

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



Tesis:

**“Caracterización de Expresiones Gestuales Semióticas
Influenciadas por la Personalidad y el Estado Emocional
para Personajes Virtuales”**

Para Obtener el Grado de:
Maestro en Ciencias en Ciencias de la Computación

Presenta:

I.S.C. Patricia Alanis Maldonado

Director:

Dra. María Lucila Morales Rodríguez

CD. MADERO, TAMPS. MÉXICO

ABRIL 2011.

"2011, Año del Turismo en México"



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO

Cd. Madero, Tamps; a 22 de Marzo de 2011

OFICIO No.: U5. 117/11
AREA: DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS

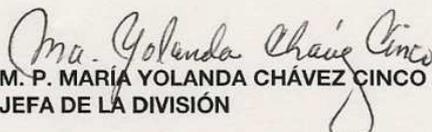
**C. ING. PATRICIA ALANIS MALDONADO
PRESENTE**

Me es grato comunicarle que después de la revisión realizada por el Jurado designado para su examen de grado de Maestría en Ciencias en Ciencias de la Computación, se acordó autorizar la impresión de su tesis titulada:

**"CARACTERIZACIÓN DE EXPRESIONES GESTUALES SEMIÓTICAS INFLUENCIADAS
POR LA PERSONALIDAD Y EL ESTADO EMOCIONAL PARA PERSONAJES VIRTUALES"**

Es muy satisfactorio para la División de Estudios de Posgrado e Investigación compartir con Usted el logro de esta meta. Espero que continúe con éxito su desarrollo profesional y dedique su experiencia e inteligencia en beneficio de México.

ATENTAMENTE
"Por mi Patria y por mi Bien"


M. P. MARÍA YOLANDA CHÁVEZ CINCO
JEFA DE LA DIVISIÓN



S.E.P.
DIVISION DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E
INVESTIGACION
ITCM

c.c.p.: Archivo

MYCHC 'NICO' jar


Ave. 10. De Mayo y Sor Juana I. De la Cruz, Col. Los Mangos, C.P. 89440 Cd. Madero, Tam.
Tels. (833) 3 57 48 20, Fax: (833) 3 57 48 20, Ext. 1002, email: itcm@itcm.edu.mx
www.itcm.edu.mx

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Declaro y prometo que este documento de tesis es producto de mi trabajo original y que no infringe los derechos de terceros, tales como derechos de publicación, derechos de autor, patentes y similares.

Además, declaro que en las citas textuales que he incluido (las cuales aparecen entre comillas) y en los resúmenes que he realizado de publicaciones ajenas, indico explícitamente los datos de los autores y publicaciones.

Además, en caso de infracción de los derechos de terceros derivados de este documento de tesis, acepto la responsabilidad de la infracción y relevo de ésta a mi director y codirectores de tesis, así como al Instituto Tecnológico de Ciudad Madero y sus autoridades.

14 de Abril del 2011, Cd. Madero, Tamps.

Ing. Patricia Alanis Maldonado

DEDICATORIAS

Gracias Dios por permitirme llegar a este punto del camino.

A Yolanda, mi madre:

*Por ser ejemplo de tenacidad y valentía, la persona a quien le debo todo lo que soy.
¡GRACIAS!*

*Para la coincidencia más hermosa de mi vida, mi amado esposo José Gildo:
Por estar conmigo en las buenas y en las malas, y enseñarme que la felicidad radica en las
cosas simples.*

A mis hermanos Mili y Tavo:

Por quererme, comprenderme y ayudarme cada uno a su manera.

A mis costalitos Ricky, Vale, Mar y Ale:

Por ser fuente de sonrisas que me brindaban un nuevo comienzo.

*Para minha outra família, Gildo, Demercia e Gil:
Obrigada por acreditar em mim, sou grata de conhecer vocês*

Para mis amigos Israel y Marcelo:

Por su apoyo moral y humano durante este proyecto.

*Agradezco a todos los que ahora escapan a mi memoria:
pero que de una u otra forma contribuyeron en mi vida y la realización de este trabajo.*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar deseo expresar un especial agradecimiento a la directora de esta tesis de maestría, Dra. María Lucila Morales Rodríguez, por la dedicación y apoyo brindado a este trabajo, por guiarme de forma rigurosa, por enmarcar mi trabajo en el suyo y gracias principalmente por ser parte en mi formación como investigadora y profesional del área de las Ciencias Computacionales.

Por su orientación y disposición para la culminación de este trabajo, mi sincero agradecimiento a la Dra. Claudia Guadalupe Gómez Santillán, quien atendió cada una de mis consultas sobre la metodología. También, gracias al Dr. Arturo Hernández y Dr. Rodolfo A. Pazos Rangel, por la revisión cuidadosa que han realizado de este texto y sus valiosas sugerencias.

Asimismo quisiera expresar mi gratitud a la Dra. Laura Cruz Reyes y al Dr. José Antonio Martínez Flores por su amabilidad, preocupación y atención hacia mi persona.

Quiero extender mi agradecimiento a mis compañeros de maestría con quienes he compartido espacio, proyectos e ilusiones durante estos dos años.

Para todos los miembros del Departamento de Posgrado de la Maestría en Ciencias en Ciencias de la Computación: profesores y personal administrativo, vayan también mis más sinceros agradecimientos.

Finalmente, agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST), y sobre todo al Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM), por todas las facilidades y apoyo otorgado para la realización de este trabajo de investigación.

RESUMEN

Es conocido que la comunicación no verbal involucra el uso de expresiones faciales, gestuales y posturas para comunicar intenciones, objetivos, sentimientos e ideas; lo que permite reforzar un mensaje dentro de una dinámica de diálogo. Las habilidades de comunicación no verbal son propias de los seres humanos y por más de una década los investigadores han intentado transferir dicha riqueza a un personaje virtual, y a través de esto facilitar la comunicación hombre-máquina.

En la actualidad la comunicación no verbal juega un papel importante en el desarrollo de personajes virtuales, debido a que es un medio que permite mostrar rasgos de personalidad, manifestar un estado de ánimo y reforzar la expresión verbal, buscando así un vínculo de empatía entre el usuario y el personaje.

En esta tesis se desarrolló una metodología para identificar a través de un diseño experimental y una serie de pruebas estadísticas, el conjunto mínimo de atributos que permita caracterizar las expresiones gestuales semióticas (brazos y manos) de personajes virtuales, considerando la influencia de la personalidad, el estado emocional y actos del habla. Los resultados de esta investigación muestran que el conjunto mínimo con el que se caracterizó a la expresión gestual permite discriminar entre gestos deícticos e icónicos.

La integración de los rasgos de personalidad y estado emocional durante el proceso de caracterización tiene como propósito emular la riqueza de la comunicación humana, buscando tornar creíble al personaje virtual y por consiguiente incrementar la inmersión en el mundo virtual en el que se desenvuelve el personaje.

SUMMARY

It is known that nonverbal communication involves the use of facial expressions, gestures and postures to communicate intentions, goals, feelings and ideas, what allows to reinforce the messages of the dialogue dynamic. The nonverbal communication skills are unique to humans and for more than a decade researchers have tried to transfer that richness to a virtual character, with the aim to facilitate the human-computer interaction.

Nowadays non-verbal communication plays an important role in the development of virtual characters, it is manifest personality traits, emotional state and reinforce the verbal expression that could create a bond of empathy between the user and the virtual character.

This work is focus on identify the personality traits and emotional state that influence the gestural expressions for its execution in virtual characters, and thus emulate the humans social behavior to provide credibility to the virtual character.

In this thesis developed a methodology to identify the minimum set of attributes that will characterize the semiotic gestural expressions (arms and hands) of virtual characters, considering the influence of personality and emotional state. The results of this research have shown that the minimum set with which the gesture was characterized can discriminates between deictic and iconic gestures.

The integration of these features during the characterization process is designed to emulate the richness of human communication, and thus create a believable virtual character capable of increase the sense of immersion.

TABLA DE CONTENIDO

Declaración de Originalidad.....	ii
Dedicatorias.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Resumen.....	v
Summary.....	vi
Capítulo 1 Introducción.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Definición del Problema	3
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivo.....	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Particulares	4
1.5 Pregunta de Investigación	5
1.6 Alcances y Limitaciones	5
Capítulo 2 Expresión No Verbal en Personajes Virtuales.....	6
2.1 Personajes Virtuales Creíbles.....	6
2.2 Inmersión	7
2.3 Comunicación no Verbal	7
2.4 Kinesia	9
2.4.1 Expresiones Corporales y Postura.....	9
2.4.2 Expresión Facial.....	10
2.4.3 Expresiones Gestuales.....	11
2.4.3.1 Fases del Gesto.....	12

2.4.3.2	Tipos de Gestos	12
2.4.3.3	Gestos Semióticos	13
2.5	Personalidad y Estado Emocional en la Expresión No Verbal	16
2.6	Modelo de los Cinco Factores de la Personalidad	16
2.7	Estado Emocional	18
2.8	Modelado Emocional	19
2.9	Representación de la emoción.....	19
2.9.1	Evaluación Cognitiva del Contexto.....	21
2.9.2	Actualización del Estado Emocional.....	21
2.10	Resumen del Capítulo	22
Capítulo 3	Actos del Habla Dentro de la Comunicación.....	23
3.1	Proceso de Comunicación.....	23
3.2	Actos del Habla.....	25
3.2.1	Actos Ilocutivos.....	25
3.2.2	Actos Perlocutivos.....	26
3.3	Resumen del Capítulo	27
Capítulo 4	Estado del Arte de las Expresiones Gestuales.....	28
4.1	Modelos Gestuales Cualitativos.....	29
4.2	Modelos Gestuales Computacionales	31
4.3	Comparación de Trabajos	33
4.4	Resumen del Capítulo	34
Capítulo 5	Análisis y Diseño de Experimentos para la Caracterización de la Expresión Gestual.....	36
5.1	Análisis y Diseño de Experimentos	36
5.2	Análisis Multivariado.....	39
5.2.1	Diseño Factorial	41
5.2.2	Análisis Discriminante	43
5.2.3	Análisis Multivariado de la Varianza.....	44
5.3	Análisis Causal.....	45

5.3.1 Modelo Causal.....	46
5.3.2 Crear Grafos Causales.....	48
5.3.3 Herramienta Tetrad para la creación de Modelos causales	49
5.4 Resumen del Capítulo	51
Capítulo 6 Caracterización de las Expresiones Gestuales Semióticas.....	52
6.1 Metodología Propuesta para la Caracterización de Expresiones Gestuales Semióticas en Personajes Virtuales.....	53
6.1.1 Generación de Corpus de Video de la Expresión Gestual Semiótica ..	54
6.1.2 Taxonomía de las Causas y Categorización de la Expresión Gestual Semiótica.....	55
6.1.3 Anotación Manual de Video	56
6.1.4 Encuesta para la Caracterización de las Expresiones Gestuales Semióticas	57
6.1.5 Creación de la Base de datos de las Expresiones Gestuales Semióticas	58
6.1.6 Selección de Atributos Principales.....	59
6.2 Resumen del Capítulo	61
Capítulo 7 Experimentación y Resultados.....	62
7.1 Generación del Corpus de Video de la Expresión Gestual Semiótica	62
7.2 Taxonomía de las Causas y Categorización de la Expresión Gestual Semiótica.....	63
7.2.1 Categorización de la expresión gestual	63
7.2.2 Causas de la Expresión gestual	64
7.3 Anotación Manual de Video	65
7.4 Encuesta sobre la Caracterización de las Expresiones Gestuales Semióticas...	67
7.5 Creación de la Base de datos de las Expresiones gestuales Semióticas.....	69
7.5.1 Preprocesamiento de los Datos	70
7.5.2 Transformación de los Datos.....	70
7.6 Selección de Atributos Principales	72
7.6.1 Análisis de la Normalidad	72

7.6.2	Análisis de Correlación	73
7.6.3	Creación de Dendograma.....	74
7.6.4	Tablas y Gráficas de Frecuencias.....	75
7.6.5	Modelo de Regresión	77
7.6.6	Modelos Causales.....	78
7.6.7	Creación de Grafos Causales.....	79
7.7	Resumen del Capítulo	83
7.7.1	Evaluación de los Resultados.....	86
Capítulo 8	Conclusiones y Trabajos Futuros	88
8.1	Conclusiones	88
8.2	Aportaciones	89
8.3	Trabajos Futuros	90
Anexos.....		91
Anexo A:	Protocolo de Acuerdo para la Filmación de Videos del Corpus Gestual.....	91
Anexo B:	Parámetros Del Esquema de Anotación de Video.....	93
Anexo C:	Encuesta de las Expresiones Gestuales Semióticas.....	94
Anexo D:	Dominios de los Atributos de la Base de Datos de las Expresiones Gestuales	98
a)	Dominio de los Atributos del Perfil del Personaje.....	98
b)	Dominio de los Atributos de Estado Emocional	98
c)	Dominio de los Atributos de actos del Habla.....	98
Anexo E:	Publicaciones	99
Glosario.....		100
Referencias Bibliográficas.....		101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Arquitectura comportamental de animaciones virtuales propuesta por (Morales Rodríguez 2007)	2
Figura 2.1 Clasificación de la comunicación no verbal (Denzin & Lincoln 2005).....	8
Figura 2.2 Elementos kinésicos	9
Figura 2.3 Fases del gesto (gesto deíctico).....	12
Figura 2.4 Clasificación de los gestos de acuerdo a su función (Cadoz 1994)	13
Figura 2.5 Ejemplo de gesto metafórico asociado a la frase “y un retorno”	14
Figura 2.6 Ejemplo de gesto deíctico asociado a la oración “y aquí va haber una salida”.....	14
Figura 2.7 Gesto icónico asociado a la frase “tres fases”	15
Figura 2.8 Circumplejo actualizado del modelo emocional propuesto por Morales (Florencia Juárez 2010).....	19
Figura 3.1 Elementos de la Comunicación	24
Figura 4.1 Mapa conceptual del estado del arte de las expresiones gestuales.....	28
Figura 5.1 Gráfica de la distribución normal.....	39
Figura 5.2 Ejemplo de las diferentes representaciones de la información	46
Figura 5.3 Grafo dirigido acíclico	47
Figura 6.1 Arquitectura comportamental de animaciones virtuales para personajes virtuales...	52
Figura 6.2 Proceso de caracterización de las expresiones gestuales semióticas.....	54
Figura 6.3. Área de anotación de video en ANVIL.....	57
Figura 6.4 Metodología para la selección de atributos significativos	60
Figura 7.1 Causas que modifican la expresión gestual.....	64
Figura 7.2 Ejemplo de anotación manual utilizando la herramienta ANVIL.....	66
Figura 7.3 Script SQL para transformar los datos nominales a numéricos	71
Figura 7.4 Proceso de transformación de los datos	72
Figura 7.5 Gráfica de residuos para el gesto.....	73
Figura 7.6 Dendograma de los atributos de la caracterización del gesto.....	75
Figura 7.7 Gráfica de frecuencias de la emoción.....	76
Figura 7.8 Grafo causal del perfil del personaje, estado emocional y actos del habla	80

Figura 7.9 Grafo causal respecto a las variables del perfil del personaje influyendo sobre el gesto y la velocidad	80
Figura 7.10 Grafo causal de las variables del estado emocional influyendo sobre el gesto y la velocidad.....	81
Figura 7.11. Grafo causal de las variables de los actos del habla influyendo sobre el gesto y la velocidad.....	81
Figura 7.12 Grafo causal de las variables del perfil del personaje y estado emocional	82
Figura 7.13 Grafo causal de las variables del perfil del personaje y actos del habla	82
Figura 7.14 Grafo causal de las variables del estado emocional y actos del habla	83
Figura 7.15 Gráfica de normalidad del conjunto mínimo.....	85
Figura 7.16 Gráfica de normalidad de conjunto mínimo.....	86
Figura 7.17 Dendograma de conjunto mínimo de atributos	86
Figura 7.18 Grafo causal del conjunto mínimo de características que influyen al gesto.....	86
Figura 7.19 Comparación de algoritmos de clasificación que usan como el conjunto mínimo .	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Función de la expresión facial	11
Tabla 2.2 Modelo de los cinco factores de la personalidad de Costa y McCrae	17
Tabla 2.3 Configuración de ejes para los estados emocionales	20
Tabla 2.4 Variaciones de los ejes del modelo emocional en función de los rasgos de la personalidad	21
Tabla 3.1 Tipos de actos ilocutivos	26
Tabla 3.2 Expresión gestual asociada a los actos del habla.....	27
Tabla 4.1 Análisis comparativo de los trabajos relacionados a los modelos gestuales computacionales	34
Tabla 5.1 Guía para el análisis y diseño de un experimento.....	37
Tabla 5.2 Arreglo general de un diseño factorial de dos factores.....	42
Tabla 5.3 Herramientas de trabajo de TETRAD	50
Tabla 7.1 Corpus de video de las expresiones gestuales semióticas	63
Tabla 7.2 Extracción de secuencias de video de las expresiones gestuales.....	68
Tabla 7.3 Atributos para crear la base de datos	69
Tabla 7.4 Tabla de frecuencias de la variable emoción.....	76
Tabla 7.5. Restricciones para generar el grafo causal.....	78
Tabla 7.6 Reglas de Relación A \rightarrow B.....	84

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

La tendencia actual en la creación de personajes y ambientes virtuales es dotarlos de credibilidad, permitiendo asociar a ellos un sentimiento, una personalidad, un estado emocional estableciendo un vínculo que impide diferenciar entre realidad o ficción. El personaje virtual o ambiente virtual provoca sensaciones que se transmiten a los que interactúan con ellos, estableciendo con esto una relación que permite abstraernos de la realidad.

El objetivo de este trabajo es caracterizar las expresiones gestuales influenciadas por la personalidad y el estado emocional para personajes virtuales con el fin de que estos puedan expresar emociones asociadas al contexto y así lograr que la interacción humano-computadora sea lo más natural posible. La dificultad está implícita en la complejidad de emular el proceso de comunicación de los seres humanos y la variedad de emociones que pueden ser representadas por un amplio conjunto de expresiones gestuales, que a su vez pueden estar influenciadas por la personalidad y el ambiente.

Este trabajo busca modelar la estrecha relación que existe entre las expresiones verbales y no verbales, dado que estas últimas funcionan como complemento de las expresiones verbales para reforzar o sustituir la expresión de sentimientos, intenciones u objetivos, esto con el propósito de crear personajes virtuales para desarrollar aplicaciones como presentadores o tutores.

1.1 ANTECEDENTES

Este trabajo es una extensión de la arquitectura de animación comportamental de personajes virtuales que se observa en la Figura 1.1, la cual es propuesta por (Morales Rodríguez 2007). En dicho trabajo Morales desarrolla un modelo kinésico conformado por los módulos de expresiones faciales, gestuales, corporales y de postura. En la estructura interna del modelo

gestual es donde se planea hacer una aportación con el fin de desarrollar aplicaciones de personajes virtuales que interactúen a través de expresiones no verbales de brazos y manos.

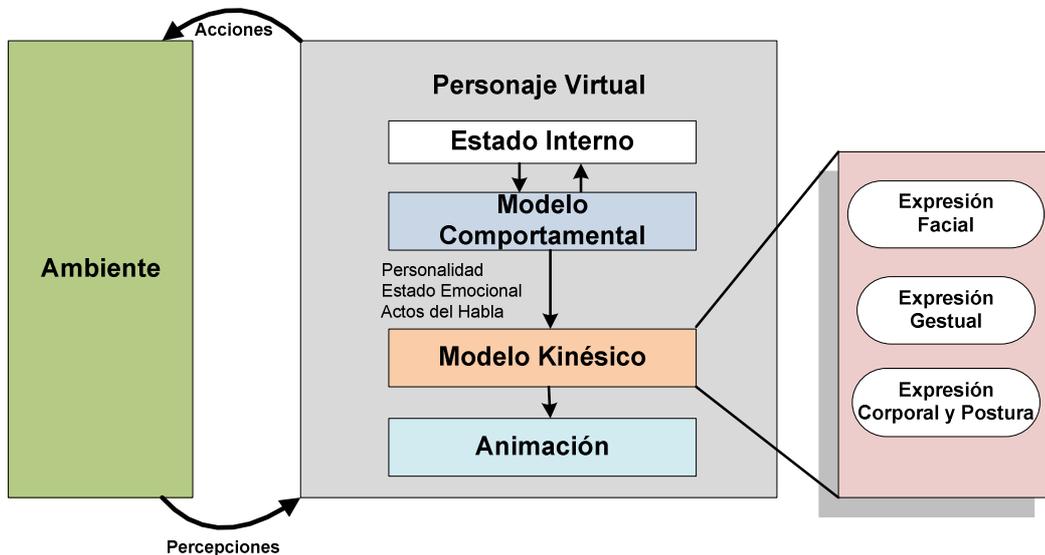


Figura 1.1 Arquitectura comportamental de animaciones virtuales propuesta por (Morales Rodríguez 2007)

La arquitectura de animación comportamental de personajes virtuales propuesta por Morales describe el modelo comportamental del personaje virtual. Esta estructura corresponde almacena el estado emocional del agente, además de otros parámetros relacionados al contexto subjetivo, la personalidad, motivación, intención y la información del entorno. Dichos atributos serán retomados para los procesos de caracterización de la expresión gestual que involucran esta propuesta.

Por otra parte el modelo kinésico se encarga de seleccionar el gesto apropiado para poder representar las intenciones y objetivos del personaje virtual, que concuerdan con su estado emocional. Una vez seleccionado el gesto su animación se representará a través de un personaje gráfico generado por computador.

En el trabajo de Morales el modelo de expresión gestual está implementado a través de un modelo matricial de ponderación empírica, por tal motivo se busca robustecerlo analizando las expresiones gestuales que tienen una connotación emocional asociadas a una personalidad e implementarlo mediante técnicas de clasificación.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los seres humanos como resultado de sus movimientos en cada momento están presentando, informando, enseñando, persuadiendo. La ejecución de gestos coherentes al contexto, emoción y personalidad mejora e intensifica efectivamente la expresividad y credibilidad de tales acciones de comunicación.

El problema que se abordó en este trabajo fue la caracterización de expresiones no verbales en particular las expresiones gestuales semióticas influenciadas por la personalidad y estado emocional para su aplicación en un personaje virtual. Esto permitió mejorar el proceso de selección de la expresión gestual que expresa sentimientos, objetivos e intenciones ya sea para reforzar o sustituir la comunicación verbal.

La implementación de la comunicación no verbal en un personaje virtual aumentaría el grado de *inmersión* al momento de interactuar con el mismo. En el presente trabajo el grado de inmersión se refiere a la capacidad de abstraerse de la realidad, al percibir reales y coherentes las acciones de una entidad artificial.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El uso del cuerpo como medio de comunicación permite mejorar la interacción durante el acto del habla, expresar personalidad y emociones creando una entidad creíble en un contexto social. Los gestos son usados para el desarrollo de aplicaciones que permitan interactuar con la computadora mediante una expresión gestual la cual representa una acción a ejecutar para la computadora, sin embargo la relación entre los gestos y la emoción todavía es bastante inexplorada (Kipp 2003).

Las expresiones gestuales pueden ser utilizadas para reforzar, apoyar o sustituir un mensaje. La complejidad en el desarrollo de proyectos relacionados a la síntesis gestual (brazos y manos) en personajes virtuales consiste en que una misma expresión gestual puede estar asociada a diversos significados o varias expresiones gestuales pueden ser asociadas a un mismo significado. Los trabajos que han abordado la síntesis gestual simplemente generan expresiones no verbales preestablecidas o no incluyen aspectos tales como el contexto, el estado emocional y la personalidad. La reproducción de expresiones gestuales que no asocien

rasgos de la personalidad y el estado emocional puede derivar en la pérdida de la credibilidad del mensaje que se desea transmitir.

El objetivo de este trabajo es lograr caracterizar la expresión gestual considerando la influencia de la personalidad y el estado emocional, donde además la expresión gestual está asociada a un contexto. Para mejorar así la selección de la expresión gestual, ya que actualmente la caracterización de la expresión gestual no considera características como la personalidad y el estado emocional lo cual deriva en el fácil rompimiento de la inmersión.

1.4 OBJETIVO

A continuación, se presentan los objetivos generales y particulares del proyecto.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo de caracterización de expresiones gestuales semióticas influenciadas por la personalidad y el estado emocional para personajes virtuales.

1.4.2 OBJETIVOS PARTICULARES

A continuación se muestran los objetivos particulares que se plantearon en este proyecto:

- Crear un corpus basado en la notación manual de video análisis.
- Caracterizar el corpus basado en los atributos obtenidos durante el video análisis.
- Conformar la base de datos de expresiones gestuales.
- Caracterizar las relaciones que existen entre las expresiones gestuales y la personalidad así como el estado emocional a través de modelos causales.
- Identificar las expresiones gestuales que transmiten o refuerzan la expresión verbal tomando en consideración la personalidad y el estado emocional del personaje virtual utilizando técnicas de clasificación.

1.5 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Es posible implementar un modelo que permita identificar el conjunto mínimo de características de expresiones gestuales semióticas que transmitan un estado emocional y personalidad con la intención de mejorar el proceso de selección de la expresión gestual para aumentar la sensación de inmersión de los usuarios?

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

Existe una gran gama de gestos que se pueden modelar en un agente virtual inteligente. El alcance de este proyecto está limitado a las expresiones gestuales semióticas generadas a partir del movimiento de brazos y manos.

Este proyecto está limitado a caracterizar dos tipos de gestos semióticos descritos por (McNeill 1995). Se modelan los gestos deícticos e icónicos que son las expresiones gestuales que aparecen con más frecuencia durante el proceso de comunicación e influyen más directamente en el proceso de comunicación.

El problema que se busca solucionar es lograr caracterizar la expresión gestual de acuerdo a la emoción y personalidad del personaje. Dado que resulta prácticamente imposible modelar el universo de expresiones gestuales este trabajo se limita a modelar el conjunto de emociones propuestas en la adaptación de (Medellín Martínez 2010) del modelo emocional de (Morales Rodríguez 2007). A través del proceso de caracterización se busca identificar los atributos que permiten mejorar la calidad del proceso de selección de la expresión gestual lo cual aumentaría la credibilidad del personaje virtual.

Capítulo 2

EXPRESIÓN NO VERBAL EN PERSONAJES VIRTUALES

La creación de agentes virtuales implica la elaboración de personajes y mundos virtuales, por eso es importante conocer los conceptos básicos de estos términos. De igual forma, también es necesario conocer los conceptos involucrados en la comunicación no verbal, ya que serán estos aspectos los que serán emulados en el mundo virtual.

2.1 PERSONAJES VIRTUALES CREÍBLES

El enfoque actual de la Inteligencia Artificial es el desarrollo de agentes virtuales inteligentes con habilidades de comunicación verbal y no verbal con las cuales transmitan una sensación de vivacidad. El interés en esta área es dotar a los personajes virtuales de expresiones gestuales que transmitan un mensaje asociado a un comportamiento social y emocional en la búsqueda de la credibilidad de los mismos.

Un *personaje virtual* puede definirse como una base de datos gráficos interactivos, explorable y visualizable en tiempo real en forma de imágenes tridimensionales capaces de provocar una sensación de “presencia viva” (Cuadrado Alvarado 2004), sin embargo la credibilidad de un personaje virtual no está condicionada a la generación de animaciones diseñadas y ejecutadas con precisión sino a que las reacciones, movimientos, expresiones verbales y no verbales sean lo más naturales posibles y coherentes al contexto (Badler 1997).

En la expresión verbal, la emoción y personalidad han demostrado una estrecha relación a características implícitas en el habla, como son la entonación, el ritmo, y la intensidad de la voz; por su parte las expresiones no verbales reflejan el estado emocional y la personalidad del locutor (K. R Scherer 1979). Al modelar dichos rasgos se busca aumentar la credibilidad del personaje virtual y el grado de inmersión que éstos provocan al interactuar en el mundo virtual.

2.2 INMERSIÓN

La inmersión es la percepción sensorial que rodea a un ambiente virtual generado por computadora. Para aumentar la sensación de inmersión se debe emular con gran fidelidad los comportamientos físicos de los elementos que conforman el mundo virtual (Matteo et al. 2001).

El sentido de inmersión ocurre cuando el usuario olvida que está interactuando con un personaje virtual y asocia a éste una personalidad, estado de ánimo o un comportamiento determinado, creando la “ilusión” de interacción tal como lo haría con un ser humano.

Experimentar la sensación de inmersión no está condicionada a la reproducción exacta del aspecto físico de la realidad sino se encuentra más vinculada a la emulación de la interacción social. Es decir que los actos que involucran el proceso de comunicación sean fielmente representados por el personaje virtual (Morales Rodríguez & Pavard 2008).

(Morales Rodríguez & Pavard 2008) consideran que los factores que intervienen en la mejora de la inmersión social y emocional a través de personajes virtuales son:

- Expresiones no verbales (Expresiones faciales, gestuales y posturas).
- Conductas y comportamientos sociales.
- Expresiones de empatía.

El enfoque de este trabajo es la inmersión social y emocional a través de un personaje virtual creíble, el cual ejecute expresiones gestuales con una connotación emocional y personalidad. Emular el proceso de comunicación a través de expresiones no verbales, en particular el modelado del comportamiento requiere conocer conceptos asociados a la comunicación no verbal.

2.3 COMUNICACIÓN NO VERBAL

En las últimas décadas ha sido evidente la importancia de la expresión humana a través de expresiones verbales y no verbales, la comunicación no verbal ha formado parte importante de

la dinámica de comunicación como medio de apoyo y en casos particulares como sustituto de la expresión verbal.

La comunicación no verbal puede ser definida como comunicar sin palabras a través de múltiples canales de comunicación, las expresiones no verbales son las acciones que se realizan diferentes al habla durante el proceso de comunicación (Krueger 2008), (Mehrabian 2007).

La integración de expresiones no verbales tales como gestos, posturas y expresiones faciales a la comunicación verbal permite comunicar intenciones, objetivos, sentimientos e ideas. Con esto se logra una interpretación del mensaje más adecuado por parte del interlocutor en la dinámica de diálogo.

Según (Denzin & Lincoln 2005) existen cuatro principales ámbitos de estudio de la comunicación no verbal: kinesia, paralingüística, proxémica y cronémica (Krueger 2008) (Ver Figura 2.1).

- La kinesia expresa información no verbal a través de los movimientos del cuerpo.
- La paralingüística estudia el comportamiento no verbal expresado en la voz.
- La proxémica se encarga de estudiar el comportamiento no verbal relacionado con el espacio personal.
- La cronémica estudia los comportamientos relacionados con el uso y la percepción del tiempo durante la conversación.



Figura 2.1 Clasificación de la comunicación no verbal (Denzin & Lincoln 2005)

Este trabajo se interesa en las expresiones no verbales por lo que se presenta una breve descripción relativa a la kinesia.

2.4 KINESIA

La kinesiología estudia la forma en que el uso de expresiones faciales, expresiones gestuales (brazos y manos) y postura afectan la comunicación (Lewis 2000) (Ver Figura 2.2).

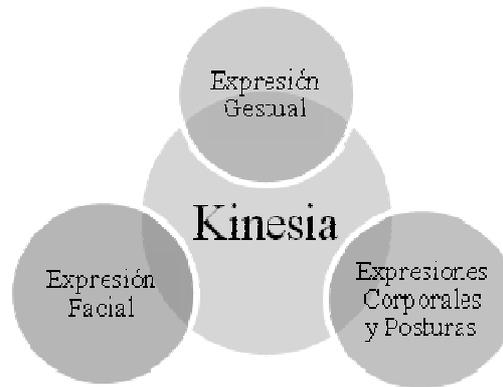


Figura 2.2 Elementos kinésicos

2.4.1 EXPRESIONES CORPORALES Y POSTURA

La postura es la posición del cuerpo o sus partes en relación con un sistema de referencia que puede ser, bien la orientación de un elemento del cuerpo con otro elemento o con el cuerpo en su conjunto, bien en relación a otro cuerpo. En la interacción son susceptibles de ser interpretadas las señales que provienen de la posición, de la orientación o del movimiento del cuerpo (Durand 1985).

La posición del cuerpo durante el proceso de comunicación refleja la actitud, intenciones y/o sentimientos relacionados con la persona que se está interactuando. Es por eso que las expresiones corporales y posturas es uno de los factores principales dentro de la comunicación.

La postura es un indicador de la intensidad de la comunicación (Neill & Caswell 1993). El movimiento del cuerpo enfatiza las palabras y por consiguiente el mensaje que se pretende transmitir. Por la referencia de los movimientos corporales se puede intuir si existe un interés en la conversación, si la persona proyecta seguridad al hablar sobre un tópico, e incluso observar las reacciones que provoca lo que se habla para el interlocutor.

Algunas investigaciones denotan que la postura y movimientos del cuerpo expresados con energía y dinamismo durante la interacción comunicativa están asociados a la autoconfianza y autoconsciencia de lo que se está diciendo, y la ausencia de postura sugiere frialdad o seriedad en lo que se expresa (Rodríguez Escanciano & Hernández Herrarte 2010).

Los movimientos del cuerpo deben ser coherentes al contexto comunicativo de otra manera sugieren nerviosismo o inseguridad, lo que puede traducirse en la pérdida de la atención a lo que se está hablando. La postura del cuerpo puede expresar la certeza de lo que se habla u otorgar formalidad a un tema.

La postura que se adopta, manifiesta de forma consciente e inconsciente una actitud hacia el interlocutor. Los movimientos del cuerpo aportan una retroalimentación al interlocutor, la cual puede ser positiva o no. Una retroalimentación positiva implica quizá una sensación de empatía por parte del interlocutor, por lo cual la postura estimula el proceso de comunicación.

2.4.2 EXPRESIÓN FACIAL

La expresión facial se refiere al movimiento de los más de 20 diferentes músculos de la cara que son responsables de producir más de 1000 distintas expresiones que convierten al rostro en una fuente de detalle, particularmente relacionado a la emoción. Existen tres partes claves en el rostro: las cejas y la frente, los ojos y el puente de la nariz, las mejillas y la boca; con las diferentes variaciones y combinaciones de las mismas se genera un amplio número de expresiones faciales (Hargie 2011).

(Darwin 1998) en su trabajo “The expression of the emotions in man and animals” originó la pauta para el estudio acerca de la relación entre la expresión facial y la emoción. Posteriormente siguiendo esa línea de investigación (Ekman 2005) describe la expresión facial para un cierto conjunto de emociones primarias: felicidad, sorpresa, miedo, tristeza, enojo, odio y desprecio. Desde entonces muchas investigaciones han buscado justificar, clarificar y dar soporte a la correlación existente entre la emoción y expresión facial.

La expresión facial es uno de los medios no verbales que aportan mayor riqueza al momento de expresar emociones y estados de ánimo, además de ser una valiosa fuente de información sobre nosotros. Esto permite vislumbrar en el rostro quizás sentimientos, ideas y

pensamientos. Esencialmente la expresión facial funge como vehículo para transmitir y/o expresar una emoción, sin embargo también permite regular la conversación cara-cara y reforzar el mensaje durante la interacción comunicativa.

De acuerdo a (Matsumoto & Ekman 2008) la expresión facial tiene diversas funciones, descritas en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Función de la expresión facial

Función	Descripción
Ilustración del habla	La gente suele levantar las cejas cuando se es inquisitivo, y bajar las cejas cuando se baja la voz.
Regulación de la conversación	Ofrecer señales a los demás de que se ha terminado de hablar y es su turno, o no, a través del rostro (y voz).
Gestos emblemáticos	Estos son movimientos que simbólicamente proporcionan un significado verbal que se puede transmitir con palabras.
Cognición	La gente a menudo frunce las cejas cuando se concentra o está perpleja. También se aprietan los labios cuando se realiza una búsqueda mental.
Hablar y comer	Los músculos alrededor del área de la boca se utilizan para hablar y comer, y sobre todo para la articulación del habla.
Expresar emoción	Los músculos faciales son utilizados para demostrar un estado emocional.
Regulación expresiva	Los músculos faciales son utilizados para regular la expresión de emoción.

La expresión facial es la vía no verbal de mayor relevancia al momento de transmitir emociones y actitudes durante el proceso de comunicación; es dinámicamente cambiante y juega un rol muy importante dentro la interacción social (Argyle 1988). En una conversación cara a cara la expresión facial es expresada e interpretada de acuerdo a los rasgos de personalidad de quien la exprese y/o interprete.

2.4.3 EXPRESIONES GESTUALES

Las expresiones gestuales también denominadas gestos son los movimientos de manos y brazos ejecutados cuando las personas hablan. Dichos movimientos pueden ser extensos o mínimos, pero están presentes durante el proceso de comunicación y se encuentran altamente sincronizados con el flujo del habla (McNeill 1995). Los gestos permiten deducir lo que la persona está tratando de decir, en este trabajo serán utilizados los términos de gesto y expresión gestual análogamente.

2.4.3.1 FASES DEL GESTO

Un gesto se desarrolla a través de tres fases principales: *preparación*, *ejecución* y *retracción*, en la Figura 2.3 se ilustran las fases gestuales. La fase de preparación es considerada la fase de reposo y es donde inicia el desarrollo de la expresión gestual. La fase de ejecución puede ser considerada como la cima o “clímax” de la expresión gestual (lo que el movimiento en realidad “hace” o lo que era “destinado a”) y lleva el contenido principal del gesto, en dicha fase la sincronía con el habla es mantenida por el interlocutor. La retracción es la fase en la cual el gesto comienza a decrecer una vez realizada la fase de ejecución (Kendon 1980).

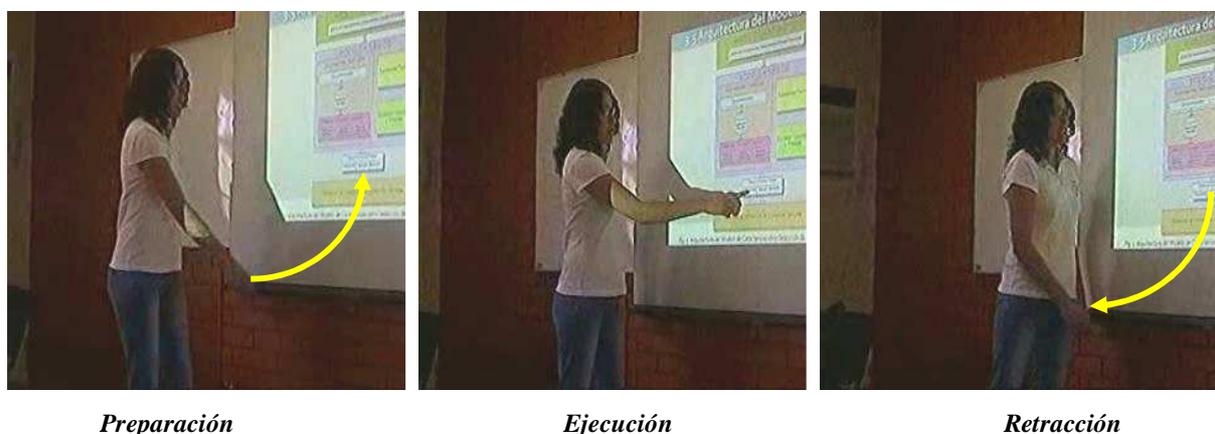


Figura 2.3 Fases del gesto (gesto deíctico)

2.4.3.2 TIPOS DE GESTOS

De acuerdo a (Mulder 1996) las expresiones gestuales se pueden dividir de forma general en tres grupos, uno que implica la comunicación, otro que integra la manipulación y la aprehensión y un tercero que incluye las acciones de exploración háptica (Ver Figura 2.4).

De manera más particular (Cadoz 1994) clasifica los movimientos de la mano de acuerdo a su función en:

- Semióticos: comunican la información significativa y los resultados de la experiencia cultural compartida.
- Ergóticos: se asocian con la noción de trabajo y la capacidad de los seres humanos para manipular el mundo físico, crear objetos.

- Epistémicos: permiten aprender del medio ambiente a través de la experiencia táctil o exploración háptica.

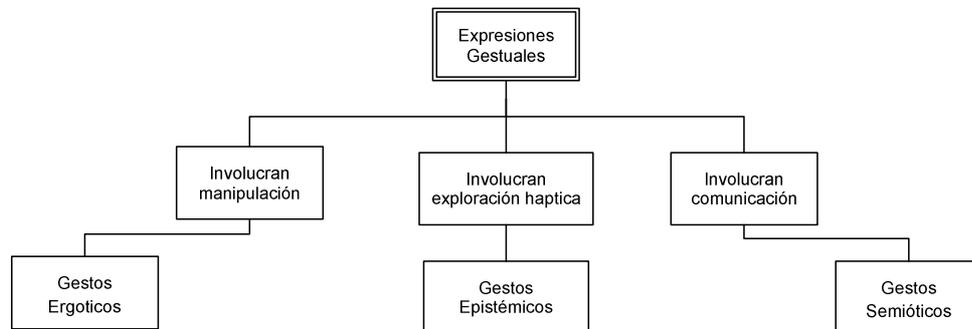


Figura 2.4 Clasificación de los gestos de acuerdo a su función (Cadoz 1994)

Dado que el objetivo de este trabajo es la caracterización de las expresiones gestuales que por su naturaleza están estrechamente relacionadas a los actos de comunicación verbal, es necesario definir los *gestos semióticos* que son los que ocurren de forma paralela con las expresiones verbales.

2.4.3.3 GESTOS SEMIÓTICOS

Los gestos o movimientos semióticos de la mano están tan íntimamente conectados con la comunicación verbal de tal manera que complementan el discurso. (McNeill 1995) clasifica a los gestos semióticos de la siguiente manera:

- **Metafórico:** son gestos que describen imágenes de conceptos abstractos que representan los vehículos de las metáforas (McNeill 1995). Los gestos metafóricos son también de representación, pero el concepto que representan no tiene forma física. La forma del gesto viene de una metáfora común. Un ejemplo se puede encontrar en la frase “la reunión fue una y otra vez”, acompañado por una mano que indica movimiento de oscilación (Cassell 1998). Un ejemplo de un gesto metafórico se observa en la Figura 2.5.



Figura 2.5 Ejemplo de gesto metafórico asociado a la frase “y un retorno”

- **Deíctico:** son gestos apuntadores es decir que apuntan a algo o alguien ya sea concreto o abstracto. Los gestos deícticos localizan algo en el espacio físico frente al narrador, pueden ser entidades del discurso que tienen una existencia física o no. Un ejemplo de esto último podría ser apuntar hacia para decir “este vestido” o “aquel señor que está allá”. La Figura 2.6 ilustra un gesto deíctico ocurrido durante una exposición.



Figura 2.6 Ejemplo de gesto deíctico asociado a la oración “y aquí va haber una salida”

- **Icónicos:** son gestos que representan a un objeto concreto o un evento, y teniendo una relación formal cercana al contenido semántico de la palabra, ilustran lo que se dice al describir alguna propiedad referente a la expresión verbal. Los gestos icónicos pueden ser vistos como la unión de tres de seis subcategorías descritas por (Ekman & Friesen 1969) las cuales son:
 - a) *Movimientos espaciales* muestran una relación espacial.
 - b) *Pictográficos* hacen un dibujo de su referente.

c) *Kinésico gráficos* representan una acción corporal.

(Kipp 2003), ilustra los gestos icónicos dentro de las subcategorías previamente descritas:

- i. *Gesto icónico- movimiento espacial*: la descripción de la explosión de un accidente de carro.
- ii. *Gesto icónico- pictográfico*: hablando de una galería de fotos y dibujando un rectángulo en el aire el gesto ilustra icónicamente la rectangularidad de la imagen y es por lo tanto un ícono.
- iii. *Gesto icónico-kinésico gráfico*: algunos ejemplos de este tipo de gestos son dormir y disparar.



Figura 2.7 Gesto icónico asociado a la frase “tres fases”

- **Beat**: son movimientos rítmicos de un dedo, mano o brazo que acompañan el habla pero su forma no tiene relación con el contenido del discurso. Dichos gestos tienen sólo dos fases (arriba/abajo, entrada/salida), son movimientos rítmicos de un dedo, mano o brazo (Kipp 2003). Un gesto de este tipo crea el énfasis y llama la atención. El beat puede puntualizar algún aspecto importante en una conversación, y un beat realizado de forma repetida puede recalcar un concepto crítico. Un ejemplo se encuentra en la frase “Es suficiente” donde la mano es extendida hacia el frente.

2.5 PERSONALIDAD Y ESTADO EMOCIONAL EN LA EXPRESIÓN NO VERBAL

Es conocido que las expresiones gestuales, no sólo refuerzan el diálogo sino también comunican emociones y rasgos de la personalidad y es de interés identificar dichas características con el fin de reproducirlas en un personaje virtual.

Existe una gran cantidad de acercamientos a la creación de modelos que simulan el comportamiento humano, en cuanto a las respuestas y reacciones verbales y paraverbales de dicho comportamiento. A lo anterior, se le conoce como *modelo comportamental*, y para esta investigación se toma como base el modelo propuesto por (Morales Rodríguez 2007), este modelo consiste de varios módulos:

- *Percepción e interpretación del contexto*: evalúa las acciones y actitudes del interlocutor.
- *Gestión de diálogo*: actualiza el estado del diálogo y selecciona los actos del habla que expresan los objetivos e intenciones del personaje.
- *Interacción social y emocional*: es un modelo cognitivo y social que actúa según la personalidad del personaje.

La *personalidad* de un individuo determina en gran medida su forma de hablar y comportarse durante el acto de la comunicación. La personalidad se refiere a los patrones de pensamientos característicos que persisten a través del tiempo y de las situaciones, y que distinguen a una persona de otra (Morris 1992). La personalidad de cada individuo permite la existencia de variaciones y matices en las expresiones no verbales (faciales, gestuales y de postura).

2.6 MODELO DE LOS CINCO FACTORES DE LA PERSONALIDAD

Existen diversos enfoques para poder caracterizar los distintos aspectos de la personalidad de un individuo. El modelo de (Morales Rodríguez 2007) se basa en el Modelo de Cinco Factores o FFM (Five Factor Model), que identifica 5 características básicas, las cuales son: apertura a la expresión, consciencia, extroversión, agradabilidad y neuroticismo (McCrae & John 1992).

Los Cinco Factores es la forma mayormente aceptada y utilizada para representar la estructura común de la personalidad humana. Estas cinco dimensiones representan la personalidad en el nivel más amplio de la abstracción, y cada dimensión “grande” resume una gran cantidad de características distintas, más específicas de la personalidad (Sanchez & Ledesma 2007).

En la Tabla 2.2 se describen los factores del Modelo de los Cinco Factores de acuerdo al cuestionario de Personalidad NEO (Costa, McCrae, 2008). La definición de los factores está basada en el trabajo de (John & Srivastava 1999) y los adjetivos de cada factor están basados en el trabajo de (John 1990).

Tabla 2.2 Modelo de los cinco factores de la personalidad de Costa y McCrae

Factor/Dimensión	Definición	Características de los polos (adjetivos)			
		+ Positivo		- Negativo	
Agradabilidad (Amabilidad) Antagonismo	Contrasta una orientación proposocial y comunitaria hacia los demás con el antagonismo, e incluye rasgos tales como el altruismo, la confianza y la modestia.	Bondadoso Compasivo Afable Atento	Confiado Servicial Altruista Cooperativo	Cínico Rudo Agresivo Suspicious	Competitivo Irritable Manipulador Vengativo Egoísta
Consciencia (Responsabilidad) Irresponsabilidad	Describe el nivel de control, organización, persistencia, y motivación en la conducta dirigido a objetivos y tareas tales como pensar antes de actuar, seguir las normas y reglas, planificación, organización y priorización de tareas.	Organizado Fiable Trabajador Controlado Cuidadoso	Puntual Formal Escrupuloso Tenaz Perseverante	Informal Vago Descuidado Negligente	Hedonista No confiable Sin objetivos
Extroversión Introversión	Implica un enfoque energético hacia el mundo social y material, e incluye características tales como la sociabilidad, la actividad, la asertividad y la emocionalidad positiva.	Sociable Activo Hablador Optimista	Divertido Afectuoso Asertivo	Reservado Distante Frío	Independiente Callado Solitario
Neuroticismo Estabilidad emocional	Contrasta la estabilidad emocional con las emociones negativas, tales como sentirse nervioso, ansioso, triste y tenso.	Nervioso Preocupado Inestable Sensible Emocional Triste	Inseguro Hipocondriaco Tenso Miedoso Vulnerable	Calmado Relajado Estable	Seguro Controlado Fuerte Equilibrado
Apertura a la experiencia Cerrado a la experiencia	Describe la amplitud, profundidad, originalidad y complejidad de la mentalidad y experiencia de un individuo.	Curioso Creativo Original Imaginativo	Liberal De mentalidad abierta	Dogmático Rígido Tradicional Práctico	Convencional Conservador

2.7 ESTADO EMOCIONAL

El término emoción proviene del latín “*emovere*” que significa remover, agitar, excitar, perturbar, conmover, dicho término ha sido utilizado para definir gran variedad de estados de ánimos, experiencias y sus diversas expresiones. Frente a la diversidad se complica la existencia de una definición única de emoción, sin embargo los investigadores han aportado diversas contextualizaciones de lo que es una emoción y a continuación se exponen algunas definiciones encontradas que siguen el enfoque cognitivo.

(Frijda 1988) afirma que las emociones son respuestas a los eventos que son importantes para los individuos y además considera a las emociones como experiencias subjetivas cuyo núcleo es la experiencia de placer o dolor.

Por otro lado (Ortony et al. 1990) propusieron que las emociones se producen a través de procesos cognitivos y que por lo tanto van a depender de la interpretación de cada uno. Esta propuesta fue denominada teoría de la emoción basada en evaluación. Este modelo asume que las emociones ocurren debido a una reacción valorada (positiva o negativamente) de situaciones consistentes en eventos, agentes u objetos.

Para (Klaus R. Scherer 1998) las emociones son una secuencia de cambios sincronizados e interrelacionados en los estados de todos los subsistemas del organismo, en respuesta a la evaluación de un estímulo externo o interno que es relevante para las prioridades del organismo.

(Mayer et al. 2000) consideran la emoción como una respuesta mental organizada a un evento que incluye aspectos psicológicos, experienciales y cognitivos.

(Oatley et al. 2006) define la emoción como un estado normalmente causado por un evento de importancia para el sujeto. Típicamente esto incluye (a) un estado mental consciente con una calidad reconocible de sentimiento y dirigido hacia algún objeto, (b) una perturbación corporal de alguna clase, (c) expresiones reconocibles de la cara, tono de voz y gestos, (d) una disposición para ciertos tipos de acciones.

2.8 MODELADO EMOCIONAL

Tiene un enfoque cognitivo considera las emociones como una reacción que se adapta a los estados cognitivos. Dicho modelo tiene por objeto determinar y actualizar el estado emocional, características, humores y niveles de tensión. El humor puede a su vez influir sobre el nivel de empatía y la actitud.

El modelo emocional del que se parte (Morales Rodríguez 2007), sigue un enfoque cognitivo que considera las emociones como una reacción que se adapta a los estados cognitivos. Este modelo tiene por objeto determinar y poner al día el estado emocional del personaje virtual, sus características, sus humores y sus niveles de tensión.

El modelo emocional se basa en la teoría de la evaluación o “Appraisal Theory”. Esta teoría postula la idea de que las emociones son consecuencia de los juicios (“appraisals”) que una persona realiza de los eventos que ocurren en su entorno (Klaus R. Scherer 1999). En otras palabras, la evaluación de una situación provoca una respuesta emocional que está basada en esa misma evaluación. En este modelo la evaluación es asociada con el perfil de personalidad para determinar las valoraciones de las dimensiones que caracterizan una emoción.

2.9 REPRESENTACIÓN DE LA EMOCIÓN

Para manejar y representar las emociones se utiliza el modelo emocional propuesto por (Morales Rodríguez 2007). En la Figura 2.8 se ilustra el modelo emocional, en donde se encuentra la distribución de las emociones que serán empleadas en este trabajo.



Figura 2.8 Circumplexo actualizado del modelo emocional propuesto por Morales (Flores Juárez 2010)

Dicho modelo utiliza una representación de circumplejo el cual es simbolizado generalmente por un círculo continuo, sobre el cual se colocan ejes ortogonales que representan los conceptos psicológicos, dentro de los cuales se colocan las emociones. Según este enfoque, una emoción está representada por un conjunto de características psicológicas que permiten definirla y clasificarla.

Los elementos del modelo emocional serán atributos utilizados dentro de los procesos de caracterización y selección de la expresión gestual.

Las emociones son clasificadas en cuatro ejes los cuales son:

- 1) Estrés muestra cómo se relacionan los valores positivos con ansiedad, en cambio los valores negativos indican mayor nivel de alivio.
- 2) Alerta representa qué tan excitado o relajado se encuentra el personaje.
- 3) Disposición representa el nivel de predisposición cognitiva. Esto define el nivel de atención o rechazo que tiene el personaje ante la situación presentada.
- 4) Agrado indica el atractivo intrínseco hacia el evento. Un nivel positivo indica que la evaluación reciente fue agradable, así como, un nivel negativo indicaría que fue desagradable.

En resumen se define una emoción en función de su posición en el espacio delimitado por los cuatro ejes. La emoción definida influye sobre el proceso de actualización de la actitud así como el nivel de empatía. En la Tabla 2.3 se muestra la relación entre los valores de los ejes y los sentimientos manejados en este trabajo:

Tabla 2.3 Configuración de ejes para los estados emocionales

Emoción	Ejes del Circumplejo			
	Estrés	Alerta	Disposición	Agrado
Enojo	+	+	+	-
Sorpresa	+	+	+	+
Alegría	-	+	+	+
Placer	-	-	+	+
Resignación	-	-	-	+
Tristeza	-	-	-	-
Angustia	+	-	-	-
Miedo	+	+	-	-

2.9.1 EVALUACIÓN COGNITIVA DEL CONTEXTO

Para poder realizar la actualización del estado emocional, es necesario hacer uso de un proceso de evaluación cognitiva del contexto. El funcionamiento de este proceso se basa en una adaptación de la teoría de la evaluación cognitiva de (K. Scherer et al. 2001). Según este modelo, el organismo evalúa los acontecimientos sobre la base de cinco operaciones que se desarrollan de manera secuencial.

Los cinco niveles que Scherer emplea son:

- 1) Novedad, 2) agradabilidad, 3) relevancia de acuerdo con las necesidades y objetivos de las personas, 4) la capacidad del manejo de la situación y 5) si el suceso se encuentra dentro de los estándares o no.

2.9.2 ACTUALIZACIÓN DEL ESTADO EMOCIONAL

El nuevo estado emocional está determinado por el proceso de actualización de la emoción y el cálculo de su intensidad. La actualización de la emoción viene determinada por la actualización del valor de los ejes de las emociones. Tres factores pueden influir sobre su dinámica: la “resiliencia” de los ejes “tensión” y “alerta”, el humor y los procesos de la evaluación cognitiva influenciados por los rasgos de la personalidad.

En la Tabla 2.4 se observa un fragmento de la tabla que permite determinar las variaciones de los ejes del modelo emocional.

Tabla 2.4 Variaciones de los ejes del modelo emocional en función de los rasgos de la personalidad

Evaluación de Acontecimientos	Características de la Personalidad					
	Extroversión		Afabilidad		Neuroticismo	
	+	-	+	-	+	-
Novedad						
Positivo			+ Alerta + Agrado		+ Estrés + Alerta	
Negativo		- Disposición				
Complacencia						
Positivo	+ Agrado		+ Agrado	+ Agrado	- Tensión	
Negativo	- Alerta		- Agrado	- Agrado	- Agrado + Tensión	

2.10 RESUMEN DEL CAPÍTULO

En esta investigación se ha concedido vital importancia a la comunicación no verbal como uno de los elementos que intensifica el sentido de inmersión y mejora la credibilidad de un personaje virtual. La integración de expresiones no verbales en agentes virtuales inteligentes funciona como un motivador esencial durante la interacción del usuario en un entorno virtual.

Algunos investigadores señalan que las expresiones no verbales tienen una connotación emocional y están asociadas a características de la personalidad (K. R Scherer 1979), (Schröder et al. 2001), (Kipp 2003). Este trabajo está particularmente enfocado a las expresiones gestuales semióticas, debido a la estrecha relación de éstas con el proceso de comunicación. Se cree que la integración de las expresiones no verbales influenciadas por la personalidad y el estado emocional en la creación de un personaje virtual otorgará dinamismo y enfatizará las actividades que pudiera realizar el personaje. Motivando así al usuario a mantener una relación comunicativa y de esta manera proveer una retroalimentación positiva durante la interacción con el agente.

En este trabajo para la ejecución de una expresión gestual es considerada la combinación de los rasgos de la personalidad, el estado emocional y los actos de habla involucrados en determinado contexto, buscando emular con mayor fidelidad el proceso de comunicación que ocurre en una situación real.

Para lograr caracterizar la personalidad del personaje virtual se utiliza el Modelo de Cinco Factores FFM (Five Factor Model) el cual aísla cinco rasgos generales de la personalidad que comprenden apertura, conciencia, extraversión, agradabilidad y neuroticismo. Para caracterizar un estado emocional se utiliza el modelo circumplejo basado en las dimensiones: alerta, agrado, extroversión, disposición.

Capítulo 3

ACTOS DEL HABLA DENTRO DE LA COMUNICACIÓN

La comunicación depende de una serie de características y normas lingüísticas que han de ser compartidas por dos personas. Durante una conversación es imprescindible que ambas interpreten lo que se dice de la misma forma, basándose en las mismas normas (Jacobson 2001).

El acto comunicativo no se entiende como algo estático, ni como un proceso lineal, sino como un proceso cooperativo de interpretación de intencionalidades. Al producir un enunciado, el hablante *intenta hacer* algo, el interlocutor *interpreta* esa intención y sobre ella elabora su respuesta, ya sea lingüística o no lingüística (Lomas & Osoro 1993). Durante el intercambio de información entre el hablante y oyente, los gestos que acompañan al habla contribuyen a mejorar el entendimiento de un mensaje. Lo que se pretende decir y la interpretación del mensaje influyen en el proceso de comunicación.

3.1 PROCESO DE COMUNICACIÓN

La comunicación es un proceso bilateral que consiste en el intercambio de información, ideas, emociones, habilidades, entre otras, entre una fuente emisora y otra receptora, mediante el uso de signos y palabras (Díez Freijeiro 2006).

Es importante entender el proceso de comunicación para modelar los diversos elementos que intervienen de forma dinámica en ella, entre los cuales están implícitos los medios no verbales.

Como se observa en la Figura 3.1 los elementos que intervienen en el proceso de comunicación son: emisor, receptor, mensaje, canal, contexto y retroalimentación (Fonseca Yerena 2005).

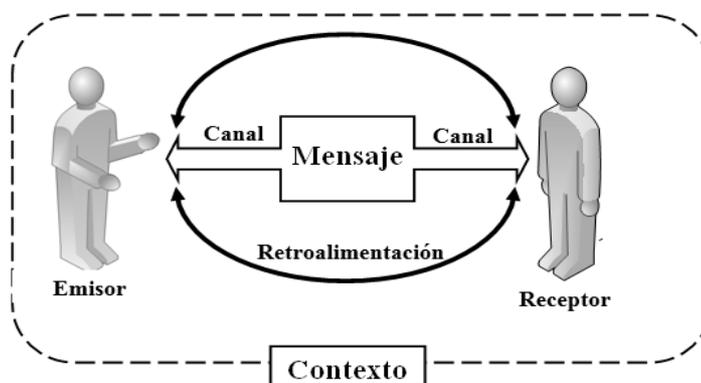


Figura 3.1 Elementos de la Comunicación

- El *emisor* es el sujeto que emite un mensaje y quien produce intencionalmente un enunciado lingüístico, oral o escrito. Es decir, el emisor es el hablante que con un fin específico hace uso de las palabras en un determinado momento, con el propósito de emitir un mensaje.
- El *receptor* es la persona o personas a las que el emisor dirige el enunciado y con las que normalmente suele intercambiar su papel en una comunicación de tipo dialogante. Este no se limita simplemente a escuchar como un sujeto pasivo y mudo, sino que actúa interpretando el enunciado que le ha dirigido el emisor.
- El *mensaje* es el contenido o información que es enunciado y transmitido por el emisor al receptor.
- El *canal* es el medio o vehículo a través del cual se envía y viaja el mensaje.
- El *contexto* es el conjunto de circunstancias (lugar, hora, estado anímico de los interlocutores, entre otras) y conocimientos necesarios que existen para comprender el significado y la intención del mensaje en el momento de la comunicación.
- La *retroalimentación* es el paso final de la comunicación, la respuesta del receptor, el cual asume el papel del emisor permitiendo iniciar todo el proceso de comunicación nuevamente. Es fundamental la existencia de la retroalimentación ya que indica una interacción bilateral y recíproca.

3.2 ACTOS DEL HABLA

Dentro de la comunicación existe una relación entre lo que se dice y lo que se hace. Al momento que se emite un enunciado se lleva a cabo un acto del habla (Cifuentes Honrubia 2006).

Un acto de habla es la unidad mínima y básica de la comunicación lingüística. Un acto de habla es la emisión de un enunciado, hecha en las condiciones apropiadas. Así pues, tiene carácter dialógico, porque es producido para un interlocutor con el fin de establecer con él una interacción verbal (Searle 1988).

Los actos del habla juegan un papel fundamental para discernir cómo la estructura interna del personaje virtual (modelo comportamental) afecta las formas de expresión verbales y no verbales utilizadas durante la interacción con otros.

(Austin 1975) en su artículo describió que cuando una persona emite una oración en una situación dada para que alguien la interprete, realiza tres actos:

- *Acto locutivo*: es el que se realiza por el simple hecho de decir algo. Consiste en construir una oración significativa mediante palabras.
- *Acto ilocutivo*: el hablante usa esas palabras significativas con alguna intención añadida al acto de pronunciarlas; eso que el hablante hace al decir algo (afirmaciones, negaciones, advertencias, promesas, insinuaciones, amenazas, etc.).
- *Acto perlocutivo*: el hablante espera producir efectos en el destinatario de la información. Se refiere a aquello que ocurre a causa de lo que se dice.

Las expresiones no verbales apoyan el mensaje que se quiere transmitir a través de los actos ilocutivos y perlocutivos, los cuales se detallan a continuación.

3.2.1 ACTOS ILOCUTIVOS

El acto ilocutivo se refiere a lo que el hablante hace cuando profiere una determinada oración (Bosque & Gutiérrez-Rexach 2009). Transmitir algo además del contenido textual.

La Tabla 3.1 detalla los cinco tipos básicos de actos ilocutivos que (Searle 1988) describe en su trabajo.

Tabla 3.1 Tipos de actos ilocutivos

Tipo	Descripción	Ejemplo
Asertivos	Tienen como propósito representar un estado de cosas como real	afirmaciones, reclamaciones, explicaciones e informes
Compromisivos	Tienen como objeto comprometer al hablante con una acción a futuro	promesas, juramentos, ofrecimientos o amenazas
Directivos	Provocar que el interlocutor realice una acción a futuro	sugerencias, peticiones, preguntas, órdenes y mandatos
Declarativos	Producen cambios en el estado de las cosas	bautizar, nombrar, inaugurar y despedir
Expresivos	Sirven para manifestar sentimientos y actitudes del hablante	disculpas, quejas, otras expresiones de sentimientos y actitudes hacia algo

El elemento central de la teoría de los actos del habla es la fuerza ilocutiva, debido a que considerando el contenido de una frase, el acto ilocutivo que el hablante otorga y el contexto, el oyente puede efectuar una interpretación y generar un efecto (acto perlocutivo) respecto a lo expresado por el hablante. Por lo tanto la atención se centra en el acto ilocutivo con el que se enuncia la oración (Díez Freijeiro 2006).

3.2.2 ACTOS PERLOCUTIVOS

Son los efectos que el acto ilocutivo produce en los sentimientos, pensamientos o acciones del auditorio o del oyente al emitir una sentencia (Jurafsky & Martin 2009). Existen diferentes intenciones comunicativas que se busca producir en el interlocutor. Entre ellas, persuadir, informar, apelar, advertir. A continuación se presentan algunos ejemplos de cada una de ellas:

- Intención informativa: cuando la intención es informar, se recurre al uso de datos, hechos objetivos, sucesos o acontecimientos.
- Intención persuasiva: cuando lo que se desea es convencer a alguien de algo, se hace uso de la persuasión.
- Intención apelativa: cuando lo que se busca es ordenar algo, se emplea la función apelativa.

- Intención de advertencia: cuando se quiere prevenir sobre algún peligro, alguna contingencia inminente, avisar sobre una situación de riesgo, se hace uso de la advertencia.

3.3 RESUMEN DEL CAPÍTULO

Existen relaciones paralelas entre el contenido proposicional de los actos del habla y los objetos intencionales de las emociones en el que las emociones se centran. Enunciar un acto del habla tiene una compleja correlación con la emoción (Lalanne 2009). Esto sugiere que los actos del habla y las emociones tienen una compatibilidad o incompatibilidad al expresarse.

Un aspecto de la comunicación que puede influir en la interacción de un agente conversacional con otros agentes son los actos de habla. Los cuales dependiendo del contexto y las normas para expresarlos, pueden producir equívocos en la interpretación de lo que se ha dicho y lo que se deseaba decir. La expresión no verbal que acompaña a los actos del habla añade información para reforzar lo que se quiere comunicar y así reducir estos equívocos.

En la Tabla 3.2 se ilustra un ejemplo de un acto del habla reforzado con el uso de una expresión gestual.

Tabla 3.2 Expresión gestual asociada a los actos del habla

Expresión gestual en un contexto real		Expresión gestual en la realidad virtual	
			
Actos del Habla			
Locutivo	Ilocutivo	Perlocutivo	
“Estos datos nos dicen cuantos cuartos se debe tener a cierto control de destino”	Asertivo (explicar el porqué de los datos)	Informar	

Capítulo 4

ESTADO DEL ARTE DE LAS EXPRESIONES GESTUALES

Este capítulo se revisa la literatura relacionada a las expresiones gestuales y principalmente las investigaciones que usaron y/o desarrollaron un modelo gestual dedicándose al estudio de la estructura propia del gesto.

La Figura 4.1 muestra de forma general las vertientes en que se divide el estado del arte de las expresiones gestuales. Por un lado se tienen los modelos gestuales cualitativos que estudian el gesto en sí mismo y permiten clasificar los gestos de acuerdo a una taxonomía y por otra parte se ubican los modelos gestuales computacionales los cuales buscan desarrollar aplicaciones donde los gestos permitan mejorar la interacción hombre-máquina. Para la implementación de este último tipo de modelos es necesario obtener datos (corpus) que sirven de base para el desarrollo de aplicaciones gestuales, dichos datos son analizados mediante una herramienta de anotación gestual que permite extraer la información de acuerdo a cierta taxonomía documentada y establecida previamente.

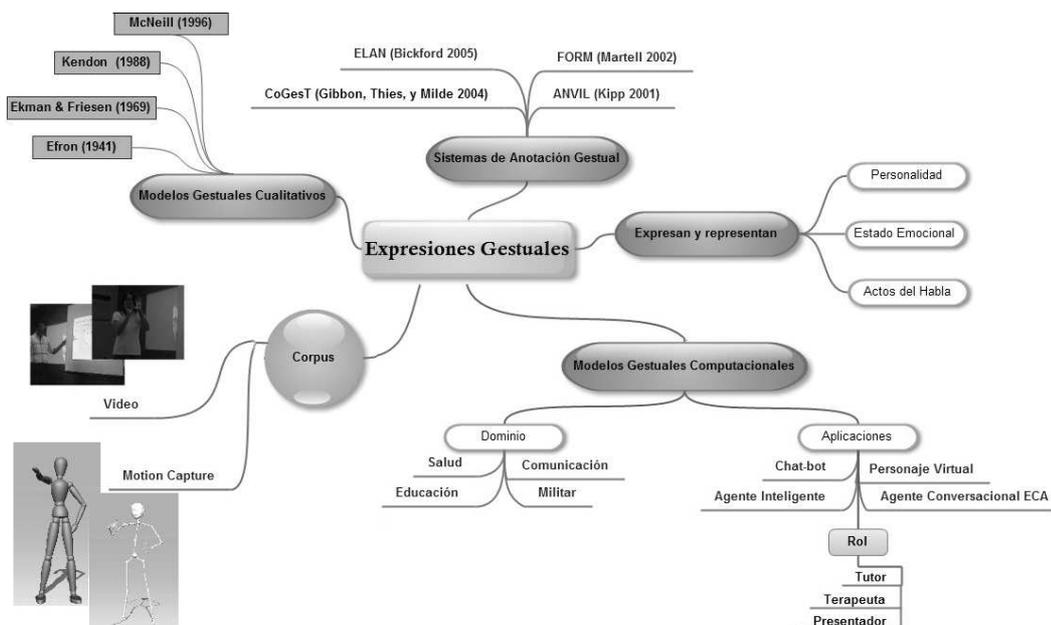


Figura 4.1 Mapa conceptual del estado del arte de las expresiones gestuales

El estudio de los modelos gestuales tiene un carácter multidisciplinario, encontrándose dos vertientes en las cuales se categorizaron dichos trabajos. En primera instancia se tienen los trabajos orientados solamente a la comprensión de los gestos y sus funciones que son los modelos gestuales cualitativos y posteriormente se encuentran aquéllos que proponen el diseño e implementación de un modelo gestual computacional, en el cual los gestos intensifican la efectividad de la interacción de los usuarios con las computadoras.

4.1 MODELOS GESTUALES CUALITATIVOS

Los modelos gestuales cualitativos son desarrollados por diversos campos de estudio, como por ejemplo la lingüística, la psicología y la neurología entre otros. En el campo de la lingüística y psicología moderna se pueden mencionar los trabajos realizados por Adam Kendon y David McNeill.

La investigación de Efron (Efron 1941) fue pionera dentro del estudio de las expresiones gestuales, las cuales fueron descritas de acuerdo a su función. Este trabajo puntualiza la importancia que implica la cultura para la ejecución de una expresión gestual.

Siguieron los trabajos desde la psicología de (Ekman & Friesen 1969) quienes hicieron aportaciones significantes para la clasificación de las expresiones gestuales, y han trabajado con las emociones y su representación gestual de las mismas.

En su trabajo (Ekman & Friesen 1969) presentan una clasificación gestual que consta de cinco categorías:

- **Emblemas:** movimientos que sustituyen las palabras. Este tipo de gestos pueden co-ocurrir o no con la expresión verbal.
- **Ilustrativos:** movimientos que son expresados de forma paralela al discurso y que lo enfatizan, recalcan, modifican o acentúan. Este tipo de gestos ejemplifican lo que se desea transmitir verbalmente. Se trata de ejemplificar o ilustrar con el gesto aquello que se está transmitiendo verbalmente, es decir, están asociados a las palabras.
 - i. **Ideográficos:** ilustran ideas discursivas o abstractas, otorgan una representación de un concepto (números).

- ii. Pictográficos: describen la apariencia formal del discurso (tamaño, forma...).
 - iii. Déicticos: apuntan, indican o sitúan un objeto o cosa en el espacio a la que se alude durante la expresión verbal.
 - iv. Kinetográficos: ilustran los verbos y a las oraciones que describen una acción.
 - v. Espaciales: describen un espacio referido durante el mensaje verbal.
- Reguladores: movimientos que indican el cambio de turno para hablar y escuchar dentro del proceso comunicativo. Este tipo de gestos ofrecen retroalimentación al interlocutor, favoreciendo el flujo de la conversación.
 - Adaptativos: movimientos asociados a la necesidad individual o al estado emocional.
 - Exhibidores de afecto: las expresiones faciales ligadas a la emoción.
 - Batutas: acompañan y regulan el discurso. Estos gestos están altamente influenciados por rasgos de la personalidad y características como la cultura, con lo cual añaden un toque de espontaneidad al discurso.

El estudio de las expresiones gestuales es una disciplina desarrollada a partir del análisis de la relación del diálogo y el gesto. Uno de los investigadores con mayores aportaciones dentro de los modelos gestuales cualitativos es (Kendon 1988) quien hace una contribución significativa al conocimiento del lenguaje no verbal: clasificando los gestos y estableciendo un orden de acuerdo a su dependencia con el lenguaje, es decir que los gestos están apoyando al diálogo hasta cuando lo sustituye completamente.

Una clasificación de los gestos semióticos es la realizada por (Kendon 1988), como se muestra a continuación:

- Gesticulación: gestos idiosincrásicos y espontáneos que involucran manos y brazos, este tipo de gestos acompañan el discurso.
- Lenguaje como gestos: como la gesticulación, pero gramaticalmente integrado en el discurso.

- Pantomima: gestos sin palabras que permiten representar, parodiar o hacer mímica para relatar una historia.
- Emblemas: gestos a los que se recurre para la representación de un concepto o idea estereotipada y por tanto implica una comprensión semántica. (por ejemplo, levantar los dedos índice y medio de la mano en señal de amor y paz).
- El lenguaje de signos: gestos y posturas que conforman un sistema completo que permite la comunicación no verbal.

(McNeill 1995) en su libro *Hand and Mind: what gestures reveal about thought* otorga un marco de referencia para definir la expresión gestual, sus tipos y características. En este libro McNeill aborda la estrecha relación que existe entre los gestos y el diálogo y presenta un estudio completo de los gestos, en el cual éstos últimos forman parte de un sistema donde las expresiones verbales y no verbales están en sincronía.

4.2 MODELOS GESTUALES COMPUTACIONALES

Los trabajos que a continuación se presentan han abordado la aplicación de las expresiones gestuales en diversos contextos, destacando aquéllos que integran enfoques emocionales y cognitivos.

Uno de los primeros trabajos fue el de (Cassell et al. 1994) donde se desarrolla un sistema el cual automáticamente genera y anima conversaciones entre múltiples agentes, dicho sistema integra diálogo sincronizado, entonación, expresiones faciales y gestuales. Las conversaciones son creadas automáticamente por un planificador de diálogo que produce un texto de acuerdo a la base de datos de hechos que describe la forma en que funciona el mundo, así como las intenciones y creencias de los agentes. En este trabajo no existe un proceso de caracterización del gesto dado que al momento de generar el diálogo, el sistema guarda de forma automática: el tiempo de los fonemas y las pausas, el tipo y el lugar de los acentos y de los gestos. Dicho sistema integra una especificación simbólica de los gestos donde el programa de generación de diálogo anota las expresiones de acuerdo a su contenido semántico. Aplicando reglas para la generación de gestos y entonación se determina qué gesto está asociado al diálogo.

(Ball & Breese 2000) describen una arquitectura para construir la interfaz de usuario utilizando agentes conversacionales, en dicha arquitectura a través del modelo emocional y de personalidad implementado en una red bayesiana se generan las expresión gestual y de postura adecuada. Esta red bayesiana calcula la probabilidad de que un gesto y postura específico ocurra con cierta personalidad y estado emocional.

En su investigación de las interfaces hombre-máquina con aplicación en personajes virtuales (Kipp 2003) presenta un sistema que genera expresiones gestuales a partir de la anotación manual de video respecto al comportamiento de los interlocutores anotados en los videos. Los parámetros extraídos de la anotación de video son almacenados en bases de datos para calcular perfiles probabilísticos de los gestos, dichas probabilidades son estimadas utilizando N-gramas.

(Morales Rodríguez 2007) desarrolla un modelo gestual donde cada gesto está asociado a una emoción y a una intención. En este trabajo se modelaron tanto los gestos que acompañan el discurso, así como los gestos ejecutados que ocurren como reacción ante el mensaje del interlocutor. Para solucionar el problema de que un gesto puede tener distintos significados, se asocian a cada uno de ellos significados preferenciales. Para lograr esto, se crea una vector de influencia, donde se almacena el porcentaje de influencia de cada parámetro determinante de la expresión gestual.

(Su et al. 2007) presentan un sistema que recurre a un enfoque similar al de un guión gráfico para desarrollar una historia utilizando personajes virtuales considerando la personalidad y el estado emocional. Este trabajo utiliza un sistema de reglas jerárquicas de lógica difusa para facilitar el control de la personalidad y la emoción del lenguaje corporal de un personaje de la historia dinámica. El personaje virtual puede realizar gestos y posturas basado en su tipo de personalidad.

(Strauss & Kipp 2008) reportan un arquitectura para un agente virtual afectivo, dicha arquitectura permite reproducir lenguaje natural y expresiones no verbales incorporando aspectos de la personalidad y estado emocional. El estado afectivo del agente virtual puede ser expresado a través de frases, expresiones gestuales y faciales. El modelo gestual incluye una serie de reglas que activan la ejecución de gestos basados en emociones específicas.

(Maurizio Mancini 2008) presenta sistema que incluye un modelo gestual el cual se basa en una colección de reglas, denominada *conjunto de comportamiento*, dicho conjunto modela la correspondencia entre la intención comunicativa del agente y sus comportamientos no verbales. Es decir, cada estado crea una correspondencia entre una intención comunicativa y la lista de combinaciones de conductas no verbales que se pueden utilizar para transmitir. Se obtiene esta correspondencia uno a uno mediante la asignación de etiquetas simbólicas a los conjuntos de comportamiento y comparándolos con los nombres de la intención de la comunicación modelada por el lenguaje-FML APML. Este modelo gestual es implementado en el agente conversacional Greta (Niewiadomski et al. 2009), el cual es capaz de comunicarse mediante expresiones verbales y no verbales tales como mirada, expresiones faciales y gestuales. Greta es un agente conversacional corpóreo (ECA), éste tipo de agentes pueden desempeñar roles de tutor, interlocutor en una conversación o asistente virtual.

En un trabajo más recientemente (Kopp 2010) presenta un modelo gestual coverbal el cual está desarrollado para aplicarlo en agentes conversacionales, en esta investigación se busca hacer una mímica de los intenciones, actitudes y gestos del interlocutor. El modelo gestual descrito implementa una red bayesiana que utiliza las dependencias probabilísticas de los datos del interlocutor para derivar en un gesto. Kopp sugiere que una resonancia o imitación de la conducta no verbal denota empatía y un aprendizaje social.

4.3 COMPARACIÓN DE TRABAJOS

En la Tabla 4.1 se presenta un análisis comparativo que resume las características de los trabajos asociados a la creación de modelos gestuales computacionales. La segunda columna de la tabla indica si se lleva a cabo un proceso de caracterización con la intención de mejorar el proceso de selección del gesto, la tercera columna muestra la técnica de selección gestual que se realiza, la cuarta columna se encuentra subdividida en los rasgos que se consideran influyen en la ejecución del gesto y la última columna indica si existe alguna aplicación del modelo gestual.

Tabla 4.1 Análisis comparativo de los trabajos relacionados a los modelos gestuales computacionales

Trabajos	Técnica de Caracterización Gestual	Técnica de Clasificación Gestual	Características que consideran			Aplicación
			Personalidad	Actos del Habla	Estado Emocional	
(Cassell et al. 1994)	✗	Variante de Algoritmo Prevost y Steedman	✗	✓	✗	Jack
(Ball & Breese 2000)	✗	Redes Bayesianas	✓	✗	✓	Peedy Asistente Personal
(Kipp 2003)	✗	Perfiles Estadísticos N-gramas	✗	✓	✗	Sin Prototipo
(Su et al. 2007)	✗	Reglas de Lógica difusa	✓	✗	✓	Submódulo de sistema de un <i>storytelling</i>
(Morales Rodríguez 2007)	✗	Modelo matricial de ponderación empírica	✓	✓	✓	Agente Fisioterapeuta Virtual
(Strauss & Kipp 2008)	✗	Reglas	✓	✓	✓	ERIC Agente Virtual
(Maurizio Mancini 2008)	✗	Reglas	✓	✓	✓	Greta ECA
(Kopp 2010)	✗	Red Bayesiana	✗	✓	✗	Max ECA
Este Trabajo	Análisis Causal	✗	✓	✓	✓	✗

4.4 RESUMEN DEL CAPÍTULO

En los modelos gestuales cualitativos reside el soporte para la creación de modelos gestuales computacionales, dado que los primeros describen las propiedades y condiciones naturales del gesto mismas que serán reproducidas sintéticamente por los modelos gestuales computacionales.

Como se puede observar la construcción de un modelo gestual computacional ha evolucionado, hasta integrar características tales como la emoción y la personalidad que otorgan un aspecto dinámico a la ejecución del gesto y que además logran exaltar la coherencia del mismo respecto a un contexto. Los primeros trabajos tendían a integrar los gestos simplemente como reacciones neutras y no como un refuerzo del diálogo. Los investigadores

se han percatado que la generación de expresiones gestuales sin el impacto de la emoción y la personalidad es difícil si lo que se busca es la creación de personajes virtuales creíbles y por tal motivo se han implementado diversos modelos emocionales y de personalidad que proporcionen dinamismo a la ejecución de los gestos y una sensación de inmersión.

Los trabajos relacionados al desarrollo de modelos gestuales computacionales tienen como objetivo seleccionar un gesto para su posterior reproducción por un personaje virtual, para este proceso en su mayoría los investigadores utilizan diversas técnicas de aprendizaje supervisado.

Después de la revisión de la literatura sobre los modelos gestuales computacionales, surge la importancia de identificar los factores principales (conjunto mínimo) que proporcionen suficiente información para clasificar un gesto de acuerdo a los rasgos de la personalidad y estado emocional, esto con la intención de mejorar el desempeño de la técnica de clasificación de la expresión gestual que se utilice para producir expresiones sociales emocionales creíbles de acuerdo al contexto.

Capítulo 5

ANÁLISIS Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA EXPRESIÓN GESTUAL

El análisis y diseño de experimentos cuenta con un amplio abanico de herramientas estadísticas las cuales sirven de soporte para comprobar, validar, calcular qué cambios hacer en las configuraciones de métodos o condiciones de variables de un proceso, resolver o minimizar los problemas de diversas áreas del conocimiento incluido el ámbito computacional. En este capítulo se detallan teóricamente ciertas técnicas del análisis y diseño de experimentos las cuales intervienen posteriormente para el desarrollo de la metodología de este trabajo.

5.1 ANÁLISIS Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS

En el *análisis y diseño de experimentos* se reúnen modelos estadísticos clásicos cuyo objetivo es averiguar si determinados factores influyen en una variable de interés, si existe influencia de algún factor, cuantificar dicha influencia (Montgomery 2009).

El propósito del *análisis y diseño de experimentos* es utilizar técnicas y estrategias necesarias para planear, realizar y analizar adecuadamente pruebas experimentales que permitan obtener resultados comprobables, válidos e imparciales, respecto a un objeto de estudio.

Un experimento es una prueba en donde el investigador controla los fenómenos de interés y establece las condiciones en las que se observan y se miden (Willer & Walker 2007).

Para (Dean & Voss 1999) un experimento se realiza por una o más de las siguientes razones: determinar las principales causas de variación en una respuesta medida, encontrar las condiciones que dan lugar a un máximo o un mínimo de una respuesta, para comparar las respuestas logradas con diferentes ajustes de las variables controlables, para obtener un modelo matemático para predecir futuras respuestas.

En esta investigación se utilizan las técnicas del análisis y diseño de experimentos con el objeto de identificar el conjunto mínimo de características que permitan clasificar la expresión gestual.

Para la confección de un experimento desde el enfoque estadístico es necesario obtener un panorama generalizado del procedimiento a seguir. En la Tabla 5.1 se muestra una metodología sugerida por (Dean & Voss 1999) en su libro “*Design and analysis of experiments*” para la realización de experimentos.

Tabla 5.1 Guía para el análisis y diseño de un experimento

Paso	Descripción
a) Definir los objetivos del experimento	Se delinea el experimento y se establecen las preguntas que se desea abordar con el mismo
b) Identificar las fuentes de variación	Se establecen los factores, niveles y unidades del experimento
c) Elegir el diseño experimental	Se especifica cuáles unidades experimentales son estudiadas con cierta técnica o método
d) Indicar qué se está midiendo, el procedimiento experimental, y la previsión de dificultades	Se definen las unidades de medida de los datos observados o recolectados.
e) Ejecutar un experimento piloto	Se realiza un experimento inicial con el propósito de practicar la técnica experimental y e identificar problemas no previstos en la recolección de los datos
f) Especificar el modelo	Se define el modelo que indica la relación que se cree que existe entre la variable respuesta y las principales fuentes de variación. Las técnicas utilizadas en el análisis de los datos experimentales dependerán de la forma del modelo
g) Bosquejar el tipo de análisis	Se determina el tipo de análisis que se realizará a los datos experimentales basado en los objetivos del experimento, el tipo de diseño experimental, y el modelo asociado, esto con el propósito de verificar si es posible lograr los objetivos del experimento
h) Calcular el número de observaciones que deben tomarse.	Se establece el número de observaciones necesarias para lograr los objetivos del experimento
i) Revisar las decisiones anteriores	Se revisa si es necesario algún ajuste en las decisiones realizadas

Además de la metodología general para el diseño de experimentos sugerida por (Dean & Voss 1999), existen otras metodologías que guían el desarrollo de experimentos como la propuesta por (Montgomery 2009) por mencionar algunas. En este trabajo la metodología recomendada por Dean se ajustó más a la experimentación del problema para encontrar el conjunto mínimo de características que determinen la expresión gestual.

Sin embargo es importante mencionar que antes de llevar a cabo esta metodología la primer etapa en cualquier experimento es identificar de qué población provienen los datos, es decir a qué distribución probabilística se ajustan los datos ya que existen dos tipos de experimentos: los que se pueden llevar a cabo con *pruebas paramétricas* y los que se realizan con *pruebas no paramétricas*, aquéllos que se realizan con pruebas paramétricas es porque sus datos se ajustan a la normal y cuando se desconoce de qué distribución provienen los datos se utilizan pruebas no paramétricas.

Las *pruebas paramétricas* comprenden aquellas pruebas cuyo modelo involucra una distribución específica, en este tipo de pruebas generalmente se asume que los datos son normalmente distribuidos. La hipótesis es propuesta respecto a la distribución de probabilidad que siguen las variables (Wohlin et al. 2000).

Las *pruebas no paramétricas* abarcan todas aquellas pruebas que no tienen ninguna restricción o hipótesis acerca de la población de la cual se tomaron muestras. La hipótesis es independiente de la distribución de probabilidad a la que se ajustan las variables (Gravetter & Wallnau 2011).

Uno de los requisitos principales antes de aplicar cualquier método estadístico es verificar la existencia de normalidad de los datos.

La distribución normal es la distribución de probabilidad que con más frecuencia aparece en estadística y teoría de probabilidades, tiene una función de densidad simétrica y con forma de campana, lo que favorece su aplicación como modelo a gran número de variables estadísticas (Velasco Sotomayor & Marian Wisniewski 2001).

La Ecuación 5.1 describe la función de densidad (Devore 2008):

$$\text{Ecuación 5.1} \quad f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Donde μ es la media y σ es la desviación estándar (σ^2 es la varianza).

La Figura 5.1 ilustra la forma de campana que tiene una distribución normal típica. La distribución normal tiene tres características principales: simétrica, *unimodal* dado que su

media, moda y mediana se encuentran en el mismo lugar, al centro de la distribución y por último es *asintótica* es decir tiene la propiedad de que al ser graficada nunca toca el eje de las x (Urdan 2005).

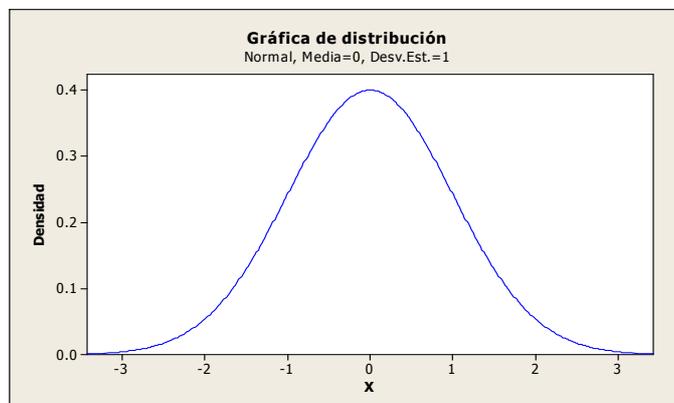


Figura 5.1 Gráfica de la distribución normal

Entre las pruebas que existen para verificar la normalidad se encuentran la de Kolmogorov-Smirnov, Chi-cuadrada y Person, siendo la prueba de Kolmogorov la más utilizada. Las pruebas de normalidad tienen las siguientes hipótesis (Díaz Cadavid 2009):

H_0 : la muestra proviene de una población con distribución normal.

H_1 : la muestra no proviene de una población con distribución normal.

La importancia de verificar la normalidad de los datos es para seleccionar el tipo de pruebas que serán utilizadas durante la experimentación. Una vez que se conoce el tipo de distribución a la que pertenecen los datos es posible determinar el tipo de pruebas que serán aplicadas a los mismos. En este caso las pruebas que se aplicaron fueron pruebas paramétricas porque los resultados se ajustaron a este tipo de pruebas.

5.2 ANÁLISIS MULTIVARIADO

A menudo se observan fenómenos que responden a la intervención de múltiples factores. Cuando se desea comprender las relaciones existentes entre las variables múltiples que afectan el resultado de un experimento lo más adecuado es recurrir al análisis multivariado.

El *análisis multivariado* es un conjunto de métodos estadísticos que permiten analizar e interpretar de forma simultánea conjuntos extensos de datos de dos o más variables medidas para cada caso de estudio, esto con el propósito de precisar la contribución de los diversos factores respecto al individuo u objeto que se encuentra sujeto a investigación. El análisis multivariado apoya la construcción de conocimiento y la toma de decisiones (Rencher 2002) (Guisande González 2006) (Hair et al. 2010).

(Stevens 2002) expone tres razones para el uso de métodos multivariados:

- En cualquier prueba experimental, el sujeto de estudio es afectado de más de una forma. De ahí que el problema del investigador sea establecer la forma en que el individuo u objeto será afectado y entonces encontrar las técnicas para medir las variables implicadas.
- La completa y detallada descripción del fenómeno bajo investigación que otorgan los métodos multivariados.
- Los tratamientos pueden ser costosos de implementar, pero el costo de obtener datos sobre varias variables dependientes es relativamente pequeño y maximiza la ganancia de información.

Por lo general las variables se miden de forma simultánea para cada unidad de la muestra y típicamente se encuentran correlacionadas. El análisis multivariado permite desentrañar la información proporcionada por el solapamiento de las variables correlacionadas y observar en la búsqueda de una estructura subyacente. Por lo que el objetivo del enfoque multivariado es la simplificación, intentando explicar cómo se ve afectado un conjunto reducido de dimensiones (Rencher 2002).

Las técnicas del análisis multivariado tienen como objetivo la simplificación o reducción de los datos buscando la menor pérdida de información posible, la clasificación de variables que compartan similitud entre sus características o propiedades, encontrar las relaciones existentes entre variables, entre individuos o entre ambos, la predicción y la construcción de hipótesis. Los métodos multivariados dirigidos a variables están orientados a encontrar las relaciones existentes entre las variables dependientes, algunos ejemplos de este

tipo de métodos son las matrices de correlación, el análisis de componentes principales, el análisis de factores y el análisis de regresión. Los métodos multivariados dirigidos por los individuos se enfocan en las relaciones existentes entre las unidades experimentales que se están observando, ejemplo de este tipo de métodos son el análisis discriminante, el análisis de conglomerados y el análisis multivariado de varianza (Johnson 2000).

5.2.1 DISEÑO FACTORIAL

Cuando la problemática se centra en el estudio de los efectos de múltiples variables de entrada sobre una variable respuesta, el tipo de experimentación más adecuado es el *diseño factorial*. En este tipo de experimentos las variables de entrada se denominan *factores* donde cada factor debe tener dos o más combinaciones en los valores, de forma que el efecto del cambio de dichos valores pueda ser explorado en la variable respuesta. Estos ajustes o combinaciones de valores son llamados *niveles del factor* (Mukerjee 2006).

El *efecto de interacción* indica el cambio en la variable de respuesta producido por un cambio en el nivel del factor, con frecuencia se le llama efecto principal porque se refiere a los factores de interés primario en el experimento (Jackson 2010).

El diseño factorial tiene un conjunto de objetivos que se enlistan a continuación (Turrubiates López 2005):

- a) Identificar factores que cambian la media de la variable respuesta pero no la variabilidad (efecto de localización).
- b) Identificar qué factores contribuyen a la variabilidad de la variable respuesta pero no afectan la media (efecto de dispersión).
- c) Identificar qué factores cambian la media y la variabilidad de la variable respuesta.
- d) Identificar qué factores no tienen efecto alguno sobre la variable respuesta.

Los diseños factoriales pueden ser identificados por el número de factores involucrados y por el número de niveles de cada factor (Salkind 2010). Existen dos tipos de diseños factoriales: los *completos* y los *fraccionados*. Los *diseños factoriales completos* involucran

todas las posibles combinaciones de los factores, sin embargo cuando el número de factores incrementa la realización de este tipo de experimento resulta muy costosa por lo que se recurre a utilizar una fracción de los factores para la experimentación a esto se le denomina *diseño factorial fraccionado* (Mukerjee 2006).

Los diseños factoriales ofrecen varias ventajas entre las que destacan:

- Ofrecen una más amplia interpretación de los resultados.
- Los efectos simultáneos de los factores que funcionan juntos pueden ser probados.
- Permite responder las preguntas de investigación de forma eficiente en un solo análisis de los factores mejor que múltiples análisis para cada factor.

Los tipos más simples de diseños factoriales incluyen dos factores. Existen a niveles del factor A y b niveles del factor B, los cuales se disponen en un diseño factorial, es decir cada réplica del experimento contiene todas las ab combinaciones de los tratamientos. En general, hay n réplicas.

En el caso general, sea y_{ijk} la variable respuesta observada cuando el factor A tiene el nivel i -ésimo ($i=1,2,\dots,a$) y el factor B tiene el nivel j -ésimo ($j=1,2,\dots,b$) en la réplica k -ésima ($k=1,2,\dots,n$).

La Tabla 5.2 muestra el experimento factorial de dos factores. En el orden en que se hacen las abn observaciones se selecciona al azar, por lo que este diseño es un diseño completamente aleatorizado (Turrubiates López 2005).

Tabla 5.2 Arreglo general de un diseño factorial de dos factores

		Factor B			
		1	2	...	B
Factor A	1	$y_{111}, y_{112}, \dots, y_{11n}$	$y_{121}, y_{122}, \dots, y_{12n}$		$y_{1b1}, y_{1b2}, \dots, y_{1bn}$
	2	$y_{211}, y_{212}, \dots, y_{21n}$	$y_{221}, y_{222}, \dots, y_{22n}$		$y_{2b1}, y_{2b2}, \dots, y_{2bn}$
	.				
	a	$y_{a11}, y_{a12}, \dots, y_{a1n}$	$y_{a21}, y_{a22}, \dots, y_{a2n}$		$y_{ab1}, y_{ab2}, \dots, y_{abn}$

Las observaciones de un experimento factorial pueden describirse con un modelo. Existen varias formas de escribir el modelo de un experimento factorial, uno de los que destacan es el *modelo de los efectos*:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

donde μ representa el efecto global promedio de la variable respuesta, τ_i representa el efecto del nivel i -ésimo del factor A , β_j el efecto del nivel j -ésimo del factor B , $(\tau\beta)_{ij}$ es el efecto de la interacción entre el factor A y B , y ε_{ijk} es el error aleatorio.

Una explicación detallada del diseño factorial puede encontrarse en los trabajos de (Mukerjee 2006), (Montgomery 2009) y (Salkind 2010).

5.2.2 ANÁLISIS DISCRIMINANTE

El análisis discriminante es una técnica estadística multivariada que permite estudiar las diferencias entre dos o más grupos de objetos con respecto a diferentes variables simultáneamente (McLachlan 2004).

La idea básica del análisis discriminante es resumir la información de las variables que se discriminan en una o dos o varias nuevas variables denominadas factores o variables canónicas, las cuales son resultado de la combinación de las variables originales y se expresan a través de una función discriminante. En consecuencia los factores pueden describir, identificar o discriminar los grupos de factores discriminados previamente de la misma forma que lo harían las variables originales (Vallejo Seco 1992).

Los objetivos principales del análisis discriminante son (Pedroza, Dicoovskyi 2007):

- *Explicar* si un individuo pertenece a un grupo o a otro en función de variables independientes. Se determina si es posible discriminar entre las variables que conforman los grupos, aquí el objetivo es *identificar* los grupos.

- *Predecir* a qué grupo más probablemente pertenece un nuevo individuo que no forma parte del conjunto de datos iniciales, aquí el objetivo es *clasificar*.

Para la realización del análisis discriminante se debe partir de las siguientes suposiciones (Vallejo Seco 1992):

- Existan al menos dos grupos mutuamente excluyentes.
- Para cada grupo se necesitan dos o más casos observados.
- La variable respuesta debe ser nominal y las variables discriminantes deben ser medidas al menos en escalas de intervalos.
- El número de variables discriminantes debe ser inferior al número de casos menos dos.
- Las variables discriminantes no pueden ser una combinación de otras variables discriminantes, porque resulta información redundante.
- Las matrices de varianza-covarianza de cada grupo deben ser aproximadamente iguales.
- Las variables discriminantes deben provenir de una distribución normal.

5.2.3 ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LA VARIANZA

Cuando un problema involucra múltiples características y requiere múltiples comparaciones se recurre al *análisis multivariado de la varianza* MANOVA por sus siglas en inglés. El *análisis multivariado de la varianza* es una técnica estadística multivariada considerada una extensión del análisis de la varianza o ANOVA que permite estudiar las poblaciones donde existen más de una variable dependiente que no pueden ser combinadas de manera simple. Además esta técnica identifica las interacciones entre las variables independientes y su grado de asociación con las dependientes, analiza los efectos de múltiples variables independientes respecto a una sola variable dependiente (Yang & Trewn 2004) (Spicer 2005).

Cuando se realiza un experimento de varios factores y en cada réplica del experimento hay p variables respuestas que se desean estudiar, el modelo de los efectos o de las medias se extiende a un modelo multivariado de las medias, el cual se puede escribir como (Turrubiates López 2005):

$$y_{ijkl} = \mu_{ijl} + \varepsilon_{ijkl} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, n \\ l = 1, 2, \dots, p \end{cases}$$

donde μ_{ijkl} representa el efecto global promedio de la variable l -ésima, en la k -ésima réplica dentro del nivel j -ésimo del factor B y del nivel i -ésimo del factor, y ε_{ijkl} representa el error aleatorio. En forma matricial, ese modelo se puede escribir como: $y_{ijk} = \mu_{ij} + \varepsilon_{ijk}$ donde:

$$y_{ijk} = \begin{bmatrix} y_{ijk1} \\ y_{ijk2} \\ \vdots \\ y_{ijkp} \end{bmatrix}, \quad \mu_{ij} = \begin{bmatrix} \mu_{ij1} \\ \mu_{ij2} \\ \vdots \\ \mu_{ijp} \end{bmatrix} \quad y \quad \varepsilon_{ir} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{ijk1} \\ \varepsilon_{ijk2} \\ \vdots \\ \varepsilon_{ijkp} \end{bmatrix},$$

El análisis multivariado de la varianza (MANOVA) requiere que los datos analizados cumplan con las suposiciones siguientes: independencia de las observaciones, normalidad y homogeneidad de las matrices de varianza y covarianza (Leech et al. 2005).

5.3 ANÁLISIS CAUSAL

Existen fenómenos en el mundo que responden a la razón de causa y efecto, cuando acontece un evento se espera la producción de otro. (Spirtes et al. 2000) describe la *causalidad* como la relación entre dos eventos particulares, donde el primer evento acontece y hace que algo más suceda. La *causalidad* genera patrones de eventos, el estudiar dichos patrones ofrece una perspectiva respecto a las relaciones causales que las generó. Para la causalidad, la ocurrencia de un evento implica un cambio (Heise 1975).

La generación de eventos es el punto de partida del análisis causal. Un evento es la ocurrencia de un estado particular, o una configuración de los estados, en alguna entidad (Heise 1975).

Según (Spirtes et al. 2000) las relaciones causales son de 3 tipos:

- a) *Transitivas*, si **A** es una causa de **B** y **B** es una causa de **C**, entonces **A** es también una causa de **C**.

b) *Irreflexivas*, un evento **A** no puede ser la causa de sí mismo.

c) *Antisimétricas*, si **A** es una causa de **B**, entonces **B** no puede ser causa de **A**.

El análisis causal es parte de un sistema de módulos independientes, donde cada módulo representa de forma diferente la información respecto a las variables del sistema que se desea modelar y analizar. En dicho sistema el análisis causal revela la estructura causal de las variables observables (Lemeire 2007). En la Figura 5.2 se ilustra las diferentes representaciones de la información.

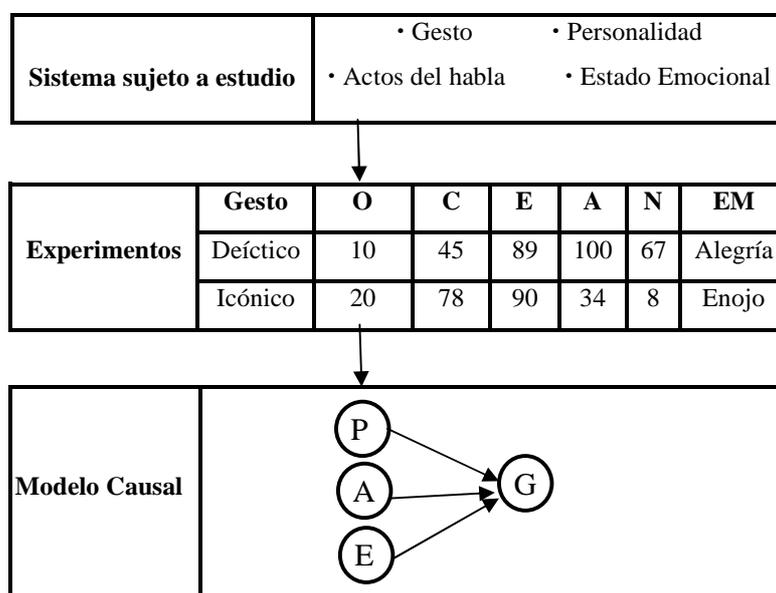


Figura 5.2 Ejemplo de las diferentes representaciones de la información

El análisis causal es por tanto una técnica multivariada que retorna un grafo, en el cual gráficamente se ilustran las relaciones causales directas entre las variables, para explicar e interpretar dichas relaciones.

5.3.1 MODELO CAUSAL

Un *modelo causal* describe la estructura de todas las variables que afectan la salida de una variable respuesta, identificando las relaciones existentes entre las variables. El modelo intenta representar gráficamente el sistema que está bajo estudio. Las variables que intervienen en el

modelo pueden tener una relación causal *indirecta*, la cual produce un efecto indirecto a través de otra variable y cuando no existe una variable intermedia entre la relación de dos variables se denomina relación causal *directa* (Lemeire 2007).

Para (Pearl & Verma 1991) un modelo causal es un conjunto de variables U y se representa a través de un *grafo dirigido acíclico* (DAG) de sus siglas del inglés, en dicho grafo cada nodo corresponde a un elemento distinto de U .

Una relación causal directa puede ser descrita por un *grafo acíclico dirigido* (Pearl 2000), donde cada variable es representada por un nodo en el grafo y una arista entrante representa la influencia de una variable respecto a otra.

Formalmente se define un *grafo dirigido acíclico* $D = (V, E)$ como un conjunto finito V de vértices y un conjunto finito E de pares ordenados (v_1, v_2) llamadas aristas, donde v_1 y v_2 son vértices que pertenecen al conjunto V con $v_1 \neq v_2$. El vértice v_1 es el vértice inicial de la arista y v_2 el vértice final. Un *camino* en un grafo dirigido es una secuencia de aristas consecutivas en el grafo que comienza en un vértice inicial y termina en un vértice final. Un *ciclo* es un camino en el que el vértice inicial también es el vértice final. Un grafo dirigido acíclico no contiene ningún ciclo (Dell'Acqua 2005). Un ejemplo de un grafo dirigido acíclico se observa en la Figura 5.3 , donde los nodos representan las variables que están bajo análisis y las aristas las relaciones causales directas entre dichas variables.

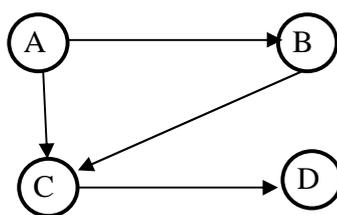


Figura 5.3 Grafo dirigido acíclico

El desarrollo del modelo causal se realiza en cuatro etapas (Pérez Rosas 2007):

- *Especificación del modelo*: en esta primera etapa se abastece de conocimiento al modelo, determinando cuáles son las variables de causa y cuáles las de efecto, estableciendo de esta forma las relaciones de dependencia causa-efecto entre dichas

variables. El modelo debe estar fundamentado teóricamente esto con el fin de que las conclusiones no carezcan de validez, en esta etapa es posible incluir ciertas restricciones o reglas respecto a la asociación entre las variables, estableciendo qué variables son causa y cuales efecto.

- *Estimación de los parámetros del modelo:* esta etapa implica la aplicación de una técnica computacional que determine la magnitud de las relaciones causales existentes.
- *Interpretación:* en esta etapa se analiza e interpreta el modelo causal generado, para interpretar el modelo causal primero se analizan las relaciones causales entre las variables y después se explica dicha relación en base al conocimiento que se tiene de dicha variable. Para dar explicación a las inferencias causales del modelo es indispensable considerar el fundamento teórico del problema esto con el propósito de dar conclusiones objetivas respecto a los resultados obtenidos.
- *Evaluación del modelo:* esta última etapa contrasta las hipótesis propuestas evaluando si el modelo predice con precisión.

5.3.2 CREAR GRAFOS CAUSALES

Existen diversos algoritmos diseñados para explorar datos para buscar una estructura causal, entre los que se encuentran *IC* (Pearl & Verma 1991), *FCI* (Spirtes 2001), *PC entre otros*. El algoritmo PC, el cuál permite el aprendizaje automático del modelo causal y trabaja con muestras de la población suficientemente grandes y bajo los siguientes supuestos (Spirtes et al. 2000):

- El conjunto de variables observadas es causalmente suficiente.
- Cada unidad de la población tiene las mismas relaciones causales entre las variables.
- La distribución de las variables observadas, es exacta para un grafo acíclico dirigido de la estructura causal (en el caso discreto) o exacto de forma lineal a un grafo (en el caso lineal).
- Las pruebas estadísticas requeridas por los algoritmos son correctas para la población.

El algoritmo PC (Spirtes et al. 2000) consta de dos etapas en las cuales se descartan las relaciones entre las variables, esto con el propósito de dirigir el flujo causal del grafo, dichas etapas son:

- 1) Eliminar aristas: esta etapa implica la construcción de un grafo completo que relaciona a todas las variables de entrada. Posteriormente en base a pruebas de dependencia condicional se suprimen aquellas aristas entre variables que son condicionalmente independientes.
- 2) Orientar estadísticamente las aristas: esta última etapa establece la orientación del grafo utilizando operadores condicionales.

Los modelos causales son representados a través de grafos o diagramas causales, donde cada variable del modelo causal es representada por un símbolo (Heise 1975).

5.3.3 HERRAMIENTA TETRAD PARA LA CREACIÓN DE MODELOS CAUSALES

Existen diversas herramientas para crear grafos causales, una de las aceptadas por la literatura es TETRAD (Carnegie Mellon 2010) la cual es una herramienta gráfica que asiste en la construcción de explicaciones causales de los datos y su utilización para la predicción. TETRAD permite la creación, simulación de datos, estimación, pruebas, predicción y la búsqueda de modelos causales.

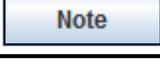
Entre las características principales del programa destacan:

- Construir grafos causales.
- Detectar la existencia de variables latentes
- Encontrar modelos de ecuaciones estructurales con variables latentes.
- Construir redes bayesianas y usarlas para clasificar y predecir.
- Buscar estructuras causales en los datos utilizando algoritmos como PC, FCI, y algunos procedimientos de los algoritmos genéticos.

El modelo causal usando TETRAD se construye en tres etapas: la primera implica la creación de un grafo causal especificando relaciones causales hipotéticas entre las variables esto basado en la teoría que soporta al modelo, la segunda es la especificación de la familia de distribuciones de probabilidad asociadas al grafo y los parámetros asociados al modelo gráfico, y por último una especificación de los valores numéricos de esos parámetros (Pérez Rosas 2007).

Para la creación de grafos TETRAD tiene disponible un conjunto de herramientas que nos permiten cargar los datos del modelo, establecer las relaciones hipotéticas, elegir el algoritmo de búsqueda del grafo causal, entre otras. Algunas de las herramientas utilizadas en este trabajo se describen en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3 Herramientas de trabajo de TETRAD

Herramienta	Descripción
	Selecciona y mueve nodos o grupos de nodos dentro del área de trabajo
	Convierte datos en un grafo dirigido acíclico
	Almacena los datos que serán utilizados para crear el modelo causal, esta información se guarda en forma de tabla. Al introducir la información existen 3 opciones, en el cual se elige Data Wrapper (Contenedor de Datos) la cual permite modificar el conocimiento existente antes de realizar alguna otra actividad y aplicar las pruebas de normalidad a los datos.
	Permite agregar información basada en el conocimiento previo del problema, dicha información funciona como un conjunto de restricciones o reglas que permiten dirigir el grafo.
	Aplica un algoritmo de búsqueda a la información proporcionada al programa, uno de los algoritmos disponibles es la búsqueda PC, también permite aplicar las pruebas estadísticas de bondad para la búsqueda.
	Agrega aristas entre los nodos y la dirección de la arista nos indica el flujo que sigue la información
	Crea anotaciones en el área de trabajo

5.4 RESUMEN DEL CAPÍTULO

El diseño de experimentos es un conjunto de herramientas que permiten analizar los datos y entonces modelarlos, seleccionando aquél modelo que más se adecúe al problema. El modelo que se usó para este trabajo fue el análisis causal. El análisis causal a través de algoritmos de análisis de grafos va más allá que simples técnicas estadísticas, sino que se basa en técnicas de búsqueda heurística característica incluida en diversos enfoques de la inteligencia artificial (Scheines et al. 1994).

Este capítulo presenta algunas técnicas multivariadas, en el presente trabajo el interés de las técnicas multivariadas reside en que éstas permiten explicar las hipótesis que se tienen de cómo un factor influye sobre otro, el análisis de correlación permite observar las variables que están correlacionadas para eliminar datos redundantes. La realización de estos métodos multivariados tiene como propósito encontrar un conjunto de las características que se están modelando.

El diseño factorial, el análisis discriminante y el análisis de la varianza multivariado se complementan con el análisis causal para tomar decisiones sobre qué variables conformarán el conjunto mínimo.

Capítulo 6

CARACTERIZACIÓN DE LAS EXPRESIONES GESTUALES SEMIÓTICAS

En este capítulo se presenta el desarrollo de una metodología para la caracterización de las expresiones gestuales semióticas.

El *proceso de caracterización de las expresiones gestuales semióticas* permite identificar las características principales de la expresión gestual para asociar a ella la emoción, intención u objetivo que representa y así mejorar la calidad del proceso de selección de la expresión gestual.

En la Figura 6.1 es posible apreciar que el proceso de caracterización de las expresiones gestuales semióticas está incluido dentro de la arquitectura comportamental de animaciones virtuales propuesta por (Morales Rodríguez 2007), dicha arquitectura es detallada en la sección de antecedentes del capítulo 1 de este trabajo.

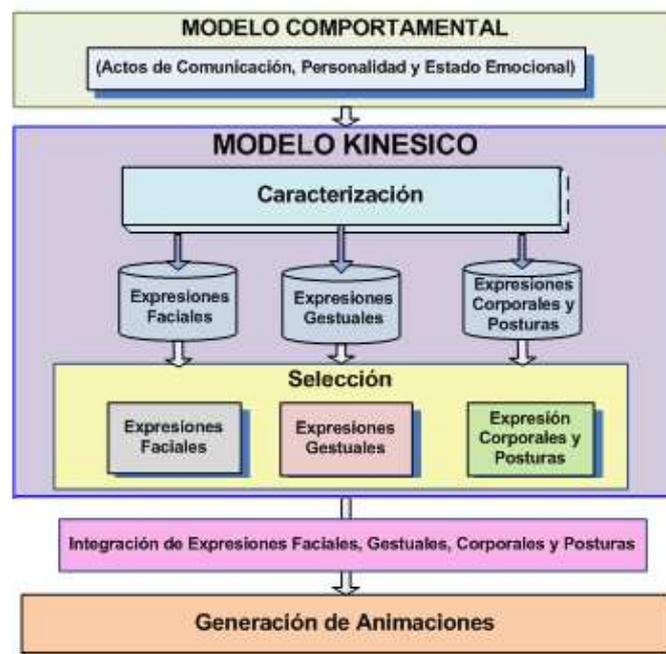


Figura 6.1 Arquitectura comportamental de animaciones virtuales para personajes virtuales

El análisis propuesto incorpora la aplicación de una metodología para encontrar y explicar las relaciones entre los factores que influyen una expresión gestual. Al aplicar dicha metodología se busca incrementar el conocimiento que se tiene sobre cómo los rasgos de la personalidad y estado emocional influyen en la expresión gestual, con la finalidad de emular dichas características permitiendo enfatizar la credibilidad en personajes virtuales. Este conocimiento puede ser utilizado en otras aplicaciones para la creación de personajes virtuales, tutores y agentes inteligentes creíbles así como para incrementar la sensación de inmersión y presencia.

En este capítulo se presenta la metodología empleada para identificar un conjunto de mínimo de características que permitan discriminar entre diferentes las expresiones gestuales. El capítulo está organizado como sigue: en la sección 6.1 se describe la metodología propuesta y sus etapas principales, y en las subsecciones posteriores se describen detalladamente cada etapa de la metodología, para finalmente en la sección 6.2 presentar algunas conclusiones.

6.1 METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE EXPRESIONES GESTUALES SEMIÓTICAS EN PERSONAJES VIRTUALES

En la búsqueda de mejorar la calidad del proceso de selección de la expresión gestual, es necesario realizar una caracterización de los atributos que influyen la clasificación de las expresiones gestuales, las cuales no sólo refuerzan el diálogo sino que expresan otros comportamientos propios de la dinámica social.

La metodología está compuesta por etapas para dar solución al problema de caracterización de expresiones influenciadas por la personalidad y estado emocional para personajes virtuales.

- a) Generar *el corpus de video*, recopilar los datos de entrada de videos de interacciones sociales.
- b) Crear *la taxonomía de las causas y categorización* de la expresión gestual, identificar los gestos en términos de intención, emoción y personalidad.
- c) Realizar *anotaciones de video* utilizando una herramienta de anotación.

- d) Aplicar una *encuesta* para obtener diferentes percepciones sobre los rasgos de la personalidad y el estado emocional de los sujetos observados en las secuencias de video.
- e) Crear una *base de datos de las expresiones gestuales* con la información de las anotaciones de los videos y los resultados de la encuesta.
- f) *Seleccionar los atributos principales* que permitan discriminar entre las expresiones gestuales semióticas.

La Figura 6.2 ilustra el flujo de las etapas del *proceso de caracterización* hasta obtener expresiones gestuales caracterizadas.

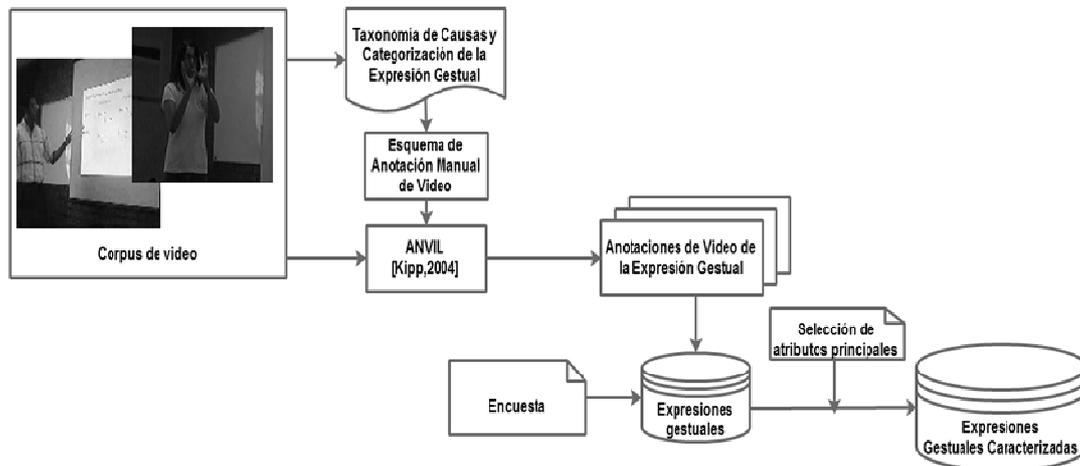


Figura 6.2 Proceso de caracterización de las expresiones gestuales semióticas

6.1.1 GENERACIÓN DE CORPUS DE VIDEO DE LA EXPRESIÓN GESTUAL SEMIÓTICA

Una primera etapa del proceso de caracterización es la generación del corpus de video, lo cual implica seleccionar los videos que serán analizados y segmentarlos en secuencias donde se observen expresiones gestuales que serán analizadas. Las secuencias de video a seleccionar deben representar de manera eficaz la relación que existe entre las expresiones verbales y no verbales durante el proceso de comunicación.

El conjunto de secuencias de video que conforman el corpus deben estar asociadas a un contexto, esto con el propósito de que al estudiar las expresiones gestuales el investigador esté consciente de las circunstancias que involucraron la ejecución de un gesto facilitando el análisis y quizás permitiendo responder algunos porqués y cómo que llevaron a la realización de una expresión gestual.

Una vez realizada la captura de video, la siguiente secuencia de procesos permite generar el corpus de video:

- a) *Seleccionar* los videos para su posterior análisis: elegir aquéllos que tengan una relación más cercana con el objeto de estudio y que ejemplifiquen eficazmente la situación a analizar. En este caso se seleccionan los videos donde se ejecutan gestos para sustituir, reforzar o complementar el diálogo.
- b) *Convertir* los videos con extensión .avi al códec H263 utilizando el programa de tipo freeware Free Video Converter (Koyote Soft 2010): esto se realiza con el propósito de utilizar la herramienta de anotación ANVIL para estudiar los videos.
- c) *Segmentar* los videos en secuencias: se recomienda realizar una segmentación de los videos para acotar el área de estudio y centrarse en aquellos videos que realmente tienen una relación intrínseca con lo que se desea analizar, esto con el propósito de que el anotador o investigador no pierda el objetivo central del análisis. El ideal es que no sean segmentos tan pequeños que resulte imposible encontrar una expresión gestual para analizar, ni tan extensos que resulte difícil centrarse en un caso de estudio, se sugieren secuencias de duración de 2:00 a 6:00 minutos aproximadamente.

6.1.2 TAXONOMÍA DE LAS CAUSAS Y CATEGORIZACIÓN DE LA EXPRESIÓN GESTUAL SEMIÓTICA

Una vez que se obtienen los datos, en este caso el corpus de video de las expresiones gestuales es necesario definir cuáles son los atributos (características) a analizar en los videos por lo cual se requiere definir una *taxonomía* que permita estudiar el corpus de acuerdo a las características asociadas al problema.

Una *taxonomía* está conformada por una estructura jerarquizada de elementos denominados *categorías*, las cuales permiten agrupar aquellos objetos, conceptos, eventos o cosas que comparten propiedades entre ellos, y cada categoría puede incluir niveles y subniveles. En un sentido estricto una taxonomía es un sistema de clasificación que puede

funcionar para predecir o clasificar, donde una nueva instancia puede pertenecer a una categoría descrita en la taxonomía.

En este trabajo los pasos que se consideran para elaborar una taxonomía para la expresión gestual son:

1. Definir las categorías que agrupan y delimitan los datos.
2. Jerarquizar las categorías.
3. Describir las propiedades de los niveles y subniveles de cada categoría.

Es importante mencionar que para definir una taxonomía es necesario tener en cuenta el fundamento teórico de los conceptos y características que involucran al problema, para otorgar soporte y validez a las conclusiones que se pueden formular en base a ella.

La taxonomía será la guía para realizar el análisis en las secuencias de video y se recurre a ella para identificar qué es lo que se debe buscar y qué propiedades debe tener.

6.1.3 ANOTACIÓN MANUAL DE VIDEO

La *anotación manual de video* consiste en etiquetar las características asociadas a las expresiones no verbales (en este trabajo específicamente las expresiones gestuales), lo que permite rescatar información sobre las secuencias de video. El análisis de video se realiza utilizando una herramienta para la anotación manual en este caso ANVIL debido a que automatiza y facilita la anotación de video (Kipp 2003), en dicha herramienta se crea un esquema de codificación para examinar las secuencias de video.

La Figura 6.3 muestra el esquema de codificación dentro de ANVIL, dicho esquema es una estructura diseñada en XML que permite definir los parámetros a analizar en las secuencias de video, los parámetros son sustentados generalmente en una taxonomía establecida previamente. Las anotaciones de video son el resultado de colocar un valor a los parámetros de la expresión gestual correspondiente a la secuencia de video que se observa.

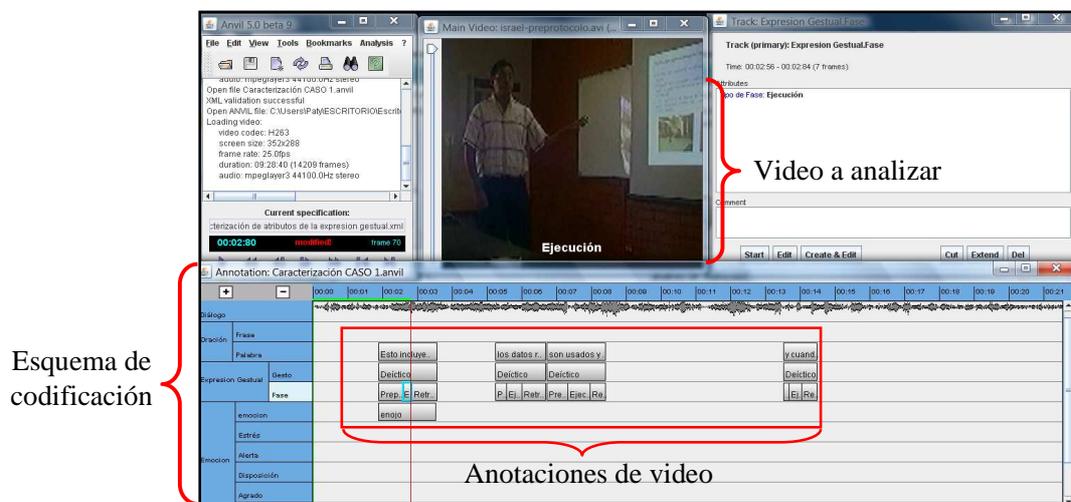


Figura 6.3. Área de anotación de video en ANVIL

El propósito de este enfoque de análisis de video es descubrir y extraer las características que se encuentran presentes en las secuencias de video para sintetizarlas en sistemas que logren reproducirlas con efectividad.

6.1.4 ENCUESTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS EXPRESIONES GESTUALES SEMIÓTICAS

Para crear un corpus con la finalidad de obtener diferentes percepciones sobre los rasgos de la personalidad y el estado emocional de los sujetos observados en las secuencias de video una encuesta es implementada. Esta encuesta permitirá obtener un conjunto de datos que resulten más significativos al momento de buscar correlaciones entre las causas y la categorización de los gestos.

La encuesta es una herramienta que permite obtener información y es idónea para estandarizar datos, lo cual facilita el tratamiento de los mismos y la aplicación de pruebas estadísticas.

La elaboración de una encuesta implica los siguientes pasos:

1. Establecer los objetivos de la encuesta.
2. Formular una hipótesis.

3. Diseñar la encuesta incluyendo las instrucciones, el tiempo de la encuesta, las preguntas, respuestas y escalas de las mismas.
4. Realizar una encuesta piloto.
5. Elaborar la encuesta final.
6. Aplicar la encuesta.
7. Tabular y analizar los datos.

Para un correcto manejo de este instrumento es ideal tener en cuenta que el diseño de la encuesta, las variables y las escalas de las mismas deben tener un sustento teórico sin perder de vista el objetivo central de su aplicación, la información que se desea recuperar.

La *encuesta* fue el método de recolección de datos sobre las características de la personalidad, estado emocional y actos del habla asociadas a la ejecución de un gesto. En este instrumento se almacenan las observaciones de las secuencias de video.

6.1.5 CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS DE LAS EXPRESIONES GESTUALES SEMIÓTICAS

Para realizar un análisis a las observaciones obtenidas es necesario tener disponible un conjunto de datos al que sea posible aplicarle diferentes tipos de pruebas que permitan descubrir o recopilar hechos, y en este caso en particular para definir qué factores influyen en la expresión gestual. Para la creación de una base de datos se debe diseñar la estructura que responda a las necesidades del problema. Es necesario identificar los elementos y relaciones de los datos para describir las agrupaciones de la información.

En esta investigación para la creación de una base de datos se ha considerado lo siguiente:

- a) *Recolectar* los datos: se determina el tipo de datos para recolectar y el instrumento de recolección.
- b) *Preprocesar* los datos: se realiza una preparación de los datos en la cual se trata de eliminar el ruido, valores incompletos, secuencias. Mediante el preprocesado se

filtran los datos de forma que se eliminan valores incorrectos, no válidos, desconocidos, según se requiera.

- c) *Transformar* los datos: cuando se establece un tipo de dato la mayoría de las veces es necesario convertirlos a otro tipo con el propósito de llevar a cabo diversos análisis, la importancia de transformar los datos reside en la capacidad de generar nueva información a partir de los datos iniciales.

6.1.6 SELECCIÓN DE ATRIBUTOS PRINCIPALES

Una vez generada la base de datos de las expresiones gestuales resultado de las anotaciones manuales y las percepciones obtenidas de la encuesta, se busca la *selección de atributos principales*, es decir, identificar las correlaciones que existen entre las causas de la expresión gestual y el gesto en sí, esto con el fin de identificar que atributos proporcionan información útil al proceso de selección de la expresión gestual.

La *selección de atributos principales* además de identificar las relaciones entre los datos, tiene como objetivo encontrar el conjunto mínimo de características capaces de discriminar entre las expresiones gestuales, eligiendo aquellas variables que influyan más en el problema. Para lograr dicho objetivo, se realizó una adaptación de la metodología para la selección de características principales propuesta por (Turrubiates López 2005). En su trabajo Turrubiates realiza un análisis estadístico de las instancias de red considerando el tipo de red y número de nodos para determinar las funciones de caracterización que mejor discriminan entre los tipos de redes.

En el presente trabajo se analizan los rasgos de perfil del personaje, estado emocional y actos del habla para determinar el conjunto mínimo de variables que permiten clasificar mejor un gesto.

En la Figura 6.4 se ilustran las etapas de la metodología aplicada para la selección de atributos principales, la cual considera los siguientes pasos:

1. Realizar el análisis de normalidad a los datos, para decidir el tipo de pruebas que serán aplicadas.

2. Aplicar un análisis de correlación a los datos para eliminar información redundante.
3. Generar un dendograma de los datos para observar e identificar gráficamente la cercanía o similitud entre los atributos analizados, con el propósito de decidir la cantidad de grupos que quedan determinados.
4. Generar tablas y gráficas de frecuencia para identificar y comparar de forma visual el comportamiento de las categorías de una variable
5. Aplicar un modelo de regresión para cuantificar la relación entre *las variables de entrada* y la variable respuesta, con el propósito de explicar dicha relación.
6. Crear grafos causales para mostrar las relaciones entre las variables independientes y cómo éstas influyen en la variable respuesta.

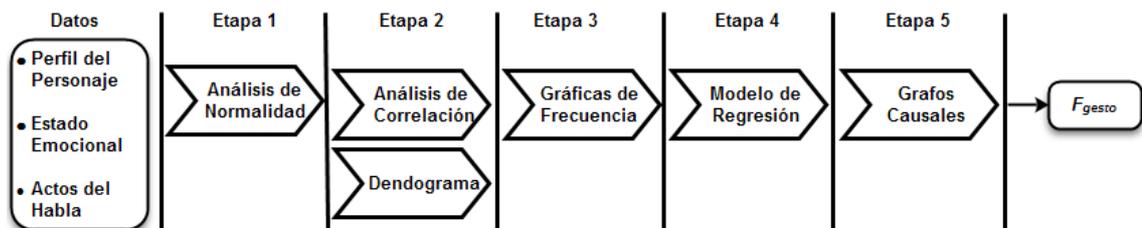


Figura 6.4 Metodología para la selección de atributos significativos

En esta investigación la etapa que implica el modelado causal es fundamental para identificar el conjunto mínimo de características. Debido a que es un enfoque que proporciona un enriquecimiento de conocimiento al exponer las relaciones entre las variables y el alcance de dichas relaciones, permite corroborar la consistencia de los resultados estadísticos.

La creación de grafos causales es parte esencial del modelado causal. Para su creación se utilizó la herramienta TETRAD (Carnegie Mellon 2010). A continuación se describen los pasos para su uso:

1. Cargar los datos.
2. Especificar qué variables están relacionadas y la dirección de dicha relación. En TETRAD esto se realiza integrando el *conocimiento* que se tiene del problema en forma de restricciones o relaciones necesarias.
3. Seleccionar el algoritmo de inferencia para generar el modelo causal.

El conocimiento que se tiene a partir de las pruebas estadísticas y del modelo causal posibilita decidir la configuración del conjunto de atributos que mejoren el desempeño del proceso de seleccionar una expresión gestual. Como resultado de la selección de atributos principales se obtiene el conjunto mínimo de características que supone un mejor resultado al clasificar un nuevo gesto.

6.2 RESUMEN DEL CAPÍTULO

En este capítulo se ha descrito la metodología para caracterizar las expresiones gestuales semióticas con lo cual se busca mejorar el desempeño del proceso de selección. El contar con una metodología para el proceso de caracterización es valorado positivamente, porque permite encontrar correlaciones entre atributos y así tomar decisiones en cuanto a qué datos serán considerados para el diseño del proceso de selección de una expresión gestual.

Capítulo 7

EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología propuesta para la caracterización de las expresiones gestuales semióticas que tiene como objetivo la identificación del conjunto mínimo de características para clasificar una expresión gestual.

El capítulo está organizado de la siguiente manera: en la sección 7.1 se describe el corpus de video de la expresión gestual semiótica generado con la metodología del capítulo previo; en la 7.2 se pormenoriza la taxonomía de la expresión gestual empleada; en la sección 7.3 se explica el desarrollo de la anotación manual de video; en la sección 7.4 se detalla la aplicación de la encuesta respecto a las expresiones gestuales; en la sección 7.5 se describe cómo se creó la base de datos de las expresiones gestuales semióticas y finalmente la sección 7.6 muestra el análisis estadístico y causal que se realizó a los datos y se identifica el conjunto mínimo de características que discriminan el gesto.

7.1 GENERACIÓN DEL CORPUS DE VIDEO DE LA EXPRESIÓN GESTUAL SEMIÓTICA

El corpus fue generado a partir de la filmación de 7 personas, de cada video fueron extraídos fragmentos donde se ejecutaron gestos deícticos e icónicos para su posterior análisis. Cada una de las personas que fueron filmadas firmó un protocolo de consentimiento que se detalla en el Anexo A de este trabajo.

El conjunto de secuencias de video que conforman el corpus son presentaciones orales de proyectos, en los cuales un expositor presenta una temática respecto a un proyecto de tesis de las Ciencias de la Computación. En dicha exposición son ejecutados gestos deícticos e icónicos para señalar, identificar o representar conceptos e ideas referentes al tema expuesto y presentado en diapositivas.

La Tabla 7.1 muestra el corpus de video, el cual está conformado por 7 videos donde es expuesta una temática del área computacional, en cada video una persona ejecuta gestos para explicar y presentar los conceptos de una temática relacionada a las Ciencias Computacionales.

Tabla 7.1 Corpus de video de las expresiones gestuales semióticas

Corpus de Video de las Expresiones Gestuales			
N° Video	Duración (minutos)	Gestos	
		Deíctico	Icónico
1	1:44	2	1
2	15: 03	2	0
3	9:28	2	1
4	8:06	2	1
5	5:17	3	1
6	6:39	2	1
7	9:42	2	1

7.2 TAXONOMÍA DE LAS CAUSAS Y CATEGORIZACIÓN DE LA EXPRESIÓN GESTUAL SEMIÓTICA

Para realizar el análisis del corpus de video es necesario identificar los parámetros de la expresión gestual por lo tanto es necesario definir una taxonomía para analizar las secuencias de video. En este trabajo se definió una categorización para la expresión gestual y se identificaron los atributos que influyen la ejecución del gesto.

7.2.1 CATEGORIZACIÓN DE LA EXPRESIÓN GESTUAL

La categorización de la expresión gestual es el conjunto de características propias del gesto, su identificación permite determinar las propiedades del gesto y definir el dominio de las mismas.

Los parámetros que categorizan la expresión gestual son los siguientes:

- *Tipo de gesto* son los gestos semióticos de acuerdo a la clasificación de McNeill (McNeill 1995), los cuales se encuentran íntimamente relacionados con la expresión verbal.
- *Fase de gesto* este parámetro describe las fases del gesto (preparación, ejecución, retracción total y parcial) (McNeill 1995).

- *Configuración de manos y brazos* describe la forma en que están apuntando las manos y la posición de los brazos al ejecutar un gesto.
- *Velocidad* está determinada en rangos de rápido, medio y lento de acuerdo a como son ejecutados los gestos en un intervalo de tiempo.

Por el momento las variables que fueron consideradas para identificar las relaciones que existen entre el gesto y las causas de la expresión gestual fueron el tipo de gesto y la velocidad.

7.2.2 CAUSAS DE LA EXPRESIÓN GESTUAL

Las causas son aquellos parámetros que influyen, modifican o tienen un efecto en los atributos de la expresión gestual. En la Figura 7.1 se muestran las causas de la expresión gestual y se denota con el símbolo * aquéllos atributos considerados en el conjunto de variables que influyen el gesto y con el símbolo ♦ aquéllos atributos que no fueron incluidos dentro de dicho conjunto.

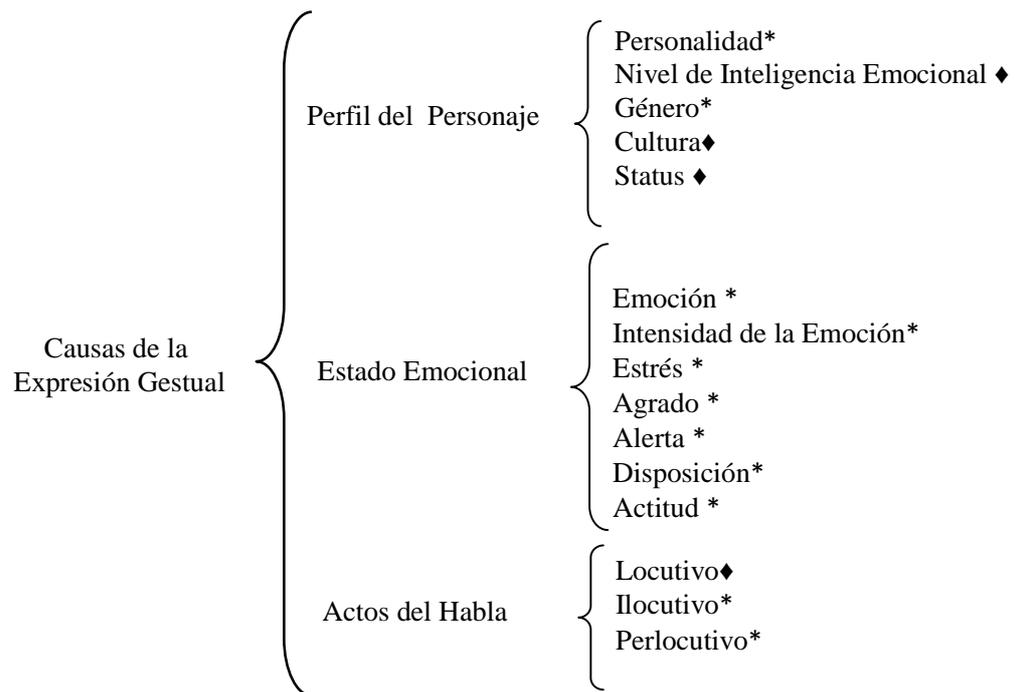


Figura 7.1 Causas que modifican la expresión gestual

Se han identificado las causas que modifican a la expresión gestual, las cuales son:

- *Perfil del Personaje* son las características sociales y de personalidad de la persona o personaje virtual que está ejecutando las expresiones gestuales.

- *Estado Emocional* involucra las características emocionales de la expresión gestual. Esta causa está definida de acuerdo al modelo emocional propuesto por Morales (Morales Rodríguez 2007).
- *Actos del Habla* describe las actividades lingüísticas relacionadas con las expresiones no verbales a diferentes niveles.

7.3 ANOTACIÓN MANUAL DE VIDEO

La anotación manual de video fue realizada con la herramienta ANVIL, en donde fue creado un esquema de codificación para la anotación de video para analizar las secuencias de video, dicho esquema está basado en la taxonomía de las expresiones gestuales semióticas descrita en la sección anterior.

La taxonomía de las expresiones gestuales semióticas fue codificada en un esquema de anotación. El corpus de video fue cargado en ANVIL y observado para identificar y describir las expresiones gestuales de acuerdo a los parámetros descritos en el esquema de codificación. Para más detalle del esquema de codificación ver Anexo B.

Un número de parámetros fueron determinados en el esquema, incluyendo el *tipo, fase y velocidad del gesto* así como *la configuración de los brazos y manos*. La transcripción del corpus resultó en la anotación de 21 gestos entre déicticos e icónicos. Para describir el gesto se utilizaron los atributos descritos en el esquema de codificación. Cada uno de los gestos tiene asociadas características del perfil del personaje, estado emocional y actos del habla, dichas categorías fueron transformadas en un esquema de codificación, esto con el propósito de analizar las relaciones que existen entre las características de la expresión gestual y los rasgos de personalidad, estado emocional y actos del habla. Cabe destacar que cada una de las categorías fue documentada en la literatura debido al carácter multidisciplinario que implica el análisis gestual.

Para la categoría del perfil del personaje, en la característica de la personalidad se consideraron cinco parámetros: *agradabilidad, neuroticismo, extraversión, apertura, y consciencia*. Los cuales corresponden a las cinco dimensiones de la personalidad descritas por el modelo de los *Cinco Factores*, cada uno de estos parámetros fueron anotados de acuerdo a un rango de valores definidos para observar la variación de los factores durante la gesticulación

y además se incluyó el género de la persona que ejecutaba los gestos. Cabe mencionar que las características de *nivel de inteligencia emocional*, *cultura* y *status* incluidas en la categoría del perfil del personaje no fueron consideradas dentro del conjunto de variables para el modelo debido a que la primer característica necesita del diseño de otro método para su medición, y las últimas dos características en el contexto en el que se desarrolla ésta investigación no presentan variaciones de un individuo a otro por lo que no resultan significantes a menos que se profundizará en las diferencias que ocurren en los gestos expresados por individuos de diversas culturas y status. Las características emocionales observadas en las secuencias de video fueron descritas de acuerdo a las 8 emociones modeladas en el trabajo de (Morales Rodríguez 2007), la categoría del estado emocional además permite anotar la *intensidad* con que percibe la *emoción* y la *actitud* con que se ejecutan los gestos. Por último la categoría respecto a los actos del habla transcribe la frase asociada al gesto (locutivo), así como la intención y objetivo (*ilocutivo* y *perlocutivo* respectivamente).

Para realizar la anotación, primero se delimita el inicio y final del gesto para crear un elemento en cada pista del esquema de codificación y se especifica el valor de cada uno de los parámetros de las categorías relacionadas al gesto. Para describir el gesto se especifica el tipo de gesto, fase, configuración de brazos y manos y velocidad. Finalmente se anotan los parámetros de las categorías de la personalidad, estado emocional y actos del habla. Con la anotación manual de video se exhibe la presencia de los rasgos de la personalidad y la emoción durante la ejecución del gesto y se advierte la estrecha relación del gesto y el discurso. En la Figura 7.2 se muestra un ejemplo de la anotación manual de la expresión gestual asociando los parámetros de emoción y actos del habla.



Figura 7.2 Ejemplo de anotación manual utilizando la herramienta ANVIL

Las secuencias de video analizadas son exposiciones orales asociadas a temáticas computacionales, en este contexto los gestos a los que se recurrieron con frecuencia para ejemplificar, puntualizar, subrayar y enfatizar fueron los gestos deícticos e icónicos.

Incorporar la categoría de los rasgos de la personalidad compromería la coherencia de la codificación debido a lo extenso del esquema de codificación por lo que en análisis posteriores se optó por sólo anotar los parámetros correspondientes al estado emocional y actos del habla. La inclusión de las características del perfil del personaje, estado emocional y acto del habla permitió observar el efecto sobre la ejecución del gesto.

7.4 ENCUESTA SOBRE LA CARACTERIZACIÓN DE LAS EXPRESIONES GESTUALES SEMIÓTICAS

La *caracterización de las expresiones gestuales* permite identificar las características principales de la expresión gestual para asociar la emoción, intención y objetivo que representa, esto con el fin de mejorar la calidad de selección de la expresión gestual. Para lograr esto es necesario encontrar las relaciones que existen entre las *causas gestuales* y la *categorización gestual*. Por tal motivo se aplicó el método de encuesta que permitió obtener datos acerca de la percepción de la taxonomía propuesta.

La encuesta proporcionó diferentes percepciones sobre el corpus de la expresión gestual, permitiendo obtener un conjunto de datos que resultaron más significativos al momento de buscar correlaciones entre las causas y la categorización de los gestos, la encuesta completa se encuentra en el Anexo C de este trabajo.

a) Objetivos de la encuesta

- Recolectar datos de percepción sobre el corpus de video para establecer correlaciones entre los atributos de la taxonomía de causas y propiedades de la expresión gestual.
- Identificar qué atributos de la taxonomía de las causas de la expresión gestual modifican las propiedades del gesto.

b) Hipótesis

El propósito de este experimento es probar la hipótesis (H_0): los parámetros de las causas que modifican la ejecución de la expresión gestual influyen la caracterización de los gestos.

Para la aplicación de la encuesta se utilizaron 28 fragmentos de video. Cada fragmento de video tiene asociado un conjunto de preguntas respecto al estado emocional, “personalidad” o actos del habla. Los primeros 21 videos son los gestos anotados en la herramienta ANVIL, en éstos videos se validan las características de los actos del habla y en los últimos 7 fragmentos de video se analizan las características de “personalidad” y estado emocional por lo cual son un poco más extensos. Los usuarios establecieron valores a las causas de la expresión gestual mientras observaban cada uno de los videos, por ejemplo para el parámetro de estrés, se cuestionó el nivel de estrés que se observa en el despliegue de los movimientos gestuales. Cabe mencionar que el presente trabajo está limitado al estudio de los gestos deícticos e icónicos por lo que en los fragmentos de video se muestra la ejecución de este tipo de gestos.

Tabla 7.2 Extracción de secuencias de video de las expresiones gestuales

Nombre del Formulario	Duración Min.	Personalidad	Estado Emocional	Actos del Habla
Personalidad y Estado Emocional Video 1	1:33	✓	✓	-
Gesto Deíctico 1 Video 1	:03	-	-	✓
Gesto Deíctico 2 Video 1	:07	-	-	✓
Gesto Icónico Video 1	:06	-	-	✓
Personalidad y Estado Emocional Video 2	1:45	✓	✓	-
Gesto Deíctico 1 Video 2	:04	-	-	✓
Gesto Deíctico 2 Video 2	:09	-	-	✓
Personalidad y Estado Emocional Video 3	2:08	✓	✓	-
Gesto Deíctico 1 Video 3	:04	-	-	✓
Gesto Deíctico 2 Video 3	:08	-	-	✓
Gesto Icónico Video 3	:03	-	-	✓
Personalidad y Estado Emocional S Video 4	2:07	✓	✓	-
Gesto Deíctico 1 Video 4	:06	-	-	✓
Gesto Deíctico 2 Video 4	:05	-	-	✓
Gesto Icónico Video 4	:04	-	-	✓
Personalidad y Estado Emocional S Video 5	2:00	✓	✓	-
Gesto Deíctico 1 Video 5	:04	-	-	✓
Gesto Deíctico 2 Video 5	:05	-	-	✓
Gesto Deíctico 3 Video 5	:06	-	-	✓
Gesto Icónico Video 5	:03	-	-	✓
Personalidad y Estado Emocional Video 6	1:23	✓	✓	-
Gesto Deíctico 1 Video 6	:10	-	-	✓
Gesto Deíctico 2 Video 6	:03	-	-	✓
Gesto Icónico Video 6	:07	-	-	✓
Personalidad y Estado Emocional Video 6	3:54	✓	✓	-
Gesto Deíctico 1 Video 6	:03	-	-	✓
Gesto Deíctico 2 Video 6	:04	-	-	✓
Gesto Icónico Video 6	:03	-	-	✓

La Tabla 7.2 resume las secuencias de video evaluadas durante la encuesta. Dichos videos fueron presentados de forma completa y continua para los usuario, donde se presentó un conjunto de preguntas acerca de la personalidad del sujeto de estudio, posteriormente se evaluaron pequeñas secuencias de video que presentaban un tipo de gesto específico (icónicos o deícticos) respecto a los actos del habla.

La implementación de la encuesta en línea fue realizada en dos etapas e implicó el uso de las herramientas *Google Docs* y *Google Sites*. En la primera etapa fueron diseñados los formularios en *Google Docs* y posteriormente fue creado el sitio en *Google Sites* para insertar los formularios y secuencias de videos necesarios para aplicar la encuesta.

7.5 CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS DE LAS EXPRESIONES GESTUALES SEMIÓTICAS

Las anotaciones de video y los resultados de la encuesta conforman la base de datos de las expresiones gestuales semióticas influenciadas por la personalidad y el estado emocional.

La Tabla 7.3 muestra los atributos que conforman la base y el grupo al que pertenecen. Los dominios de cada atributo están descritos en el Anexo D.

Tabla 7.3 Atributos para crear la base de datos

Grupo	Nivel
Perfil del Personaje	Agradabilidad
	Consciencia
	Extroversión
	Neuroticismo
	Apertura
	Género
Estado Emocional	Emoción
	Estrés
	Alerta
	Disposición
	Agrado
	Actitud
	Intensidad de la Emoción
Actos del Habla	Illocutivo
	Perlocutivo

La información utilizada son todos los registros recopilados a través de la encuesta de las expresiones gestuales. Se dispone de información obtenida de la observación de un conjunto de videos en los cuales los observadores evaluaron un conjunto de acciones

otorgando valores a la “personalidad”, estado emocional y actos del habla y se obtuvieron observaciones de cada una de las causas que influyen al gesto. En este caso se cuenta con 437 registros con 15 datos referentes al perfil del personaje, estado emocional y actos del habla correspondientes a los resultados de la encuesta de las expresiones gestuales.

7.5.1 PREPROCESAMIENTO DE LOS DATOS

En este subproceso se realiza una preparación de los datos en la cual se trata de eliminar el ruido, valores incompletos, secuencias. En este caso se encontraron registros incompletos debido a que la encuesta está en línea y en algunas ocasiones si el servidor de Internet fallaba no se guardaba el registro completo. Mediante el preprocesado se filtran los datos de forma que se eliminan valores incorrectos, no válidos, desconocidos, según se requiera.

7.5.2 TRANSFORMACIÓN DE LOS DATOS

Se tuvo la necesidad de diseñar una etapa de transformación para el mejor manejo de los datos en análisis posteriores.

En este trabajo la fase de transformación de los datos de tipo texto a numérico es necesaria para poder realizar las pruebas estadísticas así como para introducir los datos para su clasificación. La Figura 7.3 muestra el script SQL que permitió la conversión de datos tipo texto a datos numéricos.

```

C R E A T E T A B L E b a s e d a t o s (
    id INT NOT NULL AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
    consciencia INT,
    extroversion INT,
    agradabilidad INT,
    apertura INT,
    emocion INT,
    intensidademocion INT,
    estres INT,
    actitud INT,
    neuroticismo INT,
    relacionpersona INT,
    alerta INT,
    agrado INT,
    percepcionagrado INT,

```

```

percepcionagradabilidad INT,
percepcionalerta INT,
disposicion INT,
ilocutivo INT,
perlocutivo INT,
genero INT,
gesto INT);

INSERT INTO basedatos(consciencia,extroversion,agradabilidad,apertura, emocion
SELECT dn.consciencia,dn1.extroversion,dn2.agradabilidad,dn3.apertura,dn4.emocion,dn
FROM datosentrada eg
LEFT JOIN dominionumerico dn on dn.conscienciarespuesta= eg.consciencia
LEFT JOIN dominionumerico dn1 on dn1.extroversionrespuesta= eg.extroversion
LEFT JOIN dominionumerico dn2 on dn2.agradabilidadrespuesta= eg.agradabilidad
LEFT JOIN dominionumerico dn3 on dn3.aperturarespuesta= eg.apertura
LEFT JOIN dominionumerico dn4 on dn4.emocionrespuesta= eg.emocion
LEFT JOIN dominionumerico dn5 on dn5.intensidademocionrespuesta= eg.intensidademocio
LEFT JOIN dominionumerico dn6 on dn6.estresrespuesta= eg.estres
LEFT JOIN dominionumerico dn7 on dn7.actitudrespuesta= eg.actitud
LEFT JOIN dominionumerico dn8 on dn8.neuroticismorespuesta= eg.neuroticismo
LEFT JOIN dominionumerico dn9 on dn9.relacionpersonarespuesta= eg.relacionpersona
LEFT JOIN dominionumerico dn10 on dn10.alertarespuesta= eg.alerta
LEFT JOIN dominionumerico dn11 on dn11.agradadorespuesta= eg.agrado
LEFT JOIN dominionumerico dn12 on dn12.percepcionagradadorespuesta= eg.percepcionagrad
LEFT JOIN dominionumerico dn13 on dn13.percepcionagradabilidadrespuesta= eg.percepci
LEFT JOIN dominionumerico dn14 on dn14.percepcionalertarespuesta= eg.percepcionalert
LEFT JOIN dominionumerico dn15 on dn15.disposicionrespuesta= eg.disposicion
LEFT JOIN dominionumerico dn16 on dn16.ilocutivorespuesta= eg.ilocutivo
LEFT JOIN dominionumerico dn17 on dn17.perlocutivorespuesta= eg.perlocutivo
LEFT JOIN dominionumerico dn18 on dn18.generorespuesta= eg.genero
LEFT JOIN dominionumerico dn19 on dn19.gestorespuesta= eg.gesto

```

Figura 7.3 Script SQL para transformar los datos nominales a numéricos

En un principio los datos fueron transformados a discretos por requerimientos de análisis posteriores como es la clasificación de los datos utilizando el clasificador Naive Bayes. Se eligió utilizar una conversión de valores numérica en base 10 para que las probabilidades no fueran tan pequeñas. Sin embargo los datos discretos impiden realizar los procesos estadísticos y el análisis causal, debido a esto fueron transformados a datos continuos. En la Figura 7.4 se ilustra la transformación que sufrieron los datos desde su recolección hasta obtener los datos que se utilizaron para realizar las pruebas estadísticas y modelado causal.

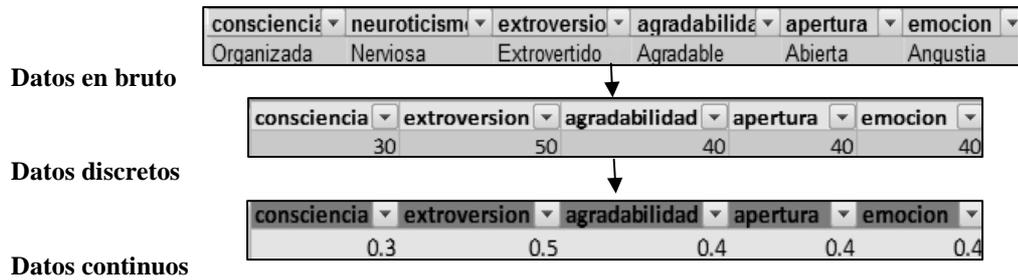


Figura 7.4 Proceso de transformación de los datos

La transformación de los datos permitió obtener mejores resultados y conclusiones de los análisis aplicados a los mismos.

7.6 SELECCIÓN DE ATRIBUTOS PRINCIPALES

El objetivo de esta etapa es identificar el conjunto mínimo de atributos que influyen al gesto, debido a esto se formula la hipótesis siguiente:

H_{0g} : Existe un conjunto mínimo de atributos que determinen el gesto, en función del perfil del personaje, el estado emocional y los actos del habla.

$$F_{gesto} = A_{perfilpersonaje} + B_{estadoemocional} + C_{actoshabla}$$

Para demostrar la hipótesis antes mencionada se realizaron un conjunto de pruebas estadísticas, las cuales fueron ejecutadas utilizando las aplicaciones computacionales de estadística MiniTab 15 y SPSS 17.0.

7.6.1 ANÁLISIS DE LA NORMALIDAD

Como se menciona en el capítulo 6 la primera actividad es verificar que se satisfacen los supuestos de normalidad e independencia, para lo cual se realizó un análisis de la Figura 7.5 de las gráficas que representan la normalidad de los datos de la caracterización.

Como se observa en esta gráfica del ajuste a la normal de los atributos de la caracterización, los datos no se ajustan completamente, como se observa en la gráfica los extremos resaltados con los círculos se alejan de la línea de referencia de la normal.

Recordemos que el gesto es la variable respuesta que está influenciada por un conjunto de atributos, que pudieran estar correlacionados, o que no estuvieran directamente relacionados con la variable respuesta. Al ser tomados en cuenta para la gráfica de normalidad podrán estar aportando ruido y esto provoca que los datos no se ajusten completamente a la normal.

Como se podrá observar posteriormente en el resumen de este capítulo después de minimizar el conjunto de datos originales a través de diversos análisis estadísticos se puede observar en la Figura 7.16 que los datos se ajustan completamente a la normal.

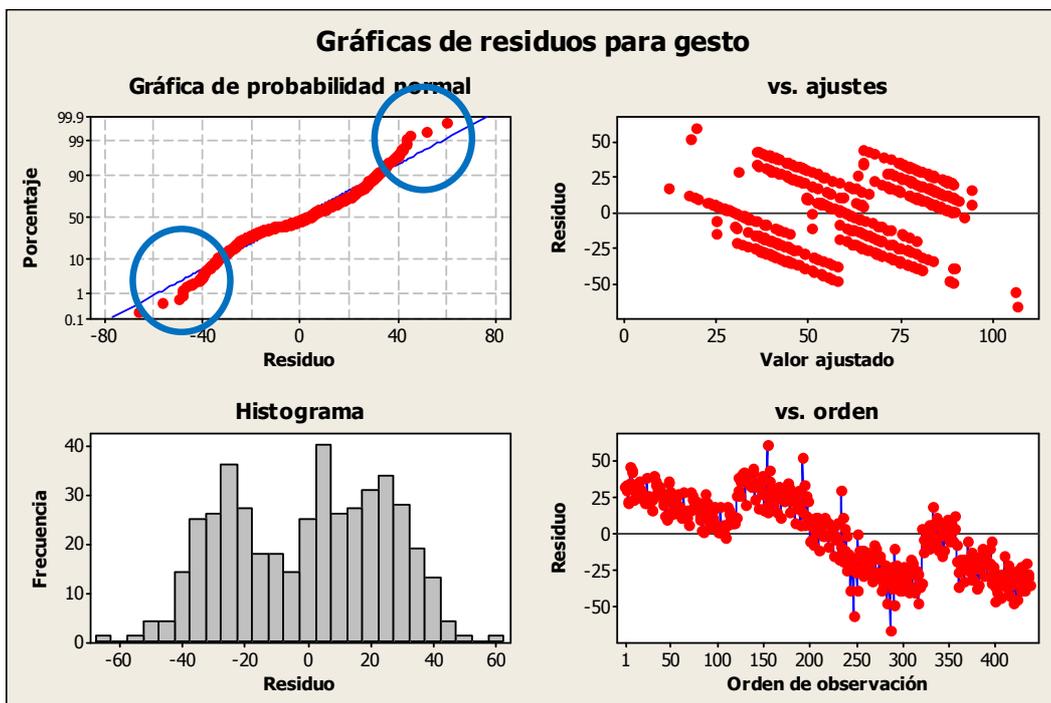


Figura 7.5 Gráfica de residuos para el gesto

7.6.2 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Una vez que se verifica la normalidad de los datos, se procede a identificar las variables que pudieran estar correlacionadas a través de la matriz de correlación y así empezar a reducir el conjunto de variables que se relacionan entre sí. En el cuadro 7.1 se observa la matriz de correlación de los grupos de variables que influyen el gesto (perfil del personaje, estado emocional y actos del habla). Además se identifican aquellas variables que presentan un alto índice de correlación, las cuales están subrayadas. Un alto índice de correlación es aquel donde el valor es cercano a 1. Además de indicar un alto nivel de colinealidad entre las variables, es

decir que no son variables independientes. Por ejemplo consciencia-agrado, emoción-intensidademocion neuroticismo-estrés presentan un alto valor del coeficiente de correlación.

Cuadro 7.1 Fragmento de la matriz del coeficiente correlación de Person de las variables que influncian el gesto

	consciencia	extroversion	agradabilidad
agradabilidad	<u>0.347</u> 0.000	0.237 0.000	
agrado	<u>0.469</u> 0.000	0.123 0.010	0.099 0.038
disposicion	<u>0.324</u> 0.000	0.244 0.000	0.288 0.000
genero	<u>0.458</u> 0.000	0.042 0.383	-0.048 0.316
	apertura	emocion	intensidademocio
intensidademocio	0.037 0.444	<u>0.437</u> 0.000	
estres	0.007 0.892	0.118 0.014	<u>0.314</u> 0.000
	estres	actitud	neuroticismo
neuroticismo	<u>0.831</u> 0.000	0.181 0.000	
alerta	<u>0.544</u> 0.000	0.090 0.061	<u>0.517</u> 0.000
velocidad	<u>0.470</u> 0.000	0.142 0.003	<u>0.505</u> 0.000
	alerta	agrado	disposicion
perlocutivo	ilocutivo <u>0.412</u> 0.000	perlocutivo	genero

7.6.3 CREACIÓN DE DENDOGRAMA

Además del análisis de correlación se creo con el conjunto original de variables un dendograma (Figura 7.6) en el cual también se pueden apreciar las semejanzas entre las variables y los grupos que estás forman.

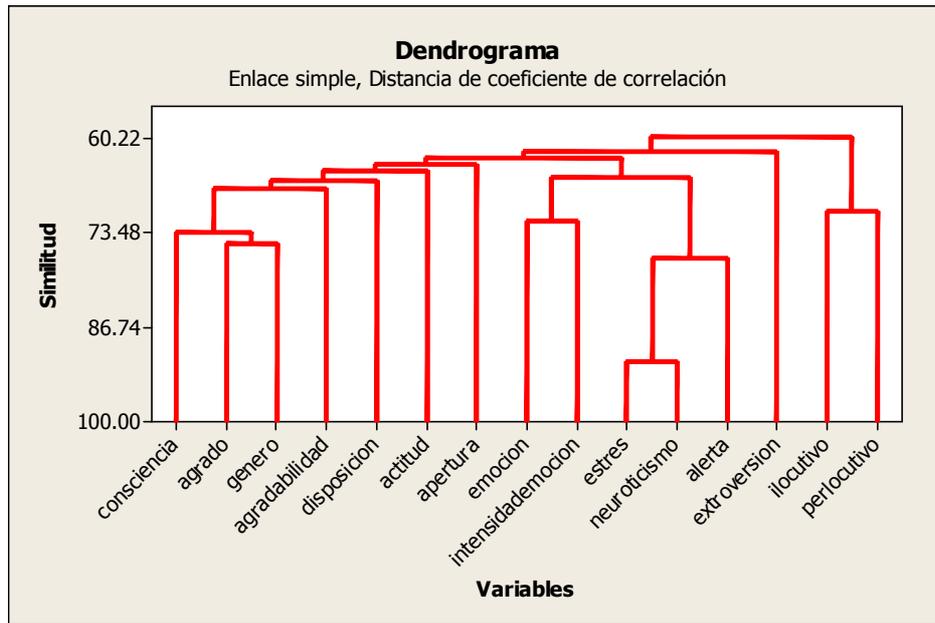


Figura 7.6 Dendrograma de los atributos de la caracterización del gesto

En la figura se puede observar que las variables más cercanas entre sí forman grupos. Además, existen grupos que están formados por dos variables, por ejemplo consciencia y agrado, al compararlo con la tabla de correlaciones de la sección anterior se puede observar que estas variables están correlacionadas. Así como este caso se pueden observar varios casos idénticos, lo que indica que algunos factores pueden describir a otros sin estar presentes en el conjunto original de variables que influyen el gesto y esto permite minimizar el conjunto original de variables facilitando un posterior proceso de selección de un gesto.

7.6.4 TABLAS Y GRÁFICAS DE FRECUENCIAS

Se realizó el estudio de la frecuencia de los niveles de las variables del conjunto original con el objetivo de identificar y eliminar aquellas variables cuyos niveles no aporten información significativa para reducir el conjunto mínimo de variables que influyen el gesto.

Este tipo de gráfico permite identificar y comparar de forma visual el comportamiento de las categorías de una variable. Por medio de las barras se puede identificar la cantidad de repeticiones que tienen una respuesta o nivel, para establecer si una variable tiene más peso sobre otra y decidir si se incluye o no en el conjunto mínimo. También con este análisis se

identificó si la respuesta que tenía la frecuencia más alta era del tipo que indicaba que la variable no debía ser tomada en cuenta, por ejemplo las respuestas: no se percibe, ninguno, entre otras.

En la Tabla 7.4 y la Figura 7.7 se observan las frecuencias de los niveles de la variable emoción. Este es un ejemplo representativo de las variaciones de los niveles de los factores del proceso de caracterización. Aquí se observa que la respuesta es un nivel que aporta significativamente a la variable. En este caso, la variable emoción se mide a través de las combinaciones de emociones y angustia.

Tabla 7.4 Tabla de frecuencias de la variable emoción

Rangos	Frecuencia	Porcentaje
Alegría	67	15.3
Angustia	125	28.6
Combinación de Emociones	131	30.0
Miedo	16	3.7
Ninguna	52	11.9
Placer	18	4.1
Resignación	17	3.9
Sorpresa	9	2.1
Tristeza	2	.5
Total	437	100.0

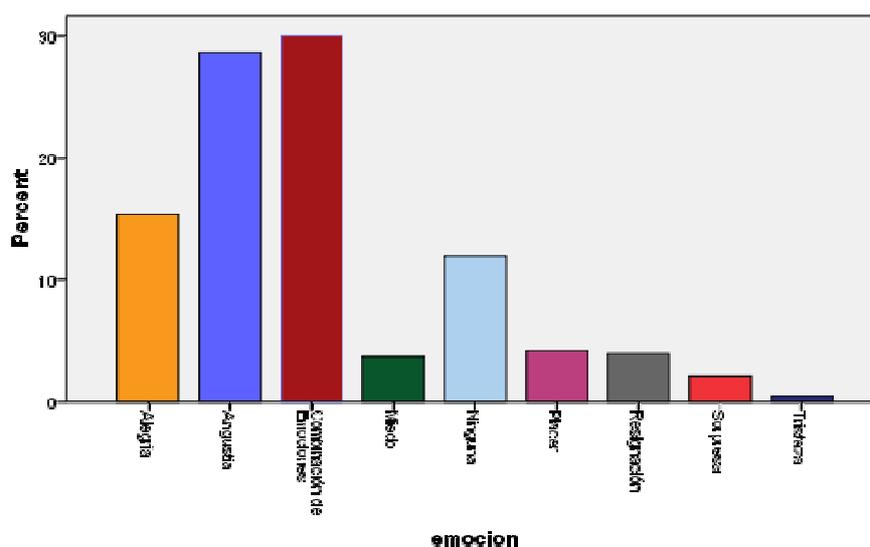


Figura 7.7 Gráfica de frecuencias de la emoción

7.6.5 MODELO DE REGRESIÓN

Cuando en un modelo se quiere explicar el comportamiento de una variable respuesta y respecto a una variable x se utiliza un modelo de regresión. El regresión lineal simple estudia la relación entre una variable predictora y una variable respuesta, los objetivos del modelo de regresión se centran en: *predecir* utilizando una ecuación que permita conocer el valor de y sabiendo cual es el valor de x o cuantificar la relación que existe entre la variable x y la variable y explicando dicha relación (Montgomery 2009) (Kleinbaum et al. 2008).

La ecuación de regresión para el gesto se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} \text{gesto} = & - 12.7 - 0.0298 \text{ consciencia} + 0.0715 \text{ extroversion} - \\ & 0.0324 \text{ agradabilidad} - 0.0033 \text{ apertura} - 0.0131 \text{ emocion} + 0.0324 \\ & \text{intensidademocion} + 0.0306 \text{ estres} - 0.0100 \text{ actitud} - 0.0565 \\ & \text{neuroticismo} + 0.0472 \text{ alerta} - 0.0266 \text{ agrado} + 0.0271 \text{ disposicion} \\ & + 0.0014 \text{ ilocutivo} - 0.0188 \text{ perlocutivo} + 0.713 \text{ genero} + 0.558 \\ & \text{velocidad} \end{aligned}$$

A continuación se presentan los datos que tienen observaciones, la identificación de estas observaciones permite eliminar el ruido que quizá estén aportando para realizar el análisis estadístico:

Obs	consciencia	gesto	Ajuste	Ajuste SE	Residuo	Residuo estándar
82	30.0	20.000	12.483	0.712	7.517	2.01R
83	20.0	20.000	12.065	0.683	7.935	2.12R
86	30.0	20.000	12.385	0.743	7.615	2.04R
87	20.0	20.000	11.785	0.875	8.215	2.22R
88	30.0	20.000	11.492	0.573	8.508	2.26R
89	20.0	20.000	10.853	0.896	9.147	2.48R
90	10.0	20.000	12.604	0.891	7.396	2.00R
92	30.0	20.000	12.327	0.633	7.673	2.05R
93	30.0	20.000	11.910	0.633	8.090	2.16R
94	30.0	20.000	11.598	0.443	8.402	2.23R
97	10.0	20.000	12.576	1.140	7.424	2.05R
98	30.0	20.000	11.589	0.814	8.411	2.27R
99	30.0	20.000	11.109	0.564	8.891	2.37R
100	10.0	20.000	12.455	0.886	7.545	2.04R
103	20.0	20.000	12.328	0.565	7.672	2.04R
106	30.0	20.000	12.155	0.464	7.845	2.08R
108	20.0	20.000	12.305	0.579	7.695	2.05R
111	30.0	20.000	12.123	0.559	7.877	2.09R
113	40.0	20.000	12.329	0.561	7.671	2.04R
114	30.0	20.000	11.577	0.736	8.423	2.26R
115	30.0	20.000	11.520	0.519	8.480	2.25R
116	40.0	20.000	12.532	0.828	7.468	2.01R
118	20.0	20.000	11.830	0.578	8.170	2.17R

7.6.6 MODELOS CAUSALES

Una vez realizado el análisis de regresión se analizaron los datos a través de modelos causales, los cuales describen la relación causa y efecto entre las variables que intervienen en el proceso de caracterización del gesto, esto con el propósito de validar los resultados obtenidos en las pruebas estadísticas.

Los modelos causales se crearon de acuerdo a la metodología propuesta. Primero se abasteció la base de datos para encontrar las relaciones causales entre ellos, esto significa incluir el conocimiento previo que involucra el problema. Para esto se establecieron las posibles relaciones entre el gesto y los rasgos de personalidad, estado emocional y actos del habla.

En la Tabla 7.5 se muestran las restricciones entre las relaciones de las variables del proceso de caracterización. Es decir algunas variables no pueden ser consecuencia de otras, por ejemplo el género no puede ser consecuencia del estado emocional. Para estas relaciones se tiene el supuesto de que los valores de la personalidad y las dimensiones del estado emocional son independientes.

Tabla 7.5. Restricciones para generar el grafo causal

Tipo de Relación	Grupo A	→	Grupo B
Prohibida	Emoción, Intensidad de la Emoción, Actitud, Alerta, Agrado, Estrés, Disposición		Consciencia, Extroversión, Neuroticismo, Agradabilidad, Apertura, Género
Prohibida	Emoción, Intensidad de la Emoción, Actitud		Alerta, Agrado, Estrés, Disposición
Prohibida	Actitud		Emoción, Intensidad de la Emoción
Prohibida	Ilocutivo, Perlocutivo		Consciencia, Extroversión, Neuroticismo, Agradabilidad, Apertura, Género
Prohibida	Ilocutivo, Perlocutivo		Estado Emocional, Intensidad de la Emoción, Actitud, Alerta, Agrado, Estrés, Disposición
Prohibida	Consciencia, Extroversión, Neuroticismo, Agradabilidad, Apertura		Género
Prohibida	Velocidad		Tipo de Gesto
Prohibida	Tipo de Gesto, Velocidad		Estado Emocional, Intensidad de la Emoción, Actitud, Alerta, Agrado, Estrés, Disposición
Prohibida	Tipo de Gesto, Velocidad		Consciencia, Extroversión, Neuroticismo, Agradabilidad, Apertura, Género
Prohibida	Tipo de Gesto, Velocidad		Ilocutivo, Perlocutivo

7.6.7 CREACIÓN DE GRAFOS CAUSALES

En este trabajo fue utilizada la herramienta computacional TETRAD (Carnegie Mellon 2010) reconocida por la literatura como una opción aconsejada para la creación de modelos causales (Pérez Rosas 2007). En TETRAD existen varios algoritmos disponibles para la creación de grafos causales. Para obtener el grafo causal de este problema se utilizó el algoritmo de inferencia PC (Spirtes et al. 2000), además se incluyeron las restricciones de la Tabla 7.5.

El grafo causal obtenido con TETRAD puede variar notoriamente dependiendo del nivel de significancia α seleccionado para realizar las pruebas de independencia entre las variables. Es por esto que se recomienda hacer pruebas a diferentes niveles de significación, debe considerarse que si se utiliza un valor de significación muy pequeño es probable que se rechacen relaciones causales débiles pero genuinas, y que al contrario, un valor grande introduzca relaciones engañosas (Glymour 1999).

En TETRAD se realizaron 7 experimentos utilizando un valor de $\alpha=0.1$, de cada experimento se obtuvo un grafo causal. La Figura 7.8 muestra el grafo causal resultado del primer experimento, el cual incluye todas las variables del problema que se está modelando, como se puede observar las relaciones que existen entre las variables son consistentes con los análisis de las secciones anteriores. El *gesto* y la *velocidad* son las variables de interés en este trabajo debido a que se desea identificar como se relacionan e influyen las variables del perfil del personaje, estado emocional y actos del habla respecto al gesto. El gesto está influenciado directamente por la emoción y la extroversión, mientras que la velocidad está relacionada de forma directa con la extroversión y el género.

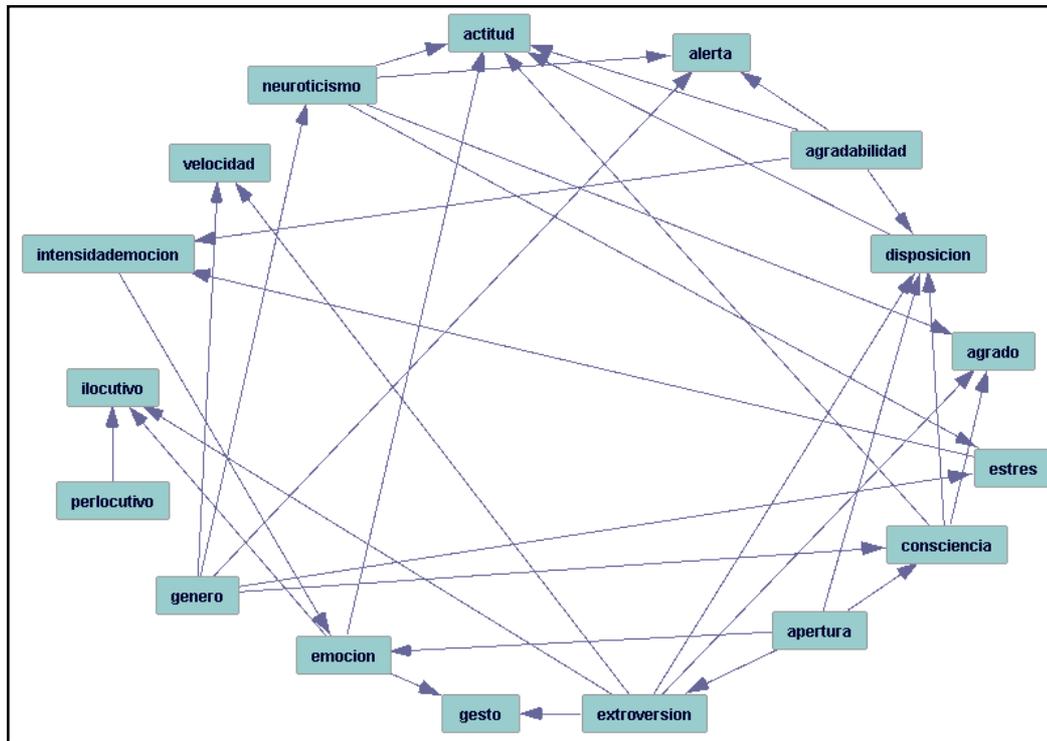


Figura 7.8 Grafo causal del perfil del personaje, estado emocional y actos del habla

Posteriormente se creó un grafo causal por una cada las categorías que influyen en la expresión gestual. Las Figura 7.9, 7.10, y 7.11 muestran los grafos causales del perfil del personaje, estado emocional y los actos del habla respectivamente.

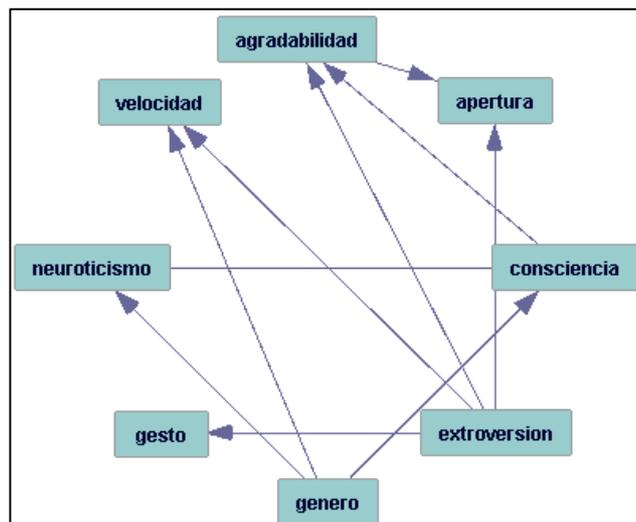


Figura 7.9 Grafo causal respecto a las variables del perfil del personaje influyendo sobre el gesto y la velocidad

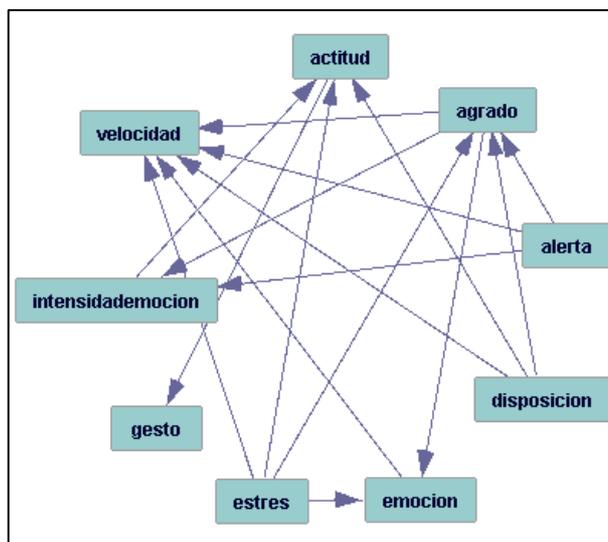


Figura 7.10 Grafo causal de las variables del estado emocional influyendo sobre el gesto y la velocidad

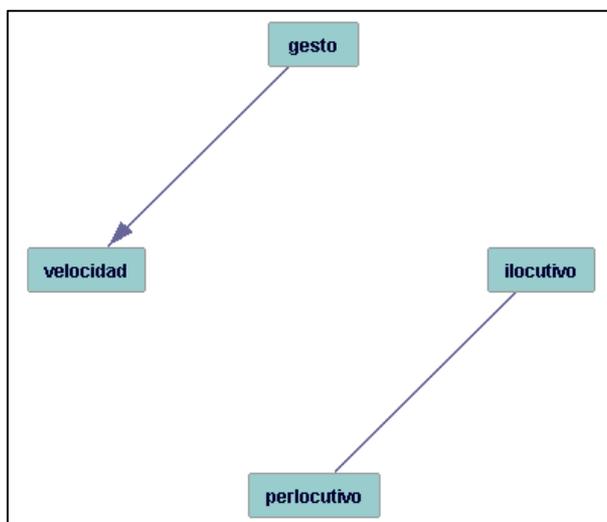


Figura 7.11. Grafo causal de las variables de los actos del habla influyendo sobre el gesto y la velocidad

Además se obtuvo un grafo causal por cada una de las combinaciones de los tres grupos que influyen la expresión gestual estos se ilustra de la Figura 7.12, Figura 7.13, Figura 7.14.

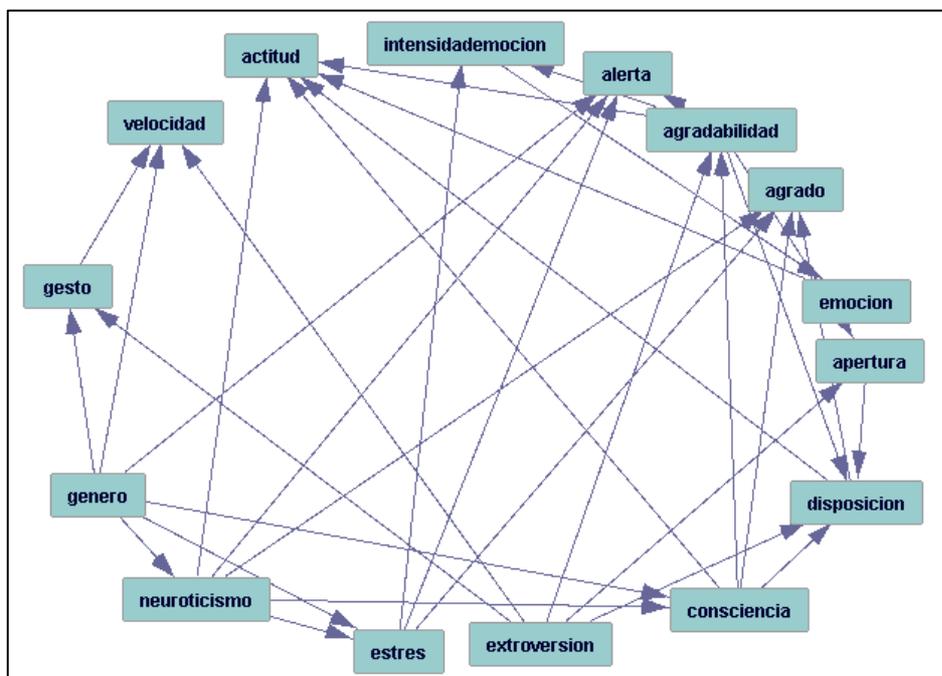


Figura 7.12 Grafo causal de las variables del perfil del personaje y estado emocional

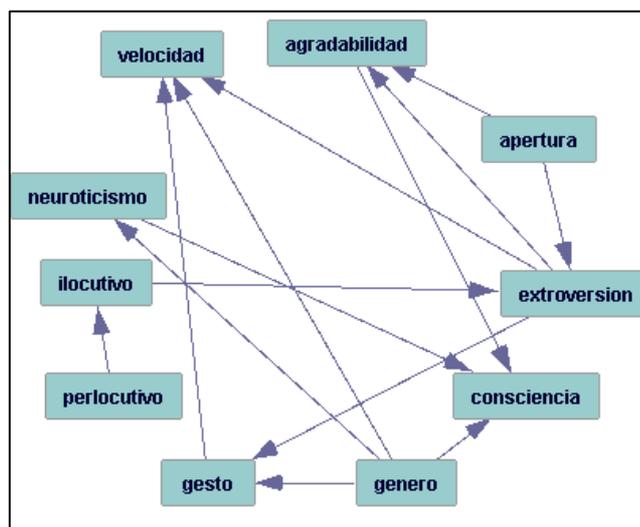


Figura 7.13 Grafo causal de las variables del perfil del personaje y actos del habla

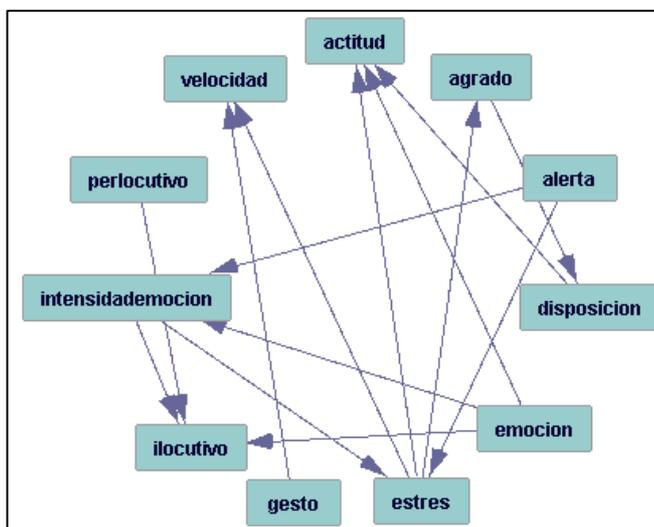


Figura 7.14 Grafo causal de las variables del estado emocional y actos del habla

Cada uno de los grafos causales se realizó con el propósito de verificar la consistencia de las relaciones que existen en el grafo que contiene el conjunto de variables original.

7.7 RESUMEN DEL CAPÍTULO

Los resultados y conclusiones más interesantes que pueden obtenerse tras la realización de este trabajo pueden resumirse en los siguientes puntos:

Se ha aplicado el análisis causal y pruebas estadísticas con éxito para encontrar el conjunto mínimo de características que influyen el gesto.

La Tabla 7.6 muestra las reglas de relación de los factores, las cuales se obtuvieron de la interpretación causal. El modelo y reglas obtenidas podrán ser utilizados para decidir qué atributos serán considerados para el proceso de clasificación. Con la realización del presente trabajo se desarrolló la caracterización gestual guiada por la metodología, para determinar qué atributos reflejan una mayor influencia para la ejecución de un gesto y de esta manera obtener un modelo que permita clasificar con un alto porcentaje de certeza.

Tabla 7.6 Reglas de Relación A → B

Factor A	Factor B
Actitud	Gesto
Agradabilidad	Alerta
Agradabilidad	Apertura
Agradabilidad	Disposición
Agradabilidad	Consciencia
Agradabilidad	Perlocutivo
Agradabilidad	Intensidad de la Emoción
Agrado	Disposición
Agrado	Emoción
Agrado	Intensidad de la Emoción
Alerta	Agrado
Alerta	Intensidad de la Emoción
Apertura	Consciencia
Apertura	Emoción
Apertura	Disposición
Apertura	Extroversión
Consciencia	Agradabilidad
Consciencia	Agrado
Consciencia	Disposición
Disposición	Actitud
Disposición	Agrado
Emoción	Intensidad de la Emoción
Emoción	Perlocutivo
Emoción	Velocidad
Estrés	Actitud
Estrés	Intensidad de la Emoción
Estrés	Gesto
Estrés	Alerta
Estrés	Emoción
Estrés	Agrado
Estrés	Velocidad
Extroversión	Agrado
Extroversión	Agradabilidad
Extroversión	Gesto
Extroversión	Velocidad
Genero	Consciencia
Genero	Estrés
Genero	Gesto
Genero	Neuroticismo
Genero	Velocidad
Ilocutivo	Extroversión
Intensidad de la Emoción	Actitud
Neuroticismo	Agrado
Neuroticismo	Alerta
Neuroticismo	Estrés
Perlocutivo	Ilocutivo

Con esto se obtuvo la siguiente ecuación:

$$F_{\text{gesto}} = A_{\text{perfilpersonaje}} + B_{\text{estadoemocional}} + C_{\text{actoshabla}}$$

$$\text{Min}\{f_{pp}, f_{ee}, f_{ah} | f_g = C_1 f_{pp} \pm C_2 f_{ee} \pm C_3 f_{ah}\}$$

donde C_1, C_2, C_3 $0 \leq C_i \leq 1$, f_{pp} es la función del perfil del personaje, f_{ee} es la función del estado emocional y f_{ah} es la función de los actos del habla.

Después de eliminar los atributos que presentaban correlación y/o eran redundantes se presenta el conjunto mínimo:

$$f_{pp} = \{ \text{agradabilidad, neuroticismo, extroversión, género} \}$$

$$f_{ee} = \{ \text{emoción, actitud, estrés} \}$$

$$f_{ah} = \{ \text{perlocutivo} \}$$

La Figura 7.16 muestra la gráfica de residuos del conjunto mínimo, donde se puede observar que su distribución se ajusta a la normal. La Figura 7.17 muestra el dendograma del conjunto mínimo donde es posible apreciar que se redujo el número de grupos.

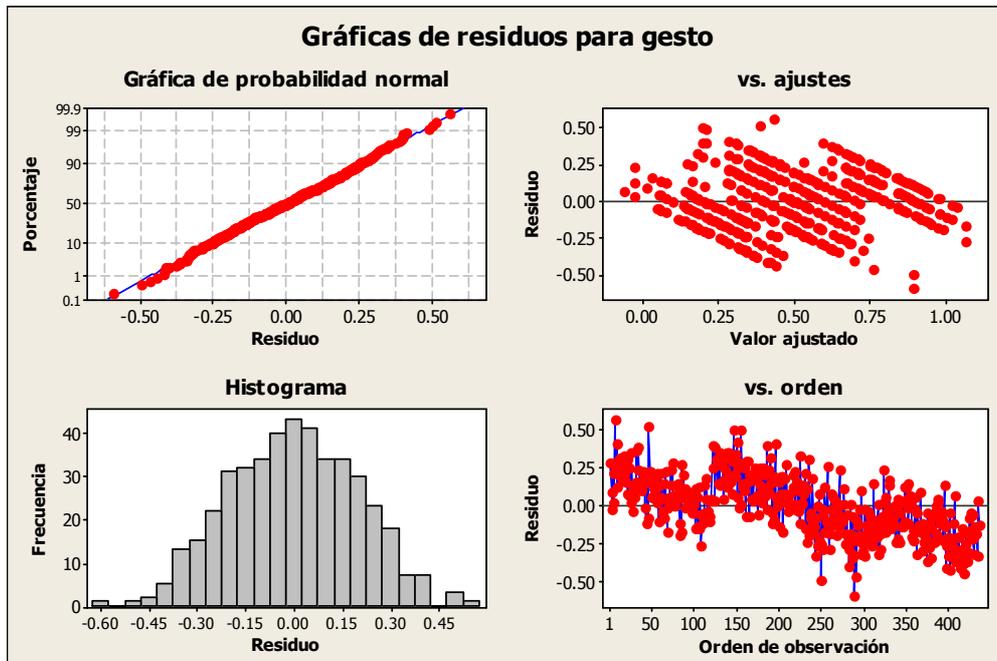


Figura 7.15 Gráfica de normalidad del conjunto mínimo

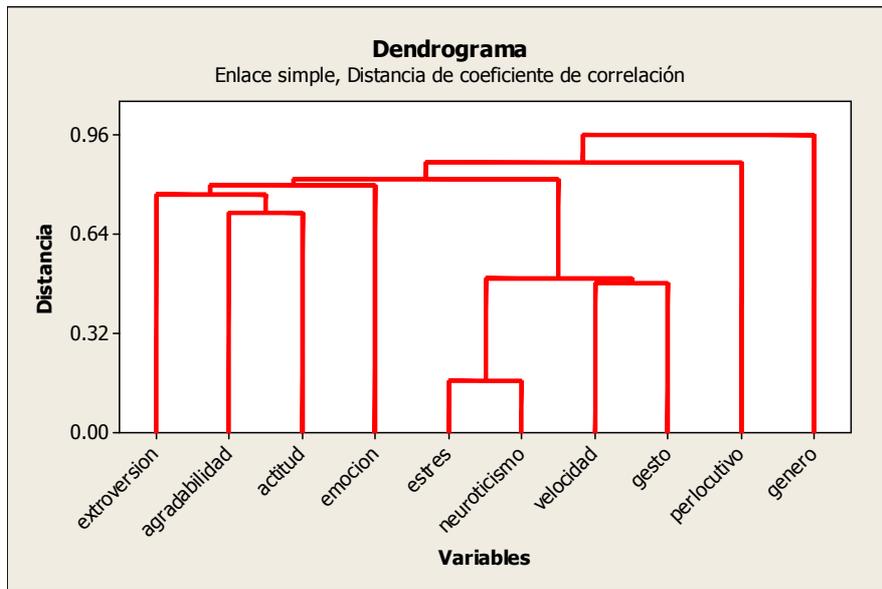


Figura 7.17 Dendrograma de conjunto mínimo de atributos

En la Figura 7.18 se muestra el grafo final del conjunto mínimo de características que influyen el gesto. Como se puede observar el gesto es afectado directamente por la extroversión y el género.

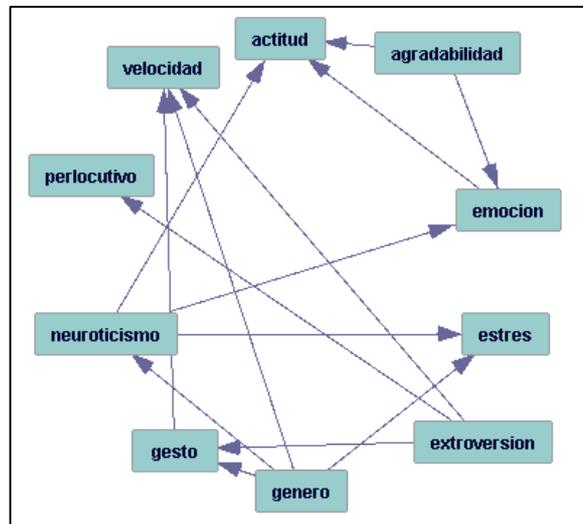


Figura 7.18 Grafo causal del conjunto mínimo de características que influyen al gesto

7.7.1 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez que se identificó el conjunto mínimo $F_{gesto} = \{f_{pp}, f_{ee}, f_{ah}\}$ se utilizaron las variables del conjunto mínimo $\{agradabilidad, neuroticismo, extroversión, género, emoción, actitud, estrés,$

perlocutivo} para clasificar el gesto, esto con él propósito de validar si mejora el desempeño del clasificador incluyendo sólo los atributos que pertenecen al conjunto mínimo. Para realizar esta actividad se utilizó el software Weka, el cual es una colección de algoritmos de aprendizaje automático herramientas de preprocesamiento para la minería de datos (Witten & Frank 2005).

En la interfaz de Weka denominada *Experimenter* se realizó una comparación de los algoritmos de clasificación Naive Bayes, J48, y BayesNet, con el propósito de determinar si incrementa el porcentaje de clasificación utilizando como entrada los atributos que pertenecen al conjunto mínimo.

En la Figura 7.19 se muestran los resultados de la comparación de los algoritmos de clasificación, el parámetro analizado fue el porcentaje de instancias del gesto clasificadas de forma correcta, considerando un nivel de confianza de $0.01\alpha = .01$. El primer conjunto de datos a clasificar corresponde al conjunto de variables originales y el segundo conjunto de datos corresponde al conjunto mínimo identificado en el presente trabajo.

```

Tester: weka.experiment.PairedCorrectedTTTester
Analysing: Percent_correct
Datasets: 2
Resultsets: 3
Confidence: 0.01 (two tailed)
Sorted by: -
Date: 01/04/11 04:58 PM

Dataset (1) bayes.Na | (2) trees (3) bayes
-----
'base de datos pruebas we (10) 61.60 | 72.57 72.78
'base de datos pruebas we (10) 69.14 | 72.78 72.78
-----
(v/ /*) | (0/2/0) (0/2/0)

Key:
(1) bayes.NaiveBayes " 5995231201785697655
(2) trees.J48 '-C 0.25 -M 2' -217733168393644444
(3) bayes.BayesNet '-D -Q bayes.net.search.local.K2 -- -P 1 -S BAYES -E
bayes.net.estimate.SimpleEstimator -- -A 0.5' 746037443258775954
    
```

Figura 7.19 Comparación de algoritmos de clasificación que usan como el conjunto mínimo

Capítulo 8

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este capítulo se presentan las conclusiones de este trabajo, así como también se puntualizan algunas ideas que permitan extender esta línea de investigación.

8.1 CONCLUSIONES

La expresión no verbal es parte del proceso de comunicación y está presente en cualquier aplicación independientemente del contexto, convirtiéndose en soporte esencial de la adquisición de conocimientos y habilidades, ya sea en un mundo virtual o real.

Es conocido que el gesto de una persona guarda una estrecha relación con los rasgos de personalidad y el estado emocional. Estas características y la condición propia de las expresiones gestuales para apoyar, complementar, reforzar y sustituir el habla, resultan en un componente fundamental de la creación de personajes virtuales creíbles.

En fechas recientes, el diseño de los personajes virtuales además de considerar mostrarlos físicamente similares al ser que intentan emular, busca que exhiban un comportamiento de acuerdo a su rol o contexto para el que fueron desarrollados. Un personaje virtual que ejecuta expresiones gestuales coherentes a una emoción o personalidad, emula de mejor manera el comportamiento de un ser humano lo que podría derivar en un aumento de la sensación de inmersión.

En el presente trabajo de investigación se buscó la caracterización de las expresiones gestuales semióticas para su uso en personajes virtuales, para lo cual se desarrolló una metodología para identificar el *conjunto mínimo* de características de la personalidad, estado emocional y actos del habla que permiten discriminar entre 2 tipos de gestos semióticos, los deícticos e icónicos.

La metodología propuesta realiza un diseño experimental utilizando pruebas estadísticas y un enfoque causal con lo que se logró identificar un conjunto mínimo de características reduciendo el conjunto original de 15 a 8 variables, definiéndose de la siguiente manera $F_{gesto} = \{agradabilidad, neuroticismo, extroversión, género, emoción, actitud, estrés, perlocutivo\}$.

Este nuevo conjunto reducido de características se evaluó en Weka utilizando los clasificadores Naive Bayes, J48 y BayesNet, obteniéndose una mejora de un 8% con respecto al conjunto original en el primer clasificador y manteniendo el mismo porcentaje de clasificación para los otros dos clasificadores respectivamente,

Los resultados de esta investigación muestran que la función de caracterización para la expresión gestual que permite discriminar entre gestos deícticos e icónicos está altamente relacionado con la mayoría de los rasgos de la personalidad, e influenciada por el objetivo y el nivel de estrés y actitud emocional que se experimenta. Dichos resultados dan la pauta para diseñar un proceso de selección gestual para personajes virtuales.

8.2 APORTACIONES

La principal aportación de este trabajo es el diseño de una metodología utilizando un enfoque causal para la caracterización de expresiones no verbales influenciadas por rasgos de la personalidad, estado emocional y actos del habla.

Algunas otras aportaciones resultado de está investigación se enlistan a continuación:

- La formalización a través del análisis causal y la estadística un problema poco explorado y que se ha abordado mayormente de forma empírica.
- La selección de un conjunto reducido de características que permita la caracterización de gestos deícticos e icónicos.
- La creación de un corpus de expresiones gestuales semióticas caracterizada por rasgos de personalidad, estado emocional y actos del habla.

- El diseño de la estructura de una base de datos para la realización de la notación visual de la interacción utilizando ANVIL.

8.3 TRABAJOS FUTUROS

De acuerdo a los resultados obtenidos se ha podido establecer algunos posibles trabajos futuros respecto a esta investigación:

- Evaluar la metodología propuesta y el conjunto de características obtenido en los módulos de selección facial y postural del modelo kinésico,
- Diseñar en base a las características mínimas obtenidas un modelo de selección gestual que permita clasificar los gestos para que refuercen la expresión de la personalidad, estado emocional y actos del habla.

Anexos

ANEXO A: PROTOCOLO DE ACUERDO PARA LA FILMACIÓN DE VIDEOS DEL CORPUS GESTUAL



*Instituto Tecnológico de Ciudad Madero
División de Estudios de Postgrado e Investigación
Maestría en Ciencias en
Ciencias de la Computación*

PROTOCOLO DE ACUERDO

En el marco de la investigación “**Caracterización de expresiones gestuales semióticas influenciadas por la personalidad y el estado emocional para personajes virtuales**” desarrollada en la Maestría en Ciencias en Ciencias de la Computación, el objeto de estudio consiste en observar las expresiones gestuales de los sujetos de estudio en un video, donde los sujetos de estudio exponen una temática haciendo uso de las expresiones verbales y gestuales.

Autorización de usos y derechos de video

Nombre: _____

- ❖ Acepto participar en el proyecto de investigación titulado “Caracterización de expresiones gestuales semióticas influenciadas por la personalidad y el estado emocional para personajes virtuales”, desarrollado por I.S.C. Patricia Alanís Maldonado, bajo la dirección de la Dra. María Lucila Morales Rodríguez.
- ❖ Acepto ser filmado.
- ❖ Declaro ceder todos mis derechos respecto al video filmado.

La utilización de las secuencias de video registradas será con fines de investigación, sin búsqueda de lucro.

Firma

Cd. Madero, Tamps. A ____ de ____ del ____.

ANEXO B: PARÁMETROS DEL ESQUEMA DE ANOTACIÓN DE VIDEO

		Categorización	Dominio de la Categorización	
Expresión Gestual	Tipo de Gesto		Deíctico	
			Icónico	
			Metafórico	
			Batuta (beat)	
	Fase		Preparación	
			Ejecución	
			Retracción parcial	
			Retracción total	
	Configuración de brazos y manos	Mano derecha		Arriba apuntando
				Abajo apuntando
				Palma hacia arriba
				Palma hacia abajo
				Escondida
		Brazo Derecho		Arriba
				Abajo
				Izquierda
				Derecha
				Hacia enfrente
				Hacia atrás
		Mano Izquierda		Arriba
				Arriba apuntando
				Abajo apuntando
				Palma hacia arriba
				Palma hacia abajo
				Escondida
		Brazo Izquierdo		Arriba
				Abajo
			Izquierda	
	Derecha			
	Hacia enfrente			
	Hacia atrás			
	Arriba			
	Arriba apuntando			
Velocidad		Rápido		
		Medio		
		Lento		

ANEXO C: ENCUESTA DE LAS EXPRESIONES GESTUALES SEMIÓTICAS

*Obligatorio

¿Conoces o has tenido trato con el sujeto del video?

- Si
- No

¿Qué nivel de agradabilidad consideras que tiene la persona al expresarse? *

- Muy agradable
- Agradable
- Neutro
- Nada agradable, grosero
- No se percibe

¿En qué percibes la agradabilidad por parte de la persona? *

- En su rostro
- En el movimiento de sus brazos y manos
- En sus palabras
- En su tono de voz
- No se percibe

En tu percepción ¿qué tan precisa y minuciosa consideras que es la persona? *

- Muy organizada
- Organizada
- Nada organizada
- No se percibe

¿Cuál es el grado de apertura de la persona a los cambios y opiniones? *

- Indiferente
- Abierta
- Cerrada
- No se percibe

Por cómo se expresa, ¿qué tan extrovertida piensas que es la persona? *

- Muy extrovertido

- Extrovertido
- Neutro
- Introverso
- Muy introverso
- No se percibe

Por cómo se expresa a través de los gestos, ¿qué tan nerviosa consideras que es la persona?

*

- Muy nerviosa
- Nerviosa
- Neutro
- Relajado
- Muy Relajado
- No se percibe

¿Qué nivel de estrés consideras que expresa la persona? *

- Muy Estresado
- Estresado
- Neutro
- Relajado
- Muy relajado
- No se percibe

En tu percepción, ¿qué tan cómoda percibes a la persona en la situación? *

- Cómoda
- Neutro
- Incómoda
- No se percibe

¿En qué percibes la incomodidad o comodidad de la persona? *

- En su rostro
- En el movimiento de sus brazos y manos
- En sus palabras
- En su tono de voz

¿Qué nivel de alerta o despreocupación observas cuando la persona expresa sus ideas? *

- Alerta
- Neutro
- Despreocupado
- No se percibe

¿En qué percibes la alerta-despreocupación de la persona? *

- En su rostro
- En sus gestos
- En sus palabras
- En su tono de voz

¿Qué tipo de disposición (actitud) percibes de la persona al expresarse? *

- Positiva
- Neutro
- Negativa
- No se percibe

A partir del desenvolvimiento de la persona en el video, ¿qué emoción te transmite? *

- Alegría
- Tristeza
- Enojo
- Miedo
- Angustia
- Resignación
- Placer
- Sorpresa
- Combinación de Emociones
- Ninguna

Si observas una emoción, ¿con qué intensidad la percibes? *

- Muy intensa
- Poco intensa
- Ninguna intensidad

No se percibe

La persona al momento de expresarse, ¿qué actitud observas? *

Empática

Neutra

Directiva

No se percibe

¿Cuál es la intención que busca la persona al realizar ese gesto? *

Ser asertivo (afirmaciones, reclamaciones, explicaciones e informes).

Ser directivo (sugerencias, peticiones, preguntas, orden y mandatos)

Ser compromisivo (promesas, juramentos, ofrecimientos o amenazas).

Ser declarativo (declarar un cambio en el estado de las cosas, bautizar, nombrar, inaugurar, despedir).

Ser expresivo (disculpas, quejas, otras expresiones de sentimientos y actitudes hacia algo).

En tu percepción ¿Cuál es el efecto que logra el gesto que realiza la persona (brazos y manos)? * Cada respuesta, incluye una breve descripción del concepto.

Informar [Cuando la intención es informar, se utilizan datos, hechos objetivos, sucesos, acontecimientos.]

Persuadir [Cuando se quiere convencer a alguien de algo]

Apelar [Para ordenar algo]

Advertir [Para prevenir sobre algún peligro, o avisar sobre algún riesgo.]

ANEXO D: DOMINIOS DE LOS ATRIBUTOS DE LA BASE DE DATOS DE LAS EXPRESIONES GESTUALES

a) DOMINIO DE LOS ATRIBUTOS DEL PERFIL DEL PERSONAJE

Consciencia	Neuroticismo	Extroversión	Agradabilidad	Apertura	Género
Muy organizada	Muy nerviosa	Muy extrovertido	Muy agradable	Abierta	Femenino
Organizada	Nerviosa	Extrovertido	Agradable	Indiferente	Masculino
Nada organizada	Neutro	Neutro	Neutro	Cerrada	
No se percibe	Relajado	Introverso	Nada agradable, grosero	No se percibe	
	Muy Relajado	Muy introverso	No se percibe		
	No se percibe	No se percibe			

b) DOMINIO DE LOS ATRIBUTOS DE ESTADO EMOCIONAL

Emoción	Intensidad de la emoción	Actitud	Estrés	Alerta	Agrado	Disposición
Alegría	Muy intensa	Empática	Muy Estresado	Alerta	Cómoda	Positiva
Tristeza	Poco intensa	Neutra	Estresado	Neutro	Neutro	Neutro
Enojo	Ninguna intensidad	Directiva	Neutro	Despreocupado	Incómoda	Negativa
Miedo	No se percibe	No se percibe	Relajado	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Angustia			Muy relajado			
Resignación			No se percibe			
Placer						
Sorpresa						
Combinación de Emociones						
Ninguna						

c) DOMINIO DE LOS ATRIBUTOS DE ACTOS DEL HABLA

Ilocutivo	Perlocutivo
Ser asertivo (afirmaciones, reclamaciones, explicaciones e informes).	Informar [Cuando la intención es informar, se utilizan datos, hechos objetivos, sucesos, acontecimientos.]
Ser directivo (sugerencias, peticiones, preguntas, orden y mandatos)	Persuadir [Cuando se quiere convencer a alguien de algo]
Ser compromisivo (promesas, juramentos, ofrecimientos o amenazas).	Apelar [Para ordenar algo]
Ser declarativo (declarar un cambio en el estado de las cosas, bautizar, nombrar, inaugurar, despedir).	Advertir [Para prevenir sobre algún peligro, o avisar sobre algún riesgo.]
Ser expresivo (disculpas, quejas, otras expresiones de sentimientos y actitudes hacia algo).	

ANEXO E: PUBLICACIONES

P. Alanis Maldonado, M.L. Morales Rodríguez, C.G. Gómez Santillán, A. Ramírez Hernández, y R.A. Pazos Rangel, “Towards a Gesture Selection Model influenced by Personality and Emotional State for Virtual Characters.,” Third Workshop of Hybrid Intelligent Systems at MICAI-2010, 2010.

J.G. De Araújo Júnior, **P. Alanis Maldonado**, y M.L. Morales Rodríguez, “Modelado de la Expresión no Verbal en un Personaje Virtual con Rol de Tutor,” 16th International Congress on Computer Science Research (CIICC'10), 2010.

J.G. De Araújo Júnior, **P. Alanis Maldonado**, M.L. Morales Rodríguez, C.G. Gómez Santillán, J.J. González Barbosa, y H.J. Fraire Huacuja, “Lupita: Software architecture for virtual characters on the internet and mobile devices,” Advances in Artificial Intelligence and Applications Research in Computing Science, vol. 51, 2010, págs. 165-171.

P. Alanis Maldonado, M.L. Morales Rodríguez, y C.G. Gómez Santillán, “Metodología para la Caracterización de Expresiones Gestuales Semióticas en Personajes Virtuales,” IV Encuentro de Investigadores, Dic. 2010.

Glosario

- Modelo Comportamental** se encarga modelar los procesos cognitivos, emocionales y de personalidad de un personaje virtual (Morales Rodríguez 2007).
- Exploración Háptica** se define como percibir información de superficies y texturas mediante el tacto (Earnshaw et al. 1993).
- Paraverbal** se refiere al aspecto no verbal que influye en el proceso de comunicación. Un ejemplo es la entonación (Pérez Grajales 2007) .
- Modelo Kinésico** se encarga de modelar las expresiones no verbales del personaje virtual (expresiones gestuales, faciales, corporales y posturas).
- Modelo Emocional** sintetiza las emociones del agente virtual para que este pueda expresarlas.
- Presencia** describe sentimientos subjetivos de percepciones sensoriales derivados de la experiencia de inmersión y depende del contexto, la sensación de presencia varía de una persona a otra en complejidad, intensidad y duración (Heeter 2003).
- ECA** Agentes Virtuales Corpóreos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argyle, M., 1988. *Bodily communication* 2nd ed., New York: Methuen.
- Austin, J.L., 1975. *How to do things with words* 2nd ed., Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Badler, N., 1997. Virtual humans for animation, ergonomics, and simulation. En *Workshop on Motion of Non-Rigid and Articulated Objects*. Perto Rico, pág 28.
- Ball, G. & Breese, J., 2000. Emotion and personality in a conversational agent. En *Embodied conversational agents*. Cambridge, Mass.: MIT Press, págs 189-219.
- Bosque, I. & Gutiérrez-Rexach, J., 2009. *Fundamentos de sintaxis formal*, Madrid: Akal.
- Cadoz, C., 1994. *Les réalités virtuelles: un exposé pour comprendre, un essai pour réfléchir*, Paris: Flammarion.
- Carnegie Mellon, U., 2010. *TETRAD*, Pittsburgh, PA.
- Cassell, J., 1998. A framework for gesture generation and interpretation. En *Computer vision in human-machine interaction*. Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, pág 191–215.
- Cassell, J. et al., 1994. Animated conversation: rule-based generation of facial expression, gesture & spoken intonation for multiple conversational agents. En *Proceedings of the SIGGRAPH 94 21st International ACM Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*. Orlando, FL. ACM, págs 413-420.
- Cifuentes Honrubia, J.L., 2006. *Los actos de habla*, Madrid: Liceus, Servicios de Gestión y Comunicación S.L.
- Cuadrado Alvarado, A., 2004. El imaginario de la creación de vida artificial y los personajes virtuales. *Comunicación: Revista Internacional de Comunicación Audiovisual, Publicidad y Estudios Culturales*, págs.13-28.
- Díaz Cadavid, A., 2009. *Diseño estadístico de experimentos 2a Ed.* 2nd ed., Colombia: Universidad de Antioquia.
- Darwin, C., 1998. *The expression of the emotions in man and animals* 3rd ed., London: Oxford University Press.
- Dean, A. & Voss, D., 1999. *Design and analysis of experiments*, New York: Springer.
- Dell'Acqua, P., 2005. Weighted multi dimensional logic programs. En *Computational Logic in Multi-Agent Systems*. FL, USA: Springer-Verlag Berlin, págs 169-174.

- Denzin, N.K. & Lincoln, Y.S., 2005. *The SAGE handbook of qualitative research* 3rd ed., Thousand Oaks: Sage Publications.
- Devore, J.L., 2008. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias Probability and statistics for engineering and sciences*. 7th ed., México, D.F.: Cengage Learning Latin America.
- Díez Freijeiro, S., 2006. *Técnicas de comunicación: la comunicación en la empresa*, Vigo: Ideaspropias.
- Durand, J., 1985. *Las formas de la comunicación*. Barcelona: Editorial Mitre.
- Earnshaw, R., Gigante, M.A. & Jones, H., 1993. *Virtual reality systems*, London ;;San Diego: Academic Press.
- Efron, D., 1941. *Gesture and environment*, New York: King's crown Press.
- Ekman, P., 2005. *Emotion in the human face* 3rd ed., Oxford: Oxford University Press.
- Ekman, P. & Friesen, W.V., 1969. The repertoire of nonverbal behavior: categories, origins, usage, and coding. *Semiotica*, (1), págs.49-98.
- Florencia Juárez, R., 2010. *Agente conversacional corpóreo que utiliza AIML para integrar procesos de personalidad*. Ciudad Madero, Tamaulipas: Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.
- Fonseca Yerena, M. del S., 2005. *Comunicación oral: fundamentos y práctica estratégica* 2nd ed., México: Pearson Educación.
- Frijda, N.H., 1988. The laws of emotion. *Human emotions: A reader*, págs.270-287.
- Glymour, C., 1999. *Computation, causation, and discovery*, Menlo Park, Calif.: AAAI Press.
- Gravetter, F. & Wallnau, L.B., 2011. *Essentials of statistics for the behavioral sciences* 7th ed., Belmont CA: Wadsworth.
- Guisande González, C., 2006. *Tratamiento de datos*, Madrid: Díaz de Santos.
- Hair, J. et al., 2010. *Multivariate data analysis: a global perspective* 7th ed., Upper Saddle River N.J.: Prentice Hall.
- Hargie, O., 2011. *Skilled interpersonal communication* 5th ed., London: Routledge.
- Heeter, C., 2003. Reflections on real presence by a virtual person. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 12(4), págs.335-345.
- Heise, D., 1975. *Causal analysis*, New York: Wiley.

- Jackson, S.L., 2010. *Statistics: plain and simple* 2nd ed., Belmont CA: Wadsworth/Cengage Learning.
- Jacobson, H., 2001. Lo que crees que has dicho no es lo que creen que has dicho. *Panace@*, 2(6), pág.85.
- John, O.P., 1990. The« Big Five» factor taxonomy: Dimensions of personality in the natural language and in questionnaires. *Handbook of personality theory and research*, págs.66-100.
- John, O.P. & Srivastava, S., 1999. The Big Five trait taxonomy: History, measurement, and theoretical perspectives. *Handbook of personality: Theory and research*, págs.102-138.
- Johnson, D., 2000. *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*, México: International Thompson Editores.
- Jurafsky, D. & Martin, J.H., 2009. *Speech and language processing: an introduction to natural language processing, computational linguistics, and speech recognition* 2nd ed., Upper Saddle River N.J.: Pearson Prentice Hall.
- Kendon, A., 1980. Gesticulation and speech: Two aspects of the process of utterance. *The relationship of verbal and nonverbal communication*, 25, pág.207–227.
- Kendon, A., 1988. How gestures can become like words. *Cross-cultural perspectives in nonverbal communication*, pág.131–141.
- Kipp, M., 2003. *Gesture generation by imitation: from human behavior to computer character animation*, Boca Raton, FL: Dissertation.com.
- Kleinbaum, D., Kupper, L. & Muller, K.E., 2008. *Applied regression analysis and other multivariable methods*. 4th ed., Belmont CA: Thompson.
- Kopp, S., 2010. Social resonance and embodied coordination in face-to-face conversation with artificial interlocutors. *Speech Communication*, 52(6), págs.587-597.
- Koyote Soft, 2010. *Free Video Converter*,
- Krueger, J., 2008. Nonverbal communication. En *Conflict Talk: Sociolinguistics Meets Pragmatics*. Lüneburg, Germany: GRIN Verlag, pág 20.
- Lalanne, D., 2009. *Human machine interaction*, Berlin: Springer.
- Leech, N., Barrett, K.C. & Morgan, B., George Arthur, 2005. *SPSS for intermediate statistics : use and interpretation* 2nd ed., Mahwah N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Lemeire, J., 2007. *Learning causal models of multivariate systems and the value of it for the performance modeling of computer programs*. PhD dissertation. Brussels, Belgium: Vrije Universiteit Brussel.

- Lewis, H., 2000. *Body language: a guide for professionals* 2nd ed., Delhi/Thousand Oaks/London: Sage Publications.
- Lomas, C. & Osoro, A., 1993. *Ciencias del lenguaje, competencia comunicativa y enseñanza de la lengua* 1st ed., Barcelona: Paidós.
- Mancini, Maurizio, 2008. *Multimodal distinctive behavior for expressive embodied conversational agents: Agents conversationnels animés avec comportements distinctifs*, Boca Raton, FL: Dissertation.com.
- Matsumoto, D. & Ekman, P., 2008. Facial expression analysis. *Scholarpedia*, 3, pág.4237.
- Matteo, A. et al., 2001. Una herramienta para generar mundos virtuales inmersivos. *Lectura en Ciencias de la Computación SIN* 1316-6239.
- Mayer, J.D., Caruso, D. & Salovey, P., 2000. Emotional intelligence meets traditional standards for an intelligence. *Intelligence*, 27(4), págs.267-298.
- McCrae, R.R. & John, O.P., 1992. An introduction to the five factor model and its applications. *Journal of personality*, 60(2), págs.175-215.
- McLachlan, G., 2004. *Discriminant analysis and statistical pattern recognition*, Hoboken N.J.: Wiley-Interscience.
- McNeill, D., 1995. *Hand and mind: what gestures reveal about thought*, Chicago: University of Chicago Press.
- Medellín Martínez, F., 2010. *Modelo de caracterización y selección de expresiones no verbales para su aplicación en agentes virtuales inteligentes*. Maestría. Ciudad Madero, Tamaulipas: Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.
- Mehrabian, A., 2007. *Nonverbal communication*, New Brunswick NJ: Aldine Transaction.
- Montgomery, D., 2009. *Design and analysis of experiments*, Hoboken, NJ: Wiley.
- Morales Rodríguez, M.L., 2007. *Modèle d'interaction sociale pour des agents conversationnels animés Application à la rééducation de patients cérébro-lésés*. PhD dissertation. Toulouse, France: Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, Université Paul Sabatier.
- Morales Rodríguez, M.L. & Pavard, B., 2008. Emotional and social immersion in virtual worlds: towards believable human-computer interaction. En *Proceedings of the 15th International Congress on Computer Science Research CIICC'08*. Aguascalientes, México, págs 229-235.
- Morris, C., 1992. *Psicología: un nuevo enfoque* 2nd ed., México: Prentice-Hall Hispanoamericana.
- Mukerjee, R., 2006. *A modern theory of factorial design*, New York: Springer.

- Mulder, A., 1996. *Hand Gestures for HCI: research on human movement behaviour reviewed in the context of hand centred input*, Canada: School of Kinesiology, Simon Fraser University.
- Neill, S. & Caswell, C., 1993. *Body language for competent teachers*, London: Routledge.
- Niewiadomski, R. et al., 2009. Greta: an interactive expressive ECA system. En *Proceedings of 8th Int. Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2009)*. Budapest, Hungary, págs 1399-1400.
- Oatley, K., Keltner, D. & Jenkins, J.M., 2006. *Understanding emotions*. 2nd ed., Oxford: Blackwell Pub.
- Ortony, A., Clore, G.L. & Collins, A., 1990. *The cognitive structure of emotions*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Pérez Grajales, H., 2007. *Lenguajes verbales y no verbales*, Bogotá D.C.: Coop. Editorial Magisterio. Available at: <http://books.google.com.mx/books?id=G9GrcLW63xQC>.
- Pérez Rosas, V., 2007. *Modelado causal del desempeño dealgoritmos metaheurísticos en problemas de distribución de objetos*. Maestría. Ciudad Madero, Tamaulipas: Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.
- Pearl, J., 2000. *Causality: models, reasoning, and inference*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Pearl, J. & Verma, T., 1991. A theory of inferred causation. En *Second International Conference on the Principles of Knowledge Representation and Reasoning*. Cambridge Mass., págs 441-452.
- Pedroza, H., Dicoovskyi, 2007. *Sistema de análisis estadístico con SPSS*, Managua: IICA.
- Rencher, A., 2002. *Methods of multivariate analysis* 2nd ed., New York: J. Wiley.
- Rodríguez Escanciano, I. & Hernández Herrarte, M., 2010. *Lenguaje no verbal: cómo gestionar una comunicación de éxito*, España: Netbiblo.
- Salkind, N., 2010. *Encyclopedia of research design*, Thousand Oaks Calif.: SAGE Publications.
- Sanchez, R. & Ledesma, R., 2007. Los cinco grandes factores: cómo entender la personalidad y como evaluarla. *Conocimiento para la transformación*, págs.131-160.
- Scheines, R. et al., 1994. *Tetrad II: tools for causal modeling*, Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum.
- Scherer, K. R., 1979. *Personality markers in speech*, Cambridge, England: Cambridge University Press.

- Scherer, Klaus R., 1998. Analyzing emotion blends. En *Proceedings of the Xth Conference of the International Society for Research on Emotions*. Würzburg, Germany: ISRE Publications, págs 142-148.
- Scherer, Klaus R., 1999. Appraisal theory. *Handbook of cognition and emotion*, págs.637-663.
- Scherer, K., Schorr, A. & Johnstone, T., 2001. *Appraisal processes in emotion : theory, methods, research*, Oxford, New York: Oxford University Press.
- Schröder, M. et al., 2001. Acoustic correlates of emotion dimensions in view of speech synthesis. En *Seventh European Conference on Speech Communication and Technology*. Citeseer.
- Searle, J., 1988. *Speech acts: an essay in the philosophy of language*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Spicer, J., 2005. *Making sense of multivariate data analysis*, Thousand Oaks Calif.: Sage Publications.
- Spirtes, P., 2001. An anytime algorithm for causal inference. En *Proceedings of Presence of Latent Variables and Selection Bias in Computation, Causation and Discovery*. MIT Press, págs 121-128.
- Spirtes, P., Glymour, C. & Spirtes, P., 2000. *Causation, prediction, and search*. 2nd ed., Cambridge Mass.: MIT Press.
- Stevens, J., 2002. *Applied multivariate statistics for the social sciences* 4th ed., Mahwah N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Strauss, M. & Kipp, M., 2008. ERIC: a generic rule-based framework for an affective embodied commentary agent. En *Proceedings of the 7th International Conference on Autonomous agents and Multiagent System (AAMAS 2008)*. Estoril, Portugal, págs 97-104.
- Su, W.P., Pham, B. & Wardhani, A., 2007. Personality and emotion-based high-level control of affective story characters. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, págs.281-293.
- Turrubiates López, T., 2005. *Clasificación de redes complejas usando funciones de caracterización que permitan discriminar entre redes aleatorias, power-law y exponenciales*. Ciudad Madero, Tamaulipas: Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.
- Urdan, T., 2005. *Statistics in plain English* 2nd ed., Mahwah N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Vallejo Seco, G., 1992. *Técnicas multivariadas aplicadas a las ciencias del comportamiento*, Oviedo: Servicio de Publicaciones Universidad.

- Velasco Sotomayor, G. & Marian Wisniewski, P., 2001. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*, México, D.F.: Thompson.
- Willer, D. & Walker, H.A., 2007. *Building experiments: testing social theory*, Stanford Calif.: Stanford Social Sciences.
- Witten, H.I. & Frank, E., 2005. *Data mining: practical machine Learning tools and techniques* 2nd ed., Elsevier.
- Wohlin, C. et al., 2000. *Experimentation in Software Engineering: an Introduction*, Boston: Kluver Academic Publishers.
- Yang, K. & Trewn, J., 2004. *Multivariate statistical methods in quality management*, New York: McGraw-Hill.