Caracterización de marcos de desarrollo de la interfaz de usuario para sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video

Characterization of user interface development frameworks for interactive systems based on video content distribution

Alexandra Ruiz^{1*} Jose L. Arciniegas² William J. Giraldo³

Recibido 10 de mayo de 2016, aceptado 26 de junio de 2017

Received: May 10, 2016 Accepted: June 26, 2017

RESUMEN

Este artículo presenta una caracterización de propuestas para el desarrollo de la interfaz de usuario de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video. La caracterización se establece en relación a diferentes perspectivas en el dominio de la ingeniería de software y en el contexto de la Interacción Humano Computador (HCI). Tales perspectivas son la notación, el proceso, las herramientas, la HCI y la validación. Para alcanzar los resultados, se establece un método de caracterización, el que, una vez aplicado, deja ver las fortalezas y debilidades de las propuestas en relación a cada perspectiva así como también posibilidades de mejora e integración. Trabajos futuros son presentados como resultado de la caracterización.

Palabras clave: Marcos de desarrollo, sistemas interactivos, contenido de video, interfaz de usuario, desarrollo de software.

ABSTRACT

This paper presents a characterization of the proposal related to user interface development for interactive systems based on the distribution of video content. The characterization is established related to different perspectives in the domain of software engineering and in the context of the Human-Computer Interaction (HCI). These perspectives are notation, process, tools, HCI, and validation. A characterization method is established to achieve results, which once applied, shows the strengths and weaknesses of the proposals related to each perspective as well as possible improvement and integration. Future works are presented as a result of the characterization.

Keywords: Development frameworks, interactive systems, video content, user interface, software development.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, el desarrollo de sistemas interactivos ha sido estudiado por la ingeniería de software a partir de metodologías que incluyen

usualmente el análisis del problema, análisis de requisitos, diseño, implementación, pruebas y despliegue. Una metodología de desarrollo de software generalmente es holística, es decir, comprende herramientas, notaciones, disciplinas,

¹ Facultad de Ingeniería. Universidad del Quindío. Cra 15 Calle 12N. Armenia, Colombia. E-mail: aruiz@uniquindio.edu.co

² Facultad de Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca. Calle 5 N° 4-70. Popayán, Colombia. E-mail: jlarci@unicauca.edu.co

³ Facultad de Ingeniería. Universidad del Quindío. Cra 15 Calle 12N. Armenia, Colombia. E-mail: wjgiraldo@uniquindio.edu.co

* Autor de correspondencia.

artefactos, roles, fases, etc. El desarrollo de la interfaz de usuario (IU) es considerado como uno de los componentes principales del desarrollo de los sistemas interactivos debido a que conecta a los usuarios finales con la funcionalidad. Sin un adecuado desarrollo, los sistemas interactivos robustos o complejos pueden llegar al fracaso por problemas que se reflejen en la IU, esto debido a que el desarrollo de la IU sigue las prácticas de la ingeniería de software pero requiere de un enfoque distinto. Este enfoque es conocido como la disciplina Interacción Humano Computador (HCI). La HCI promueve la usabilidad mediante la incorporación de técnicas o metodologías innovadoras centradas en el usuario, las que desafortunadamente no son muy usadas en la industria del desarrollo de software.

Este trabajo se centra en el desarrollo de los sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video que, como se observa, tiene cierta complejidad. Los sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video se caracterizan por la prioridad que le dan al contenido de video por medio de diferentes contextos de uso, por ejemplo: Netflix y Youtube en contextos de entretenimiento, o Udacity y Virtual Class en contextos de aprendizaje. Tales sistemas deben tener una interfaz usable y brindar una alta experiencia de usuario en el desarrollo de la interacción. El desarrollo de estos sistemas interactivos es desafiante porque este tipo de sistemas deben conservar las mismas funcionalidades sin importar en cuantas plataformas deban operar y cuál sea el ecosistema de dispositivos con características particulares (tamaño de la pantalla, mecanismo de interacción, distancia a la que se observa, etc). Además de la heterogeneidad de la plataforma, se suma a esta problemática la heterogeneidad del contexto uso y del usuario. Los usuarios tienen diferentes preferencias, capacidades y nivel de experiencia y ven contenido de video en diferentes contextos (ej., en el hogar, mientras trabajan, en el transporte, entre otros).

De acuerdo con este panorama, este trabajo pasa por una revisión sistemática con el objetivo de caracterizar las propuestas para el desarrollo de la interfaz de usuario de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video, de acuerdo con los diferentes enfoques o perspectivas que encierran el desarrollo de los sistemas interactivos. Como se ha mencionado, dichas perspectivas son el proceso, las herramientas, el lenguaje o la notación y la HCI.

Es necesario incluir otra perspectiva orientada a la validación, en cierta forma para medir la calidad de las propuestas. Igualmente, la caracterización deja ver las fortalezas, debilidades, posibilidades de mejoramiento o de integración de las propuestas encontradas.

Este artículo se encuentra estructurado de la siguiente forma: inicialmente se presentan los trabajos relacionados, seguido por la metodología de trabajo para realizar la caracterización. Posteriormente, se presenta la clasificación y análisis de las propuestas de acuerdo con los criterios de cada perspectiva, seguido por una discusión y, finalmente, se dan algunas conclusiones y trabajos futuros.

TRABAJOS RELACIONADOS

El estado del arte relacionado comprende dos tipos de trabajos: 1) trabajos orientados a soportar el proceso metodológico de la investigación y 2) trabajos de revisiones sistemáticas en el área de desarrollo de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video. Dentro del primer grupo de trabajos se encuentran el de Kitchenham [1] y F. Giraldo [2], quienes permitieron definir el proceso metodológico de la revisión sistemática. De otro modo, los trabajos de Akiki [3], Siau [4] y W. Giraldo [5] proveyeron las bases para definir los criterios relacionados a las perspectivas a evaluar, que fueron utilizados para realizar la caracterización de las propuestas encontradas.

Dentro del segundo grupo, la literatura evidenció algunos trabajos concernientes al análisis de metodologías para el desarrollo de la interfaz de usuario de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video. Abadía [6], por ejemplo, presenta una recopilación de diferentes aproximaciones relacionadas con la creación de contenido para televisión digital, a saber: metodologías para dicho fin, lineamientos de diseño e interacción y propuestas para la evaluación de usabilidad, cabe anotar que dichas propuestas metodológicas son descritas a nivel general, es decir, no se realiza una disección de los elementos importantes de la metodología en relación a un aspecto en específico.

Lang [7] presenta un estudio, en Irlanda, sobre el uso en la práctica de las metodologías de desarrollo

de sistemas multimedia. Aunque el trabajo cita diferentes propuestas metodológicas para desarrollo multimedia, estas no son analizadas individualmente en relación a alguna perspectiva en el ámbito de la ingeniería de software.

Finalmente, Szota [8] presenta un estudio de metodologías para desarrollo multimedia enfocándose en los modelos de ciclo de vida más utilizados por las empresas. El estudio no profundiza en el análisis de los aspectos importantes que conciernen a las metodologías de desarrollo.

Como consecuencia de lo expuesto, se ve la necesidad de emprender un estudio desde otro punto de vista, en donde se analice de manera más profunda las metodologías de desarrollo basadas en distribución de contenido de video de acuerdo con diferentes perspectivas del dominio de la ingeniería de software. Lo anterior justifica otro enfoque de búsqueda con una metodología determinada, la que se presentará en la siguiente sección.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

En esta sección se presenta el método que guía la caracterización de propuestas que existen en la literatura relacionadas con el desarrollo de la interfaz de usuario de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video (ver Figura 1).

El estado del arte analizado se ubica dentro del dominio de la ingeniería de software, específicamente, el desarrollo de los sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video (subdominio) y en el contexto de la HCI.

El conjunto de propuestas que existe dentro de este dominio y contexto fue el insumo para realizar la revisión sistemática y para evidenciar un subconjunto de propuestas pertinentes a los propósitos de este estudio. Una vez identificado el dominio, subdominio y contexto se procede a realizar una revisión sistemática.

Revisión sistemática

La revisión sistemática se realizó de acuerdo al proceso descrito por Kitchenham [1], con el fin de diseñar una búsqueda más rigurosa y formal alrededor de la temática. Esta guía fue escogida debido a su gran aplicabilidad en investigación de ingeniería de

software. A continuación se presenta el diseño de la revisión, la que consta de las siguientes secciones:

Definición de preguntas de investigación: la revisión estuvo encaminada a responder las siguientes preguntas de investigación:

- PI1: ¿Qué aproximaciones metodológicas para el desarrollo de la interfaz de usuario de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video son reportadas en la literatura científica?
- PI2: ¿Cómo se describen las metodologías de desarrollo de la interfaz de usuario de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video respecto a aspectos como la notación, el proceso de desarrollo, uso de herramienta, y aspectos de HCI?
- PI3: ¿Cuáles estudios empíricos con respecto a estas aproximaciones han sido aplicados en el desarrollo de aplicaciones interactivas basados en distribución de contenido de video?

Figura 1. Proceso metodológico de investigación.

Estrategia de búsqueda: el enfoque de este trabajo fue identificar estudios primarios publicados en revistas, libros, secciones de revista o artículos de congresos, donde se pudiera identificar propuestas en el desarrollo de la interfaz de usuario de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video. Los términos de búsqueda fueron especificados teniendo en cuenta todas las posibles combinaciones lógicas relacionadas al tipo de propuesta a encontrar. Esta cadena de búsqueda fue construida usando las opciones avanzadas de las bases de datos. Las cadenas de búsqueda utilizadas para identificar estos estudios primarios se presentan a continuación:

- C1 (*Qué*) = (“software” OR “application” OR “system” OR “service”) AND (“development” OR “construction” OR “project” OR “process” OR “engineering” OR “methodology” OR “model” OR “framework” OR “model driven” OR “MDE”)
- C2 (*Dónde*) = (“video” OR “multimedia” OR “iptv” OR “tdi” OR “internet tv” OR “ott” OR “webtv” OR “itv” OR “idtv” OR “interactive television” OR “interactive digital television”)
- C3 (*Integra*) = (“Usability” OR “HCI” OR “human computer interaction” OR “UX” OR “user experience” OR “user centered design” OR “Easy to use” OR “User interface” OR “users behavior”)

De esta manera la cadena completa usada en la búsqueda fue: C1 AND C2 AND C3.

Selección de estudios: un conjunto de criterios mínimos fue definido, con el fin de incluir o excluir estudios. Los criterios de selección fueron: a) estudios que estuvieran en las áreas de ciencias de la computación, ingeniería de software, telemática, telecomunicaciones e ingeniería; b) estudios donde su título, resumen y palabras clave tuvieran al menos una palabra perteneciente a cada dimensión de la cadena de búsqueda (*Qué*, *Integra* y *Dónde*) y c) estudios que aparecieran en los resultados de la búsqueda y que proveían una aproximación metodológica explícita enfocada en el desarrollo de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video.

Las fuentes de información principales que se utilizaron fueron ACM, IEEE, Springer y Scopus, las que arrojaron 568 estudios, de ellos 59 reportaban

alguna aproximación metodológica. Aunque la revisión generó un conjunto amplio de estudios, solo se consideraron para el análisis un subconjunto de 15 propuestas que fueron seleccionadas por cubrir la mayor parte del proceso de desarrollo. Las demás aproximaciones metodológicas, aunque fueron analizadas, no se presentan por estar enfocadas en una sola fase del proceso de desarrollo (ej. [9-13], entre otros) o porque no tenían los elementos mínimos para realizar un análisis desde las perspectivas que se plantean en este artículo (ej. [14-16]).

Clasificación de las propuestas encontradas

En esta sección se realiza una clasificación de las propuestas encontradas, de acuerdo con diferentes perspectivas que, según W. Giraldo [5], constituyen características deseables para marcos de desarrollo de interfaz de usuario. Tales perspectivas son: la notación, el proceso, las herramientas, la HCI y la validación. Según W. Giraldo [5], un marco de desarrollo debe tener una notación que permita describir el sistema, un proceso formalizado que dé soporte a varios aspectos (funcionalidad, interfaz, entre otros), herramientas que faciliten la edición de modelos y la generación automática, aspectos de HCI que promuevan la usabilidad y validaciones que garanticen la utilidad del marco.

Para cada perspectiva se definieron unos criterios, los que fueron tomados en su mayor parte de los aportes de W. Giraldo [5], F. Giraldo [3] y Akiki [2]. Cada propuesta fue clasificada de acuerdo a los criterios definidos para cada perspectiva, respondiendo con las preguntas de investigación planteadas y evidenciando las diferentes fortalezas y debilidades de las propuestas evaluadas. La definición de los criterios se encuentra en la sección clasificación y análisis de las propuestas, con el fin de brindarle al lector mayor comodidad en el análisis de las tablas que se presentan en dicha sección.

Análisis de propuestas

Una vez efectuada la clasificación se realizó un análisis de cada perspectiva. Finalmente, como resultado del análisis se llega a un interés particular que constituye el foco de investigación para trabajos futuros.

En la siguiente sección se presenta una descripción de las propuestas seleccionadas.

PRESENTACIÓN DE PROPUESTAS DE ACUERDO A SU ENFOQUE

Los sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video, de acuerdo a su objeto, cubren las aplicaciones interactivas para televisión digital (Tdi) y pertenecen a una categoría más amplia como son las aplicaciones multimedia. En este sentido, la literatura evidencia diversas propuestas metodológicas para el desarrollo de aplicaciones multimedia y para televisión digital interactiva (Tdi) con diferentes enfoques. Tales propuestas dan respuesta a la *PII* (*¿Qué aproximaciones metodológicas para el desarrollo de la interfaz de usuario de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video son reportadas en la literatura científica?*). A continuación se describen las propuestas de acuerdo con su enfoque.

Aproximaciones metodológicas con enfoque de DCU

Las propuestas enmarcadas en este enfoque se caracterizan por ser procesos que integran a los usuarios desde etapas tempranas en el desarrollo, con el fin de alcanzar una mejor experiencia de usuario en el producto final. Igualmente, estos procesos se caracterizan por ser iterativos y utilizar técnicas de prototipado, con el fin de probar y refinar los diferentes aspectos del sistema interactivo. Tal es el caso de la propuesta presentada por Prata [17], la que especifica un modelo de HCI para aplicaciones de televisión interactiva que especifica y detalla aspectos relacionados con principios de diseño, lineamientos, técnicas de prototipado y métodos de evaluación específicos para el desarrollo de aplicaciones en TDi. Por su parte, Peñeñory [18] y Martins [19] presentan un proceso de desarrollo para TDi basado en la adaptación de metodologías existentes. Peñeñory adapta el modelo de proceso de la ingeniería de la usabilidad y la accesibilidad (MPIu+a) [20] y clasifica las actividades de acuerdo con tres pilares básicos, usuario, interacción y plataforma. Martins [19], realiza una adaptación del proceso de diseño centrado en el usuario (DCU) de Dix [21], para el desarrollo de contenido interactivo para programas de televisión educativa.

Aproximaciones metodológicas de diseño de la interfaz de usuario

Las aproximaciones metodológicas de este enfoque se caracterizan por dar especial relevancia al diseño

de la interfaz de usuario por medio de la inclusión de actividades encaminadas al desarrollo de la presentación, la navegación, la interacción y la arquitectura de la información, tal como puede apreciarse en la propuesta de Garret [22]. Esta propuesta aunque fue creada inicialmente para desarrollo de aplicaciones web, ha mostrado buenos resultados en otros contextos, como lo muestra Freitas en el desarrollo de una aplicación interactiva para Tdi [23]. Por su parte, Chorianopoulos [24] formula un conjunto de elementos principales que son genéricos para el diseño de la IU para Tdi como: el Canal Virtual, principios de la IU, una herramienta de desarrollo de la IU, una plataforma de prototipado y un marco de evaluación de la usabilidad en el aspecto emocional o afectivo [24]. Hwa Hsu presenta una aproximación basada en la actividad para el diseño de la IU en televisión digital [25], la que usa la teoría de la actividad como un marco para entender actividades de la vida y sus requerimientos en contextos de uso. Finalmente, Gutiérrez [26] presenta una guía para el desarrollo de aplicaciones interactivas para TDT en Colombia. Dentro de las contribuciones de este trabajo se menciona una metodología de desarrollo que se enfoca en aspectos claves del diseño de la interfaz de usuario como es perfil del usuario, contextos de uso, la navegación y distribución de los elementos en pantalla.

Aproximaciones metodológicas de producción de contenidos

Las propuestas de este enfoque se caracterizan por integrar en el proceso de desarrollo la producción del contenido que se transmite. La propuesta de Aarreniemi [27] presenta un modelo que sugiere como soportar el proceso de aprendizaje mediante iTV y como producir contenido para *t-learning* a partir de la definición de requerimientos tecnológicos, personales y pedagógicos. Por su parte, Gawlinski [28], presenta un proceso de producción de televisión interactiva, el que integra actividades de desarrollo de software, producción de contenido y diseño centrado en el usuario. Por último, Moreno [29] presenta el proyecto CONTEDI (Contenidos educativos para la televisión digital), como iniciativa para profundizar en el desarrollo de aplicaciones educativas definidas como *t-learning*, un proceso que va muy de la mano de las fases de la ingeniería de software convencional [29].

Aproximaciones metodológicas ágiles

Las aproximaciones de este enfoque presentan métodos de ingeniería del software basados en el desarrollo iterativo e incremental, donde los requisitos y soluciones evolucionan con el tiempo según la necesidad del proyecto. El objetivo de cada iteración no es agregar toda la funcionalidad para justificar el lanzamiento del producto al mercado, sino incrementar el valor por medio de software funcional y sin errores. Veiga [30], por ejemplo, presenta un proceso que apoya el desarrollo de aplicaciones de Tdi por medio de la integración de principios de las metodologías ágiles con un modelo de proceso de aplicaciones de TV en donde se destacan artefactos como *storyboards*, *timeline*, flujo de interactividad y diseño de interfaz. Neto [31] propone el método extremo Televisión Digital (XdTV), un método ágil, híbrido y personalizado, que añade varios métodos y técnicas adaptadas a las necesidades inherentes y peculiaridades de aplicaciones para televisión digital.

Aproximaciones basadas en modelos (MDE)

En el proceso de desarrollo basado en modelos (MDE), los modelos son el principal artefacto del proceso y son usados para acortar la brecha entre los requerimientos del sistema software y su implementación final. En este enfoque se encuentra StorytoCode, una aproximación basada en modelos que aborda el desarrollo de aplicaciones para TDi a partir de la utilización de *storyboards* [32]. De igual manera, Kulesza [33] presenta una aproximación de desarrollo basado en modelos para aplicaciones multimedia interactivas e integración de servicios web. Esta propuesta pretende resolver los problemas de StorytoCode introduciendo características como: 1) taxonomía de las aplicaciones, 2) uso de conceptos de plantilla 3) uso de herramientas de modelado y generación automática [33]. Finalmente, Pleuß [34] expone una aproximación de desarrollo basado en modelos para aplicaciones interactivas multimedia. Igualmente presenta un lenguaje de modelado multimedia - MML y transformaciones automáticas para obtener código para diferentes plataformas. MML es independiente de la plataforma y se basa en aproximaciones de modelado existentes como UML, aproximaciones del diseño de la interfaz de usuario basada en modelos (MBUID) y modelado multimedia [34].

En la siguiente sección se presenta la caracterización y análisis de las propuestas presentadas.

CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE PROPUESTAS

Esta sección tiene como fin dar respuesta a las preguntas *PI2* (*¿Cómo se describen las metodologías de desarrollo de la interfaz de usuario de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video respecto a aspectos como la notación, el proceso de desarrollo, uso de herramienta, y aspectos de HCI?*) y *PI3* (*¿cuáles estudios empíricos con respecto a estas aproximaciones han sido aplicados en el desarrollo de aplicaciones interactivas basados en distribución de contenido de video?*). De esta forma, se presenta una clasificación de las propuestas para el desarrollo de la interfaz de usuario de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video que se evidenciaron en la literatura. La clasificación se realizó teniendo como referencia los criterios definidos de acuerdo con los requerimientos deseados para dar solución a la problemática planteada. Tales criterios están agrupadas en cuatro perspectivas importantes: notación del proceso, proceso de desarrollo y herramientas, aspectos de HCI y validación de las propuestas. A continuación se presenta el análisis para cada una de estas perspectivas.

Análisis desde la perspectiva notacional

En un proceso de desarrollo, la notación permite la comunicación, la planificación y la descripción del sistema que se modela. Los criterios de clasificación para esta perspectiva son:

Rigor Ontológico (Rig Ont): Se evalúa si la propuesta está representada mediante un lenguaje y si está definida su sintaxis abstracta y concreta. Se evalúa si la notación permite la implementación de herramientas para procesar los diagramas.

Aspecto (IU, Fun, Con): Se evalúa si una propuesta provee diagramas para describir la información en un aspecto en particular (IU → Interfaz de usuario, fun → funcionalidad, Con → Contenido). No se evalúa la cantidad ni la calidad de los diagramas.

Lenguajes (Leng): se listan los lenguajes utilizados en el proceso de desarrollo.

Diagramas: se listan los tipos de diagramas generados en el proceso.

En la Tabla 1 se presenta la clasificación de las aproximaciones de acuerdo con los criterios contemplados en la perspectiva notacional. En esta perspectiva, se destaca la propuesta de Pleuß [34], en la que se presenta el lenguaje de modelado multimedia (MML).

MML es un lenguaje específico de dominios (DSL) independiente de la plataforma y se basa en aproximaciones de modelado existentes como UML, aproximaciones de modelado de la interfaz de usuario (MBUID) y modelado multimedia. El lenguaje de modelado resultante provee soporte para integración de diseño de software, diseño de medios y diseño de la interfaz de usuario. Este mismo lenguaje es utilizado por Kulesza [35] en su proceso de desarrollo.

Otras propuestas utilizan UML para modelar ciertos aspectos del proceso, tal es el caso de Peñeñory a [18], Gutiérrez [26], Veiga [30] y Marquesa [32]

quienes utilizan el lenguaje para modelar ciertos aspectos funcionales del sistema. Sin embargo, la propuesta de Gutiérrez a [26] no provee los diagramas suficientes para modelar un aspecto específico. La propuesta de Neto a [31] utiliza una notación propia, con bajo rigor ontológico, para especificación de dos tipos de modelos, modelo de prototipado PATv y modelo de flujo y sincronización de medios (MFSM) que apoyan en la comunicación, el levantamiento de requisitos, gestión de flujo de medios, implementación y documentación. Las demás propuestas carecen de una notación específica para modelar aspectos del sistema.

Finalmente se resalta que, a excepción de las propuestas de Kulesza a [33] y Pleuß a [34], las propuestas no cuentan con una notación que soporte el modelado de los aspectos importantes de los sistemas interactivos basados en distribución de contenidos de video como son la interfaz de usuario, la funcionalidad y el contenido.

Tabla 1. Clasificación de aproximaciones de acuerdo con los criterios de notación.

Referencia	Notación				Leng.	Diagramas
	Rig Ont	Aspecto				
		IU	Fun	Co		
Aproximaciones con enfoque de DCU						
[17]	–	–	–	–	–	Modelo conceptual
[18]	alto	–	√	–	UML	Casos de uso, tareas, modelo de datos, de navegación
[19]	–	–	–	–	–	–
Aproximaciones con enfoque de diseño de la interfaz de usuario						
[22] usado en [23]	bajo	–	–	–	–	–
[25]	–	–	–	–	–	–
[24]	–	–	–	–	–	Modelo conceptual
[26]	alto	–	–	–	UML	Diagrama de estados
Aproximaciones con enfoque de producción de contenido						
[27]	–	–	–	–	–	Modelo conceptual
[28]	–	–	–	–	–	–
[29]	–	–	–	–	–	–
Aproximaciones con enfoque de metodología ágil						
[30]	alto	–	√	–	UML	Flujo de interactividad (diagrama de actividad), timeline
[31]	bajo	√	√	–	Propio	PavT, MFSM
Aproximaciones con enfoque MDE						
[32]	alto	–	√	–	UML	Diagrama de elementos <i>Storyboard</i> /Escenarios
[33]	alto	√	√	√	MML	Estructural, interacción, escenarios
[34]	alto	√	√	√	MML	Tareas, dominio, escena, presentación, interacción

Análisis desde la perspectiva de proceso y herramientas

El proceso de desarrollo debe estar definido a partir de una representación por medio de un lenguaje de especificación de procesos. De esta forma, tendrá definido claramente sus mejores prácticas, su ciclo de vida, sus disciplinas, sus tareas, etc. El proceso soporta uno o varios aspectos (interfaz de usuario, funcionalidad, contenido) y puede ser reconfigurado o extendido a partir de un método específico.

Los criterios de clasificación para esta perspectiva son:

Base de Conocimiento en Video (Base Con Video): se evalúa si la propuesta provee componentes como: guías de estilo, líneas guía de interfaces y diálogo-presentación y patrones de presentación.

Métodos de Extensión (Met Ext.): se evalúa si el proceso tiene algún método que permita su extensión o integración con otros procesos, métodos, técnicas, actividades, etcétera.

Formalización (Form): El proceso presenta un cierto nivel de formalidad y se basa en un lenguaje de especificación de procesos para describir todos sus atributos. Se calificará como bajo el proceso que está definido de manera descriptiva, generalmente acerca de un caso de estudio. Se calificará como medio si tiene una descripción de bloques de actividades, y alto si está representado mediante un lenguaje y se detallan todos sus elementos metodológicos. Se empleará el símbolo “-” si la propuesta no incluye ninguna definición de proceso.

Tipo de ciclo de vida (Tipo): se especifica el tipo de ciclo de vida de desarrollo de software entre los que están: Modelo en cascada, en espiral, iterativo, incremental y modelo de procesos.

Aspecto (IU, Fun, Con): se evalúa si una propuesta metodológica permite el desarrollo del sistema en torno a un aspecto en particular (IU→Interfaz de usuario, Fun→funcionalidad y Con→contenido).

Herramienta: se evalúa que la propuesta proporcione una herramienta para la edición de modelos (*Edic*), así como para la generación automática de modelos (*Aut*).

La clasificación de las aproximaciones según los criterios del proceso y herramientas se presenta en la Tabla 2.

De los diferentes procesos de desarrollo se resalta la metodología de Gawlinski a [28], un proceso en cascada, iterativo e incremental que permite el desarrollo de la interfaz de usuario, la funcionalidad y el contenido de aplicaciones interactivas de televisión. El proceso consta de las fases de desarrollo, especificación, producción y pruebas y lanzamiento y operación. Cada fase detalla sus actividades y describe las habilidades y funciones de cada uno de los equipos de trabajo (recurso humano) que participan en las diferentes fases. El autor propone diferentes configuraciones del proceso de acuerdo con necesidades del equipo de desarrollo. Sin embargo, el proceso no contempla ningún método para extenderse o herramientas tecnológicas que apoyen el modelado y la generación automática de código.

Igualmente, se destaca el proceso de Kulesza a [33], en donde la primera fase está encaminada a la definición de requerimientos y escenarios de uso de la aplicación por medio de descripciones narrativas en forma de *storyboards*, usualmente definidas por el equipo de producción de medios. A partir de allí es posible definir el alcance, mediante la clasificación del conjunto de elementos de la aplicación. El artefacto generado es conocido como modelo independiente de la computación (CIM). En la segunda fase se genera una plantilla abstracta conocida como modelo independiente de la plataforma a [19], desarrollada a partir de la categorización de la aplicación. En la tercera fase la plantilla abstracta se transforma a una plantilla concreta que representa el modelo específico de la plataforma (PSM). La última fase transforma la plantilla concreta en código de la aplicación para una plataforma específica por medio de transformaciones. De forma similar se especifican los procesos de Pleuß a [34] y Marquesa [32]. Las deficiencias de estos procesos radican en que no desarrollan el aspecto de contenido y no contempla ningún método para extenderse.

A nivel de bases de conocimiento se resalta el trabajo de Chorianopoulos a [24], quien presenta una amplia base de conocimiento en relación a principios de diseño para Tdi. Igualmente, se destaca los aportes de Aarreniemia [27] en relación al diseño de Tdi

en ambientes de aprendizaje, en donde se presenta una taxonomía que cubre aspectos tecnológicos, pedagógicos y del usuario para el desarrollo de sistemas *t-learning*.

Como se observa en la Tabla 2, ninguna de las propuestas contempla un método para extenderse, solo las propuestas con enfoque de MDE se apoyan en herramientas y solo Prata [17] y Gawlinski [28] cubren el desarrollo de la IU, la funcionalidad y el contenido.

Análisis desde la perspectiva HCI

El proceso de desarrollo debe soportar prototipado para realizar evaluaciones con los usuarios y de esta forma obtener retroalimentación para versiones mejoradas. Igualmente, el proceso debe contemplar diferentes técnicas que permitan mejorar la experiencia del usuario en el proceso interactivo. La clasificación de las aproximaciones metodológicas de acuerdo a la perspectiva de HCI se observan en la Tabla 3. Los criterios de clasificación para esta perspectiva son:

Prototipado (Proto): se evalúa si una propuesta incluye el desarrollo de prototipos.

Usabilidad (Usab): se evalúa si el proceso contempla pruebas de usabilidad.

Técnicas UX: se especifican las diferentes técnicas utilizados por los procesos de desarrollo para mejorar la experiencia de usuario.

Es de notar que las propuestas basadas en modelos carecen del uso de técnicas de prototipado y evaluación de usabilidad. También se destaca el uso de *storyboard* como una de las técnicas más utilizadas para acercar al equipo de diseño y los desarrolladores en la especificación de los requisitos del sistema. Otras técnicas como estudios etnográficos, cuestionarios e identificación de perfiles de usuario, son utilizadas en etapas tempranas del desarrollo, con el fin de conocer las necesidades, limitaciones, percepciones y características de los usuarios. El análisis de tareas,

Tabla 2. Clasificación de aproximaciones de acuerdo con los criterios del proceso y herramientas.

Referencia	Base con video	Met. ext.	Proceso					Herramienta	
			Form	Tipo	Aspecto			Edic	Aut
					IU	Fun	Con		
Aproximaciones con enfoque de DCU									
[17]	√	–	medio	Modelo de procesos	√	√	√	–	–
[18]	√	–	medio	Modelo de procesos - Iterativo incremental	√	√	–	–	–
[19]	–	–	bajo	Cascada, iterativo parcial	√	√	–	–	–
Aproximaciones con enfoque de diseño de la interfaz de usuario									
[22] usado en [23]	–	–	medio	Cascada	√	√	–	–	–
[25]	–	–	bajo	Cascada	√	√	–	–	–
[24]	√	–	bajo	Cascada	√	–	–	–	–
[26]	√	–	medio	Cascada	√	√	–	–	–
Aproximaciones con enfoque de producción de contenido									
[27]	√	–	medio	Cascada	–	–	√	–	–
[28]	√	–	alto	Cascada iterativo incremental	√	√	√	–	–
[29]	–	–	bajo	Cascada iterativo	–	√	–	–	–
Aproximaciones con enfoque de metodología ágil									
[30]	√	–	medio	Desarrollo incremental	–	√	√	–	–
[31]	–	–	medio	Modelo de procesos - Iterativo incremental	√	√	–	–	–
Aproximaciones con enfoque MDE									
[32]	√	–	medio	Cascada	–	√	–	√	√
[33]	–	–	alto	Cascada	√	√	–	√	√
[34]	–	–	alto	Modelo de procesos	√	√	–	√	√

Tabla 3. Clasificación de aproximaciones de acuerdo a los criterios de HCI.

Referencias	Proto	Usab	Técnicas UX
Aproximaciones con enfoque de DCU			
[17]	√	√	Estudios etnográficos, perfiles de usuario, técnicas de evaluación de afectividad
[18]	√	√	Perfiles de usuario, estudio del contexto del usuario
[19]	√	√	Cuestionarios, escenarios Descomposición de tareas
Aproximaciones con enfoque de diseño de la interfaz de usuario			
[22] usado en [23]	√	√	Segmentación de usuarios, Encuestas, entrevistas, focus group, análisis de tareas, Creando personas, lluvia de ideas, Escenarios, modelos conceptuales (metáforas), vocabulario controlado
[25]	–	√	–
[24]	√	√	Técnicas de evaluación de afectividad
[26]	–	–	Perfiles de usuario, estudio del contexto de uso
Aproximaciones con enfoque de producción de contenido			
[27]	–	–	Heurísticas o lineamientos de diseño
[28]	√	√	Entrevistas, <i>Focus groups</i> , Encuestas, Storyboards
[29]	–	–	–
Aproximaciones con enfoque de metodología ágil			
[30]	√	√	Storyboard, lluvia de ideas
[31]	√	–	Storyboard
Aproximaciones con enfoque MDE			
[32]	–	–	Storyboard
[33]	–	–	Storyboard
[34]	–	–	Storyboard

por su parte, permite identificar el contexto en el que se realiza cada interacción.

Finalmente, la evaluación del aspecto emocional se destaca como uno de los aspectos que debe tenerse en cuenta en el desarrollo de las aplicaciones interactivas basadas en distribución de contenido de video, sobre todo aquellas con fines de entretenimiento.

Análisis desde la perspectiva de la validación de las propuestas

El proceso de desarrollo debe estar validado por medio de algún método. Los métodos utilizados por las aproximaciones encontradas son: encuesta, laboratorio experimental y estudio de caso.

Como se observa en Tabla 4, la mayoría de las propuestas fueron validadas mediante estudios de caso, en donde, usualmente grupos de estudiantes, desarrollaban una aplicación para un determinado contexto utilizando el proceso de desarrollo. En general, las técnicas de encuesta y laboratorio experimental se utilizaron para validar artefactos

específicos de los procesos de desarrollo, como lo realiza Veiga a [30] y Neto a [31]. Para las propuestas de Prata [17], Veiga [30] y Neto [31] no se encontró evidencia de la validación de la metodología.

Para concluir el análisis de las diferentes propuestas de desarrollo de la interfaz de usuario de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video, en la Tabla 5 se presenta el compendio de las propuestas analizadas versus los criterios evaluados.

Las casillas negras de la tabla representan el cumplimiento a cabalidad del criterio, es decir, para aquellos criterios que tenían una escala de medición (bajo, medio, alto) solo se puso casilla negra en aquellos en donde el criterio hubiera sido evaluado como alto. De esta forma, se logra identificar rápidamente cuáles son las propuestas más notorias en un determinado criterio (vista por filas) y cuáles son las propuestas más completas en relación con los criterios presentados (vista por columnas). Al final de la tabla se observa el porcentaje de cumplimiento (% de cump.) de las

Tabla 4. Clasificación de aproximaciones de acuerdo con los criterios de validación.

Propuesta	Encuesta	Laboratorio experimental	Estudio de caso
Aproximaciones con enfoque de DCU			
[17]	–	–	–
[18]	–	–	√
[19]	–	–	√
Aproximaciones con enfoque de diseño de la interfaz de usuario			
[22] usado en [23]	–	–	√
[25]	–	–	√
[24]	√	–	√
[26]	–	√	√
Aproximaciones con enfoque de producción de contenido			
[27]	√	√	–
[28]	–	–	√
[29]	–	√	√
Aproximaciones con enfoque de metodología ágil			
[30]	√	–	–
[31]	√	√	–
Aproximaciones con enfoque MDE			
[32]	–	–	√
[33]	–	–	√
[34]	–	–	√

Tabla 5. Clasificación de aproximaciones de acuerdo con los criterios notación, proceso y herramienta, HCI y validación.

Propuestas /Criterios		[17]	[18]	[19]	[22] usado por [23]	[25]	[24]	[26]	[27]	[28]	[29]	[30]	[31]	[32]	[33, 35]	[34]
Notación	Rig Ont															
	IU															
	Fun															
	Con															
Proceso	Base Con															
	Met Ext															
	Form															
	IU															
	Fun															
	Con															
Herra	Edic															
	Aut															
HCI	Prot															
	Usab															
Valid																
% de cump		40	53	33	33	27	33	33	20	53	13	47	40	47	60	67

propuestas en relación con la totalidad de criterios. Los espacios en blanco representan las falencias de las propuestas evaluadas.

En la siguiente sección se expone el interés particular que surge como consecuencia de la caracterización de las propuestas encontradas.

DISCUSIÓN

De acuerdo con el estudio realizado se observó que la mayoría de las propuestas evaluadas cubren el desarrollo de la interfaz de usuario y de la funcionalidad y solo unas pocas cubren el desarrollo del contenido de video. La mayor desventaja que presentan las aproximaciones en relación al proceso de desarrollo es el bajo formalismo y la ausencia de métodos que permitan la extensión o integración con otras propuestas para así obtener nuevas aproximaciones con la suma de los beneficios. Igualmente se observa cómo la mayoría de las aproximaciones carecen de una notación formalizada para describir aspectos del sistema, lo que interfiere en procesos como la planificación y la comunicación entre los integrantes del grupo de trabajo. De igual manera, la ausencia de una notación formalizada no permite el desarrollo de herramientas de edición y automatización que apoyen a los desarrolladores en el proceso de creación de este tipo de sistemas. En relación con este aspecto se destacan las propuestas basadas en MDE, con alto nivel de formalismo y apoyo de herramientas de automatización. La desventaja de este tipo de aproximaciones radica en que no incluyen el desarrollo del contenido interactivo ni aspectos de HCI que promuevan una mejor experiencia de usuario en el proceso interactivo.

Como se observa cada propuesta tiene fortalezas y debilidades que pueden ser suplidas por otras propuestas en un determinado aspecto.

Los aportes significativos de las propuestas estudiadas relacionados con elementos como la notación, el proceso, las herramientas y la HCI pueden servir como insumo para su adaptación en un trabajo de doctorado que aborde el problema del desarrollo de la interfaz de usuario de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video, eliminando las debilidades encontradas.

Lo anterior, justifica el desarrollo de una aproximación metodológica para modelar y desarrollar la interfaz de usuario y la integración con el resto de la aplicación de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video que integre las fortalezas de las propuestas evaluadas. La integración de estas propuestas puede alcanzarse por medio de métodos

de integración como los descritos en Giraldo [5] y en Villegas [36], dicha integración debe proveer contribuciones no solo en términos de procesos, sino también, en términos de técnicas, artefactos, herramientas, lenguajes, etcétera.

Con el fin de dar solución a la complejidad en el desarrollo de sistemas interactivos, la aproximación metodológica a proponer debe caracterizarse por estar basada en la ingeniería de software, integrar aspectos de HCI (DCU, Usabilidad, Prototipado), apoyarse en herramientas y contemplar en conjunto la funcionalidad, la IU y la producción de contenidos en un proceso formalizado.

En la siguiente sección se exponen las conclusiones y trabajos a futuro.

CONCLUSIONES

Este artículo presenta una caracterización de propuestas para el desarrollo de la interfaz de usuario de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video en relación a diferentes perspectivas como la notación, el proceso, las herramientas, la HCI y la validación.

Para alcanzar los resultados, se establece un método de caracterización, el que, una vez aplicado, deja ver las fortalezas y debilidades de las propuestas en relación a cada perspectiva.

Mediante la caracterización de las propuestas se logra presentar un análisis más profundo, en donde se diseccionan los elementos importantes de las metodologías de desarrollo en el subdominio de los sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video y en el contexto de HCI. Tanto las fortalezas como las debilidades de cada propuesta corresponden al foco de investigación de futuras investigaciones. En el caso de las debilidades, estas constituyen las brechas en donde se pueden plantear trabajos que propongan mejoras en las propuestas en relación a una determinada perspectiva. En cuanto a las fortalezas, estas constituyen el insumo para futuras propuestas de desarrollo de sistemas interactivos basados en distribución de contenido de video. Finalmente, el método de caracterización presentado puede ser utilizado para el estudio de otras propuestas en dominios y contextos diferentes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo corresponde a los avances del doctorado de A.R. en el Programa de Doctorado de Ingeniería Telemática de la Universidad del Cauca financiado por Colciencias (Colombia) por medio de la convocatoria 617-2014.

REFERENCIAS

- [1] B. Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey and S. Linkman. "Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review". *Information and Software Technology*. Vol. 51, pp. 7-15. 2009.
- [2] F.D. Giraldo, S. Espana and O. Pastor. "Analysing the concept of quality in model-driven engineering literature: A systematic review". In *Research Challenges in Information Science (RCIS)*. 2014 IEEE Eighth International Conference on, pp. 1-12. 2014.
- [3] P.A. Akiki, A.K. Bandara and Y.Yu. "Adaptive Model-Driven User Interface Development Systems". *ACM Comput. Surv.* Vol. 47, pp. 1-33. 2014.
- [4] K. Siau and M. Rossi. "Evaluation of information modeling methods-a review". in *System Sciences. Proceedings of the Thirty-First Hawaii International Conference on*. Vol. 5, pp. 314-322. 1998.
- [5] W.J. Giraldo. "Marco de Desarrollo de Sistemas Groupware Interactivos Basado en la Integración de Procesos y Notaciones - CIAF". PhD Doctoral. Universidad de Castilla - La Mancha, 2010.
- [6] I. Abadía. "Revisión de lineamientos para el desarrollo de contenido educativo para televisión digital interactiva". *Revista S&T*. Vol. 10, pp. 71-104. 2011.
- [7] M. Lang and C. Barry. "Techniques and methodologies for multimedia systems development; a survey of industrial practice". In *Realigning Research and Practice in Information Systems Development: The Social and Organizational Perspective*, B. F. N. Russo, J. DeGross, Ed., ed: Kluwer Academic Publishers, pp. 77-86. 2000.
- [8] M. Szota and K. Ellis. "Methodologies for Developing Multimedia Systems: A Survey". in *IRMA International Conference*. 2006.
- [9] A. Solano, C. Collazos, C. Rusu and L. Merchán. "Evaluating the usability of interactive digital television applications". In *Proceedings of the 2013, 10th International Conference on Information Technology: New Generations, ITNG 2013*, pp. 127-132. 2013.
- [10] A.F. Solano, C.A. Rusu, C.A. Collazos and J.L. Arciniegas. "Methodological proposal to evaluate the usability of Interactive Digital Television applications". In 2012, 7th Colombian Computing Congress, CCC 2012 - Conference Proceedings. 2012.
- [11] E. Furtado, V. Furtado and A. Pascalicchio. "Business modeling for digital TV services: An approach focused on the analysis of user experience". In *2009 Latin American Web Congress - Joint LA-WEB/CLIHC Conference*, pp. 85-91. 2009.
- [12] M.S. Mendes and E. Furtado. "The DIRCE approach for Requirements Elicitation and Design of Interaction in innovative systems". In *Proceedings of the 2014 Latin American Computing Conference, CLEI 2014*. 2014.
- [13] C.A. Tambascia, E.M. Menezes, S.M. Kutiishi and R.C. Barbosa. "Usability evaluation of electronic government services for interactive TV". In *Procedia Computer Science*, pp. 301-310. 2012.
- [14] M. Rice and N. Alm. "Designing new interfaces for digital interactive television usable by older adults". *Computers in Entertainment*. Vol. 6. 2008.
- [15] P. Suanpang. "The development IPTV to mobile IPTV: Implications for teaching and learning". In *International Conference on ICT Convergence*, pp. 274-279. 2012.
- [16] T.M. Prota, D.V.D. Silva, F.D.F.D. Souza and C.A.G. Ferraz. "MoonDo-eclipse: An integrated development environment for Ginga-NCL applications". In *Proceedings - 28th Brazilian Symposium on Software Engineering, SBES 2014*, pp. 151-160. 2014.
- [17] A. Prata, N. Guimarães, P. Kommers and T. Chambel. "iTV Model - An HCI Based Model for the Planning, Development and Evaluation of iTV Applications". *SIGMAP 2006 - International Conference on Signal Processing and Multimedia Applications*. 2006.

- [18] V.M. Peñeñory y J.D. Cardona. "Modelo centrado en el usuario para el desarrollo de aplicaciones de televisión digital interactiva". 2012.
- [19] D.S. Martins, L.S. Oliveira and M.G.C. Da Pimentel. "Designing the user experience in iTV-based interactive learning objects". In SIGDOC 2010 - Proceedings of the 28th ACM International Conference on Design of Communication, pp. 243-250. 2010.
- [20] T. Granollers. "Mpiu+A. Una Metodología que Integra la Ingeniería del Software, La Interacción Persona Ordenador y la Accesibilidad en el Contexto de Equipos de Desarrollo Multidisciplinares". Tesis par optar al grado de Doctor en Informática. Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics. Universidad de Lleida. Lleida, España. 2004.
- [21] A. Dix. "Human-computer Interaction". Pearson/Prentice-Hall. 2004.
- [22] J.J. Garrett. "Elements of User Experience, The: User-Centered Design for the Web and Beyond". Pearson Education. 2010.
- [23] P. Vinícius Freitas. "Design de Interação e Televisão Digital: a construção do Aplicativo Interativo Beach Soccer". Tesis de pregrado. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitoria. 2010.
- [24] K. Chorianopoulos. "Virtual Television Channels Conceptual Model, User Interface Design and Affective Usability Evaluation". Tesis par optar al grado de Ph.D. Department of Management Science and Technology. Athens University of Economics and Business. 2004.
- [25] S. Hwa Hsu, M. Weng, H. Lee. "An Activity-Oriented Approach to Designing a User Interface for Digital Television". In Interactive Digital Television. Technologies and Applications. Ed Nueva York: IGI, pp. 148-168. 2008.
- [26] S.A. Gutiérrez. "Guía para el desarrollo de aplicaciones interactivas en TDT para Colombia". Magíster en Ingeniería - Automatización Industrial Maestría, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad Nacional de Colombia. 2013.
- [27] P. Aarreniemi-Jokipielto. "Modelling and content production of distance learning concept for interactive digital television". Tesis para optar al grado de Doctor of Science in Technology, Department of Computer Science and Engineering - Industrial Information Technology Laboratory, Helsinki University of Technology, Espoo. 2006.
- [28] M. Gawlinski. "Interactive Television Production". Focal Press. 2003.
- [29] G. Moreno, A. Reyes, C. Rosero, S. Acosta y J. González. "Desarrollando contenidos educativos para la televisión digital". Presented at the Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference. Medellín. 2011.
- [30] E.G. Veiga. "Um Modelo de Processo para o Desenvolvimento de Programas para TV Digital e Interativa". Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2006.
- [31] M.G. Neto and C.A. Guimarães Ferraz. "XDTV: agile development of applications for digital TV". Presented at the Proceedings of the 19th Brazilian symposium on Multimedia and the web. Salvador, Brazil. 2013.
- [32] M.C. Marques. "Contribuciones para el modelamiento de aplicaciones multimedia en TV Digital interactiva". Ph.D. Programa Multiinstitucional de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Universidade Federal da Bahia. 2009.
- [33] R. Kulesza, S.R.L. Meira, T.P. Ferreira, E.S.M. Alexandre, G.L.S. Filho, M.C.M. Neto and C.A.S. Santos. "A model-driven approach for integration of interactive applications and web services: A case study in interactive digital TV platform", in Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops, ICMEW 2012, pp. 266-271. 2012.
- [34] A. Pleuß. "Model-Driven Development of Interactive Multimedia Applications Towards Better Integration of Software Engineering and Creative Design". Ph.D. Universität München. 2009.
- [35] R. Kulesza, S.R.d.L. Meira, T.P. Ferreira, V.R.S. Neto, E.F.d.S. Alexandre and G.L.S. Filho. "Towards a generative software development approach for rapid prototyping iDTV applications". Presented at the Proceedings of the 18th Brazilian symposium

- on Multimedia and the web. Sã o Paulo/SP, Brazil, 2012.
- [36] M.L. Villegas. “Metodología para el Desarrollo de Sistemas Interactivos Usables CIAF+HCI a partir de la Integración de CIAF y MPIu+a”. Tesis para optar al grado de Magíster en Ingeniería con Énfasis en Informática. Universidad EAFIT. 2012.