

MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN  
UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D  
**ANEXOS**



KLAUSS SHEFFIELD RENDÓN MUÑOZ  
JHON FREDY PAZ PINO

ANEXOS

Director: Wilson Javier Sarmiento, PhD. (c).  
Grupo IDIS – Depto. Sistemas - FIET

Co-Director: Dr. César Alberto Collazos, PhD.  
Grupo IDIS – Depto. Sistemas - FIET

Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Sistemas  
Grupo IDIS-Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software  
Línea de Investigación en Ingeniería de la Colaboración  
Popayán, Noviembre de 2014

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO .....	II
LISTA DE TABLAS .....	IV
LISTA DE FIGURAS .....	V
A. Anexo: Glosario .....	1
A.1 Sistemas colaborativos .....	1
A.2 Awareness en CSCW .....	1
A.3 Interacción en entornos virtuales 3D .....	2
A.4 Grados de presencia.....	3
B. Anexo: Identificación de métricas en colaboración y navegación .....	5
B.1 Métricas de colaboración .....	5
B.2 Métricas de navegación (Locomoción y way finding).....	8
C. Anexo: Prototipo de navegación colaborativa .....	11
C.1 Introducción .....	11
C.2 Diseño del prototipo .....	11
C.3 Desarrollo del prototipo.....	12
C.4 Archivos de registro (Logs) .....	12
C.5 Procesamiento de Logs (Volcado de datos) .....	14
D. Anexo: Caracterización de la población.....	16
D.1 Introducción .....	16
D.2 Preguntas Generales .....	18
D.3 Caracterización de usuarios .....	20
D.4 Registro total fotográfico de los participantes .....	22
E. Anexo: Cuestionario de Colaboración e Inmersión .....	23
E.1 Introducción .....	23
E.1.1 Preguntas cuestionario.....	24
E.1.2 Respuestas a las preguntas del cuestionario .....	25
F. Anexo: Cálculo de métricas .....	29
F.1 Métricas cuantitativas - objetivas .....	29
F.1.1 Desempeño .....	29
F.1.2 Aplicación de estrategias .....	30

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

F.1.3	Cooperación intragrupal .....	31
F.1.4	Coordinación .....	31
F.1.5	Orientación espacial.....	31
F.2	Métricas cuantitativas - subjetivas .....	32
F.2.1	Desempeño .....	32
F.2.2	Cooperación intragrupal .....	33
F.2.3	Orientación espacial.....	34
F.2.4	Inmersión .....	34
G.	Anexo: Significancia estadística .....	36
G.1	Estadísticos de conjunto de métricas .....	36
G.1.1	Desempeño .....	36
G.1.2	Aplicación de estrategias .....	37
G.1.3	Cooperación intragrupal .....	37
G.1.4	Coordinación .....	38
G.1.5	Orientación espacial.....	38
G.1.6	Inmersión .....	39
H.	Anexo: Artículo .....	40
I.	Referencias.....	49

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## LISTA DE TABLAS

Tabla B.1: Lista de métricas de colaboración. ....	5
Tabla B.2: Lista de métricas de navegación (Locomoción).....	8
Tabla B.3: Lista de métricas de navegación (Way finding). ....	9
Tabla D.1: Registro de Usuarios.....	20
Tabla D.2: Caracterización de Usuarios. ....	21
Tabla F.1: Desempeño. ....	29
Tabla F.2: Aplicación de estrategias. ....	30
Tabla F.3: Cooperación intragrupal.....	30
Tabla F.4: Coordinación.....	31
Tabla F.5: Orientación espacial. ....	32
Tabla F.6: Desempeño. ....	33
Tabla F.7: Cooperación de intragrupal.....	33
Tabla F.8: Orientación espacial. ....	34
Tabla F.9: Inmersión. ....	35
Tabla G.1: Estadístico de métrica de desempeño. ....	36
Tabla G.2: Estadístico de métrica de aplicación de estrategias.....	37
Tabla G.3: Estadístico de métrica de cooperación intragrupal.....	37
Tabla G.4: Estadístico de métrica de coordinación.....	38
Tabla G.5: Estadístico de métrica de orientación espacial. ....	38
Tabla G.6: Estadístico de métrica de inmersión.....	39

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## LISTA DE FIGURAS

Figura C.1: Diseño inicial del prototipo. ....	11
Figura C.2: Prototipo sin texturas y colores. ....	12
Figura C.3: Prototipo Final. Vista de Usuarios. ....	12
Figura C.4: Logs individuales iniciales. ....	13
Figura C.5: Información de log de datos inicial. ....	13
Figura C.6: Logs información procesada. Usuario 1. ....	14
Figura C.7: Archivo Log resultado. Usuario 1. ....	14
Figura D.1: Cuestionario de caracterización de usuarios. ....	17
Figura D.2: Pregunta 5. ....	19
Figura D.3: Pregunta 6. ....	19
Figura D.4: Pregunta 10. ....	19
Figura D.5: Pregunta 11. ....	19
Figura D.6: Pregunta 12. ....	19
Figura D.7: Cantidad de respuestas diarias desde el 15/07/2014 al 18/07/2014. ....	20
Figura D.8: Registro fotográfico de participantes. ....	22
Figura E.1: Cuestionario de colaboración e inmersión. ....	23

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## A. Anexo: Glosario

A continuación en el siguiente anexo, se hará una breve descripción de la terminología más utilizada y relacionada con el presente trabajo de investigación.

### A.1 Sistemas colaborativos

Un sistema colaborativo se define generalmente como un sistema donde las personas pueden trabajar en grupo estando en diferentes lugares de trabajo, conectadas a través de una red. Algunos autores señalan que los sistemas colaborativos son una combinación de tecnologías, personas y organizaciones en donde se facilita la comunicación y la coordinación necesarias para que un grupo trabaje de manera efectiva en la obtención de objetivos compartidos [1]. Los sistemas de colaboración son un tema importante en la sociedad actual que está basada en el conocimiento y una parte importante de las actividades humanas se trabajan en este campo [2].

### A.2 Awareness en CSCW

Cuando se trabaja de forma grupal en el mundo real con otras personas, es importante saber qué están haciendo o dónde se encuentran los demás, ya que se puede trabajar sobre un mismo objetivo. Toda esta información es de vital importancia para una tarea en común, de esta manera, se hace necesario saber la por ejemplo la velocidad con la que nos movemos, o actividades como la de mover un objeto, esta información se obtiene de forma automática gracias a nuestros sentidos, o incluso preguntando o advirtiendo de este tipo de situaciones. Cuando se colabora con otras personas a través de los ordenadores, se hace mucho más importante esta información puesto que el sistema debe mostrarnos la información que está en el mundo real de forma implícita [3].

En la bibliografía comúnmente se refieren a esta información con el término inglés awareness, que se puede traducir al español como el conocimiento o la conciencia que se tiene de manera general sobre los usuarios, objetos, etc. que están interactuando en el mismo entorno o sistema. De esta manera, los awareness son elementos que permiten incrementar la comunicación [3]. Un ejemplo común de awareness en un sistema colaborativo lo podemos encontrar en los programas de mensajería instantánea, donde se suele mantener información del estado de los usuarios como de los eventos que suceden en el sistema, esto se suele ampliar a información con representaciones de estado de ánimo, ubicación actual etc.

Awareness es el término usado en el campo de CSCW para referirse a la percepción que el usuario tiene de lo que sucede en un sistema con varios usuarios (*"conocimiento de lo que está pasando"*) [3]. Ésta y muchas definiciones

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

se han dado a través de los años, dando lugar a múltiples interpretaciones y a diferentes variantes, lo que puede considerarse como algunas soluciones aplicadas a dominios concretos.

## A.3 Interacción en entornos virtuales 3D

### 1. Técnicas de interacción

Numerosas investigaciones están orientadas al estudio y diseño de diferentes técnicas y métodos para lograr la navegación en mundos virtuales. La navegación en entornos dinámicos es aún más difícil ya que el objetivo puede moverse fuera del campo de vista del usuario. Cuando se navega en VEs homogéneos, como un modelo molecular, el usuario puede perder la información del contexto crucialmente. Por ejemplo, durante la navegación hacia un destino u objetivo, el usuario podría perder la pista del destino u objetivo. Si esto sucede, el usuario tiene que volver a la posición inicial, localizar de nuevo el destino u objetivo y reiniciar la tarea de navegación [4].

#### 1.1 Técnicas de desplazamiento

Bowman y *col.* clasifican las técnicas de viaje o de desplazamiento en cinco grupos: movimiento físico, que consiste en la asignación directa de los movimientos del usuario; señalador de dirección, en el que el usuario debe señalar la dirección a la que quiere ir; planificación de rutas, se caracteriza por la definición de la ruta que deberá tomar; basada en el objetivo o destino, en la que se selecciona la ubicación de destino por parte del usuario; y la manipulación, que utiliza los métodos de selección y manipulación para el desplazamiento [5].

Las técnicas de interacción de planeamiento de rutas tienen como objetivo ayudar al proceso de way finding en una tarea de navegación, y estas pueden ser clasificadas como: centradas-en-el-usuario y centradas-en-el-entorno [5].

#### ✓ Técnicas de ayuda al planeamiento de rutas centradas en el usuario

Las técnicas de ayuda al planeamiento de rutas o way finding centradas en el usuario se basan en el sistema sensorial humano, es decir, que están relacionadas con la capacidad de estimulación sensorial. Algunos de los factores centrados en el usuario que pueden ayudar al planeamiento de rutas en VEs son:

- Campo de visión;
- Tips de movimiento;
- Salida multi-sensorial;
- Sensación de presencia en el VE;
- Estrategias de búsqueda.

#### ✓ Técnicas de ayuda al planeamiento de rutas centradas en el entorno

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

Las técnicas de ayuda al planeamiento de rutas centradas en el entorno implican aspectos visuales del VE, y consisten en la adición de ayudas artificiales para el entorno como una parte de él. Forman parte del conjunto de ayudas artificiales:

- Puntos de referencia artificiales;
- Puntos de referencia naturales;
- Mapas;
- Brújulas;
- Rastro/pistas/caminos;
- Signos.

## **A.4 Grados de presencia**

La presencia en un VE dependerá de nuestra propia atención del desplazamiento desde un entorno físico a un VE, pero no se requiere el desplazamiento total de la atención de la configuración del entorno físico. Los seres humanos experimentan diversos grados de presencia en un escenario físico; generalmente la atención se divide entre el mundo físico y el mundo mental de recuerdos, sueños y actividades previstas. El mundo mental también puede incluir información retratada en libros, películas, o a través de un VE [6].

Los elementos básicos que componen el grado de presencia se describen a continuación.

### **1. Envolvimiento**

La participación o envolvimiento es un estado psicológico experimentado como consecuencia de enfocar nuestra energía y atención en un conjunto coherente de estímulos, actividades y eventos semánticamente. En general, los usuarios centran más su atención en los estímulos del VE, se involucran más en la experiencia del VE, lo que conduce a una mayor sensación de presencia en el VE. En la medida en que los usuarios se preocupan por los problemas personales o se centran en actividades que ocurren fuera del VE, participan menos en el VE [6].

### **2. Inmersión**

La inmersión es un estado psicológico que se caracteriza por la percepción de uno mismo al sentirse envuelto por, incluido en, y la interacción con un entorno que proporciona flujo continuo de estímulos y experiencias. Un VE que produce una mayor sensación de inmersión producirá mayores niveles de presencia [6]. Factores que afectan a la inmersión incluyen el aislamiento del entorno físico, la percepción de la propia inclusión en el VE, modos naturales de interacción y control, y la percepción del propio movimiento. Un entorno que aísla eficazmente a los usuarios de su entorno físico, privándolos así de sensaciones proporcionadas por ese entorno, aumentará el grado en el que se sientan inmersos en el VE [6]. Percibirse a uno mismo como un movimiento dentro del entorno virtual o

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

interactuar directamente con otras entidades de ese entorno también ayudan a incrementar la sensación de estar inmerso.

### **3. Presencia**

Tanto la participación (envolvimiento) como la inmersión son necesarias para experimentar la presencia. La presencia se define como la experiencia subjetiva de estar en un lugar o medio ambiente, incluso cuando uno está situado físicamente en otro entorno [6]. La presencia se puede definir como tener la experiencia de estar en un lugar distinto de aquel en el que se ha estado presente físicamente [7]. Los entornos virtuales inmersivos utilizan pantallas especializadas y dispositivos de interacción tales como pantallas montadas en la cabeza para crear una sensación de presencia de los usuarios en el mundo virtual [8].

### **4. Copresencia**

La copresencia se refiere a la sensación subjetiva de estar juntos con otra persona en un entorno virtual generado por computador [7]. Es un concepto psicológico que describe las condiciones en las que los individuos interactúan unos con otros, cara a cara, de cuerpo en cuerpo [7]. Si "presencia" es el "sentido de estar allí", entonces "copresencia" es el sentido de "estar allí juntos".

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## B. Anexo: Identificación de métricas en colaboración y navegación

La definición del conjunto de métricas propuestas en este trabajo de grado, fueron identificadas a través de diferentes estudios. Estos fueron clasificados en: estudios de evaluación de colaboración y estudios de evaluación de navegación. En los diferentes estudios se identificó un conjunto de métricas generales, ver **Tabla B.1**, **Tabla B.2** y **Tabla B.3**, con su respectivo conjunto de métricas a medir, de las cuales a través del proceso de depuración se obtuvo un conjunto propio de métricas como propuesta para evaluar navegación colaborativa en entornos virtuales 3D. El conjunto de métricas identificadas y depuradas, indica lo que se quiere medir en nuestra investigación, en una determinada actividad de navegación colaborativa; de igual manera, para dictaminar el conjunto de métricas generales propuestas (los que se quiere medir), necesitamos determinar el cómo medir ese conjunto de métricas generales, de esta forma, es necesario implementar o establecer un conjunto de métricas de las métricas más generales, que permiten obtener un resultado cuantitativo de las mismas.

### B.1 Métricas de colaboración

Tabla B.1: Lista de métricas de colaboración.

Métricas generales (que se quiere medir)	ID	Conjunto de Métricas (como se mide)	Referencia
Desempeño Individual	MC	Total mensajes	[9]
	MC	Duración del turno	[9], [10]
	MC	Número de errores cometidos	[9], [10], [11]
	MC	Verificación de la puntuación	[9], [10], [11]
	MC	Número de movimientos	[9], [10], [11]
Desempeño Grupal	MC	Total mensajes	[9], [10]
	MC	Número de errores cometidos	[9], [10], [11]
	MC	Solución al problema	[9], [10], [11]
	MC	Verificación de la puntuación	[9], [10], [11]
	MC	Número de movimientos	[9], [10], [11], [12], [13]
	MC	Tiempo de finalización de la tarea	[9], [10], [11], [12], [13]
	MC	Duración del turno (de comunicación u otra actividad)	[9], [10], [12], [13]
	MC	Tiempo de transición (entre diferentes tareas)	[12]
	MC	Tiempo de tareas	[12]
	MC	Tiempo de reparación de actividades	[12]
	MC	Número de intentos	[12]
	MC	Presionar el botón cancelar	[12]
	MC	Proponer/generar ideas	[12]
	MC	Número de respuestas	[12]
	MC	Número de pasos	[12], [13]
	MC	Número de turnos (total turnos participante)	[12], [13]
MC	Tiempo de comunicación, Tiempo de discusión	[12], [13]	
MC	Turnos medios	[14]	

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

Métricas generales (que se quiere medir)	ID	Conjunto de Métricas (como se mide)	Referencia
	MC	Tiempo medio requerido para terminar la tarea	[12], [14]
	MC	Precisión/exactitud de la ruta (de inicio a fin)	[15]
	MC	Número de preguntas utilizadas para llegar a una solución	[16]
	MC	Número de ideas generadas en la lluvia de ideas	[16]
	MC	Retroalimentación visual	[17]
	MC	Retroalimentación táctil	[17]
	MC	Retroalimentación visual + Retroalimentación táctil	[17]
Desempeño subjetivo	MC	Participación	[12]
	MC	Awareness	[12]
	MC	Aterrizar/aclarar conceptos	[12]
	MC	Construcción de conversaciones	[12]
	MC	Comunicación	[12], [13]
	MC	Finalización de la tarea (si ó no)	[12], [13], [14]
	MC	Atribuciones •Comunicación (propia y del compañero) •Colaboración (propia y del compañero) •Esfuerzo (propio y del compañero) •Personalidad (propia y del compañero) •Estado de ánimo (propio y del compañero) •Dificultad del mapa •Habilidades de navegación (propia y del compañero)	[15]
MC	Características asociadas •Utilidad del compañero (por ejemplo, mi pareja es de gran ayuda, mi pareja realizó su parte de la tarea bien) •Similitud entre los dos (por ejemplo, mi pareja piensa como yo)	[15]	
Aplicación de estrategias	MC	Solución al problema	[9]
	MC	Calidad de estrategia	[9]
	MC	Estrategia de comunicación	[9], [10]
	MC	Uso de estrategias	[9], [10], [11]
	MC	Mantener la estrategia	[9], [10], [11]
	MC	Mensajes estratégicos	[9], [10], [11]
Cooperación intragrupal	MC	Mensajes estratégicos de trabajo	[9], [10], [11]
	MC	Mensajes de trabajo	[9], [10], [11]
Revisión de criterios de éxito	MC	Mensajes de revisión de criterios de éxito	[9], [10]
	MC	Total mensajes	[9], [10], [11]
	MC	Mensajes laterales	[9], [10], [11]
Monitoreo	MC	Mensajes estratégicos de coordinación	[9], [10], [11]
	MC	Mensajes de coordinación	[9], [10], [11]
Comportamiento colectivo	MC	Frecuencia de comunicación (total palabras escritas por el grupo dividida por el número de miembros del grupo)	[14]
	MC	Facilidad de comunicación	[14]
	MC	Contribución (por participante) Posiciones de cubos correctos Tiempo seleccionando el puzzle	[14]
	MC	Coordinación	[14]
	MC	Señales sociales no lingüísticas, tales como: •Entusiasmo •Nivel de interés •Capacidad de persuasión/convencimiento •y la energía nerviosa del usuario	[16]
	MC	Acciones físicas del cuerpo (movimiento del cuerpo), tales como: •Gestos •Caminar	[16]

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

Métricas generales (que se quiere medir)	ID	Conjunto de Métricas (como se mide)	Referencia
		•y sentarse	
	MC	Comunicación con dispositivos habilitados como: •Teléfonos móviles o auriculares Bluetooth	[16]
	MC	Hablando	[18]
	MC	Monitoreando	[18]
	MC	Mirando la descripción de la tarea	[18]
	MC	Bosquejo	[18]
	MC	Borrado	[18]
	MC	Riendo	[18]
	MC	Gestos invisibles (entre equipos, gestos perdidos) •Oclusiones/gestos ocluidos •Falta de atención (Diverted Attention)	[19]
	MC	Gestos visibles (gestos que sí miraban los usuarios del lado remoto)	[19]
	MC	Observación	[19]
	MC	Señales visuales	[19]
	Calidad de interacción	MC	Lo bien que ha colaborado el compañero / <i>colaboración</i>
MC		Lo bien que la pareja lleva a cabo la tarea / <i>Rendimiento de tareas</i>	[20]
MC		Qué tan frustrados se sintieron los participantes durante la tarea / <i>frustración</i>	[20]
Comunicación	MC	Tiempo de intervención/hablando (tiempo total de habla)	[16]
	MC	Promedio de la longitud del segmento de voz	[16]
	MC	Variación de la energía del habla	[16]
	MC	Número de expresiones para hacer una pregunta	[19]
	MC	Número de expresiones para hacer una confirmación	[19]
	MC	Comunicación verbal - Eficiencia de comunicación	[19], [21]
	MC	Eficiencia de conversación: Número de palabras y turnos de intervención	[20]
	MC	Eficiencia de conversación: Uso de pronombres Positivamente: "Nosotros" Negativamente: "Yo"	[20]
	MC	Discusión de mecanismos cognitivos	[20]
	MC	Contenido de conversación: Porcentaje de palabras utilizadas por cada pareja •Pronombres •Lenguaje afectivo •Mecanismos cognitivos •y la interacción social	[20]
	MC	Pre-discusión	[20]
	MC	Post-discusión	[20]
	MC	Gestos virtuales	[21]
MC	Gestos físicos	[21]	
Percepción subjetiva de la carga de trabajo	MC	Demanda mental	[19]
	MC	Demanda física	[19]
	MC	Demanda temporal	[19]
	MC	Esfuerzo global	[19]
	MC	Frustración	[19]
	MC	Rendimiento percibido	[19]

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## B.2 Métricas de navegación (Locomoción y way finding)

Tabla B.2: Lista de métricas de navegación (Locomoción).

Métricas Generales (que se quiere medir)	ID	Conjunto de Métricas (como se mide)	Referencia
Desempeño	MC	Tiempo de finalización de la tarea	[22], [23], [24], [25], [26], [5], [27], [28]
	MC	Precisión (de viaje, de navegación) Proximidad a la meta deseada	[22], [23], [24], [26]
	MC	Velocidad de terminación de la tarea	[22], [23], [24]
	MC	Tiempo de viaje	[22], [23], [29]
	MC	Tiempo total	[22], [23], [29]
	MC	Número de giros/turnos en el camino	[23]
	MC	Amplitud (de caminado) (Distancia recorrida en el mundo virtual o real)	[25], [26], [30], [31], [32]
	MC	Desviación de la ruta (a la ruta ideal)	[25], [26]
	MC	Velocidad de locomoción	[25]
	MC	Precisión de viaje	[25]
	MC	Precisión: Porcentaje de errores	[27]
	MC	Daño recibido	[28]
	MC	Precisión del disparo	[28]
	MC	Número total de tiros en la cabeza	[28]
	MC	Tiempo de auto-viaje	[29]
	MC	Tiempo de viaje guiado	[29]
	MC	Tiempo de búsqueda	[29]
	MC	Distancia de desvío	[33]
	MC	Tiempo total de búsqueda	[34], [31]
	MC	Tiempo de vuelta	[35]
	MC	Tiempo transcurrido desde la presentación hasta la finalización	[30]
	MC	Tiempo transcurrido desde la presentación hasta que se inicie el movimiento	[30]
	MC	Tiempo transcurrido hasta que el movimiento se detuvo	[30]
	MC	Elementos perdidos de la memoria	[30]
	MC	Velocidad máxima	[36]
	MC	Desaceleración máxima	[36]
	MC	Distancia final del objetivo	[36]
	MC	Tiempo de velocidad máxima	[36]
	MC	Tiempo de desaceleración máxima	[36]
	MC	Número total de objetivos revisados	[31]
	MC	Angulo de señalización	[32]
	MC	Dirección del objetivo actual	[32]
MC	Corrección de la colocación del objetivo en el mapa	[32]	
Orientación espacial	MC	Latencia (retardo)	[35], [37]
	MC	Errores de giro	[37]
	MC	Cuestionario -Qué tan sencillo -Qué tan simple -Qué tan natural	[38]
Presencia	MC	Cuestionario //Percepción de presencia -Fidelidad de visualización -Fidelidad de interacción	[28]
	MC	Cuestionario -Sensación de “estar ahí”	[38]

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

Métricas Generales (que se quiere medir)	ID	Conjunto de Métricas (como se mide)	Referencia
		-Frecuencia de la dominación del mundo virtual sobre el real -Sentido de visitar una escena visitada -Facilidad y eficacia de locomoción	

**Tabla B.3: Lista de métricas de navegación (Way finding).**

Métricas Generales (que se quiere medir)	ID	Conjunto de Métricas (Cómo se mide)	Referencia
Desempeño	MC	Tiempo de finalización de la tarea	[22], [23], [24], [25], [26], [5], [30], [39]
	MC	Mantenimiento de la orientación espacial	[22], [23]
	MC	Tiempo de pensar <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de pensar invisible</li> <li>• Tiempo de pensar visible</li> </ul>	[22], [23]
	MC	Giros/turnos correctos	[23]
	MC	Tiempo de búsqueda	[29]
	MC	Duración (Tiempo medio para completar una tarea)	[33]
	MC	Paradas	[33]
	MC	Distancia de desvió	[33]
	MC	PAO (Porcentaje por encima de la longitud del trayecto óptimo)	[33]
	MC	Tiempo de parada	[33], [30]
	MC	Tiempo total de búsqueda	[34]
	MC	Errores de dirección	[35]
	MC	Errores de caída	[35]
	MC	Errores de choque	[35]
	MC	Número/tasa de errores, Errores cometidos	[39]
	MC	Distribución de objetos	[40]
	MC	Experimento de datos (Tiempo en terminar el laberinto)	[40]
	MC	Experimento de datos (Colisiones)	[40]
	MC	Distribución del mapa	[40]
	MC	Cantidad total de giros de la cabeza de izquierda a derecha	[40]
MC	Distancia horizontal total que se trasladó en metros	[40]	
Desempeño subjetivo	MC	Grado de presencia	[22], [23], [24]
	MC	Facilidad de aprendizaje	[22], [23], [24]
	MC	Facilidad de uso percibida	[22], [23], [24], [25], [26], [35]
	MC	Comodidad del usuario	[22], [23], [24]
	MC	Awareness espaciales	[23]
	MC	Recopilación de información	[23]
	MC	Satisfacción del usuario	[24]
	MC	Naturalidad	[25]
	MC	Velocidad de navegación	[25]
	MC	Precisión de navegación	[25]
	MC	Fatiga	[25], [26]
	MC	Apreciación general	[25], [26]
	MC	Diversión	[26]
	MC	Sensación de caminar	[26]
	MC	Cybersickness	[26]
	MC	Falta awareness en la pantalla	[26]
MC	Presencia	[26]	

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

Métricas Generales (que se quiere medir)	ID	Conjunto de Métricas (Cómo se mide)	Referencia	
	MC	Seguridad (evitar chocar con las paredes)	[26]	
	MC	Nivel general de dificultad <ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidad de uso</li> <li>• Facilidad de aprendizaje</li> </ul>	[5]	
	MC	Nivel de dificultad en la navegación	[5]	
	MC	Nivel de dificultad en el fallo/resolución de escala	[5]	
	MC	Indicador de conocimiento del equipo	[29]	
	MC	Disfrute/placer percibido	[35]	
	MC	Rendimiento percibido	[35]	
	MC	Preferencia general	[35]	
	MC	Recordar el objeto	[40]	
	MC	Reconocimiento de objetos	[40]	
	Comportamiento	MC	Visualización espacial	[29]
		MC	Orientación espacial	[29]
MC		Clasificación del tiempo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo invertido en movimientos</li> <li>• Tiempo invertido en reposo</li> <li>• Tiempo de búsqueda</li> </ul>	[39]	
MC		Orientación en el exterior	[33]	
MC		Olvido del número de habitación	[33]	
MC		Paradas en los mapas	[33]	
MC		Tiempo de parada en los mapas	[33]	
MC		Vistazo/mirada al número de habitación	[33]	
MC		Clasificación de errores	[39]	
MC		Seguimiento de ruta	[39]	
MC		Acciones físicas: observación	[39]	
MC		Acciones físicas: mirando alrededor	[39]	
MC		Uso de mapas	[41]	
MC		Uso de señales de dirección (flechas, números de salón, etc.)	[41]	
MC		Acciones físicas: observación (mapas, señales, etc.)	[41]	
MC	Acciones físicas: mirar alrededor (parejas, dirección correcta, etc.)	[41]		
Razonamiento cognitivo	MC	Hablar en voz alta	[39]	
	MC	Entrevista	[39]	
	MC	Cuestionario	[39]	

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## C. Anexo: Prototipo de navegación colaborativa

### C.1 Introducción

El prototipo de navegación colaborativa, es diseñado con el fin de realizar la experimentación y evaluación del conjunto de métricas propuestas en este trabajo. El prototipo es diseñado con el apoyo de la herramienta UDK (Unreal Development Kit) como se menciona en el **capítulo 4, sección 4.2**. Esta herramienta proporcionó las bases necesarias para construir el mundo virtual donde los usuarios interactúan en equipo, desarrollando la actividad de navegación colaborativa. A continuación se muestra el proceso llevado a cabo para realizar el diseño del mundo virtual, partiendo desde los esbozos iniciales.

### C.2 Diseño del prototipo

Una vez formulada (descrita) la actividad de navegación propuesta como segundo objetivo de este trabajo, se puso en marcha el diseño y la implementación de la misma partiendo por la construcción de los bocetos iniciales presentados en el **capítulo 4, sección 4.2.1.1**. Se diseñó el entorno virtual haciendo uso de la herramienta UDK, ver figuras **Figura C.1** y **Figura C.2**, las cuales muestran las vistas globales del entorno en sus primeras etapas. Inicialmente, en la construcción del mundo virtual se montaron los salones junto con los pasillos individuales, formando una especie de laberinto, esto con el fin de que los objetos (banderas) apareciesen aleatoriamente en dichos salones. Después de esto se procedió a la aplicación de texturas y color a los muros, principalmente líneas o cintas de colores sobre los muros de los extremos, esto con el fin de que los usuarios pudieran ubicarse dentro del entorno y localizar los objetivos (banderas), para más información, parte de este contenido es presentada en el **capítulo 5 de resultados sección 5.2**.

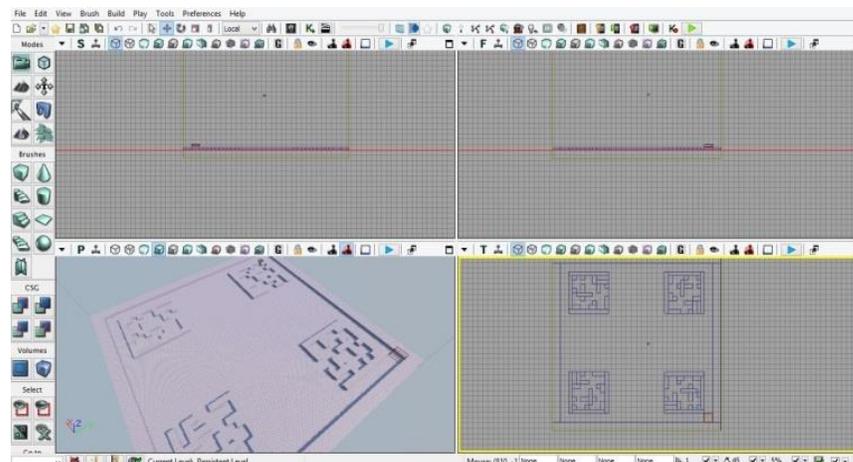


Figura C.1: Diseño inicial del prototipo.

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

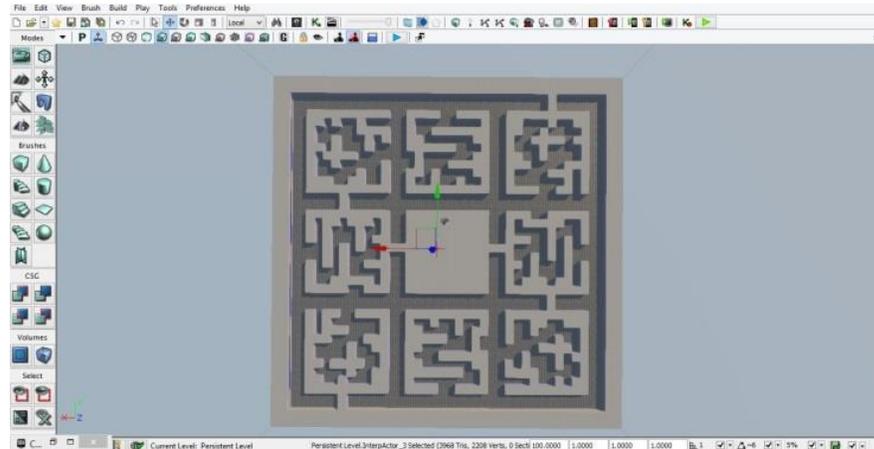


Figura C.2: Prototipo sin texturas y colores.

## C.3 Desarrollo del prototipo

Después de dar por finalizada la fase de diseño del prototipo, se pasó a la fase de desarrollo de la lógica de navegación del prototipo. El proceso de desarrollo fue apoyado por el director de tesis de este trabajo, quien con su experiencia se implementó la lógica de navegación y colaboración en el mundo virtual, donde se obtuvo el mundo virtual en su estado final, ver **Figura C.3**. La versión final de este prototipo es obtenida a través de un largo proceso de pruebas realizadas con el fin de ajustar el prototipo tanto a las necesidades de este proyecto, como para la interacción de los usuarios.

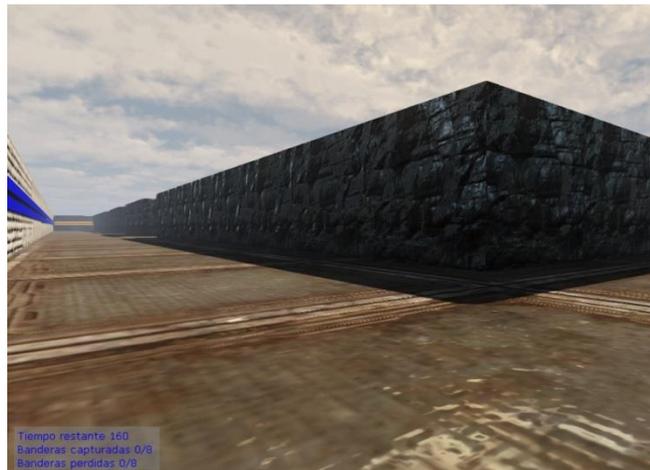


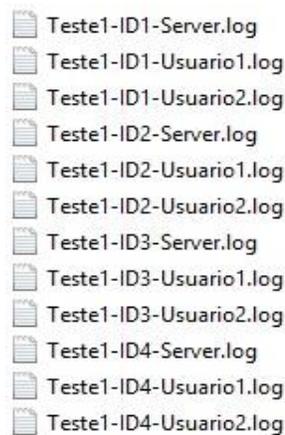
Figura C.3: Prototipo Final. Vista de Usuarios.

## C.4 Archivos de registro (Logs)

Una vez se dispone del prototipo final de navegación colaborativa, se describe el método a seguir para el proceso de la experimentación con los participantes en el mundo virtual. El método constó de una serie de pasos que permitieron llevar a

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

cabo la ejecución del experimento con 16 equipos de participantes (32 usuarios). A partir de la ejecución del experimento es como se obtiene automáticamente la información de la interacción de cada uno de los usuarios, y esta información es obtenida a través de archivos de registros suministrados por el software sobre el cual se ejecuta (lanza) el prototipo. Inicialmente se obtienen los archivos individuales de cada test y de cada usuario, los cuales son identificados con un id del equipo que realizó la prueba seguido del número de usuario (usuario 1 o 2), ver **Figura C.4**. Cada uno de estos archivos contiene la información necesaria de la interacción de los usuarios durante el desarrollo de la actividad de navegación colaborativa, información sobre la cual se realizó el proceso de volcado con el fin de obtener las medidas o los datos requeridos para la evaluación del conjunto de métricas propuestas, dicha información se registraba en las máquinas Cliente en el momento en que interactuaban los usuarios cada 250 milisegundos, ver **Figura C.5**.



**Figura C.4: Logs individuales iniciales.**

```
[0006.74] ScriptLog: <###> BoneRotation, 33 , 0 , 0 , 0 , 0.7005
[0006.74] ScriptLog: <###> BoneRotation, 34 , 0 , 0 , 0 , 0.7005
[0006.74] ScriptLog: <###> BoneRotation, 35 , 0 , 0 , 0 , 0.7005
[0006.74] ScriptLog: <###> BoneRotation, 36 , 0 , 0 , 0 , 0.7005
[0006.74] ScriptLog: <###> BoneRotation, 37 , 0 , 0 , 0 , 0.7005
[0006.74] ScriptLog: <###> BoneRotation, 38 , 0 , 0 , 0 , 0.7005
[0006.74] ScriptLog: <###> BoneRotation, 39 , 0 , 0 , 0 , 0.7005
[0006.74] ScriptLog: <###> OtherPosition, 7079.0000 , -7090.0000 , 105.0000 , 0.7005
[0006.74] ScriptLog: <###> OtherView, 0.0000 , 0.0000 , 0.0000 , 0.7005
[0006.74] ScriptLog: <###> OtherView, 0.0000 , 0.0000 , 0.0000 , 0.7005
[0006.74] ScriptLog: <###> UsersDistance, 0.0000 , 0.7005
[0006.95] ScriptLog: <###> Position, 7079.0000 , -7090.0000 , 72.9312 , 0.9101
[0006.95] ScriptLog: <###> Velocity, 0.0000 , 0.0000 , 0.0000 , 0.9101
[0006.95] ScriptLog: <###> View, 0.3807 , -0.9191 , -0.1015 , 0.9101
[0006.95] ScriptLog: <###> Rotation, 0.3827 , -0.9239 , 0.0000 , 0.9101
```

**Figura C.5: Información de log de datos inicial.**

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## C.5 Procesamiento de Logs (Volcado de datos)

Aproximadamente, cada 250 milisegundos, por cada participante, los archivos logs registran información como la velocidad, la posición, la distancia, entre otras medidas; cabe aclarar que la información proveniente de los archivos de registros es suministrada por la herramienta en la que fue diseñado el prototipo.

Al finalizar la experimentación con los 16 equipos, se obtuvieron 191 archivos de registro ó logs, que posteriormente se procesaron a través de un Script en el lenguaje AWK (Unix) diseñado por el director de este proyecto de grado, con el fin de obtener un volcado de los datos necesarios para la evaluación. Una vez procesado el volcado de datos, se obtuvo un resultado de 960 archivos de registro de datos, cada uno con los respectivos datos de cada usuario, esto para cada test. A manera de ejemplo, en la **Figura C.6** se muestran los archivos del volcado de datos para un solo participante en un solo test, y en la **Figura C.7** se muestra una parte del contenido de un archivo volcado de un solo participante en un solo test.

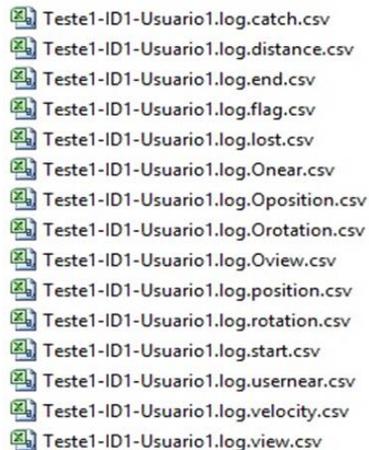


Figura C.6: Logs información procesada. Usuario 1.



Figura C.7: Archivo Log resultado. Usuario 1.

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

Los archivos bitácora o Log, pueden ser accedidos en la carpeta del DVD entregado junto las carpetas donde se organizó esta información. Cada uno de los archivos que arrojó el proceso de volcado, se explica continuación.

- **Log catch:** Muestra el número de banderas capturadas, el tiempo en que se capturó una determinada bandera y el tiempo total invertido en la captura de cada bandera.
- **Log distance:** Muestra la distancia de separación entre usuarios y el tiempo en milisegundos para una determinada distancia.
- **Log end:** Muestra el tiempo de finalización de la prueba.
- **Log flag:** Muestra el número de la bandera capturada y la posición donde esta se encuentra de acuerdo con los tres ejes de coordenadas del entorno (X, Y, Z).
- **Log lost:** Muestra el número de bandera, tiempo en que se perdió la captura (160), Tiempo total invertido en la prueba.
- **Log Onear:** Posición del otro usuario, si este estuvo cerca de la bandera en de acuerdo con los tres ejes de coordenadas del entorno (X, Y, Z).
- **Log Oposition:** Posición del otro usuario en el entorno virtual de acuerdo con los tres ejes de coordenadas del entorno (X, Y, Z).
- **Log Orotation:** Rotación del otro usuario en el entorno virtual en los tres ejes de coordenadas del entorno (X, Y, Z).
- **Log View:** Posición de la vista del otro usuario en el entorno virtual en los tres ejes de coordenadas del entorno (X, Y, Z).
- **Log Position:** Posición del usuario en el entorno virtual en los tres ejes de coordenadas del entorno (X, Y, Z), y el tiempo de en milisegundos de la prueba.
- **Log Rotation:** Registra la posición de la rotación del usuario en coordenadas del entorno (X, Y, Z), se registra cada 250 milisegundos, además registra el tiempo en milisegundos.
- **Log Start:** Tiempo en que se inició la prueba y tiempo en que se terminó la prueba.
- **Log Usernear:** Se registra la posición del usuario cuando está cerca de la bandera en coordenadas (X, Y, Z), y el tiempo de cada posición.
- **Log Velocity:** Velocidad de los usuarios en (X, Y, Z), es cero cuando el usuario no se mueve en el mundo virtual, Tiempo de la prueba.
- **Log View:** Posición de la vista del usuario en el entorno virtual en los tres ejes de coordenadas del entorno (X, Y, Z).

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## D. Anexo: Caracterización de la población

### D.1 Introducción

La caracterización de la población se realiza con el fin de reunir datos personales acerca de los usuarios a evaluar. La información será usada únicamente para fines académicos y de investigación, lo que permite determinar claramente de los participantes por ejemplo, qué tanto conocen y cuál es la relación previa con videojuegos 3D o su disposición para trabajar en grupo, entre otros. Por lo tanto se mantendrá el anonimato y privacidad de los datos suministrados. La caracterización se realizó antes de dar inicio a la evaluación de los test (Test 1 y Test 2), para su ejecución se hizo uso de la herramienta de encuestas de Google Drive, y éste formulario consta de las siguientes preguntas, ver **Figura D.1**:

### Caracterización de Usuarios

Este formulario tiene como objetivo realizar una caracterización de las personas que colaboraron con esta prueba. La Información aquí suministrada será usada únicamente para fines académicos y de investigación, por lo tanto se mantendrá el anonimato y privacidad de los datos suministrados.

\*Obligatorio

Fecha \*

ID \*

Nombres \*

Apellidos \*

Edad \*

Genero \*

Hombre

Mujer

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

**Escolaridad máxima obtenida \***

Primaria  
 Secundaria  
 Técnico  
 Universitaria

**Ocupación \***

**Mano de preferencia \***

Diestro  
 Zurdo  
 Ambidiestro

**Problemas de visión \***

Ninguno  
 Miopía  
 Hipermetropía  
 Astigmatismo  
 Otros:

**¿Con qué frecuencia juega videojuegos? \***

Nunca he jugado  
 He jugado un par de veces, solo para probar  
 Juego ocasionalmente  
 Juego una vez por semana  
 Juego casi todos los días

**Califique su destreza en juegos de acción en 3D \***

Se entiende como juegos de acción en 3D aquellos juegos que exigen reacción rápida del jugador, como el caso de los juegos de carrera de autos y juegos de tirador en primera persona como Doom, Quake, Unreal, Halo, etc.

No sé, no he jugado lo suficiente  
 Malo, no tengo coordinación motora para este tipo de juegos  
 Aceptable, tengo dificultad en usar las dos manos al mismo tiempo  
 Soy bueno  
 Soy muy bueno

**Califique su disposición para el trabajo en equipo \***

1 2 3 4 5

Evito trabajar en grupos, me gusta trabajar solo      Me integro o genero grupos de trabajo, me gusta trabajar en equipo

Figura D.1: Cuestionario de caracterización de usuarios.

La caracterización se compone de 12 preguntas, de las cuales se obtuvieron 32 respuestas una por cada participante en el transcurso de 5 días, ver **Figura D.7**, logrando así evaluar 16 equipos en la actividad de navegación colaborativa.

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

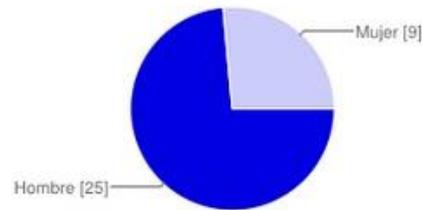
## D.2 Preguntas Generales

Aquí se presentan las preguntas generales del cuestionario de caracterización de la población. Como se mencionó anteriormente, estas preguntas permiten obtener información de la población elegida.

1. **ID:** Identificador para cada uno de los equipos, cada equipo de participantes tuvo un identificador propio que se registró automáticamente, por ejemplo, el equipo 1 tuvo el identificador 1, el equipo dos tuvo el identificador 2, y así sucesivamente hasta el equipo 16.
2. **Nombres:** Nombre de la persona que va a realizar el experimento. Una cantidad de 32 personas la contestó, el 100% suministraron sus nombres.
3. **Apellidos:** Apellido de la persona que va a realizar el experimento. Una cantidad de 32 personas la contestó, el 100% suministraron sus apellidos.
4. **Edad:** Edad de las personas que realizan el experimento, las edades estuvieron entre los 20 a 32 años con un promedio de 25 años, esto puede ayudar a obtener un índice del rango de edades de las personas con experiencia en entornos virtuales.
5. **Género:** Una cantidad de 23 hombres (74%) y 9 mujeres (26%) fueron evaluados, esto puede ayudar a determinar las relaciones que conllevan a una buena colaboración entre diferencias de géneros, ver **Figura D.2**.
6. **Escolaridad máxima obtenida:** Nivel de escolaridad de los participantes a evaluar, ver **Figura D.3**.
7. **Ocupación:** Indica la labor actual de cada participante en su vida diaria.
8. **Mano de preferencia:** La mano de preferencia indica qué mano utiliza frecuentemente para sus actividades diarias, ejemplo, diestra, izquierda, o ambidiestro.
9. **Problemas de visión:** Algunos de los participantes pueden tener algunos problemas de visión y esto puede reflejar dificultades en la interacción en mundos virtuales y por ende en la colaboración en una tarea en común.
10. **¿Con qué frecuencia juega videojuegos?:** Los participantes que juegan con frecuencia videojuegos, pueden tener más facilidad para realizar la actividad que los que no han jugado, ver **Figura D.4**.
11. **Califique su destreza en juegos de acción en 3D:** La destreza con la que se califican los participantes en los juegos de acción 3D indica el nivel de experticia que tienen al momento de realizar una actividad en entornos virtuales, ver **Figura D.5**.
12. **Califique su disposición para el trabajo en equipo:** Indica qué tanta disposición tiene cada participante para trabajar en equipo en una actividad colaborativa, ver **Figura D.6**.

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

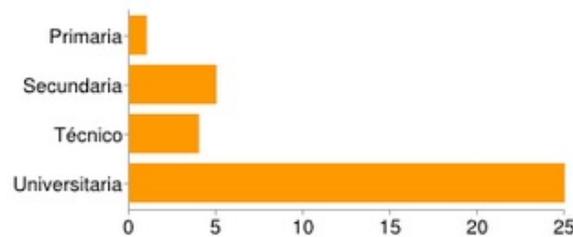
## Genero



Hombre	25	74%
Mujer	9	26%

Figura D.2: Pregunta 5.

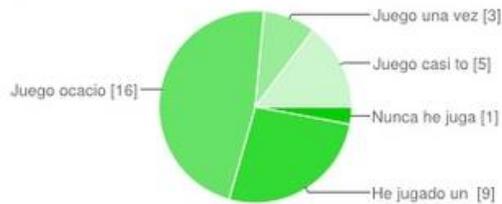
## Escolaridad máxima obtenida



Primaria	1	3%
Secundaria	5	15%
Técnico	4	12%
Universitaria	25	74%

Figura D.3: Pregunta 6.

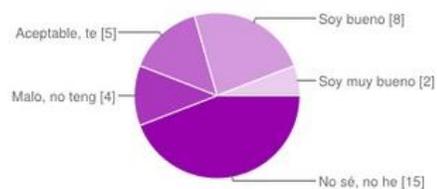
## ¿Con qué frecuencia juega videojuegos?



Nunca he jugado	1	3%
He jugado un par de veces, solo para probar	9	26%
Juego ocasionalmente	16	47%
Juego una vez por semana	3	9%
Juego casi todos los días	5	15%

Figura D.4: Pregunta 10.

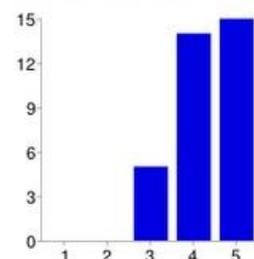
## Califique su destreza en juegos de acción en 3D



No sé, no he jugado lo suficiente	15	44%
Malo, no tengo coordinación motora para este tipo de juegos	4	12%
Aceptable, tengo dificultad en usar las dos manos al mismo tiempo	5	15%
Soy bueno	8	24%
Soy muy bueno	2	6%

Figura D.5: Pregunta 11.

## Califique su disposición para el trabajo en equipo



1	0	0%
2	0	0%
3	5	15%
4	14	41%
5	15	44%

Figura D.6: Pregunta 12.

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

### Número de respuestas diarias



Figura D.7: Cantidad de respuestas diarias desde el 15/07/2014 al 18/07/2014.

### D.3 Caracterización de usuarios

Tabla D.1: Registro de Usuarios

Equipo	Nombres	Apellidos	Edad	Género	Escolaridad máxima obtenida
1	Alonso	Dorado	32	Hombre	Técnico
	John Henry	Bermudez Martínez	27	Hombre	Secundaria
2	Leydi	Erazo	27	Mujer	Universitaria
	Francy Alejandra	Muñoz Rojas	27	Mujer	Secundaria
3	Dolly Yazmin	Anacona Golondrino	22	Mujer	Secundaria
	Maria Isabel	Bastidas Mutiz	27	Mujer	Técnico
4	Andres Felipe	Nuñez Concha	21	Hombre	Secundaria
	Cristhian Alberto	Nuñez Concha	23	Hombre	Secundaria
5	Diego Felipe	Espinosa Tafur	26	Hombre	Universitaria
	Ricardo	Velasco Arcos	25	Hombre	Secundaria
6	Juan Camilo	Cerón Estrada	26	Hombre	Secundaria
	Juan Pablo	Martínez Pulido	27	Hombre	Secundaria
7	Fabián Rodrigo	Lasso Rodríguez	25	Hombre	Secundaria
	Silvana Lorena	Criollo Obando	25	Mujer	Secundaria
8	Julio	Londoño	23	Hombre	Universitaria
	Cesar Ricardo	Maca García	24	Hombre	Universitaria
9	Marcela Yaneth	Solarte LLanten	25	Mujer	Universitaria
	Claudia Patricia	Muñoz Moreno	26	Mujer	Universitaria
10	Sebastián	Orozco Yanza	22	Hombre	Universitaria
	William Arleth	Cruz Lopez	22	Hombre	Técnico
11	Hugo Santiago	Mosquera Collo	25	Hombre	Secundaria
	Kevin	Rendón Hurtado	20	Hombre	Secundaria
12	Ingri Silvana	Fernandez Espada	25	Mujer	Secundaria
	Juan Manuel	Chaguendo Guerreo	27	Hombre	Secundaria
13	Andrés Felipe	Castillo Escobar	23	Hombre	Secundaria
	Yesica	Gamboa	22	Mujer	Secundaria
14	Daniel Felipe	Cepeda	31	Hombre	Secundaria
	Daniel Eduardo	Paz Perafán	23	Hombre	Técnico
15	Audenaar	Baos	25	Hombre	Secundaria
	Juan Carlos	Majin Narvaez	25	Hombre	Secundaria
16	Wilmer Fernando	Gonzales Tulcan	26	Hombre	Universitaria
	Edwin	Castillo	26	Hombre	Secundaria

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

**Tabla D.2: Caracterización de Usuarios.**

Nombres	Ocupación	Mano de preferencia	Problemas de visión	¿Con qué frecuencia juega videojuegos?	Califique su destreza en juegos de acción en 3D	Califique su disposición para el trabajo en equipo
Alonso	NetWorker	Diestro	Ninguno	Juego ocasionalmente	No sé, no he jugado lo suficiente	4
John Henry	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego ocasionalmente	No sé, no he jugado lo suficiente	4
Leydi	Estudiante	Diestro	Ninguno	He jugado un par de veces, solo para probar	No sé, no he jugado lo suficiente	4
Francy Alejandra	Estudiante	Diestro	Miopía	He jugado un par de veces, solo para probar	No sé, no he jugado lo suficiente	3
Dolly Yazmin	Estudiante	Diestro	Miopía	He jugado un par de veces, solo para probar	No sé, no he jugado lo suficiente	5
Maria Isabel	Estudiante	Diestro	Astigmatismo	He jugado un par de veces, solo para probar	Malo, no tengo coordinación motora para este tipo de juegos	5
Andres Felipe	Estudiante	Zurdo	Ninguno	Juego casi todos los días	Soy bueno	5
Cristhian Alberto	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego casi todos los días	Soy bueno	5
Diego Felipe	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego casi todos los días	Soy bueno	4
Ricardo	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego ocasionalmente	Aceptable, tengo dificultad en usar las dos manos al mismo tiempo	4
Juan camilo	Ingeniero de software	Ambidiestro	Miopía, Astigmatismo	Juego casi todos los días	Soy bueno	5
Juan Pablo	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego una vez por semana	Soy muy bueno	5
Fabian Rodrigo	Estudiante	Diestro	Miopía	Juego ocasionalmente	No sé, no he jugado lo suficiente	4
silvana lorena	Estudiante	Diestro	Miopía, Astigmatismo	He jugado un par de veces, solo para probar	Malo, no tengo coordinación motora para este tipo de juegos	5
julio	Estudiante	Diestro	Ninguno	He jugado un par de veces, solo para probar	No sé, no he jugado lo suficiente	4
cesar ricardo	Docente	Diestro	Ninguno	Juego ocasionalmente	Malo, no tengo coordinación motora para este tipo de juegos	5
Marcela Yaneth	Estudiante	Diestro	Miopía	He jugado un par de veces, solo para probar	No sé, no he jugado lo suficiente	3
Claudia Patricia	Estudiante	Diestro	Miopía	Juego ocasionalmente	No sé, no he jugado lo suficiente	4
sebastian	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego ocasionalmente	Malo, no tengo coordinación motora para este tipo de juegos	4
William Arleth	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego ocasionalmente	Aceptable, tengo dificultad en usar las dos manos al mismo tiempo	4
hugo santiago	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego ocasionalmente	No sé, no he jugado lo suficiente	5
Kevin	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego una vez por semana	Soy bueno	5
Inгри Silvana	Estudiante	Diestro	Miopía, Astigmatismo	He jugado un par de veces, solo para probar	No sé, no he jugado lo suficiente	5
juan manuel	Estudiante	Diestro	Astigmatismo	Juego una vez por semana	Soy bueno	4
Andrés Felipe	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego casi todos los días	Soy bueno	3
yesica	Estudiante	Diestro	Ninguno	Nunca he jugado	No sé, no he jugado lo suficiente	4
Daniel Felipe	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego ocasionalmente	No sé, no he jugado lo suficiente	3
Daniel Eduardo	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego ocasionalmente	Aceptable, tengo dificultad en usar las dos manos al mismo tiempo	4
audenar	Estudiante	Diestro	corrección ocular	He jugado un par de veces, solo para probar	No sé, no he jugado lo suficiente	5
juan carlos	Estudiante	Diestro	Miopía	Juego ocasionalmente	Aceptable, tengo dificultad en usar las dos manos al mismo tiempo	4
Wilmer Fernando	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego ocasionalmente	Soy muy bueno	5
Edwin	Estudiante	Diestro	Ninguno	Juego ocasionalmente	Aceptable, tengo dificultad en usar las dos manos al mismo tiempo	5

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## D.4 Registro total fotográfico de los participantes



Figura D.8: Registro fotográfico de participantes.

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## E. Anexo: Cuestionario de Colaboración e Inmersión

### E.1 Introducción

Para el cálculo de las métricas propuestas se hizo necesario evaluar a los participantes tanto objetivamente como subjetivamente. El cuestionario diseñado con preguntas tipo escala de Likert se realizó con el fin de obtener datos subjetivos desde el punto de vista de los participantes en cada uno de los test de la evaluación. El cuestionario se compone de 17 preguntas divididas en dos secciones: Percepción de la colaboración, y la Sensación de inmersión en el entorno virtual. En la **Figura E.1** se muestra a manera de ejemplo una parte del contenido del cuestionario, y en la **sección E.1.1** se transcriben cada una de las preguntas que fueron formuladas en el cuestionario. Cabe aclarar que el mismo cuestionario, fue aplicado a los usuarios en los Test 1 y Test 2, esto con el fin de observar la diferencia significativa entre el Test1 y Tes2 (Esta diferencia se explica en detalle en el **anexo G**), donde un test presenta colaboración favorecida – C. F y el otro presenta colaboración libre – C. L.

**Cuestionario de Colaboración, e Inmersión**

Califique cada uno de los puntos en una escala de 1 a 5 teniendo en cuenta las apreciaciones dadas.

\*Obligatorio

ID \*  
Indicador de la prueba

**Sobre su percepción de la colaboración**

1. ¿Cómo percibió la ayuda que prestó a su compañero en la búsqueda de las banderas? \*

1 2 3 4 5

Percibí que nunca le ayudé ○ ○ ○ ○ ○ Percibí que todo el tiempo le ayudé

2. ¿Cómo percibió la ayuda que recibió de su compañero en la búsqueda de las banderas? \*

1 2 3 4 5

Percibí que nunca me ayudó ○ ○ ○ ○ ○ Percibí que todo el tiempo me ayudó

3. Cuando tuvo la oportunidad, ¿cómo percibió que guió a su compañero en el entorno virtual? \*

1 2 3 4 5

Percibí que nunca lo guié ○ ○ ○ ○ ○ Percibí que todo el tiempo lo guié

Figura E.1: Cuestionario de colaboración e inmersión.

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## E.1.1 Preguntas cuestionario

Las preguntas de este cuestionario ayudan a determinar de manera subjetiva algunas de las métricas propuestas.

### Preguntas de desempeño

1. Califique la precisión de la interacción en el entorno virtual  
Muy impreciso, nunca lograba el movimiento que quería    1 2 3 4 5    Muy preciso, siempre lograba el movimiento que quería
2. Califique la eficiencia de la interacción en el entorno virtual  
Muy ineficiente, cuando aplicaba un movimiento, el retraso para que este se produjera en el entorno virtual era muy alto    1 2 3 4 5    Muy eficiente, cuando aplicaba un movimiento, el retraso para que este se produjera en el entorno virtual casi no se percibía
3. De manera general, califique la tarea de encontrar las banderas en el entorno virtual  
Muy difícil, no era posible encontrarlas    1 2 3 4 5    Muy fácil, era muy sencillo encontrarlas

### Preguntas de cooperación intragrupal

4. ¿Cómo percibió la ayuda que prestó a su compañero en la búsqueda de las banderas?  
Percibí que nunca lo ayude    1 2 3 4 5    Percibí que todo el tiempo lo ayude
5. ¿Cómo percibió la ayuda que recibió de su compañero en la búsqueda de las banderas?  
Percibí que nunca me ayudo    1 2 3 4 5    Percibí que todo el tiempo me ayudo
6. ¿Qué tanto tiempo percibió que usted habló durante la búsqueda de las banderas?  
Muy poco, estuve todo el tiempo en silencio    1 2 3 4 5    Mucho, hable durante todo el tiempo
7. ¿Qué tanto tiempo percibió que habló su compañero durante la búsqueda de las banderas?  
Muy poco, estuvo todo el tiempo en silencio    1 2 3 4 5    Mucho, habló durante todo el tiempo
8. De manera general, ¿cómo percibió su colaboración en la búsqueda de las banderas?  
Muy mala, nunca colaboré con mi compañero    1 2 3 4 5    Muy buena, todo el tiempo colaboré con mi compañero
9. De manera general, ¿cómo percibió la colaboración de su compañero en la búsqueda de las banderas?  
Muy mala, nunca colaboró conmigo    1 2 3 4 5    Muy buena, todo el tiempo colaboró conmigo

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## Preguntas de orientación espacial

10. Cuando tuvo la oportunidad, ¿cómo percibió que guió a su compañero en el entorno virtual?  
Percibí que nunca lo guie                      1 2 3 4 5                      Percibí que todo el tiempo lo guie
11. Cuando tuvo la oportunidad, ¿cómo percibió que su compañero lo guió en el entorno virtual?  
Percibí que nunca me guió                      1 2 3 4 5                      Percibí que todo el tiempo me guió
12. Califique la facilidad para ubicarse en el entorno virtual  
Muy difícil, me sentí desubicado todo el tiempo                      1 2 3 4 5                      Muy fácil, estuve ubicado casi todo el tiempo

## Preguntas de inmersión

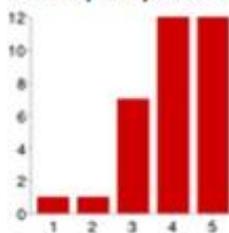
13. Califique la sensación percibida de estar en el interior de un laberinto  
Muy baja, nunca me sentí en el interior de un laberinto                      1 2 3 4 5                      Muy alta, todo el tiempo me sentí en el interior de un laberinto
14. Cuando recuerda la tarea, califique la sensación de sentirse caminando dentro del laberinto  
Muy baja, no me sentí caminando en un laberinto                      1 2 3 4 5                      Muy alta, me sentí caminando en un laberinto
15. Califique la sensación de estar dentro de un laberinto ó de estar mirando un laberinto  
Sentí que estaba mirando un laberinto                      1 2 3 4 5                      Sentí que me encontraba dentro de un laberinto
16. Califique la sensación percibida de estar en la misma habitación con su compañero  
Muy baja, no me sentí en la misma habitación con mi compañero                      1 2 3 4 5                      Muy alta, me sentí en la misma habitación con mi compañero
17. Cuando recuerda la tarea, califique la sensación de caminar junto a su compañero en el entorno virtual  
Muy baja, no me siento caminando con mi compañero                      1 2 3 4 5                      Muy alta, si me siento caminando con mi compañero

### E.1.2 Respuestas a las preguntas del cuestionario

En la **Figura E.2**, se muestran los resultados obtenidos a través de la herramienta de Google Drive para el Test 1. Cabe aclarar que los resultados de las gráficas arrojados por Google Drive no se tuvieron en cuenta para el cálculo de las métricas subjetivas, se muestran a manera de ejemplo, con el fin de observar a grandes rasgos qué porcentaje de usuarios contestó un determinado criterio.

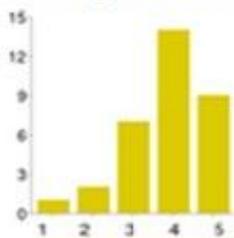
# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

**1** Califque la precisión de la interacción en el entorno virtual



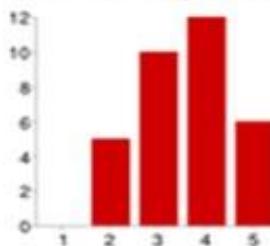
1	1	3%
2	1	3%
3	7	21%
4	12	36%
5	12	36%

**2.** Califque la eficiencia de la interacción en el entorno virtual



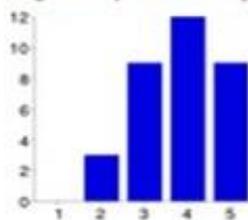
1	1	3%
2	2	6%
3	7	21%
4	14	42%
5	9	27%

**3.** De manera general, califque la tarea de encontrar las banderas en el entorno virtual



1	0	0%
2	5	15%
3	10	30%
4	12	36%
5	6	18%

**4** ¿Cómo percibió la ayuda que prestó a su compañero en la búsqueda de las banderas?



1	0	0%
2	3	9%
3	9	27%
4	12	36%
5	9	27%

**5** ¿Cómo percibió la ayuda que recibió de su compañero en la búsqueda de las banderas?



1	1	3%
2	3	9%
3	9	27%
4	8	24%
5	12	36%

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

6. ¿Que tanto tiempo percibió que usted habló durante la búsqueda de las banderas?



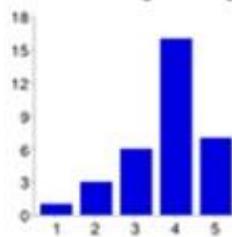
1	0	0%
2	1	3%
3	6	15%
4	12	30%
5	16	45%

7. ¿Que tanto tiempo percibió que habló su compañero durante la búsqueda de las banderas?



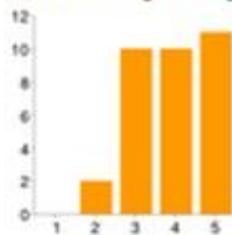
1	0	0%
2	3	9%
3	6	18%
4	9	27%
5	16	45%

8. De manera general, ¿cómo percibió su colaboración en la búsqueda de las banderas?



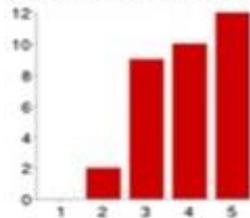
1	1	3%
2	3	9%
3	6	18%
4	16	45%
5	7	21%

9. De manera general, ¿cómo percibió la colaboración de su compañero en la búsqueda de las banderas?



1	0	0%
2	2	6%
3	10	30%
4	10	30%
5	11	33%

10. Cuando tuvo la oportunidad, ¿cómo percibió que guió a su compañero en el entorno virtual?



1	0	0%
2	2	6%
3	9	27%
4	10	30%
5	12	36%

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

11 Cuando tuvo la oportunidad, ¿cómo percibió que su compañero lo guió en el entorno virtual?



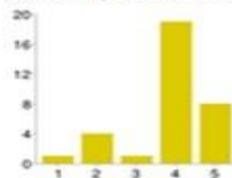
1	1	3%
2	2	6%
3	12	36%
4	8	24%
5	10	30%

12 Califique la facilidad para ubicarse en el entorno virtual



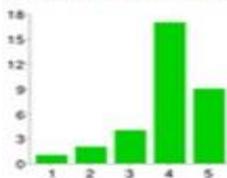
1	0	0%
2	2	6%
3	6	18%
4	19	58%
5	6	18%

13 Califique la sensación percibida de estar en el interior de un laberinto



1	1	3%
2	4	12%
3	1	3%
4	19	58%
5	8	24%

14 Cuando recuerda la tarea, califique la sensación de sentirse caminando dentro del laberinto



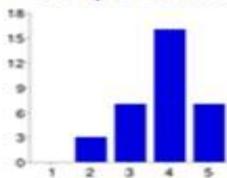
1	1	3%
2	2	6%
3	4	12%
4	17	52%
5	9	27%

15 Califique la sensación de estar dentro de un laberinto ó de estar mirando un laberinto



1	2	6%
2	2	6%
3	2	6%
4	14	42%
5	13	39%

16 Califique la sensación percibida de estar en la misma habitación con su compañero



1	0	0%
2	3	9%
3	7	21%
4	16	48%
5	7	21%

17 Cuando recuerda la tarea, califique la sensación de caminar junto a su compañero en el entorno virtual



1	0	0%
2	3	9%
3	8	24%
4	12	36%
5	10	30%

Figura E.2: Respuestas al cuestionario - Test 1.

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## F. Anexo: Cálculo de métricas

### F.1 Métricas cuantitativas - objetivas

En éste anexo se presentan los resultados obtenidos a través del cálculo realizado en cada una de las métricas cuantitativas propuestas en este proyecto de grado las cuales provienen de datos objetivos. En el capítulo 5 se explica en detalle el resultado de los datos obtenidos en la evaluación de cada métrica. A continuación, en ésta sección se muestra para cada métrica una tabla de resultados con el cálculo de su respectivo su conjunto de métricas.

#### F.1.1 Desempeño

En la **Tabla F.1** se muestran los resultados obtenidos para la métrica de desempeño. Las métricas calculadas en la métrica de desempeño son: Tiempo transcurrido en la actividad (TTA), Objetos atrapados sobre el tiempo (OAT) y Objetos atrapados sobre el total de objetos (OAO). Podemos observar que el equipo 6 obtuvo mejores resultados en la métrica TTA para cada condición (C. F y C. L), mientras que incluyendo al equipo 6, los equipos 11, 13 y 16 obtuvieron mejores resultados en la métrica OAT para la condición C. L y el equipo 6 obtuvo buenos resultados en la C. F para la misma métrica, y por último en la métrica OAO en la condición C. F, el equipo 6 obtuvo mejores resultados y en la condición C. L, los equipos 6, 11, 13 y 16 obtuvieron mejores resultados.

Tabla F.1: Desempeño.

Métrica Conjunto de Métricas	Desempeño					
	TTA		OAT		OAO	
Tipo Tarea	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L
Equipo 1	0,1888	0,3183	0,1875	0,2813	0,5000	0,7500
Equipo 2	0,0476	0,1144	0,0469	0,0938	0,1250	0,2500
Equipo 3	0,1137	0,3672	0,1875	0,2813	0,5000	0,7500
Equipo 4	0,2018	0,3594	0,3281	0,3281	0,8750	0,8750
Equipo 5	0,1183	0,1551	0,1875	0,2344	0,5000	0,6250
Equipo 6	0,4892	0,5672	0,3750	0,3750	1,0000	1,0000
Equipo 7	0,1084	0,0990	0,0938	0,1406	0,2500	0,3750
Equipo 8	0,0930	0,1155	0,1406	0,1875	0,3750	0,5000
Equipo 9	0,0552	0,0976	0,0469	0,1875	0,1250	0,5000
Equipo 10	0,2331	0,3831	0,2813	0,3281	0,7500	0,8750
Equipo 11	0,0740	0,4077	0,1875	0,3750	0,5000	1,0000
Equipo 12	0,1447	0,2657	0,0938	0,2813	0,2500	0,7500
Equipo 13	0,0640	0,3920	0,0938	0,3750	0,2500	1,0000
Equipo 14	0,0667	0,2029	0,0938	0,1875	0,2500	0,5000
Equipo 15	0,0004	0,0069	0,0469	0,0469	0,1250	0,1250
Equipo 16	0,1050	0,2867	0,0938	0,3750	0,2500	1,0000

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## F.1.2 Aplicación de estrategias

En la **Tabla F.2** se muestran los resultados obtenidos para la métrica de aplicación de estrategias. Las métricas calculadas en la métrica de aplicación de estrategias son: Índice de caminado relativo (ICR) e Índice de caminado en equipo (ICE). Podemos observar que para la métrica ICR, el equipo 2 obtuvo mejores resultados en la C. F, mientras que en la C. L el equipo 9 obtuvo mejores resultados, y para la métrica ICE, los equipos 4, 6, 13 y 14 obtuvieron mejores resultados en la C. F y los equipos 6, 10, 11, 13 y 14 obtuvieron mejores resultados en la C. L.

**Tabla F.2: Aplicación de estrategias.**

Métrica	Aplicación de estrategias			
	ICR		ICE	
Conjunto de Métricas	C.F	C.L	C.F	C.L
Tipo Tarea	C.F	C.L	C.F	C.L
Equipo 1	0,9045	0,9393	0,8724	0,7590
Equipo 2	0,9869	0,9124	0,5539	0,8236
Equipo 3	0,8326	0,8240	0,8192	0,8694
Equipo 4	0,8984	0,8389	0,9820	0,8558
Equipo 5	0,7973	0,9883	0,9207	0,5284
Equipo 6	0,9055	0,9420	0,9515	0,9622
Equipo 7	0,8901	0,9777	0,5478	0,9417
Equipo 8	0,9831	0,9535	0,8183	0,9269
Equipo 9	0,9833	0,9981	0,2684	0,9273
Equipo 10	0,9267	0,9503	0,9277	0,9569
Equipo 11	0,9589	0,9821	0,8901	0,9883
Equipo 12	0,9668	0,9619	0,8072	0,9126
Equipo 13	0,8398	0,9669	0,9835	0,9541
Equipo 14	0,9523	0,9171	0,9689	0,9627
Equipo 15	0,8400	0,9664	0,6812	0,8896
Equipo 16	0,8901	0,7311	0,8452	0,8040

**Tabla F.3: Cooperación intragrupal.**

Métrica	Cooperación intragrupal					
	IVR		IVE		TC	
Conjunto de Métricas	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L
Tipo Tarea	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L
Equipo 1	0,6325	0,3913	0,4975	0,6493	0,2892	0,1880
Equipo 2	0,7151	0,4666	0,2055	0,3347	0,4781	0,3834
Equipo 3	0,5909	0,2574	0,4729	0,6375	0,3520	0,3009
Equipo 4	0,5573	0,4874	0,4493	0,6387	0,3459	0,2358
Equipo 5	0,4814	0,3498	0,4248	0,6250	0,3089	0,2367
Equipo 6	0,6167	0,4172	0,7388	0,7959	0,3338	0,2461
Equipo 7	0,6651	0,3622	0,2182	0,4212	0,3023	0,3338
Equipo 8	0,7061	0,3988	0,3190	0,4326	0,3352	0,2386
Equipo 9	0,8577	0,5839	0,1003	0,3655	0,3848	0,2025
Equipo 10	0,6554	0,3778	0,5024	0,6031	0,2442	0,1102
Equipo 11	0,6066	0,4432	0,3785	0,6677	0,3384	0,1538
Equipo 12	0,6054	0,3024	0,3259	0,5322	0,2920	0,1495
Equipo 13	0,6417	0,3374	0,3887	0,5602	0,2930	0,1542
Equipo 14	0,5962	0,3699	0,3699	0,4648	0,0741	0,0520
Equipo 15	0,6570	0,4832	0,2424	0,3203	0,5798	0,4397
Equipo 16	0,5635	0,2909	0,4623	0,6050	0,2991	0,1542

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## F.1.3 Cooperación intragrupal

En la **Tabla F.3** se muestran los resultados obtenidos para la métrica de cooperación intragrupal. Las métricas calculadas en la métrica de cooperación intragrupal son: Índice de velocidad relativa (IVR), Índice de velocidad en equipo (IVE) y Tiempo de comunicación (TC). Podemos observar que para la métrica IVR, el equipo 9 obtuvo mejores resultados en la C. F y en la C. L, en la métrica IVE, el equipo 6 obtuvo mejores resultados en la C. F y C. L, y para la métrica TC, el equipo 15 obtuvo mejores resultados en la C. F y en la C. L.

## F.1.4 Coordinación

En la **Tabla F.4** se muestran los resultados obtenidos para la métrica de coordinación. Las métricas calculadas en la métrica de coordinación son: Distancia entre usuarios (DU) y Proximidad al objetivo en equipo (POE). Podemos observar que para la métrica DU, los equipos 9 y 11 obtuvieron mejores resultados en la C. F, mientras que el equipo 4 obtuvo mejores resultados en la C. L, y para la métrica POE, el equipo 6 obtuvo mejores resultados en la C. F, mientras que el equipo 10 obtuvo mejores resultados en la C. L.

Tabla F.4: Coordinación.

Métrica	Coordinación			
	DU		POE	
Conjunto de Métricas	C.F	C.L	C.F	C.L
Tipo Tarea	C.F	C.L	C.F	C.L
Equipo 1	0,2988	0,1289	0,1277	0,2150
Equipo 2	0,0808	0,2921	0,0399	0,0768
Equipo 3	0,2865	0,0589	0,1444	0,1866
Equipo 4	0,1852	0,3701	0,1547	0,1430
Equipo 5	0,2677	0,0327	0,0958	0,1870
Equipo 6	0,0855	0,3385	0,1738	0,1691
Equipo 7	0,2281	0,0331	0,0747	0,1448
Equipo 8	0,0982	0,2457	0,0634	0,0852
Equipo 9	0,3221	0,1312	0,0294	0,1048
Equipo 10	0,0807	0,3098	0,1388	0,2607
Equipo 11	0,3232	0,1644	0,0739	0,1818
Equipo 12	0,0408	0,2736	0,0568	0,1981
Equipo 13	0,3064	0,0408	0,0616	0,2225
Equipo 14	0,0870	0,3248	0,0466	0,1156
Equipo 15	0,2763	0,1088	0,0293	0,0063
Equipo 16	0,0906	0,2682	0,0441	0,1688

## F.1.5 Orientación espacial

En la **Tabla F.5** se muestran los resultados obtenidos para la métrica de orientación espacial. La métrica calculada en la métrica de orientación espacial es:

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

Índice de giro (IG). Podemos observar que para la métrica IG, el equipo 9 obtuvo mejores resultados en la C. F y en la C. L.

Tabla F.5: Orientación espacial.

Métrica	Orientación espacial	
Conjunto de Métricas	IG	
Tipo Tarea	C.F	C.L
Equipo 1	0,8884	0,8675
Equipo 2	0,9051	0,8984
Equipo 3	0,8613	0,8386
Equipo 4	0,8996	0,8664
Equipo 5	0,9015	0,8923
Equipo 6	0,8812	0,8637
Equipo 7	0,8957	0,8950
Equipo 8	0,8834	0,8883
Equipo 9	0,9614	0,9315
Equipo 10	0,8316	0,8483
Equipo 11	0,9162	0,8728
Equipo 12	0,9187	0,9034
Equipo 13	0,8860	0,8895
Equipo 14	0,8717	0,8538
Equipo 15	0,9182	0,9092
Equipo 16	0,9006	0,8886

## F.2 Métricas cuantitativas - subjetivas

En éste anexo se presentan los datos obtenidos a través del cálculo realizado en cada una de las métricas cualitativas propuestas en este proyecto de grado. En el capítulo 5 de la monografía de este trabajo de grado se explica en detalle el resultado de los datos obtenidos en la evaluación de cada métrica. A continuación, en ésta sección se muestra para cada métrica una tabla de resultados para el cálculo de su respectivo conjunto de métricas.

Cabe aclarar que por facilidad en el tratamiento de los datos, no se coloca el texto de cada pregunta sino que solamente se coloca en número de la pregunta tal y como se encuentra en el cuestionario aplicado a los usuarios, ver **Sección E.1.1, Anexo E.**

### F.2.1 Desempeño

En la **Tabla F.6** se muestran los resultados obtenidos para la métrica de desempeño a partir de datos subjetivos. Las métricas calculadas en la métrica de desempeño son: P1, P2 y P3. Podemos observar que para la métrica P1, el equipo 9 obtuvo mejores resultados en la C. F mientras que el equipo 4 obtuvo mejores resultados en la C. L, en la métrica P2, el equipo 9 obtuvo mejores resultados en la C. F y los equipos 1, 3 y 10 obtuvieron el mismo resultado en la C. L donde ese resultado fue el mejor, y en la métrica P3, los equipos 3 y 10

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

obtuvieron mejores resultados en la C. F, mientras que los equipos 10 y 11 obtuvieron mejores resultados en la C. L.

Tabla F.6: Desempeño.

Métrica	Desempeño					
	P1		P2		P3	
Conjunto de Métricas	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L
Tipo Tarea	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L
Equipo 1	0,6	0,9	0,8	1	0,5	0,7
Equipo 2	0,7	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6
Equipo 3	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Equipo 4	0,8	1	0,8	1	0,5	0,7
Equipo 5	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7
Equipo 6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9
Equipo 7	0,4	0,7	0,3	0,7	0,4	0,6
Equipo 8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6
Equipo 9	1	0,8	1	0,9	0,8	0,7
Equipo 10	0,8	0,9	0,8	0,7	0,9	1
Equipo 11	0,9	0,9	0,9	1	0,7	1
Equipo 12	0,9	0,9	0,8	0,8	0,5	0,9
Equipo 13	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9
Equipo 14	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,5
Equipo 15	0,7	0,7	0,6	0,9	0,6	0,6
Equipo 16	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6	0,9

Tabla F.7: Cooperación de intragrupal.

Métrica	Cooperación intragrupal											
	P4		P5		P6		P7		P8		P9	
Conjunto de Métricas	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L
Tipo Tarea	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L
Equipo 1	0,9	0,8	0,5	0,8	1	1	0,8	0,9	0,9	0,8	0,6	0,8
Equipo 2	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,8	0,8
Equipo 3	1	0,8	1	0,8	1	0,8	1	0,8	1	0,9	1	0,9
Equipo 4	1	0,8	1	0,9	1	0,9	1	1	1	0,8	1	0,9
Equipo 5	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7
Equipo 6	1	0,9	1	1	1	0,9	1	1	1	0,9	1	1
Equipo 7	0,5	0,4	0,5	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,3	0,5	0,6	0,7
Equipo 8	0,9	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Equipo 9	0,6	0,8	0,7	0,6	0,6	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8
Equipo 10	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,9	1	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7
Equipo 11	1	0,8	0,8	0,8	1	0,9	1	0,8	0,9	1	0,9	1
Equipo 12	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8
Equipo 13	0,9	0,8	1	1	0,9	0,9	1	1	0,9	0,8	1	1
Equipo 14	0,6	0,4	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7	0,4	0,5	0,4	0,7	0,5
Equipo 15	0,6	0,4	0,5	0,4	1	0,5	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6
Equipo 16	0,7	0,7	0,6	0,8	0,9	0,9	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7

### F.2.2 Cooperación intragrupal

En la **Tabla F.7** se muestran los resultados obtenidos para la métrica de cooperación intragrupal a partir de datos subjetivos. Las métricas calculadas en la métrica de cooperación intragrupal son: P4, P5, P6, P7, P8 y P9. Podemos observar que para la métrica P4, los equipos 3, 4, 6 y 11 obtuvieron mejores

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

resultados en la C. F mientras que los equipos 10 y 12 obtuvieron mejores resultados en la C. L, en la métrica P5, los equipos 3, 4 y 13 obtuvieron mejores resultados en la C. F y los equipos 6 y 13 obtuvieron mejores resultados en la C. L, en la métrica P6, los equipos 1, 3, 4, 10, 11 y 15 obtuvieron los mismo y los mejores resultados en la C. F y el equipo 1 obtuvo mejores resultados en la C. L.

### F.2.3 Orientación espacial

En la **Tabla F.8** se muestran los resultados obtenidos para la métrica de orientación espacial subjetiva. Las métricas calculadas en la métrica de cooperación intragrupal son: P10, P11, y P12. Podemos observar que para la métrica P10, los equipos 3, 4, 6 y 11 obtuvieron mejores resultados en la C. F mientras que el equipo 11 obtuvieron mejores resultados en la C. L, en la métrica P11, el equipo 4 obtuvo mejores resultados en la C. F, mientras que los equipos 6, 11 y 13 obtuvieron mejores resultados en la C. L y en la métrica P12, El equipo 11 obtuvo mejores resultados en la C. F y en la C. L.

Tabla F.8: Orientación espacial.

Métrica	Orientación espacial					
	P10		P11		P12	
Conjunto de Métricas	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L
Tipo Tarea	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L
Equipo 1	0,9	0,9	0,5	0,7	0,8	0,8
Equipo 2	0,6	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8
Equipo 3	1	0,7	0,9	0,7	0,8	0,8
Equipo 4	1	0,7	1	0,8	0,9	0,9
Equipo 5	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7
Equipo 6	1	1	1	1	0,9	0,8
Equipo 7	0,5	0,7	0,6	0,8	0,4	0,7
Equipo 8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7
Equipo 9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
Equipo 10	0,7	0,9	0,7	0,9	0,8	0,8
Equipo 11	1	1	0,9	1	1	1
Equipo 12	0,8	0,8	0,9	0,8	0,6	0,9
Equipo 13	0,8	0,8	0,9	1	0,8	0,9
Equipo 14	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6
Equipo 15	0,7	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6
Equipo 16	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,9

### F.2.4 Inmersión

En la **Tabla F.9** se muestran los resultados obtenidos para la métrica de inmersión a partir de datos subjetivos. Las métricas calculadas en la métrica de cooperación intragrupal son: P13, P14, 15, P16 y P17. Podemos observar que para la métrica P13, los equipos 2, 3, 4, 8, 9, 12 y 13 obtuvieron mejores resultados en la C. F mientras que los equipos 3, 8, 11 y 12 obtuvieron mejores resultados en la C. L, en la métrica P14, los equipos 3, 8, 9, y 13 obtuvieron mejores resultados en la C. F y en la C. L, también para esta métrica el equipo 13 tuvo buenos resultados en la C.

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

F y el equipo 16 tuvo buenos resultados en la C. L, en la métrica P15, el equipo tuvo mejores resultados en la C. F y los equipos 2 y 3 obtuvieron mejores resultados en la C. L, en la métrica P16, el equipo 4 tuvo mejores resultados en la C. F y los equipos 4 y 11 obtuvieron mejores resultados en la C. L y en la métrica P17, el equipo 9 obtuvo mejores resultados en la C. F y C. L.

**Tabla F.9: Inmersión.**

Métrica	Inmersión									
Conjunto de Métricas	P13		P14		P15		P16		P17	
Tipo Tarea	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L	C.F	C.L
<b>Equipo 1</b>	0,6	0,7	0,8	0,7	0,6	0,8	0,7	0,7	0,9	0,8
<b>Equipo 2</b>	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	1	0,7	0,7	0,9	0,9
<b>Equipo 3</b>	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9
<b>Equipo 4</b>	0,9	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	1	1	0,9	0,7
<b>Equipo 5</b>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Equipo 6</b>	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,9	0,7
<b>Equipo 7</b>	0,6	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,6	0,7	0,5	0,7
<b>Equipo 8</b>	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	0,8
<b>Equipo 9</b>	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1
<b>Equipo 10</b>	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8
<b>Equipo 11</b>	0,8	0,9	0,8	1	0,9	1	0,9	1	0,9	0,9
<b>Equipo 12</b>	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9
<b>Equipo 13</b>	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9
<b>Equipo 14</b>	0,6	0,8	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,6
<b>Equipo 15</b>	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6
<b>Equipo 16</b>	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,6	0,7	0,7	0,7

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## G. Anexo: Significancia estadística

### G.1 Estadísticos de conjunto de métricas

En este anexo se muestran los datos de los resultados del cálculo del promedio y el nivel de significancia de cada una de las métricas propuestas en este trabajo de grado. El análisis de estos datos se puede mirar detalladamente en el **capítulo 5, Sección 5.3.1**, donde se presentan cada uno de los gráficos de error para cada conjunto de métricas.

La significancia estadística presentada en cada una de las tablas mostradas a continuación, se realizó teniendo en cuenta la implementación de todo el conjunto de métricas para cada una de las métricas generales, las cuales ayudan a dictaminar la diferencia significativa en las dos condiciones de la tarea de navegación (Colaboración Favorecida y Colaboración Libre).

#### G.1.1 Desempeño

En la **Tabla G.1** se muestran los resultados estadísticos obtenidos para la métrica de desempeño.

Tabla G.1: Estadístico de métrica de desempeño.

Métrica	Conjunto de Métricas	Tipo Tarea	Media	Varianza	Desviación Estándar	Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk (Sig)	Sig. asintót. (bilateral) Prueba T Student Valor p	Sig. asintót. (bilateral) Prueba de rangos con signo Wilcoxon
Desempeño	Tiempo transcurrido en la actividad (TTA)	C. F	0,131491	0,012799	0,113132	0,001		0,000643
		C. L	0,258673	0,023129	0,023129	0,566		
	Objetos atrapados/Tiempo Total (OAT)	C. F	0,155273	0,010172	0,100854	0,031		0,001349
		C. L	0,254883	0,011124	0,105469	0,151		
	Objetos atrapados/Objetos Totales (OAO)	C. F	0,414062	0,072331	0,268944	0,031		0,001349
		C. L	0,679688	0,079102	0,281250	0,151		
	P. 1 Califique la precisión de la interacción en el entorno virtual	C. F	0,725000	0,060667	0,246306	0,004		0,137608
		C. L	0,818750	0,013625	0,116726	0,018		
	P. 2 Califique la eficiencia de la interacción en el entorno virtual	C. F	0,718750	0,060292	0,245544	0,000		0,085400
		C. L	0,825000	0,014000	0,118322	0,176		
	P. 3 De manera general, califique la tarea de encontrar las banderas en el entorno virtual	C. F	0,600000	0,045333	0,212916	0,037		0,009384
		C. L	0,762500	0,026500	0,500000	0,049		

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## G.1.2 Aplicación de estrategias

En la **Tabla G.2** se muestran los resultados estadísticos obtenidos para la métrica de aplicación de estrategias.

**Tabla G.2: Estadístico de métrica de aplicación de estrategias.**

Métrica	Conjunto de Métricas	Tipo Tarea	Media	Varianza	Desviación Estándar	Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk (Sig)	Sig. asintót. (bilateral) Prueba T Student Valor p	Sig. asintót. (bilateral) Prueba de rangos con signo Wilcoxon
Aplicación de Estrategias	Índice de caminado	C. F	0,909767	0,003589	0,059906	0,271039		0,437967
		C. L	0,928126	0,005164	0,071862	0,002758		
	Índice de caminado en equipo	C. F	0,802369	0,039072	0,197667	0,005323		0,234321
		C. L	0,878907	0,012935	0,113733	0,001542		

## G.1.3 Cooperación intragrupal

En la **Tabla G.3** se muestran los resultados estadísticos obtenidos para la métrica de cooperación intragrupal

**Tabla G.3: Estadístico de métrica de cooperación intragrupal.**

Métrica	Conjunto de Métricas	Tipo Tarea	Media	Varianza	Desviación Estándar	Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk (Sig)	Sig. asintót. (bilateral) Prueba T Student Valor p	Sig. asintót. (bilateral) Prueba de rangos con signo Wilcoxon
Cooperación Intragrupal	Índice de velocidad relativa	C. F	0,634286	0,006875	0,082915	0,197180	0,000000	
		C. L	0,394956	0,007046	0,083937	0,938502		
	Índice de velocidad del equipo	C. F	0,381025	0,022689	0,150629	0,697830	0,000000	
		C. L	0,540854	0,018737	0,136883	0,380760		
	Tiempo de Comunicación del equipo	C. F	0,328184	0,011178	0,105728	0,029904		0,000643
		C. L	0,223711	0,010361	0,101791	0,658946		
	P. 4 ¿Cómo percibió la ayuda que prestó a su compañero en la búsqueda de las banderas?	C. F	0,737500	0,063833	0,252653	0,010871		0,198320
		C. L	0,712500	0,030500	0,174642	0,005092		
	P. 5 ¿Cómo percibió la ayuda que recibió de su compañero en la búsqueda de las banderas?	C. F	0,681250	0,061625	0,248244	0,042775		0,299281
		C. L	0,762500	0,027833	0,166833	0,113548		
	P. 6 ¿Qué tanto tiempo percibió que usted habló	C. F	0,831250	0,064958	0,254869	0,000087		0,341051

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

	durante la búsqueda de las banderas?	C. L	0,818750	0,020292	0,142449	0,001185		
	P. 7 Qué tanto tiempo percibió que habló su compañero durante la búsqueda de las banderas?	C. F	0,781250	0,061625	0,248244	0,000699		0,297057
		C. L	0,787500	0,025167	0,158640	0,151226		
	P. 8 De manera general, ¿cómo percibió su colaboración en la búsqueda de las banderas?	C. F	0,706250	0,068625	0,261964	0,020441		0,622905
		C. L	0,762500	0,023833	0,154380	0,054153		
	P. 9 De manera general, ¿cómo percibió la colaboración de su compañero en la búsqueda de las banderas?	C. F	0,731250	0,055625	0,235850	0,001537		0,581777
		C. L	0,793750	0,020625	0,143614	0,291660		

### G.1.4 Coordinación

En la **Tabla G.4** se muestran los resultados estadísticos obtenidos para la métrica de coordinación.

**Tabla G.4: Estadístico de métrica de coordinación.**

Métrica	Conjunto de Métricas	Tipo Tarea	Media	Varianza	Desviación Estándar	Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk (Sig)	Sig. asintót. (bilateral) Prueba T Student Valor p	Sig. asintót. (bilateral) Prueba de rangos con signo Wilcoxon
Coordinación	Distancia entre usuarios (Distancia virtual)	C. F	0,191125	0,011386	0,106704	0,009934		0,795987
		C. L	0,195103	0,014431	0,120130	0,089526		
	Proximidad al objetivo en equipo	C. F	0,084694	0,002301	0,047968	0,063577	0,000159	
		C. L	0,154126	0,004116	0,064153	0,783761		

### G.1.5 Orientación espacial

En la **Tabla G.5** se muestran los resultados estadísticos obtenidos para la métrica de orientación espacial.

**Tabla G.5: Estadístico de métrica de orientación espacial.**

Métrica	Conjunto de Métricas	Tipo Tarea	Media	Varianza	Desviación Estándar	Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk (Sig)	Sig. asintót. (bilateral) Prueba T Student Valor p	Sig. asintót. (bilateral) Prueba de rangos con signo Wilcoxon
---------	----------------------	------------	-------	----------	---------------------	---	--	---

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

<b>Orientación Espacial</b>	Índice de giro del equipo	C. F	0,895028	0,000821	0,028647	0,610924	0,003364		
		C. L	0,881706	0,000600	0,024504	0,934892			
	P. 10 Cuando tuvo la oportunidad, ¿cómo percibió que guió a su compañero en el entorno virtual?	C. F	0,731250	0,059625	0,244182	0,006176			0,777838
		C. L	0,781250	0,013625	0,116726	0,031114			
	P. 11 Cuando tuvo la oportunidad, ¿cómo percibió que su compañero lo guió en el entorno virtual?	C. F	0,687500	0,054500	0,233452	0,007370			0,420466
		C. L	0,762500	0,025167	0,158640	0,168896			
	P. 12 Califique la facilidad para ubicarse en el entorno virtual	C. F	0,700000	0,052000	0,228035	0,000968			0,158720
		C. L	0,787500	0,013167	0,114746	0,267891			

### G.1.6 Inmersión

En la **Tabla G.6** se muestran los resultados estadísticos obtenidos para la métrica de inmersión.

**Tabla G.6: Estadístico de métrica de inmersión.**

Métrica	Conjunto de Métricas	Tipo Tarea	Media	Varianza	Desviación Estándar	Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk (Sig)	Sig. asintót. (bilateral) Prueba T Student Valor p	Sig. asintót. (bilateral) Prueba de rangos con signo Wilcoxon
<b>Inmersión</b>	P. 13 Califique la sensación percibida de estar en el interior de un laberinto	C. F	0,737500	0,057167	0,239096	0,000214		0,565039
		C. L	0,781250	0,010958	0,104682	0,009869		
	P. 14 Cuando recuerda la tarea, califique la sensación de sentirse caminando dentro del laberinto	C. F	0,750000	0,050667	0,225093	0,000029		0,417413
		C. L	0,800000	0,013333	0,115470	0,174628		
	P. 15 Califique la sensación de estar dentro de un laberinto ó de estar mirando un laberinto	C. F	0,762500	0,055833	0,236291	0,000271		0,448677
		C. L	0,812500	0,018500	0,136015	0,144628		
	P. 16 Califique la sensación percibida de estar en la misma habitación con su compañero	C. F	0,731250	0,051625	0,227211	0,000769		0,380455
		C. L	0,775000	0,022000	0,148324	0,303789		
	P. 17 Cuando recuerda la tarea, califique la sensación de caminar junto a su compañero en el entorno virtual	C. F	0,750000	0,057333	0,239444	0,000763		0,581777
		C. L	0,793750	0,013958	0,118145	0,178086		

# MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

## I. Referencias

- [1] W. L. Pantoja, "Entorno Colaborativo Para Apoyar la Mejora de Procesos de Software en Pequeñas Organizaciones Desarrolladoras de Software," 2008.
- [2] C. Ciurea, "A Metrics Approach for Collaborative Systems," *Inform. Econ. J.*, vol. 13, no. 2, pp. 41–50, 2009.
- [3] A. S. García Jiménez, "Estudio y Mejoras De La Interacción En Entornos Virtuales Colaborativos," Universidad Castilla-La Mancha, 2010.
- [4] F. Argelaguet and C. Andujar, "A Survey of 3D Object Selection Techniques for Virtual Environments," *Comput. Graph.*, vol. 37, pp. 121–136, 2013.
- [5] R. Kopper, D. A. Bowman, and M. Pinho, "Design and Evaluation of Navigation Techniques for Multiscale Virtual Environments," *IEEE Virtual Real. Conf. VR 2006*, vol. pages, pp. 175–182, 2006.
- [6] and M. J. S. Witmer, Bob G., "Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence," *Presence Teleoperators virtual Environ.*, vol. 7, pp. 225–240, 1998.
- [7] R. Schroeder, A. Steed, A. Axelsson, and I. Heldal, "Collaborating in networked immersive spaces: as good as being there together?," *Comput. Graph.*, vol. 25, pp. 781–788, 2001.
- [8] J. Jankowski and M. Hachet, "A Survey of Interaction Techniques for Interactive 3D Environments," *Eurographics 2013-State Art Reports.*, pp. 65–93, 2012.
- [9] C. A. Collazos, "Una metodología para el apoyo computacional de la evaluación y monitoreo en ambientes de aprendizaje colaborativo," 2003.
- [10] C. A. Collazos, L. A. Guerrero, J. A. Pino, S. Renzi, J. Klobas, M. Ortega, M. A. Redondo, and C. Bravo, "Evaluating Collaborative Learning Processes using System-based Measurement," *J. Educ. Technol. Soc.*, vol. 10, no. 3, pp. 257–274, 2007.
- [11] L. A. Guerrero, R. Alarcón, J. A. Pino, and D. A. Fuller, "Evaluating Cooperation in Group Work," *Groupware, 2000. CRIWG 2000. Proceedings. Sixth Int. Work. on. IEEE.*, pp. 28–35, 2000.

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

- [12] J. Cugini, J., Damianos, L., Hirschman, L., Kozierok, R., Kurtz, J., Laskowski, S., & Scholtz, "Methodology for evaluation of collaboration systems," *Eval. Work. Gr. DARPA Intell. Collab. Vis. Progr.*, vol. 3, 1997.
- [13] L. Damianos, J. Kurtz, A. Greenberg, K. Walls, M. Se, and S. Laskowski, "Evaluation for Collaborative Systems," *ACM Comput. Surv.*, vol. 31, p. 10, 1999.
- [14] M. M. Montoya, A. P. Massey, and N. S. Lockwood, "3D Collaborative Virtual Environments: Exploring the Link between Collaborative Behaviors and Team Performance," *Decis. Sci.*, vol. 42, no. 2, pp. 451–476, 2011.
- [15] E. I. Diamant, M. Hall, and S. R. Fussell, "Where Did We Turn Wrong? Unpacking the Effects of Culture and Technology on Attributions of Team Performance," *Proc. 2008 ACM Conf. Comput. Support. Coop. Work - CSCW '08*, pp. 383–392, 2008.
- [16] T. Kim, A. S. Pentland, and A. Chang, "Meeting Mediator: Enhancing Group Collaboration using Sociometric Feedback," *CHI'08 Ext. Abstr. Hum. Factors Comput. Syst.*, pp. 3183–3188, 2008.
- [17] K. Yatani, D. Gergle, and K. Truong, "Investigating effects of visual and tactile feedback on spatial coordination in collaborative handheld systems," *Proc. ACM 2012 Conf. Comput. Support. Coop. Work - CSCW '12*, pp. 661–670, 2012.
- [18] S. Mattsson, "Measures of collaboration in CSCW: Usability and collective measures in remote and co-located problem-solving," Chalmers University of Technology, University of Gothenburg, 2011.
- [19] N. Yamashita, K. Kaji, H. Kuzuoka, and K. Hirata, "Improving visibility of remote gestures in distributed tabletop collaboration," *Proc. ACM 2011 Conf. Comput. Support. Coop. Work - CSCW '11*, pp. 95–104, 2011.
- [20] L. D. Setlock, S. R. Fussell, and C. Neuwirth, "Taking It Out of Context: Collaborating within and across Cultures in Face-to-Face Settings and via Instant Messaging," *Proc. 2004 ACM Conf. Comput. Support. Coop. Work - CSCW '04*, pp. 604–613, 2004.
- [21] V. Cheung, Y. B. Chang, and S. D. Scott, "Communication Channels and Awareness Cues in Collocated Collaborative Time - Critical Gaming," *Proc. ACM 2012 Conf. Comput. Support. Coop. Work - CSCW '12*, pp. 569–578, 2012.
- [22] D. A. Bowman, D. B. Johnson, and L. F. Hodges, "Testbed evaluation of virtual environment interaction techniques," in *Proceedings of the ACM*

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

*symposium on Virtual reality software and technology - VRST '99*, 1999, pp. 26–33.

- [23] D. A. Bowman, “Interaction Techniques for Common Tasks in Immersive Virtual Environments,” *Thesis Present. to Acad. Fac. by Interact.*, no. June, 1999.
- [24] D. A. Bowman, J. L. Gabbard, and D. Hix, “A Survey of Usability Evaluation in Virtual Environments: Classification and Comparison of Methods,” *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 11, no. 4, pp. 404–424, Aug. 2002.
- [25] G. Cirio, M. Marchal, T. Regia-Corte, and A. Lécuyer, “The Magic Barrier Tape: A Novel Metaphor for Infinite Navigation in Virtual Worlds with a Restricted Walking Workspace,” *Proc. 16th ACM Symp. Virtual Real. Softw. Technol.*, pp. 155–162, 2009.
- [26] G. Cirio, P. Vangorp, E. Chapoulie, M. Marchal, A. Lecuyer, and G. Drettakis, “Walking in a Cube: Novel Metaphors for Safely Navigating Large Virtual Environments in Restricted Real Workspaces,” *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.*, vol. 18, no. 4, pp. 546–554, Apr. 2012.
- [27] M. Marchal, J. Pettre, and A. Lecuyer, “Joyman: A human-scale joystick for navigating in virtual worlds,” *2011 IEEE Symp. 3D User Interfaces*, vol. 2011, pp. 19–26, Mar. 2011.
- [28] R. P. McMahan, D. a Bowman, D. J. Zielinski, and R. B. Brady, “Evaluating display fidelity and interaction fidelity in a virtual reality game,” *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.*, vol. 18, no. 4, pp. 626–33, May 2012.
- [29] H. Yang, “Support spatial awareness: collaborative navigation in a virtual environment,” *Doctoral Dissertation, The University of Michigan, Ann Arbor*, 2003.
- [30] W. E. Marsh, M. Putnam, J. W. Kelly, V. J. Dark, and J. H. Oliver, “The Cognitive Implications of Semi-Natural Virtual Locomotion,” *Virtual Real. Short Pap. Posters (VRW), 2012 IEEE*, pp. 47–50, 2012.
- [31] A. Nybakke, R. Ramakrishnan, and V. Interrante, “From Virtual to Actual Mobility: Assessing the Benefits of Active Locomotion through an Immersive Virtual Environment Using a Motorized Wheelchair,” *2012 IEEE Symp. 3D User Interfaces*, pp. 27–30, 2012.
- [32] T. C. Peck, H. Fuchs, and M. C. Whitton, “Improved Redirection with Distractors: A large-scale-real-walking locomotion interface and its effect on

## MÉTRICAS PARA EVALUAR EL GRADO DE COLABORACIÓN EN UNA TAREA DE NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL 3D

- navigation in virtual environments,” *2010 IEEE Virtual Real. Conf.*, pp. 35–38, Mar. 2010.
- [33] C. Hölscher, S. J. Büchner, T. Meilinger, and G. Strube, “Adaptivity of wayfinding strategies in a multi-building ensemble: The effects of spatial structure, task requirements, and metric information,” *J. Environ. Psychol.*, vol. 29, no. 2, pp. 208–219, Jun. 2009.
- [34] S. Burigat and L. Chittaro, “Navigation in 3D virtual environments: Effects of user experience and location-pointing navigation aids,” *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 65, no. 11, pp. 945–958, Nov. 2007.
- [35] R. P. McMahan, A. J. D. Alon, S. Lazem, R. J. Beaton, D. Machaj, M. Schaefer, M. G. Silva, A. Leal, R. Hagan, and D. A. Bowman, “Evaluating natural interaction techniques in video games,” *3D User Interfaces 3DUI 2010 IEEE Symp.*, vol. 0, pp. 11–14, 2010.
- [36] M. C. Whitton, J. V. Cohn, J. Feasel, P. Zimmons, S. Razzaque, S. J. Poulton, B. McLeod, and F. P. Brooks, “Comparing VE locomotion interfaces,” *IEEE Proceedings. VR 2005. Virtual Reality, 2005.*, pp. 123–130, 2005.
- [37] B. Williams, S. Bailey, G. Narasimham, M. Li, and B. Bodenheimer, “Evaluation of walking in place on a Wii balance board to explore a virtual environment,” *ACM Trans. Appl. Percept.*, vol. 8, no. 3, pp. 1–14, Aug. 2011.
- [38] M. Usoh, K. Arthur, M. C. Whitton, R. Bastos, A. Steed, M. Slater, and F. P. Brooks, “Walking > walking-in-place > flying, in virtual environments,” in *Proceedings of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques - SIGGRAPH '99*, 1999, pp. 359–364.
- [39] R. A. Ruddle and S. Lessels, “Three levels of metric for evaluating wayfinding,” *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 15, pp. 637–654, 2006.
- [40] E. A. Suma, S. L. Finkelstein, M. Reid, S. V Babu, A. C. Ulinski, and L. F. Hodges, “Evaluation of the cognitive effects of travel technique in complex real and virtual environments,” *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.*, vol. 16, no. 4, pp. 690–702, 2010.
- [41] A. Bouwer, F. Nack, and V. Evers, “Towards support for collaborative navigation in complex indoor environments,” *Proc. ACM 2011 Conf. Comput. Support. Coop. Work - CSCW '11*, pp. 601–604, 2011.