

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE  
MONTERREY  
CAMPUS CIUDAD DE MÉXICO  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY®**

Interfaces Adaptativas para Ambientes de Aprendizaje

Tesis presentada por

Diego Ramírez Echavarría

Sometida a la  
Escuela de Ingeniería y Ciencias  
en cumplimiento parcial de los requisitos para obtener el grado académico de

*Maestro en Ciencias*

*en*

*Ciencias de la Computación*

Asesora: Dra. Juana Julieta Noguez Monroy

Comité de Tesis:	Dr. José Martín Molina Espinosa	Presidente
	Dra. Juana Julieta Noguez Monroy	Secretario
	Dr. Alberto Reyes Ballesteros	Vocal

Ciudad de México  
diciembre de 2016



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY**

**Biblioteca**  
Campus Ciudad de México

# **Interfaces Adaptativas para Ambientes de Aprendizaje**

por

Diego Ramírez Echavarría

## **Resumen**

Esta investigación proporciona una metodología general para el desarrollo de interfaces adaptativas basadas en un modelo de usuario compuesto por preferencias individuales y perfiles de Inteligencias múltiples y Estilos de aprendizaje.

La metodología se implementó sobre un ambiente de aprendizaje virtual, en el cual los estudiantes inician el proceso de aprendizaje de un tema nuevo de la materia diseñando la interfaz gráfica del sistema a partir de sus preferencias personales. Una vez generada la interfaz gráfica, los estudiantes eligen un recurso de aprendizaje de entre cuatro opciones disponibles: texto, presentación, video y audio. Al momento de elegir el recurso, el sistema hace una recomendación automática basada en el perfil de Estilos de aprendizaje, que previamente se determinó para cada estudiante en un sistema expofeso. Al terminar la consulta del material los estudiantes realizan una evaluación, diseñada para medir su comprensión del tema, tras lo cual deben llenar un cuestionario de opinión respecto al sistema.

Esta implementación reúne los conceptos de adaptabilidad, al permitir al usuario diseñar su interfaz gráfica y elegir su recurso de aprendizaje, así como de adaptatividad, al dar recomendaciones sobre el recurso a elegir y recolectar datos del desempeño y las preferencias de los usuarios.

Se realizaron pruebas de la implementación a estudiantes universitarios del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey, Campus Ciudad de México. Estas pruebas están diseñadas para validar la metodología a través del sistema “PersonaLearning” desarrollado en esta tesis, generar una base de datos inicial (con datos anónimos) y detectar posibles problemas con la propuesta.

## Lista de Figuras

Fig. 3.1 – Línea de tiempo de autores con aportaciones relevantes a las interfaces adaptativas en el marco de la presente investigación .....	23
Figura 4.1 – Casos de uso del sistema.....	36
Figura 4.2 – Diagrama de flujo del proceso de aprendizaje adaptativo del sistema.....	39
Figura 4.3 – Diagrama del modelo genérico .....	44
Figura 5.1 – Vista del widget de Paletton Live Colorizer .....	47
Figura 5.2 – Selección de estructuras gráficas .....	48
Figura 6.1 – Promedio de perfiles de Inteligencias múltiples por grupo .....	52
Figura 6.2 – Perfiles individuales de inteligencias múltiples del grupo 1.....	52
Figura 6.3 – Perfiles individuales de inteligencias múltiples del grupo 2.....	52
Figura 6.4 – Perfiles individuales de inteligencias múltiples del grupo 3.....	52
Figura 6.5 – Promedio de perfiles de Estilos de aprendizaje por grupo.....	53
Figura 6.6 – Perfiles de Estilos de aprendizaje del grupo 1.....	54
Figura 6.7 – Perfiles de Estilos de aprendizaje del grupo 2.....	54
Figura 6.8 – Perfiles de Estilos de aprendizaje del grupo 3.....	55
Figura 6.9 – Perfil de Inteligencias múltiples y calificación obtenida por cada estudiante.....	56
Figura 6.10 – Perfil de Estilos de aprendizaje y calificación obtenida por cada estudiante.....	56
Figura 6.11 – Promedio de calificaciones por grupo.....	57
Figura 6.12 – Distribución de calificaciones por grupo y materia.....	58
Figura 6.13 – Opiniones generales sobre el ambiente de aprendizaje.....	61
Figuras 6.14 – Promedio de opiniones Grupo 1.....	61



Figuras 6.15 – Promedio de opiniones Grupo 2.....	61
Figuras 6.16 – Promedio de opiniones Grupo 3.....	61
Figura 6.17 – Opiniones por pregunta .....	62
Figura 6.18 – Porcentaje de opiniones por pregunta .....	63
Figura 6.19 – Calificaciones obtenidas por recurso elegido, divididas por materia, con porcentaje de elección de cada tipo de recurso .....	64
Figura 6.20 – Porcentaje de elección por recurso.....	65
Figura 6.21 – Porcentaje de elección de recurso recomendado.....	65
Figuras 6.22-23 – Estructuras gráficas 1 y 2.....	66
Figuras 6.24-25 – Estructuras gráficas 3 y 4.....	66
Figura 6.26 – Calificaciones por estructuras elegidas.....	67
Figura 6.27 – Calificaciones obtenidas por estructura seleccionada para cada materia	67
Figura 6.28 – Paletas de color elegidas por los estudiantes del grupo 1.....	69
Figura 6.29 – Paletas de color elegidas por los estudiantes del grupo 2.....	69
Figura 6.30 – Paletas de color elegidas por los estudiantes del grupo 3.....	70
Figura 6.31 – Paletas de color, opiniones, calificaciones y estructura gráfica seleccionada, ordenados por colores.....	72
Figura 6.32 – Estructura de paleta de colores con colores iniciales del sistema.....	73
Figura 6.33 – Paletas de color, opiniones, calificaciones y estructura gráfica seleccionada, ordenados por opiniones y calificaciones.....	74
Figura 6.34 – Paletas de color, inteligencias múltiples y estructura gráfica seleccionada, ordenados por inteligencias múltiples (iniciando por la Inteligencia espacial).....	75
Figura 6.35 – Paletas de color, estilos de aprendizaje y estructura gráfica seleccionada, ordenados por estilos de aprendizaje (iniciando por el estilo Visual - Verbal).....	77
Figura 6.36 – Interfaces gráficas generadas para el Grupo 1.....	79

Figura 6.37 – Interfaces gráficas generadas para el Grupo 2.....	80
Figura 6.38 – Interfaces gráficas generadas para el grupo 3.....	81

## **Lista de Tablas**

Tabla 3.1 – Cuadro comparativo de los autores relacionados en relación a su aportación a los distintos temas de interfaces adaptativas.....	30
Tabla 4.1 – Permisos del sistema por perfil de usuario.....	35
Tabla 6.1 – Cuestionario de opinión.....	60

## CONTENIDO

Resumen.....	6
Lista de Figuras.....	8
Lista de Tablas.....	11
Capítulo I. Introducción.....	14
Motivación.....	15
Objetivos Generales.....	16
Objetivos Particulares.....	16
Preguntas De Investigación.....	17
Descripción Global De Solución.....	17
Descripción Del Documento.....	18
Capítulo II. Marco Teórico.....	19
Objetivo.....	19
Introducción.....	19
Conceptos.....	22
Resumen.....	24
Capítulo III. Trabajo relacionado de Interfaces adaptativas.....	25
Antecedentes.....	25
Trabajo Relacionado.....	26
Discusión.....	34
Áreas De Oportunidad En Investigación.....	36
Capítulo IV. Sistema con Interfaces adaptativas para Ambientes de aprendizaje y entrenamiento..	38
Descripción De La Propuesta.....	38
Metodología De Desarrollo.....	44
Modelo Genérico.....	46
Dominio Y Materias Seleccionadas.....	48
Organización De Los Materiales Y Recursos Didácticos.....	48
Descripción Del Proceso.....	49
Evaluación Cuantitativa Y Cualitativa.....	52
Reflexión Sobre El Diseño Experimental.....	53
Presentación De Pruebas, Resultados Y Discusión.....	54
Reflexiones Del Capítulo.....	85
Capítulo VII. Conclusiones.....	88
Introducción.....	88

Aporte Computacional .....	88
Otras Conclusiones.....	89
Anexos.....	93
Anexo A – Diagrama de clases .....	93
Anexo B – Diagrama de componentes .....	94
Anexo C – Diagrama de entidad-relación .....	95
Anexo D – Diagrama de interacción global .....	96
Anexo E – Manual de operación de ambiente de aprendizaje.....	97
Anexo F – Algoritmo de recomendación de recursos de aprendizaje .....	105
Anexo H – Evaluación de Análisis y modelación de sistemas de software .....	110
Referencias .....	112

## **Capítulo I. Introducción**

La falta de comprensión y familiaridad con un sistema limita la experiencia del usuario e incluso puede imposibilitar el uso del mismo.

Los sistemas computacionales abarcan gran parte de la vida diaria de un porcentaje cada vez mayor de la población mundial. Esto implica que el perfil de usuario de un sistema determinado sea más variado que nunca, abarcando cada vez más rangos de edades, nacionalidades, niveles socioeconómicos, etc.

Al tener usuarios con características tan diversas, la usabilidad se ha convertido en un concepto fundamental en el desarrollo de un sistema si se desea asegurar su correcta adopción y operación por un público genérico. Sin embargo, a pesar del desarrollo que ha existido en el campo de la usabilidad, existe una gran disparidad entre grupos demográficos al adoptar un sistema nuevo. De esto se deriva la necesidad de generar un nuevo concepto de usabilidad que tome en cuenta el perfil individual de cada usuario. Esta usabilidad debe ser dinámica y cambiante para ser efectiva para usuarios de todo tipo.

En el entorno del aprendizaje en línea la usabilidad y la experiencia del usuario son de particular importancia. Nuevas generaciones tienen nuevas necesidades en el proceso de aprendizaje, para optimizar el proceso de aprendizaje el estudiante debe contar con una plataforma fácil de entender y que mejore su disposición y estado anímico. Con este fin el proceso de aprendizaje del estudiante también se ve beneficiado si la plataforma presenta materiales didácticos que se alineen con su perfil individual en cuestión de estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples.

## MOTIVACIÓN

Esta investigación nace de dos grandes intereses del autor: el primero es el conocimiento y comprensión que un sistema pueda tener de su usuario final de manera individual. Este conocimiento tiene el potencial de maximizar la eficiencia de la interacción humano-computadora, debido a que, si todo usuario puede interactuar con un sistema que conoce sus fortalezas y deficiencias, en lugar de un sistema genérico, la curva de aprendizaje del sistema se reduciría dramáticamente.

El segundo interés del autor se centra en la optimización de la experiencia del usuario como una parte fundamental del desarrollo de software. Este interés tiene su origen en la experiencia profesional del autor, que lo llevó a desarrollar software en colaboración con un equipo de diseño gráfico. Gracias a esta experiencia fue capaz de identificar la ruptura que existe entre la manera de pensar de un diseñador gráfico, ocupado primordialmente por proporcionar una experiencia estética al usuario, y un desarrollador de software, dedicado a entregar un sistema funcional y sin errores. En la conciliación de estas dos mentalidades es donde se encuentra el verdadero desarrollo de experiencias de usuario. El autor observó que, al mantener presentes ambos puntos de vista, la percepción de los usuarios del sistema desarrollado mejoraba considerablemente. Fue entonces que concluyó que la experiencia del usuario debe ocupar un lugar central en todas las etapas del desarrollo de software.

El principal interés es en la experiencia de usuario como un problema de optimización de la productividad humana. Es parte de una investigación de sistemas predictivos que sean capaces de prever las acciones y necesidades del usuario para reducir tanto el tiempo dedicado a cualquier tarea, como el porcentaje de error que pueda haber en la ejecución de la misma.

## OBJETIVOS GENERALES

- Diseñar una metodología de desarrollo de interfaces adaptativas que permita aplicar este concepto a cualquier sistema de software para optimizar la usabilidad y la experiencia individual del usuario
- Optimizar la experiencia de usuario en un ambiente de aprendizaje virtual por medio de la adaptabilidad en la forma (interfaz gráfica de usuario) y el fondo (recursos de aprendizaje) de la plataforma de enseñanza. Al mejorar la usabilidad del sistema de manera individual a partir del perfil de cada estudiante se busca personalizar el proceso de enseñanza y de esa manera mejorar la comprensión y retención del material didáctico

## OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la interfaz inicial de un sistema de aprendizaje en línea de acuerdo a las características personales del estudiante
- Clasificar los componentes gráficos de un sistema que deben transformarse para mejorar la experiencia del usuario
- Elaborar un modelo de usuario de interfaces adaptativas
- Recolectar preferencias individuales de los usuarios sobre propiedades de la interfaz gráfica
- Relacionar las preferencias observadas con los perfiles de los participantes para generar una tipificación de interfaces gráficas a partir del modelo de usuario



- Implementar un sistema de aprendizaje en línea con una estructura adaptativa que sea capaz de variar su interfaz y recursos de aprendizaje a partir del perfil y las preferencias del estudiante
- Identificar qué tipos de materiales son más adecuados para el proceso de aprendizaje de acuerdo al perfil de cada estudiante

#### PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Mejora el desempeño de los estudiantes con la personalización de la interfaz de gráfica de un ambiente de aprendizaje?
- ¿Mejora la experiencia de usuario con la personalización de la interfaz gráfica de un ambiente de aprendizaje?
- ¿Existe una relación directa entre las preferencias de un usuario y sus perfiles de Inteligencias múltiples y Estilos de aprendizaje?
- ¿Ayudan las recomendaciones de recursos a los alumnos?

#### DESCRIPCIÓN GLOBAL DE SOLUCIÓN

En respuesta a las preguntas de investigación, se plantea la siguiente solución: elaborar un ambiente digital de aprendizaje, el cual permita que el estudiante, tras llenar un cuestionario para determinar sus perfiles de Inteligencias múltiples y Estilos de aprendizaje, personalice la interfaz gráfica con la que va a interactuar durante el proceso de aprendizaje y evaluación. Este sistema está habilitado para desplegar diversos tipos de recursos de aprendizaje, los cuales se recomiendan al estudiante a partir de su perfil individual. Por medio de una

evaluación cuantitativa y una cualitativa, el sistema registra la información sobre los perfiles, preferencias, desempeño y opiniones de los estudiantes.

## DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO

Esta tesis está organizada de la siguiente manera: El capítulo II trata del estado del arte en el tema de interfaces adaptativas. En él se describen los conceptos y aportaciones relevantes al tema. El capítulo III se enfoca en estudios recientes que se encuentren directamente relacionados con la propuesta de la presente investigación, cuenta con un análisis comparativo que culmina con una descripción de las áreas de oportunidad que esta investigación busca aprovechar. En el capítulo IV se detalla la propuesta de investigación, el proceso de diseño y desarrollo y la metodología utilizada. El capítulo V presenta el diseño experimental de la propuesta, en el que se describe la prueba, el tamaño y características de la muestra de participantes y el flujo del sistema utilizado por los participantes. En el capítulo VI se muestran los resultados obtenidos en la prueba, sus relaciones, observaciones relevantes y discusión general sobre los mismos. Finalmente, el capítulo VII contiene las conclusiones de la investigación, la aportación computacional de la propuesta y el trabajo futuro.

## Capítulo II. Marco Teórico

### OBJETIVO

Brindar los elementos y conceptos teóricos que son necesarios para entender el planteamiento de esta tesis.

### INTRODUCCIÓN

La usabilidad se refiere a la combinación de factores que determinan la calidad de la experiencia del usuario al momento de interactuar con un producto o sistema. La importancia de la experiencia del usuario va en aumento, ya que el porcentaje de la población que interactúa de manera constante con sistemas de software ha ido incrementando de manera dramática. Debido a que los usuarios de un sistema son cada vez más variados en cuanto a sus características demográficas y su experiencia previa, resulta imposible establecer parámetros comunes entre todos ellos. Aunado a esto, los sistemas de cómputo personal ofrecen un creciente número de opciones de personalización, lo que resulta en sistemas individualizados. Es por esto que las generalizaciones estadísticas de las que hace uso la usabilidad tradicional resultan poco aplicables en un entorno que es cada vez más variado y más personalizado.

El diseño de sistemas adaptativos ha sido trabajado extensivamente por un gran número de autores. En este trabajo previo se identifican cuatro líneas principales de desarrollo: la primera busca realizar análisis de usabilidad integral, la segunda propone un despliegue incremental de los elementos en una interfaz, el tercero da al usuario control

absoluto para modificar la interfaz y el cuarto contempla la adaptación automática de la interfaz.

Los análisis de usabilidad más comprehensivos se han llevado a cabo de distintas maneras. (Frick, Elder, Hebb, Wang, & Yoon, 2005) proponen un modelo adaptativo basado en modelos de decisión bayesianos con el que buscan determinar cuáles son los parámetros más importantes a considerar al momento de hacer una prueba de usabilidad debido a que el número de elementos que pueden evaluarse en un sistema es muy elevado y hacer un análisis de usabilidad considerando todos esos elementos sería extremadamente complejo. Los autores proponen que hay un conjunto reducido de elementos que, por su relevancia en el sistema específico que se va a analizar, dan un panorama completo del sistema en términos de usabilidad. El trabajo de (Khan & Sahai, 2012) presenta una alternativa similar. Estos autores proponen una lista de conceptos de calidad y usabilidad en sistemas de comercio electrónico y utilizan un modelo de redes neuronales para seleccionar los conceptos más relevantes para la usabilidad del sistema de que existen dentro de esta lista. (Reinecke & Bernstein, 2011) exploran este concepto desde una perspectiva diferente. Su planteamiento es que no existe un concepto global de usabilidad y estética en interfaces de usuarios, sino que éstos dependen del contexto cultural del usuario. Para abordar este problema se propone un modelo de sistemas culturalmente adaptativos que generan interfaces personalizadas que corresponden con las preferencias culturales. Para fundamentar su hipótesis los autores realizan pruebas con estos sistemas en las que se puede percibir un desempeño considerablemente mejor de los usuarios al trabajar en los sistemas culturalmente adaptados.

El despliegue incremental de interfaces propuesto por (Brusilovsky & Schwarz, 1997) se basa en el nivel de experiencia del usuario del sistema, los usuarios con menos experiencia reciben una interfaz simplificada en la que no aparecen opciones avanzadas de uso, al irse

familiarizando con el sistema estos elementos van apareciendo de manera gradual, “educando” al usuario en su uso.

El control del usuario sobre la interfaz puede entenderse desde el tipo de usuario que la controlará. (Andreyev, 2012) da este control al usuario final del sistema, en su planteamiento de “movilidad total” el usuario puede mover cualquiera de los elementos presentes en la interfaz, cambiándolos de lugar, cambiando su tamaño o eliminándolos para producir la interfaz que más se ajuste a sus necesidades en ese momento. En el caso de (Akiki, Bandara, & Yu, 2013), el control se le otorga al usuario que administra el sistema, de manera que pueda generar y modificar las interfaces y los permisos de uso que se le entregarán a cada uno de los demás usuarios del sistema de acuerdo a su nivel de experiencia y su rol dentro del sistema.

También está el tema de las adaptaciones automáticas de la interfaz de usuario. Esto se ha hecho principalmente de manera dirigida, es decir, modificando elementos específicos de la interfaz para mantener acotada la complejidad. Un ejemplo de estas modificaciones dirigidas puede verse en el artículo de (Troiano & Birtolo, 2014), que presenta una metodología para resolver dos problemas gráficos de la interfaz de usuario: la distribución de elementos en un menú de múltiples niveles de profundidad y la selección de colores para mejorar la legibilidad y el contraste entre elementos. Ambos problemas los resuelve haciendo uso de algoritmos genéticos que a su vez procesan las características gráficas del sistema como variables matemáticas. (Quiroz, 2007), por el otro lado, plantea en su tesis modificaciones completas de la interfaz de usuario que se realizan por medio del uso de algoritmos genéticos interactivos, que van evolucionando interfaces de manera constante y periódicamente le muestran las opciones generadas al usuario para que éste escoja la que más le agrade. Una vez que el usuario ha elegido la mejor de las interfaces presentadas esa opción

se vuelve el candidato más fuerte, lo que se toma en consideración para la siguiente generación.

Por último, el tema de interfaces adaptativas ha adquirido una nueva faceta en el entorno del aprendizaje en línea, tal como plantean (Kolekar, Pai, & Pai, 2015), en el que tanto la interfaz como los contenidos deben adaptarse al perfil individual del estudiante de manera que se adapten lo más posible a su proceso de aprendizaje único, afectando así el proceso de aprendizaje de manera positiva. Esta personalización, de acuerdo con los autores, debe partir del perfil de aprendizaje del estudiante de acuerdo al modelo Felder-Silverman (Felder & Silverman, 1988). Es posible profundizar más en esta adaptabilidad al trabajar con los perfiles integrados del estudiante propuestos por (Noguez, Escárcega, & Escobar, 2015), que integran las dimensiones de Inteligencias múltiples, de Garner, y de auto-regulación para obtener un panorama más completo del perfil del estudiante.

Para una mejor comprensión de esta tesis, a continuación se describen brevemente algunos de los conceptos más relevantes que se utilizan a lo largo de este trabajo de investigación.

## CONCEPTOS

- Interacción humano-computadora (HCI por sus siglas en inglés) – es el estudio de la forma en que la tecnología computacional influencia el trabajo y las actividades humanas. Tiene asociada una disciplina de diseño, comúnmente llamada *Diseño de interacción* o *Diseño centrado en el usuario*, enfocada en el diseño de tecnología

computacional de manera que sea tan fácil y placentera de usar como sea posible. Un aspecto central de esta disciplina de diseño es la noción de *usabilidad*. (Dix, 2009)

- Usabilidad – Existen diversas definiciones de usabilidad. (HCI Glossary, 2014) proporciona tres definiciones: a) La capacidad de un producto de software de ser comprendido, aprendido, utilizado y atractivo para el usuario al ser empleado bajo condiciones específicas; b) El grado hasta el cual un producto puede ser utilizado por usuarios determinados para lograr metas específicas con efectividad, eficiencia y satisfacción en el contexto de uso especificado, (Accessibility and Usability at MIT, 2016) a su vez extiende esta definición indicando que la usabilidad es también una medida de la satisfacción del usuario con el proceso de uso de un producto; c) Conjunto de atributos enfocados en el esfuerzo requerido para el uso y la evaluación individual de dicho uso, por un conjunto de usuarios fijo o implícito.
- Experiencia del Usuario (UX) – se enfoca en tener un entendimiento profundo de los usuarios, lo que necesitan, lo que valoran, sus habilidades, sus limitaciones y sus metas y objetivos con el sistema. (Usability.gov, 2014)
- Interfaz de Usuario – una interfaz que permite el paso de la información entre un usuario humano y los componentes de hardware o software de un sistema computacional. (HCI Glossary, 2014)
- Interfaz Adaptativa – artefacto de software que mejora su habilidad para interactuar con un usuario por medio de la construcción de un modelo del usuario basado en la experiencia parcial con ese usuario (Langley, 1999)

- Interfaz Adaptable – la habilidad de una interfaz gráfica de usuario de realizar cambios sobre sí misma a partir de una acción iniciada por el usuario por medio de la cual indica sus preferencias de interacción (Motti & Vanderdonckt, 2013)
- Estilos de aprendizaje – combinación de características cognitivas, efectivas y psicológicas que indican la forma de procesar, aprehender, comprender y percibir del estudiante respecto a los contenidos de un curso (Kolekar, Sanjeevi, & Bormane, 2011)
- Inteligencias múltiples – visión multifacética de la mente que distingue diversas facetas de cognición, reconociendo que la gente tiene distintas fortalezas cognitivas y estilos de cognición contrastantes (Gardner, 1993)

## RESUMEN

Este capítulo trata de los conceptos más relevantes de la usabilidad, el trabajo de investigación e implementación que se ha realizado sobre la adaptabilidad y personalización de la interfaz del usuario y, finalmente, de cómo todo estos temas encuentran una aplicación directa en la enseñanza en línea (E-Learning), de manera que es posible mejorar el proceso de aprendizaje en línea de un estudiante si el ambiente de aprendizaje le presenta interfaces y contenidos que estén alineados con su perfil individual.



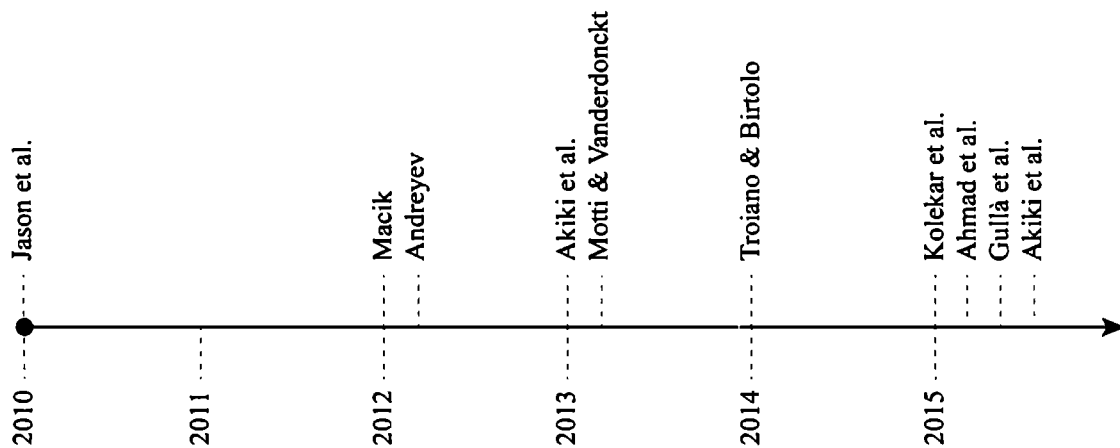
### **Capítulo III. Trabajo relacionado de Interfaces adaptativas**

#### **ANTECEDENTES**

Los avances en sistemas de cómputo, la popularización de los dispositivos móviles de cómputo y la reducción en los precios de ambos han traído consigo una heterogeneidad nunca antes vista en los entornos y usuarios con los que debe interactuar un sistema. Esta heterogeneidad ha ocasionado que tengan que reconsiderarse los conceptos de usabilidad y experiencia de usuario, ya que con el universo de posibilidades existente resulta imposible planificar y diseñar un sistema que sea fácil de usar y proporcione una experiencia familiar y grata para usuarios tan distintos en contextos tan variados.

El principal punto de interacción de un usuario con un sistema es la interfaz gráfica de usuario, por lo que para mejorar la usabilidad y la experiencia del usuario con el sistema es necesario que esta interfaz resulte lo más atractiva, simple y familiar posible, al tiempo que apela a sus habilidades y no le da más indicaciones o pasos de los que son necesarios para completar una tarea. Estos sistemas interactúan con usuarios de distintos niveles de competencia técnica, experiencia al igual que con distintos contextos de uso, que van del uso dedicado de una computadora de escritorio, al uso distraído de un teléfono inteligente. Estas condiciones llevan a que la única manera de que un sistema funcione adecuadamente para todos los casos de uso resultantes de la diversidad planteada de usuarios y contextos es que la interfaz gráfica del usuario sea adaptativa, es decir, que la interfaz varíe de acuerdo al tipo de usuario y contexto específico en que se está utilizando.

Del análisis del estado del arte y del trabajo relacionado se han identificado trabajos importantes cuyo aporte puede valorarse en una línea de tiempo. En la figura 3.1 se muestran los autores que han brindado un aporte en la evolución de las interfaces adaptativas.



**Fig. 3.1 – Línea de tiempo de autores con aportaciones relevantes a las interfaces adaptativas en el marco de la presente investigación**

A continuación, se presenta una selección de distintos trabajos recientes que han trabajado este tema desde distintas perspectivas.

#### TRABAJO RELACIONADO

- 2010

(Jason, Calitz, & Greyling, 2010) trabajan sobre un modelo de interfaces de usuario adaptativas que lleva al usuario de una “interfaz para novatos” a una “interfaz para expertos” para proporcionarle un proceso de familiarización y aprendizaje con el sistema, de manera que, una vez que haya aprendido a usarlo, pueda utilizar una versión más avanzada que le

permita realizar las mismas tareas en un menor número de pasos. Este trabajo incluye un proceso de interfaces de usuario inteligentes para determinar la interfaz inicial a partir de un modelo de metas e interacción del usuario. La validación de los ejercicios fue muy rigurosa y pudo comprobarse la relevancia de este estudio. El siguiente paso para poder aplicar el modelo a una gama más amplia de situaciones y sistemas es aumentar la complejidad del modelo del usuario, de manera que no esté limitado únicamente a usuarios novatos y expertos, sino que se realice sobre un perfil más completo e individualizado del usuario del sistema.

- 2012

(Macik, 2012) señala la necesidad de tener interfaces de usuario que se adapten a las habilidades particulares de cada usuario. Estas habilidades, según menciona, pueden ser permanentes o temporales, ya que un accidente o problema médico puede ocasionar un cambio temporal en las habilidades de un usuario y la interfaz de usuario debe ser capaz de ajustarse a estas nuevas habilidades. Asimismo, da los lineamientos de una plataforma para generar interfaces de usuario que se adapten al modelo de contexto, que toma en cuenta el modelo del usuario, el modelo del entorno, el modelo del dispositivo y las tecnologías de accesibilidad. Su sistema se centra principalmente en las propiedades de: tamaño de tipografía, espaciado entre elementos, tamaño de las áreas interactivas y grosor de líneas. Este artículo funciona como una prueba de concepto, en la que confirma que el realizar adaptaciones a la interfaz de acuerdo a características específicas del usuario tiene efectos positivos en la experiencia del usuario del sistema. No obstante, el estudio que presentan es muy limitado en su campo y alcance, ya que prueba con una variación muy controlada entre

los usuarios (que usen o no lentes), y aplica la adaptación de la interfaz a un conjunto limitado de propiedades.

En su artículo sobre movilidad absoluta en interfaces de usuario, (Andreyev, 2012) propone un cambio en el paradigma de las interfaces de usuario. El planteamiento central establece que los diseñadores y desarrolladores de un sistema de cómputo sólo son capaces de generar interfaces que resulten intuitivas y eficientes para un “usuario promedio”, pero en realidad son incapaces de conocer las preferencias y necesidades específicas de cada uno de los usuarios que tendrá este sistema. Es por esto que el autor sugiere que para lograr un desarrollo basado en el usuario las interfaces deben ser absolutamente personalizables. El sistema propuesto da control absoluto al usuario sobre la distribución y la información desplegada en la interfaz estándar del sistema, dándole la libertad de mover, cambiar el tamaño o eliminar cualquiera de los componentes que se encuentren en ella. Esta propuesta se basa únicamente en las preferencias del usuario, lo que provoca que se pierda cualquier optimización automática por parte del sistema. Esto también hace imposible generar un modelo completo del usuario del sistema que permita una mejora continua de las interfaces del mismo.

- 2013

La Simplificación de la Interfaz de Usuario basada en Roles (RBUIS por sus siglas en inglés) descrita por (Akiki, Bandara, & Yu, 2013) es un método de implementación de interfaces adaptativas basado en la arquitectura CEDAR. El fundamento para esta metodología es que la complejidad de los sistemas de software tiende a irse incrementando en cada actualización

que se le hace, generando una “saturación” de funcionalidad que generalmente tiende a impactar negativamente la usabilidad del sistema. Dado que un usuario de estos sistemas complejos rara vez tiene la necesidad de hacer uso de toda la funcionalidad de los mismos, este método propone una optimización de la usabilidad de estos sistemas por medio de la simplificación de la interfaz de usuario de acuerdo al contexto de uso (usuario, plataforma y entorno) determinado. Esta simplificación se logra por medio de dos acciones concretas: la minimización del conjunto de funcionalidades y la optimización de la disposición de elementos en la interfaz. Los roles de usuario determinan la manera en que se dará esta simplificación de la interfaz. Para generarse, toman en cuenta la experiencia técnica del usuario, la manera en que usará el sistema (administrador, contador, vendedor, etc.) y las tareas específicas que realizará en el sistema. La propuesta de este estudio resulta muy útil y aplicable, presenta una forma simplificada y replicable de hacer interfaces adaptativas para diferentes tipos de usuario. El siguiente paso para este modelo es lograr una mayor generalización, incluyendo perfiles de usuario complejos y multidimensionales, en lugar de quedarse con roles preestablecidos y bien delimitados como los que plantea.

(Motti & Vanderdonckt, 2013) dan las especificaciones de un modelo genérico de adaptación de interfaces de usuario con conciencia del contexto. En su análisis, los usuarios, al igual que las circunstancias de uso de un sistema, son completamente heterogéneas y es imposible diseñar un sistema que logre satisfacer todas las necesidades que puedan surgir. Su modelo se basa en un conocimiento del contexto para adaptar ciertas propiedades de un sistema interactivo para mejorar la interacción del usuario, ya sea por adaptabilidad (iniciada por el usuario) o por adaptatividad (realizada por el sistema). El modelo se basa en un meta-modelo,

un marco de referencia y un espacio de diseño, planteados de tal manera que el modelo es completamente genérico y puede aplicarse a cualquier dominio o tecnología como parte del proceso de desarrollo. Lo interesante del concepto de este artículo es que su intención es proporcionar una herramienta para los desarrolladores de sistemas de software para que puedan agregar interfaces adaptativas a su proceso de desarrollo por medio de un proceso comprobado. Únicamente faltaría probar si los lineamientos establecidos pueden generalizarse a distintos tipos de desarrollo.

- 2014

Para (Troiano & Birtolo, 2014) el diseño generativo basado en meta-heurísticas puede ayudar a optimizar el trabajo de un diseñador de interfaces, dejando a éste el aspecto creativo de la interfaz mientras el algoritmo generativo se encarga de optimizarlo en términos de funcionalidad. Para sustentar esta premisa, el artículo se enfoca en dos problemáticas específicas que se presentan en las interfaces de usuario: la distribución de los menús funcionales de un sistema y el contraste de colores que debe existir en una interfaz para permitir la lectura a usuarios con distintos grados de daltonismo. El estudio de los autores, aunque limitado en su enfoque, proporciona un modelo completo para la generación automática de menús de navegación y la selección automática de colores de los elementos y el texto de una interfaz de usuario. Esto provee un paso importante para el desarrollo de interfaces inteligentes, que sean generadas automáticamente. Sin embargo, en este artículo no se trata el tema de las preferencias o el perfil del usuario individual.

- 2015

(Kolekar, Pai, & Pai, 2015) plantean un sistema de aprendizaje en línea basado en arquitecturas distribuidas de Cloud Computing. Este sistema genera componentes de la interfaz gráfica a partir del estilo de aprendizaje particular del estudiante, de acuerdo al modelo de Estilos de aprendizaje de Felder-Silverman (Felder & Silverman, 1988) para crear un ambiente de aprendizaje personalizado para el estudiante. Este artículo es el más cercano a la investigación propuesta en esta tesis. Sin embargo, existen factores que pueden mejorarse. El artículo se centra más en la arquitectura del sistema basado en cómputo en la nube (Cloud Computing) que en el proceso del estudiante. Al igual, este artículo plantea una clasificación automática de los estilos de aprendizaje del usuario de la plataforma a través de su historial de uso de los recursos, cuando existen métodos más precisos para determinar esto, como se detalla en (Noguez, Escárcega, & Escobar, 2015).

(Ahmad, Rahman, Umar, & Khan, 2015) presentan un sistema de generación automatizada de interfaces gráficas a partir de indicaciones proporcionadas por el usuario, tales como el número de botones que son requeridos, campos de texto, etc. Siguiendo las reglas de oro de Mandel para el diseño de interfaces, el sistema acomoda todos estos elementos y genera la interfaz gráfica resultante. Entre las características del sistema cabe destacar la imitación de interfaces existentes, por medio de la cual el usuario sube una fotografía de la interfaz que desea copiar, el sistema la escanea y genera una interfaz con las mismas características. La propuesta de este artículo se acerca a nivel conceptual a la de esta investigación. La idea de tomar como punto de partida las preferencias del usuario y un conjunto de reglas comprobadas para el desarrollo de las interfaces de usuario tiene mucha similitud con el

planteamiento de esta tesis. Sin embargo, el sistema desarrollado se enfoca en la generación automática de interfaces de usuario, aunque el artículo no muestra ninguna de las interfaces generadas ni profundiza en las opiniones de los usuarios que interactuaron con las mismas.

El modelo de (Gullà, Cavalieri, Ceccacci, Germani, & Bevilacqua, 2015) delinea la construcción de un sistema de interfaces adaptativas y adaptables para un espacio doméstico. Se destaca la importancia de la complementación entre el aspecto adaptable, que se enfoca en las características y preferencias del usuario que se definen antes de su interacción con el sistema, y el adaptativo, que trata de sistemas que pueden alterar aspectos de su estructura o funcionalidad para satisfacer las necesidades del usuario y su cambio a través del tiempo. La adaptabilidad de este sistema se logra al proporcionar opciones de personalización al usuario, mientras que la parte adaptativa depende de un conocimiento del usuario y su interacción con el sistema. Tanto el aprendizaje como la predicción de los mismos utilizan modelos de redes Bayesianas. El modelo presentado por los autores es muy completo e integral, contempla adaptabilidad, adaptatividad realizada por un motor de redes Bayesianas y modelos de uso (usuario, entorno e interacción). No obstante, el artículo menciona en la conclusión que este modelo aún debe probarse con usuarios externos para validar su relevancia.

(Akiki, Bandara, & Yu, 2015) realizan un estudio exhaustivo del estado del arte sobre interfaces adaptativas en el que menciona que las interfaces funcionan como puentes entre un usuario y la funcionalidad de un sistema, y que sin importar cuán robusto sea el sistema en cuestión, una interfaz de usuario mal planificada puede significarle caer en desuso. Siguiendo



este planteamiento se hace mención de que no existe una interfaz de usuario ideal y universal, sino que ésta siempre debe tomar el contexto de uso, que es una terna compuesta por el usuario, la plataforma y el entorno y debería ser capaz de adaptarse a dicho contexto de uso, de manera que sea la interfaz la que se adapta al usuario y no lo contrario. Al final de su estudio, los autores concluyen que, a pesar de que existen un gran y muy variado número de soluciones y prototipos de interfaces adaptativas, ninguna de éstas satisface el conjunto entero de criterios que, en su opinión, resultan indispensables para generar interfaces adaptativas que puedan implementarse en sistemas comerciales de mayor complejidad.

**Tabla 3.1 – Cuadro comparativo de los autores relacionados en relación a su aportación a los distintos temas de interfaces adaptativas**

Autores	Interfaces Adaptativas	Interfaces Adaptables	Perfiles de usuario	Preferencias	Tipo de modelo
(Jason, Calitz, & Greyling, 2010)	Dos niveles de complejidad de la interfaz, de acuerdo al nivel de experiencia del usuario	NA	Dos tipos de usuarios: novatos y expertos	NA	Adaptatividad de acuerdo a habilidad
(Macik, 2012)	Ajuste automático de propiedades para usuarios con discapacidades y entorno de uso	NE	Modelo del usuario de acuerdo a , discapacidad	Selección de valores ideales de parámetros para generación de modelo de usuario	Tecnología asistiva generada a partir de un modelo de usuario y un modelo de contexto
(Andreyev, 2012)	NA	El usuario tiene control total sobre los elementos de la interfaz	NA	El usuario modifica todos los elementos de la interfaz para adaptarla a sus necesidades	Personalización absoluta de la interfaz de usuario
(Akiki, Bandara, & Yu, 2013)	Comportamiento adaptativo por medio de una distribución óptima de la interfaz de usuario	NA	Roles de usuario del sistema para determinar la simplificación de la interfaz	NA	Simplificación de la interfaz de usuario de acuerdo al contexto de uso
(Motti & Vanderdonckt, 2013)	Nivel de autonomía adaptativo. Cambios iniciados por el sistema o un tercero realizados de manera automática	Nivel de autonomía adaptable descrito en el modelo, pero no especificado en el caso de estudio	Parte del marco de referencia del modelo. En el caso de estudio se usan perfiles definidos de usuarios de un sistema con	NA	Marco para agregar adaptación al desarrollo de un sistema mediante un meta-modelo, un marco de referencia y un espacio de diseño conscientes del contexto

(Troiano & Birtolo, 2014)	Generación automática de menús de navegación y selección automática de paletas de color	NA	distintos niveles de experiencia y discapacidades Análisis de usuarios previo para identificar potenciales usuarios y sus necesidades	NA	Diseño generativo por medio de meta-heurísticas y algoritmos genéticos para interfaces de usuario
(Kolekar, Pai, & Pai, 2015)	Los componentes de la interfaz de usuario se generan de acuerdo a los estilos y perfiles de aprendizaje	NA	Estilos de aprendizaje de (Felder & Silverman, 1988)	NA	Plataforma de aprendizaje en línea con interfaces adaptativas basadas en Estilos de aprendizaje
(Ahmad, Rahman, Umar, & Khan, 2015)	Generación automática de elementos de la interfaz de usuario	NA	NA	NA	Sistema de generación de interfaces a partir de indicaciones del diseñador y lineamientos generales de diseño
(Gullà, Cavaliere, Ceccacci, Germani, & Bevilacqua, 2015)	Aprendizaje y predicción de acciones del usuario por medio de redes Bayesianas. El sistema se adapta de acuerdo al perfil de uso	El usuario ajusta propiedades al inicio de la interacción, estos ajustes se registran para la siguiente interacción	Modelo del usuario particular, tomando en cuenta su contexto, preferencias, discapacidades y necesidades	Se registran las características y preferencias del usuario en la primera interacción	Interfaces adaptativas y adaptables en entornos domésticos, con aprendizaje del usuario por redes Bayesianas
(Akiki, Bandara, & Yu, 2015)	Una interfaz adaptativa debe tener consciencia del contexto, auto-configuración, auto-optimización y retroalimentación	NA	Modelo cultural del usuario para adaptar la interfaz de acuerdo a reglas predefinidas de preferencias culturales	NA	Recopilación de estado del arte de interfaces adaptativas. Propuesta de ingeniería basada en modelos como posible solución

NE – No especificado

NA – No aplica

## DISCUSIÓN

En los trabajos relacionados descritos anteriormente se presentan varios conceptos relevantes para un modelo de interfaces adaptativas. Probablemente el más relevante viene de la distinción entre adaptabilidad y adaptatividad, el primero como toda adaptación realizada por el usuario del sistema, en otras palabras, sus ajustes de personalización del sistema; y el segundo haciendo referencia al proceso automático de transformación de la interfaz de usuario por parte del sistema con miras a mejorar la experiencia del usuario. Estos dos tipos

de modificaciones son necesarios para desarrollar una interfaz verdaderamente adaptativa. Es indispensable que la interfaz se transforme para optimizar la experiencia del usuario particular, pero para que esto pase es necesario que esta interfaz tenga información sobre el usuario, tanto la explícita, que viene de sus preferencias y ajustes sobre el sistema, como la información implícita del usuario, aquella que proviene del perfil personal del usuario.

El segundo tema más relevante, en términos de la presente investigación, es el del modelo de uso del sistema, que incluye el modelo del usuario y el modelo del contexto. El modelo del contexto se mantiene estable entre los distintos autores y se refiere a tres aspectos de la interacción con el sistema: el ambiente físico en que se está interactuando con el sistema, el dispositivo desde el que se está accediendo al sistema y la tarea que se busca realizar en el sistema. En cuanto al modelo del usuario existen distintos enfoques en los diversos artículos: algunos autores simplifican los posibles perfiles de un usuario de manera que quepan en definiciones simples como “principiante” y “experto” o “administrador”, “contador” y “vendedor”; mientras que otros trabajan con perfiles más complejos, ya sea basados en modelos más detallados (estilos de aprendizaje de Felder-Silverman), en habilidades/discapacidades personales; y otros no se basan en ningún modelo existente, sino que miden al usuario de manera individual de acuerdo a sus preferencias e interacción con el sistema. Ambos modelos van unidos a los conceptos de adaptabilidad y adaptatividad descritos anteriormente.

En las investigaciones realizadas, los autores proponen diversos mecanismos y modalidades de adaptación, cada una atacando un problema o sector específico y siguiendo procesos y arquitecturas completamente diferentes. Sin embargo, para generar una interfaz adaptativa que realmente sea útil de manera individual para todo tipo de usuarios es necesario

combinar y condensar todos estos modelos, eliminar todos los procedimientos y adaptaciones que no hayan demostrado ser valiosos, unificar el modelo del usuario y recolectar más información cualitativa y cuantitativa sobre los distintos usuarios del sistema. Como mencionan (Akiki, Bandara, & Yu, 2015) en sus conclusiones, ninguno de los prototipos o soluciones propuestas hasta este momento satisface el conjunto entero de criterios que resultan indispensables para generar interfaces adaptativas genéricas y aplicables a sistemas comerciales.

## ÁREAS DE OPORTUNIDAD EN INVESTIGACIÓN

A pesar de su gran relevancia en el entorno actual de uso de sistemas, aún queda mucho por hacer para lograr llegar a una metodología genérica de interfaces adaptativas que pueda aplicarse a todo tipo de sistemas. De la misma manera, queda mucho por hacer en términos de generar un perfil delimitado más completo del usuario, para así poder generalizar factores compartidos por usuarios que compartan similitudes, al mismo tiempo que el perfil del usuario se hace lo más individual posible.

Aunado a esto, existe también la necesidad de recolectar datos más completos de los usuarios de sistemas de este tipo, tanto cualitativos como cuantitativos. Para que estos datos resulten útiles es necesario que el perfil del usuario y su meta dentro del sistema se encuentren lo mejor definido posible, para así poder usarlos para sacar conclusiones que informen sobre la dirección que deben tomar las interfaces adaptativas.

Existe una enorme área de oportunidad específicamente en la aplicación de interfaces adaptativas en sistemas de aprendizaje en línea. Se han realizado varios estudios en torno a

esto, no obstante, sus resultados no han sido generalizables dado que los perfiles de usuario de los estudiantes que se han utilizado no están bien definidos y las actividades y metas que deben realizar no se prestan a un estudio cuantitativo y cualitativo del proceso de aprendizaje del estudiante.

## **Capítulo IV. Sistema con Interfaces adaptativas para Ambientes de aprendizaje y entrenamiento**

### DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Se desarrolló un sistema de administración del aprendizaje (Learning Management System o LMS) cuyo propósito es proporcionar una experiencia individualizada para cada alumno. El sistema toma en cuenta las preferencias del alumno, así como su perfil de aprendizaje, que se basa en dos estudios independientes de la personalidad: Inteligencias múltiples (Gardner, 1993) y Estilos de aprendizaje (Felder & Silverman, 1988) para generar la interfaz gráfica y la recomendación de recursos de aprendizaje con los que el estudiante interactúa en su proceso de aprendizaje en línea. Por medio de esta individualización de la forma y el fondo del sistema se busca optimizar la experiencia del usuario y brindarle una usabilidad personalizada.

El sistema de administración del aprendizaje está construido alrededor de tres perfiles de usuario: estudiantes, profesores y administradores. Un usuario puede tener más de un perfil, es decir, un usuario puede ser estudiante en algunas grupos y profesor en otros. Los permisos varían entre estos perfiles de la siguiente manera:

**Tabla 4.1 – Permisos del sistema por perfil de usuario**

	Modificar contraseña	Acceder a clase	Consultar y modificar materiales de clase	Consultar y editar estudiantes en el grupo	Altas, bajas y cambios de usuarios	Altas, bajas y cambios de grupos	Altas, bajas y cambios de periodos	Altas, bajas y cambios de materias	Altas, bajas y cambios de departamentos
Estudiante	X	X							
Profesor	X		X	X					
Administrador	X		X	X	X	X	X	X	X

La funcionalidad del sistema se muestra en la figura 4.1 y se describe a continuación:

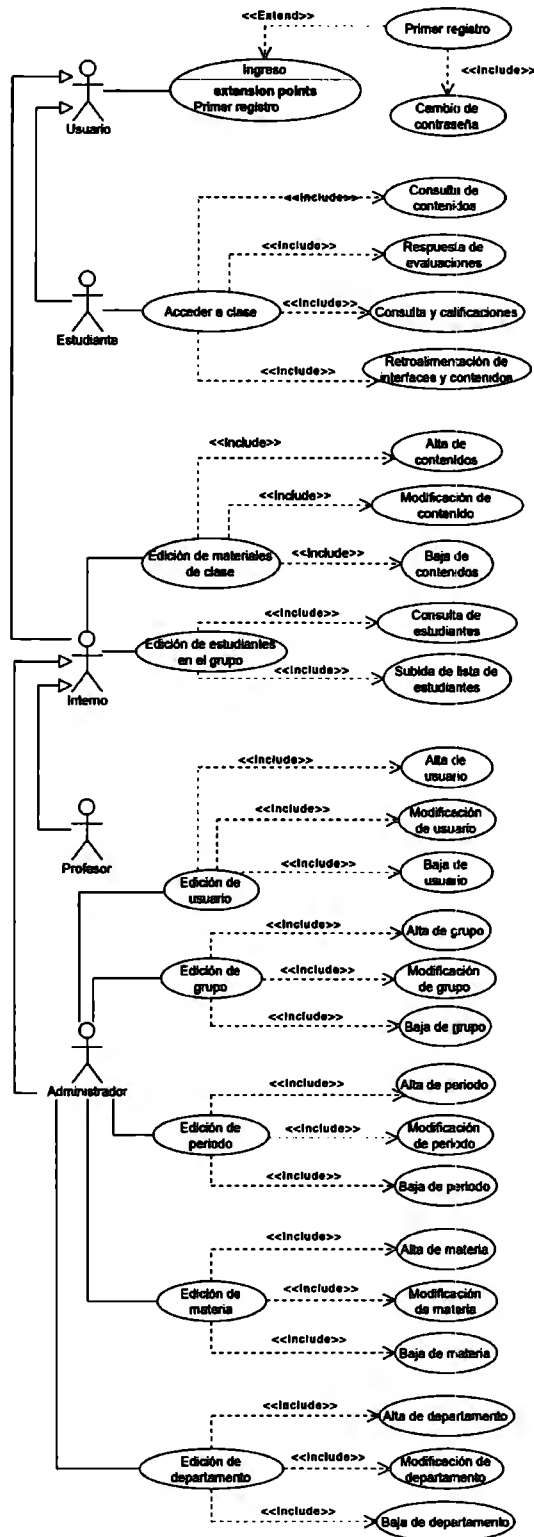


Figura 4.1 – Casos de uso del sistema

- Primer registro del usuario: el usuario accede con el correo que se haya registrado en la plataforma y una contraseña temporal que se le asigna de manera automática.
- Cambio de contraseña: antes de acceder a su plataforma por primera vez, el usuario debe establecer y confirmar una contraseña permanente de al menos 8 dígitos.
- Selección de acciones: una vez dentro de la plataforma, el usuario elige lo que quiere hacer a continuación. Las posibles acciones a tomar son las siguientes:
  - o Acceder a clase (perfil de estudiante): sigue el proceso de aprendizaje adaptativo descrito abajo.
  - o Consultar y modificar materiales de clase (perfiles de profesor y administrador): interfaz para agregar, eliminar y editar los contenidos de la clase, al igual que un sistema de arrastrado para modificar el orden de los bloques y contenidos presentados.
  - o Agregar usuarios (perfil de administrador): acceso directo al formulario para agregar un nuevo usuario con validación contra la base de datos. Cada usuario tiene la siguiente información: nombre completo, matrícula, correo, currículum, nivel de estudios, contraseña, perfil(es) de usuario y departamento al que pertenece.
  - o Editar usuarios (perfil de administrador): lista de todos los usuarios del sistema con acceso directo al formulario para editar o eliminar a cada usuario.
  - o Agregar grupo (perfil de administrador): acceso directo al formulario para agregar un nuevo grupo con validación contra la base de datos. Cada grupo tiene la siguiente información: profesor, materia, periodo y número.
  - o Editar grupo (perfil de administrador): lista de todos los grupos en el sistema con acceso directo al formulario para editarlos. En la edición de grupos se



encuentra la opción para consultar y modificar la lista de estudiantes registrados en el grupo, detallada a continuación.

- Consulta y modificación de estudiantes registrados en el grupo (perfiles de profesor y administrador): dentro de cada grupo aparece la lista completa de estudiantes registrados, éstos se cargaron previamente en un archivo CSV que contiene la información completa del estudiante, al igual que sus datos de Estilos de aprendizaje e Inteligencias múltiples. Al cargar el archivo CSV el sistema realiza una validación contra la base de datos para determinar qué estudiantes son nuevos usuarios y cuáles ya están dados de alta en la plataforma. Una vez que se sube el grupo los nuevos estudiantes quedan registrados en el sistema.
- Agregar periodo (perfil de administrador): acceso directo al formulario para agregar un nuevo periodo con validación contra la base de datos. Cada periodo tiene la siguiente información: nombre y descripción.
- Editar periodo (perfil de administrador): lista de todos los periodos en el sistema con acceso directo al formulario para editarlos.
- Agregar materia (perfil de administrador): acceso directo al formulario para agregar una nueva materia con validación contra la base de datos. Cada materia tiene la siguiente información: clave y nombre.
- Editar materia (perfil de administrador): lista de todas las materias en el sistema con acceso directo al formulario para editarlas.
- Agregar departamento (perfil de administrador): acceso directo al formulario para agregar un nuevo departamento con validación contra la base de datos. Cada departamento tiene la siguiente información: clave, nombre y director.

- Editar departamento (perfil de administrador): lista de todos los departamentos en el sistema con acceso directo al formulario para editarlos.
- Cerrar sesión: desconecta al usuario del sistema

El proceso de aprendizaje adaptativo que sigue un estudiante al acceder a una clase se muestra en la figura 4.2 y se detalla a continuación:

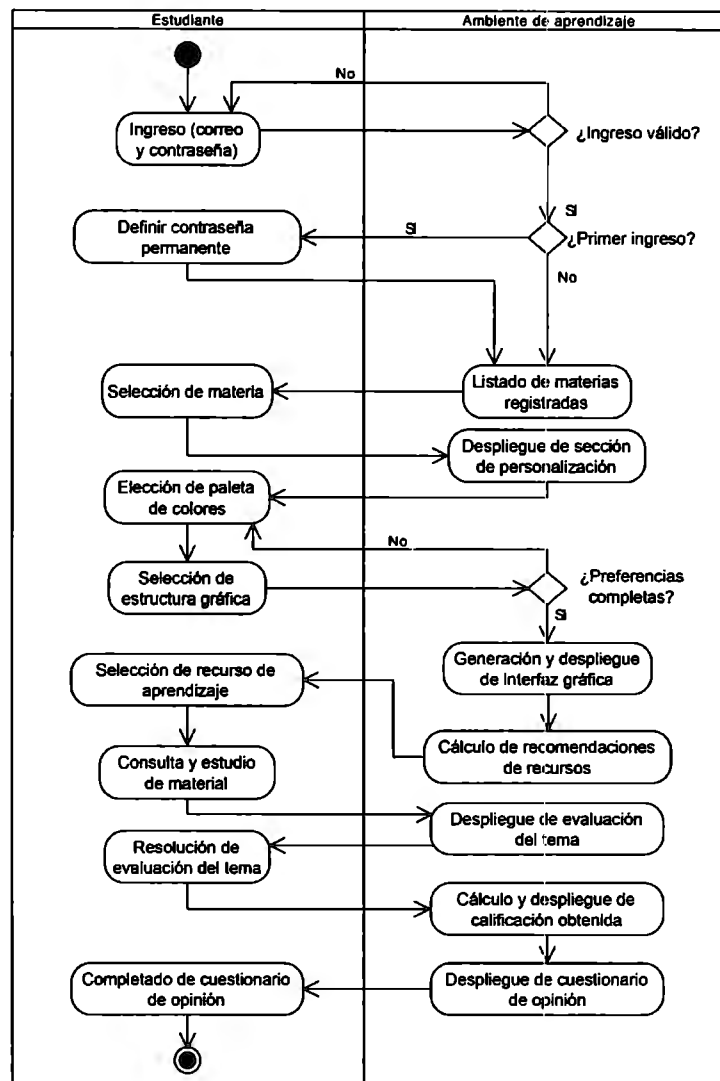


Figura 4.2 – Diagrama de flujo del proceso de aprendizaje adaptativo del sistema

- Personalización de interfaz de usuario – el primer paso proporciona las herramientas para que el estudiante construya la interfaz de usuario en la que desea trabajar. Esto consta de dos partes:
  - o Elección de paleta de color a utilizar en el sistema: este paso integra un widget llamado Paletton Live Colorizer (Paletton.com, 2015) que despliega una interfaz para seleccionar y personalizar una paleta de colores.
  - o Elección de estructura gráfica: se presentan cuatro opciones de distribución del contenido del sistema en la interfaz gráfica, en cada una de estas opciones se aplica la paleta de colores seleccionada de manera diferente.
- Consulta de recursos didácticos – a partir de las preferencias del estudiante se genera una interfaz gráfica individualizada en la que se presentan los recursos didácticos de la clase. El material de la clase se presenta en cuatro formas diferentes: documento de texto, presentación, video y audio. En este ejercicio el estudiante debe elegir un solo recurso a consultar. Para ayudar en la toma de esta decisión el sistema ofrece recomendaciones al alumno a partir de sus perfiles de Estilos de aprendizaje. El algoritmo de recomendación se detalla en el Anexo F.
- Evaluación del tema estudiado – se evalúa la asimilación de los contenidos de la clase por el estudiante por medio de una evaluación breve que consta de cinco preguntas de opción múltiple (el cuestionario completo puede consultarse en el anexo). Una vez que el estudiante termina la evaluación el sistema muestra la calificación obtenida.
- Cuestionario de opinión – una vez terminada la evaluación el estudiante debe responder una encuesta cualitativa de nueve preguntas, de las cuales seis son de opción múltiple y tres son preguntas abiertas (el cuestionario completo puede consultarse en la tabla 6.1).

## METODOLOGÍA DE DESARROLLO

### MODELADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

En la construcción de este sistema, llamado “PersonaLearning” se utilizó una forma simplificada del Proceso Unificado Racional (RUP por sus siglas en inglés) (Kruchten, 1999). En un inicio se delinearón los alcances y objetivos del sistema como parte de la presente investigación. A partir de esta delimitación se realizó el modelado inicial del sistema a partir de cinco diagramas UML (incluidos en el anexo):

- Diagrama de casos de uso (figura 4.1)
- Diagrama de clases (Anexo A)
- Diagrama de componentes (Anexo B)
- Diagrama de entidad relación (Anexo C)
- Diagrama de interacción global (Anexo D)

Con el modelo inicial se iniciaron la implementación y las pruebas del sistema “PersonaLearning”. Se llevó a cabo un proceso iterativo incremental, en el que el modelo y los requerimientos se fueron transformando a partir de errores presentados en las pruebas parciales del sistema, así como ajustes requeridos para adaptarlo al proceso de pruebas del caso de estudio. El sistema final fue producto de varias actualizaciones en los diagramas UML y la navegación.

Las interfaces gráficas del sistema se diseñaron pensando en optimizar la usabilidad y la limpieza del sistema. El diseño de las estructuras gráficas puestas a disposición del estudiante, así como la aplicación de las paletas de color de las mismas, se realizó a partir de experiencia empírica en el diseño y desarrollo de sistemas similares, en conjunto con una investigación y clasificación de las interfaces gráficas más utilizadas a nivel mundial,

realizada sobre los sitios más visitados del mundo de acuerdo con (Alexa Internet Inc., 2016). El intento con las estructuras gráficas es que sean representativas de la variabilidad que existe entre las interfaces más comunes, al mismo tiempo que mantienen distribuciones intuitivas y familiares para el estudiante.

#### IMPLEMENTACIÓN Y AMBIENTES DE PROGRAMACIÓN

El sistema se desarrolló sobre una arquitectura distribuida orientada a objetos con tecnologías y lenguajes de desarrollo web. Los lenguajes utilizados en la construcción del sistema fueron los siguientes:

- HTML5
- CSS3
- JavaScript versión 1.8.5
- jQuery versión 1.11.3
- PHP versión 5.4
- MySQL versión 5.5.49

En diversas partes del sistema, en específico en el proceso de aprendizaje adaptativo, se utilizaron llamadas AJAX para evitar la redirección y mejorar la experiencia del usuario, realizando la mayor parte de las consultas a la base de datos de manera asíncrona.

## MODELO GENÉRICO

La meta de este proyecto es proporcionar una metodología general para la integración de interfaces adaptativas en cualquier sistema de cómputo y probar su utilidad en mejorar la usabilidad y la experiencia del usuario de un sistema.

Se optó por probar el modelo en ambientes de aprendizaje en línea por dos razones:

- Estos ambientes son los que más se benefician de una buena usabilidad y experiencia de usuario, considerando que para que el proceso de aprendizaje del alumno sea positivo la interfaz debe ser lo más familiar e intuitiva posible y para asegurar que el alumno permanezca en la plataforma y regrese a continuar su aprendizaje debido a que su experiencia de usuario fue placentera.
- En este tipo de ambientes se puede detectar el impacto que tiene el dar diferente contenido a diferentes usuarios.

Es importante mencionar que, una vez probada la eficiencia del modelo en el ámbito del aprendizaje en línea, se considera que es posible extender este modelo a cualquier sistema digital, sin importar el ámbito ni el tipo de sistema, y se espera brindar una mejora en la usabilidad y la experiencia del usuario.

El modelo genérico (figura 4.3) actualmente consta de:

- Cuestionario inicial para determinar perfil de Inteligencias múltiples y Estilos de aprendizaje
- Elección de paleta de colores para las interfaces gráficas del sistema
- Selección de estructura gráfica para las interfaces gráficas del sistema
- Generación automática del sistema a partir de las preferencias del usuario

- Recomendación automática de contenido a consultar por el usuario de acuerdo a su perfil de Estilos de aprendizaje
- Selección del contenido a consultar por el usuario
- Integración del contenido seleccionado a las interfaces generadas
- Sondeo de opinión sobre el sistema

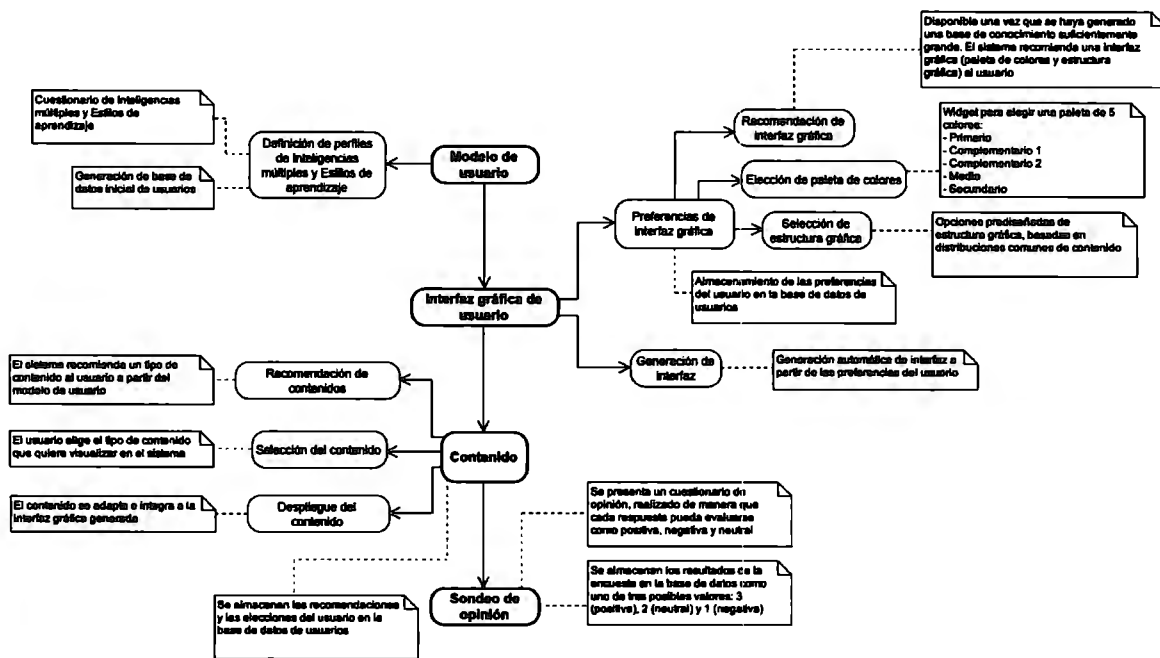


Figura 4.3 – Diagrama del modelo genérico

## Capítulo V. Diseño experimental

### DOMINIO Y MATERIAS SELECCIONADAS

La investigación se basó en el estudio de un tema específico de una materia de licenciatura en un ambiente de aprendizaje mixto, o Blended Learning (Graham, 2006), sobre el que se aplicaron los principios delineados en el capítulo anterior.

En total, el ejercicio se aplicó a 35 alumnos del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey, Campus Ciudad de México pertenecientes a tres grupos diferentes:

- Introducción a las matemáticas (Prueba piloto – Semestre 201612)
  - 12 participantes del grupo del Dr. Andrés Nucamendi, cursado por alumnos de las carreras de Ingeniería del ITESM
  - Tema: Funciones por partes
- Análisis y modelación de sistemas de software (Semestre 201613)
  - 13 participantes del grupo 01 y 10 participantes del grupo 02 impartidos por la Dra. Julieta Noguez, cursado por alumnos de 5° Semestre de la Ingeniería en Tecnologías Computacionales
  - Tema: El estándar de requerimientos SRS-830 IEEE

### ORGANIZACIÓN DE LOS MATERIALES Y RECURSOS DIDÁCTICOS

Para ambas materias los recursos didácticos cuentan con las mismas características. Se proporcionaron cuatro tipos de recursos diferentes: documento de texto, presentación, video y audio. En ambos casos, los cuatro recursos tratan el mismo tema y contienen información



muy similar. Todos los recursos fueron diseñados para consultarse de manera individual en un tiempo aproximado de 30 minutos.

El objetivo en el diseño de los recursos fue dar suficiente información al estudiante para comprender el tema en su totalidad de manera individual, sin importar el recurso que eligiera. Todos los recursos consultados fueron elaborados o seleccionados por el profesor de la materia. El ejercicio se tomó en cuenta dentro de la calificación de las materias en que se aplicó para fomentar la correcta participación del estudiante.

#### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El ejercicio se aplicó a tres grupos diferentes. El primer grupo en realizar el ejercicio, el cual funcionó como prueba piloto, fue el de Introducción a las matemáticas. En su caso el ejercicio se aplicó durante el periodo de verano 2016. A este grupo se le dieron las indicaciones del ejercicio durante la clase y se les proporcionó un manual de uso del sistema de manera que pudieran realizar el ejercicio fuera de clase. Se les otorgó un plazo de veinticuatro horas para terminar el ejercicio.

En el caso de los últimos dos grupos, de la materia de Análisis y modelación de sistemas de software, el ejercicio se aplicó durante el horario de clase, durante el cual se presentaron los lineamientos del ejercicio y no se permitieron preguntas sobre el material (únicamente sobre el funcionamiento del sistema) ni entregas extemporáneas. Esta decisión se tomó para lograr un mejor control sobre el ambiente físico de aprendizaje, de manera que todos los participantes se encontraran en igualdad de circunstancias, tanto físicas como de tiempo, y que esto diera más consistencia a los datos obtenidos.

Todos los participantes realizaron el mismo proceso durante el ejercicio:

- Cuestionario previo sobre perfiles de Inteligencias múltiples (Gardner, 1993) y Estilos de aprendizaje (Felder & Silverman, 1988), realizado previamente a la aplicación del ejercicio
- Explicación preliminar del uso del sistema y entrega de manual de usuario (ver Anexo E)
- Ingreso a la plataforma
- Selección de materia (en este caso contaban con una única opción)
- Ingreso de preferencias gráficas:
  - Interacción con widget de Paletton Live Colorizer para elección de paletas de color (figura 5.1)

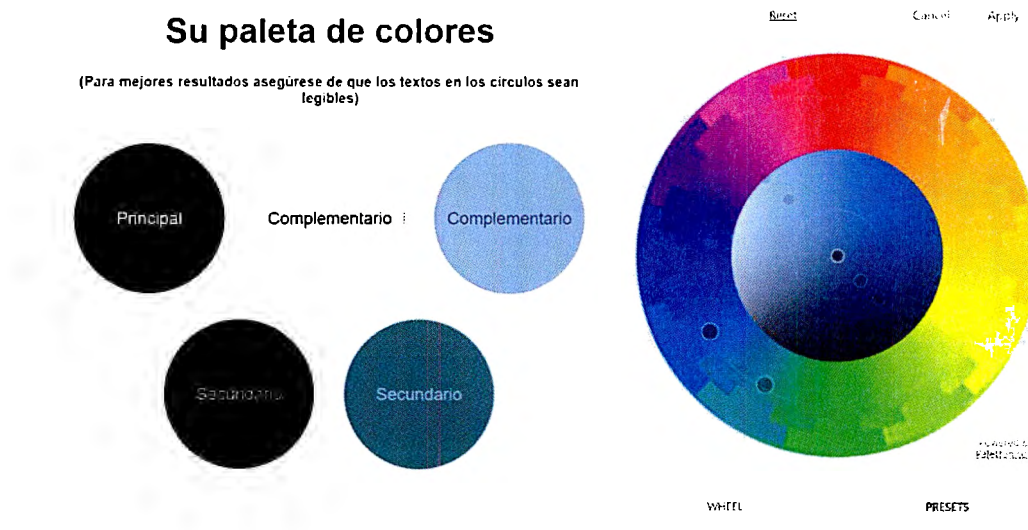


Figura 5.1 – Vista del widget de Paletton Live Colorizer (Paletton.com, 2015)

○ Selección de estructura gráfica (figura 5.2)

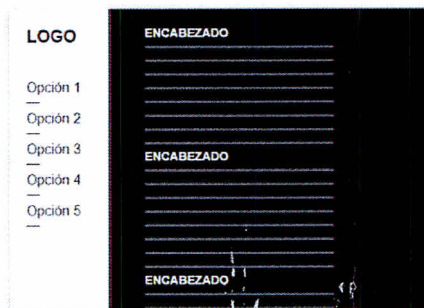
**PASO 2: ESTRUCTURAS GRÁFICAS**

Seleccione la estructura que más le agrada

○ Estructura 1



○ Estructura 2



○ Estructura 3



**Figura 5.2 – Selección de estructuras gráficas**

- Selección de recurso de aprendizaje a consultar. En este paso recibían una recomendación del sistema sobre el o los recursos que más se alinean con su perfil de Inteligencias múltiples y Estilos de aprendizaje. El algoritmo de recomendación se detalla en el Anexo F
- Consulta y estudio del recurso seleccionado

- Evaluación sobre el tema en cinco preguntas de opción múltiple (el cuestionario de Introducción a las matemáticas se muestra en el Anexo G, el cuestionario de Análisis y modelación de sistemas de software se muestra en el Anexo H)
- Consulta de calificación obtenida
- Cuestionario de opinión en seis preguntas de opción múltiple y tres preguntas abiertas (el cuestionario se muestra en la tabla 6.1)

## EVALUACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA

El ejercicio está diseñado para recolectar información sobre el estudiante en cinco aspectos:

- Perfil individual: Inteligencias múltiples y Estilos de aprendizaje
- Preferencias personales: paleta de colores y estructura gráfica
- Relevancia de recomendaciones: qué tan en cuenta se tomaron las recomendaciones de recursos de aprendizaje
- Desempeño académico: acotado únicamente al material presentado en el ejercicio
- Opinión sobre el ambiente de aprendizaje generado durante el ejercicio (evaluada mediante un cuestionario de opinión)

El ejercicio se evalúa cuantitativamente a través de la calificación obtenida por el estudiante en la evaluación y cualitativamente por medio de sus respuestas en la encuesta de opinión, aunque el resto de los datos obtenidos se toman en cuenta durante el análisis de los resultados obtenidos para derivar conclusiones más informadas.

## REFLEXIÓN SOBRE EL DISEÑO EXPERIMENTAL

La muestra de estudiantes seleccionada aporta a la consistencia de los datos, ya que al provenir todos de una misma universidad y de carreras afines existen muchas similitudes entre los perfiles de los estudiantes, lo cual permite enfocar el análisis en factores directamente relacionados con la investigación.

En la aplicación de la prueba al primer grupo, perteneciente a la materia de Introducción a las matemáticas, se observó un proceso poco controlado, dado que el ejercicio se realizó en casa por los participantes sin restricciones de tiempo. Este proceso se ajustó para los dos grupos de Análisis y modelación de sistemas de software, los cuales realizaron el ejercicio en el salón y horario de clases. Con este ajuste, el entorno de aplicación de la prueba fue mucho más controlado, lo que mejora la consistencia de los datos recolectados al reducir las variaciones en el proceso de aprendizaje.

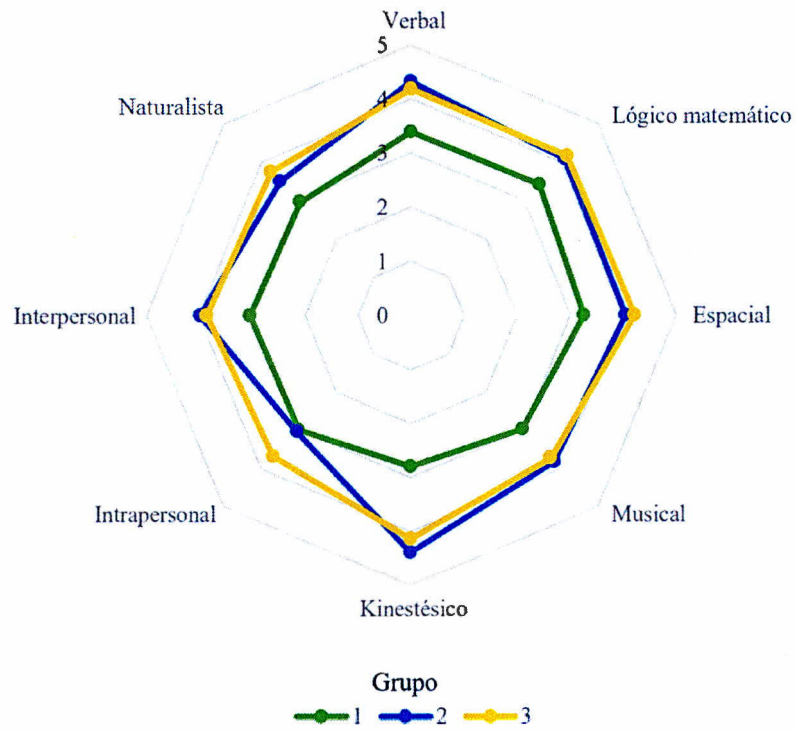
En los grupos presenciales la prueba se realizó en los tiempos esperados con una percepción positiva de los participantes. Sin embargo, el tiempo dedicado a definir la paleta de colores fue mayor al planeado, algunos de los participantes tuvieron problemas para comprender la interfaz del widget de paletas de color y sus comentarios reflejaron una percepción negativa respecto a ese proceso. Para futuras pruebas debe tomarse en consideración simplificar el módulo de paletas de color.

## Capítulo VI. Pruebas, resultados y discusión

### PRESENTACIÓN DE PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

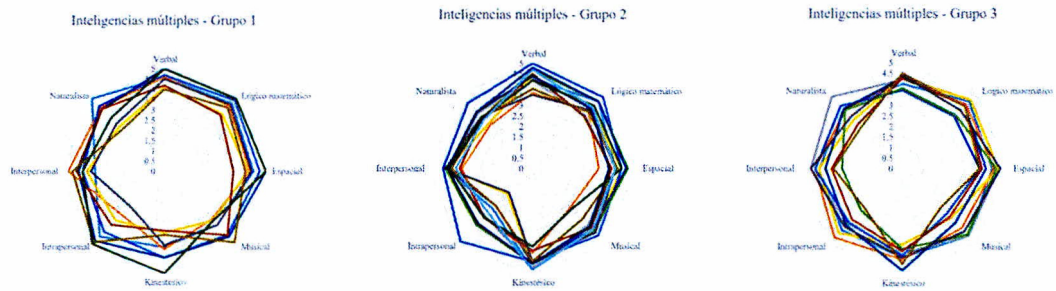
A continuación, se presenta un análisis de los datos recolectados durante la aplicación del ejercicio a los tres grupos descritos en el capítulo anterior. Los parámetros analizados incluyen: los perfiles de estilos de aprendizaje y de inteligencias múltiples de los estudiantes, las calificaciones obtenidas, la recomendación y elección de recursos de aprendizaje seleccionados, las preferencias de estructura gráfica y las opiniones de los estudiantes. Los números que identifican a los estudiantes individuales son identificadores internos del sistema, utilizados para mantener la información de los participantes anónima.

Se notó una fuerte correlación entre el promedio de los perfiles de inteligencias múltiples de los estudiantes de los grupos 2 y 3, ambos pertenecientes a la materia de Análisis y modelación de sistemas de software, mientras que hubo una mayor variación al comparar estos dos grupos con el grupo 1, de la materia de Introducción a las matemáticas. Esta comparación puede verse en la figura 6.1.



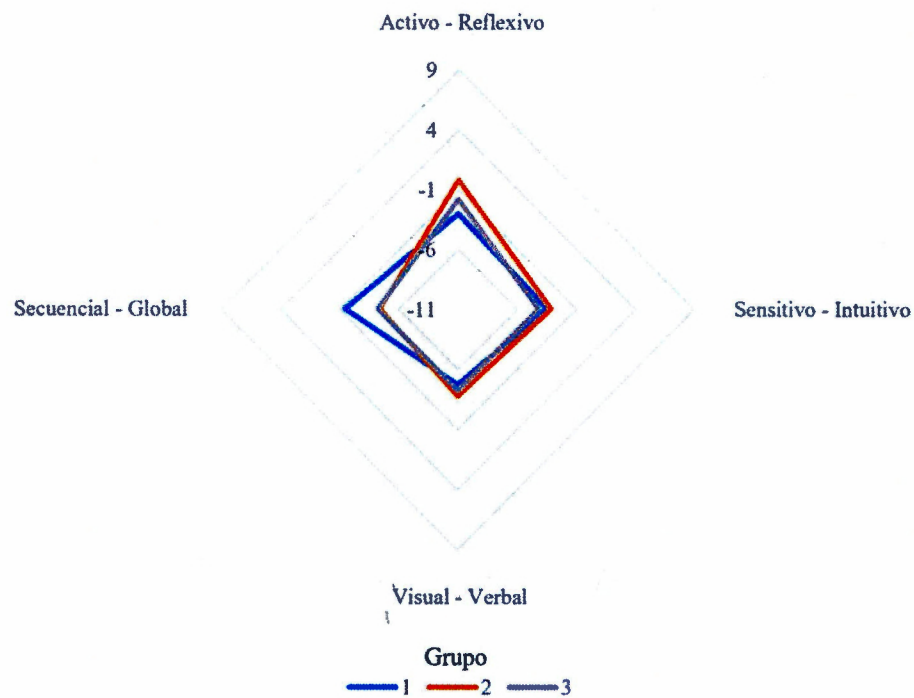
**Figura 6.1 – Promedio de perfiles de Inteligencias múltiples por grupo**

Los promedios presentados en la figura 6.1 son consistentes con los valores individuales de Inteligencias múltiples de cada grupo, como se muestra en las figuras 6.2-4.



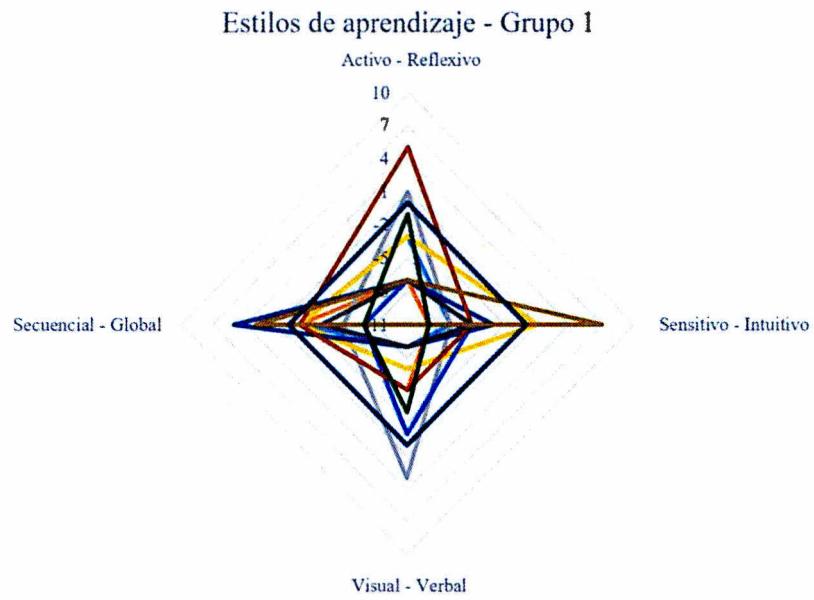
**Figuras 6.2-4 – Perfiles individuales de inteligencias múltiples de los grupos 1, 2 y 3**

En el caso del promedio de perfiles de Estilos de aprendizaje por grupo se dio una correlación similar a la de las inteligencias múltiples (Figura 6.5). Sin embargo, los datos individuales no presentan ninguna constancia entre sí (Figuras 6.6-8), lo que limita la utilidad de la figura 6.5, debido a que no es una generalización acertada.



**Figura 6.5 – Promedio de perfiles de Estilos de aprendizaje por grupo**

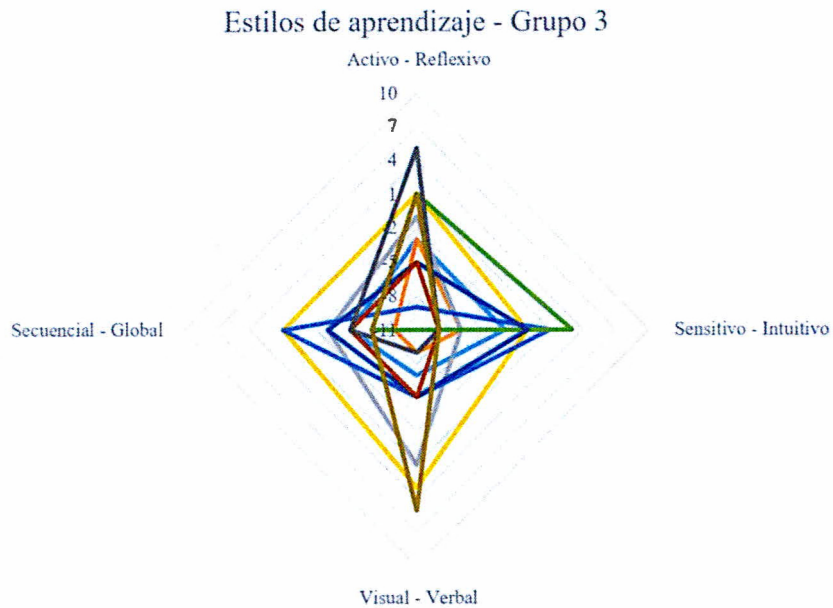




**Figura 6.6 – Perfiles de Estilos de aprendizaje del grupo 1**



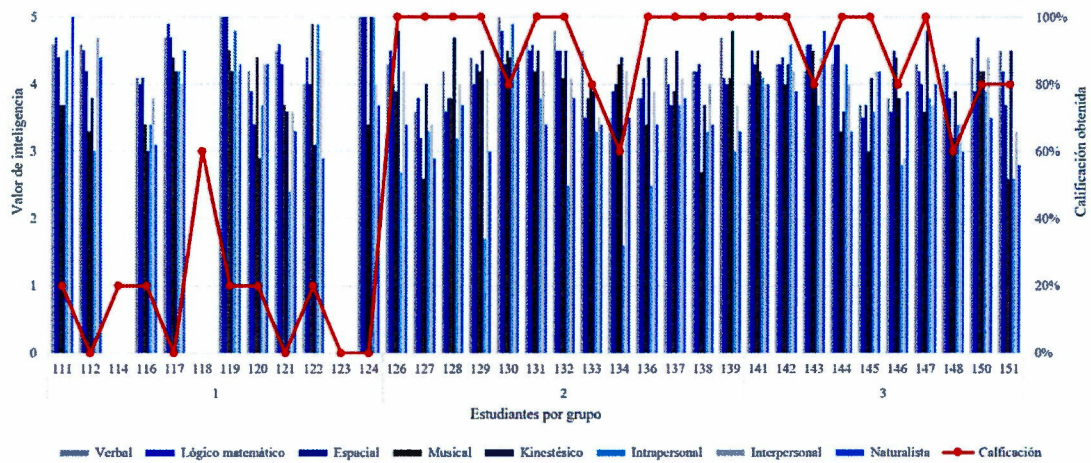
**Figura 6.7 – Perfiles de Estilos de aprendizaje del grupo 2**



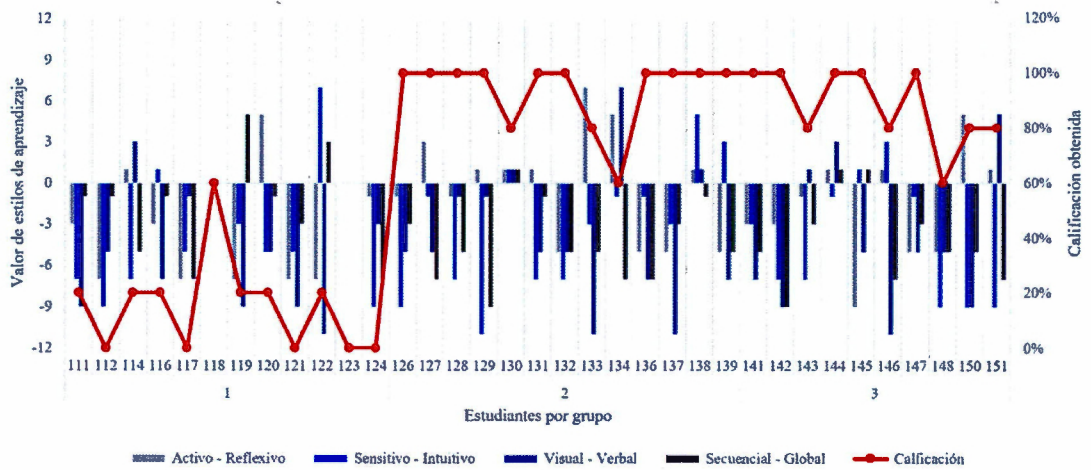
**Figura 6.8 – Perfiles de Estilos de aprendizaje del grupo 3**

Los resultados de Inteligencias múltiples muestran una fuerte correlación entre estudiantes de la misma materia, lo cual delinea el perfil general compartido por los estudiantes de cada disciplina específica. Sin embargo, los resultados de los Estilos de aprendizaje demuestran que, a pesar de tener perfiles de Inteligencias múltiples similares, el proceso de aprendizaje de cada estudiante varía radicalmente del de sus compañeros. Estos resultados confirman que la asimilación del conocimiento es un proceso individual del estudiante, lo cual dificulta la elaboración de estrategias generales que optimicen el proceso de aprendizaje. Para optimizar la asimilación de los materiales educativos es necesario un método de enseñanza adaptativa que apele a los estilos de aprendizaje específicos de cada estudiante.

En cuanto al desempeño en la prueba de conocimientos, las figuras 6.9 y 6.10 muestran que no hubo una relación directa entre la calificación obtenida por el estudiante y su perfil de Inteligencias múltiples y Estilos de aprendizaje.

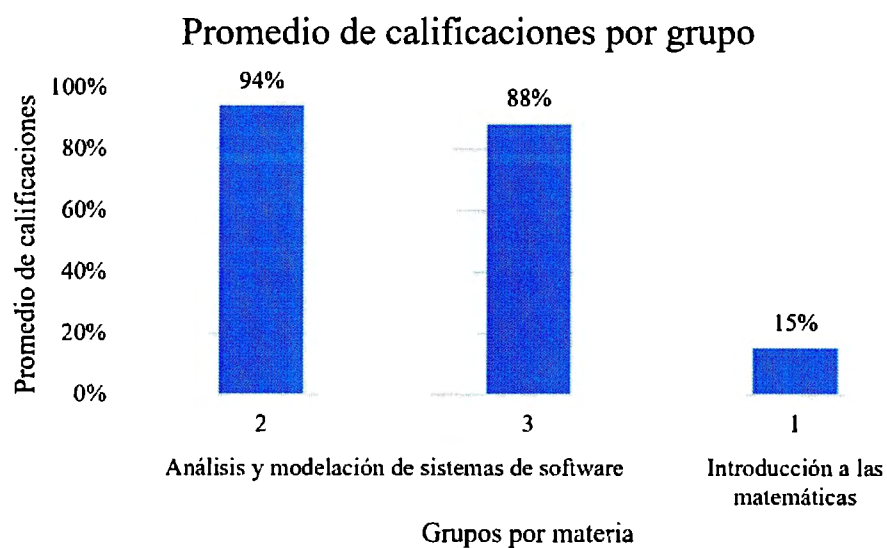


**Figura 6.9 – Perfil de Inteligencias múltiples y calificación obtenida por cada estudiante**



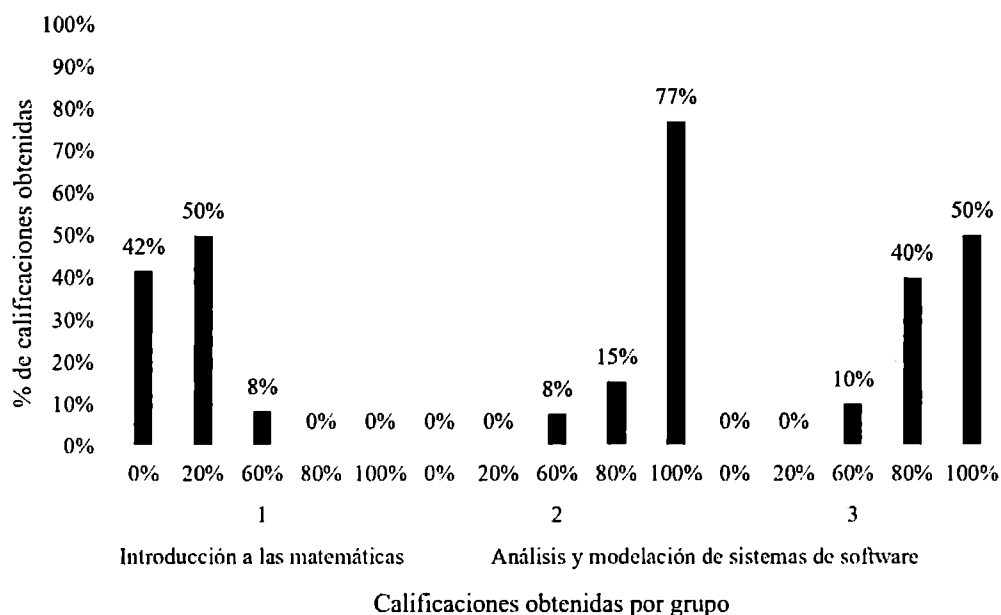
**Figura 6.10 – Perfil de Estilos de aprendizaje y calificación obtenida por cada estudiante**

Los resultados de las figuras 6.9 y 6.10 sugieren que el desempeño en la prueba no está ligado a una predisposición personal de los estudiantes, sino que responde a otros factores del ejercicio. Un análisis sobre el promedio de calificaciones obtenidas por grupo (figura 6.11) y la distribución de las calificaciones por grupo (figura 6.12) demuestra que el factor más influyente en el desempeño de los estudiantes fue la materia cursada.



**Figura 6.11 – Promedio de calificaciones por grupo**

### Distribución de calificaciones por materia



**Figura 6.12 – Distribución de calificaciones por grupo y materia**

Existe una gran variación entre las calificaciones obtenidas por los estudiantes de la materia de Introducción a las matemáticas y las de los estudiantes de ambos grupos de Análisis y Modelación de Sistemas de Software (AMSS). Entre las posibles causas de esta variación se encuentra la naturaleza de cada una de las materias en cuestión, al igual que el tema que se estudió en la prueba. El tema estudiado en la materia de Introducción a las Matemáticas (IM), Funciones por partes, requiere una profunda comprensión y conceptualización del material para que el estudiante cuente con las herramientas suficientes para resolver los ejercicios prácticos presentados en la evaluación. En el caso del tema del estándar de requerimientos SRS-830 IEEE, de la materia de AMSS, una comprensión más general de los conceptos es suficiente para responder la evaluación satisfactoriamente. Aunado a esto, también resulta relevante la experiencia previa de los estudiantes de ambas materias.

Considerando que la materia de IM funciona como curso remedial para alumnos de los primeros semestres, los estudiantes de ésta están menos familiarizados con el tema de la materia, al igual que con el proceso de aprendizaje a nivel universitario, lo que los hace menos receptivos a un tema nuevo que a los estudiantes de AMSS, quienes cursan su 5° semestre de la carrera y están familiarizados con la temática de la clase y con los procesos universitarios. De esto se puede concluir que los mejores resultados de este sistema se obtienen al aplicarse al estudio de temas inclinados a la comprensión general de información. También es posible concluir que, en su estado actual, el sistema ofrece mejores opciones de aprendizaje a estudiantes universitarios de semestres más avanzados, posiblemente por contar con marcos de referencia más amplios sobre los temas estudiados y por contar con mayor autonomía en el proceso de aprendizaje.

Es necesario hacer ajustes importantes sobre el flujo de la prueba realizada para que el sistema propuesto logre optimizar el proceso de aprendizaje en temas de mayor complejidad. De las opiniones de los participantes acerca de la prueba se detectó la necesidad de recursos de aprendizaje más activos, tales como diagramas interactivos, ejercicios prácticos, juegos, sistema de anotaciones para los recursos y actividades en equipo. En general, las sugerencias de los participantes fueron incrementar el dinamismo y la interactividad del ambiente de aprendizaje. Algunos de los comentarios fueron:

*“Podría ser una página interactiva en la cual se pueda jugar con las variables que se le dan a la  $x$  y que al mismo tiempo va dibujando la gráfica.”*

*“Sistema de tarjetas de aprendizaje/de estudio.”*

*“La colaboración en la asimilación de los conocimientos.”*

*“Algo práctico, en lugar de nada más explicaciones.”*

*“Un método de examen interactivo como quizzlet, que haciendo el examen aprendes”*

*“Actividades interactivas que te permitan reafirmar el conocimiento adquirido de cada sección aparte de la evaluación.”*

Se aplicó un cuestionario de opinión que se muestra en la tabla 6.1. las opiniones de los estudiantes, recolectadas con base en una escala de Likert de tres estados (Likert, 1932), respecto al ambiente y los recursos de aprendizaje fueron mayoritariamente positivas (figura 6.13). Esto es un indicador de que la propuesta resulta atractiva para los participantes, incluso cuando la calificación que obtuvieron en la prueba no haya sido aprobatoria.

**Tabla 6.1 – Cuestionario de opinión**

NO.	PREGUNTA	TIPO DE RESPUESTA
1	¿Mejora tu experiencia de aprendizaje elegir la estructura y la paleta de colores de tu interfaz de usuario?	Likert de tres estados: Mucho, Algo, Nada
2	¿Mejora tu humor y tu disposición de aprendizaje la paleta de colores que elegiste?	
3	¿La estructura seleccionada ayuda en la navegación de contenidos?	
4	¿La selección de recursos de aprendizaje ayuda a mejorar el proceso de comprensión del material?	
5	¿Resultaron útiles las recomendaciones al elegir un tipo de recurso de aprendizaje?	
6	¿Consideras que los resultados de las evaluaciones reflejan tu comprensión del material?	
7	¿Qué tipo de recurso de aprendizaje adicional sugerirías?	Pregunta abierta
8	¿Qué sugieres para mejorar el ambiente de aprendizaje?	
9	¿Te pareció que el sistema es útil en el proceso de aprendizaje?	



### Conteo de opiniones

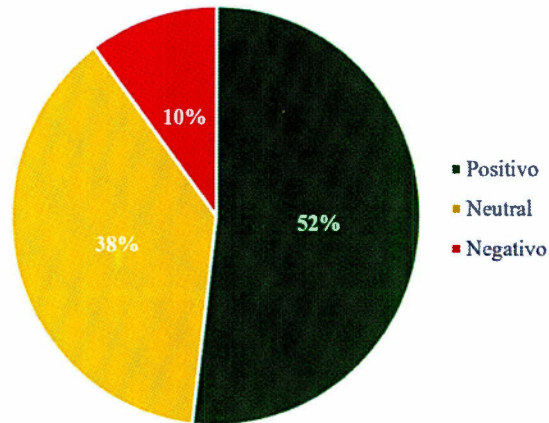
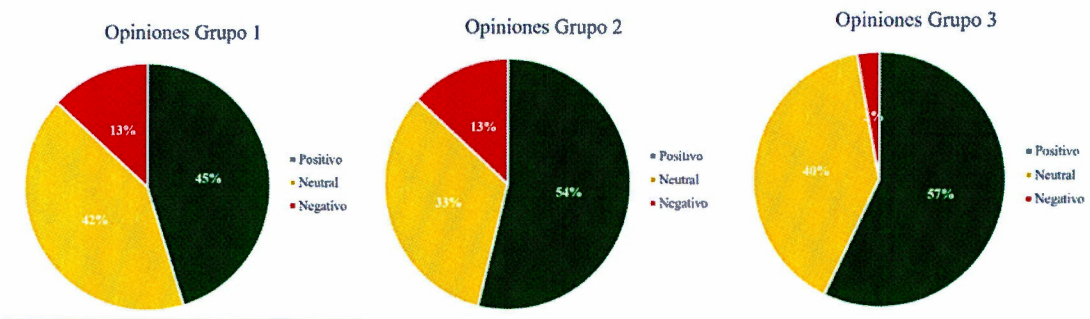


Figura 6.13 – Opiniones generales sobre el ambiente de aprendizaje

Las opiniones por grupo mantienen la tendencia del promedio global (figuras 6.14-16). Sin embargo, la opinión menos positiva la tuvo el grupo 1 (IM), que fue el que tuvo el promedio más bajo en la evaluación de la prueba.



Figuras 6.14-16 – Promedio de opiniones: Grupo 1, Grupo 2 y Grupo 3



Las opiniones por pregunta (figuras 6.17-18) muestran que la opinión menos positiva la tuvo la pregunta número 1: “¿Mejora tu experiencia de aprendizaje elegir la estructura y la paleta de colores de tu interfaz de usuario?”. Esta pregunta obtuvo pocas opiniones positivas y negativas y un alto porcentaje de respuestas neutras. La pregunta con más opiniones positivas fue la pregunta 3: “¿La estructura seleccionada ayuda en la navegación de contenidos?”. En general, estas opiniones muestran que, a pesar de tener una opinión neutral respecto a la utilidad de las preferencias de interfaz gráfica en el proceso de aprendizaje, los participantes mostraron una percepción predominantemente positiva sobre el ambiente de aprendizaje, las interfaces generadas y las opciones y recomendaciones de recursos de aprendizaje.

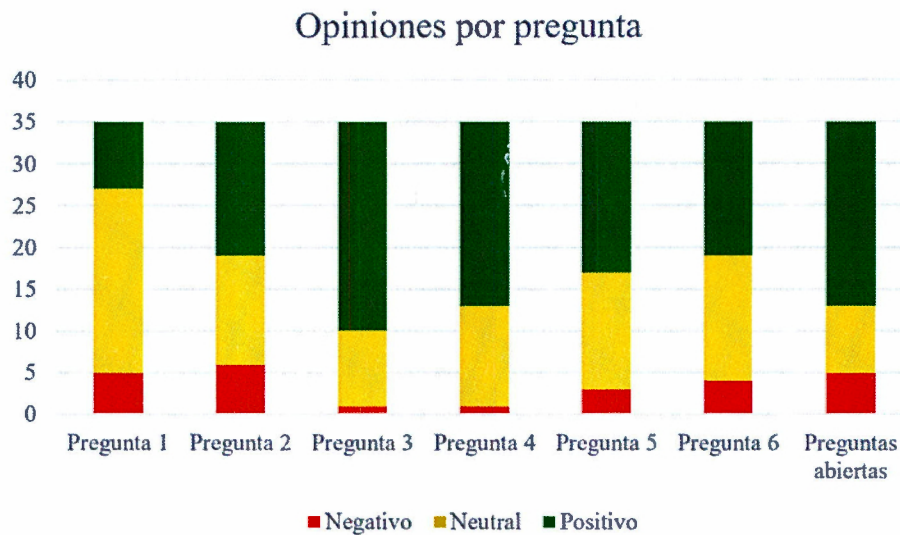


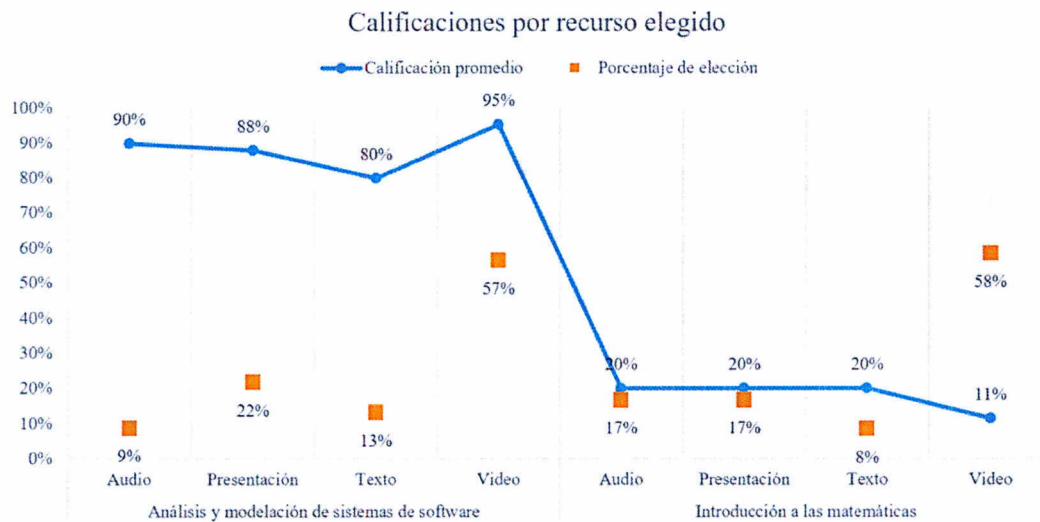
Figura 6.17 – Opiniones por pregunta



**Figura 6.18 – Porcentaje de opiniones por pregunta**

En cuanto a los recursos de aprendizaje, la figura 6.19 muestra que, a pesar de que hubo ligeras variaciones entre el desempeño de los estudiantes de acuerdo al recurso de aprendizaje seleccionado, los resultados fueron consistentes entre los estudiantes de cada materia. Esto refuerza la conclusión de que la principal variación en el desempeño viene por la naturaleza de los temas estudiados para cada materia y que es necesario hacer ajustes en el proceso de aprendizaje propuesto para brindar beneficios a temas de lógica matemática que requieren una comprensión práctica. Esta misma figura enfatiza el papel de los recursos de aprendizaje en el proceso de aprendizaje. A pesar de que la variación en la calificación promedio fue pequeña (dentro de cada materia), es suficiente para merecer un mayor análisis de los recursos ofrecidos en la prueba, de manera que no haya diferencias en la calidad de los

recursos ofrecidos. Esta estandarización de calidad en los recursos puede proporcionar datos más claros sobre la utilidad de la propuesta.



**Figura 6.19 – Calificaciones obtenidas por recurso elegido, divididas por materia, con porcentaje de elección de cada tipo de recurso**

La figura 6.19 contiene información sobre el porcentaje de elección por tipo de recurso. Estos porcentajes son consistentes entre los tres grupos, como puede verse en la figura 6.20, en la que se representan los porcentajes de elección globales. Estos datos muestran una fuerte tendencia hacia el recurso de video, seguido por el recurso de presentación. Esta tendencia viene tanto de las preferencias de los estudiantes como de las recomendaciones realizadas por el sistema, que como puede verse en la figura 6.21, se tomaron en cuenta en la mayoría de los casos. Estas preferencias en los recursos de aprendizaje demuestran una marcada inclinación por los recursos más activos y visuales. Esto, junto con las sugerencias realizadas

por los participantes respecto a los recursos de aprendizaje sugiere hacer recursos más interactivos para satisfacer las preferencias y necesidades de los estudiantes.

### Recurso elegido

■ Audio ■ Presentación ■ Texto ■ Video

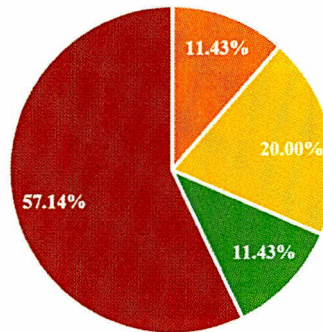


Figura 6.20 – Porcentaje de elección por recurso

### Opción más recomendada

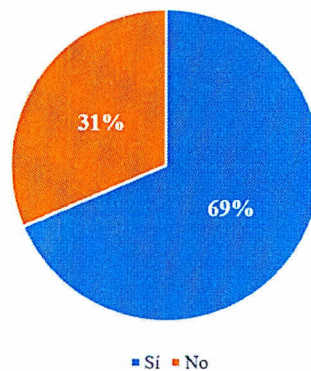
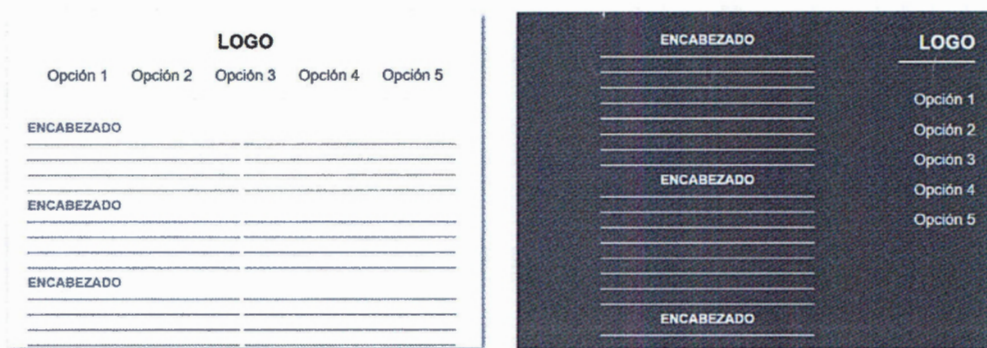


Figura 6.21 – Porcentaje de elección de recurso recomendado

Las cuatro estructuras gráficas disponibles para los participantes pueden verse en las figuras 6.22-25. En la figura 6.26 se muestran los porcentajes de elección que obtuvieron las distintas estructuras gráficas, en los cuales puede verse que la estructura más popular fue la número 2 (figura 6.23), seguida de la número 1 (figura 6.22) y, con un porcentaje mucho menor, la número 3 (figura 6.24). La estructura número 4 (figura 6.25) no fue seleccionada por ninguno de los participantes de la prueba.



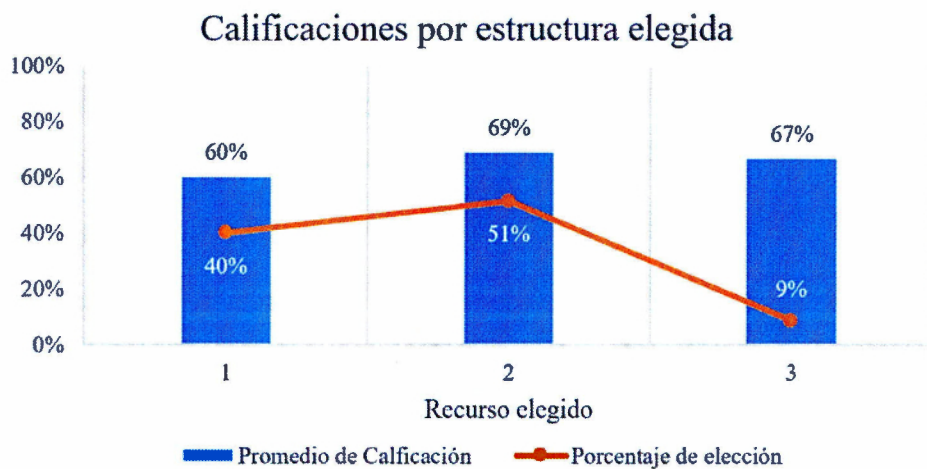
Figuras 6.22-23 – Estructuras gráficas 1 y 2



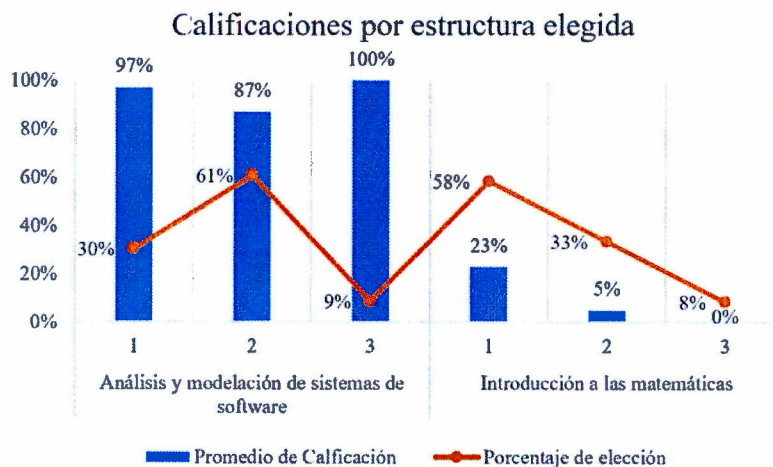
Figuras 6.24-25 – Estructuras gráficas 3 y 4



En la figura 6.26 también puede verse la calificación promedio obtenida por estructura seleccionada. En esta visión global parece que las calificaciones obtenidas son bastante cercanas entre sí. Sin embargo, una vista a la calificación obtenida por estructura seleccionada en cada materia (figura 6.27) muestra una mayor disparidad en los resultados.



**Figura 6.26 – Calificaciones por estructuras elegidas**



**Figura 6.27 – Calificaciones obtenidas por estructura seleccionada para cada materia**

La figura 6.27 muestra que la estructura número 2 fue la más elegida en la materia de AMSS, mientras que la estructura número 1 fue la que seleccionaron el mayor número de participantes en la materia de IM.

En cuanto al desempeño por estructura seleccionada, destaca la discrepancia entre la calificación obtenida por materia, en específico con respecto a la estructura número 3, la cual obtuvo la mayor calificación promedio en una materia y la menor en otra. La alta variación en esta estructura en particular puede explicarse con el porcentaje de elección de la estructura. De los 35 participantes del ejercicio, únicamente 3 eligieron la estructura número 3, lo que demuestra que la variación en calificación promedio viene de una variación en el desempeño personal de estos tres estudiantes. Los datos de las estructuras 1 y 2 resultan más consistentes, a pesar de que el porcentaje de elección de cada uno varíe entre las materias. La gráfica muestra un mejor desempeño en general en estudiantes que eligieron la estructura número 1.

De acuerdo con estos resultados, es necesario analizar con más detalle las distintas estructuras gráficas propuestas de manera que se logre obtener un desempeño más consistente entre los estudiantes que elijan cada una. También resulta importante optimizar las estructuras 3 y 4 para mejorar su elegibilidad entre los estudiantes.

## Introducción a las Matemáticas

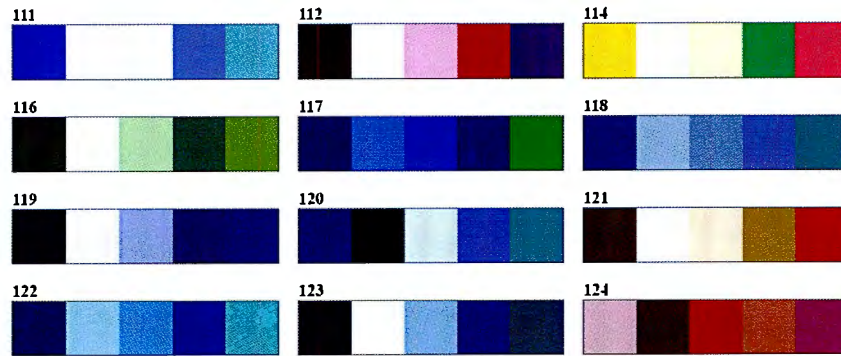


Figura 6.28 – Paletas de color elegidas por los estudiantes del grupo 1

## Análisis y Modelación de Sistemas de Software

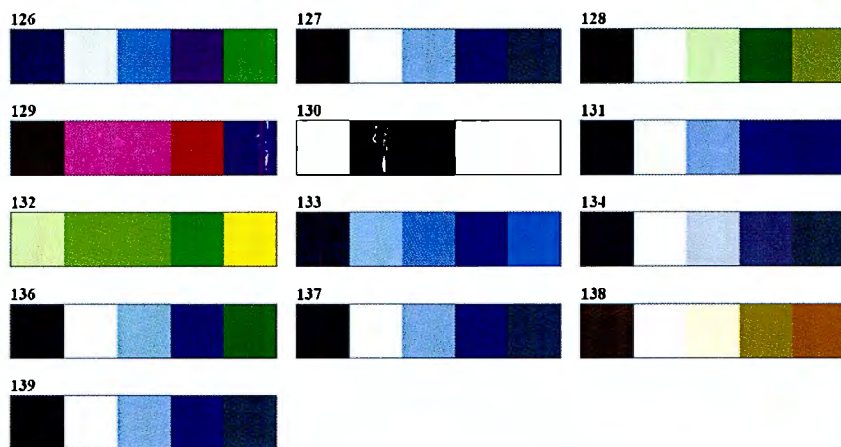


Figura 6.29 – Paletas de color elegidas por los estudiantes del grupo 2



## Análisis y Modelación de Sistemas de Software

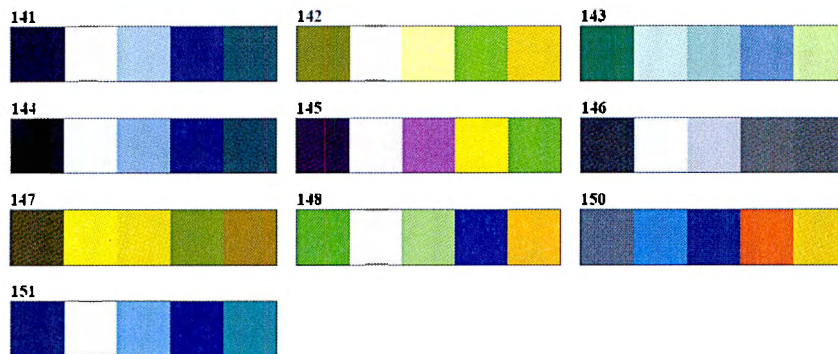


Figura 6.30 – Paletas de color elegidas por los estudiantes del grupo 3

En las figuras 6.28-30 se muestran las paletas de color elegidas por los estudiantes de cada grupo. En estas paletas de color se muestra una fuerte tendencia hacia las tonalidades azules, en particular en los grupos 1 y 2. Cabe mencionar que la paleta de colores inicial del sistema está basada en tonalidades azules, lo que sugiere que en varios casos se realizaron ajustes y modificaciones sobre la paleta inicial, en lugar de buscar crear una paleta desde cero. Esta tendencia hacia ajustar la paleta existente en lugar de experimentar con un mayor número de tonalidades resulta consistente con los comentarios realizados sobre el widget de paletas de color, entre los que destacan:

*“Un mayor control en la paleta de colores ya que me costó algo de trabajo poder encontrar una combinación que me agradara y me fuera útil para poder utilizarla”*

*“Tal vez si nosotros podemos elegir cada color, en vez de hacerlo con una paleta de colores”*

*“Más facilidad en la elección de la paleta de colores.”*

*“Mejorar la facilidad para la paleta de colores”*

*“Un preview de cómo va a quedar tu estructura y colores antes de seleccionarlos”*

*“Facilitar el modo de selección de colores.”*

Estos comentarios muestran que algunos participantes tuvieron problemas técnicos al momento de seleccionar su paleta de colores, lo que explica que ciertos participantes sólo se hayan realizado modificaciones sobre la paleta base. Otro comentario menos frecuente fue que es difícil conceptualizar la interfaz generada al momento de elegir una paleta de colores, lo que en futuras pruebas puede solucionarse cambiando el orden del proceso de selección de interfaz gráfica. Elegir primero la estructura gráfica y después seleccionar la paleta de colores a partir de cómo se aplican a esa estructura puede aclarar más el proceso para los estudiantes.

Para obtener una vista más clara sobre las preferencias en cuanto a paletas de color se realizó un proceso de simplificación de las paletas de colores elegidas. Esta simplificación consta de una reducción en el conjunto de colores disponibles, de los 16,777,216 colores en el esquema de color sRGB (256 valores de rojo, 256 valores de verde y 256 valores de azul) a un paso intermedio con un conjunto de 64 colores (4 valores de rojo, 4 valores de verde y 4 valores de azul) y terminando en un conjunto de 8 colores (2 valores de rojo, 2 valores de verde y 2 valores de azul). Esta reducción se hizo por medio de un redondeo directo de los valores RGB originales. A partir de esta simplificación se realizó un análisis de los perfiles, las opiniones y el desempeño de los estudiantes contrastado con su elección de paletas de color.

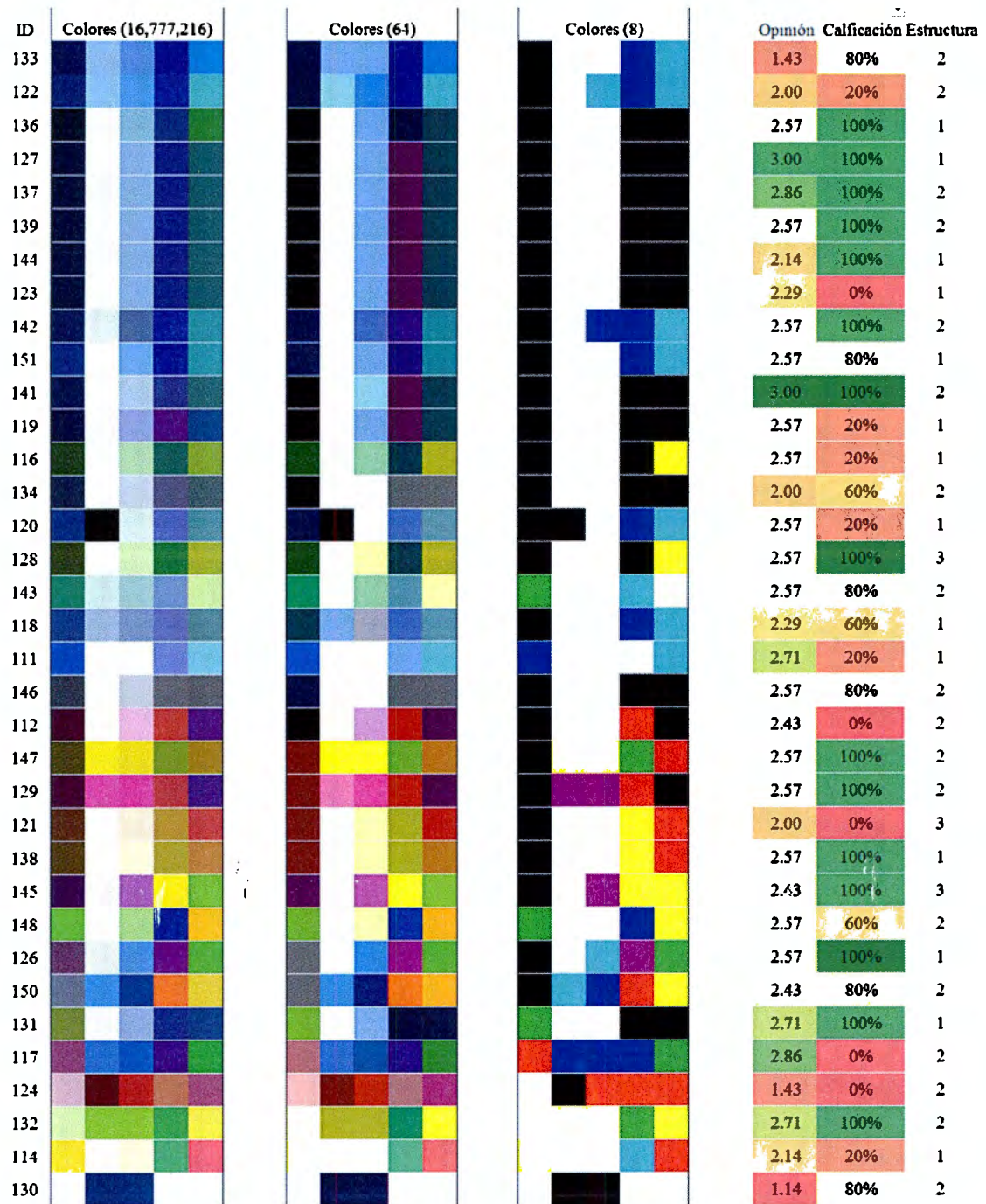
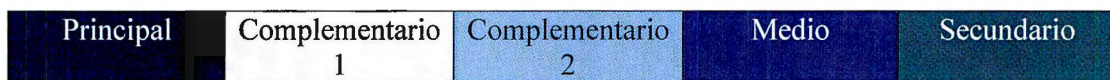


Figura 6.31 – Paletas de color, opiniones, calificaciones y estructura gráfica seleccionada, ordenados por colores

La figura 6.31 muestra las paletas de color (y su simplificación) elegidas por los participantes junto al promedio de las opiniones de los estudiantes, la calificación obtenida y la estructura gráfica seleccionada. En esta gráfica se organizó la información de acuerdo a los valores RGB de las paletas de color. La figura 6.32 muestra la organización de las paletas de color elegidas por los estudiantes (los colores de fondo son los colores iniciales del sistema), diseñada de tal manera que se optimice el contraste entre los elementos, los fondos y el color de los textos.



**Figura 6.32 – Estructura de paleta de colores con colores iniciales del sistema**

La tendencia hacia las tonalidades azules resulta evidente con la figura 6.31, donde gracias al ordenamiento de las paletas de color quedan agrupadas en la parte superior las paletas que tienen inclinación hacia los azules. En esta misma figura, la reducción a 8 colores muestra que en su mayoría los estudiantes respetaron la estructura de colores para optimizar el contraste en la interfaz gráfica. El patrón de colores de la mayoría de las paletas generadas se puede resumir en la forma: oscuro-claro-claro-oscuro-oscuro, que es la estructura óptima (junto con su complemento: claro-oscuro-oscuro-claro-claro) para la generación de las interfaces gráficas. Este patrón se repite en las opiniones más altas. Sin embargo, el patrón complementario, que utiliza un color claro como principal, aparece únicamente tres veces: en la quinta opinión más alta y en las dos opiniones más bajas.



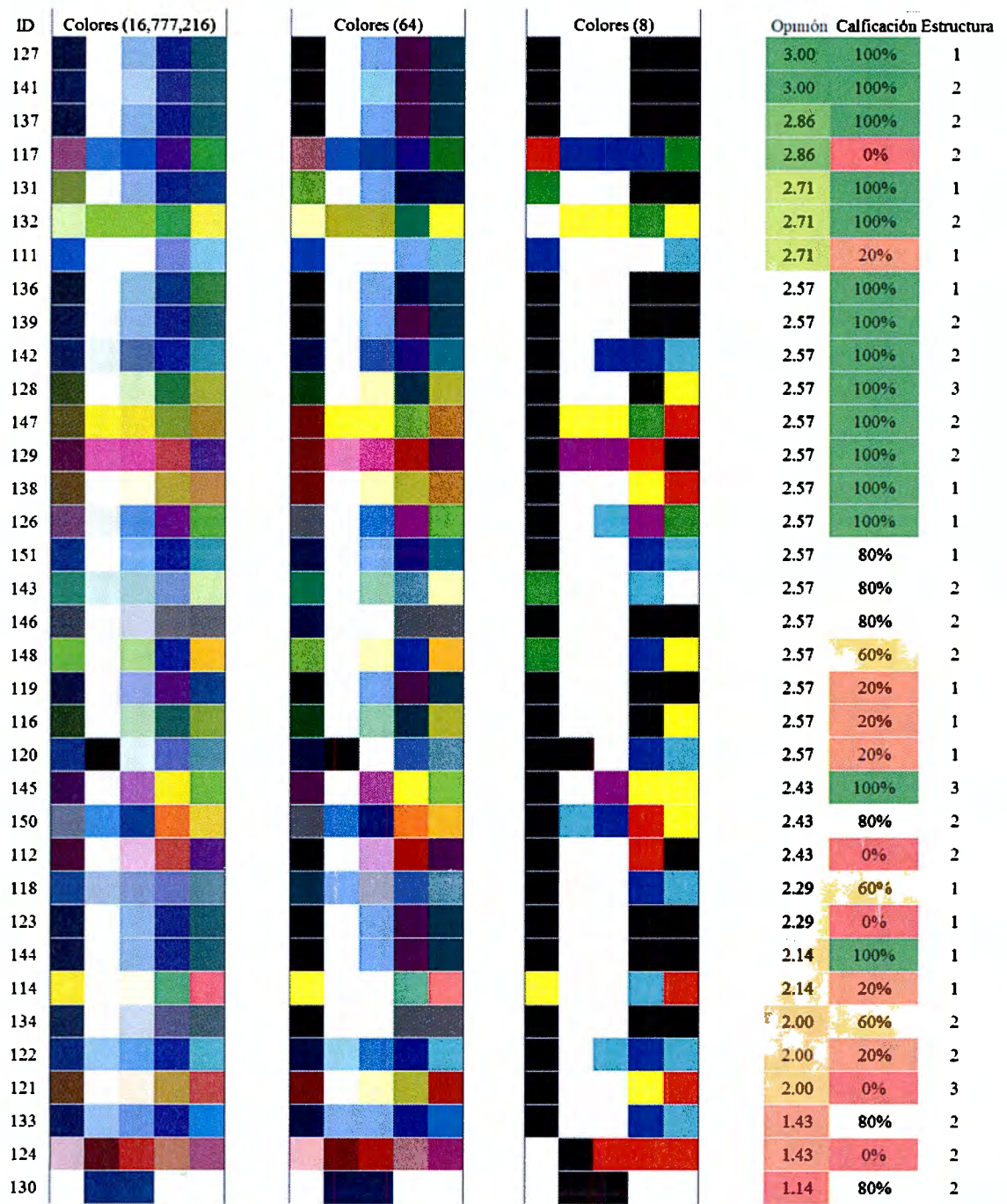


Figura 6.33 – Paletas de color, opiniones, calificaciones y estructura gráfica seleccionada, ordenados por opiniones y calificaciones

Con la figura 6.33 es posible concluir que las opiniones más bajas del sistema comparten alguna(s) de las siguientes características:

- a) Patrón de colores invertido (color principal claro)
- b) Mal contraste en la paleta de colores
- c) Bajo desempeño en la prueba (con respecto al promedio de la materia cursada)

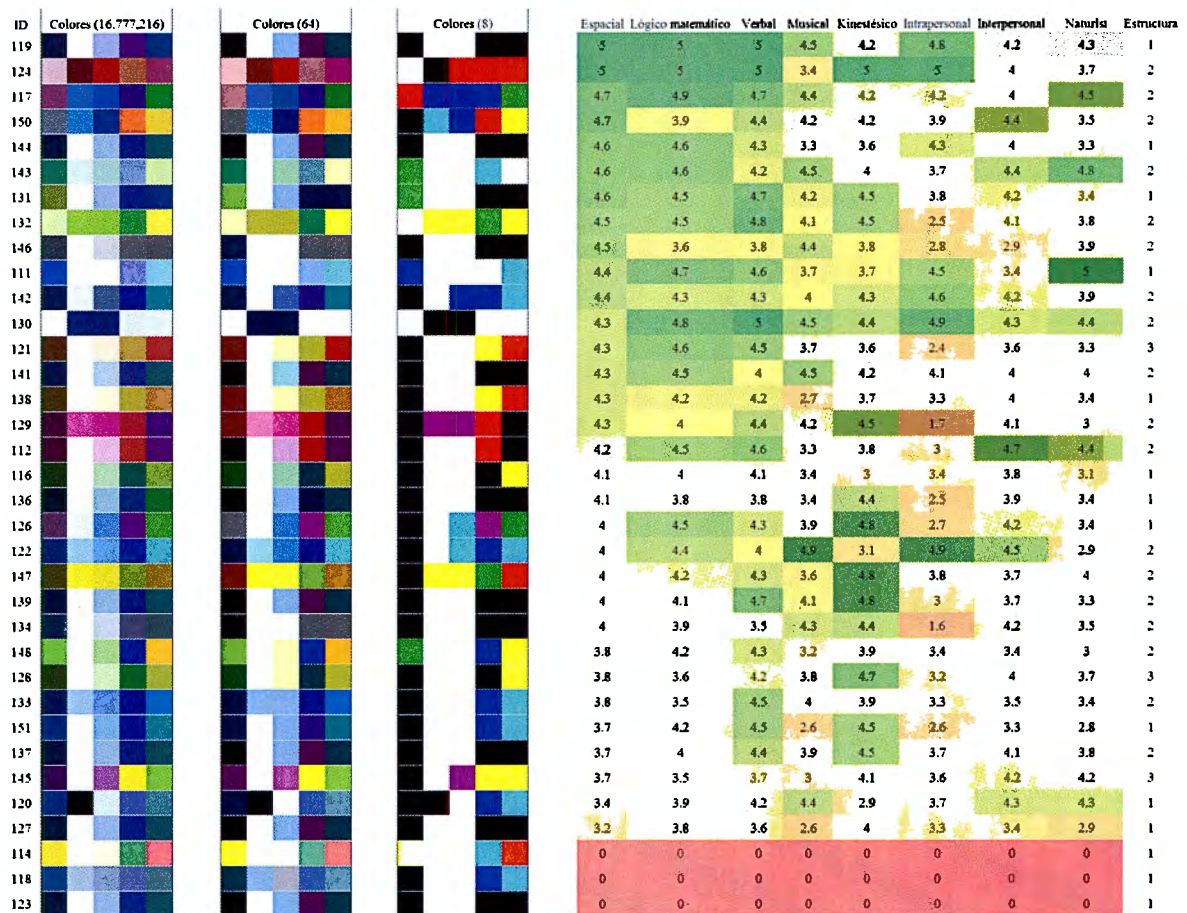
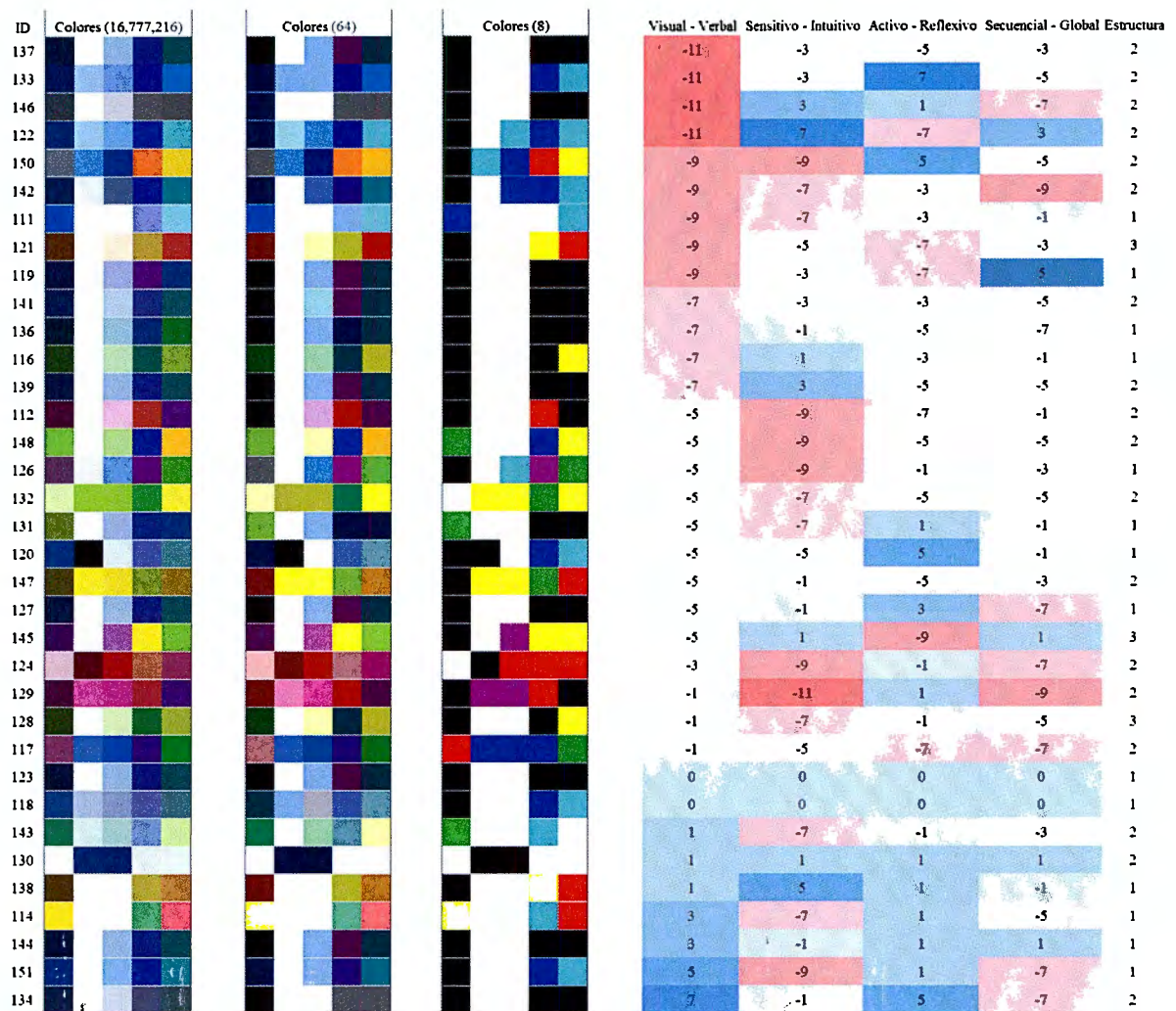


Figura 6.34 – Paletas de color, inteligencias múltiples y estructura gráfica seleccionada, ordenados por inteligencias múltiples (iniciando por la Inteligencia espacial)

La figura 6.34 muestra la relación entre las paletas de color y el perfil de Inteligencias múltiples de los participantes, los renglones de ceros que aparecen en rojo en la parte de hasta abajo corresponden a los participantes que no completaron la encuesta de Inteligencias múltiples realizada previamente. Para esta figura se realizó un ordenamiento de acuerdo al perfil completo de inteligencias, es decir, tomando en cuenta cada una de las inteligencias para el ordenamiento. No obstante, este ordenamiento toma en cuenta las inteligencias en el orden en que van apareciendo, de izquierda a derecha. Se optó por mover la inteligencia espacial al primer lugar de manera que fuera la principal a tomar en cuenta para el ordenamiento, esto se hizo al considerar esta inteligencia como la más influyente dentro del tema de interfaces gráficas.

Destaca en esta figura la presencia de patrones de color originales, que se separan mucho del patrón propuesto, en las preferencias de los participantes con las calificaciones más altas de Inteligencias múltiples y de inteligencia espacial en particular. Esto parece indicar la presencia de individuos con mayor creatividad visual que buscaron una innovación en la paleta de colores que generaron, mientras que los participantes con menor inteligencia espacial optaron por paletas de color más “seguras” y por variaciones a la paleta de colores provista por el sistema.





**Figura 6.35 – Paletas de color, estilos de aprendizaje y estructura gráfica seleccionada, ordenados por estilos de aprendizaje (iniciando por el estilo Visual - Verbal)**

La figura 6.35 muestra las paletas de color comparadas contra los perfiles de Estilos de aprendizaje de los participantes. En este caso se ordenaron los resultados de acuerdo a los datos de Estilos de aprendizaje, iniciando por el Visual – Verbal, dado que fue el más pertinente para la prueba. Cada una de las columnas en los estilos de aprendizaje representa una escala de dos dimensiones que va de -11 a 11, en la que los números negativos



representan la inclinación hacia la propiedad que se enumere primero (Verbal, Sensitivo, Activo y Secuencial) y los números positivos representan la inclinación hacia la propiedad que se enumere al final (Verbal, Intuitivo, Reflexivo y Global), entre más alejados estén del cero mayor será la inclinación hacia la propiedad. En esta gráfica las variaciones en el patrón de color se dieron principalmente en la parte media de la escala, aunque con más peso hacia la parte Visual. Los patrones de color más variados se encuentran en el rango medio de esta tabla, en específico entre los valores de -5 y 3 en la propiedad Visual – Verbal.

En el ordenamiento de la figura 6.35 resulta evidente la tendencia de la mayoría de los participantes hacia un estilo de aprendizaje más visual que verbal, lo que resulta consistente con los datos de las preferencias de recursos, donde los recursos visuales (video y presentación) fueron los que obtuvieron el mayor porcentaje de elección. Esto refuerza la idea de que la población que participó en la prueba tiene una tendencia de Estilos de aprendizaje mayoritariamente visual.

## Introducción a las Matemáticas

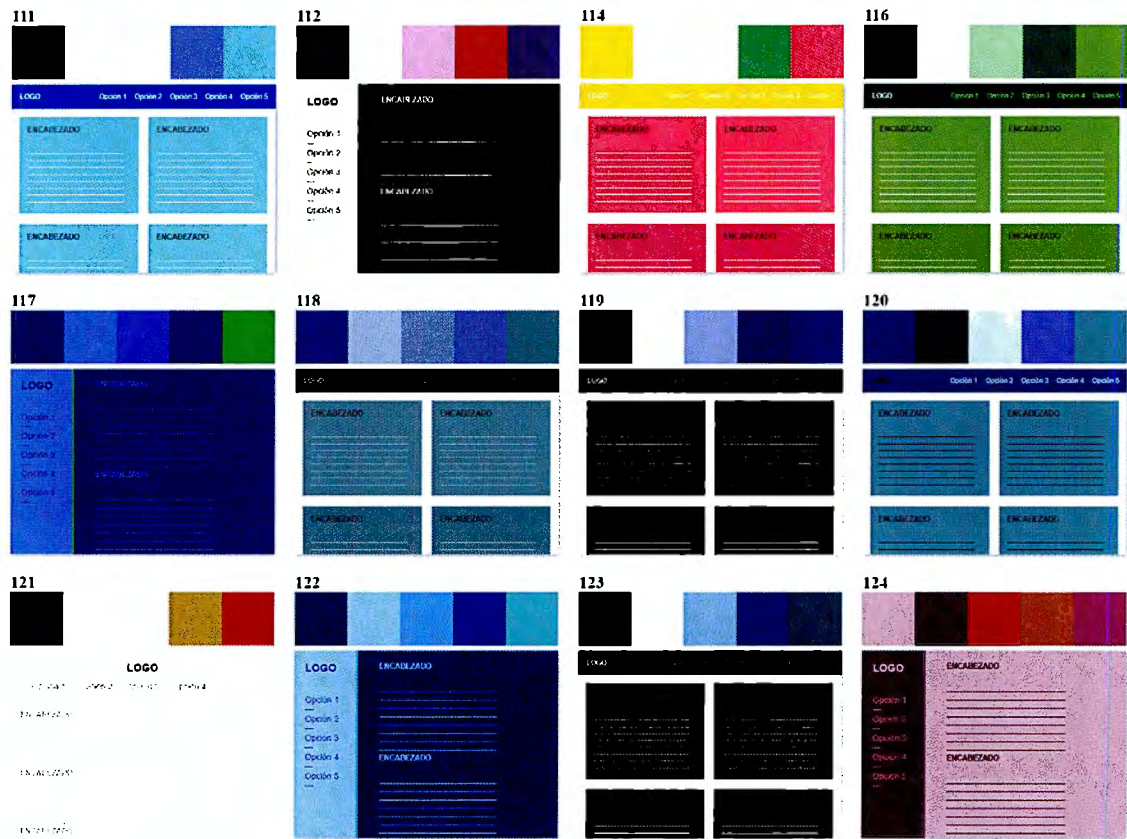


Figura 6.36 – Interfaces gráficas generadas para el Grupo 1

## Análisis y Modelación de Sistemas de Software

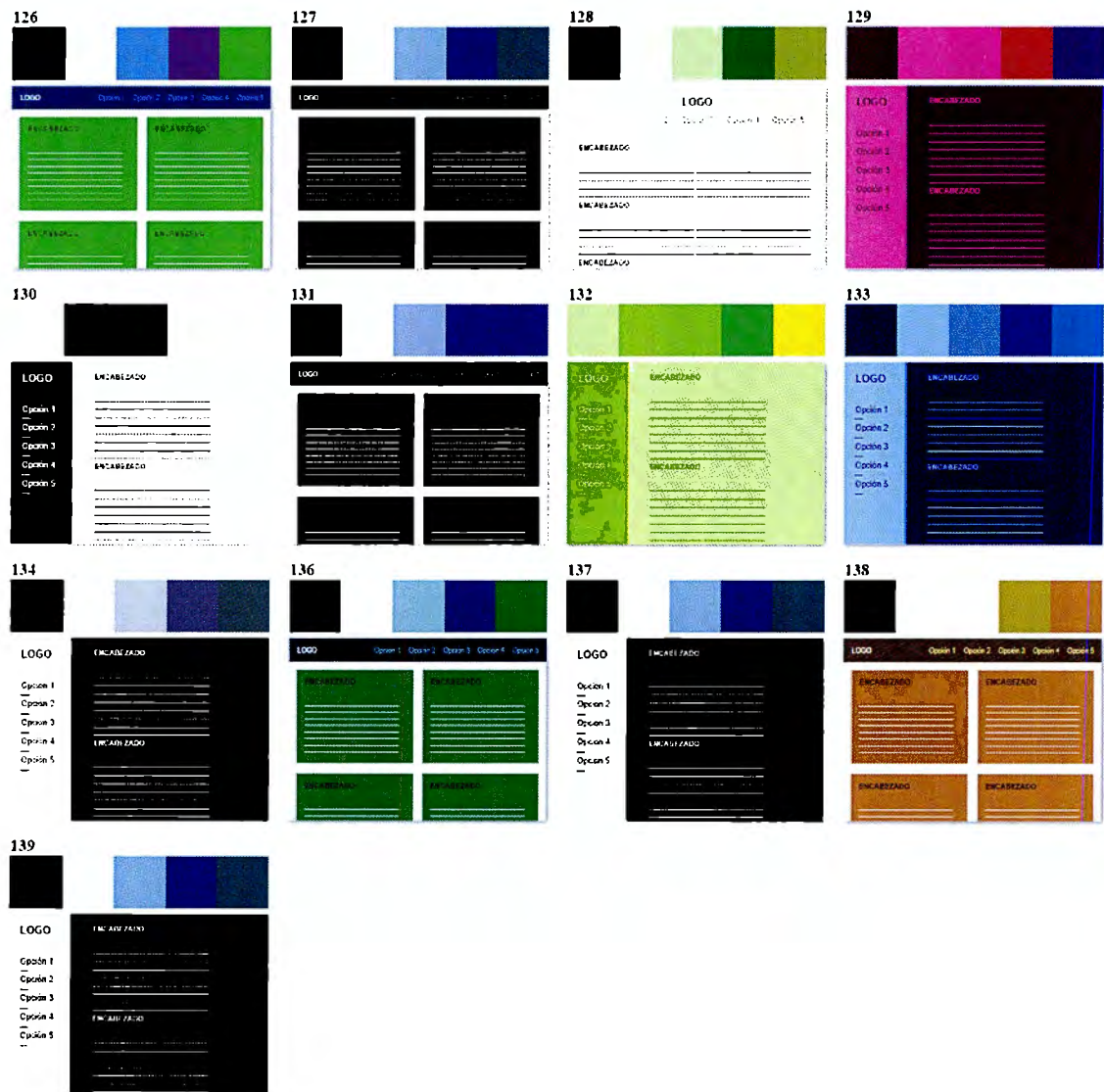


Figura 6.37 – Interfaces gráficas generadas para el Grupo 2

## Análisis y Modelación de Sistemas de Software

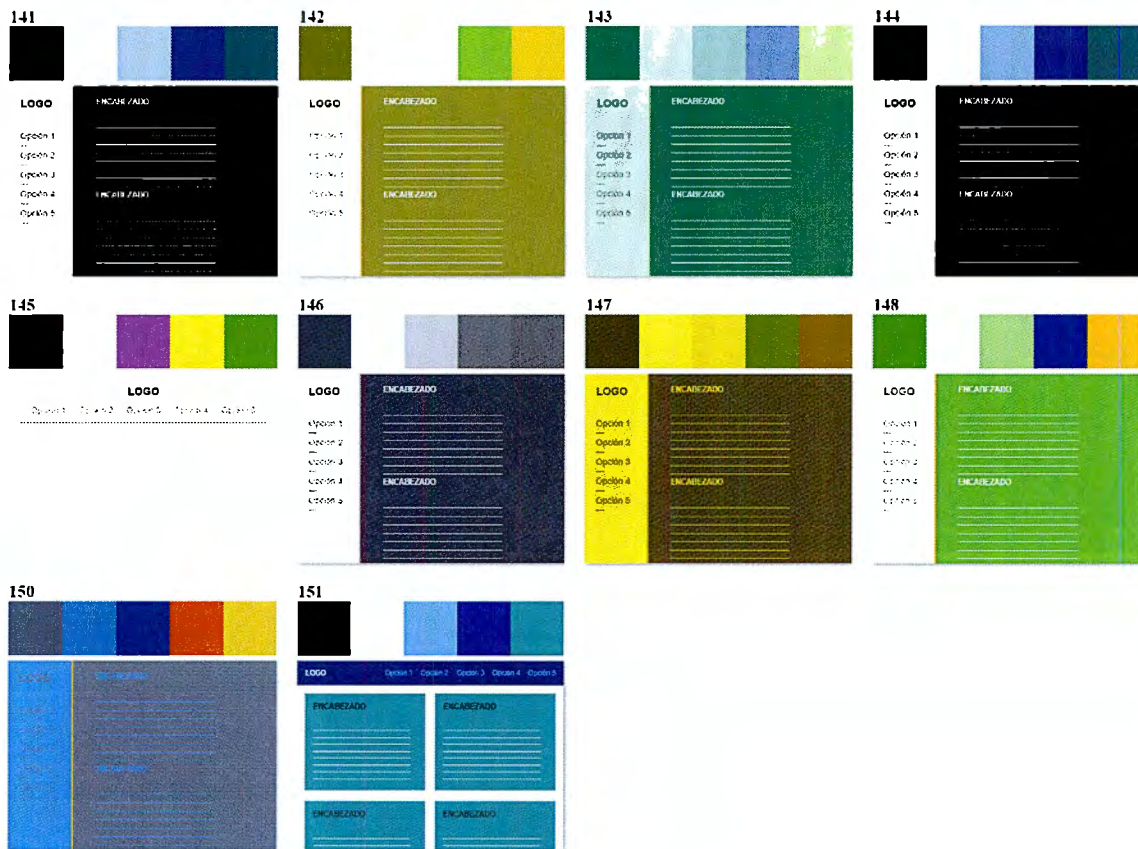


Figura 6.38 – Interfaces gráficas generadas para el grupo 3

Las figuras 6.36-38 muestran todas las interfaces gráficas generadas para los usuarios durante la prueba realizada. Estas figuras muestran que, salvo un pequeño número de excepciones que eligieron estructuras y colores muy similares (en estos casos las opciones seleccionadas eran las primeras opciones ofrecidas por el sistema, tanto en colores como en estructura), las interfaces gráficas generadas resultaron más originales y únicas que las paletas de color por sí solas. Esto demuestra un proceso de verdadera personalización e individualización de las interfaces de usuario por parte de los participantes de la prueba.

## REFLEXIONES DEL CAPÍTULO

En los resultados obtenidos en la prueba pudimos llegar a varias conclusiones importantes. Los perfiles de Inteligencias múltiples fueron muy consistentes entre todos los estudiantes dentro de cada materia, aunque sí hubo una diferencia entre el perfil promedio de Inteligencias múltiples de la materia de IM y el de AMSS. Esto es congruente con lo que se esperaba, ya que resulta lógico que los estudiantes de una materia específica compartan una inclinación y aptitud intelectual entre sí.

En el caso de los Estilos de aprendizaje, una comparación de los estilos individuales demostró que prácticamente no hay ninguna relación entre el perfil de los estudiantes, de lo que se concluyó que el estilo de aprendizaje de cada estudiante es único y personal. El carácter individual de los datos de Estilos de aprendizaje refuerza la premisa central de esta tesis, la cual señala que existe una necesidad de individualizar el proceso de aprendizaje para optimizar el desempeño del estudiante. El hecho de que cada uno de los participantes de la prueba tiene un Estilo de aprendizaje personal que no tiene similitud con el del resto de sus compañeros confirma que el proceso de aprendizaje no depende de factores externos y no puede generalizarse para grupos completos, sino que se encuentra ligado con el perfil individual de cada uno de los estudiantes.

No se encontró una correlación clara entre las calificaciones obtenidas por los participantes y su perfil de Inteligencias múltiples y de Estilos de aprendizaje. Lo que sí fue claro en los resultados es que las calificaciones de AMSS fueron mucho más altas que las obtenidas en IM. De aquí se deriva que el factor más relevante en el desempeño de los estudiantes es la materia estudiada y la experiencia previa del estudiante. La clase de IM trata temas más nuevos para los estudiantes, temas que requieren de una comprensión, abstracción

y asimilación lógica de más alto nivel. Por el otro lado, los estudiantes de IM son de primeros semestres, lo que implica que tienen menos experiencia con el proceso de aprendizaje universitario, que requiere una mayor autonomía en el aprendizaje, y tienen menos experiencia con los temas tratados en la prueba y con conceptos afines.

Las opiniones de los participantes fueron mayoritariamente positivas. En los comentarios, varios de los participantes propusieron recursos más activos e interactivos de aprendizaje. Esto fue consistente con los porcentajes de elección de cada recurso, lo cuales mostraron una fuerte preferencia por el recurso de video, que es el único recurso realmente activo que se ofreció para la prueba. El segundo recurso más popular fue la presentación, lo cual, en conjunto con la popularidad del video, denota la inclinación de la población completa de participantes hacia el aprendizaje visual.

El mayor porcentaje en la elección de estructura, por un amplio margen, se centró en las estructuras 1 y 2, con un mínimo porcentaje de elección de la estructura número 3 y ni una sola elección de la estructura número 4. El mejor desempeño en ambas materias lo obtuvieron los participantes que eligieron la estructura número 1. De esto se concluye que es necesario analizar y optimizar las estructuras gráficas para obtener resultados más consistentes, tanto en porcentaje de elección como en desempeño.

Las paletas de color generadas por los participantes tendieron principalmente a las tonalidades azules. Es muy probable que esta tendencia se deba a que la paleta de colores inicial del sistema está en estas tonalidades, esto aunado al hecho de que algunos de los



participantes expresaron en sus comentarios que tuvieron complicaciones con el módulo para elegir su paleta de colores.

Por medio de una simplificación de las paletas de color generadas por los participantes (redondeándolas a únicamente 8 posibles colores) fue posible llegar a conclusiones adicionales sobre los patrones de color. En estos patrones se detectaron fuertes correlaciones que muestran que los patrones más diferentes al patrón inicial del sistema fueron generados por los participantes con los perfiles más altos de Inteligencias múltiples y más específicamente con los puntajes más altos en inteligencia espacial. Las correlaciones entre las paletas de color y los Estilos de aprendizaje no fueron suficientemente claras y requieren de una muestra más grande de participantes para lograr llegar a conclusiones más claras.

Por último, se analizaron las interfaces gráficas generadas a partir de la elección de estructuras gráficas y paletas de color. Las interfaces gráficas mostraron resultados mucho más únicos y personales que los obtenidos en los colores y en las estructuras gráficas por separado. Esto permite concluir que la prueba sí dio a los participantes la oportunidad de generar interfaces absolutamente personalizadas para su ambiente de aprendizaje.

## Capítulo VII. Conclusiones

### INTRODUCCIÓN

Actualmente son muy pocos los sistemas que ofrecen alguna opción de personalización y la personalización que ofrecen es muy limitada, dando al usuario un reducido número de paletas de color o dándole la opción de realizar cambios básicos sobre la presentación del contenido, tales como cambiar la distribución de los elementos entre retículas y listas. La personalización profunda de un sistema es un tema de gran relevancia y con un amplio potencial dentro de la interacción humano-computadora, como puede verse en el gran número de autores que lo han abordado. Sin embargo, este tema se ha trabajado únicamente de forma académica e incluso en su artículo, (Akiki, Bandara, & Yu, 2015) concluyen que actualmente no hay dentro de la literatura disponible un sistema o modelo de interfaces adaptativas que pueda aplicarse exitosamente a sistemas comerciales.

### APORTE COMPUTACIONAL

La principal aportación de esta investigación se realizó en el área de Interacción humano-computadora. Se propuso una metodología para el desarrollo de interfaces adaptativas a partir de un modelo de usuario basado en tres factores: preferencias personales, perfil de Inteligencias múltiples y perfil de Estilos de aprendizaje. Esta metodología sienta las bases para el desarrollo de sistemas adaptables, al igual que para la recolección de información de los perfiles y las preferencias de los usuarios.

Con base en la metodología propuesta se implementó un ambiente de aprendizaje llamado “PersonaLearning” y se realizaron las pruebas de la metodología en este ambiente. Se generó una base de datos inicial anónima, a partir de la cual fue posible analizar las



correlaciones entre las preferencias de los usuarios y sus perfiles de Inteligencias múltiples y Estilos de aprendizaje. Es importante mencionar que tanto la metodología como el ambiente desarrollado, “PersonaLearning”, pueden aplicarse o adaptarse a otros ambientes para ampliar la base de datos y realizar estudios más concluyentes. Para desarrollar interfaces adaptativas útiles es necesario realizar un análisis exhaustivo del modelo de usuarios para generar correlaciones confiables entre las propiedades de la interfaz gráfica y las preferencias identificadas según el perfil de cada usuario. Esto requiere una base de datos extensa generada con esta metodología para dar los resultados más óptimos.

El sistema para la prueba fue desarrollado con lenguajes de desarrollo web (HTML5, CSS3, JavaScript versión 1.8.5, jQuery versión 1.11.3, PHP versión 5.4 y MySQL versión 5.5.49) utilizando programación orientada a objetos y para el diseño del software se utilizaron diversos diagramas UML.

## OTRAS CONCLUSIONES

La metodología planteada en esta investigación puede aplicarse directamente a cualquier sistema. La implementación de estos pasos al proceso de desarrollo de un sistema, aunque implica un esfuerzo adicional de desarrollo, no modifica ni entorpece la lógica del sistema. Los resultados cuantitativos de la prueba (las calificaciones obtenidas por los participantes) fueron poco concluyentes debido a la influencia de muchos factores externos al ambiente de aprendizaje, esta variación fue notoria entre las diferentes materias, donde se vio un mucho mejor desempeño en la materia de AMSS sobre el obtenido en IM. Sin embargo, los datos cualitativos fueron consistentes entre los distintos grupos de participantes

y permiten concluir que la percepción del ambiente fue positiva y el proceso adaptable mejoró la experiencia de usuario.

El sistema desarrollado proporciona una estructura base de adaptabilidad de interfaces, debido a que da la opción al usuario de elegir la presentación y estructura de su interfaz de usuario, al igual que el tipo de contenidos que desee consultar en la plataforma. Como pudo verse en los resultados de la prueba, este proceso de adaptabilidad produjo ambientes de aprendizaje personalizados sumamente variados gracias a la diversidad en las interfaces generadas (paleta de colores y estructuras gráficas) y en los recursos de aprendizaje elegidos.

La finalidad de una interfaz adaptable es dar las herramientas necesarias al usuario para mejorar su experiencia con el sistema de acuerdo a sus preferencias y necesidades individuales. El sistema desarrollado fue exitoso en el ámbito de adaptabilidad al lograr generar experiencias de usuario individuales que obtuvieron una percepción positiva de los usuarios.

El modelo de usuarios propuesto en esta investigación fungió como puente entre el aspecto adaptable y el adaptativo de la propuesta. Las preferencias de los usuarios al elegir la paleta de colores, la estructura gráfica y el recurso de aprendizaje conformaron la parte adaptable, la cual, como se mencionó anteriormente, quedó comprobada satisfactoriamente. Los perfiles de Inteligencias múltiples y Estilos de aprendizaje del participante son el fundamento del aspecto adaptativo de la propuesta. Las recomendaciones de recursos de aprendizaje a partir del perfil del estudiante conformaron la adaptatividad práctica del sistema, el alto porcentaje de elección de los recursos recomendados validó la utilidad del proceso adaptativo en términos de los contenidos del sistema. El proceso adaptativo en las interfaces de usuario, derivado de la correlación entre las preferencias de los usuarios, sus

perfiles individuales, su desempeño en la prueba y sus opiniones, culminó en una base de datos inicial para la generación automatizada de interfaces gráficas. Sin embargo, dado el tamaño de la muestra disponible para la prueba del sistema y la gran cantidad de variables requeridas para la relación, esta base de datos aún resulta insuficiente para concluir con certeza sobre las relaciones entre las propiedades de las interfaces gráficas y las características del modelo de usuario.

## TRABAJO FUTURO

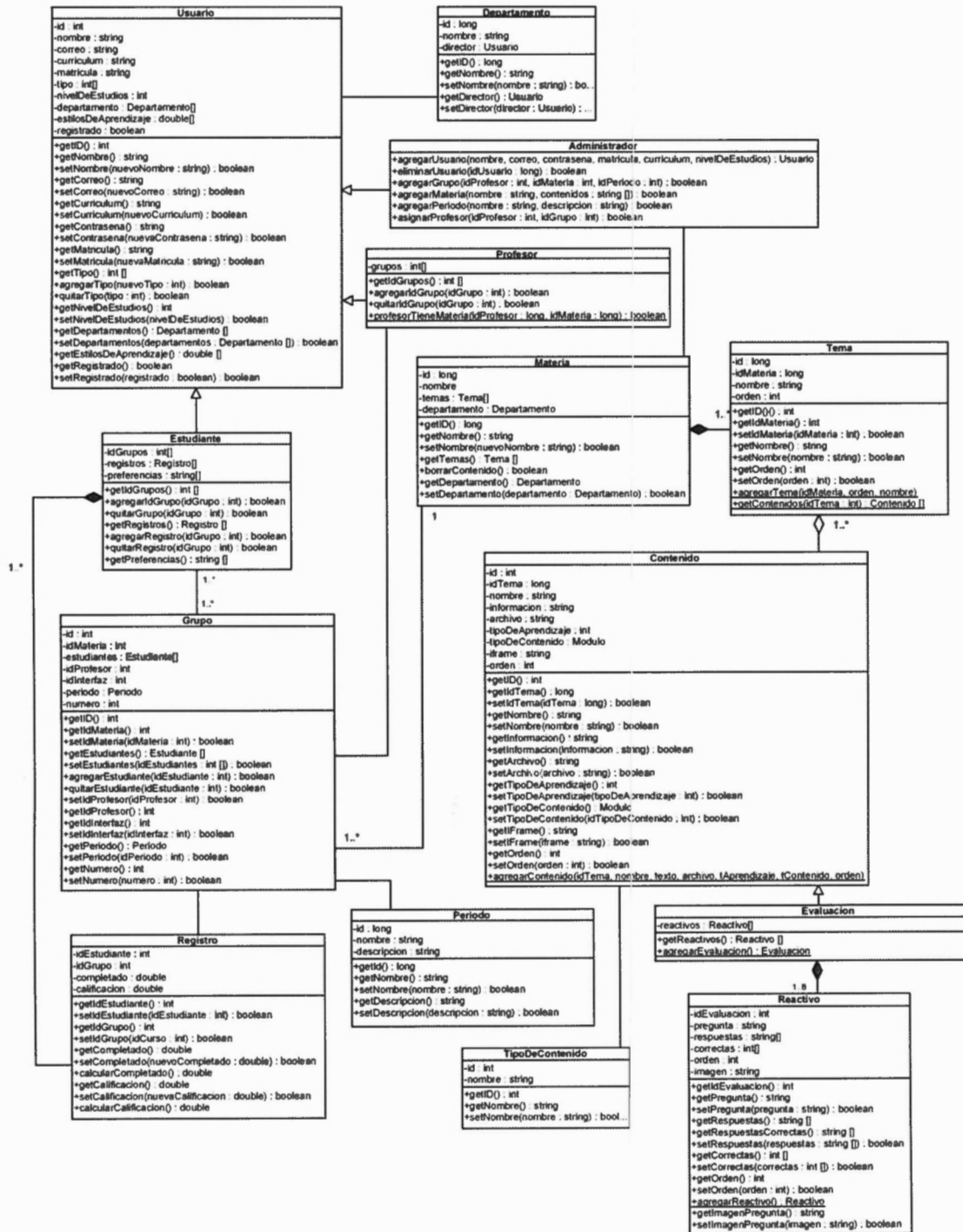
La implementación de esta metodología en otro tipo de sistemas trae consigo beneficios cada vez mayores. La adopción de la metodología por un sistema irá recolectando datos anónimos de sus usuarios que aportarán a la generación de un cuerpo de conocimiento sobre la correlación entre las preferencias de los usuarios y sus perfiles de Inteligencias múltiples y Estilos de aprendizaje, lo que permitirá crear e ir refinando un modelo genérico de interfaces adaptativas. Una vez que se tenga una base de conocimiento suficientemente amplia, el siguiente paso es iniciar un proceso de validación de las interfaces generadas para verificar y corregir el modelo. Con suficientes datos validados, este modelo puede generar interfaces de manera automática que se adapten en forma y contenido al perfil individual del usuario.

Para futuras aplicaciones del sistema es necesario realizar un estudio más profundo de la materia y los recursos proporcionados de manera que los resultados sean más consistentes entre distintos grupos de participantes, lo anterior incrementa la validez de los datos recolectados, debido a que no hay factores de falta de comprensión que sesguen la opinión de los participantes.

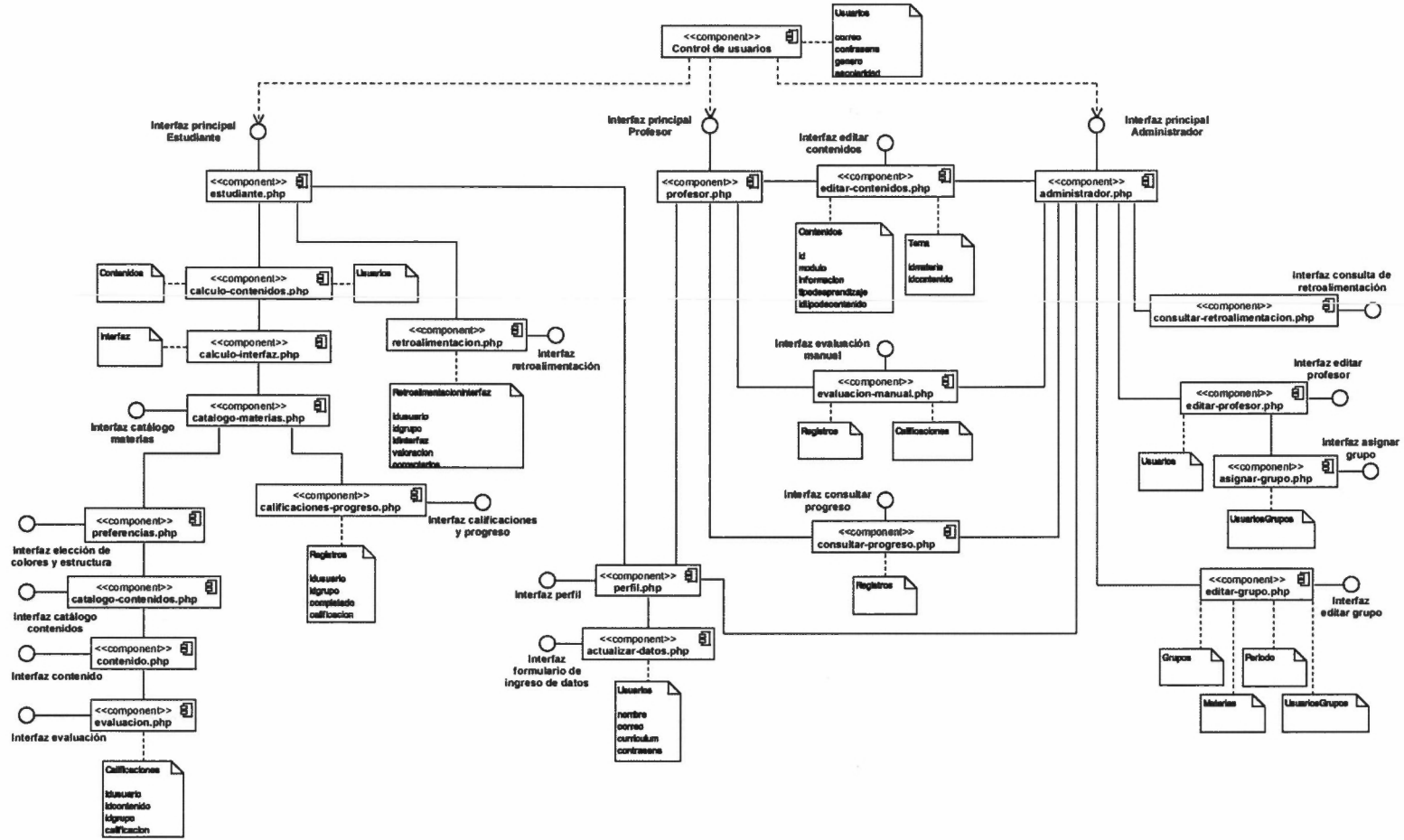
También podría agregarse un proceso de adaptación de las interfaces que tome más en cuenta el contexto de uso del mismo. Esta interfaz podría tomar en cuenta el tipo de tarea que está realizando el usuario, para determinar el nivel de atención requerido. También podría considerarse el dispositivo en que está utilizando el sistema, que tiene sus propias características y limitaciones de uso. Finalmente, el ambiente físico en que se encuentra el usuario, de manera que ofrezca adaptaciones a la interfaz de acuerdo al nivel de ruido, la cantidad de luz, entre otras variaciones. Este contexto también puede tomar en cuenta el estado anímico del usuario y realizar adaptaciones de acuerdo a eso.

Una segunda etapa de trabajo futuro, una vez que el modelo adaptativo haya sido validado, es el desarrollo de una metodología de interfaces inteligentes, que a partir de la interfaz inicial que se genere realice adaptaciones de acuerdo al estilo de interacción y preferencias individuales del usuario.

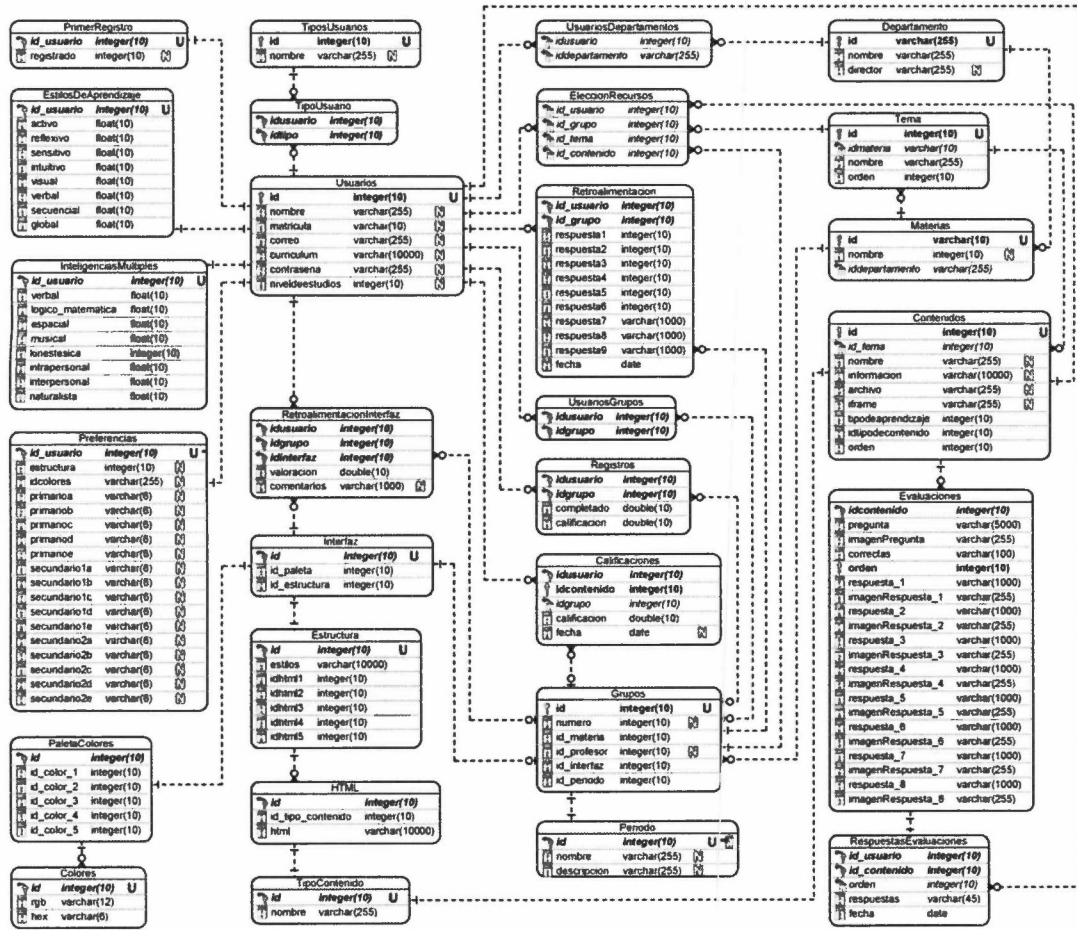
Anexo A – Diagrama de clases



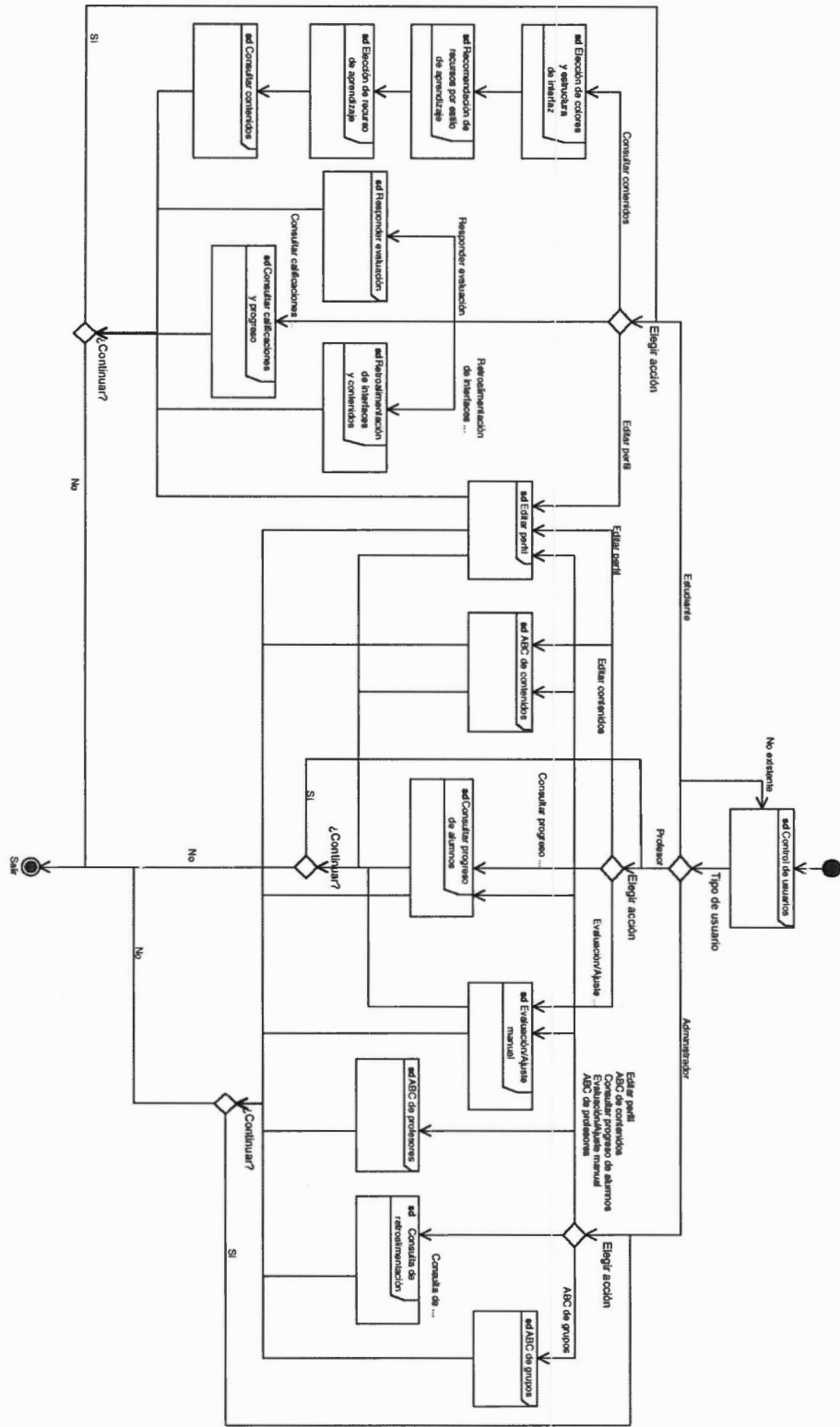
# Anexo B – Diagrama de componentes



## Anexo C – Diagrama de entidad-relación



## Anexo D – Diagrama de interacción global

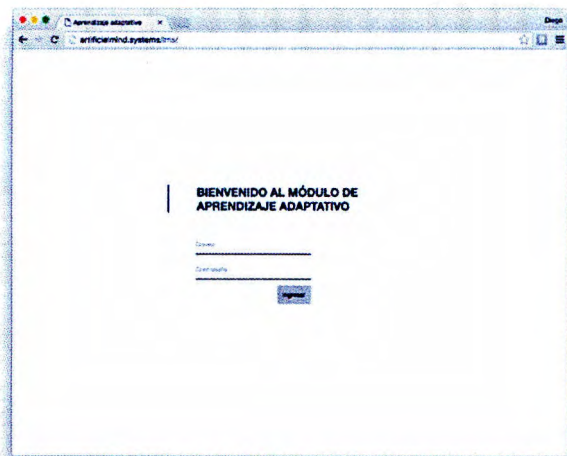




## Anexo E – Manual de operación de ambiente de aprendizaje

# APRENDIZAJE ADAPTATIVO

### Manual de uso



### I. INGRESO

Para ingresar al sistema es necesario ir a la siguiente lga:

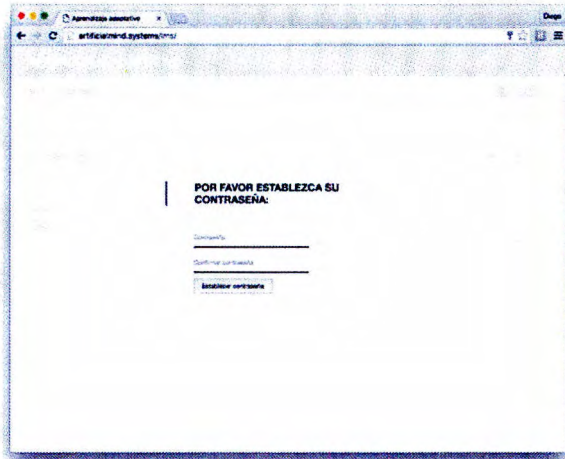
<http://artificialmind.systems/ims>

Una vez ahí es necesario ingresar con su correo Institucional:

matrícula (con A mayúscula) + @itesm.mx

La contraseña temporal que se le asignó a todos es la siguiente:

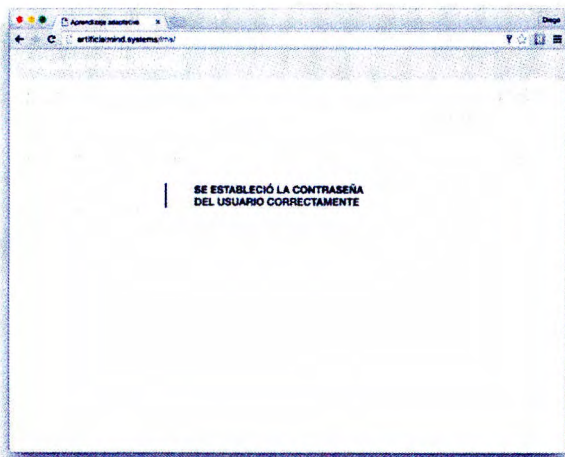
temp



## II. ESTABLECER CONTRASEÑA

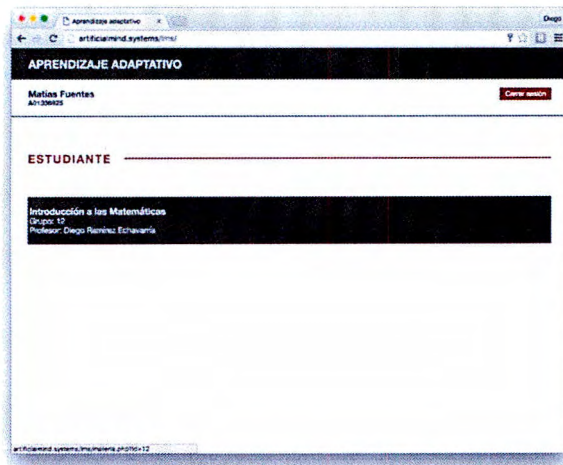
Una vez dentro del sistema es necesario establecer una contraseña permanente.

Esta contraseña debe constar de al menos 8 caracteres.



## II. ESTABLECER CONTRASEÑA

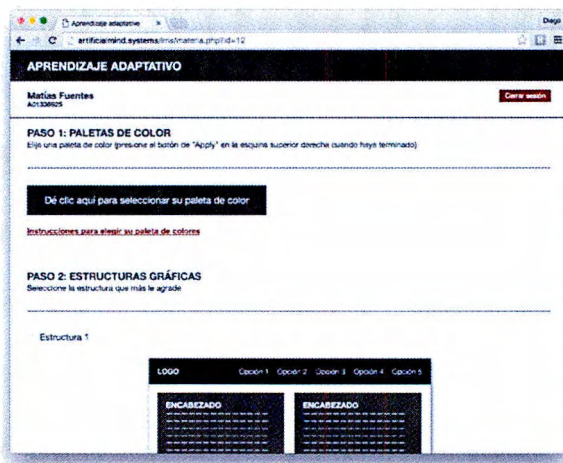
Cuando se indique una contraseña que cumpla con los requerimientos aparecerá una pantalla de confirmación que desaparecerá tres segundos después.



### III. SELECCIONAR MATERIA

La pantalla principal del sistema muestra la información del alumno, la opción de cerrar sesión y la lista de materias en las que está dado de alta dentro del sistema.

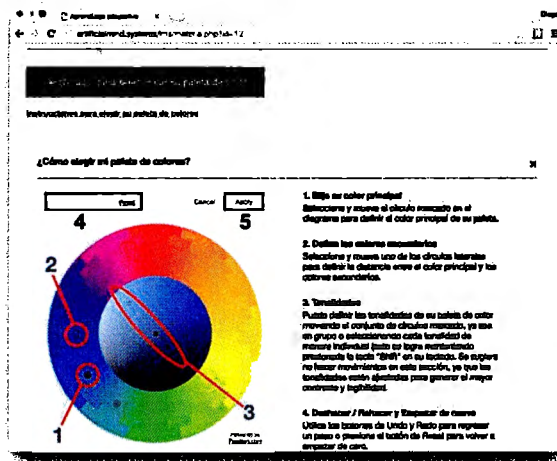
Se debe dar clic en el nombre de la materia para acceder a los contenidos.



### IV. SELECCIONAR COLORES

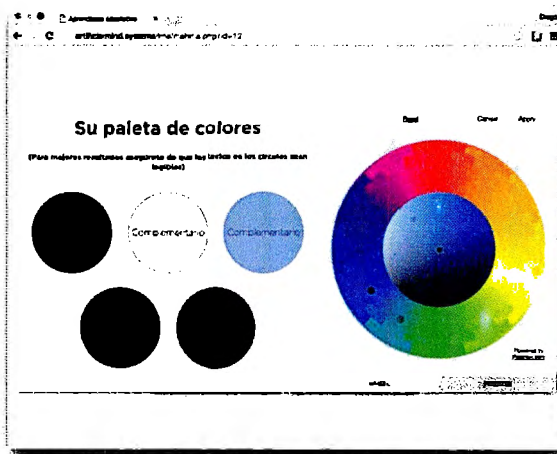
La primera pantalla de la materia es la sección de preferencias gráficas.

Lo primero que se debe hacer es seleccionar la paleta de color. Para hacer esto es necesario dar clic en el botón que dice "Dé clic aquí para seleccionar su paleta de color"



IV. SELECCIONAR COLORES

Debajo de este botón hay un texto en rojo que dice "Instrucciones para elegir su paleta de colores" que indica los pasos a seguir para seleccionar la paleta de colores.



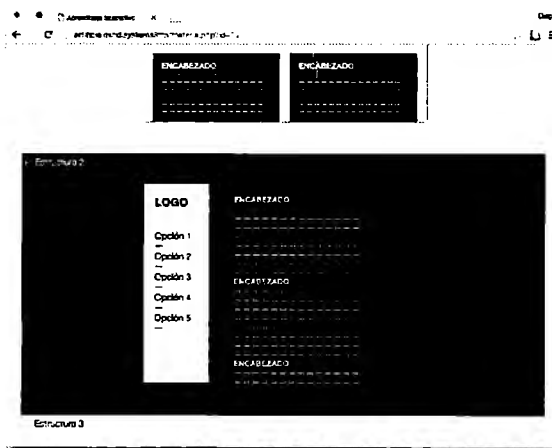
IV. SELECCIONAR COLORES

El apartado para seleccionar la paleta de colores se verá como en esta imagen. Es importante poner atención a los colores indicados en el lado izquierdo, ya que serán los que se aplicarán a la interfaz de usuario.



#### IV. SELECCIONAR COLORES

Una vez que haya seleccionado la paleta de colores, ésta se verá reflejada en las estructuras disponibles. En caso de no estar satisfecho con la selección es posible repetir el proceso las veces que sea necesario.

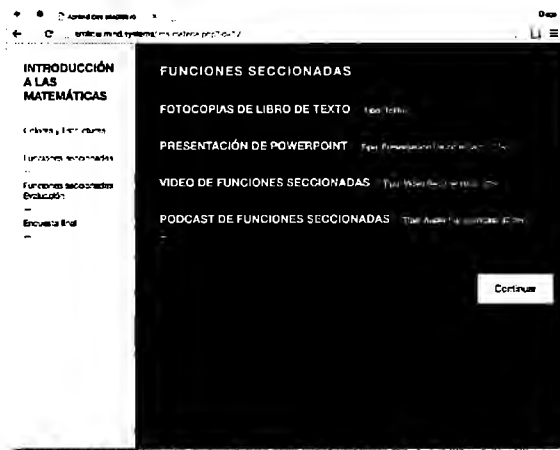


#### V. SELECCIONAR ESTRUCTURA

Hay cuatro opciones de estructuras gráficas a elegir a las que se aplica la paleta de colores seleccionada en el paso anterior.

Para seleccionar una sólo es necesario dar clic sobre ella.

Una vez que se haya terminado de elegir la paleta de colores y la estructura gráfica se puede continuar al siguiente paso. Para hacer esto se debe presionar el botón de Continuar que aparece en la parte inferior.

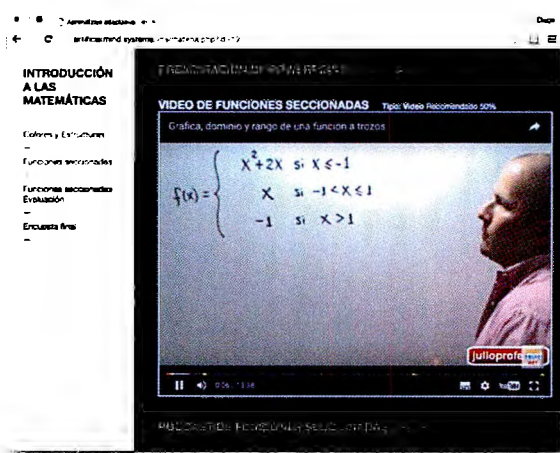


## VI. SELECCIONAR Y CONSULTAR RECURSO DE APRENDIZAJE

En la sección de contenidos aparecen las cuatro opciones de recursos de aprendizaje disponible: Texto, Presentación, Video y Audio.

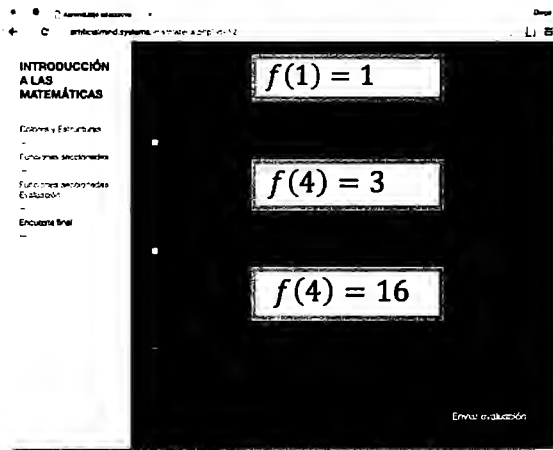
En cada recurso aparece qué tan recomendable es ese tipo de recurso para el estudiante a partir de su estilo de aprendizaje.

Para seleccionar un recurso hay que dar clic sobre el nombre del mismo.



## VI. SELECCIONAR Y CONSULTAR RECURSO DE APRENDIZAJE

Al terminar de consultar y estudiar el recurso de aprendizaje se puede continuar a la evaluación con el botón de Continuar que se encuentra en la parte inferior.

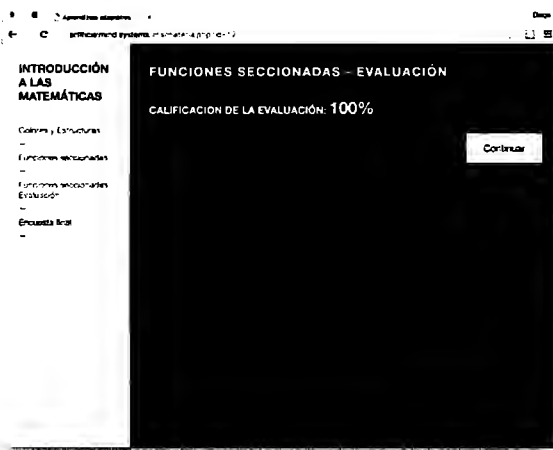


## VI. EVALUACIÓN DEL TEMA

En la sección de evaluación aparecerán 5 preguntas de opción múltiple. Es necesario responder todas antes de continuar.

Para seleccionar una opción sólo se debe presionar sobre ella. Para deseleccionar una opción se presiona una segunda vez.

Al terminar la evaluación se debe presionar el botón de Enviar evaluación.



## VI. EVALUACIÓN DEL TEMA

Tras dar clic al botón de Enviar evaluación se llega a una pantalla en la que unos segundos después aparecerá la calificación obtenida en la evaluación.

Después de consultar la calificación se debe presionar al botón de Continuar.

The screenshot shows a web browser window with the URL 'artificialmind.systems/matemáticas.php?id=12'. The page is titled 'CUESTIONARIO DE OPINIÓN' and contains three questions with radio button options:

**INTRODUCCIÓN A LAS MATEMÁTICAS**

- Colores y Estructuras
- Funciones seccionadas
- Funciones seccionadas
- Evaluación
- Encuesta final

**CUESTIONARIO DE OPINIÓN**

¿Mejora tu experiencia de aprendizaje elegir la estructura y la paleta de colores de tu interfaz de usuario?

- Mucho
- Algo
- Nada

¿Mejora tu humor y tu disposición de aprendizaje la paleta de colores que elegiste?

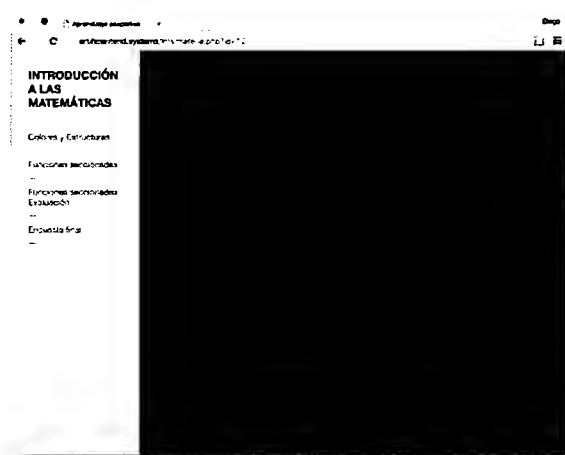
- Mucho
- Algo
- Nada

¿La estructura seleccionada ayuda en la navegación de contenidos?

- Mucho
- Algo

## VII. CUESTIONARIO DE OPINIÓN

Para terminar el ejercicio es necesario completar un breve cuestionario de opinión. Deben responderse todas las preguntas.



## VII. CUESTIONARIO DE OPINIÓN

Al enviar el cuestionario de opinión aparece una pantalla de agradecimiento, con la que concluye el ejercicio.

Para cualquier duda, comentario o problema pueden ponerse en contacto conmigo por mi correo electrónico:

diegoraech@gmail.com



### **Anexo F – Algoritmo de recomendación de recursos de aprendizaje**

Este algoritmo toma en cuenta los estilos de aprendizaje al momento de recomendar un recurso de aprendizaje. Cada estilo de aprendizaje queda normalizado en la base de datos de manera que se le asocie un número entre 0 y 1.

Dado que los valores son positivos y negativos, de -11 a 11, para denotar un estilo o su estilo complementario, la normalización se hace dividiendo los valores entre 11. En caso de que el valor caiga dentro del campo del estilo complementario, este recibirá un valor de 0 en el estilo actual. Ejemplo:

Activo (-11) - Reflexivo (11)

- Valor del alumno: -2
- Valor Activo normalizado: 0.18
- Valor Reflexivo normalizado: 0

Una vez que se tienen los datos normalizados se realiza una sumatoria de los valores ponderados obtenidos para cada uno de los estilos de aprendizaje. Ejemplo:

- Estilos de aprendizaje: ponderación de recursos de aprendizaje
  - Activo: Video (1) y Podcast (1)
  - Reflexivo: Narrativo (1) y PPT (1)
  - Sensitivo: Video (1) y Podcast (1)
  - Intuitivo: Narrativo (1) y PPT (1)
  - Secuencial: Video (1) y Podcast (1)
  - Global: Narrativo (1) y PPT (1)
  - Visual: Video (1) y PPT (1)

- Verbal: Narrativo (1) y Podcast (1)
- Video
  - Activo:  $0.18 \times 1 = 0.18$
  - Reflexivo:  $0 \times 0 = 0$
  - Sensitivo:  $0.3 \times 1 = 0.3$
  - Intuitivo:  $0 \times 0 = 0$
  - Secuencial:  $0 \times 1 = 0$
  - Global:  $0.5 \times 0 = 0$
  - Visual:  $0.6 \times 1 = 0.6$
  - Verbal:  $0 \times 0 = 0$
- Podcast
  - Activo:  $0.18 \times 1 = 0.18$
  - Reflexivo:  $0 \times 0 = 0$
  - Sensitivo:  $0.3 \times 1 = 0.3$
  - Intuitivo:  $0 \times 0 = 0$
  - Secuencial:  $0 \times 1 = 0$
  - Global:  $0.5 \times 0 = 0$
  - Visual:  $0.1 \times 0 = 0$
  - Verbal:  $0 \times 1 = 0$
- Narrativo
  - Activo:  $0.18 \times 0 = 0$
  - Reflexivo:  $0 \times 1 = 0$
  - Sensitivo:  $0.3 \times 0 = 0$

- Intuitivo:  $0 \times 1 = 0$
  - Secuencial:  $0 \times 0 = 0$
  - Global:  $0.5 \times 1 = 0.5$
  - Visual:  $0.1 \times 0 = 0$
  - Verbal:  $0 \times 1 = 0$
- PPT
    - Activo:  $0.18 \times 0 = 0$
    - Reflexivo:  $0 \times 1 = 0$
    - Sensitivo:  $0.3 \times 0 = 0$
    - Intuitivo:  $0 \times 1 = 0$
    - Secuencial:  $0 \times 0 = 0$
    - Global:  $0.5 \times 1 = 0.5$
    - Visual:  $0.1 \times 1 = 0.1$
    - Verbal:  $0 \times 0 = 0$

Una vez que se tienen el valor de la sumatoria se recomiendan los recursos de acuerdo a su valor, de mayor a menor:

- Video:  $0.18 + 0 + 0.3 + 0 + 0 + 0 + 0.6 + 0 = 1.08$
- Podcast:  $0.18 + 0 + 0.3 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0.48$
- Narrativo:  $0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0.5 + 0 + 0 = 0.5$
- PPT:  $0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0.5 + 0.1 + 0 = 0.6$

## Anexo G – Evaluación de Introducción a las matemáticas

1. Indica la proposición verdadera si

$$f(x) = \begin{cases} x + 1 & \text{si } x < 1 \\ 2x & \text{si } x > 1 \end{cases}$$

- a)  $f(4) = 8$
- b)  $f(-1) = \text{No existe}$
- c)  $f(1) = 2$
- d)  $f(4) = 5$

2. Traza la gráfica para obtener el dominio y la imagen. Indica la opción correcta

$$f(x) = \begin{cases} x + 1 & \text{si } 0 < x \leq 1 \\ x - 1 & \text{si } x > 1 \end{cases}$$

- a)  $D_f = (-\infty, \infty)$        $I_f = (-\infty, 0]$
- b)  $D_f = (0, \infty)$        $I_f = (0, \infty)$
- c)  $D_f = (-\infty, 0]$        $I_f = (0, \infty)$
- d)  $D_f = (0, \infty)$        $I_f = [1, \infty)$

3. Traza la gráfica para obtener el dominio y la imagen. Indica la opción correcta

$$f(x) = \begin{cases} x^2 & \text{si } x \leq 1 \\ x & \text{si } x > 1 \end{cases}$$

- a)  $D_f = (-\infty, \infty)$        $I_f = (-\infty, \infty)$
- b)  $D_f = (0, \infty)$        $I_f = [1, \infty)$
- c)  $D_f = (-\infty, 0]$        $I_f = (0, \infty)$
- d)  $D_f = (-\infty, \infty)$        $I_f = [0, \infty)$

4. Traza la gráfica para obtener el dominio y la imagen. Indica la opción correcta

$$f(x) = \begin{cases} x^2 + 1 & \text{si } x \leq 0 \\ x & \text{si } x > 0 \end{cases}$$

- a)  $D_f = (-\infty, \infty)$        $I_f = (0, \infty)$
- b)  $D_f = (0, \infty)$        $I_f = [1, \infty)$
- c)  $D_f = (-\infty, 0]$        $I_f = (0, \infty)$
- d)  $D_f = (-\infty, \infty)$        $I_f = [0, \infty)$

5. Indica la proposición verdadera si

$$f(x) = \begin{cases} x^2 & \text{si } x < 1 \\ 3 & \text{si } x = 1 \\ 1 + \sqrt{x} & \text{si } x > 1 \end{cases}$$

- a)  $f(3) = 1$
- b)  $f(1) = 1$
- c)  $f(4) = 3$
- d)  $f(4) = 16$

Respuestas correctas: ABDAC

## **Anexo H – Evaluación de Análisis y modelación de sistemas de software**

1. ¿Cuál de las siguientes actividades NO se ve beneficiada al tener claros los requerimientos?
  - a. La estimación de su costo.
  - b. La estimación del tiempo para diseñarlo/programarlo.
  - c. La estimación del financiamiento que requiere el proyecto
  - d. La decisión sobre desarrollarlo nosotros, subcontratar o comprar
2. ¿Cuál de las siguientes NO es característica de un documento SRS
  - a. Usable
  - b. Completo
  - c. Consistente
  - d. Ordenado con base en importancia y/o estabilidad
3. ¿Cuál de las siguientes es una actividad del alcance?
  - a. Dar las definiciones de todos los términos, acrónimos y abreviaturas que sean pertinentes para interpretar apropiadamente el SRS.
  - b. Describir para qué se aplicará el software, incluyendo sus beneficios relevantes, objetivos, y metas.
  - c. Identificar cada documento mediante su título, número de reporte, fecha, y organización que lo publicó.

d. Especificar las fuentes o sitios de las cuales pueden obtenerse los documentos referenciados.

4. ¿A qué subsección de la sección 2 del SRS 830 pertenece las diversas especificaciones de interfaces (de sistema, usuario, software, hardware, comunicaciones, etc.).

a. Perspectiva del software

b. Funciones del software

c. Características del usuario

d. Restricciones

5. ¿Cuál de las siguientes NO es una actividad de la sección 3 Requerimientos Específicos

a. Funciones

b. Requisitos de desempeño

c. Requisitos lógicos de base de datos

d. Limitantes de uso de memoria

Respuestas correctas: CABAD

## REFERENCIAS

- Accessibility and Usability at MIT*. (2016, septiembre 2). Retrieved from <https://ux.mit.edu/>
- Ahmad, S., Rahman, M., Umar, M. S., & Khan, M. H. (2015). A novel framework for adaptive user interface. *2015 Communication, Control and Intelligent Systems (CCIS)* (pp. 427-432). IEEE.
- Akiki, P. A., Bandara, A. K., & Yu, Y. (2013). RBUIS: simplifying enterprise application user interfaces through engineering role-based adaptive behavior. *Proceedings of the 5th ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems*, 3-12.
- Akiki, P. A., Bandara, A. K., & Yu, Y. (2015). Adaptive model-driven user interface development systems. *ACM Computing Surveys*.
- Alexa Internet Inc. (2016). *Alexa*. Retrieved from <http://www.alexa.com/topsites>
- Andreyev, S. (2012). Fixed interfaces, adaptive interfaces... What is next? Total movability – a new paradigm for the user interface. *arXiv preprint arXiv:1208.0408*.
- Brusilovsky, P., & Schwarz, E. (1997). User as Student: Towards an Adaptive Interface for Advanced Web-Based Applications. *User Modeling*, 177-188.
- Dix, A. (2009). *Human-computer interaction*. Springer US.
- Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and Teaching Styles: In Engineering Education. *Engineering education* 78(7), 674-681.
- Frick, T., Elder, M., Hebb, C., Wang, Y., & Yoon, S. (2005). Adaptive Usability Evaluation of Complex Web Sites: How Many Tasks? *Indiana University, WW Wright Education*, 47405-1006.
- Gardner, H. (1993). *Inteligencias Múltiples: La teoría en la práctica*. Paidós.
- Gargallo, B., Suárez-Rodríguez, J. M., & Pérez-Pérez, C. (2009). El cuestionario CEVEAPEU. Un instrumento para la evaluación de las estrategias de aprendizaje de los estudiantes universitarios. *RELIEVE (Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa)* v. 15, n. 2.
- Graham, C. R. (2006). Blended Learning Systems. In C. J. Bonk, & C. R. Graham, *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs* (pp. 3-21). John Wiley & Sons.
- Gullà, F., Cavalieri, L., Ceccacci, S., Germani, M., & Bevilacqua, R. (2015). Method to design adaptable and adaptive user interfaces. *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 19-24). Springer International Publishing.
- HCI Glossary*. (2014, septiembre 15). Retrieved from <http://hcglossary.id.tue.nl/index.php?location=home>
- Jason, B., Calitz, A., & Greyling, J. (2010). The evaluation of an adaptive user interface model. *Proceedings of the 2010 Annual Research Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists* (pp. 132-143). ACM.



- Khan, K., & Sahai, A. (2012). A Glowworm Optimization Method for the Design of Web Services. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 89-102.
- Kolekar, S. V., Sanjeevi, S. G., & Bormane, D. S. (2011). Acquisition of User's Learning Styles Using Log Mining Analysis through Web Usage Mining Process. *Intelligent Decision Technologies*, 809-819.
- Kolekar, S., Pai, R. M., & Pai, M. (2015). Adaptive user interface for e-learning applications based on learning styles using Web Logs analysis: A hybrid cloud architecture. *TENCON 2015-2015 IEEE Region 10 Conference* (pp. 1-6). IEEE.
- Kruchten, P. (1999). *Rational Unified Process: An Introduction*. Addison-Wesley.
- Langley, P. (1999). User Modeling in Adaptive Interfaces. *Proceedings of the Seventh International Conference on User Modeling* (pp. 357-370). Banff, Alberta: Springer.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*.
- Macik, M. (2012). Context model for ability-based automatic UI generation. *2012 IEEE 3rd International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*.
- Motti, V. G., & Vanderdonckt, J. (2013). A Computational Framework for Context-aware Adaptation of User Interfaces. *IEEE 7th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS)* (pp. 1-12). IEEE.
- Noguez, J. J., Escárcega, D. A., & Escobar, D. (2015). Validación de instrumento para Inteligencias Múltiples y Estrategias de Aprendizaje. *II Congreso Internacional de Innovación Educativa – Ponencia de Proyectos de Innovación*. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey.
- Paletton.com*. (2015, septiembre 4). Retrieved from <http://paletton.com/>
- Quiroz, J. C. (2007). *Interactively Evolving User Interfaces*. Reno: (Doctoral dissertation), University of Nevada.
- Reinecke, K., & Bernstein, A. (2011). Improving performance, perceived usability, and aesthetics with culturally adaptive user interfaces. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 18(2),8.
- Troiano, L., & Birtolo, C. (2014). Genetic algorithms supporting generative design of user interfaces: Examples. *Information Sciences*, 433-451.
- Usability.gov*. (2014, septiembre 15). Retrieved from User Experience Basics: <https://www.usability.gov/what-and-why/user-experience.html>