir detalles y asegurar que la aplicación cumpliera con todos los requerimientos definidos.

Fuente: Elaboración propia

3.3.7 Iteraciones vs los requerimientos funcionales de la aplicación

Tabla 30. Iteraciones vs los requerimientos funcionales de la aplicación

Requerimientos	Descripción	It-01	It-02	It-03	It-04	It-05	It-06
RF-001	Explorar meteoritos en mapa				X	X	
RF-002	Acceder a información detallada					X	
RF-003	Apartado informativo (Inicio)					X	
RF-004.1	Comparación de masa				X	X	
RF-004.2	Comparación de altura				X	X	
RF-004.3	Trayectoria e impacto				X	X	
RF-005	Navegación fluida				X	X	X
RF-006	Rendimiento óptimo					X	X
RF-007	Integración API mapas				X		
RF-008	Compatibilidad navegadores				X		
RF-009	Frameworks Angular/Node.js				X		
RF-010	Base de datos MySQL				X		
RF-011	Traducción lenguaje cotidiano				x		
RF-012	Menús y filtros					X	
RF-013	Información ampliada				X	X	X
RF-014	Simulaciones visuales				X	X	X

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Obtención y preparación de datos

Durante el proceso de desarrollo, un punto clave consistió en garantizar la recolección, depuración y estructuración de la información necesaria para representar los meteoritos en el entorno geoespacial de la aplicación y con esto causar el interés sobre este tema en los estudiantes que ingresen y exploren la aplicación.

Actualmente, esta información en el proceso de la obtención de esta se observa que esta se encuentra dispersa entre diversas entidades e instituciones, lo que dificulta su uso directo. Aunque existen APIs públicas, como las que provee la NASA³⁵, estas suelen centrarse en aspectos específicos de los meteoritos —por ejemplo, métricas físicas como velocidad, ángulo de impacto o energía liberada—, mientras que otras fuentes se enfocan en información geográfica o de observación de estos eventos. Sin embargo, no existe una integración pública que unifique todos estos datos en un solo conjunto coherente, especialmente cuando se busca incluir información complementaria, como la composición química o los antecedentes históricos del hallazgo, que suelen ser recopilados por entidades como MetBull³⁶ (Meteoritical Bulletin Database).

En esta fase se procedió a recopilar y consolidar datos provenientes de fuentes confiables usando web scrapping, luego asegurando que cada registro trajera la mayor información posible e incluyera si es posible los campos esenciales: nombre, fecha de caída, masa, composición, coordenadas geográficas, clasificación, altura y datos mencionados anteriormente.

Una vez obtenida la información, se aplicaron procesos de limpieza y normalización usando el lenguaje de Python para eliminar inconsistencias, corregir formatos y homogeneizar unidades de medida para poder realizar los procesos de comparación con las otras fuentes. Los datos fueron posteriormente transformados en un formato estructurado JSON y a través de node.js almacenados en una base

³⁵ <https://api.nasa.gov>

³⁶ <https://meteoritical.org>

de datos MySQL usando peticiones, diseñada para permitir consultas eficientes y escalables por el Frontend de la aplicación.

Finalmente, Antes de cargarlos a la base de datos se desarrolló un proceso de enriquecimiento automático de información con la base anteriormente obtenida, mediante el uso de modelos de inteligencia artificial (llama3) y algoritmos de búsqueda web (pandas), con el fin de complementar o verificar los datos faltantes si es posible (por ejemplo, descripciones históricas, origen del evento o implicaciones).

Como conclusión el flujo para obtener la información fue el siguiente; se comenzó usando Python, obteniendo los datos directamente de las páginas públicas como Metbull y la Nasa usando web scrapping o por medio de Apis si estas están disponibles, para luego cargar esta información en dos archivos tipo CSV (meteoritos Metbull y meteoritos NasaCeneos), luego se realiza una limpieza de datos en el mismo lenguaje y guardarlo en otro documento. Al limpiarlo se procesó para juntarlo en un JSON consolidado llamado meteoritos, para finalizar usando el mismo Python leer este Json y usando técnicas de búsqueda y la ia llama3 se completó la mayor información disponible. Para finalmente cargarlo a la base de datos MySQL.

De esta manera, se obtuvo un conjunto de datos consolidado y validado, listo para su integración con el Frontend.

3.5 Desarrollo de las funcionalidades e interfaz.

Con los datos obtenidos anteriormente se puede trabajar otro gran reto que consiste en mostrar esa información y traducirla para que se pueda entender en un lenguaje cotidiano e interesante.

Ahora se construye el sistema web enfocado en el Frontend utilizando Angular como framework principal para el desarrollo interactivo, y la API de Google Earth para la visualización y exploración geoespacial de los meteoritos. además de usar este framework para trabajar las funciones de interpretación y traducción aun lenguaje cotidiano.

Cada marcador colocado en el mapa, de acuerdo con las coordenadas (latitud y longitud) del meteorito, permite al usuario interactuar con información visual y educativa. Mostrando datos traducidos a lenguaje cotidiano con cuatro módulos previstos que se trabajaron aparte con datos ingresados manualmente y luego se integraron a la aplicación.

- **Masa/Masa composición:** Este apartado compara la masa de meteorito con algo que probablemente un estudiante allá intentado levantar o logre comprender fácilmente su peso, por ejemplo, si el meteorito pesa 20 gramos, se compara con un clip de papel que en promedio pesa 1 gramos lo cual se mostrara que el meteorito pesa lo equivalente a 20 clip de papel medianos mostrando en pantalla los 20 clips de papel.
- **Altura:** Con el fin de mostrar a un estudiante que tan alto puede ser el objeto que cae se busca comparar el mismo con diferentes objetos comunes como una regla escolar, la altura promedio de un niño, un adulto, una casa etc.
- **Trayectoria.** Este dato se basa en la representación visual del movimiento del meteorito, mediante una simulación animada de su caída y recorrido atmosférico para su posterior simulación del impacto, lo que permite al usuario comprender el ángulo de entrada y la dinámica del impacto. (Se colocará cada apartado y explicará los componentes al terminar la aplicación)

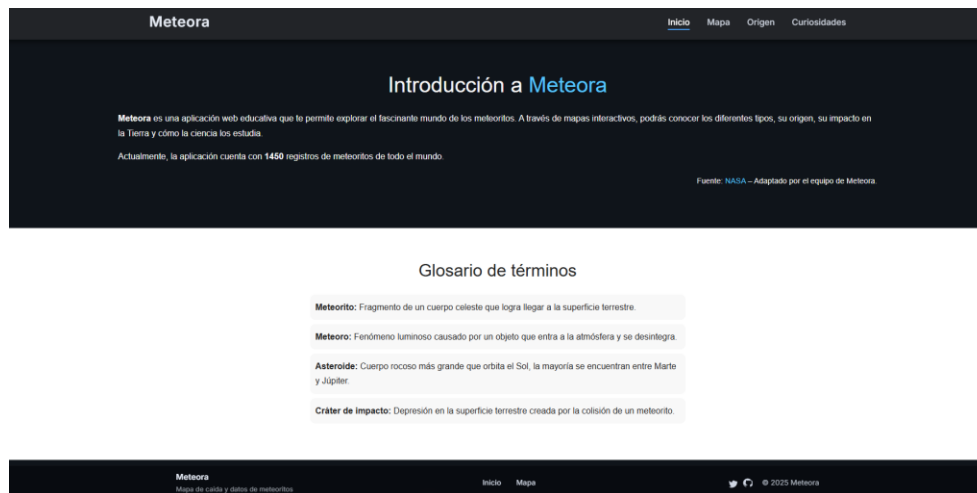
3.6 Apartados de la aplicación

La aplicación web está estructurada en una serie de apartados principales, cada uno implementado como un componente independiente que cumple una función específica dentro del sistema. Estos componentes trabajan de manera integrada para ofrecer una experiencia de exploración científica e interactiva sobre los meteoritos, sus características físicas, su origen astronómico y su impacto sobre la Tierra.

A continuación, se describen en detalle los componentes que conforman la aplicación, junto con sus principales funcionalidades y objetivos.

3.6.1 Componente Inicio

Ilustración 19. Componente inicio



Fuente: Elaboración propia

El componente Inicio funciona como el punto de partida de la aplicación. En esta sección se quiere dar una pequeña presentación y una descripción introductoria sobre los meteoritos, explicando su naturaleza, tipos más importantes, composición y que puede tener de interés en la aplicación.

Su propósito es ofrecer una visión general que permita a los usuarios comprender el contexto de la web antes de interactuar con los demás módulos.

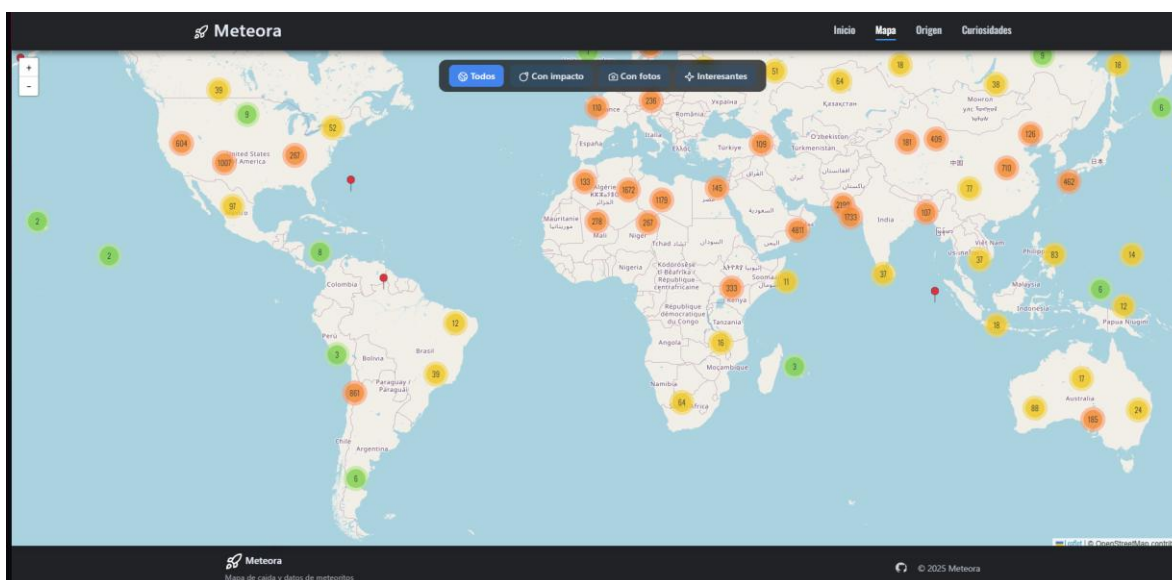
Para una mejor comprensión del componente se mencionan unas características clave:

- Presenta una explicación general sobre los meteoritos y de la aplicación.
- Incluye un glosario de términos clave y su definición, tales como masa, trayectoria, tipo de meteorito y magnitud del impacto, con el fin de facilitar la comprensión de los conceptos utilizados en el resto de la aplicación.
- Integra imágenes o ilustraciones que apoyen el contenido informativo.
- Ofrece enlaces o accesos directos hacia las demás secciones del sistema.

Este componente tiene una función de contextualizar, introducir al usuario en el tema y prepara su experiencia de exploración científica dentro del entorno interactivo.

3.6.2 Componente Mapa

Ilustración 20. Componente Mapa



Fuente: Elaboración propia

El componente Mapa representa el núcleo visual y funcional de la aplicación. Utiliza una vista geográfica de Google Earth de manera interactiva para mostrar la distribución global de los impactos de meteoritos registrados agrupándolos para evitar la saturación de puntos.

Cada meteorito se representa mediante un marcador georreferenciado que contiene información relevante, accesible mediante un clic en el pin para ingresar con el componente de detalles. El mapa se integra con la base de datos para mostrar diferentes filtros básicos.

Para una mejor comprensión del componente se cumplen unas funcionalidades:

- **Visualización geográfica:** muestra los impactos de meteoritos en distintas regiones del mundo.
- **Filtros interactivos:** el usuario puede aplicar criterios de búsqueda y filtrado, tales como:
 - Meteoritos que disponen de fotografías de ellos mismos o evidencia visual.
 - Meteoritos con datos del impacto (energía, magnitud, diámetro del cráter, etc.).
 - Meteoritos clasificados como “interesantes” por su historia o rareza.
- **Ventanas detalles (pop-ups):** al hacer clic sobre un punto, se despliega una ficha con los datos del meteorito y sus comparativas con lenguaje cotidiano.
- **Actualización dinámica:** los resultados cambian automáticamente según los filtros aplicados, sin necesidad de recargar toda la página.

Para una mejor comprensión del componente se mencionan unos puntos clave:

- Es el componente con mayor interacción usuario-sistema.
- Combina datos científicos y visualización geoespacial.
- Permite una exploración libre y comparativa entre los distintos impactos.

3.6.3 Componente Origen

Ilustración 21. Componente Origen



Fuente: Elaboración propia

El componente Origen ofrece una visualización didáctica sobre la procedencia astronómica de los meteoritos. A través de gráficos dinámicos e ilustraciones interactivas, se representan las principales zonas del sistema solar desde donde provienen estos cuerpos.

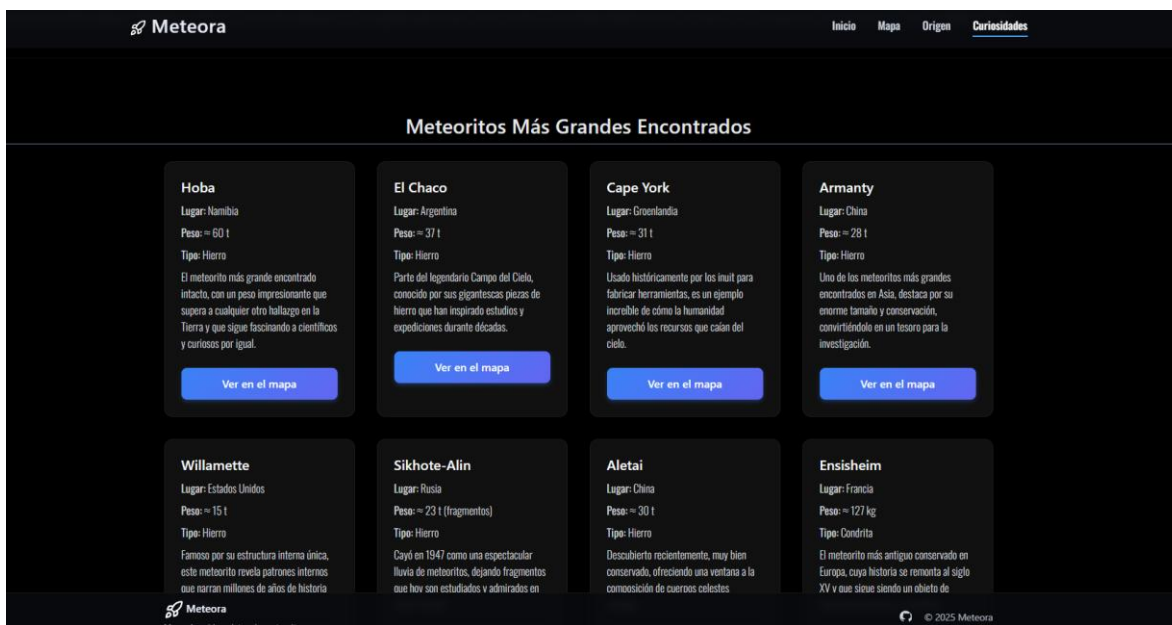
Para una mejor comprensión del componente se tienen unos aspectos importantes:

- Muestra los cinturones de asteroides para comprender el origen de los meteoritos comúnmente y el contexto de ubicación en el sistema solar; y otras regiones relevantes del sistema solar (por ejemplo, el cinturón principal entre Marte y Júpiter, o el cinturón de Kuiper).
- Incluye animaciones o representaciones que ayudan a visualizar el desplazamiento de los cuerpos hasta su ingreso a la atmósfera terrestre.

Tenemos un valor de interés y educativo para que se pueda comprender como este componente conecta la información terrestre con el contexto astronómico, permitiendo entender la relación entre el espacio y los eventos de impacto en la Tierra.

3.6.4 Componente Curiosidades

Ilustración 22. Componente Curiosidades



Fuente: Elaboración propia

El componente Curiosidades está diseñado para resumir los meteoritos en aquellos que puedan despertar la curiosidad y el interés general del usuario. Su enfoque es más divulgativo y busca destacar aquellos meteoritos que tienen historias particulares o características fuera de lo común o fueron importantes en la historia.

Tenemos un contenido que ayuda a comprender la importancia del componente:

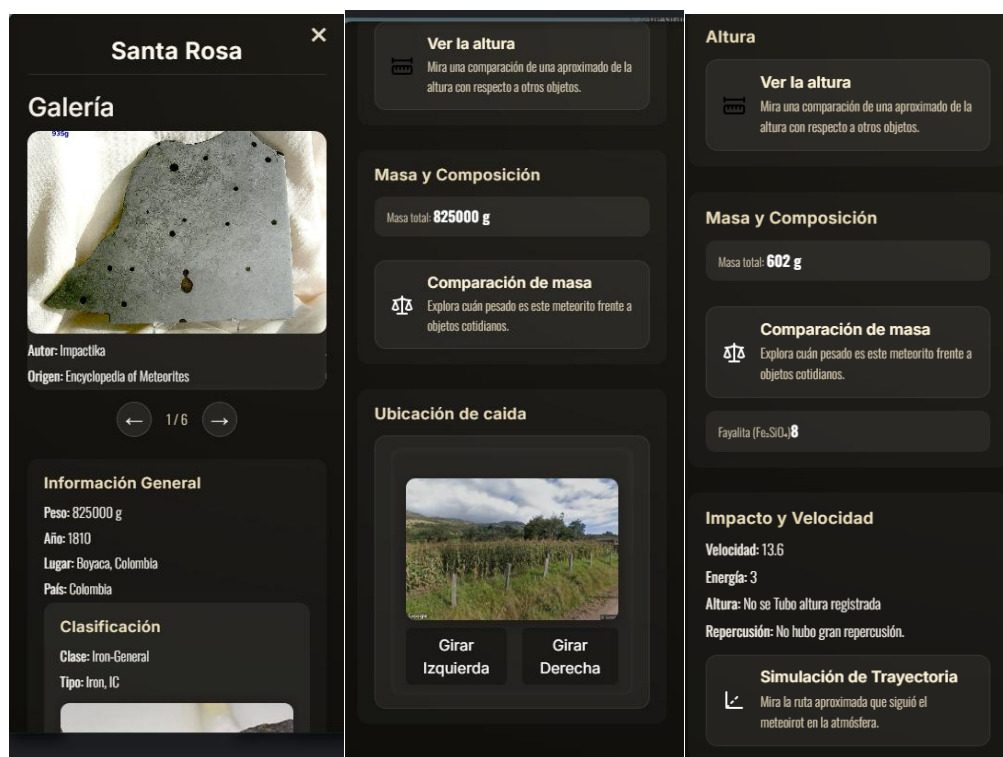
- Muestra una lista de meteoritos destacados por su importancia histórica, tamaño inusual, rareza de composición o impacto cultural.
- Cada curiosidad se acompaña de datos, imágenes y su localización en el mapa.
- Incluye anécdotas científicas o culturales, como los meteoritos que inspiraron teorías, leyendas o descubrimientos.
- Permite al usuario explorar de forma visual e intuitiva los meteoritos más llamativos registrados en la base de datos.

La importancia se enfoca en:

- Promover el aprendizaje informal a través del asombro.
- Vincula ciencia, cultura y narrativa histórica para acercar el evento con el contexto cotidiano.
- Se integra con el mapa para ubicar cada caso de estudio.

3.6.5 Componente Detalles del Meteorito

Ilustración 23. Componente Detalles



Fuente: Elaboración propia

Este componente ofrece una ficha técnica completa traducida a lenguaje cotidiano sobre un meteorito específico. Al seleccionarlo desde el mapa o desde otra sección, se cargan todos los detalles almacenados en la base de datos.

Se presentan los siguientes datos si están disponibles:

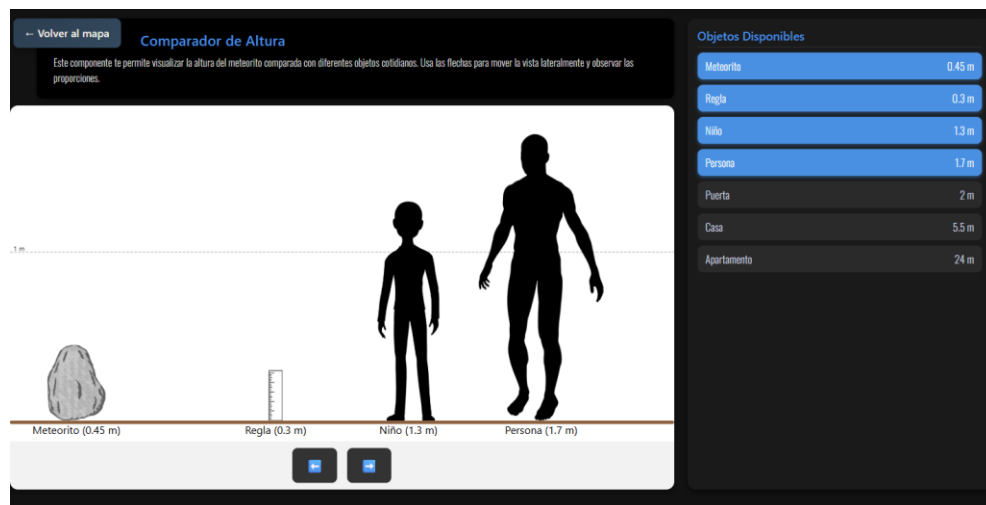
- Nombre del meteorito.
- Año de hallazgo o caída.
- Masa y dimensiones aproximadas.
- Tipo o clasificación.
- Fotografías, informes o curiosidades relacionadas.

Este cumple con los siguientes puntos:

- Interfaz limpia con datos estructurados en secciones.
- Botones o enlaces para acceder directamente a los componentes de comparación (altura, masa e impacto).
- Actualización dinámica según el meteorito seleccionado.

3.6.6 Componente Comparación: Altura

Ilustración 24. Componente Comparación: Altura



Fuente: Elaboración propia

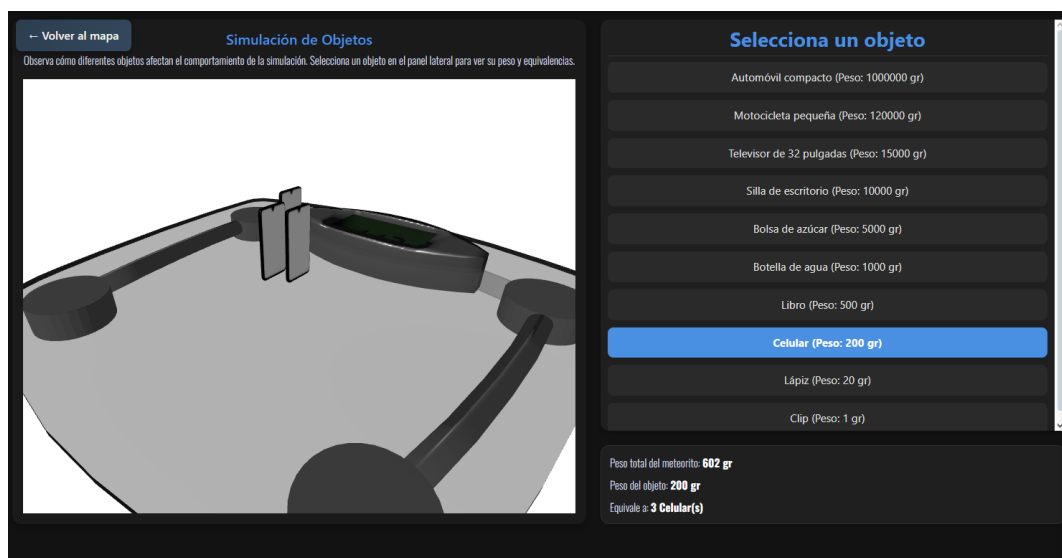
El componente Comparación de Altura ofrece una representación visual que permite comparar la altura del meteorito con objetos o estructuras conocidas (edificios, montañas, torres, etc.). Este cumple con lo siguiente:

- Visualización en escala de la altura estimada del meteorito.
- Comparación directa con elementos cotidianos para una mejor comprensión dimensional.
- Interfaz interactiva que puede incluir animaciones o transiciones visuales.

Traduce las medidas científicas en referentes visuales familiares, facilitando que el usuario perciba el tamaño del meteorito de forma intuitiva.

3.6.7 Componente Comparación: Masa

Ilustración 25. Componente Masa



Fuente: Elaboración propia

El componente Comparación de Masa cumple una función similar, enfocándose en la magnitud del peso del meteorito. Permite realizar comparaciones con objetos del entorno humano o natural.

- Peso equivalente a vehículos, animales grandes o artefactos tecnológicos.
- Escalas gráficas para mostrar proporciones visuales.

Nos aporta con lo siguiente:

- Mejora la percepción del usuario sobre las magnitudes físicas.
- Refuerza la comprensión del dato científico mediante equivalencias visuales y descriptivas.

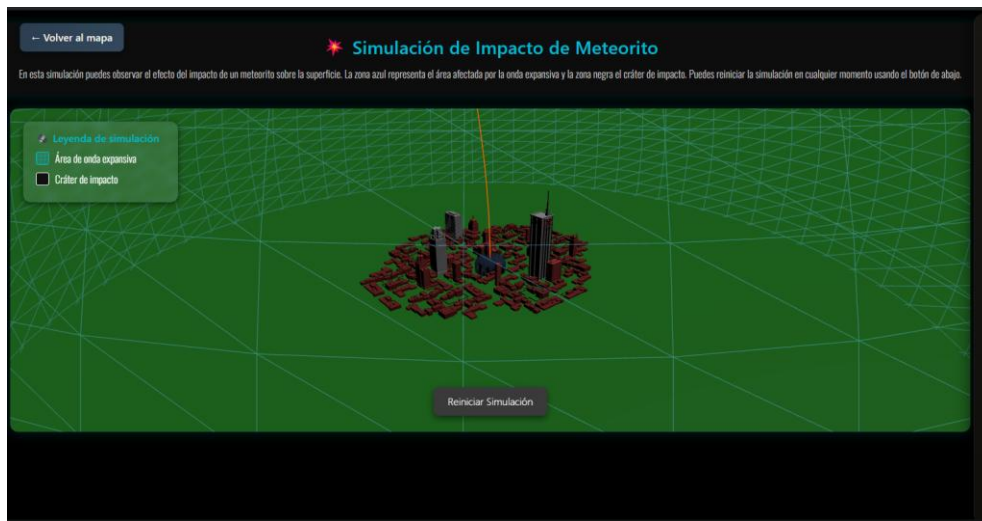
3.6.8 Componente Trayectoria e impacto

Ilustración 26. Componente Trayectoria Espacio



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 27. Componente Trayectoria Impacto



Fuente: Elaboración propia

El componente Trayectoria ofrece una simulación dinámica del recorrido del meteorito desde su ingreso como se acerca a la tierra hasta el punto de impacto.

- Representación animada del desplazamiento con parámetros como velocidad, ángulo y dirección.
- Resultado del impacto comparado con objetos según la magnitud del evento.

En fin, de este componente busca integrar la dimensión astronómica con la física del movimiento, ofreciendo una experiencia interactiva que refuerza la comprensión del fenómeno.

3.7 Lecciones aprendidas

El proceso iterativo permitió hacer la labor de identificar aprendizajes clave en cada ciclo:

- It-01: La calidad de los datos es más importante que la cantidad. Es mejor tener pocos registros confiables que muchos incompletos.

- It-02: El feedback temprano de expertos ahorra meses de trabajo. La recomendación de simplificar la trayectoria evitó desarrollar una funcionalidad compleja e innecesaria.
- It-03: Diseñar antes de codificar evita retrabajos. Los diagramas UML permitieron visualizar problemas de arquitectura antes de implementar.
- It-04: Consolidar todos los datos primero y luego desarrollar las interfaces fue un error. Se debió trabajar en paralelo para recibir feedback visual más temprano.
- It-05: Las pruebas con usuarios revelan problemas que los test automatizados no detectan. La confusión con la trayectoria no se habría identificado sin ellas.
- It-06: Siempre habrá limitaciones técnicas (rendimiento, compatibilidad). Lo importante es documentarlas y establecer un plan para

Estas elecciones serán valiosas para futuros proyectos y demuestran la madurez adquirida durante el proceso de desarrollo.

Capítulo 4.

Validación, Pruebas y Evaluación Técnica de la Aplicación

La validación constituye una etapa fundamental dentro del ciclo de vida de desarrollo de la aplicación educativa "Meteora". Su objetivo es garantizar el correcto funcionamiento técnico, la confiabilidad, la estabilidad y la efectividad didáctica del sistema antes de su despliegue. Durante esta fase se desarrollaron pruebas funcionales, pruebas no funcionales y evaluaciones orientadas al funcionamiento, así como demostrando las realizadas durante el desarrollo de la aplicación.

4.1 Metodología de validación

La metodología para la validación se desarrolló de manera paralela al proceso de construcción de la aplicación, siguiendo el enfoque iterativo e incremental (IID) definido en el Diseño Metodológico. Esto permitió detectar oportunamente errores e inconsistencias en cada uno de los módulos involucrados.

4.1.1 Estrategia de pruebas

Este proceso de validación se estructuró en tener tres niveles, correspondientes a las capas técnicas del sistema:

Tabla 31. Niveles de Prueba

Nivel	Capa	Tecnologías	Enfoque de pruebas	Responsable
Nivel 1	Datos	Python, Pandas, Llama3	Pruebas de integridad, consistencia y transformación	Desarrollador
Nivel 2	Backend	Node.js, Express, MySQL	Pruebas de endpoints, códigos HTTP, carga de datos	Desarrollador

Nivel 3	Frontend	Angular, Google Earth API, Three.js	Pruebas de componentes, navegación, filtros, animaciones	Desarrollador + Experto + Usuarios
--------------------------	----------	-------------------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Entorno de pruebas

Las pruebas se ejecutaron en el siguiente entorno controlado:

Tabla 32. Entorno de pruebas

Componente	Especificación
Sistema operativo (desarrollo)	Windows 11 Pro (22H2)
Sistema operativo (pruebas)	Windows 11, Android 14
Procesador	Intel Core i5-12700H 2.3 GHz
Memoria RAM	16 GB DDR4
Navegadores evaluados	Chrome 120+, Firefox 115+, Edge 120+, Opera 100+, Safari 17
Herramientas de prueba	Postman v11, Chrome DevTools, Firefox Developer Tools, Lighthouse, WAVE

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Criterios de aceptación

Para cada tipo de las pruebas se definieron criterios para la aceptación específicos:

Tabla 33. Criterios de aceptación

Tipo de prueba	Criterio de aceptación	Métrica
Funcionales	100% de casos de prueba críticos exitosos en las funcionalidades clave	% de éxito por módulo
Rendimiento	Tiempos de carga menores a 3 segundos	Tiempo en ms
Compatibilidad	% de funcionalidades operativas en navegadores objetivo	% de funcionalidades
Usuario	Puntuación promedio positiva en escala de 1 a 5	Promedio por categoría

Fuente: Elaboración propia

4.2 Pruebas funcionales

Las pruebas funcionales verificaron que cada módulo del sistema cumpliera con los requisitos que fueron definidos en las etapas de análisis y diseño. Estas pruebas se realizaron de manera manual y automatizada, aplicando criterios de aceptación específicos para cada componente.

4.2.1 Validación de la capa de datos (Python)

Se verificó que los scripts encargados de recopilar, procesar y adaptar la información meteorítica funcionaran correctamente.

4.2.1.1 Casos de prueba y resultados detallados

Tabla 34. Casos de prueba y resultados detallados

ID	Caso de prueba	Descripción	Resultado esperado	Resultado obtenido	Tiempo ejecución	Estado	Observaciones
D P- 01	Extracción de datos MetBull	Ejecutar script de scraping en MetBull	Obtener mínimo 1000 registros	52.652 registros obtenidos	15m 42s	OK	Según los registros mostrados en la base de datos se los mismo.
D P- 02	Extracción de datos NASA	Consumir API de NASA Fireballs	Obtener mínimo 1024 registros	1024 registros obtenidos	1m 17s	OK	API respondió correctamente
D P- 03	Enriquecimiento con IA	Generar descripciones con Llama3	Descripciones coherentes	623 descripciones generadas	3hoas 23m 20s	Parcial	Se volvió lento por usar limitaciones del equipo
D P- 04	Integridad de JSON	Validar estructura del JSON generado	JSON válido sin errores de sintaxis	Validación exitosa	9s	OK	Ninguno

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2 Análisis de errores en capa de datos

Tabla 35. Análisis de errores en capa de datos

ID Error	Descripción	Severidad	Causa	Solución	Estado
ERR-D001	Llama3 generó descripciones en datos que deberían de llegar nulos	Alta	El modelo prioriza responder a tener fidelidad	Se revisaron 100 datos que debería llegar nulo según Metbull y se volvió a cambiar parámetros de entrada para llama3	Resuelto

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Validación del backend (Node.js)

Las pruebas en esta capa verificaron el correcto funcionamiento de la API REST mediante peticiones HTTP.

4.2.2.1 Pruebas de endpoints con Postman

Se utilizó Postman v11 para ejecutar una colección de pruebas automatizadas sobre los 7 endpoints de la API. Cada prueba se ejecutó 5 veces y se promediaron los resultados.

Tabla 4.1. Resultados de pruebas de endpoints

Tabla 36. Resultados de pruebas de endpoints

Endpoint	Método	Parámetros	Código esperado	Código obtenido	Tiempo respuesta (PROM)	Estado
/meteoritos	GET	filter=todos	200	200	847 ms	OK
/meteoritos	GET	filter=interesantes	200	200	53 ms	OK
/meteoritos	GET	filter=fotos	200	200	216 ms	OK
/meteoritos	GET	filter=impacto	200	200	163ms	OK
/meteoritos/buscar	GET	name=Sikhote - Alin&year=1947	200	200	23 ms	OK
/meteoritos/buscar	GET	name=inexistente year=1947	404	404	25 ms	OK
/tiposm	GET	-	200	200	13 ms	OK
/actualizarJson	POST	-	201	201	10.4 ms	OK
/actualizarSQL	POST	-	201	201	10.7 ms	OK

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Validación de la interfaz (Angular)

Se evaluaron los componentes principales que conforman la interacción del usuario con la aplicación.

4.2.3.1 Componente Inicio

Tabla 37. Validación Componente Inicio

ID	Caso de prueba	Resultado esperado	Resultado obtenido	Tiempo	Estado	Observaciones
IN-01	Carga del componente	Sin errores en consola	Sin errores	0.5 s	OK	-
IN-02	Visualización de glosario	Términos visibles	12 términos visibles	0.5 s	OK	-
IN-03	Enlaces a otras secciones	Navegación correcta	Todos los enlaces funcionan	0.5 s	OK	-
IN-04	Carga Tipos de meteoritos	Mostrar los tipos con sus fotos	Implementado	0.5 s	OK	-

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2 Componente Mapa

Tabla 38. Validación Componente Mapa

ID	Caso de prueba	Resultado esperado	Resultado obtenido	Tiempo	Estado	Observaciones
MP-01	Carga del mapa	Mapa visible en < 3s	2.8 s	2.8 s	OK	Cumple el criterio

MP-02	Marcadores visibles	Mostrar todos los meteoritos	Llegan todos los registros	5.3 s	OK	-
MP-03	Filtro "con fotos"	Mostrar solo meteoritos con fotos	5035 resultados	3.2 s	OK	-
MP-04	Filtro "interesantes"	Mostrar meteoritos destacados	20 resultados	0.7 s	OK	-
MP-05	Filtro "con impacto"	Mostrar meteoritos con datos de impacto	1026 resultados	1.2 s	OK	-
MP-06	Clic en marcador	Abrir componente	Abre el componente y detalles	0.4 s	OK	-

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.3 Componente Detalles

Tabla 39. Validación Componente Detalles

ID	Caso de prueba	Resultado esperado	Resultado obtenido	Tiempo	Estado
DT-01	Carga de datos	Mostrar información del meteorito	Visibles datos cargados	0.5 s	OK

DT-03	Botón comparar altura	Navegar componente altura	a	Funciona	0.4 s	OK
DT-04	Botón comparar masa	Navegar componente masa	a	Funciona	0.4 s	OK
DT-05	Botón ver trayectoria	Navegar componente trayectoria	a	Funciona	0.4 s	OK

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.4 Componentes de comparación (Altura y Masa)

Tabla 40. Validación Componente Altura y Masa

ID	Caso de prueba	Resultado esperado	Resultado obtenido	Tiempo	Estado	Observaciones
AL-01	Escala de altura (2.7m)	Objetos escalados correctamente	Comparación exacta verificada	0.3 s	OK	-
AL-02	Cambio de objeto de referencia masa y altura	Actualizar visualización	Funciona para todos los objetos	0.3 s	OK	-

MA-01	Escala de masa	Objetos caen correctamente		2.3 s	OK	-
MA-02	Apilamiento con muchos objetos en masa	Mostrar mensaje y objetos de equivalencia	Funciones bien con los objetos clip, Lápiz, Libro, Botella, Bolsas de azúcar. Se vuelve lento con Silla, televisor, motocicleta , automóvil	4.3 - 15.2 s	Limitado	Depende el objeto se demora más en cargar depende del objeto. Los más lento son la motocicleta y el Automóvil
MA-04	Animación de altura	Objetos aparecen secuencialmente	Implementado	0.2 s	OK	-

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.5 Componente Trayectoria

Tabla 41. Validación Componente Trayectoria

ID	Caso de prueba	Resultado esperado	Resultado obtenido	Tiempo	Estado	Observaciones
TR-02	Animación de entrada (versión 2)	Meteorito visible con línea de trayectoria	Clara y comprensible	1.1 s	OK	Rediseño completo post-feedback
TR-03	Animación de trayectoria (versión 1)	Efecto de trayectoria	No se reconoce el evento	0.8 s	FALLÓ	Poco entendible
TR-04	Animación de impacto (versión 2)	Efecto de impacto	Implementado	1.0 s	OK	-
TR-05	Comparación de cráter	Objeto de referencia visible	Visible	0.5 s	OK	-
TR-08	Rendimiento de animación	FPS > 30	60 FPS	-	OK	Medido con Chrome DevTools

Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Registro de errores y resolución (Bug Tracking)

Durante las pruebas funcionales se identificaron 15 incidentes, los cuales fueron documentados y resueltos.

Tabla 42. Registro de errores (Bug Tracking)

Módulo	Descripción	Severidad	Prioridad	Estado	Tiempo resolución	Solución
Scraping	Conexión cerrada con Metbull	MEDIA	BAJA	Resuelto	1h	Se añadieron reintentos y delays entre peticiones
Mapa	Marcadores no se agrupaban en zoom lejano	MEDIA	MEDIA	Resuelto	3h	Se configuró clustering para agrupar los puntos
Detalles	Pop-up se cerraba al cambiar de apartado	BAJA	BAJA	Resuelto	2h	Se ajustó para que el módulo detalles se mantenga siempre entre módulos
Masa	Animación lenta cuando se superaba	MEDIA	MEDIA	Resuelto	1h	Se optimizó renderizado con límite de

	los 2000 objetos					1000 objetos
Altura	Escala incorrecta para objetos	BAJA	BAJA	Resuelto	2h	Se corrigió la imagen usada que tenía fondo
Trayectoria	Animación al reiniciar cargaba a medias	MEDIA	MEDIA	Resuelto	3h	Se reinició el segundo apartado de entrar a la tierra limpiando los objetos

Fuente: Elaboración propia

4.3 Pruebas no funcionales

Las pruebas no funcionales se centraron en analizar el rendimiento, compatibilidad, accesibilidad y estabilidad del sistema.

4.3.1 Pruebas de compatibilidad

4.3.1.1 Navegadores y versiones evaluados

Tabla 43. Compatibilidad Navegadores

Navegador	Versión	SO	Componentes probados	Resultado	Observaciones

Google Chrome	120.0.6099.130	Windows 11	Mapa. Masa. Altura. Trayectoria	Mapa. Masa. Altura. Trayectoria	OK OK OK OK	En general cada componente se observa un rendimiento optimo con una carga correcta.
Mozilla Firefox	115.6.0	Windows 11	Mapa. Masa. Altura. Trayectoria	Mapa. Masa. Altura. Trayectoria	OK OK OK OK	En general cada componente se observa un rendimiento optimo con una carga correcta.
Microsoft Edge	120.0.2210.91	Windows 11	Mapa. Masa. Altura. Trayectoria	Mapa. Masa. Altura. Trayectoria	OK OK OK OK	En general cada componente se observa un rendimiento optimo con una carga correcta.

Opera	100.0. 4815.2 1	Windows 11	Mapa. Masa. Altura. Trayectoria	Mapa. Masa. Altura. Trayectoria	OK OK OK OK	En general cada componente se observa un rendimiento optimo con una carga correcta.
--------------	-----------------------	---------------	--	--	----------------------	---

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2 Matriz de compatibilidad por funcionalidad

Tabla 44. Matriz de compatibilidad por funcionalidad

Funcionalidad	Chrome (Win)	Firefox (Win)	Edge (Win)	Opera (Win)
Visualización de mapa base	OK	OK	OK	OK
Marcadores (pines)	OK	OK	OK	OK
Clustering de marcadores	OK	OK	OK	OK
Abrir Componente Detalles	OK	OK	OK	OK
Filtros (todos)	OK	OK	OK	OK
Navegación entre componentes	OK	OK	OK	OK
Animaciones 3D (Three.js)	OK	OK	OK	OK

Comparaciones 2D	OK	OK	OK	OK
-------------------------	----	----	----	----

Fuente: Elaboración propia

4.4 Evaluación didáctica y experiencia de usuario

Se realizó una evaluación exploratoria con 3 usuarios para identificar problemas de usabilidad y comprensión. Si bien la muestra es pequeña, los hallazgos cualitativos permitieron identificar áreas de mejora que fueron implementadas en la iteración final.

4.4.1 Evaluación con usuarios

Tabla 45. Evaluación de usuarios

Usuario	Perfil	Edad	Sexo	Nivel de Conocimiento previo
U-01	Estudiante ing. sistemas	20	M	Bajo
U-02	Estudiante ing. sistemas	23	F	Medio
U-03	Enfermero	45	F	Bajo

Fuente: Elaboración propia

4.4.1.2 Instrumentos de recolección

Se diseñó un cuestionario con las siguientes 12 preguntas que evaluaba:

1. Cual fue la Facilidad de navegación (escala 1-5)
2. Fue clara la información (escala 1-5)
3. Que tan útil fueron las comparaciones (escala 1-5)

4. Se logro comprender la trayectoria (escala 1-5)
5. Comprensión del módulo de masa (escala 1-5)
6. Comprensión del módulo de la altura (escala 1-5)
7. Cuanto fue el Interés generado por el tema (escala 1-5)
8. Como considera el Diseño visual (escala 1-5)
9. Encontró problemas (abierta)
10. Qué mejorarías (abierta)
11. Recomendarías la app (sí/no)
12. Nota final (1-10)

4.4.2 Resultados de la evaluación con usuarios

4.4.2.1 Tabulación de respuestas cuantitativas

Tabla 46. Tabulación de respuestas cuantitativas

Pregunta	P-01	P-02	P-03	Promedio
Facilidad de navegación	4	5	4	4.13
Claridad de la información	5	4	5	4.50
Utilidad de las comparaciones	5	5	5	4.88
Comprensión de la trayectoria	3	4	3	3.50
Comprensión de la masa	5	5	4	4.75
Comprensión de la altura	5	5	4	4.75
Interés generado por el tema	5	5	5	4.75
Diseño visual	4	4	5	4.25
Recomendaría la app (%)	Sí	Sí	Sí	100%

Nota final (1-10)	9	9	8	8.38
--------------------------	---	---	---	------

Fuente: Elaboración propia

4.4.2.2 Análisis de resultados por categoría

Tabla 47. Análisis de resultados por categoría

Categoría	Promedio	Interpretación
Navegación	4.13	Buena, pero mejorable
Claridad informativa	4.50	Muy buena
Comparaciones	4.88	Excelente (fortaleza principal)
Trayectoria	3.50	Debilidad identificada
Masa	4.75	Excelente
Altura	4.75	Excelente
Interés	4.75	Muy alto
Diseño	4.25	Bueno

Fuente: Elaboración propia

4.4.2.3 Análisis cualitativo - Respuestas abiertas

Aspectos positivos mencionados:

- "Los módulos de comparación se ven bien para atraer la atención"
- "El mapa es muy intuitivo"
- "Me gusto la sección de historia se aprendió mucho"

Aspectos para mejorar:

- "Mejorar la tipografía no es muy clara al leer"

- "Cambiar las descripciones de los apartados que no son muy claros"

4.4.3 Conclusión del asesor experto

Se contó con la asesoría del Camilo Ospinal, experto en astronomía, quien evaluó la aplicación en dos momentos (ver transcripciones completas en Anexo A Capítulo 3).

4.4.3.1 Primera evaluación (15 septiembre 2025)

Retroalimentación sobre enfoque didáctico:

- El proyecto es muy interesante, pero debes simplificar la trayectoria desde el espacio
- Enfócate en la entrada atmosférica, no en mecánica celeste
- Usa la herramienta Impact Earth para validar datos de impacto

4.4.3.2 Segunda evaluación (10 noviembre 2025)

Retroalimentación sobre contenido didáctico:

- Positivo: "Las explicaciones contextuales cumplen con su función de dimensionar los fenómenos"
- Positivo: "El enfoque en lenguaje cotidiano es acertado para el público objetivo"

Retroalimentación sobre accesibilidad conceptual:

- "Añadir notas sobre la fuente de los datos (MetBull, NASA)" → Implementado
- "Incluir unidades de medida (kg, toneladas) en los detalles" → Implementado

Recomendaciones adicionales:

- "Explorar despliegue en GitHub Pages para mayor accesibilidad"
- "Considerar incluir información sobre NEAs (Near-Earth Asteroids)"

4.4.3.3 Impacto de la asesoría en el producto final

La participación resultante del experto Camilo Ospinal en dos momentos clave del proyecto (definición de requerimientos y validación final) tuvo un impacto directo en la calidad y enfoque de la aplicación:

- **Enfoque didáctico:** su recomendación de simplificar la trayectoria y enfocarse en lenguaje cotidiano se materializó en que la trayectoria actual muestra solo entrada atmosférica (no mecánica celeste).
- **Validación científica:** al sugerir el uso de herramientas como Impact Earth como referencia, los cálculos de energía y dimensiones de cráter pudieron basarse en rangos validados por esta herramienta, dando mayor rigurosidad a las simulaciones.
- **Origen de datos:** su indicación de señalar claramente el origen de los datos con las fuentes llevó a que todos los componentes incluyan notas con "Fuente: MetBull/NASA", evitando problemas de atribución y brindando transparencia al usuario.
- **Mejoras de usabilidad:** las observaciones sobre incluir unidades de medida más amigables para el usuario y evitar números muy grandes se implementaron mostrando "kg" y "toneladas" en los detalles, y convirtiendo valores grandes a toneladas para mejor comprensión.
- **Proyección futura:** sus sugerencias sobre explorar despliegue en GitHub Pages y considerar la inclusión de información sobre NEAs (Near-Earth Asteroids) son aportes que se usaron para mejorar la aplicación, aunque no se tiene previsto un despliegue.

La asesoría externa no solo validó el enfoque del proyecto además de su componente didáctica, sino que aportó mejoras concretas que aumentaron la calidad y la usabilidad de la aplicación, demostrando el valor de incorporar retroalimentación experta en el proceso de desarrollo que si por lo mismo el proyecto se proyecta para ampliarse se entiende por donde se puede hacer.

4.5 Ajustes finales y mejoras implementadas

A partir de la retroalimentación recibida en las pruebas funcionales, no funcionales y la evaluación con usuarios y expertos, se implementaron las siguientes mejoras:

Tabla 48. Ajustes finales y mejoras implementadas

Hallazgo	Severidad	Mejora implementada	Iteración	Validación
Alto consumo de memoria en mapa	MEDIA	Caché de marcadores y clustering	It-05	Reducción de tiempo en varios segundos
Animaciones lentas con >1000 objetos	MEDIA	Límite de 1000 objetos visibles	It-05	Animación estable
Falta de tooltips explicativos	ALTA	Implementación de tooltips en glosario y términos clave	It-06	Implementado
Origen de datos no visible	MEDIA	Notas "Fuente: MetBull/NASA" en componentes	It-06	Implementado
Números muy grandes en masa	MEDIA	Conversión a toneladas para valores >1000 kg	It-06	Mas legible estos datos

Fuente: Elaboración propia

4.6 Validación final

4.6.1 Criterios de validación

Se definieron los siguientes criterios para la validación final:

Tabla 49. Evaluación de Criterios de validación

ID	Criterio	Descripción	Métrica	Estado
CF-01	No existen errores críticos	Todos los bugs de severidad ALTA/CRÍTICA resueltos	0 errores críticos	CUMPLE
CF-02	Endpoints funcionales	Todos los endpoints responden correctamente	100%	CUMPLE
CF-03	Coherencia de datos	Los datos son consistentes desde origen hasta visualización	Verificado	CUMPLE
CF-04	Requerimientos funcionales	Todas las funcionalidades RF-001 a RF-014 implementadas	100%	CUMPLE
CF-05	Tiempos de carga	Tener tiempos de cargar menores a 3 segundos	Funciones principales cumple	Cumple en la mayoría de los apartados
CF-07	Compatibilidad	>90% funcionalidades en navegadores objetivo	100%	CUMPLE
CF-08	Satisfacción usuario	Puntuación promedio > 4.0 en encuesta	4.38	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

4.6.1 Problemas persistentes

- Se dispone de problemas en el mapa en lugares con gran concentración de meteoritos se vuelve complicado ver un punto específico.
- Componente curiosidades a veces carga otros meteoritos en momentos de mucha solicitud de meteoritos.
- Se ralentiza la aminación de masa si se carga con magnitudes muy grandes de masa.
- La altura se vuelve imposible de comparar con objetos cotidianos con alturas superiores a los 100 metros.
- Al sobrecargar la aplicación se requiere regarla la misma al no limpiarse regularmente el cache de los componentes.

Conclusiones

Se logró identificar el interés de una herramienta educativa que traduzca datos científicos complejos sobre meteoritos a un lenguaje cotidiano desde la perspectiva de expertos.

La revisión bibliográfica permitió consolidar un marco conceptual más completo en temas como visualización geoespacial, alfabetización científica y diseño de interfaces educativas.

Los requerimientos funcionales, técnicos y de usuario se definieron con base en la idea principal de aplicación, estos fueron cambiados durante el desarrollo demostrando lo complejo que puede ser este proceso de definición en un proyecto.

Se estableció la importancia tener el proceso de búsqueda, normalización de datos para lograr integrar datos históricos y científicos en un único repositorio accesible y comprensible.

Se comprende que para aplicaciones enfocadas en ser didácticas el diseño de la interfaz se debe centrar en la usabilidad y la experiencia del usuario, priorizando los módulos de la aplicación que se consideraban más interesantes y con más importancia en relación con los casos de uso.

La arquitectura del sistema se estructuró en capas siguiendo la forma de frontend angular (frontend angular, backend, base de datos), lo que se facilita gracias a este framework permitiéndonos mantener un fácil mantenimiento y la escalabilidad durante el proceso de cambios y mejoras.

Los diagramas UML (casos de uso, secuencia, componentes) permitieron dar una mejor visión de temas más complejos en el proceso, que es el flujo de trabajo o interacción del sistema con el usuario de manera clara para trabajar mejor la estructura del sistema.

Se definió un modelo de datos relacional simple que garantiza la integridad y consistencia de la información sobre meteoritos y un fácil trabajo con los datos.

La aplicación web se desarrolló exitosamente utilizando Angular para el frontend, los servicios de angular para hacer de controlador, Node.js para el backend y MySQL para la gestión de datos.

Se integró la API de Google Earth para la visualización geoespacial, permitiendo una exploración interactiva de los meteoritos, aunque esta tiene sus limitaciones permitió cumplir con la visualización del mapa y con la interacción con lo pines.

Los componentes de comparación (altura, masa, trayectoria) lograron traducir datos científicos a representaciones visuales comprensibles de tal forma que estos lograron tener su respectiva a animación interactiva.

La aplicación incluye secciones enfocada en aumentar la comprensión de usuario sobre meteoritos importantes con los aparatado Curiosidades e Origen, que enriquecen este proceso de aprendizaje.

Las pruebas funcionales y no funcionales permitieron la confirmación que la aplicación cumple con los estándares de rendimiento, compatibilidad y usabilidad.

La retroalimentación de usuarios, tutor y el experto permitió realizar ajustes significativos en la interfaz y la experiencia de usuario también dimensionar las limitaciones que se deben tener.

Se logro identificar oportunidades de mejora en el factor de comprensión de las simulaciones para lograr que estas se comprendan sin requerir de apoyo externo y en la profundidad de tener la mayor exactitud posible.

La aplicación final se considera estable, funcional y lista para su despliegue en un servidor para uso en contextos educativos o para generar interés, aunque se recomendó continuar con su enriquecimiento agregando más módulos interactivos y temas de enseñanza para la temática.

Bibliografía

ADAMS BECKER, S.; CUMMINS, M.; DAVIS, A.; FREEMAN, A.; GLESINGER HALL, C.; ANANTHANARAYANAN, V. *NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition* (The New Media Consortium, 2017), Estados Unidos.

ALVAREZ, Luis; ALVAREZ, Walter; ASARO, Frank; MICHEL, Helen. Extraterrestrial Cause for the Cretaceous–Tertiary Extinction. *Science*, 1980, vol. 208, no. 4448, p. 1095–1108.

AZUMA, Ronald. A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1997, vol. 6, no. 4, p. 355–385.

BEECH, M. (2006). *Meteors and Meteorites: Origins and Observations*. Springer.

BILLINGHURST, Mark; CLARK, Adrian; LEE, Gun. A Survey of Augmented Reality. *Foundations and Trends in Human–Computer Interaction*, 2015, vol. 8, no. 2–3, p. 73–272.

BOHOR, Bruce F.; CARTER, John L.; MILLER, John R.; PAPANASTASSIOU, Dimitri A.; WASSERBURG, Gerald J. Shocked quartz in the Cretaceous–Tertiary boundary clays: Evidence for a global distribution. *Science*, 1984, vol. 224, no. 4651.

CABERO, Julio; BARROSO, Jesús. La realidad aumentada y su aplicación con fines educativos. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 2016, vol. 19, no. 1, p. 1–15.

CABERO, Julio; LLORENTE, María C. Aplicaciones móviles en educación: estado de la cuestión. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 2020, no. 58, p. 183–203.

CEPLÉCHA, Zdenek; SPURNÝ, Pavel; BOROVIČKA, Jiří; KEAY, Colin S. L. Meteor Phenomena and Bodies. *Space Science Reviews*, 1998, vol. 84, no. 3–4, p. 327–471.

CORONEL, C.; Morris, S. (2015). *Database Systems: Design, Implementation, & Management*. Cengage Learning.

D'HONDT, Steven. Biological Evidence for Impact at the K/T Boundary. *GSA Special Papers*, 1998.

EARTH IMPACT DATABASE. University of New Brunswick [en línea]. 2024. Disponible en: <http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/> [Consulta: abril de 2025].

FRENCH, Bevan M. *Traces of Catastrophe: A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures*. Houston: Lunar and Planetary Institute, 1990.

GANAPATHY, R. A Major Meteorite Impact on the Earth 65 million Years Ago: Evidence from the Cretaceous–Tertiary Boundary Clay. *Science*, 1980, vol. 209.

GONZÁLEZ, Margarita; PÉREZ, Ana. Integración de apps en entornos de aprendizaje. *Revista Digital de Investigación Educativa*, 2021, vol. 19, no. 2, p. 145–160.

HALL, V. ANANTHANARAYANAN, NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition (The New Media Consortium, 2017), Estados Unidos.

Huang, Y.-M., Hwang, W.-Y., & Chang, *Innovations in Designing Mobile Learning Applications* (Año: 2010).

JENNISKENS, P. et al. (2019). *Meteorite recovery and characterization: A global effort*. *Meteoritics & Planetary Science*, 54(3), 699–726.

KRING, David A. Environmental consequences of impact cratering events as a function of ambient conditions on Earth. *Astrobiology*, 1993.

KYTE, Frank T.; WASSON, John T. Upper limits on Iridium and other elements in terrestrial materials. *Nature*, 1980.

MARTÍNEZ, Ricardo; RODRÍGUEZ, Laura. Geolocalización y educación: una mirada desde las TIC. *Revista de Tecnología Educativa*, 2018, vol. 31, no. 1, p. 51–66.

MARVIN, Ursula B. Impact Cratering on the Moon and Earth: A Personal Perspective on the Last 40 Years. *Geological Society of America Special Papers*, 1990 y 1999.

METEORITICAL SOCIETY. The Meteoritical Bulletin Database [en línea]. 2024. Disponible en: <https://www.lpi.usra.edu/meteor/> [Consulta: abril de 2025].

NASA. Meteoritical Bulletin Database [en línea]. 2021. Disponible en: <https://www.lpi.usra.edu/meteor/> [Consulta: abril de 2025].

NASA. Meteorite Landings Dataset [en línea]. 2021. Disponible en: <https://data.nasa.gov> [Consulta: abril de 2025].

NASA. Fireballs and Bolide Events [en línea]. 2021. Disponible en: <https://cneos.jpl.nasa.gov/fireballs/> [Consulta: abril de 2025].

NORMAN, Donald A. *The Design of Everyday Things*. New York: Basic Books, 2013.

RAUP, David M.; SEPKOSKI, Jack J. Mass extinctions in the marine fossil record. *Science*, 1982.

RID UNRN (Red Interuniversitaria de Didáctica). La enseñanza de fenómenos astronómicos mediante TIC. Argentina, 2023.

SEPKOSKI, Jack J. Patterns of Phanerozoic extinction: A perspective from global data bases. *Geological Society of America Special Papers*, 1986.

SMIT, Jan; HERTOGEN, Jan. An extraterrestrial event at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Nature*, 1980.

ÚRSULA LUNA, ALEX IBÁÑEZ-ETXEBERRIA, Y PILAR RIVERO, *El patrimonio aumentado. 8 apps de Realidad Aumentada para la enseñanza-aprendizaje del patrimonio* (2019).

S. K. SINGH, *Database Systems: Concepts, Design and Applications* (2010).

Philippe Kruchten, Planos arquitectónicos—La vista “4+1” Modelo de Arquitectura de Software

ANEXOS

Anexo A. TRANSCRIPCIONES DE ENTREVISTAS

Transcripción A.1: Primera entrevista con el asesor externo.

Entrevistado: Camilo Ospinal (Asesor externo - Experto en educación astronómica)

Fecha: 12 septiembre 2025

Duración: 52 minutos

Modalidad: Videollamada por Zoom

Objetivo: Validar enfoque didáctico y recibir retroalimentación sobre la propuesta inicial

Desarrollo de la entrevista:

Kevin: Buenos días, Camilo. Gracias por aceptar el encuentro. Como te comenté por was, estoy desarrollando una aplicación web educativa sobre meteoritos. La idea es mostrar las caídas de meteoritos en un mapa, luego con cada punto en el mapa simular diferentes aspectos como puede ser altura, peso, trayectoria que hace desde el espacio, y mostrar la para que sea más fácil de entender para estudiantes. Quiero explicar tres cosas principalmente: la trayectoria desde el espacio hasta la Tierra, el impacto con animaciones que muestren el daño que pudo causar (como una granada o fuegos artificiales), la altura comparada con objetos cotidianos en dibujos 2D, y la masa en una especie de balanza. ¿Qué opinas de mi idea?

Camilo: me parece un proyecto, pero déjame darte algunas recomendaciones importantes. Empecemos por la trayectoria desde el espacio. Eso es un tema bastante complejo. Para explicarle a un estudiante la trayectoria de un meteorito desde el espacio, tendrías que meterte en temas de mecánica celeste, órbitas, gravedad de varios cuerpos celestes, y eso es demasiado para una aplicación educativa general. Además, que para ti para simularlo de manera correcta es complicado para alguien que no conoce tanto el tema como tú, necesitarías

muchísimas variables que no siempre están disponibles: velocidad inicial, ángulo de entrada, densidad atmosférica, composición del objeto, etc. Te recomiendo simplificar: muestra solo la entrada atmosférica y el impacto, no todo el recorrido desde el espacio. Concéntrate en lo que pasa cuando ya está cerca de la Tierra simplificándolo a una parábola.

Kevin: Entiendo, tiene sentido. ¿Y sobre el impacto? Pensaba en animaciones tipo explosión...

Camilo: Para el impacto conozco una herramienta para que te ayude a calcular eso déjame la busco.

un sitio web llamado "Impact Earth" (<https://impact.ese.ic.ac.uk/ImpactEarth/ImpactEffects/>) donde puedes calcular los efectos de un impacto según diferentes parámetros. Te sugiero que la consultes para tener una base científica sobre qué tipo de daño puede causar un meteorito según su tamaño, masa y velocidad. Pero en tu aplicación, mantén las animaciones simples e intenta hacerla con objetos cotidianos.

Kevin: Espera lo onoto aquí. ¿Alguna otra recomendación?

Camilo: Sí, la más importante: vas a encontrar una principal limitante que son los datos. Muchos meteoritos no tienen información completa porque estudiarlos a fondo implica análisis químicos, isotópicos, de materiales, etc. Eso perfectamente puede ser el trabajo de una tesis de pregrado o incluso de posgrado. No te preocupes si encuentras muchos registros con información incompleta. Es normal. Enfócate en los que sí tienen datos confiables y para los demás, simplemente indica dato no disponible.

Kevin: Muchas gracias, Camilo. Tus recomendaciones me ayudan mucho a enfocar mejor el proyecto.

Camilo: Con gusto, Kevin. Cuenta conmigo para lo que necesites. Si necesitas algo hay tienes mi número me escribes

Transcripción A.2. Entrevista Final con el asesor externo.

Entrevistado: Camilo Ospinal (Asesor externo)

Fecha: 10 noviembre 2025

Duración: 30 minutos

Modalidad: Videollamada por Zoom

Objetivo: Presentar la aplicación final y recibir retroalimentación para ajustes

Desarrollo de la entrevista:

Kevin: Camilo, ya tengo la aplicación funcionando. Te voy a compartir pantalla y te la explico.

Kevin Este es el componente Inicio, donde explico qué son los meteoritos, los tipos principales y un glosario de términos importantes. Luego está el componente Mapa, que es el núcleo de la aplicación. Aquí puedes ver los marcadores de los meteoritos. Si hago clic en uno, se abre un pop-up con información.

Camilo: Muy bien.

Kevin: Al hacer clic llegamos al componente Detalles. Aquí se muestra toda la información del meteorito: nombre, año, masa, clasificación, etc. Y desde aquí puedo navegar a los componentes de comparación: altura, masa y trayectoria.

Kevin: Este es el componente de comparación de altura. Como puedes ver, compara el tamaño del meteorito con objetos cotidianos: un niño, un adulto, una puerta, etc. Aquí con las flechas se puede mover

Camilo: Se ve bien.

Kevin: El componente de comparación de masa muestra con una pequeña animación el peso del meteorito comparado con objetos como bolsas de arroz, botellas de agua, etc. Aquí a derecha se van varios objetos como clips, y al darle se ven como sean. Y este es el componente de trayectoria e impacto, que fue el más lento de desarrollar. Muestra una animación de la caída desde el espacio aquí se ve piedra como se acerca a la tierra hasta el impacto, y luego muestra como sería la trayectoria compara el cráter, y al fonde se ve con la ciudad de Bogotá hay se ve la torre Colpatria.

Camilo: Déjame ver otra vez la animación

Kevin: Los datos vienen de las fuentes que hablamos: Meteoritical Bulletin (MetBull) y NASA Fireballs. Para los meteoritos que tienen información de velocidad y ángulo, la simulación es más precisa; para los que no, uso valores predefinidos para que se pueda cargar la animación.

Camilo: Bien. Te sugiero algo importante: coloca notas en la aplicación indicando claramente que los datos provienen de MetBull y NASA. Esto evita problemas de origen o datos erróneos.

Kevin: ok, Aquí al final tengo otros dos apartados que son historia donde como ver nuestro que estos vienen de tres fuentes principales cinturón de asteroides, lunares y de marte, luego de curiosidades pongo los más importantes según su masa, si tienen un gran impacto y así, eso es todo ahora sobre qué opinas de la aplicación

Camilo: Ahora, la aplicación en general... Me parece muy interesante, con un gran potencial. No sé si la tienes subida a algún lado si no ¿Has pensado en subirla a algún lado para que la gente pueda usarla?

Kevin: Sí, me gustaría, pero eso sería pagar por el servicio y son gatos que no quiero asumir ni puedo.

Camilo: Podrías mirar GitHub no estoy seguro, pero creo que ahí se puede. Tiene una opción para publicar páginas web. En el lugar donde yo trabajo estoy de semillero para estudiantes y sería muy bueno para que se exploren. Si logras subirla, podríamos incluso empezar a usarla en este semillero.

Kevin: Pues voy a ver, algún cambio que me recomiendas

Camilo: si un par de detalles más que noté: en el componente Detalles, hace falta poner las unidades de medida. Por ejemplo, cuando muestras la masa, pon "kg" o "toneladas". Evita números muy grandes en el apartado masa, mira por ejemplo poner un automóvil pesa una tonelada lugar de decir uno con muchos 0, di "1 tonelada". Es más comprensible.

Kevin: Perfecto, voy a ajustar eso. ¿Algo más que agregarías o cambiarías?

Camilo: Volviendo al tema del despliegue: sería muy bueno que pudieras subirla para que las personas puedan usarla. Eso le daría mucha más proyección al proyecto. además, en el apartado de historia hay no se si conoces el termino neas.

Kevin: no, no lo conozco.

Camilo: Bueno te explico la nasa tiene una página donde se hablan de los objetos que están cerca la tierra en trayectoria esas son las neas, déjame te paso la página por el chat de meet. Como puedes ver aquí se halan sobre estos objetos que están cercanos a la tierra y puede ser posibles meteoritos o meteoros así que sería bueno si colocas en este apartado esto y que lo mandes a esta página,

Kevin: Muchas gracias, Camilo. Tus comentarios son muy valiosos. Voy a hacer esos ajustes.

Camilo: Con gusto, Kevin. Felicitaciones por el trabajo, está muy bien y suerte.

Anexo B. ARCHIVOS HTML PARA CAPTURAS DE COMPONENTES

Ilustración 28. Componente Mapa - Versión preliminar sin agrupación de puntos

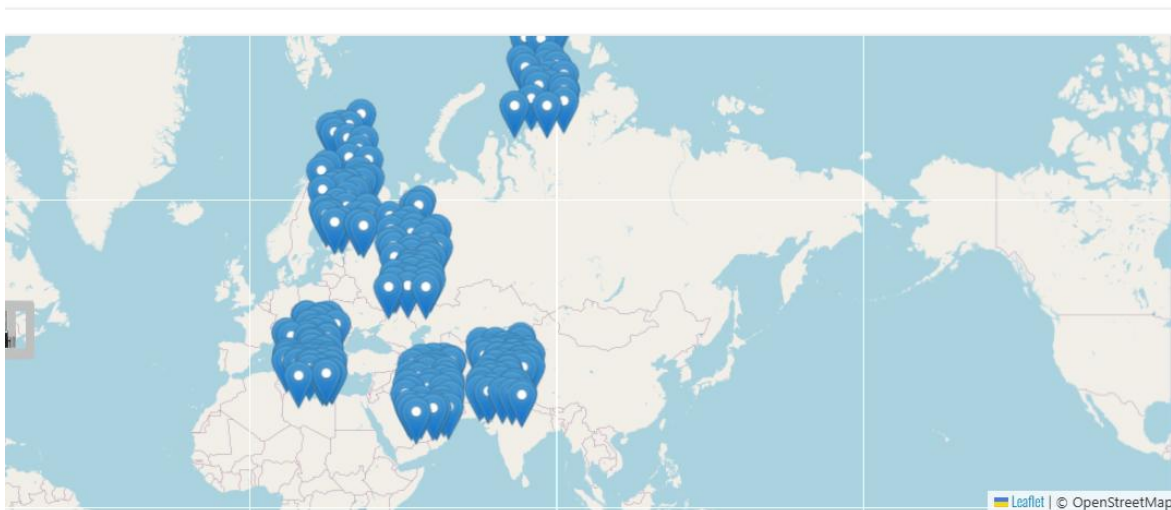
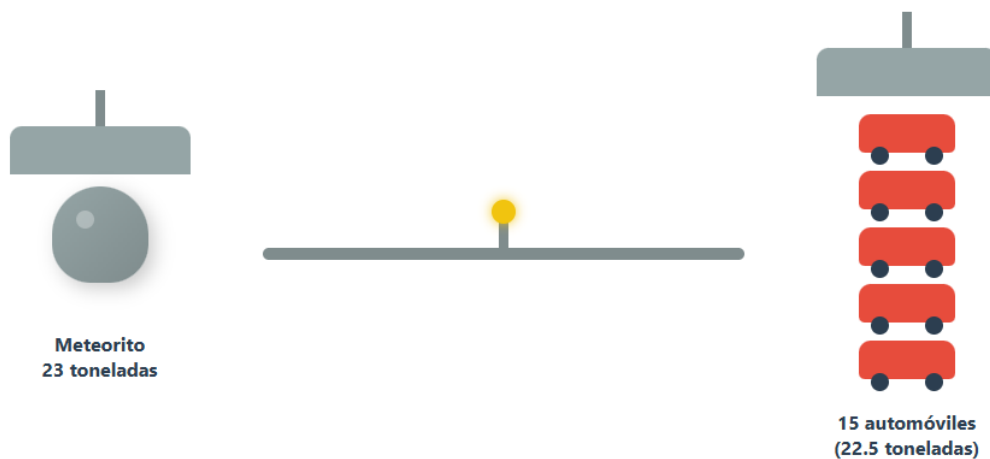


Ilustración 29. Componente Masa - Versión preliminar en 2D



La balanza muestra el peso equivalente en objetos cotidianos

Ilustración 30. Componente Altura - Versión preliminar

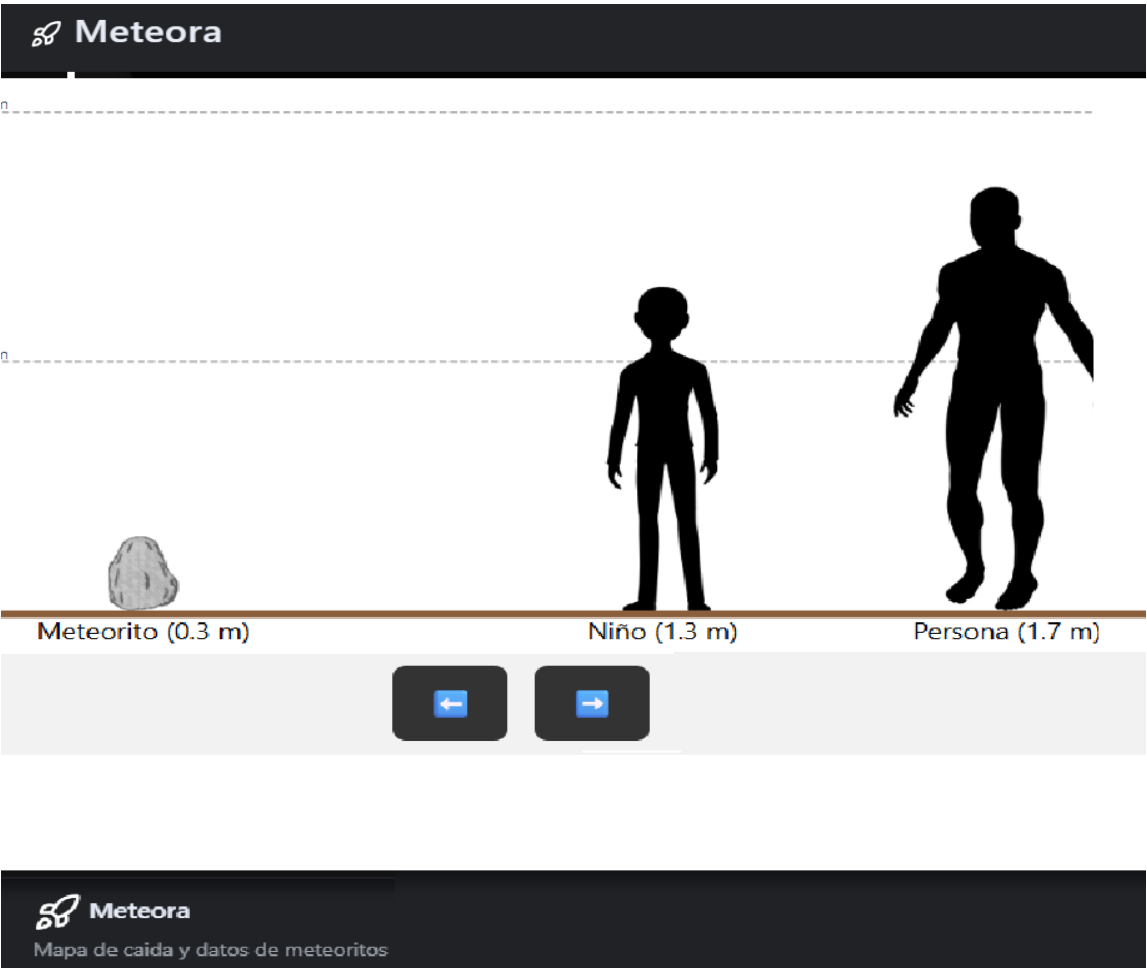


Ilustración 31. Componente Trayectoria - Versión preliminar

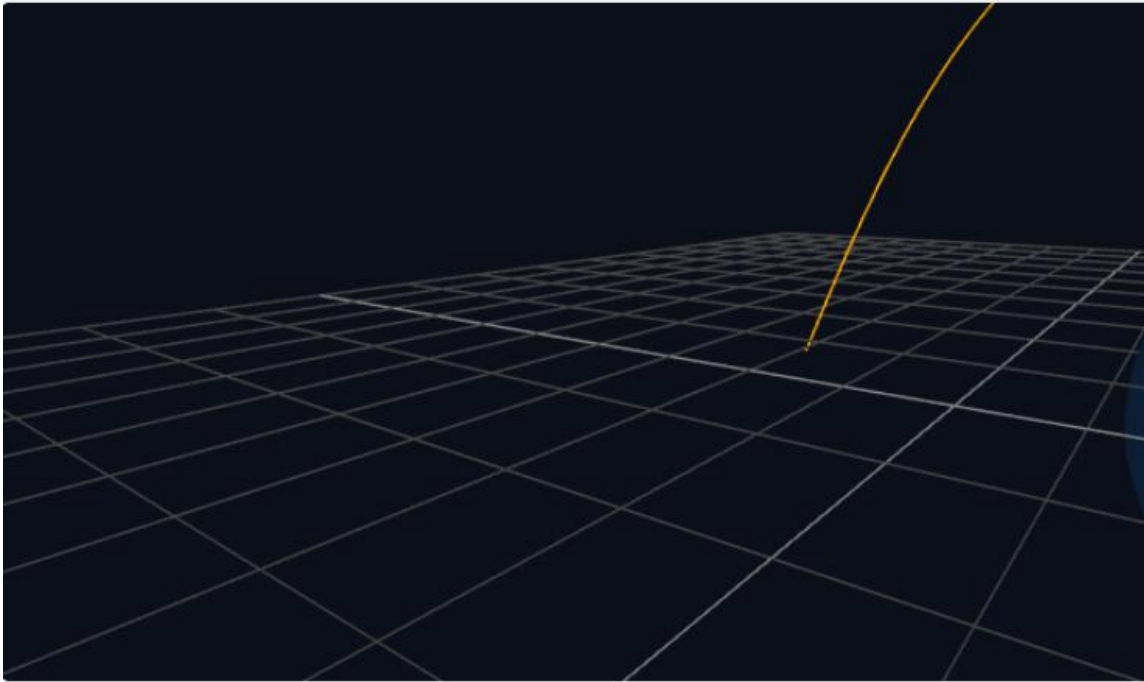
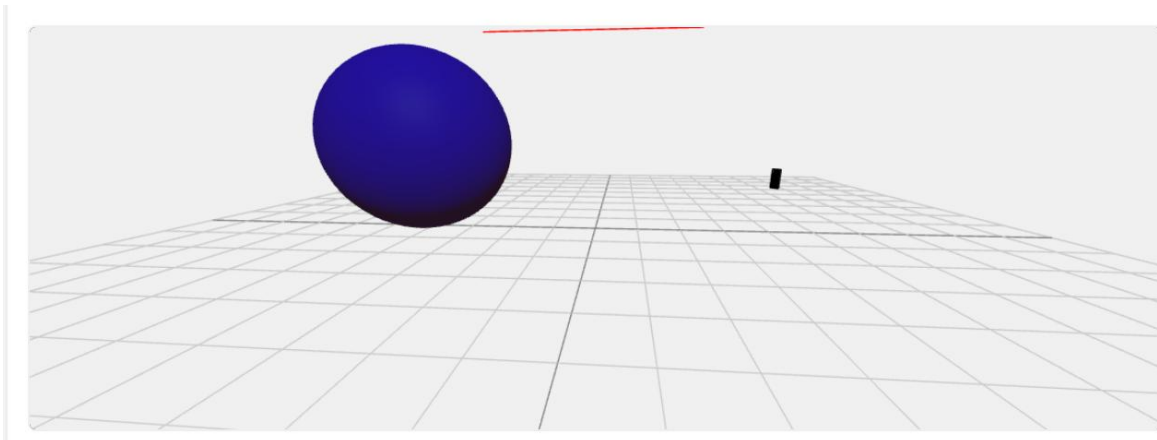


Ilustración 32. Componente Impacto – Antes de descartar



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO C: FORMULARIO DE EVALUACIÓN DE USUARIOS

Fecha: _____

Usuario: _____

Perfil: _____

Por favor, califique de 1 a 5 (donde 1 es muy malo y 5 es excelente):

1. Facilidad de navegación: [1] [2] [3] [4] [5]

2. Claridad de la información: [1] [2] [3] [4] [5]

3. Utilidad de las comparaciones: [1] [2] [3] [4] [5]

4. Comprensión de la trayectoria: [1] [2] [3] [4] [5]

5. Comprensión del módulo de masa: [1] [2] [3] [4] [5]

6. Comprensión del módulo de altura: [1] [2] [3] [4] [5]

7. Interés generado por el tema: [1] [2] [3] [4] [5]

8. Diseño visual: [1] [2] [3] [4] [5]

Preguntas abiertas:

9. ¿Encontró algún problema durante el uso?

10. ¿Qué mejoraría de la aplicación?

11. ¿Recomendaría esta aplicación? Sí ____ No ____

ANEXO D: Resultados detallados de encuestas

Tabla 50. Respuestas a preguntas de evaluación

#	Pregunta	U-01	U-02	U-03	Promedio
1	Facilidad de navegación	4	5	4	4.33
2	Claridad de la información	5	4	5	4.67
3	Utilidad de las comparaciones	5	5	5	5.00
4	Comprensión de la trayectoria	3	4	3	3.33
5	Comprensión del módulo de masa	5	5	4	4.67
6	Comprensión del módulo de altura	5	5	4	4.67
7	Interés generado por el tema	5	5	5	5.00
8	Diseño visual	4	4	5	4.33
12	Nota final (1-10)	9	9	8	8.67

Fuente: Elaboración Propia

D.2 Respuestas a preguntas abiertas

Tabla 51. Respuestas a preguntas abiertas

Usuario	¿Encontró algún problema? (Pregunta 9)	¿Qué mejoraría? (Pregunta 10)	¿Recomendaría la aplicación? (Pregunta 11)
U-01	"Ningún problema técnico, todo funcionó correctamente"	"La tipografía no es muy clara al leer, podrían usar una fuente más grande"	Sí
U-02	"La trayectoria no se entiende bien a la primera, tuve que verla varias veces"	"Cambiar las descripciones de los apartados que no son muy claros, especialmente en trayectoria"	Sí
U-03	"No encontré problemas, la aplicación es intuitiva"	"Todo bien, me gustó mucho la sección de historia"	Sí

Fuente: Elaboración Propia