

Evaluación inteligente de interfaces

Interfaces intelligent assessment

Christian Benavides*

Fecha de recepción: 1 de febrero de 2013

Fecha de aceptación: 30 de abril de 2013

Resumen

Una de las principales causas del fracaso de algunas aplicaciones de realidad virtual en 3D, es no poder evaluar eficientemente la atención o *gusto* del usuario final frente a la aplicación desarrollada, esto usualmente debido a problemas de costos para evaluación o simplemente porque los estándares no están muy bien de nichos, logrando as aplicaciones particulares que tras su baja demanda quedan rezagadas. De esta forma este artículo propone una manera de evaluación automática haciendo programación estocástica que tras su aplicación puede ser considerada de bajo costo. Finalmente se muestran algunas pruebas y la confrontación estadística de los resultados.

Palabras clave

Programación estocástica, dass-21, realidad virtual, análisis cualitativo.

Abstract

One of the main causes of failure of some applications of 3D virtual reality, is not able to efficiently evaluate care or end-user ease in front of the application developed, this is usually due to problems assessment costs or simply because the standards are not nests very well, achieving particular applications as low demand after lag behind. Therefore, this article proposes a way of automatic evaluation by stochastic programming after application can be considered inexpensive. Finally we show some statistical evidence and the confrontation of the results.

Keywords

Stochastic Programming, dss-21, virtual reality, qualitative analysis.

1. Introducción

Actualmente los procesos de interacción hombre maquina y su unión con los ambientes virtuales (3D), han dispuesto de un sinnúmero de aplicaciones para que un usuario final: aprenda, trabaje o se divierta, haciendo lo mejor posible para que se maximice la permanencia y el gusto en las mismas aplicaciones. Pero analizar el *gusto* que permita tomar decisiones para asegurar la permanencia de los usuarios se ha convertido en una tarea complicada [4] y muchas veces inexacta, ya que la mayoría de mecanismos de evaluación que se conocen son guiados, es decir haciendo uso de encuestas, entrevistas o guías de aceptación, que frecuentemente dependiendo del estado de ánimo del evaluado, se puede considerar útil la información que produce, este es el problema que solo un pequeño porcentaje de la información indagada es tomada en cuenta [15].

A esto se le une que los procedimientos de evaluación son costosos debido al alto requerimiento de personal capacitado, que usualmente solo evalúa un pequeño grupo de la población objetivo. Esto ha llevado que los desarrolladores en busca de rápidos productos debido al alto nivel de competencia y bajos recursos, empiecen a obviar la fase de evaluación, lo que ha impreso en el mercado el riesgo la estabilidad de muchas empresas, un panorama actual que hace que tan solo 1 de 10 aplicaciones sea exitosa. Es así que en busca de soluciones surgen otros mecanismos de evaluación de característica automatizada, es decir soportados por dispositivos físicos colocados sobre el usuario evaluado, tales como mecanismos de seguimiento de la pupila [18] [4] [14] o guantes especiales para determinar gestos en las manos [19]. Aunque estos mecanismos son muy exactos llegan a ser costosos e invasivos [17], donde además del estrés y cansancio, de nuevo solo

se puede evaluar a un conjunto muy pequeño de personas.

Bajo el modelo de encontrar mecanismos no invasivos, económicos y masivos, se plantea como alternativa para este trabajo recurrir a mecanismo de predicción y decisión por programación estocástica, que tras recoger sistemáticamente emociones y definir posibles técnicas de interacción por usar, se pueda establecer el mejor escenario para un usuario determinado de manera que tras evaluar a un grupo grande de usuarios expertos o no se pueda definir rápidamente los mejores escenarios de una aplicación por desarrollar.

Para cumplir con la meta trazada este documento mostrara en su primer apartado el estado del arte del arte como base de la toma de decisiones del modelo a construir, seguidamente se definirá la propuesta de desarrollo y se implementara una la solución. Finalmente se mostrara resultados y conclusiones.

2. Estado del arte

Para definir el estado del arte del proyecto se consideran tres posibles escenarios: la definición de las variables de decisión, los parámetros de medición y los parámetros de interacción.

2.1 Variables de decisión

Definir un modelo estocástico depende de cómo se definan las variables de decisión que serán parte del problema a desarrollar de este modo Mendoza *et al.* [10], tras evaluar la experiencia de usuarios en un ambiente de realidad virtual de rehabilitación, concluyen que lo importante de un ambiente virtual es mantener la atención de los usuarios, la cual está directamente relacionada con la cantidad de estrés provista por los mecanismos

de interacción en la aplicación virtual, sus estudios cualitativos culminan considerando la premisa “A mayor interacción menor stress y mayor atención”.

Durante el mismo año Toni Vanhala *et al.* [16] buscaron estímulos en ambientes sociales de interacción 3D mediante dispositivos de *Bio-feedback* y relacionaron los conceptos de la ansiedad y la depresión, de forma que define que estos dos estados forman de las actitudes de realimentación frente a los mecanismos interacción que usan comúnmente los usuarios en entornos virtuales. Este estudio también cualitativo permite delimitar los estados anímicos a las expresiones faciales que representan emociones de los usuarios.

Ratificando las premisas anteriores dos estudios complementarios Koelstra [6] y [11] haciendo uso del reconocimiento del rostro por una cámara web y por biosensores respectivamente justifican que el nivel de satisfacción o estrés en un gran porcentaje (88 %) puede ser reflejado por el comportamiento de los labios y los ojos que forman una emoción. La definición de estos trabajos permite clasificar las emociones en dieciséis reconocibles por un computador: orgullo, euforia, alegría, satisfacción, alivio, esperanza, interés, sorpresa, tristeza, miedo, vergüenza, culpa, envidia, asco, desprecio e ira.

2.2 Parámetros de medición

Si se abstraen las características anteriores se puede establecer como parámetros de decisión: el estrés, la ansiedad, la depresión, las emociones, y los mecanismos de interacción, que apoyan directamente a definir la atención de los usuarios en ambientes virtuales 3D. Pero cabe resaltar que sus estudios son cualitativos, entonces es importante para la meta de este proyecto definir parámetros de medición.

De este modo es [8] el que define la escala de estrés, depresión y ansiedad (DASS-21) un test psicológico que componen de veintinueve preguntas divididas en tres bloques de siete preguntas que pueden ser evaluadas de

Tabla 1: DASS-21

Severidad	Depresión	Ansiedad	Estrés
Normal	0-9	0-7	10-14
Media	10-13	8-9	15-18
Moderada	14-20	10-14	19-25
Severa	21-27	15-19	26-33
Extrema	+28	20	34

Fuente: elaboración propia.

cero a tres. Los resultado sumatorios de los bloques definen el estado ánimo de persona, como se muestra en la tabla 1.

Más adelante Fredrickson [3] en busca de cuantificar el estado anímico de sus pacientes propone una escala de emociones definida por el nivel de comportamiento (negativas y positivas) y las implicaciones anímicas de las emociones en las personas (tabla 2), su

Tabla 2: Escala de Fredrickson

Emoción	Factor
Diversión	1
Asombro	4
Agradecimiento	8
Esperanza	11
Inspiración	12
Interés	13
Alegría	14
Amor	15
Orgullo	16
Calma	0
Enojo	2
Vergüenza ligera	3
Desprecio	5
Asco	6
Vergüenza	7
Culpa	9
Odio	10
Tristeza	17
Miedo	18
Incertidumbre	19

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1: DASS-21

Severidad	Depresión	Ansiedad	Estrés
Normal	0-28	0-26	0-33
Media	29-32	27-28	34-37
Moderada	33-39	29-33	38-44
Severa	40-46	34-38	45-52
Extrema	47	39	53

Fuente: elaboración propia.

definición permite por cada emoción tener un factor de relación que puede aplicar la escala de DASS-21 as como se muestra en la tabla 3. Esta consideración final se cumple si la emoción se relaciona como otra pregunta a evaluar en el test de DASS-21 y de implicación general a los niveles de depresión, estrés y ansiedad.

2.3 Parámetros de interacción

Anteriormente se denotaba que para mantener la atención en un usuario se hace necesario tener en cuenta para cada escenario las técnicas de interacción son las que influyen en el estado anímico de las personas. De manera que se hace útil definir aquellas generales que pueden tener un impacto sobre el estado de las personas.

Cuando se trata de definir este parámetro se estudian veinte aplicaciones de realidad virtual documentadas del entorno psicológico y médico, a partir de las cuales se abstrae las características de interacción más importantes que hacen un cambio anímico en las personas, como se muestra en la tabla 4.

3. Propuesta de desarrollo

Después de analizar las variables que afectan la toma de decisiones, sus escalas y métricas definidas por el estado del arte, se recurre a realizar una propuesta que apoye a mejorar los niveles de evaluación en

Tabla 4. Características de interacción

Característica de interacción	Aplicaciones que lo usan
Rumbo	5
Dirección	5
Volar	2
Tocar	3
Experiencia colaborativa	5
No invasivo	4
Invasivo	8
Colores	3
Entorno ambiental	3
<i>Luz ambiente</i>	
<i>Textura</i>	
<i>Nubes</i>	
<i>Viento</i>	
<i>Tierra</i>	
Realizar tareas	5
Diálogo por voz	1
Campo de visión	3
Bio-feedback	4
<i>Frecuencia cardiaca</i>	
<i>La presión arterial</i>	
<i>La conductancia de la piel</i>	
<i>Profundidad torácica</i>	
Sonidos	4
<i>Efectos de reverberación</i>	
<i>Ecuilibración</i>	
<i>Filtros</i>	
<i>Volumen</i>	
Caminar	4
<i>Diagonal</i>	
<i>Paso lateral</i>	
<i>Vuelta</i>	
<i>Sentarse</i>	
<i>Omnidireccional</i>	
<i>Unidireccional</i>	
Uso de gestos	1
Dispositivos	2
<i>Realimentación vibratoria</i>	
Tutor virtual	3
Olfativo	3
Imágenes	3
Música	3

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Definición de aportes

Característica de interacción	Total estrés	Total ansiedad	Total depresión
Diálogo por voz	5	5	3
Uso de gestos	5	4	4
Volar	5	5	5
Dispositivos	6	4	3
Tocar	5	4	3
Colores (RGB)	5	4	4
Entorno ambiental	4	6	5
Campo de visión	4	7	5
Tutor virtual	7	5	4
Olfativo	6	3	5
Imágenes	4	6	4
Música	5	6	4
Bio-feedback	7	4	3
Sonidos	4	4	4
Caminar	7	6	5
Rumbo	5	5	3
Dirección	6	5	3
Experiencia colaborativa	6	4	5
Realizar tareas	5	5	3
Instructivo	4	6	4

Fuente: elaboración propia.

ambientes virtuales en 3D. Para lo cual se realiza un trabajo en 3 fases.

3.1 Fase 1: determinación de aportes

Teniendo en cuenta que cada escenario de un ambiente virtual depende de las características de interacción usada, se es posible desde el punto de vista psicológico determinar su aporte al estado anímico de un usuario, de tal forma que cada característica de interacción pueda ser tomada como un escenario independiente, al cual se puede aplicar DASS-21 para conocer su efecto sobre los niveles de estrés, ansiedad y depresión.

Para obtener la información necesaria se recurre a analizar los documentos de soporte de estas características de interacción, reco-

giendo la información cualitativa que puede ser relacionada con los efectos de DASS-21, finalmente se suman los efectos relacionados, obtenido as los aportes respectivos por cada técnica de interacción, como se muestra en la tabla 5.

Tras tener de nidos los aportes hay que tener en cuenta:

- Los aportes son cualitativos de t formas que aun no están evaluados, por lo tanto se requiere valorarlos en una escala de 0 a 3 como los relaciona DASS-21.
- La valoración de los aportes es equitativa,

$$V_{estres}^T = c_s^T * \sum_{i=0}^S P_i$$

$$V_{ansiedad}^T = c_a^T * \sum_{i=0}^A P_i \quad (1)$$

$$V_{depression}^T = c_d^T * \sum_{i=0}^D P_i$$

Sujeto a

$$0 \leq \sum_{i=0}^{S,D,A} P_i \leq 7$$

$$0 \leq c_{s,d,a}^T \leq 3$$

$P_i = \{0, 1\} = \text{Presencia o no de la cualidad}$

Es decir el valor del estrés, la ansiedad o la depresión para mecanismos de interacción T es igual a la valoración (c) del mecanismo por la suma del numero de preguntas que aportan a esa característica en estrés (S), ansiedad(A) y depresión (D).

- La cantidad sumada de la valoración por cada variable de decisión no puede ser mayor a 42.

$$V_{estres}^T = \sum_{i=0}^T V_{estres}^T; \quad V_{ansiedad}^T = \sum_{i=0}^T V_{ansiedad}^T$$

$$V_{depression}^T = \sum_{i=0}^T V_{depression}^T$$

Sujeto a

$$V_{estres}, V_{ansiedad}, V_{depression} \leq 42$$

Ahora sobre las premisas anteriores se actualiza la tabla teniendo en cuenta que el número de características de interacción es n, de forma que el aporte real de cada característica por estado se puede definir como:

$$V_{máximo(estres, ansiedad, depresion)} \leq \frac{42}{n}$$

Entonces teniendo en cuenta 1

$$0 \leq V_{estres}^T \leq V_{máximo(estres)}^T$$

$$0 \leq V_{depression}^T \leq V_{máximo(depresion)}^T$$

$$0 \leq V_{ansiedad}^T \leq V_{máximo(ansiedad)}^T$$

Entonces cada pregunta relacionada con el mecanismo de interacción tiene un aporte:

$$\begin{aligned} &V_{aporte(estres, depresion, ansiedad)}^T \\ &= V_{máximo(estres, depresion, ansiedad)}^T / \\ & \quad c_{máximo(s,d,a)} \end{aligned}$$

Es decir para el caso particular con un número de interacciones 20, el número de valoración máxima por cada mecanismo de interacción y estado es 2.1, por tanto el valor del aporte por el total de preguntas puede ser calculado como:

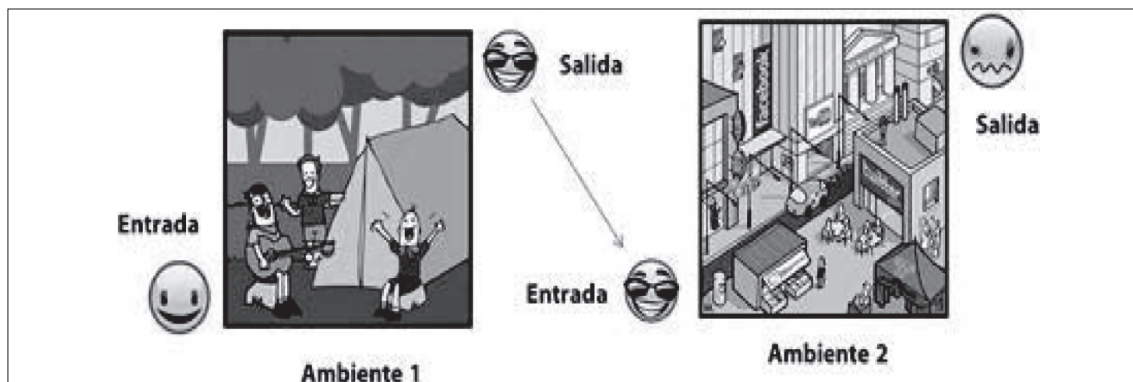
$$\begin{aligned} &V_{pregunta(estres, depresion, ansiedad)}^T \\ &= V_{aporte(estres, depresion, ansiedad)}^T \end{aligned}$$

De esta manera el aporte por cada pregunta en el caso particular es 0.1, de tal forma que la tabla ajustada se muestra en la Tabla 6, donde S representa el estres, A la ansiedad y D la depresion, y sus valores ajustados se los puede ver en SA, AA, DA respectivamente.

3.2 Fase 2: determinación del modelo estocástico

Ya con los valores de los aportes ajustados queda abierta la pregunta ¿cuál es la valoración óptima del estrés, la ansiedad y la depresión en un ambiente virtual para mantener la atención de un usuario? Generalizando la pregunta para varios ambiente se puede recurrir a la definicion de Gamble [4] quien asegura que la atención de una aplicación de realidad virtual depende del estado anímico del usuario en un escenario determinado y para mantener máxima la atención se debe tener en cuenta que la atención es

Figura 1. Estado de atención acumulativa



Fuente: elaboración propia.

acumulativa por cada escenario as como se muestra en la figura 1.

Entonces ya definidas las características básicas del modelo de atención y su comportamiento se puede implementar un modelo estocástico que permita dar las pautas básicas

en interacción para un escenario determinado (ambiente de realidad virtual), delimitado por las emociones que represente el usuario.

El problema a este nivel es que las emociones son los datos de entrada y son totalmen-

Tabla 6. Aportes ajustados

Característica de interacción	S	A	D	SA	AA	DA
Diálogo por voz	5	5	3	0,5	0,5	0,3
Uso de gestos	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Volar	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Dispositivos	6	4	3	0,6	0,4	0,3
Tocar	5	4	3	0,5	0,4	0,3
Colores (RGB)	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Entorno ambiental	4	6	5	0,4	0,6	0,5
Campo de vision	4	7	5	0,4	0,7	0,5
Tutor virtual	7	5	4	0,7	0,5	0,4
Olfativo	6	3	5	0,6	0,3	0,5
Imágenes	4	6	4	0,4	0,6	0,4
Música	5	6	4	0,5	0,6	0,4
Bio-feedback	7	4	3	0,7	0,4	0,3
Sonidos	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Caminar	7	6	5	0,7	0,6	0,5
Rumbo	5	5	3	0,5	0,5	0,3
Dirección	6	5	3	0,6	0,5	0,3
Experiencia colaborativa	6	4	5	0,6	0,4	0,5
Realizar tareas	5	5	3	0,5	0,5	0,3
Instructivo	4	6	4	0,4	0,6	0,4

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Tabla de emociones ajustada

Escala de Fredrickson	Emociones por computador	Valor por la escala
Diversión	euforia	1
Asombro	Sorpresa	4
Agradecimiento	Satisfacción	8
Esperanza	Esperanza	11
Inspiración	Sin relación	Sin valor
Interés	Interés	13
Alegría	Alegría	14
Amor	Sin relación	Sin valor
Orgullo	Orgullo	16
Calma	Alivio	0
Enojo	Ira	2
Verguenza ligera	Sin relacion	Sin valor
Desprecio	Desprecio	5
Asco	Asco	6
Verguenza	Verguenza	7
Culpa	Culpa	9
Odio	Envidia	10
Tristeza	Tristeza	17
Miedo	Miedo	18
Ansiedad	Sin relación	Sin valor

Fuente: elaboración propia.

te inesperadas, es as que en busca de determinarlas sin volver invasivo el mecanismo de detección se recurre a la propuestas de Koelstra [6] y su relación de las emociones con el rostro, donde se permite demarcar el uso computador como una forma valida detección con un posible dispositivo de entrada como lo es una cámara web Navin [11].

Finalmente se ajustan las emociones de posible detección por computador frente a las escala de Fredrickson, obteniendo un aporte por emociones como se observa en la tabla 7. Con esta información ya es posible armar el árbol de decisión del problema, como se muestra en la figura 2.

3.2.1 Modelo basado en nodos

Sobre la información recogida anteriormente se puede formular un problema de optimización estocástica por nodos, tomando como referencia a Albers [1] y sus modelos

estocásticos para reservorios de agua. De esta forma los nodos a tener en encuentra depende del conjunto total de aportes de las técnicas de interacción (como se reviso en la tabla 6), el aporte por emociones y al aporte trasferido por su padre, como se definió en la sección anterior.

Además el modelo por desarrollar debe minimizar la condición anímica (estrés, ansiedad y depresión) que implique mejorar la atención de los usuarios, como lo define Mendoza [10] en sus estudios, de tal forma que se obtiene:

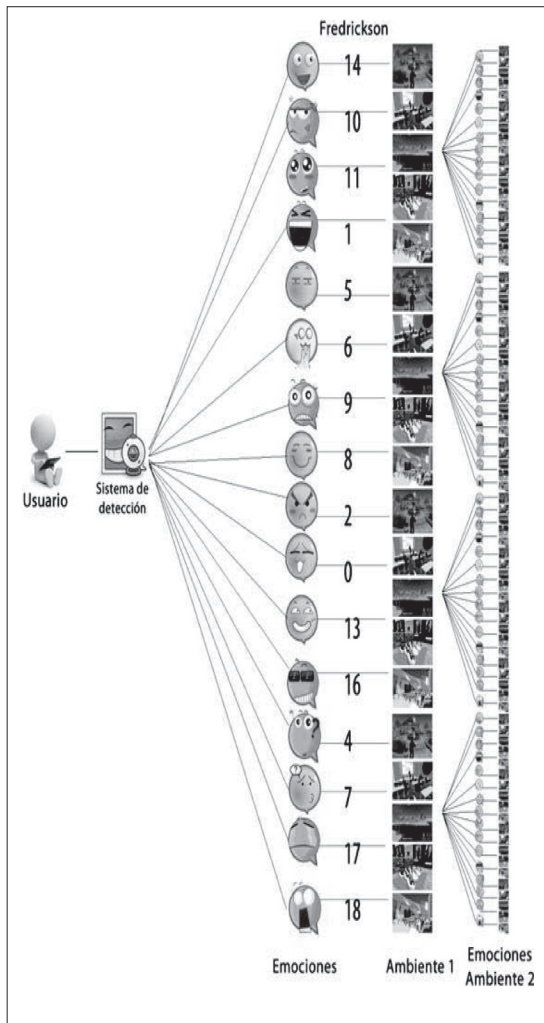
$$\text{minimizar } \sum_{n \in N} P_n (F_n + \sum_{i=0}^t c_i * T_n^i) \quad \forall n \in N$$

Sujeto a

$$L_n = L_{\text{padre}(n)} + F_n + \sum_{i=0}^t c_i * T_n^i \quad \forall n \in N$$

$$L_{\text{min}} \leq L_n \leq L_{\text{max}} \quad \forall n \in N$$

Figura 2. Representación del árbol de decisiones



Fuente: elaboración propia.

$$0 \leq T_n^i \leq 3 \forall n \in N$$

$$L_{n1} = L_{inicio}$$

Donde:

- n=nodos
- t= número de mecanismos de interacción
- T_n^i = valoración por evaluar (variables desconocidas) por cada mecanismo interacción.
- c_i = Aportes al estado anímico(estrés, ansiedad y depresión) por mecanismo de interacción (tabla 6)

- P_n =probabilidad de ocurrencia
- F_n =factor de Fredrickson por emoción en nodo (tabla 7)
- L_n =nivel de estado anímico por nodo

3.3 Fase 4: implementación

Partiendo de los datos ya obtenidos de estrés, depresión y ansiedad, se hace necesarios relacionarlas con las características de interacción para obtener el mejor escenario para un usuario determinado, para esto se recurre al uso del *análisis conjunto* una metodología que describe productos y servicios por medio de un conjunto de atributos con la idea de medir la intención de uso de un producto determinado [7].

3.3.1 Etapa 1: selección del modelo

Teniendo en cuenta la tabla de características de interacción ya provista (tabla 6), y tras el estudio detallado de cada una de las facetas de interacción se denota una evaluación totalmente cualitativa, como se puede en la tabla 8. Por lo tanto, se hacen necesarios mecanismos de evaluación diferentes para este tipo de variables.

De esta forma haciendo uso de los resultados de Ramírez [9], la estrategia de evaluación de videojuegos de [5] y la evaluación de estímulos de López y Varela [13], se pretende usar una escala numérica con estímulos reales y simulados (escala de Likert) cuyo ratio este entre 1-10 (1 menor preferencia y 10 mayor preferencia) que depende del conjunto de observaciones ya obtenidas por IGN [5].

Seguidamente se numeren los niveles por factor como se ve en la tabla 8 y se evalúa la combinación de atributos y niveles (4x2x2 x3x4x6x4x3x2x2x4x4x2x3x2x2x2x2x2) que da lugar a 339738624 de diferentes combinaciones de escenarios posibles.

Dado que es un resultado muy difícil de evaluar, se puede hacer uso del diseño factorial fraccionada. En este tipo de diseños permite

Tabla 8. Características de interacción

Características de interacción	Rangos	Total
Diálogo por voz	Ninguno, bajo medio, alto	4
Uso de gestos	Sí, No	2
Volar	Sí, No	2
Dispositivos	Ninguno, sin- realimentacion, con realimentacion	3
Tocar	Ninguno, Bajo, Medio, Alto	4
Colores	Azul, verde, rojo, naranja, amarillo, violeta	6
Entorno ambiental	Desierto, rural, urbano, caótico	4
Campo de vision	45, 90, 135	3
Tutor virtual	Si, No	2
Olfativo	Si, No	2
Imágenes	Ninguno, bajo, medio, alto	4
Música	Era, electrónica, rock, pop	4
Bio-feedback	Sí, No	2
Sonidos	0<50DB, 50<80DB, 80<140DB	3
Caminar	Sí, No	2
Rumbo	Sí, No	2
Dirección	Sí, No	2
Experiencia colaborativa	Sí, No	2
Realizar tareas	Sí, No	2
Instructivo	Sí, No	2

Fuente: elaboración propia.

que no exista correlación entre los atributos (diseño ortogonal) es decir probar estadística varios factores sin probar cada combinación de niveles. Para el caso particular de este proyecto se utiliza el diseño fraccionado proporcionado por SPSS mediante procedimiento ORTHOPLAN del módulo CATEGORIES [12].

Este procedimiento da por resultado 84 escenarios para evaluar, un número que aunque significativo resulta mucho más fácil tratar.

3.3.2 Etapa 2: recolección de información

Para efecto de recoger información de los usuarios se re-curre a la base de datos IGN [5], un compendio de información que relaciona la evaluación de experiencia de usuarios expertos y otros usuarios en la red internet acerca de mundos virtuales especialmente videojuegos. Su base de datos consta de 16.765 aplicaciones caracterizadas por:

Tabla 9. Escala de evaluación de percepción de IGN

Cualidad percibida (IGN,2012)		Emociones denotadas
Masterpiece	Cualitativo	Euforia Sorpresa Orgullo
	Cuantitativo	10
Amazing	Cualitativo	Satisfacción Alegría
	Cuantitativo	9-9.8
Great	Cualitativo	Interés
	Cuantitativo	8.0-8.8
Good	Cualitativo	Esperanza
	Cuantitativo	7- 7.8
OK	Cualitativo	Calma
	Cuantitativo	6-6.9
Mediocre	Cualitativo	Tristeza
	Cuantitativo	5.9-4
Bad	Cualitativo	Desprecio
	Cuantitativo	4-4.8
Awful	Cualitativo	Vergüenza •
	Cuantitativo	3-3.8
Painful	Cualitativo	Miedo Culpa
	Cuantitativo	2-2.8
Insoportable	Cualitativo	Despreñío Ira
	Cuantitativo	1-1.8
Desastres	Cualitativo	Asco
	Cuantitativo	0-0.8

Fuente: elaboración propia.

- Género: clasificación del entorno de realidad virtual, especialmente en nueve tipo: acción, aventura, carreras, pelea, música, RPG, disparos, deportes y estrategia.
- Características de percepción: son los parámetros de emociones que se definen por los

usuarios evaluadores en línea, su escala de evaluación es cualitativa y cuantitativa (1-10) y es general para cualquier aplicación de realidad virtual (tabla 9).

- Rating: es el valor de la evaluación asignada por un experto, este dado en una escala de 1-10 y su definición está basada esta PSP (Perceived Stress Scale) [2]. Las formas de evaluación se las puede ver en la gura 3.
- Mecanismos de interacción: Define un conjunto de atributos de uso o no en una aplicación de realidad virtual, como se lo puede observar en la figura 3.

Ya con la información definida de la base de datos se recurre a obtener la información importante que pueda soportar los 85 escenarios posibles de evaluación, que para el caso de este proyecto soporta la evaluación de un nodo en el árbol de decisiones y escenarios (ya propuesto anteriormente), para lo cual se que ha de nido realizar una búsqueda sobre la base de datos donde dependiendo de la emoción, la cantidad de estrés obtenida en el nodo y las características activas de emulación se puedan determinar un nivel atención más ajustado por el escenario (figura 4).

Para realizar esta tarea en primera instancia habrá que pensar como traducir el nivel de DASS-21 que se obtienen por los nodos para que evalúe la escala PSP de IGN. De esta forma Eleni [2] propone un traducción de DASS-21 a PSP, como se muestra en la tabla 10.

Para un posible caso particular, por ejemplo, cuando se tiene una emoción de euforia e índice de entrada de Estrés Normal (PSP 10-8). Se evalúa dentro de la base de datos el grupo de información que maneja ese nivel de PSP, seguidamente se refina la búsqueda teniendo en cuenta la cualidad percibida (“emoción”) y finalmente se escogen los Rating que se acercan las características de interacción solicitadas por los 85 escenarios posibles de evaluación. Este proceso automatizado por computador da un total de 170 muestras por evaluar.

Figura 3. Modelo de evaluación en línea



Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. PSP vs DASS 21

Severidad	Depresión	Ansiedad	Estrés	PSP
Normal	0-28	0-26	0-33	10-8
Media	29-32	27-28	34-37	8-5
Moderada	33-39	29-33	38-44	5-3
Severa	40-46	34-38	45-52	3-0
Extrema	+46	+39	+53	3-0

Fuente: elaboración propia.

3.3.3 Etapa 4: análisis de datos

Ya con información sobre los 85 escenarios de evaluación se procede a analizar los datos obtenidos, para esto se dispone del mecanismo de mínimos cuadrados ordinarios parte de la metodología de análisis conjunto y de alcance para evaluación de variables categóricas.

El concepto de mínimos cuadrados ordinarios parte de la definición de estimar

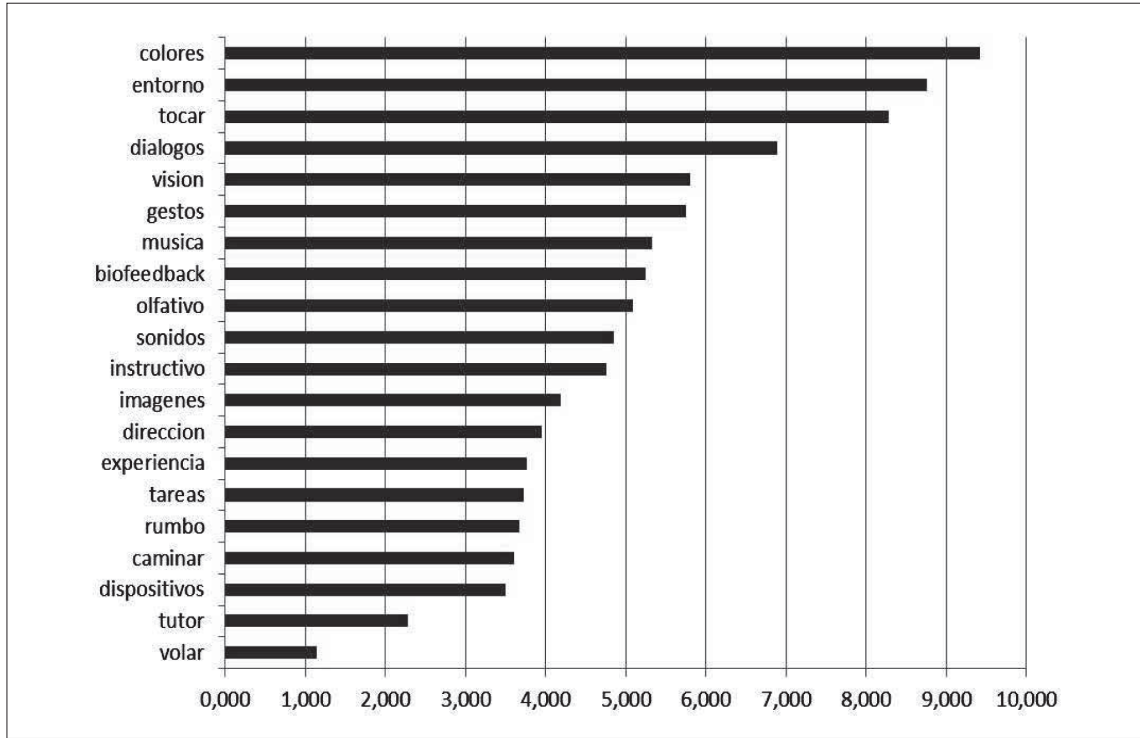
$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{k_i} \beta_{ij} x_{ij} + e_{ij}$$

Todo lo anterior en función de los factores y de los niveles. Donde y_t es el orden o la valoración de la preferencia sobre el estímulo t , es el término constante, β_{ij} es la utilidad o partworth asociado al nivel j -esimo $\rightarrow j = 1; 2; \dots, k$ del atributo i -esimo, $x_{ij} = 1$ si el nivel j -esimo del atributo i -esimo está presente en el estímulo t y $x_{ij} = 0$ si el nivel j -esimo del atributo i -esimo no está presente en el estímulo t .

En este procedimiento es importante tener claro el vector de utilidades o partworths b . Ya que este define el nivel utilidad de los factores por lo tanto si la utilidad alta es de importancia para el entrevistado, mientras que un partworth bajo significa una baja importancia para el entrevistado.

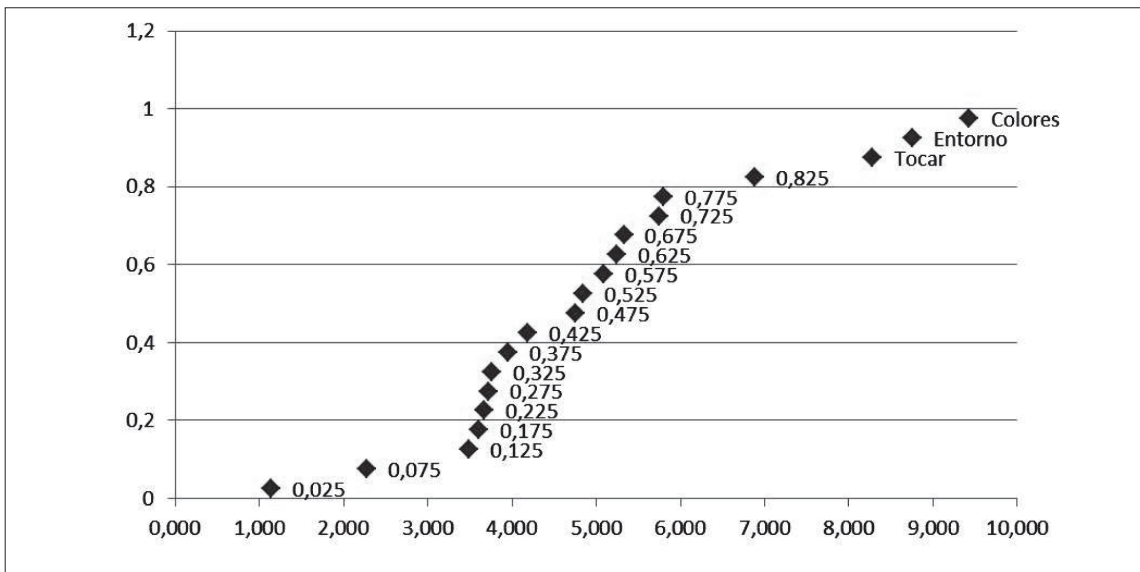
A partir de los partworths, se hace la importante calcular la importancia relativa que los individuos atribuyen a los diferentes atributos que componen el elemento evaluado. El atributo será más importante cuanto más grande sea la diferencia entre

Figura 4. Pareto de importancia de atributos



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Pareto de importancia de atributos



Fuente: elaboración propia.

el partworth más elevado y el más bajo (en valores absolutos) [16]. De esta forma para obtener la importancia de un atributo se realiza mediante:

$$imp_i = |max(\beta_{ij}) - min(\beta_{ij})|$$

Y para poder comparar la importancia de cada factor se utiliza la importancia relativa:

$$Rimp_i = \frac{imp_i}{\sum_{i=1}^I imp_i} * 100$$

Con esta referencia al mecanismo de evaluación de factores se lo implementa en SPSS para el ejemplo de la etapa anterior haciendo uso del mecanismo de Coinjoin, los resultados se los puede ver en la tabla 11, y las figuras 5 y 6.

Haciendo uso de la información de un experimento en un escenario es clara la existencia de factores para que afecta el comportamiento del usuario tales como los colores, el entorno o el touch, que si se mira muy de cerca frente las características de interacción de y su uso en la base de datos IGN (figura 7) son correspondientes a los factores que proveen mayor gusto en las aplicaciones.

4. Pruebas y resultados

Para evaluar el modelo se dispuso de una herramienta para la generación de escenarios a partir de las condiciones emocionales observadas de un conjunto usuarios, para el caso particular se evaluaron 30 usuarios de edades entre los 18 y 26 años y de conocimiento en uso de ambientes virtuales.

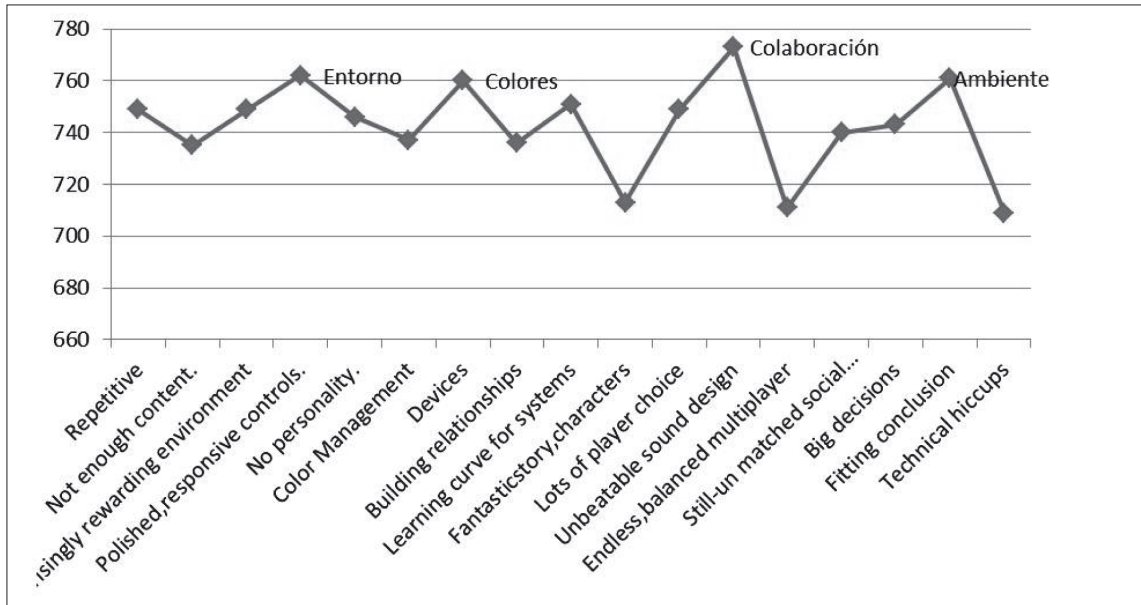
En primera instancia se recurrió a una charla de relajamiento, a cargo de personal psicológico, de tal forma de mantener un estado de calma y poder evaluar un escenario particular (escenario e stress normal como se vio en las secciones de este documento).

Tabla 11. Características de importancia

Características de interacción	Sub características	Estimación de la utilidad
Diálogos	Ninguno	0,146
	Alto	-0,113
	Medio	-0,141
	Bajo	0,109
Volar	Sí	-0,028
Dispositivos	No	0,028
	Ninguno	0,074
	Realimentación	-0,093
	NRealimentación	0,019
Tocar	Ninguno	0,188
	Bajo	0,058
	Medio	-0,192
	Alto	-0,053
Colores	Azul	0,153
	Verde	0,042
	Rojo	0,097
	Naranja	-0,042
	Amarillo	-0,097
	Violeta	-0,153
Entorno	Desierto	-0,188
	Rural	-0,012
	Urbano	-0,039
	Caótico	0,238
Vision	45	0,074
	90	-0,185
	135	0,111
Imágenes	Ninguna	0,042
	Baja	0,014
	Media	-0,125
	Alta	0,069
Música	Electrónica	-0,083
	Era	0,139
	Pop	0,028
	Rock	-0,083
Sonidos	0-50	-0,093
	50-80	0,019
	80-140	0,074
Caminar	Si	0,083
	No	-0,083
Tareas	Si	-0,097
	No	0,097

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Factores principales



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Ambiente de evaluación



Fuente: elaboración propia.

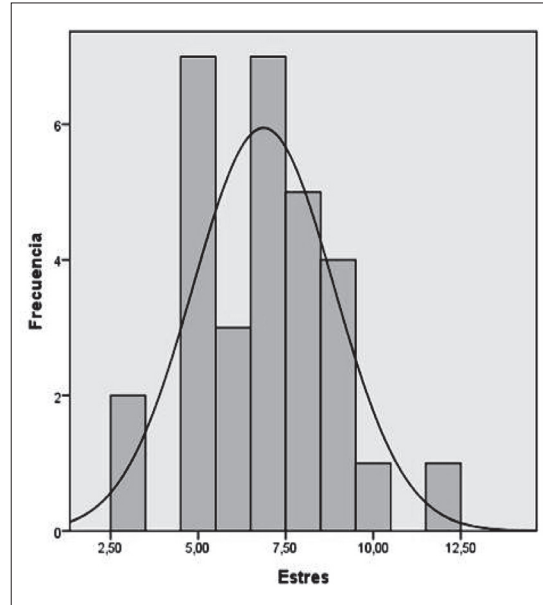
Tabla 12. Resultado de evaluación DASS-21

Participante	Depresión	Ansiedad	Estrés
1	8	5	4
2	7	6	9
3	5	3	12
4	5	5	5
5	5	7	6
6	7	9	5
7	6	6	16
8	12	7	9
9	9	12	15
10	10	7	5
11	8	10	12
12	9	7	11
13	5	8	16
14	8	5	13
15	7	9	10
16	9	4	11
17	7	8	11
18	7	4	10
19	3	9	8
20	8	6	8
21	7	6	9
22	6	6	7
23	6	8	9
24	9	5	13
25	5	2	13
26	5	9	13
27	3	9	10
28	5	7	15
29	7	4	9
30	8	9	13

Fuente: elaboración propia.

Seguidamente se corrió la aplicación de una duración de 2 minutos, donde se hacía claridad en el uso de mecanismos de interacción (figura 8). Finalmente se realizó una recolección oral de datos y se evaluó DASS-21, los resultados se pueden observar en la tabla 12.

Figura 8. Estrés



Fuente: elaboración propia.

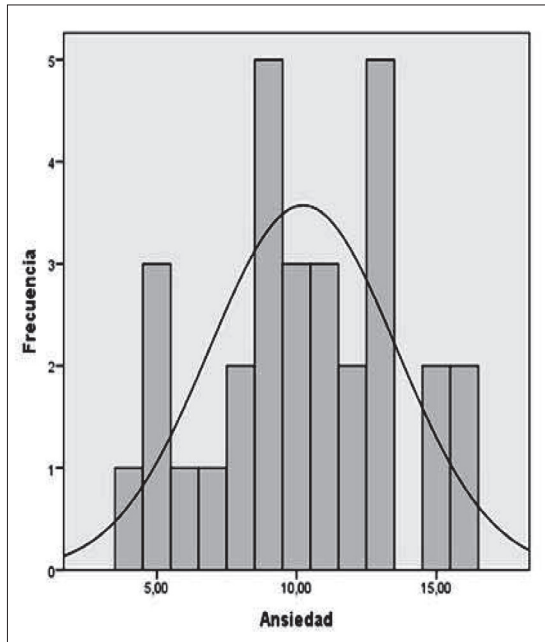
La evaluación propuesta deja ver claramente que los niveles de estrés ansiedad y depresión se conservan (tabla 13) en los límites deseados pero es importante denotar que muchos los resultados llegan casi al límite propuesto y algunos otros lo traspasan (figura 9, 10, 11), lo que es muy constante en personas con las edades mayores o con responsabilidades (laborales, familiares). Esto deja entrever la necesidad de evaluar muchas más variables que conforman el actuar del ser humano.

Tabla 13. Información estadísticos

	Estrés	Depresión	Ansiedad
Media	6,8667	6,7333	10,2333
Mediana	7	7	10
Moda	5,00	9	9,00
Desv. típ.	2,0126	2,25806	3,34956
Varianza	4,051	5,099	11,22

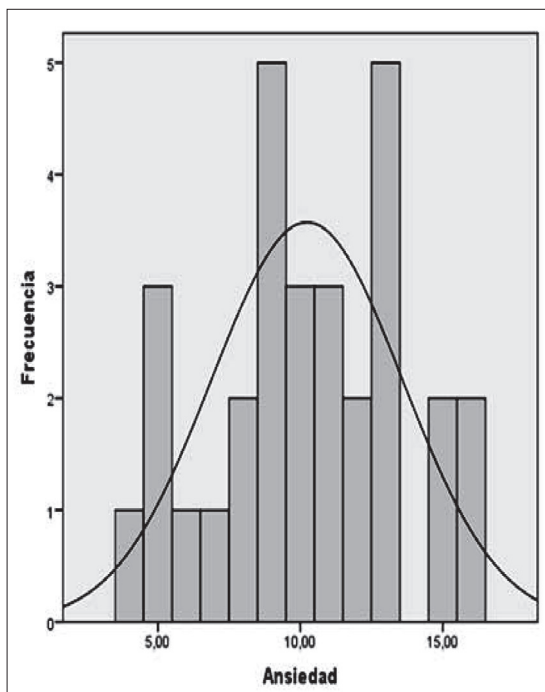
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Depresión



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Ansiedad



Fuente: elaboración propia.

5. Conclusiones

El modelo de desarrollo planteado justifica algunas variables en la toma de decisiones frente a un conjunto de emociones aunque cabe recalcar que aún se requiere analizar nuevas variables del entorno humano y ajustes otras ya mencionadas.

Aunque se concluye en las pruebas desarrolladas un buen comportamiento del modelo, aún la información es limitada y este primer estudio solo es la base para continuar con nuevas evaluaciones, ya extendidas a múltiples escenarios.

El análisis de variables características mediante la metodología conjunto deja entrever una análisis confiable, aunque hay que configurarlo eficientemente para obtener los mejores resultados.

Frente al desarrollo de un aplicación que soporte este modelo desarrollado cabe destacar la complejidad computacional $O(n^n)$, que puede ser un factor limitante al momento de integrar tecnologías, lo que requiere un fuerte trabajo de optimización

6. Referencias

- [1] Y. C. Albers. Stochastic programming tools with application to hydropower production scheduling. Bachelor's Thesis , ETH Zurich, 1(1):102, junio de 2011.
- [2] E. Andreou, E. C. Alexopoulos, C. Lionis, L. Varvogli, C. Gnardellis, G. P. Chrousos, and C. Darviri. Perceived stress scale: Reliability and validity study in greece. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 8, núm. 8: 3287-3298. 2011.
- [3] F. Barbara. Positive emotions broaden and build. *Advances on Experimental Social Psychology*, 47, 2008.
- [4] P. Gable. Assessment of attention in a virtual environment: A virtual addi-

- tion task. ProQuest Dissertations and Theses, page 129, diciembre de 2011.
- [5] I. E. Games. Video games, wikis, cheats, walkthroughs, reviews, news-ign. [En línea] disponible en <http://www.ign.com/>.
- [6] S. Koelstra, C. Muhl, • M. Soleymani, J. Lee, A. Yazdani, T. Ebrahimi, T. Pun, A. Nijholt, and I. Patras. Deap: A database for emotion analysis using physiological signals. *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 3, núm. 1: 18-31- 2012.
- [7] A. Kotri. Analyzing customer value using conjoint analysis: The example of a packaging company. University of Tartu, Faculty of Economics and Business Administration, page 37, junio de 2006.
- [8] P. Lovibond. Long-term stability of depression, anxiety, and stress syndromes. *J Abnorm Psychol*, vol. 107, núm. 3: 520-6, 1998.
- [9] R. H. J. Manuel and R. C. F. Javier. Evaluación de los procedimientos de medición de la variable respuesta en el análisis conjunto bajo distintas alternativas de estimación. Universidad de Sevilla, page 24, agosto de 2008.
- [10] R. C. Mendoza, P. Romero, and L. A. Pineda. A user experience view for rehabilitation systems. In *Proceedings of the 4th Mexican Conference on Human-Computer Interaction, MexIHC '12*, pages 20-27, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [11] M. M. Navin Ahmad Habibizad, Os-kuyee Mehdi Akhari and N. N. Jafari. Face emotion recognition using optimality parameters eye and lip in different geographical area. *Source International Journal of Advanced Research in Computer Science*, vol. 2, núm. 6: 691, diciembre de 2011.
- [12] M. NoruZis. *IBM SPSS Conjoint 19*. Prentice Hall, 2010.
- [13] R. L. Pardo and J. V. Mallou. Evaluación de las escalas de respuesta en la medición conjunta. *Metodología de encuestas*, vol. 2, núm. 2: 102, marzo de 2000.
- [14] V. Rantanen, J. Verho, J. Lekkala, O. Tuisku, V. Surakka, and T. Vanhala. The effect of clicking by smiling on the accuracy of head-mounted gaze tracking. In *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications, ETRA '12*, pages 345-348, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [15] E. Suma, S. Finkelstein, M. Reid, S. Babu, A. Ulinski, and L. Hodges. Evaluation of the cognitive effects of travel technique in complex real and virtual environments. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, vol. 16, núm. 4: 690-702, july-aug. 2010.
- [16] T. Vanhala, V. Surakka, M. Courgeon, and J. C. Martin. Voluntary facial activations regulate physiological arousal and subjective experiences during virtual social stimulation. *ACM Trans. Appl. Percept.*, vol. 9, núm. 1: 1:1-1:21, marzo de 2012.
- [17] S. Xu, H. Jiang, and F. C. Lau. User-oriented document summarization through vision-based eye-tracking. In *Proceedings of the 14th international conference on Intelligent user interfaces, IUI '09*, pages 7{16, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [18] Z. Ye, Y. Li, A. Fathi, Y. Han, A. Rozga, G. D. Abowd, and J. M. Rehg. Detecting eye contact using wearable eye-tracking glasses. In *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing, UbiComp '12*, pages 699{704, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [19] J. Zhang and M. Zhao. A vision-based gesture recognition system for human-robot interaction. In *Robotics and Biomimetics (ROBIO), 2009 IEEE International Conference on*, pp. 2096-2101, diciembre de 2009.