





Interacción Humano Robot en el Contexto de la Computación Afectiva

Asociando estados emocionales al comportamiento de un Robot.

Alan Roldan, Fernando Yapura, Jorge Ierache , Iris Sattolo. , Fernando Elkfury , Gabriela Chapperon. 

Escuela Superior de Ingeniería, Informática y Ciencias Agroalimentarias
Laboratorio de Sistemas Inteligentes y Enseñanza Experimental de la Robótica
Secretaría de Ciencia y Tecnología

Cabildo 134, Buenos Aires, Argentina

[\[jierache,aroldan,fyapura,isattolo,felkfury,gchapperon\]@unimoron.edu.ar](mailto:[jierache,aroldan,fyapura,isattolo,felkfury,gchapperon]@unimoron.edu.ar)

Resumen: Se presentan los resultados preliminares del desarrollo de un framework de interacción emocional Humano-Robot que contribuye con la configuración de estados emocionales, del tipo de robot (físicos o virtual) y sus acciones asociadas en respuesta al estado emocional. Para este proyecto, se trabajó en la integración de distintos sistemas entre ellos se destaca el software Emotion Detection Asset, que se encargará de reconocer emociones a través de expresiones faciales, capturadas por medio de una webcam o de una imagen importada desde un archivo; interfase de usuario por cual se puede realizar diferentes configuraciones; robots físicos (Roboreptile) y/o virtuales, para la representación o ejecución de acciones en respuesta a las emociones capturadas del humano, finalmente se realizan pruebas con software de reconocimiento de emociones propietario. En la primera sección “introducción” se presentan las características generales del área de computación afectiva, enfoque categórico de emociones, modelos multimodales y unimodales, emociones, finalmente se presenta una síntesis comparativa de los trabajos específicos de emociones y robots. En la segunda sección se presenta sintéticamente el problema, en la tercera sección se plantea la solución desarrollada, en la cuarta sección se presentan las pruebas preliminares, finalmente en la quinta sección se enuncian las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

. Keywords: Reconocimiento facial – robots – emociones – computación afectiva - expresiones faciales – framework

1. Introducción

Como parte de la nueva era digital, el reconocimiento facial se está convirtiendo en una tecnología con gran potencial. Esta puede ser aplicada en distintos ámbitos y combinada con distintos dispositivos, para desbloquear un celular, identificar personas, reconocer distintas emociones predominantes en un individuo, etcétera. En este trabajo se utilizó para detectar expresiones de felicidad, tristeza, sorpresa, asco, enojo, miedo y neutralidad, a través de gestos faciales. Se desarrolló un framework que ante una entrada responda con una determinada salida, integrando un software de reconocimiento facial con un robot. El primero, capturará la o las emociones a través de una imagen, esta puede ser una foto o una captura de una cámara en tiempo real y, a su vez, transmitir la emoción detectada, a un robot para que el mismo pueda expresarla de forma sintética y así poder simular la empatía del autómatas. Si bien el framework acepta distintas entradas (software de reconocimiento facial, ingreso de valores manuales, API), éstas no funcionan simultáneamente, es por eso por lo que no es considerado multimodal.

1.1 Computación Afectiva

La computación afectiva es una de las ramas más modernas de la ciencia de la computación. Tuvo sus orígenes en un grupo de investigación del Massachusetts Institute of Technology (MIT) y fue definida por Rosalind Picard en el año 1995 como “la informática que se relaciona con las emociones, no sólo con las consideradas más importantes, como la alegría o la tristeza, sino también con el interés, el aburrimiento o la frustración, que son las que se dan en relación con los ordenadores.” [1]. La computación afectiva representa uno de los desafíos actuales y emergentes en el campo de los sistemas y tecnologías de la información. Ésta se enfoca en el estudio y el desarrollo de sistemas y dispositivos que pueden reconocer, interpretar, procesar y estimular las emociones humanas. Rosalind Picard define que la computación afectiva es “la informática que se relaciona con las emociones, no sólo con las consideradas más importantes, como la alegría o la tristeza, sino también con el interés, el aburrimiento o la frustración, que son las que se dan en relación con los ordenadores” [2]. Su rápido crecimiento se ha visto reflejado en distintas ramas como seguridad, salud, marketing, robótica y educación, entre otras. Actualmente su objetivo es desarrollar dispositivos y sistemas que puedan reconocer, interpretar, procesar y/o simular las emociones humanas para mejorar la interacción entre el usuario y la computadora. Estos sistemas “afectivos” [3], por lo tanto, deben ser capaces de: 1) capturar y reconocer los estados emocionales del usuario a través de mediciones sobre señales generadas en la cara, la voz, el cuerpo, o cualquier otro reflejo del proceso emocional que se esté llevando a cabo; 2) procesar esa información clasificando, gestionando, y aprendiendo por medio de algoritmos que se encargan de recoger y comparar gran cantidad de casos, y que tienen en cuenta los estados emocionales del usuario y, en su caso, las determinadas por el ordenador; y, por último, 3) generar las respuestas y las emociones correspondientes, que pueden expresarse a través de diferentes canales: colores, sonidos, robots, o personajes virtuales dotados de expresiones faciales, gestos, voz, etc. [3].

1.2 Enfoque categórico

Paul Ekman, considerado uno de los psicólogos más destacados del siglo XX, ha sido un pionero en el estudio de las emociones humanas, y su relación con las expresiones faciales. En su libro “The repertoire of nonverbal behavior: categories, origins, usage and coding” [4] plantea la existencia de 6 expresiones faciales universales que trascienden el idioma y las diferencias regionales, culturales y étnicas, a las que relaciona con 6 emociones basales: 1) Enojo, 2) Asco, 3) Miedo, 4) Felicidad, 5) Tristeza, 6) Sorpresa. Años más tarde, en su trabajo [5] “Universals and Cultural Differences in the Judgments of Facial Expressions of Emotion”, adiciona una séptima expresión facial: Desprecio. El conjunto de las emociones mencionadas anteriormente conforma el enfoque categórico. (figura 1)

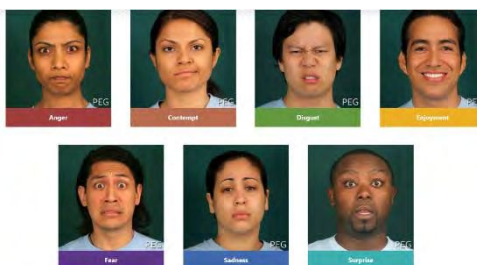


Figura N°. 1 Paul Ekman conjunto de siete emociones básicas y universales
Fuente de Imagen: <https://www.paulekman.com/universal-emotions/>

1.3 Enfoques unimodales y multimodales.

De acuerdo con los tipos de datos que se utilizan en los sistemas propuestos pueden clasificarse en sistemas unimodales, los que exploran una sola fuente de datos, y multimodales, los que combinan dos o más fuentes de datos. Para deducir el estado emocional de un individuo en un contexto multimodal se tiene que registrar, simultáneamente, diversa información biométrica.

Como trabajos unimodales se pueden citar como ejemplo a: [6] [7] y [8] en los cuales se captura el rostro a través de videos.

Trabajos como [9] agregan a la captura del rostro la posición de la cabeza. Como multimodales en [10] utilizan cuestionarios, teclado y micrófono; [11] utilizan movimientos del mouse y teclado y [12] captura de patrones de teclado. Se enuncian algunos ejemplos de trabajos multimodales que integran información fisiológica: [13] EMG Presión del volumen, Sanguíneo Conductividad de la piel Respiración, HR ECG, Volumen de respiración, Temperatura de la piel, [14] EEG HR Presión arterial GSR Respiración, [15] ECG (HRV) EEG.

En contextos multimodales existen interfaces que permiten sensar parámetros biométricos. En la actualidad se experimenta con el control de computadoras, dispositivos, robots, drones, juegos, etc. a través de Brain Control Interface (BCI o también conocidas como BMI, Brain Machine Interface), en la mayoría de los casos correspondiente a sistemas específicos e integrados a estos. En este orden podemos mencionar diversos desarrollos de control de Robots con el empleo de BCI orientados

a la navegación domótica [16] [17], otros empleos del BCI orientados al control de artefactos en un contexto de domótica [18].

1.4 Robots y Emociones

Se presenta en la tabla 1 una síntesis comparativa de trabajos en los cuales intervienen robots y transmisión de emociones, sumando la propuesta del presente artículo. Se seleccionaron las siguientes características para la comparación:

- Método de entrada: esta característica hace referencia a cómo el sistema adquiere la o las emociones. Entre ellos puede ser imagen, sonido, video, texto, etc.
- Representación a través de robot físico: esta característica hace referencia a si el sistema utiliza un robot real (Hardware) para representar la o las emociones capturadas.
- Representación a través de robot virtual: esta característica hace referencia a si el sistema utiliza un robot virtual (imágenes, avatar, etc) para representar la o las emociones capturadas.
- Robot utilizado: esta característica hace referencia al nombre del robot empleado en las pruebas.
- Acoplamiento: esta característica hace referencia a que tan dependiente es el sistema de sus distintos componentes. El acoplamiento puede ser bajo, medio o alto.
- Emociones percibidas: esta característica hace referencia a aquellas emociones que el sistema puede parametrizar y posteriormente representar.

Tabla N° 1 síntesis comparativa: Robots y Emociones

	Ierache et al [19]	Kishi[20]	Takato Horii [21]	Propuesta
Método de entrada	Captura de rostro (cámara). Neurosky Emotiv. Sensores fisiológicos.	Detección de la cercanía de un objeto a través de la visión del robot (cámara).	Visión del robot (cámara) Sonido (micrófonos)	Software de reconocimiento facial (cámara o imágenes). Ingreso manual de valores de emociones (teclado). Código abierto para futuras líneas de trabajo.
Rep. Robot físico	si	si	Si	Si
Rep. Robot virtual	no	no	no	Si
Robot	Bípodo Robosapiens V1 Wow Wee Robotics	KOBIAN-R humanoid robot	Robot iCub	Roboreptile Avatar virtual

	Robot móvil Lego NXT			
Acoplamiento	Bajo	Alto	Alto	Bajo
emociones	Circunflejo de Russel	Neutral, felicidad, sorpresa, asco	Neutral, Felicidad, Enojo, Tristeza, Valencia emocional	Felicidad, Tristeza, Sorpresa, Asco, Enojo, Miedo, Desprecio, Neutral (extra)

Particularmente la propuesta articula con un bajo acoplamiento, permitiendo integrar distintos robots, físicos y virtuales

2. Problema

Si bien existen múltiples proyectos similares, la mayoría de ellos sólo se centran en las expresiones y el reconocimiento de las emociones. Además, éstos se encuentran fuertemente acoplados (dedicados a un robot específico), con lo cual realizar modificaciones o agregar nuevas funcionalidades implica un gran esfuerzo, y hasta se hace imposible. Por el contrario, este trabajo se basa en el desarrollo de un Framework, el cual permite distintas entradas, así como múltiples salidas con un bajo acoplamiento entre sus partes, Es unimodal y de código abierto.

3. Solución desarrollada

Se desarrolló un framework que permite al usuario la configuración de estados emocionales desacoplados del tipo de robot (físico o virtual) que los representa. Dicho framework permite la interacción e integración entre distintos sistemas, sin romper su premisa de bajo acoplamiento. Para este proyecto, se trabajó en la integración de distintos sistemas: software Emotion Detection Asset, que se encargará de reconocer emociones a través de expresiones faciales, capturadas por medio de una webcam o de una imagen importada desde un archivo; UI por la cual se puede realizar diferentes configuraciones; robots físicos (Roboreptile) y/o virtuales, para la representación de las emociones capturadas o ingresadas manualmente; interfaz de transmisión (USB UIRT o pantalla); API, que abre el framework para ser consumido a través de la red. La figura N° 2 representa el modelo conceptual del sistema propuesto

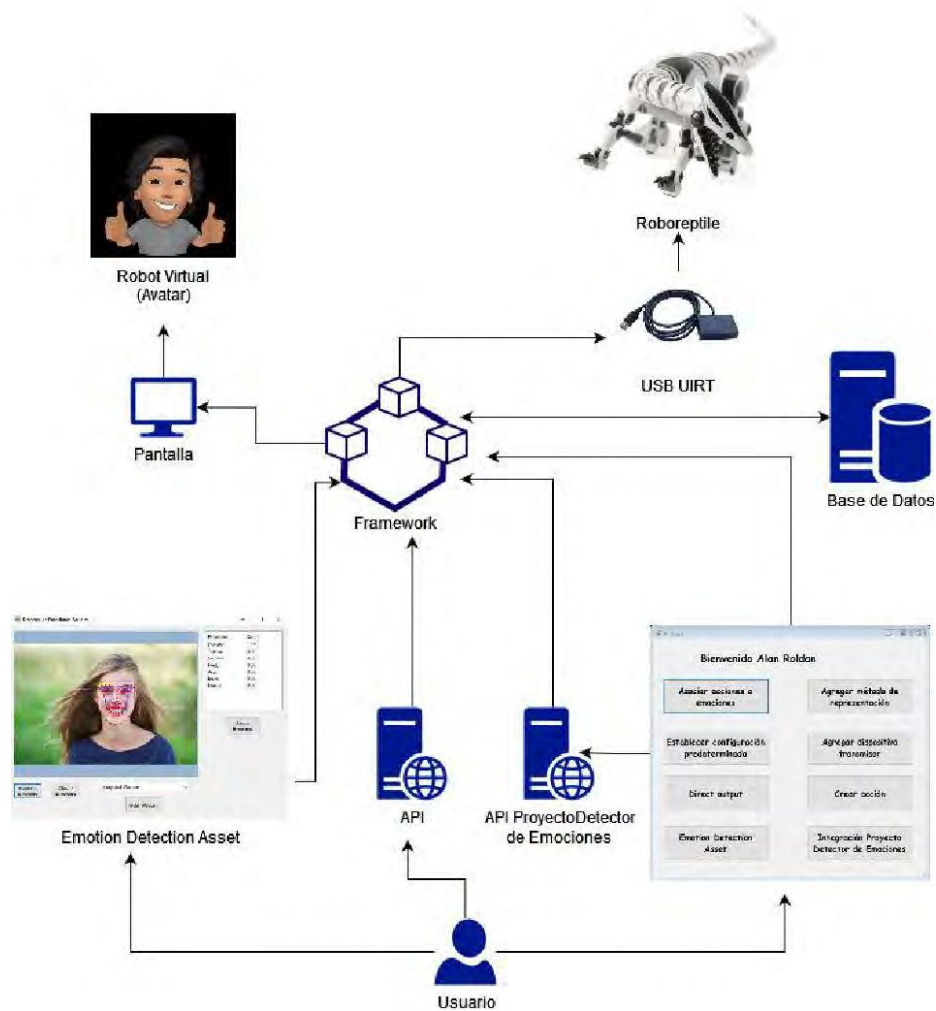


Figura 2 modelo conceptual

El framework propuesto (Figura 3) presenta en particular la asociación de emociones a acciones del robot en respuesta a las emociones detectadas del humano, la posibilidad de seleccionar el método de representación, física (robot) o virtual (avatar), el dispositivo de transmisión al robot: monitor en caso de avatar, en robots físicos (wi fi, USB UIR (IR), Emociones habilitadas, y acciones asociadas a partir de movimientos configurados previamente desde la función de carga de configuración predeterminada.



Figura 3 Framework Asociar acciones a emociones

4. Pruebas

Las pruebas tienen como objetivo verificar y validar el correcto funcionamiento de las distintas partes que componen el sistema, para demostrar que el framework pueda funcionar de manera independiente, así como también de manera conjunta con los otros componentes. En total se realizaron tres pruebas, las cuales se abordarán a continuación. Para el desarrollo de estas se utilizó un sujeto de prueba masculino, otro femenino y se verificó el funcionamiento de la API. Esta prueba fue realizada por miembros del equipo, con lo cual se conocía cómo configurar el sistema. Se esperaba que la API responda efectivamente o con un mensaje de error al request realizado a través de Postman, y así también transmitir al dispositivo de representación la emoción especificada.

4.1 Prueba general

Las pruebas con avatar pueden ser visualizadas [22] y con robot físico pueden ser visualizadas en [23], los resultados obtenidos fueron alentadores, el sistema es lo suficientemente intuitivo para un usuario promedio. También se observó la correcta interacción entre la interfaz y el framework, ya que al momento de transmitir una emoción al dispositivo de representación todo funcionó según lo esperado.

4.2 Prueba de API

Al utilizar Postman[24] para realizar esta prueba, se pudo observar fácil y rápidamente el comportamiento de la API, ya que esta responde con la representación de la emoción a través del dispositivo configurado, y además envía un mensaje a quien genere el post request.

4.3 Pruebas de Integración con Proyecto "Reconocimiento de Emociones Mediante Expresiones Faciales a Través de Regresión Logística"

Mediante esta integración se busca demostrar que es posible y relativamente sencillo agregar distintos softwares de reconocimiento facial a nuestro framework. En este caso, se integrará con el proyecto desarrollado por Carlos Barrionuevo. [25] La integración consiste en contactar la API de reconocimiento facial, enviándole una imagen para que esta sea analizada y luego devuelva la emoción predominante en la misma. Una vez instaladas las librerías necesarias para que el sistema de reconocimiento funcione, se procedió a desarrollar una nueva interfaz para poder demostrar de manera sencilla la conexión entre ambos. Para el usuario que analiza la imagen, es transparente, por lo cual hay que visualizar el código para observar las llamadas a la API. (Figura N° 4). En la línea 50 "IRestResponse response = client.Execute(request);" está realizando una llamada a la API (definido en la línea 46), a través del método POST (definido en la línea 48). A continuación, guardamos la respuesta de la API en la variable OUTPUT, la cual contiene un string, sin formato, con el contenido de la emoción predominante. Ya parseado el resultado, se genera una instancia de la clase Salida, la cual contiene las distintas funciones que transmiten la emoción de acuerdo con la configuración almacenada en la base de datos, para poder representarla, ya sea a través del robot o del avatar.

```
44 private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
45 {
46     var client = new RestClient("http://127.0.0.1:8000/upload");
47     client.Timeout = -1;
48     var request = new RestRequest(Method.POST);
49     request.AddFile("archivo", path);
50     IRestResponse response = client.Execute(request);
51     string output = response.Content;
52     var salida = output.Split(new string[] { "emocion_predicha&#34;; &#34;" }, StringSplitOptions.None)[1];
53     salida = salida.Split(new string[] { "&#34;" }, StringSplitOptions.None)[0];
54     button2.Enabled = false;
55     salida emocionSalida = new Salida();
56     emocionSalida.transmitirEmocion(salida.ToString());
57 }
```

Figura 4. Código conexión contra API

4.4 Discusión de los resultados

El desarrollo experimental alcanzado permite, en comparación a los trabajos indicados en el estado del arte (Tabla N° 1 Síntesis comparativa: Robots y Emociones), alcanzar un bajo acoplamiento permitiendo la integración abierta a distintos robots físico o virtuales con sus formas de comunicación, como así también en forma independiente generar los métodos de comportamiento del robot y asociarlos a una o más emociones identificadas.

6. Conclusión y futuras líneas de trabajo

El desarrollo experimental realizado permitió integrar exitosamente el registro de emociones humanas bajo el enfoque categórico con la respuesta de acciones por parte del robot físico o virtuales, facilitando la integración de distintas fuentes de registro

emocionales, como así también robots. Futuras líneas de trabajo se orientarán bajo enfoques de registro de emociones multimodales, como voz, variación de ritmo cardiaco, conductancia de piel, EEG, entre otras, todas estas fusionadas bajo un enfoque dimensional con valores de excitación, valencia.

El presente trabajo se desarrolló en el marco PICTO-UM-2019-00005 – “Influencias del estado biométrico-emocional de personas interactuando en contextos de entornos simulados, reales e interactivos con robots”.

Referencias

- [1] R. Picard, *Affective Computing*, 1995.
- [2] Picard, R. (2000). *Affective Computing*. En T. M. Press, *Affective Computing* (pp. 4-8). Cambridge Massachusetts: The Mit Press.
- [3] S. Baldassarri, «Computación Afectiva: tecnología y emociones para mejorar la experiencia de usuario.» *Revista Institucional de la Facultad de Informática | UNLP*, 2016.
- [4] P. Ekman, *The repertoire of nonverbal behavior: categories, origins, usage and coding*, 1969.
- [5] P. Ekman, W. V. Friesen, M. O'Sullivan, A. Chan, I. Diacoyanni-Tarlatzis, K. Heider, R. Krause, W. A. LeCompte, T. Pitcairn, P. E. Ricci-Bitti, K. Scherer y M. Tomita, «Universal and cultural differences in the judgments of facial expressions of emotion» 1987.
- [6] D. T. van der Haar, «Student Emotion Recognition» de *International Conference on Human-Computer interaction*, 2019.
- [7] R. Zatarain Cabada, M. L. Barron Estrada, G. Halor-Hernandez y C. A. Reyes-García, «Emotion Recognition in Intelligent Tutoring Systems» de *Mexican International Conference on Artificial Intelligence*, México, 2014.
- [8] Z. Wei-Long y L. Bao-Liang, «Investigating Critical Frequency Bands and Channels for EEG-Based Emotion Recognition with Deep Neural Networks» de *IEEE TRANSACTIONS ON AUTONOMOUS MENTAL DEVELOPMENT*, VOL. 7, NO. 3, SEPTEMBER 2015, IEEE, 2015, pp. 162-175.
- [9] R. Xu, J. Chen, J. Han, L. Tan y L. Xu, «Towards emotion-sensitive learning cognitive state analysis of big data in education deep learning-based» de *Computing*, Austria, Springer Viena, 2019, pp. 1-16.
- [10] E. Alepis y M. Virvou, «User Modeling: An Empirical Study for Affect Perception Through Keyboard and Speech in a Bi-modal User Interface,» de *International Conference on Adaptive Hypermedia and adaptive Web-Based Systems*, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [11] S. Salmeron-Majadas, O. Santos y J. Boticario, «An evaluation of mouse and keyboard interaction indicators towards non-intrusive and low-cost affective modeling in an educational context» de *18th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems - KES2014*, 2014.
- [12] E. Calot, J. Ierache y W. Hasperué, «Robustness of keystroke dynamics identification algorithms against brain-wave variations associated with emotional

- variations» de Intelligent Systems and applications, Londres, Springer Cham, 2019, pp. 194-211.
- [13] M. Wiew y Z. Lachiri, «Emotion Classification in Arousal Valence Model using MAHNOB-HCI Database,» *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, pp. 1-6, 2017.
- [14] J. Healey, R. Picard y E. Vyzas, «Toward Machine Emotional Intelligence: Analysis of Affective Physiological State» de *Pattern Analysis & Machine Intelligence*, IEEE, 2001, pp. 1175-1191.
- [15] J. Marín-Morales, J. Higuera-Trujillo, A. Greco, J. Guixeres, C. Llinares, E. Scilingo, M. Alcañiz y G. Valenza, «Affective computing in virtual reality: emotion recognition from brain and heartbeat dynamics using wearable sensors» *Scientific Reports*, 2018.
- [16] J. Ierache, G. Pereira y J. Iribarren, «Navigation Control of a Robot from a Remote Location via the Internet Using Brain-Machine Interface» de *Robot Intelligence Technology and application*, Springer Cham, 2014, pp. 297-310.
- [17] J. Ierache, G. Pereira, J. Iribarren y I. Sattolo, «Robot Control on the Basis of Bioelectrical Signals»,» de *Robot Intelligence Technology and Applications 2012*, Korea, Springer, 2012, pp. 337-346.
- [18] J. Ierache, F. Nervo, G. Pereira y J. Iribarren, «Estado Emocional Centrado en Estímulos, Aplicando Interfase Cerebro-Maquina,» de *XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (Buenos Aires, 2014)*, Buenos Aires, 2014.
- [19] J. S. Ierache, R. Nicolosi, G. Ponce, C. Cervino y E. Eszter, «Influencias del estado biométrico emocional de personas interactuando en contextos de entornos simulados, reales e interactivos con robots,» *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste)*. ISBN: 978-987-3619-27-4, Páginas: 785-789
- [20] Kishi. M. I. T., «Impression Survey of the Emotion Expression Humanoid Robot with Mental Model based Dynamic Emotions» 2013.
- [21] Takato Horii Y. N. a. M. A. *, «Imitation of human expressions based on emotion estimation by mental simulation» 2016.
- [22] Prueba Avatar :
<https://drive.google.com/file/d/1L2xlGDrKfcLWsXjmn5d1N1m7RO0ArzkP/view?usp=sharing>
- [23] Prueba Robot :
<https://drive.google.com/file/d/1udy2xy8XL1QqsjtrxuCPXHIKaDKVVYQq/view?usp=sharing>
- [24] <https://www.postman.com/> vigente Julio 2022
- [25] C. Barrionuevo, J. Ierache e I. Sattolo, Reconocimiento de Emociones Mediante Expresiones Faciales a Través de Regresión Logística, *XXVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC) (Modalidad virtual, 5 al 9 de octubre de 2020)*, ISBN: 978-987-4417-90-9, Páginas: 491-5002021.