

# El modelo iterativo e incremental para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada Amón\_RA

## The iterative and incremental model for the development of augmented reality application Amón\_RA

Ericka Solano-Fernández<sup>1</sup>, David Porras-Alfaro<sup>2</sup>

---

Solano-Fernández, E; Porras-Alfaro, D. El modelo iterativo e incremental para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada Amón\_RA. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 165-177.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5518>



- 1 Escuela de Ingeniería en Computación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: [ersolano@tec.ac.cr](mailto:ersolano@tec.ac.cr).  
 <https://orcid.org/0000-0002-3218-1710>
- 2 Escuela de Arquitectura y Urbanismo. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: [dporras@tec.ac.cr](mailto:dporras@tec.ac.cr).  
 <https://orcid.org/0000-0002-8917-1652>

## Palabras clave

Aplicación móvil; modelo iterativo; barrio Amón; paisaje urbano histórico; Tecnologías de la Información y la Comunicación.

## Resumen

Este artículo presenta la utilización del modelo iterativo e incremental (MII) como metodología de desarrollo de una aplicación móvil de realidad aumentada para barrio Amón, San José. El software desarrollado para el procesamiento y forma de visualización de la información recopilada, constituye una experiencia pionera en Costa Rica, dirigida a la puesta en valor y difusión del paisaje urbano histórico, por lo que busca dar a conocer esta investigación e innovación desde el ámbito universitario.

Metodológicamente, se inició con una revisión bibliográfica que permitió comparar dos modelos de desarrollo de software; uno tradicional, denominado modelo en cascada en comparación con el MII basado en iteraciones y con liberaciones parciales y funcionales del software. Seguidamente, se comparó la utilización de ambas metodologías en el contexto del proyecto de investigación. Como última etapa, se analizó la aplicación de la metodología seleccionada para el desarrollo de la aplicación móvil Amón\_RA.

Entre los resultados destacan las ventajas al utilizar el MII que priorizaron su implementación, por ejemplo: la producción en simultáneo de varios módulos, realimentación constante de los aspectos funcionales por parte del equipo interdisciplinario, la posibilidad de someter a procesos de evaluación las tecnologías seleccionadas para su desarrollo en cada uno de los incrementos liberados en las iteraciones, con la respectiva valoración de riesgos y consideración de acciones para mitigar sus efectos durante el proceso de construcción.

Se concluye, con base en las condiciones de desarrollo del proyecto de investigación, que el uso del MII permitió un aprendizaje en cada iteración, brindando un producto a la comunidad conforme a sus necesidades y generando en el equipo investigador una mayor experiencia para la toma de decisiones en futuros proyectos que utilicen la realidad aumentada.

## Keywords

Mobile application; iterative model; barrio Amón; historical urban landscape; Information and Communications Technology.

## Abstract

This article presents the use of the iterative and incremental model (IIM) as a methodology for the development of an augmented reality mobile application for Barrio Amón, San José. The software developed for the processing and form of visualization of the information collected, constitutes a pioneering experience in Costa Rica, aimed at the enhancement and dissemination of the historical urban landscape, so it seeks to publicize this research and innovation from the university.

Methodologically, it began with a bibliographic review that allowed for the comparison of two software development models; a traditional one, called cascade model in comparison with the IIM based on iterations and with partial and functional software releases. The use of both methodologies was then compared in the context of the research project. As a final stage, the application of the methodology selected for the development of the Amón\_RA mobile application was analysed.

Among the results, the advantages of using the IIM that prioritized its implementation stand out, for example: the simultaneous production of several modules, constant feedback of the functional aspects by the interdisciplinary team, the possibility of submitting the technologies selected for their development to evaluation processes in each of the increments released in the iterations, with the respective risk assessment and consideration of actions to mitigate their effects during the construction process.

It is concluded, based on the conditions of development of the research project, that the use of the IIM allowed a learning in each iteration, providing a product to the community according to their needs and generating in the research team a greater experience for decision making in future projects that use augmented reality.

## Introducción

Visibilizar el paisaje urbano histórico de un barrio josefino costarricense a través de una aplicación móvil apoyada con tecnología de realidad aumentada (RA) que permita descubrir los valores arquitectónicos, patrimoniales, culturales, turísticos y de servicios, es uno de los propósitos del proyecto de investigación del Tecnológico de Costa Rica (TEC): 'Amón\_RA. Implementación de la realidad aumentada como herramienta para la puesta en valor y difusión del paisaje urbano histórico de barrio Amón'.

Esta iniciativa, partió del reconocimiento de un grupo de valores patrimoniales urbanos y arquitectónicos que han sido objeto de un constante proceso de evolución, moldeando su configuración y morfología actual; con un alto valor histórico, estético, simbólico, natural, cultural y social que lo convierten en un referente de la ciudad de San José por su innegable atractivo para nacionales y extranjeros [1], [2].

Amón, dentro de su espacio residencial y de actividad económica e institucional, guarda huellas de un pasado ligado a la bonanza económica de principios del siglo XX, la producción cafetalera y su relación con las clases adineradas de la época, así como una importante sinergia vecinal en la actualidad; por lo que este proyecto propone el uso de la tecnología de información y comunicación como herramienta e innovación para marcar una ruptura en el uso de aplicaciones móviles en el país para la puesta en valor y difusión del paisaje urbano histórico por medio de la RA, tecnología que permitió la inserción y geolocalización de elementos virtuales como modelos tridimensionales, fotografías, imágenes 360° y contenido relacionado a través de filtros de información.

La RA es una variación de entornos virtuales, o realidad virtual, como se le conoce más comúnmente, en la que el usuario está inmerso completamente en un ambiente sintético y no puede ver el mundo real que le rodea. En contraste, la RA permite al usuario ver el mundo real con objetos virtuales superpuestos o compuestos con el mundo real, suplementando la realidad más que reemplazarla [3].

Esta tecnología ha tomado amplia relevancia en diferentes sectores productivos como medicina, marketing, educación, psicología, publicidad, arquitectura, entretenimiento, entre otros [4]. En Costa Rica, su potencial no ha sido utilizado en temáticas como la valorización y difusión del paisaje urbano histórico o el patrimonio histórico-arquitectónico, lo que representó una gran oportunidad para la innovación. Además, permitió al TEC integrar este tipo de tecnologías con el fin de contribuir a la visibilidad, activación y preservación del entorno urbano que guarda barrio Amón en conjunto con la participación de diferentes actores sociales ligados al Campus Tecnológico Local San José.

Como parte del proyecto de investigación, participaron las escuelas de Arquitectura y Urbanismo (EAU), Ingeniería en Diseño Industrial (EIDI) e Ingeniería en Computación (EIC) del



TEC, las cuales aportaron sus conocimientos de manera integrada para alcanzar el objetivo final, que fue la implementación de la realidad aumentada. Esta aportación describe con mayor detalle la metodología empleada en el proceso de desarrollo de software, evidenciando los esfuerzos para proveer los insumos necesarios, integrar los procesos, delimitar la estructura, apariencia y comportamiento de la aplicación.

## Ciclo de Desarrollo de Software y Modelos de Desarrollo

El desarrollo de una aplicación de software se lleva a cabo por medio de un proceso denominado Ciclo de Desarrollo de Software (SDLC, por sus siglas en inglés *Software Development Life Cycle*), el cual comprende un conjunto de actividades fundamentales que son comunes a todos los procesos de software [5], las cuales se detallan en el cuadro 1.

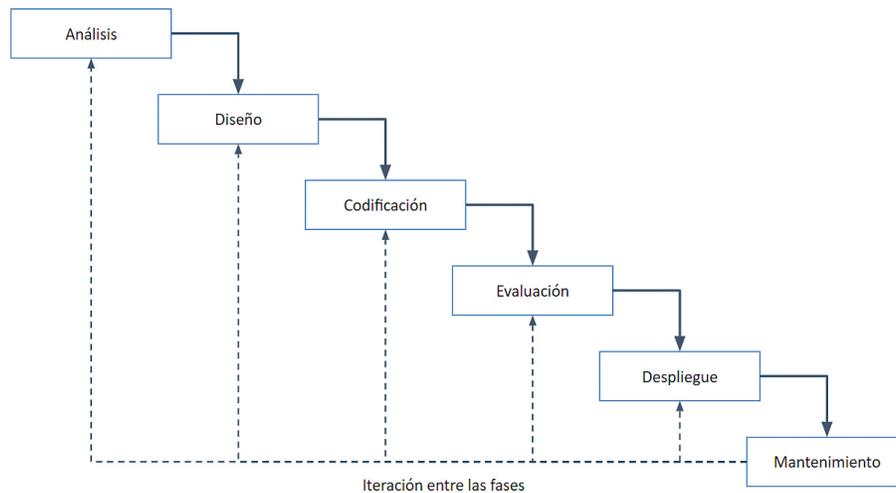
**Cuadro 1.** Ciclo de vida del desarrollo de software.

Fases	Actividades
Análisis	Se define la especificación de los requerimientos funcionales y no funcionales esperados del producto de software, así como sus restricciones de operación. Estos requerimientos son recolectados, analizados y especificados en una labor entre los <i>stakeholders</i> y los analistas del equipo de desarrollo, generando una serie de artefactos (documentos, prototipos, arquitecturas beta) que documentan la información recopilada y acordada.
Diseño	Con base en el documento de especificación de requerimientos generado en la fase anterior, se establece una arquitectura de software, que implica la identificación y descripción de las abstracciones fundamentales del sistema (componentes e interfaces de conexión) y a nivel detallado, se especifica la estructura del producto por medio de diagramas lógicos, esquemas conceptuales de los datos, considerando las tecnologías apropiadas para el desarrollo del producto especificado.
Codificación	En esta etapa, los requerimientos estipulados en la primera fase se convierten en código siguiendo los lineamientos de diseño definidos en la etapa anterior y se acompaña de pruebas de unidades para verificar que cada unidad cumpla con su especificación.
Integración y prueba del sistema	Las unidades del producto se integran y prueban como un sistema completo para asegurarse de que se cumplan los requerimientos de software. Además, se detectan inconsistencias de funcionamiento que se puedan producir de la fase anterior de codificación para su corrección y depuración antes de la liberación del producto.
Mantenimiento	Una vez que el software ha sido liberado, el producto puede requerir modificaciones en el funcionamiento de los requerimientos cubiertos, mejoras o extensión de nuevas funcionalidades, corrección de errores y entrar en una etapa de refinamiento.

Fuente: Elaboración propia, con base en [5], [6].

Este ciclo de desarrollo puede ser organizado por medio de modelos que establecen una propuesta y ordenamiento sobre la forma de llevar a cabo cada una de las etapas y actividades, exponiendo ventajas y desventajas. A partir de estas opciones, se abre una gama de metodologías para su implementación, en la que se identifican factores positivos a potenciar y replicar en próximas experiencias de desarrollo de software, así como factores negativos que requieren establecer su nivel de riesgo y su mitigación correspondiente.

Como marco de referencia, el modelo tradicional o más básico se conoce como modelo en cascada (*WM-Waterfall Model*) (figura 1) y organiza las fases del SDLC en un esquema secuencial, donde cada una de las fases no puede ser realizada hasta que la previa haya sido concluida en su totalidad [6].



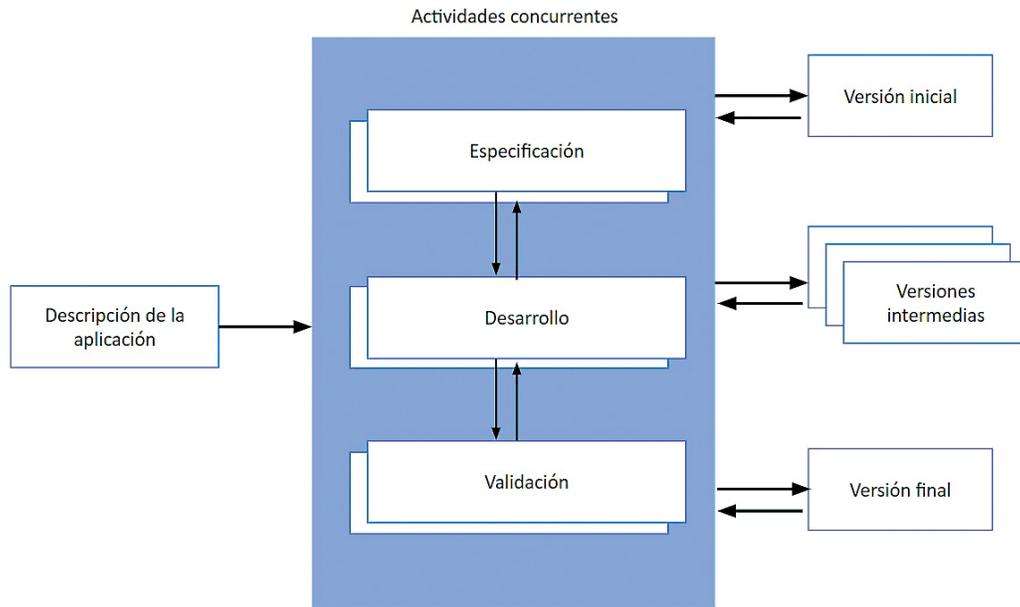
**Figura 1.** Modelo de desarrollo en cascada (*Waterfall Model*). Fuente: Elaboración propia, con base en [5], [6].

Por otro lado, el modelo iterativo e incremental (*IID-Iterative and Incremental Model*) (figura 2) combina elementos del modelo en cascada en una propuesta de iteraciones. Este modelo construye una implementación parcial de la aplicación; cada secuencia lineal o iteración produce un incremento funcional en el desarrollo del producto final [6]. Los requerimientos básicos se definen en la primera etapa y el resto del producto, así como sus funcionalidades suplementarias, van liberándose a través de las iteraciones. En cada una de las iteraciones se puede ir añadiendo funcionalidades o bien integrando algunas que no hayan sido definidas al inicio, permitiendo además identificar oportunidades de mejoras en las etapas intermedias, reduciendo el impacto de la detección de este tipo de situaciones en las etapas finales del proceso.

La idea detrás de la mejora iterativa sobre el modelo en cascada es tomar como punto de inicio un conjunto de requerimientos que se pueden considerar básicos y bien definidos, y a partir de una primera versión del sistema de software, identificar mejoras en esta e incorporar otros requerimientos que se han terminado de definir con mayor claridad o aquellos que pueden ir surgiendo durante la ejecución del proyecto.

Al mismo tiempo, este esquema permite la identificación y establecimiento de acciones para la mitigación de los mismos en cada iteración, así como favorece la valoración y aprovechamiento de las lecciones aprendidas durante el desarrollo de versiones que se van liberando del sistema. El aprendizaje proviene tanto del desarrollo como del uso del sistema, siempre que sea posible [7].

El modelo iterativo-incremental (MII) se ha constituido en una base para la generación de nuevas metodologías y prácticas en el desarrollo de software, y ha sido base para la evolución de nuevas propuestas de desarrollo en una era en la que el factor de cambio en las necesidades de información es cada vez más frecuente y juega un papel preponderante y constante, por lo que se requiere un alto grado de flexibilidad y capacidad de reacción ante las expectativas y necesidades que surgen de forma natural.



**Figura 2.** Modelo de desarrollo iterativo e incremental. Fuente: Elaboración propia con base en [6].

## Metodología

En el caso del proyecto de investigación Amón\_RA, el modelo de desarrollo propuesto inicialmente correspondía a un modelo tradicional en cascada, puesto que el desarrollo de los objetivos iniciales logró delimitar los principales requisitos de información que se deseaban satisfacer a través de la aplicación móvil.

Implementar la realidad aumentada como herramienta para la puesta en valor y difusión del paisaje urbano histórico de barrio Amón, como objetivo general del proyecto de investigación, requirió una serie de objetivos específicos, algunos de ellos preliminares al proceso de definición del modelo de desarrollo.

Conforme al plan de trabajo del proyecto, el equipo multidisciplinar de las tres escuelas participantes, se vinculó conforme a cada objetivo específico y metodología según se detalla en el cuadro 2.

Al finalizar las acciones del tercer objetivo del proyecto de investigación, se estableció un desarrollo de la aplicación mediante el modelo en cascada, siendo concordante con el planteamiento del producto, cuyos objetivos presentan una secuencia de desarrollo por etapas y ésta se constituyó en la metodología para la implementación del modelo.

Sin embargo, conforme inició el proceso de construcción y desarrollo se presentaron dificultades, principalmente con respecto de las particularidades de las tecnologías inicialmente seleccionadas, para las cuales el conocimiento era incipiente por parte del equipo de desarrolladores y esto provocó constantes retrasos y dificultad en el avance.

Adicionalmente, conscientes del reto que demandaría lograr el dominio de las tecnologías para el manejo de la realidad aumentada por parte del equipo de desarrollo y de la curva de aprendizaje que esto implicaría, se experimentó una constante rotación de miembros del equipo, propia del esquema temporal de participación voluntaria de los mismos en este tipo de proyectos, lo que impactó los planes de desarrollo.

**Cuadro 2.** Vinculación de la escuela participante, objetivos específicos y metodología.

Escuelas	Objetivos específicos	Metodología por objetivo específico
EAU	OE1. Identificar los elementos que componen el paisaje urbano histórico de barrio Amón (PUHBA).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtención y sistematización de información de diversas fuentes documentales y trabajo de campo.</li> <li>- Análisis del PUHBA [8].</li> </ul>
EAU EIDI	OE2. Contrastar la información de base del PUHBA con la participación de los agentes sociales involucrados en el proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Focus group, cartografía social y entrevistas, card sorting, digital prototyping.</li> </ul>
EAU EIDI EIC	OE3. Elaborar un prototipo de aplicación móvil para realidad aumentada en el PUHBA.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparativa de herramientas y aplicaciones de RA para definición de modelo de desarrollo y establecimiento de la metodología.</li> <li>- Talleres multidisciplinares (concepto, funcionalidad y usabilidad).</li> </ul>
EAU EIDI EIC	OE4. Diseñar el software y su interface para el procesamiento de la información bajo la utilización de realidad aumentada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de requerimientos.</li> <li>- Definición de estructura y funcionamiento de la aplicación.</li> <li>- Modelo en cascada (fase 1)</li> <li>- Modelo iterativo e incremental (fase 2).</li> </ul>
EAU EIDI EIC	OE5. Desarrollar la aplicación móvil de realidad aumentada (Amón_RA).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación del modelo iterativo e incremental.</li> <li>- Talleres multidisciplinares.</li> <li>- Pruebas en campo.</li> </ul>
EAU EIDI EIC	OE6. Evaluar la utilización de la aplicación móvil (Amón_RA) con miras a su mejoramiento y posible empleo en otros contextos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Talleres de evaluación (cuatro talleres: expertos, actores sociales y dos de estudiantes).</li> <li>- Actualización de la aplicación móvil.</li> <li>- Difusión del proyecto y la aplicación móvil.</li> </ul>
<p>Simbología: Escuela de Arquitectura y Urbanismo (EAU); Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial (IDI); Escuela de Ingeniería en Computación (EIC); Objetivo Específico (OE).</p>		

Este tipo de situaciones debieron enfrentarse y analizarse durante la primera fase de desarrollo del producto y considerar la posibilidad de cambiar el modelo del proceso y la metodología de gestión del proyecto, pues la combinación de desafíos propios del desarrollo junto con la variación del equipo exigen un cambio de ruta.

Metodológicamente, se inició con una revisión bibliográfica que permitió comparar varios modelos de desarrollo de software; el tradicional y sobre el que se había iniciado el proyecto, denominado modelo en cascada y otros modelos que permitieran mayor flexibilidad en términos de permitir la inclusión de cambios durante el proceso alterando de manera “natural” la gestión del proyecto. Como parte de la búsqueda bibliográfica y documental, se identificaron diversos tipos de modelos [9], [10], predominando los siguientes: modelo iterativo-incremental (MII), modelo en espiral, de prototipado rápido, *V-Model*, *Rational Unified Process*, *Agile Model*, entre otros.

Dadas las características del modelo iterativo incremental y el estado situacional del proyecto de desarrollo, se compararon ambos modelos en el contexto del proyecto de investigación mediante un análisis de sus aspectos positivos y negativos, contrastando su desarrollo

conforme al estado del plan de trabajo del proyecto. La aportación presenta la adaptación del MII como metodología de desarrollo de la aplicación móvil de realidad aumentada Amón\_RA para la toma de decisiones en futuros proyectos que utilicen la realidad aumentada.

## Resultados

Dadas las situaciones antes mencionadas que dificultaron el proceso de desarrollo, así como otras propias del tipo de aplicación que se deseaba desarrollar, se debió valorar sobre la marcha la posibilidad de cambiar la metodología de desarrollo.

Se contrastaron los dos modelos de procesos de desarrollo considerados, tanto el modelo en cascada que fue el originalmente seleccionado, como el modelo iterativo incremental, que se consideró como posible alternativa de solución después de la exploración documental, obteniendo un conjunto de ventajas y desventajas presentadas en el cuadro 3.

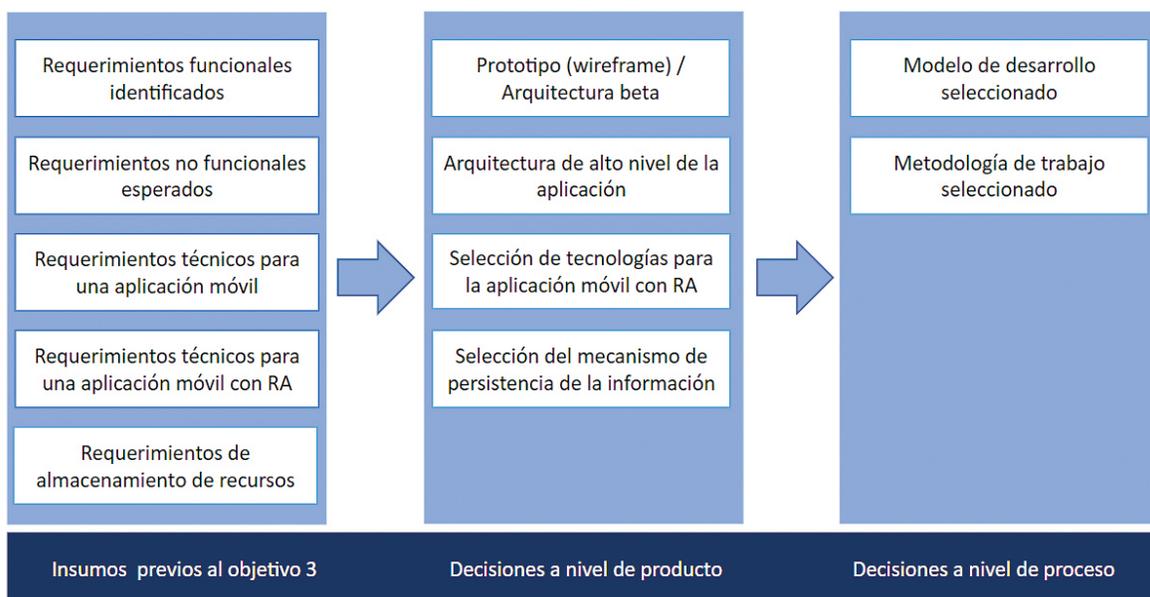
**Cuadro 3.** Ventajas y desventajas de los modelos en cascada e iterativo-incremental.

Modelo	Características a favor	Características en contra
Cascada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simple de entender e implementar.</li> <li>- La administración del proyecto es más sencilla, porque cada etapa está claramente definida y es rígida.</li> <li>- Comúnmente utilizado y más antiguo.</li> <li>- Las etapas de desarrollo se ejecutan una a una de manera secuencial.</li> <li>- Útil para proyectos pequeños o de mediano tamaño con requerimientos bien definidos y sin ambigüedad.</li> <li>- Permite la clasificación y priorización de tareas.</li> <li>- Fácil identificación de los puntos clave del ciclo de desarrollo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El software sólo estará disponible al final de la última etapa del ciclo.</li> <li>- Los <i>stakeholders</i> no pueden ver el avance del producto a lo largo de su desarrollo.</li> <li>- Los riesgos son altos e inciertos.</li> <li>- Necesidad de documentación permanente.</li> <li>- No se recomienda para proyectos de largo plazo, no permite flexibilización.</li> <li>- Dificultad de corregir errores de peso en un corto tiempo.</li> <li>- Se debe contar con todos los requerimientos de antemano.</li> <li>- El progreso de cada etapa es difícil de medir mientras se está en el proceso de desarrollo.</li> </ul>
Modelo iterativo e incremental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El proyecto puede arrancar con un conjunto de requerimientos bien definidos, no exige la totalidad de requerimientos.</li> <li>- El proceso es repetitivo, por lo que permite crear nuevas versiones del producto en cada iteración (con una duración de 2 a 6 semanas).</li> <li>- Cada iteración puede incluir el desarrollo de componentes independientes que pueden ser integrados al producto desarrollado.</li> <li>- Mejor manejo de riesgos.</li> <li>- Problemas o nuevos riesgos identificados en una iteración pueden ser manejados en la siguiente iteración.</li> <li>- Desarrollo en paralelo.</li> <li>- El progreso del proceso es medible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere mayores recursos que el modelo en cascada.</li> <li>- No se recomienda en proyectos pequeños.</li> <li>- Exige una constante administración del proyecto.</li> <li>- Pueden surgir inconvenientes con la arquitectura o el diseño pues no se prevén todos los requerimientos en la etapa de planeamiento.</li> <li>- Surgen nuevos riesgos en el plan de gestión del proyecto por exceso de cambios.</li> <li>- Los riesgos requieren una participación permanente por parte del equipo multidisciplinar especializado.</li> </ul>

Con base en el análisis anterior, se estableció una estrategia de trabajo conjunta entre los equipos, para delimitar el estado de situación del proyecto en su etapa de desarrollo e identificar los elementos generados y pendientes a nivel de requerimientos, análisis del entorno de desarrollo, las tecnologías utilizadas hasta ese momento y los resultados generados en etapas anteriores.

A partir de los resultados obtenidos, considerando el plan de trabajo de acuerdo a los objetivos relacionados a la producción de la aplicación móvil asociada al proyecto de investigación, se acordó un cambio en el modelo de desarrollo entre el tercer y sexto objetivo específico (cuadro 2), que permitió:

1. Definir y dimensionar el alcance de la aplicación móvil en términos de los requerimientos funcionales identificados.
2. Definir aspectos de requisitos no funcionales pero que deben estar presentes dentro de las características del producto (tiempos de respuesta, precisión en la geolocalización, capacidades de almacenamiento, sistema operativo para el que se desarrolla la aplicación móvil, entre otros).
3. Establecer los requerimientos técnicos para la definición de las tecnologías que darán soporte a la aplicación móvil.
4. Definir los requerimientos técnicos específicos para el manejo de la realidad aumentada y los elementos visuales seleccionados para ser integrados en la aplicación móvil.
5. Determinar el formato de almacenamiento y acceso a los recursos de información y material visual con la que dispondrá la aplicación móvil.

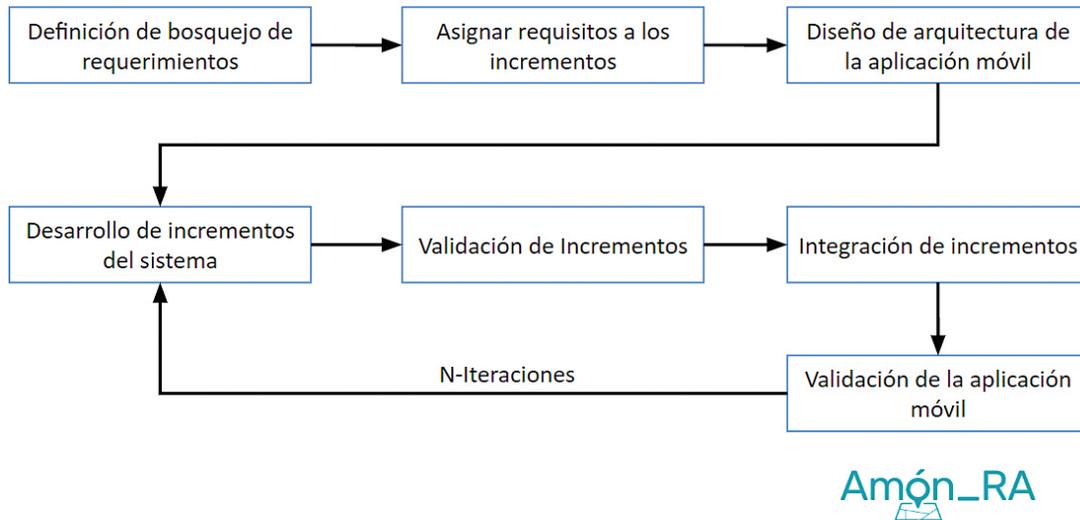


**Figura 3.** Síntesis del proceso de análisis previo a la implementación del MII.

Estos insumos sintetizados en la figura 3, fueron relevantes para definir la metodología asociada a la implementación del modelo iterativo-incremental para poder establecer el número de iteraciones y la delimitación de los incrementos funcionales que se generarían en cada uno de ellos, de modo que la solución cubra las funcionalidades del producto contemplado en el

prototipo desarrollado en el objetivo OE3, que se desprendió de la información recopilada, las expectativas provenientes del proceso de validación con los actores sociales, la incorporación de elementos de realidad aumentada en ciertas funcionalidades de la aplicación y además, satisfacer expectativas inherentes al funcionamiento de una aplicación móvil por defecto.

La metodología asociada al modelo alternativo propuesto para dar continuidad al proceso de desarrollo se estableció según se presenta en la figura 4.



**Figura 4.** Adaptación del MII al desarrollo de la aplicación móvil Amón\_RA.

Finalmente, se analizó la aplicación de la metodología seleccionada para el desarrollo de la aplicación móvil Amón\_RA con base en aspectos positivos y negativos para cada etapa de desarrollo, según el cuadro 4.

## Conclusiones

Existen muchos modelos de desarrollo de software basados en los requisitos y el tamaño de los proyectos que se desean resolver. El proyecto de investigación Amón\_RA constituyó una apuesta muy ambiciosa puesto que se inició sin conocer las implicaciones del desarrollo de la realidad aumentada y, además, la cantidad de contenido y secciones que componen su arquitectura, incrementaron su nivel de complejidad para un proyecto de corte académico. Asimismo, constantes cambios en el equipo de desarrollo generaron inestabilidad en el proceso. Sin embargo, a pesar de esta situación, el equipo investigador contó con la fortaleza de disponer de una constante retroalimentación por parte de los actores sociales de barrio Amón lo que motivó a concluir con el proyecto pese a sus limitaciones.

Saber identificar a tiempo los problemas de desarrollo en cuanto al modelo seleccionado, permitió dar un giro en cuanto al uso del modelo iterativo incremental. Este cambio, fue un acierto pues enriqueció el aprendizaje de las disciplinas participantes en cada iteración, brindó independencia al trabajo no solo por escuela, sino del propio equipo programador. A futuro, se espera la implementación de nuevas aplicaciones de realidad aumentada al servicio del paisaje urbano histórico y del patrimonio, para lo cual se cuenta con un insumo base y experiencia acumulada en este proyecto.

**Cuadro 4.** Lecciones aprendidas del proceso de desarrollo de Amón\_RA usando el MII.

Fases del proceso	Aspectos positivos	Aspectos negativos
Planeación del modelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir grupos de requerimientos y prioridades para los requerimientos funcionales establecidos en el prototipo facilitó la aproximación de la cantidad de iteraciones y la delimitación del alcance de los incrementos.</li> <li>- Cada iteración incluye sus mecanismos de control interno que permitan identificar el estado de implementación y funcionamiento de cada requerimiento incluido en la misma.</li> <li>- El conocimiento y dominio en las tecnologías requeridas crece de acuerdo a los requerimientos incluidos en los incrementos definidos para las iteraciones, permitiendo que la curva de aprendizaje se dirija en direcciones específicas y no de manera aleatoria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se requirió mucho recurso en diagnosticar el estado del proyecto al momento del cambio de modelo de desarrollo y evaluar el grado de porcentaje de producción que podía ser considerado como la base del nuevo modelo, principalmente porque el modelo en cascada no incluye procesos de evaluación internos dentro de sus fases, lo que no permite garantizar niveles de calidad y cumplimiento en cualquier momento del proceso de desarrollo.</li> <li>- El equipo de desarrollo (estudiantil) con perfiles de conocimientos técnicos poco uniformes por sus distintos niveles de avance en el desarrollo de su carrera, generó curvas de aprendizaje muy variables a nivel del equipo generando grandes variaciones en los tiempos de cumplimiento de tareas asignadas y resultados obtenidos, principalmente en las relacionadas con aspectos técnicos de RA.</li> </ul>
Arquitectura de la aplicación (OE4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El modelo de desarrollo iterativo incremental estimula el diseño de una arquitectura más flexible orientada desde un inicio a la posibilidad de incorporar nuevas funcionalidades que pueden estar interrelacionadas con las existentes con mayor facilidad para la mantenibilidad y la escalabilidad futura de la aplicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proponer una arquitectura de diseño que fomente la mantenibilidad y escalabilidad exigió desechar gran parte de la propuesta anterior de diseño por su rigidez, alto acoplamiento y baja cohesión.</li> </ul>
Implementación de incrementos (OE5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El equipo de desarrollo enfoca su esfuerzo y conocimiento técnico en la implementación del conjunto de requerimientos funcionales incluidos en una iteración a la vez, permitiendo evaluar la arquitectura propuesta, ampliando el dominio técnico sobre el proceso de codificación y ejecutando pruebas dirigidas al conjunto de requerimientos involucrados, permitiendo medir el nivel de calidad de los requerimientos involucrados y la depuración de los mismos, ofreciendo un incremento funcional que puede ser sometido a evaluación y valoración por parte del equipo multidisciplinario, para su correspondiente realimentación.</li> <li>- A pesar de la complejidad del proyecto, el poco tiempo disponible, la puesta en marcha del modelo logró que se consiguiera implementar a tiempo su desarrollo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incorporar un equipo de desarrollo para trabajar sobre un producto existente con poco dominio sobre la forma que está implementada una aplicación y sin documentación de partida, siempre es caótico y en este caso, no fue la excepción, se consumió mucho más tiempo del esperado en conocer la forma en que estaba construido el producto antes de la puesta en marcha del MII. El proceso de implementación del producto bajo el modelo MII exigió valorar el producto existente y definir un porcentaje de aprovechamiento que sirviera de punto de salida.</li> <li>- La redefinición de herramientas especializadas para el manejo de las funcionalidades asociadas con RA obligó a desechar gran parte del código producido antes de la implementación del modelo MMI.</li> <li>- La curva de aprendizaje por parte del equipo no fue uniforme, generando cierta picos muy altos en temas de RA relacionada con formatos de representación de recursos tanto de RA a nivel de geolocalización como el manejo de modelos tridimensionales.</li> </ul>

....Continuación

Fases del proceso	Aspectos positivos	Aspectos negativos
Gestión del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La posibilidad de desarrollo en paralelo de varias líneas de requerimientos funcionales incluidas en las iteraciones, brindó la posibilidad de obtener experiencias de varias secciones de la aplicación más tempranamente y ajustar el plan del proyecto cada vez que fue necesario, permitiendo adaptabilidad al surgimiento de cambios.</li> <li>- El involucramiento constante del equipo multidisciplinar a lo largo de la implementación del MII aportó más claridad y conocimiento de las ventajas del proceso de desarrollo y lo que implica la generación de un producto en la línea de RA.</li> <li>- Contar con un equipo de desarrollo más avanzado en la carrera de EIC favoreció la gestión del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para disponer de los espacios de almacenamiento y herramientas de desarrollo gratuitas.</li> <li>- Dificultad de gestión del proyecto al sobreponerse etapas de desarrollo, aplicación de mejoras y mantenimiento con pocos recursos.</li> <li>- Poco tiempo para el desarrollo.</li> </ul>

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del TEC, así como al resto del equipo de investigadores y estudiantes por el apoyo brindado para la realización del proyecto de investigación: 'Amón\_RA. Implementación de la realidad aumentada como herramienta para la puesta en valor y difusión del paisaje urbano histórico de barrio Amón', en el cual se enmarca este artículo.

## Referencias

- [1] D. Porras & K. García, "Amón\_RA: la utilización de TIC para revalorizar y dinamizar un barrio histórico de Costa Rica", *XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: "Challenges and paradigms of the contemporary city"*, UPC, Barcelona, October 2-4, 2019. Barcelona: CPSV, p. 8448, 2019. E-ISSN 2604-6512. DOI <http://dx.doi.org/10.5821/ctv.8448>
- [2] D. Porras & E. Ángulo, "La implementación de la realidad aumentada como valor agregado para la puesta en valor y difusión del paisaje urbano histórico", I Simposio Internacional de Cultura. Exploración y puesta en valor, pp. 147-156, 2019. Available: <https://www.oecostarica.org/uploads/files/news/Oei/208/libro-simposio-internacional-de-cultura-exploracio-n-y-puesta-en-valor.pdf>
- [3] R. T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality", *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, vol. 6, (4), pp. 355-385, 1997. Available: <http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/pres.1997.6.4.355>. DOI: 10.1162/pres.1997.6.4.355.
- [4] L. Camargo, S. Sepúlveda & S. Castro, "Aplicación móvil de telemedicina para pacientes hipoglucémicos y diabéticos", *Respuestas*, 2010. Available: <https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=doajarticles::b89517c863e99a271bb4466a56a99ec3>
- [5] I. Sommerville & M. Alfonso-Galipienso, "Ingeniería de Software", 9th ed., México, Ciudad de México: Pearson Educación, S.A., 2011.

- [6] A. Alshamrani & A. Bahattab, "A Comparison Between Three SDLC Models Waterfall Model, Spiral Model, and Incremental/Iterative Model", *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, vol. 12, (1), pp. 106, 2015. Available: <https://search.proquest.com/docview/1660801422>
- [7] C. Larman & V. R. Basili, "Iterative and incremental developments. a brief history", *Mc*, vol. 36, (6), pp. 47-56, 2003. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1204375>. DOI: 10.1109/MC.2003.1204375.
- [8] UNESCO, "Recomendación sobre el paisaje urbano histórico", 2011. Available: [http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL\\_ID=48857&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SETION=201.html](http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=48857&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SETION=201.html).
- [9] A. A. Aguilera & O. S. Gómez, "Estudio de calidad y eficiencia de un enfoque de desarrollo software secuencial con programadores solos y en pareja", *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 27, (2), pp. 304-318, 2019. Available: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052019000200304&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052019000200304&script=sci_arttext)
- [10] R. S. Pressman., "Software Engineering: A Practitioner's Approach", 7th ed., New York: Editorial McGraw-Hill, 2010.