

EL PROCESO CREATIVO DETRÁS DE LA FÍSICA Y MECÁNICA DEL MOVIMIENTO ANIMADO

THE CREATIVE PROCESS BEHIND THE PHYSICS AND MECHANICS OF ANIMATED MOTION

RESUMEN

Este artículo explora y expande el principio de superposición y continuación del movimiento, con el objetivo de proporcionar un enfoque más aplicable y completo a través de la organización y ampliación de sus atributos fundamentales, estableciendo así una base sólida para la investigación. El nuevo enfoque relaciona los elementos esqueléticos, masas secundarias y apéndices con los tres niveles de acción y aborda el aspecto relacionado con la estilización del movimiento. En busca de una metodología más efectiva, se propone un método gráfico que permite analizar y comparar el nivel de estilización de los atributos y nuevos conceptos presentes en este principio. Para comprobar la funcionalidad de esta propuesta, se aplica sobre dos casos prácticos, en los que se consiguen representar y analizar las principales propiedades existentes en las acciones animadas.

ABSTRACT

This article delves into an in-depth exploration and enhancement of the principle of follow through and overlapping action. The primary objective is to present a pragmatic and all-encompassing approach that systematically organizes and augments its foundational components. This innovative framework interconnects the skeletal components, secondary masses and appendages with the tripartite levels of action and addresses the aspect related to the stylization of movement. In the pursuit of a more effective methodology, a graphical tool is designed. This instrument facilitates the systematic analysis and juxtaposition of attribute stylization levels, along with the novel facets of follow through and overlapping action. To validate the utility of this proposal, it is applied to two case studies, representing, and dissecting the principal properties inherent in animated actions.

ÁNGEL-JOSÉ-F. LAMOSA

Facultad de Ciencias de la Comunicación,
Universidade da Coruña

VICENTE LÓPEZ-CHAO

Escuela Técnica Superior de Arquitectura,
Universidade da Coruña



PALABRAS CLAVE:

Principios de animación, superposición y continuación del movimiento, creatividad, comunicación, análisis de la acción, ilusión de la vida

KEY WORDS:

Principles of animation, follow through & overlapping action, creativity, communication, action analysis, illusion of life

DOI:

<https://doi.org/10.4995/caa.2024.20240>

Biografías

Ángel-José-F. Lamosa (Pontevedra, 1984) es profesor en la UDC con un amplio recorrido profesional en el sector de la animación. Licenciado en Bellas Artes por la UPV con especialización en Escultura y Comunicación Audiovisual y titulado superior en Cine de Animación por la ECAM. Su experiencia profesional como asistente de producción, animador stop-motion, animador 3D, rigger y artista conceptual en proyectos como *Tadeo Jones*, *Clay Kids*, *Helen's little school*, *A trote...* le ha permitido obtener una amplia visión del sector de la animación y los videojuegos que comparte en clase impartiendo asignaturas como Animación de Personajes, Rigging y Arte Conceptual.

Vicente López-Chao es arquitecto por la University College Dublin (BSc Architectural Science y BSc Architecture). Es doctor en educación (2017) y doctor en arquitectura (2021), formación que complementa con otros másteres universitarios de docencia y de diseño. Actualmente es profesor de Arte de concepto y Análisis arquitectónico en la Universidade da Coruña. Sus líneas de investigación se centran en el desarrollo y aplicación de estrategias de análisis gráfico como herramienta para entender y construir conocimiento científico de arquitectura, diseño y comunicación y mejorar sus procesos en la enseñanza-aprendizaje.

Introducción

La animación implica la cuidadosa combinación de numerosos elementos simples en una secuencia lógica y progresiva (Williams, 2019 [2001]: 21), con el objetivo de representar de una forma creíble el movimiento y las emociones del sujeto animado y así, en última instancia, cautivar a la audiencia. Es un arte en constante evolución construido alrededor de los denominados 12 principios de la animación,¹ los cuales fueron desarrollados en la primera mitad del s. XX en The Walt Disney Studios y recopilados en el libro *The Illusion of life. Disney Animation* (Thomas, Johnston, 1995 [1981]) con el objetivo, al igual que otros manuales, de establecer las bases teóricas

y prácticas necesarias para conseguir animar movimientos creíbles. En este aspecto, el principio “follow through & overlapping action” desempeña un papel fundamental, ya que está estrechamente relacionado con la física y mecánica del movimiento. Sin embargo, a pesar de su importancia y de las necesarias actualizaciones realizadas por otros artistas y académicos como Thomas Thesen o John Lasseter, existe la necesidad de una exploración más profunda de este principio, realizada desde un punto de vista más completo y centrado en el análisis de la estilización de la física y mecánica del movimiento animado, con el objetivo de presentar novedades capaces

de enriquecer su comprensión, análisis y evaluación. Se trata, por tanto, de ofrecer una nueva perspectiva capaz de rellenar el hueco existente entre la aplicación y creación de la animación.

La importancia de este estudio radica en su potencial para mejorar la observación y análisis de la física y mecánica de la acción animada, a través de un método de representación gráfico que también podrá ser utilizado por los animadores como una herramienta para conseguir movimientos animados más sólidos y precisos, independientemente de su grado de similitud con la realidad.

En este sentido, los objetivos de esta investigación son múltiples. En primer lugar, se pretende desglosar los atributos del “follow through & overlapping action” —resistencia, arrastre, superposición y continuación— implicados fundamentalmente en la estilización de la física y mecánica del movimiento, utilizando un enfoque más analítico; reforzando así los conceptos existentes en la literatura especializada y estableciendo una base sólida para su análisis y posterior expansión, al relacionarlos con las principales fases en las que se divide habitualmente una acción —anticipación, acción y reacción—. A continuación, se abordarán las interacciones entre los elementos esqueléticos, las masas secundarias y los apéndices con los tres niveles de jerarquía en los que se divide toda acción —movimientos primarios, secundarios y terciarios— y que utilizaremos para comprender y representar

la manera en la que el hipocentro del flujo de energía interviene en cada elemento animado. Teniendo en cuenta la trayectoria de la fuerza, se expondrá un método de análisis que nos ofrecerá la posibilidad de determinar el grado de estilización representado. Para ello, se presenta un método innovador basado en la superposición gráfica, que permite detectar y representar la trayectoria de los elementos primarios, es decir, las partes del sujeto animado en las que se genera la fuerza motriz del movimiento y la relación jerárquica de cada elemento con ese flujo de energía a través de un código de colores. Mediante la aplicación de este enfoque a dos casos prácticos distintos, *Lilo & Stitch* (Dean DeBlois, Chris Sanders, 2002) y *Los Mitchell contra las máquinas* (*The Mitchells vs. the machines*, Mike Rianda, 2021), se busca ilustrar cómo este método puede adaptarse a diversas secuencias animadas, de diferentes épocas, estilos y técnicas, ofreciéndonos así la posibilidad de analizar y comparar la estilización de la física y mecánica del movimiento y demostrando su viabilidad.

En resumen, las novedades de la investigación radican en la expansión y redefinición de los atributos del “follow through & overlapping action”, y en la introducción de nuevos atributos de estilización para adaptarlos a procesos más relacionados con la investigación. Además, se diseña un método gráfico innovador que permite un análisis objetivo y comparativo, contribuyendo así a la comprensión y mejora de los procesos creativos en la animación.

01

Los principales conceptos del principio de “follow through & overlapping action”

Antes de profundizar en los atributos del “follow through & overlapping action”, es necesario detenernos en la terminología y definición de este principio. Esta pausa tiene como propósito establecer una nomenclatura en nuestro idioma que esté más vinculada a la aplicación práctica de este principio, y menos a la mera traducción de “follow through & overlapping action”, que suele generar cierta confusión. El término más empleado en español para referirse a este principio es *movimiento continuo o seguimiento y/o acción superpuesta*, tal y como se aprecia en el sector profesional de la animación y en algunos libros traducidos como *Técnicas de animación. Dibujos animados, animación 3D y videojuegos* (2019 [2001]) de Richard Williams, así como en textos originales en español como *El dibujo animado* (2004) de Sergi Cámara. Sin embargo, se ha detectado que en las traducciones de la literatura especializada se utilizan diferentes terminologías para referirse a este principio y sus atributos. Además, dichas traducciones suelen ser literales y no están basadas en la observación y el análisis profundo del sentido de la definición existente en el idioma original. Por ello, entendemos necesario abrir este debate aportando una nueva propuesta.

En inglés, “follow through” hace referencia a la continuación de una acción, por ejemplo, al movimiento que completa la acción de golpear una pelota con la raqueta de tenis, es decir, al balanceo de los brazos que continúan la acción del golpe hasta detenerse o reactivarse con una nueva acción. En animación, el objetivo

de este movimiento que complementa la acción es evitar la rigidez que se observa cuando el sujeto animado termina la acción. En otras palabras, el sujeto animado no debería detenerse abruptamente, y para lograrlo, sus diferentes partes deben realizar y completar el movimiento en momentos distintos. Como Walt Disney mencionaba, “primero es una parte y luego la otra” (citado en Thomas y Johnston, 1995 [1981]: 59). Observamos que esta definición hace referencia a la forma en la que se configuran los movimientos de los elementos para completar de forma correcta la acción representada.

Este objetivo conllevó a que los apéndices que cuelgan del sujeto animado siguieran moviéndose después de que la figura principal se detuviera. También implicó que los distintos elementos del cuerpo dejaran de moverse simultáneamente al estirarse, girar o comprimirse. Igualmente, la masa secundaria del sujeto animado comenzó a moverse a una velocidad más lenta que el resto de la figura debido a la resistencia, dando lugar al efecto de arrastre. Asimismo, la capacidad descriptiva del momento final de la acción, conocida como reacción, empezó a ser considerada como un elemento esencial de la acción. Finalmente, los dibujos sostenidos en el tiempo dejaron de ser dibujos estáticos y carentes de dimensión al completar con el “follow through & overlapping action” las acciones animadas.

Debemos tener en cuenta que el “follow through” hace referencia al concepto del movimiento y que éste puede ser

representado de múltiples maneras utilizando las propiedades de otros principios. De esta manera, se puede amortiguar una acción estirando y aplastando de forma solapada las diferentes partes del sujeto animado o decelerando en diferentes momentos los elementos animados.

Es evidente que el término *movimiento continuo* o *seguimiento* y/o *acción superpuesta* no abarca toda la complejidad de este principio. Además, en español, la palabra *seguimiento* puede confundirse con el efecto de *arrastre*, uno de los atributos de este principio. Asimismo, el *movimiento continuo* no sugiere la concreción del movimiento. Similarmente, el término *acción superpuesta* o *solapada* no engloba todo el espectro de aplicaciones atribuidas a este principio cuando, por ejemplo, varios elementos del sujeto animado se superponen para conseguir mayor dinamismo. Debido a la ausencia en español de un término específico capaz de definir el movimiento que completa una acción, se propone que la traducción al español del principio "follow through & overlapping action" sea *superposición y continuación del movimiento*. En el contexto de la acción animada, este concepto se acerca más a la definición del "follow through",² ya que sugiere

que la acción iniciada debe extenderse y permanecer más tiempo a través de la atenuación progresiva y/o superpuesta del movimiento que continúa y completa la acción principal.

Además, simplificar la terminología al eliminar la palabra *acción*, permite focalizar toda la complejidad de este principio en la física del movimiento,³ alejándolo así de la intención impresa en la acción,⁴ así como sus atributos clave: la *resistencia*, el *arrastre*, la *superposición* y la *continuación*.

La *resistencia* hace referencia a la fuerza opuesta que actúa sobre los elementos del sujeto animado al iniciar el movimiento principal. El volumen, peso y grado de funcionalidad en el movimiento motriz de cada parte del sujeto animado, determinarán el nivel de resistencia manifestado, es decir, el lapso desde el inicio del movimiento hasta que el elemento empieza a ser arrastrado.

El efecto de *arrastre* surge cuando los apéndices o elementos del sujeto animado se mueven arrastrados por la acción principal. En este contexto, es esencial considerar la "resistencia al avance" (Webster, 2006 [2005]: 70), ya que la inercia de un

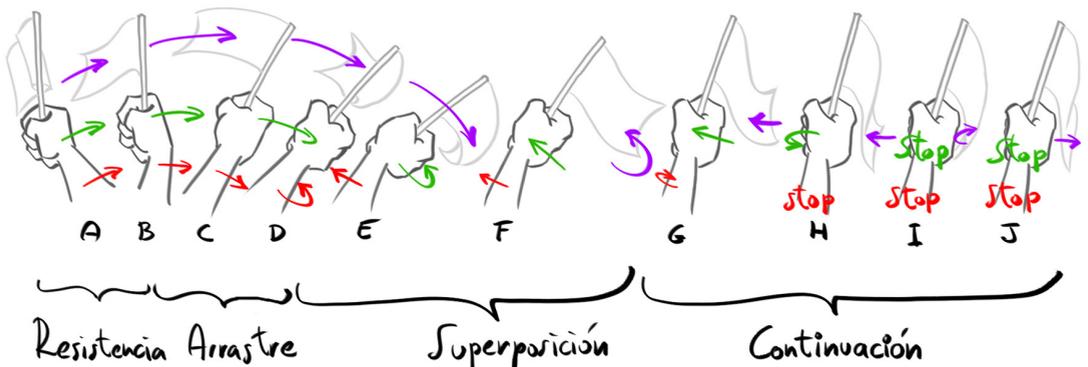


Fig. 1. Análisis de los principales conceptos relacionados con la superposición y continuación del movimiento. Fuente propia adaptada de *El dibujo animado* (Cámara, 2004: 138).

elemento o apéndice del sujeto animado puede ser vencida en diferentes momentos conforme el movimiento empieza a desplegarse. En otras palabras, los apéndices o elementos del sujeto animado seguirán la trayectoria de la acción principal de manera escalonada en función de su masa y continuarán moviéndose en la misma dirección aun cuando se produzca algún cambio en la acción central.

La *superposición* hace referencia a la variación en la velocidad y trayectoria de los movimientos de los diferentes elementos del sujeto animado durante la acción, con el fin de añadir más dinamismo (Williams, 2019 [2001]: 225). Esto implica que las diversas y cambiantes velocidades atribuidas a los diferentes elementos del sujeto animado causarán que dichas partes se solapen durante la acción animada. También se refiere al movimiento resultante del arrastre cuando la acción principal se detiene o realiza un cambio de dirección. En consecuencia, los elementos arrastrados mantienen su trayectoria debido a la inercia, generando una superposición con relación al elemento principal (Cámara, 2004: 141).

La *continuación* es un recurso que alude a la atenuación progresiva y/o superpuesta del final de una acción, es decir, cuando el sujeto animado se detiene gradualmente durante un periodo de tiempo determinado, con el propósito de preservar la sensación de vida alcanzada durante la acción. Esto se logra al hacer que las partes y apéndices del sujeto animado se detengan en momentos distintos, consiguiendo que “los sujetos animados queden estáticos, pero no completamente inmóviles” (Thomas, Johnston, 1995 [1981]: 61).

Para entender mejor la *continuación* del movimiento, es necesario hablar de las tres fases en las que se divide el movimiento animado: “anticipación, acción y reacción” (Blair, 1999 [1994]: 136). Siguiendo las palabras de Charlie Chaplin: “Cuenta que es lo que vas a hacer, hazlo y cuenta que es lo que has hecho” (citado en Williams, 2019 [2001]: 273). Si la anticipación es el movimiento que anuncia la acción principal, la reacción es su consecuencia, emergiendo como resultado de la energía acumulada durante la anticipación y liberada durante la acción principal. Al igual que la anticipación, la fase de reacción en la que se suele utilizar el atributo de continuación, otorga mayor credibilidad al conjunto de la animación. Cuando la acción animada implica la parada del sujeto tras la finalización del movimiento, estamos añadiendo en la fase de reacción la fase de *recuperación*, en la que el sujeto animado “tiende a volver a su estado de reposo, equilibrio y naturalidad” (Cámara, 2004: 130) haciendo uso de la continuación del movimiento.

Del mismo modo, debemos tener en cuenta que el atributo de *continuación* del movimiento se puede representar a lo largo de toda la acción, con el objetivo de mantener en el tiempo la anticipación o la acción para conseguir acciones más creíbles.

En esencia, estos conceptos ya desarrollados en la primera mitad del s. XX, buscan imitar la física del movimiento que podemos observar en la vida real, con el objetivo de conseguir acciones animadas más creíbles, pero no reales, es decir, el objetivo del principio de superposición y continuación del movimiento no es reproducir lo que se puede observar en la realidad, sino estilizar las propiedades relacionadas con la física del movimiento.

02

La relación entre el sujeto animado, la energía y el movimiento

Para poder analizar la aplicación de los atributos de la superposición y continuación del movimiento, debemos entender las características físicas y funcionales del elemento animado. En este aspecto, existen dos componentes distintos que operan de manera diferenciada en función de sus particularidades físicas y funcionales.

Los *elementos esqueléticos* constituyen las partes integrantes de la estructura global del sujeto animado, relacionándose jerárquicamente a través de sus articulaciones. El conocimiento anatómico y funcional del sujeto animado resulta crucial para poder realizar la planificación inicial del movimiento (Gilbert, 2014 [1999]: 3). Este conocimiento fundamental permite seleccionar e identificar con mayor precisión la parte del sujeto animado que lidera

la acción y la manera en la que la energía se disemina, de dentro hacia fuera, a lo largo del esqueleto del personaje.

Cabe destacar que la jerarquía de los elementos esqueléticos depende del tipo de estructura del sujeto animado. No es igual para un cuadrúpedo que para un bípedo, o incluso para un vehículo antropomórfico. Por otro lado, esta jerarquía también está determinada por el tipo de acción que se anima y la personalidad inherente al sujeto animado. Por ejemplo, un personaje extremadamente curioso y extrovertido podría emplear su cabeza como la parte del cuerpo que dirige la acción, acentuando así su personalidad y elevando el nivel de estilización del movimiento animado. Denominaremos esta relación jerárquica como *jerarquía funcional*, ya que se centra

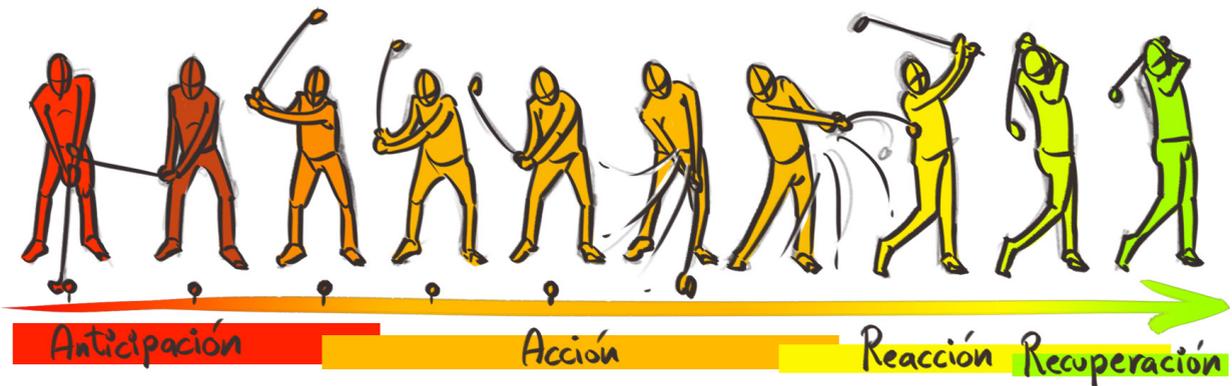


Fig. 2. Las fases en las que se divide una acción animada completa. Elaboración propia.

en el conocimiento de la estructura del sujeto animado y la manera en la que se comportará en una acción determinada.

El resto de los elementos sujetos a la superposición y continuación del movimiento son aquellos que no forman parte de la estructura de locomoción del sujeto animado. Podemos clasificarlos en dos categorías:

- Las *masas secundarias* comprenden las áreas más periféricas del volumen del sujeto animado y que debido a sus características físicas relacionadas con su densidad y peso, tienden a fluir alrededor del volumen central cuando se efectúa algún movimiento. En este sentido, cuando la masa principal se desplaza, las áreas más blandas tenderán, debido al efecto de resistencia, a permanecer en su posición durante un breve intervalo antes de ser arrastradas por el movimiento de la masa principal (White, 2012: 160).
- Los *apéndices* serán los elementos que cuelgan de la figura principal, tales como pelo, cola, colgantes, pendientes o ropa. También aquellos que entran en contacto y son manipulados por el sujeto animado, como por ejemplo un arma o un cigarrillo.

La comprensión de las características de la jerarquía funcional del sujeto animado no solo facilita la planificación inicial de la animación y la comprensión del comportamiento de cada elemento. También nos sitúa ante la posibilidad de relacionar el sujeto animado con el movimiento representado.

En toda secuencia de acción animada, el movimiento representado puede ser categorizado en los tres niveles de acción definidos por Webster (2006 [2005]: 60-63) que, unidos a la jerarquía funcional del sujeto animado, determinarán el movimiento

final de cada elemento. Denominaremos esta categorización como *jerarquía del movimiento*:

- Los *movimientos primarios* constituyen los movimientos centrales a cualquier acción y están normalmente producidos por los elementos esqueléticos que dirigen la acción.
- Los *movimientos secundarios* están asociados a los movimientos primarios y aunque enriquecen y afectan a estos últimos, no son esenciales para ejecutar la acción en sí.
- Los *movimientos terciarios* son los movimientos que surgen a raíz de los movimientos primarios y secundarios. Generalmente, estos movimientos se vinculan con las masas secundarias y apéndices y no suelen tener un gran impacto en los movimientos primarios y secundarios.

La relación entre la jerarquía funcional y la jerarquía del movimiento es fundamental para comprender el proceso creativo a través del cual se define la superposición y continuación del movimiento. La intención de este novedoso punto de vista es entender y analizar lo que los artistas de la animación asumen y aplican cuando están creando la física y mecánica del movimiento en sus animaciones. Para ello, se propone un método de representación que permite visualizar la relación entre la jerarquía funcional y la jerarquía del movimiento, utilizando un código de tres colores para identificar el nivel de implicación de cada elemento en cada instante de la acción: rojo para los elementos relacionados con el movimiento primario, verde para el secundario y azul para el terciario. Este método ofrece la posibilidad de identificar el flujo de energía y la fuerza de la energía motriz a lo largo del sujeto animado en cada instante de la secuencia, así como la manera en que interactúa con cada elemento.

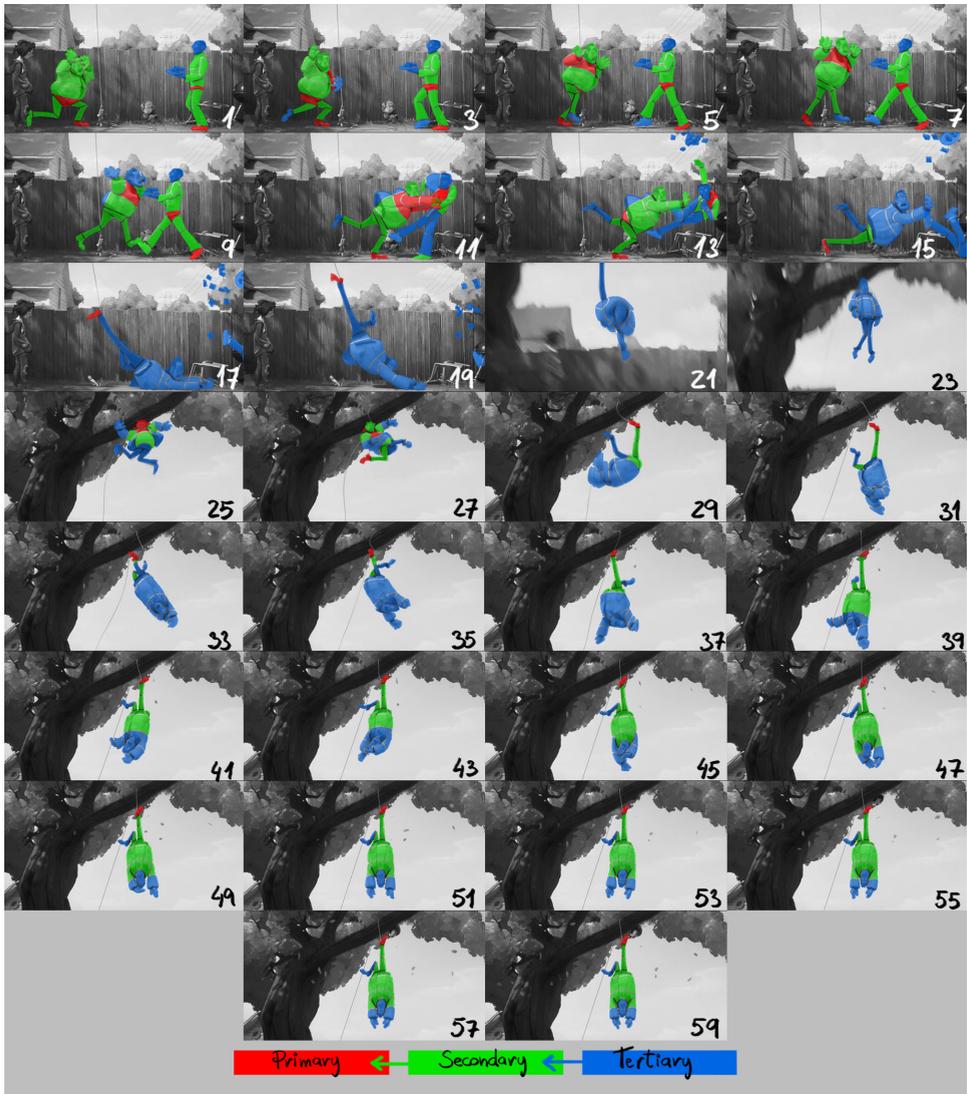


Fig. 3. Análisis de una secuencia de *Los Mitchell contra las máquinas*: superposición gráfica de los tres niveles de movimiento sobre los elementos esqueléticos. Elaboración propia.

La energía se origina en los elementos esqueléticos que dirigen la acción —los elementos relacionados con los movimientos primarios marcados de color rojo— y se propaga hacia el exterior a través de las articulaciones, las cuales pueden ser más o menos flexibles (Whitaker, Halas, 2009 [1981]: 41) y/o mediante las áreas de unión con los apéndices. A medida que avanza, su intensidad decrece constantemente hasta alcanzar el punto más distante del sujeto animado (Thesen, 2020: 284).

Es importante remarcar que los movimientos secundarios y terciarios están asociadas únicamente con la física del movimiento. Por tanto, nada tienen que ver con el principio denominado animación secundaria. Este principio está relacionado con las acciones que enriquecen y fortalecen la narrativa de la acción principal (Selby, 2013: 12), y se hallan más relacionadas con la interpretación del sujeto animado.

Otro aspecto destacable es que muchas de las acciones voluntarias más notables son iniciadas por las caderas (Williams, 2019 [2001]: 239). En esencia, estas estructuras del esqueleto tienden a ser la fuente y punto de origen del movimiento y debemos considerarlas como el elemento anatómico desde el que podemos rastrear y seguir el flujo de energía.

También es imperativo tener en cuenta las fuerzas naturales externas como la gravedad, el viento o el agua. En este sentido destaca la fuerza gravitatoria, la

que provoca que los elementos esqueléticos implicados en la estabilidad y equilibrio del sujeto animado —como los pies de un personaje bípedo en posición erguida—, permanezcan prácticamente inmóviles hasta que el contacto o el equilibrio del sujeto animado concluye. Estos elementos formarán parte de los movimientos primarios. Siguiendo este planteamiento, también es importante considerar las fuerzas externas que impactan sobre el sujeto animado. Por ejemplo, cuando un objeto en movimiento colisiona, impacta o arrastra otro objeto, transfiere parte de su energía y provoca una respuesta involuntaria, provocando incluso que los elementos esqueléticos se relacionen con los movimientos terciarios (ver Fig. 3).

Finalmente, aunque no interviene en los objetivos de este estudio, es reseñable comentar que los animadores tienen en cuenta las características físicas de las masas secundarias y los apéndices para discernir cómo el flujo de energía y las fuerzas externas afectarán estos elementos, vinculados normalmente a los movimientos terciarios. Por ejemplo, “un tejido grueso y pesado se desplazará de forma diferente a una capa de seda fina” (Webster, 2006 [2005]: 70). Son elementos cuyo movimiento depende de la interacción entre su peso y volumen con la cantidad de energía que los alcanza.

03

La estilización de la física y mecánica del movimiento

Hasta este punto, hemos explorado la correlación entre la superposición y continuación del movimiento con la física del movimiento. Además, hemos definido unos métodos gráficos para representar y analizar sus propiedades. Del mismo modo, profundizaremos en los aspectos relativos a la estilización del movimiento a través del análisis de la abstracción de la estructura esquelética del sujeto animado. Para ello, debemos tener en cuenta que el objetivo de este proceso creativo consiste en sintetizar y estilizar los movimientos observados en la realidad, logrando así generar movimientos naturales y convincentes para la audiencia (Whitaker, Halas, 2009 [1981]: 26).

Primeramente, debemos tener en cuenta que los movimientos implicados en la superposición y continuación del movimiento proporcionan una amplia información sobre los objetos en sí, su interpretación y las fuerzas que actúan sobre ellos (ibídem, 27). Es decir, nos son tan familiares que cualquier movimiento que se aleje de esa familiaridad, podría generar resultados poco verosímiles en el conjunto de la acción animada. Por ende, es fundamental determinar el grado máximo de estilización que puede aplicarse a los movimientos resultantes de la superposición y continuación del movimiento, sin comprometer la credibilidad global de la animación.

Recordemos que uno de los propósitos principales la superposición y continuación del movimiento es lograr movimientos naturales imitando la realidad.

Tomando como referencia el ejercicio de abstracción utilizado por Whitaker y Halas (ibídem, 38-41), mostraremos un método que nos permitirá observar el grado de estilización del movimiento de las articulaciones que unen los elementos esqueléticos de un personaje animado. La Fig. 4 ilustra el movimiento observado en la vida real de tres varillas rígidas articuladas. En este ejemplo, la varilla roja, al desplazarse en la dirección indicada por la flecha del mismo color, provoca un movimiento de rotación en las varillas verde y azul, representado en los dibujos 1, 2 y 3. Dicha rotación es el resultado de la *resistencia* originada por la concentración de masa alrededor del centro de gravedad de cada una de las varillas. Estas comenzarán a ser *arrastradas* cuando el centro de gravedad y la articulación de cada una de ellas se alineen con la trayectoria del movimiento principal (ibídem, 39). Este cambio en el movimiento ocurre en momentos distintos de la acción, debido a las diferencias físicas y jerárquicas de cada varilla. Cuando la varilla roja altera su trayectoria o se detiene, las varillas verde y azul continúan su movimiento debido a la inercia y se pararán en instantes distintos, lo que se relaciona con la *superposición* y la *continuación*. Durante el proceso creativo de animar, estos movimientos observados en la estructura jerarquizada de unas varillas rígidas, se trasladan a los personajes animados —principalmente a extremidades y apéndices— con la intención de estilizar su movimiento sin comprometer la credibilidad de la acción animada. Es decir, cuando aplicamos en un brazo el mismo movimiento de resistencia, arrastre, superposición y continuación observados

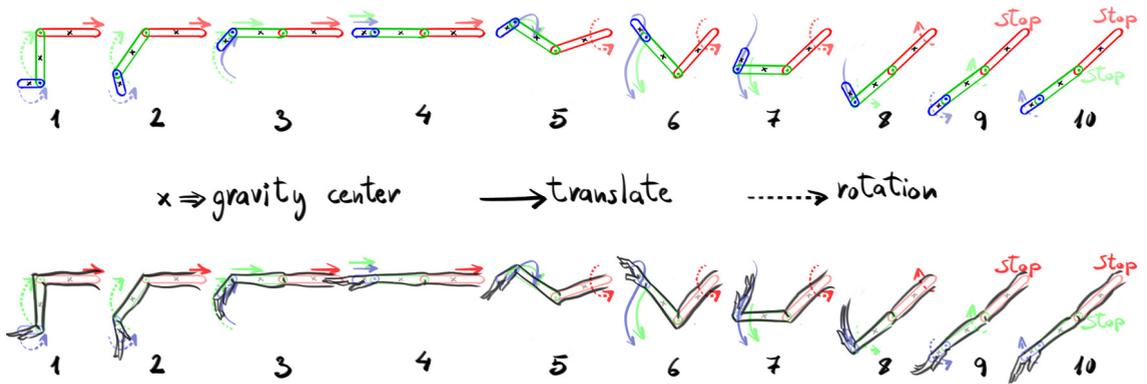


Fig. 4. La superposición y continuación del movimiento estilizado de un brazo, basada en el método de las varillas. Elaboración propia.

en unas varillas jerarquizadas, obtenemos un movimiento estilizado al forzar las articulaciones del brazo en direcciones incorrectas, separándolas o comprimiéndolas más allá de su rango de flexibilidad (Williams, 2019 [2001]: 243), consiguiendo así el efecto denominado *articulación rota*, muy utilizado en la animación "cartoon".

Este ejercicio de abstracción, fundamentado en la correlación del movimiento entre diferentes tipos de objetos, brinda la posibilidad de identificar el límite óptimo de estilización admitido en el sujeto animado sobre el que se superpone el movimiento de unas varillas articuladas. A través de este método, la audiencia percibe el movimiento como familiar y verosímil, aun cuando el movimiento reproducido en el brazo diverja de la vida real. Este es el aspecto principal sobre el que se fundamenta la verosimilitud de la física del movimiento conseguida durante el proceso creativo. Además, este enfoque nos otorga la oportunidad de cuantificar el grado de estilización aplicado en cualquier sujeto y movimiento animado. Denominaremos esta herramienta de análisis como *método de las varillas*.

Además del comportamiento individual de los elementos esqueléticos, también

debemos tener en cuenta la estilización de la mecánica del movimiento reproducida en el conjunto del sujeto animado. Aunque estas propiedades suelen estar más relacionadas con otros principios, se pueden enmarcar dentro del análisis del principio de superposición y continuación del movimiento de una manera más óptima, ya que el objetivo principal de esta estilización es conseguir movimientos más naturales, dinámicos e impactantes; manipulando la posición de los elementos esqueléticos y el orden lógico de los movimientos primarios, secundarios y terciarios; logrando así mecánicas corporales inusuales e interpretaciones más carismáticas.

Es importante remarcar que el objetivo principal de este método de análisis, fundamentado en el movimiento de unas varillas, es cuantificar el grado de estilización de las propiedades de la superposición y continuación del movimiento en relación con la física del movimiento. Y que poco tiene que ver con el acto de animar o con otros atributos relacionados con la interpretación, caracterización y carisma de las acciones animadas, como podrían ser la silueta, las líneas de acción, el peso o el equilibrio; Propiedades más relacionadas con los principios denominados solidez, carisma y ritmo.

04

Una nueva visión del principio de superposición y continuación del movimiento

Podemos concluir que los atributos fundamentales del principio de superposición y continuación del movimiento —resistencia, arrastre, superposición y continuación— deben ser analizados y aplicados considerando el tipo de objeto en cuestión, ya sea un elemento esquelético, una masa secundaria o un apéndice. También hemos observado que existen dos planteamientos para aplicar este principio: uno relacionado con la física del movimiento y otro con la estilización.

- El planteamiento basado en la *física del movimiento* se vincula estrechamente con las masas secundarias y los apéndices, componentes del sujeto animado cuyo desplazamiento depende de la dirección e intensidad de los movimientos primarios y secundarios, las fuerzas externas y el volumen y peso de los elementos. La resistencia, arrastre, superposición y continuación incorporados en estos elementos deben reflejar la física del movimiento real para lograr resultados

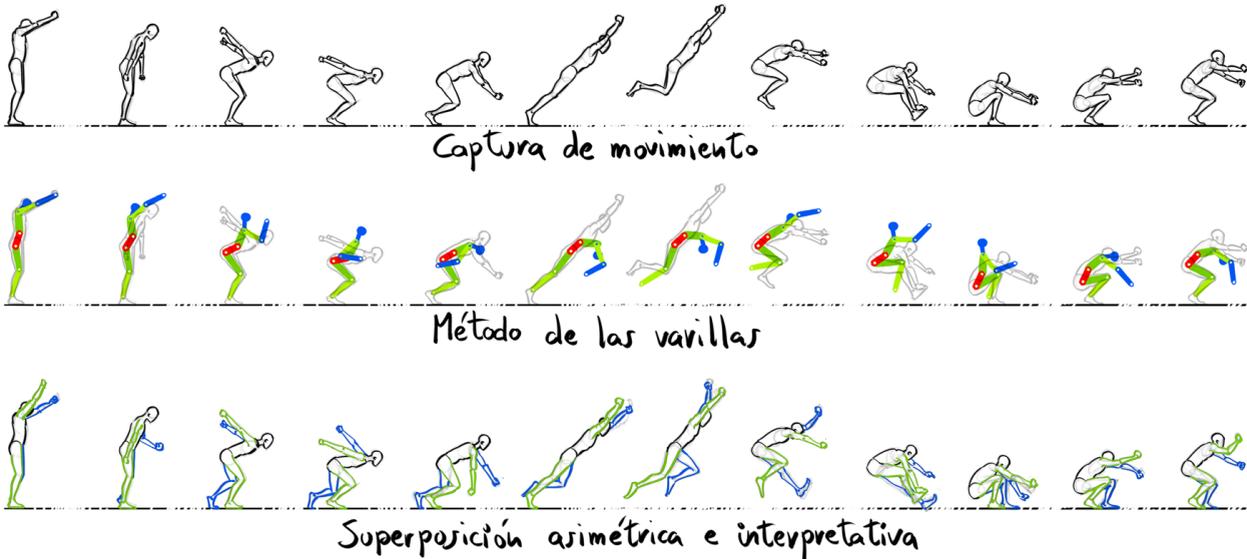


Fig. 5. El método de las varillas y la superposición asimétrica e interpretativa aplicadas sobre las imágenes de una captura de movimiento. Elaboración propia.

convincientes en el conjunto de la animación. Para alcanzar este objetivo, es fundamental poder trazar la trayectoria e intensidad del flujo de energía.

- La *estilización de la mecánica del movimiento* se aplica principalmente sobre los elementos esqueléticos para alterar los atributos de resistencia, arrastre, superposición y continuación, empleando tres métodos:

- o El *método de las varillas*, que establece una asociación entre el movimiento real de varillas articuladas con los elementos esqueléticos del sujeto animado; modificando así el nivel de flexibilidad de las articulaciones del personaje animado.

- o La *superposición asimétrica*, que estiliza el movimiento del sujeto animado al superponer los diferentes

elementos esqueléticos. Esto evita fenómenos conocidos como *emparejamiento*⁵ y *efecto de ingravidez*.⁶ Esta técnica logra acciones más naturales y dinámicas a través de la superposición de las partes hermanadas, a las que se les imprime ritmos diferentes separándolas en tiempo y espacio.

- o La *superposición interpretativa*, un nuevo concepto que proponemos y que guarda una estrecha relación con el principio de *solidez* y que brinda la posibilidad de seleccionar o agregar como elemento motriz una parte inusual del sujeto animado. Este enfoque añade mayor profundidad y carisma a algunos movimientos primarios y secundarios. Cuando este recurso se aplica de forma muy exagerada, originando movimientos muy alejados de la realidad, se asocia con el principio de *exageración*.

05

El análisis

La actualización de la superposición y continuación del movimiento realizado desde un punto de vista más relacionado con la investigación, nos ofrece la posibilidad de proponer un novedoso método de análisis gráfico que hemos aplicado sobre dos casos prácticos. Estas dos secuencias de animación han sido seleccionadas por contener todos los aspectos y atributos que hemos ido desglosando, actualizando y proponiendo. En ambos aparecen la alternancia de los movimientos primarios, secundarios y terciarios entre los diferentes elementos esqueléticos, fuerzas externas, cambios de dirección en el movimiento, transferencia de energía entre

diferentes sujetos y la estilización de la física del movimiento. Además, son dos ejemplos realizados en épocas diferentes y con técnicas y tecnologías muy dispares. Por otro lado, a pesar de reproducirse acciones completamente diferentes, podremos compararlas entre ellas en los términos propuestos bajo este nuevo enfoque.

Después de desaturar la imagen y descomponer la secuencia animada, pasamos al análisis de la anatomía del sujeto animado tomando como referencia sus poses clave, con el objetivo de identificar en cada sujeto la jerarquía funcional de los

elementos esqueléticos que lo forman. En lo que respecta a las fuerzas físicas externas, en ambos casos tendremos en cuenta la gravedad, los puntos de contacto con el suelo y las transferencias de energía entre personajes y elementos involucrados en la acción animada.

A continuación, identificaremos el o los elementos que dirigen la acción principal superponiendo la máscara de color rojo —movimiento primario—. En los primeros fotogramas observamos que, como suele ser habitual, la pelvis es el elemento sobre el que recae el peso y equilibrio del personaje y la parte anatómica con la que se inicia la acción principal. Asimismo, como puntos de anclaje al suelo, identificamos los pies, elementos que ofrecen la estabilidad necesaria para generar la fuerza motriz desde la pelvis. También observamos que los elementos que dirigen la acción, marcados de color rojo, se van alternando a lo largo de la secuencia. Esto revela que el punto central desde donde se inicia el flujo de energía no se limita a un solo elemento esquelético, sino que atraviesa la estructura del sujeto animado. Cuando conectamos los hipocentros entre los diferentes fotogramas con flechas de color negro, estamos trazando la trayectoria completa desde donde se origina el flujo de energía que determinará el movimiento de arrastre, superposición y continuación de los demás elementos esqueléticos, masas secundarias y apéndices. Del mismo modo, podremos medir la distancia a la que se encuentran los elementos esqueléticos del hipocentro. Esto nos ofrece la posibilidad de establecer la cantidad de energía que llega a cada elemento del sujeto animado.

En la Fig. 6 se aprecia cómo el centro de la energía de Stitch cambia entre un elemento a otro en los fotogramas 5, 9, 15, 19 y 29, interfiriendo así en la alternancia de los movimientos secundarios y terciarios en el resto de elementos esqueléticos,

teniendo en cuenta su distancia con el hipocentro. Por ejemplo, en el fotograma 7, la cabeza de Stitch pasa de verde a azul, dejando de ser un elemento secundario para convertirse en terciario hasta el fotograma 9. Esto se debe a su jerarquía y distancia con respecto a la pelvis —elemento motriz en ese momento— y al arrastre provocado por la energía transmitida por el pecho en el fotograma 3. Esta elección creativa estiliza del movimiento, alejándolo de la realidad, pero sin sobrepasar la acción resultante si aplicáramos la misma fuerza y dirección de movimiento en unas varillas articuladas —método de las varillas—; preservando así su credibilidad.

Para analizar la interacción entre el flujo de energía y los movimientos primarios, secundarios y terciarios, es esencial definir las trayectorias de los principales elementos esqueléticos. Para lograr esto, simplemente marcamos la posición de cada elemento del esqueleto en todos los fotogramas y los conectamos. Esto permitirá calcular la cantidad de desplazamiento y, por ende, la cantidad de fuerza aplicada sobre cada elemento y que se extenderá hacia afuera en el tiempo, afectando a otros elementos.

La trayectoria resultante, vinculada al principio de los arcos, brinda la oportunidad de compararla con la trayectoria del movimiento primario, es decir, la trayectoria del hipocentro del flujo de energía descrito por los elementos motrices. Se observa que ambas trayectorias anticipan la dirección y magnitud del desplazamiento de los elementos secundarios y terciarios. Dependiendo de su fuerza, es decir, su grado de desplazamiento, influirá de manera variable en los demás elementos. En definitiva, estamos representando gráficamente los aspectos que han posibilitado la creación de la física y mecánica del movimiento animado. Observamos que, al identificar la trayectoria del hipocentro a lo largo de la acción, podemos establecer

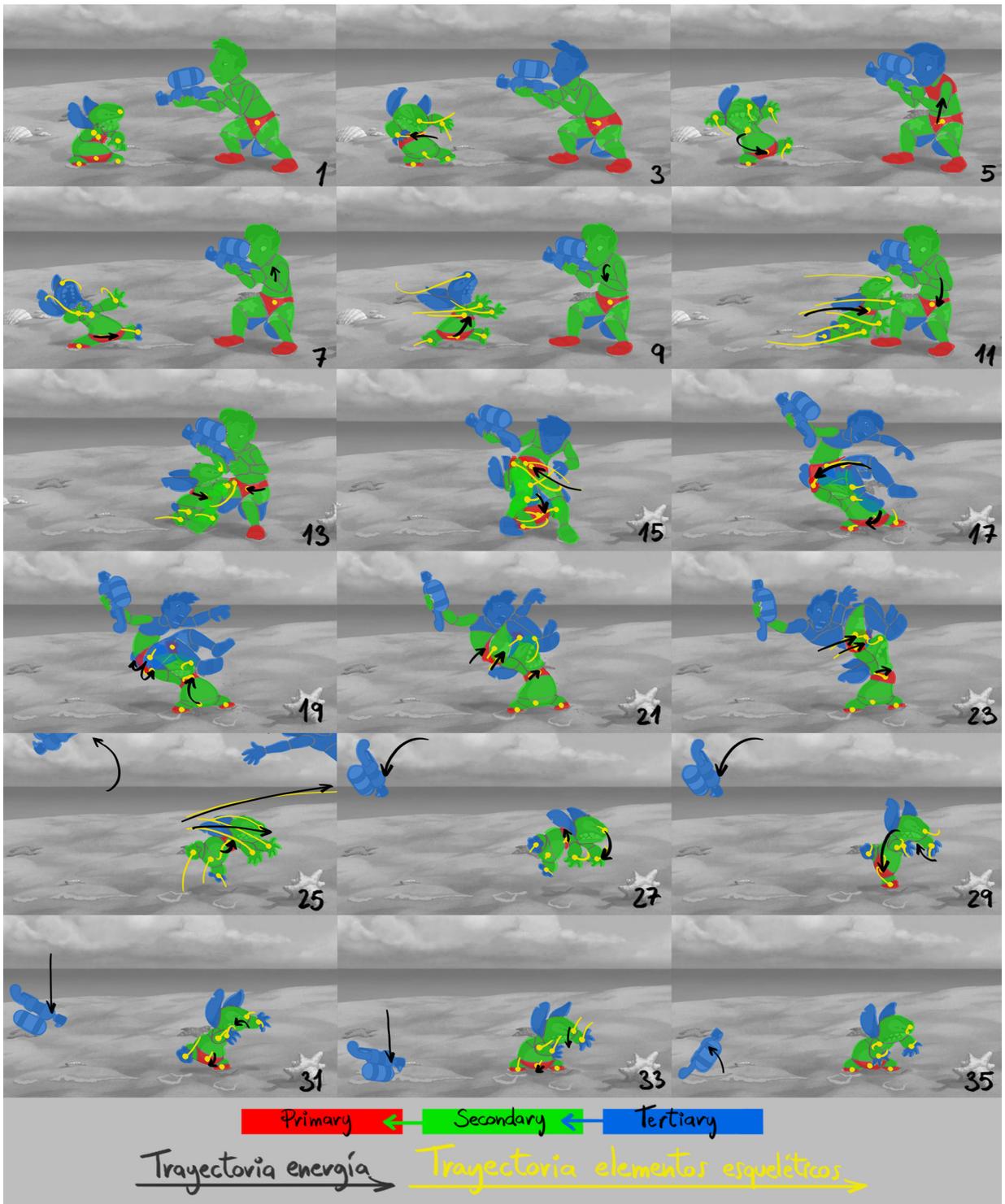


Fig. 6. Análisis de una secuencia de *Lilo & Stitch* que evidencia el principio de superposición y continuación del movimiento. Elaboración propia.

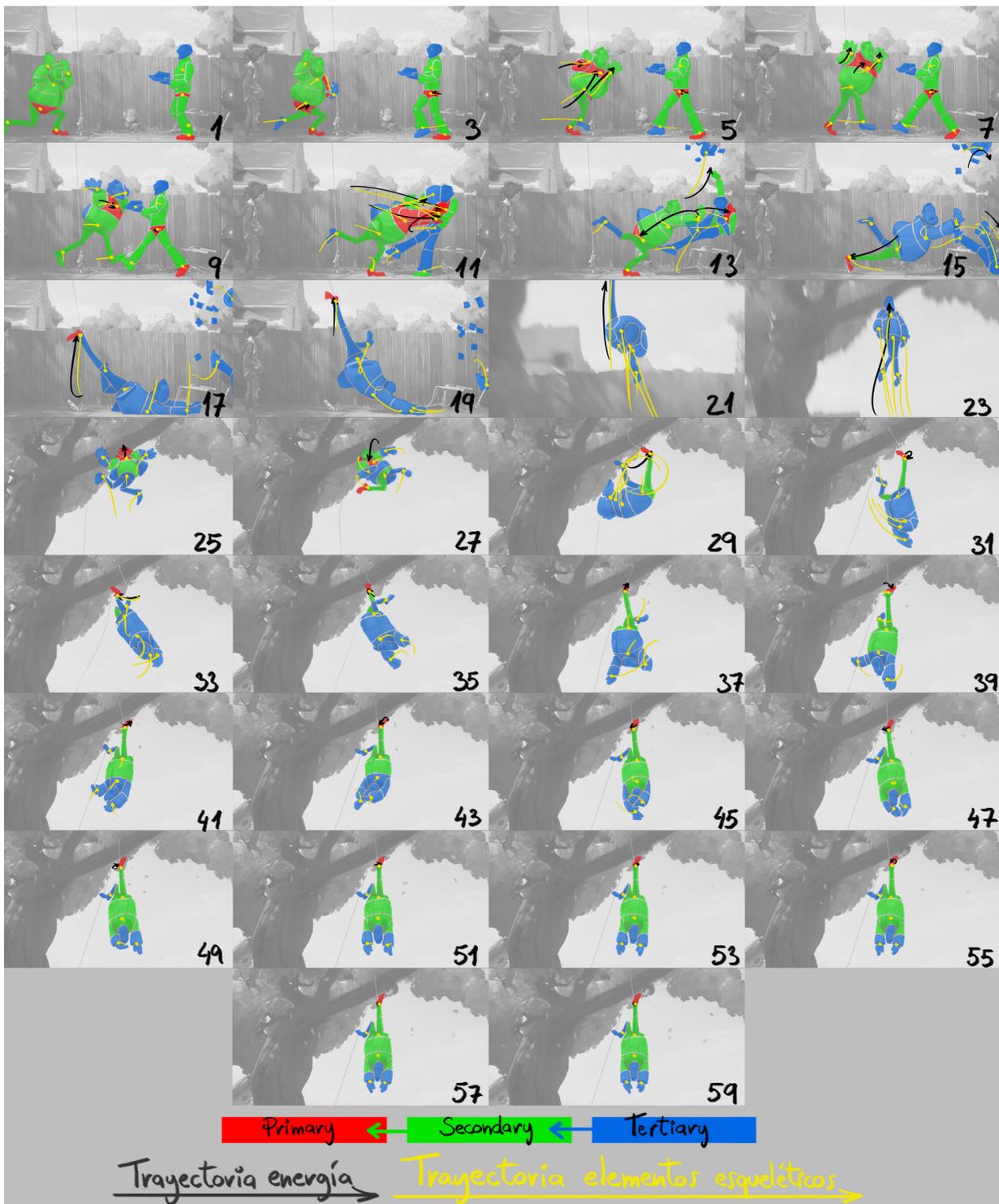


Fig. 7. Análisis de una secuencia de *Los Mitchell contra las máquinas*: principio de superposición y continuación del movimiento. Elaboración propia.

en cada fotograma qué elementos están vinculados con los movimientos secundarios, los cuales describirán trayectorias iguales o muy parecidas a los elementos motrices. Asimismo, los elementos vinculados con los movimientos terciarios serán los que se resistan, se vean arrastrados o se superpongan a la trayectoria del elemento motriz.

En la Fig. 7 observamos que en los fotogramas 13 y 15, el hipocentro del flujo de energía cambia del pecho al pie, pasando por la pelvis; describiendo una trayectoria descendente de alta intensidad debido a la cantidad de desplazamiento. Esto provoca que el resto de los elementos esqueléticos se vean arrastrados en el fotograma 17 en esa misma dirección y pasen a ser tratados como elementos terciarios. En el fotograma 17 ocurre algo parecido: la trayectoria del elemento motriz, el pie, coincide con la intensa trayectoria ascendente del hipocentro, superponiéndose a las trayectorias del resto de elementos en ese mismo fotograma. Esto adelanta las trayectorias ascendentes de esos mismos elementos en los fotogramas 19-25.

Del mismo modo, el método gráfico propuesto permite detectar los aspectos relacionados con la estilización. Tomando nuevamente el ejemplo de *Lilo & Stitch* se observa que, durante la anticipación, el pecho es el elemento motriz que genera el arrastre de ciertos componentes en trayectorias similares, pero no idénticas, ilustrando así su vínculo con los movimientos secundarios y terciarios. En los fotogramas 5, 15 y 29, se aprecia una superposición física entre los elementos secundarios y primarios, inducida por la fuerza de arrastre previa y que se extiende en el tiempo en elementos terciarios,

como se nota en el fotograma 7, donde la cabeza sigue una trayectoria opuesta a los movimientos primarios y secundarios. Un leve efecto de continuación se refleja en el fotograma 35, donde los elementos secundarios y terciarios siguen rutas distintas, mientras que la pelvis, como elemento motriz, ya no se desplaza.

Otro aspecto adicional que se define gráficamente es la transferencia de energía entre diferentes sujetos animados, es decir, las fuerzas externas que alteran el movimiento primario del sujeto receptor de la energía. En ambos casos, se observa cómo el sujeto de la izquierda traspasa la energía almacenada durante la anticipación y liberada durante la acción al sujeto de la derecha, modificando radicalmente su trayectoria inicial y vinculando gran parte de sus elementos esqueléticos con movimientos terciarios.

En cuanto a los procesos creativos más relacionados con la mecánica del movimiento, la superposición gráfica de las máscaras que delinear los elementos animados permite visualizar con claridad las superposiciones asimétricas. En la secuencia de *Los Mitchell contra las máquinas*, estas superposiciones están presentes a lo largo de toda la acción, evitando los emparejamientos. Un ejemplo destacado se halla en los fotogramas 11, 13 y 15, donde observamos en el personaje de la derecha que el pie que está en contacto con el suelo adelanta al que ya estaba en el aire. Esto nos permite afirmar que se ha modificado la velocidad de estos elementos para conseguir movimientos más dinámicos y alejados de la realidad, pero perfectamente verosímiles gracias a la superposición asimétrica. Además, las superposiciones interpretativas en la

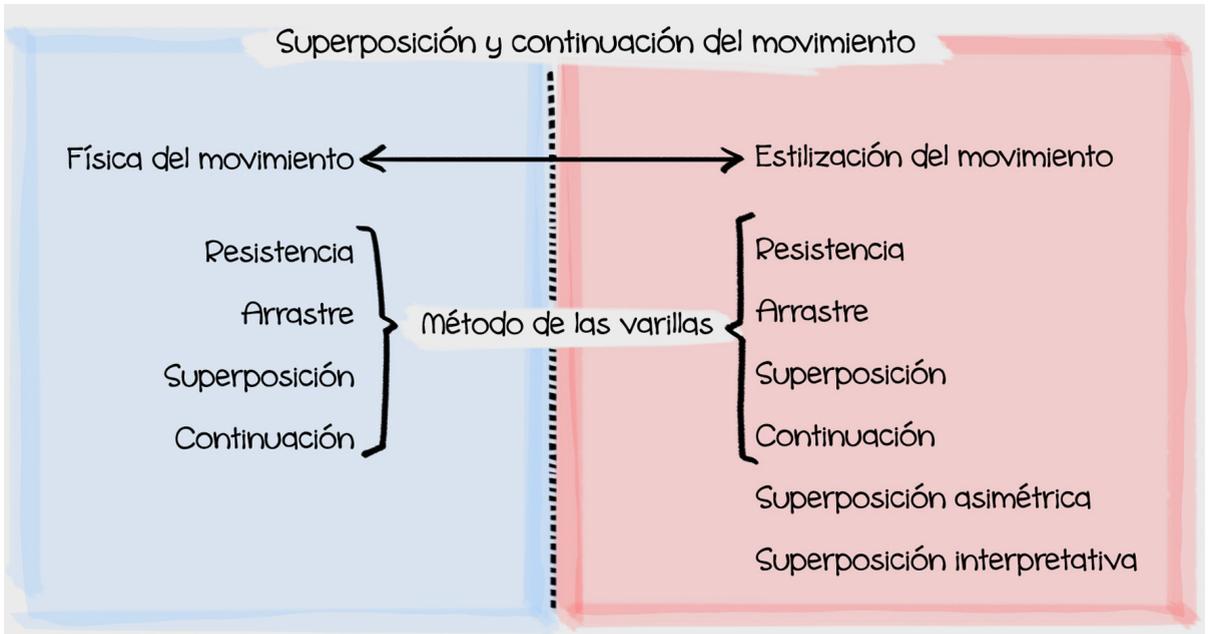


Tabla 1. Los atributos de la superposición y continuación del movimiento relacionados con la física y la estilización del movimiento. Elaboración propia.

pose de los personajes resultan más evidentes, como se observa en los fotogramas 13-19, donde la pierna del personaje de la izquierda adopta direcciones distintas al resto de elementos, creando un contraste que transmite la sensación de abandono que el personaje experimenta en ese instante y que se observará al final de la secuencia.

Cuando aplicamos el método de las varillas sobre las secuencias animadas, notamos que la secuencia de *Los Mitchell contra las máquinas* alcanza un mayor nivel de estilización en comparación con la de *Lilo & Stitch*. En otras

palabras, los movimientos de los personajes en *Los Mitchell contra las máquinas* se asemejan más a los movimientos que se observarían en una cadena de varillas articuladas, especialmente en la fase de reacción y continuación representada en los fotogramas 29-59. Aunque parezca paradójico, este enfoque estilizado otorga a la acción en *Los Mitchell contra las máquinas* una mayor naturalidad y credibilidad que la secuencia de *Lilo & Stitch*, en la que la semejanza del movimiento de los elementos animados con el movimiento de unas varillas es menor y la aplicación de la superposición asimétrica e interpretativa es más sutil.

Conclusiones

El estudio de los dos casos prácticos ha permitido observar cómo la revisión de la superposición y continuación del movimiento, basada en la adaptación y expansión de los atributos involucrados en dicho principio, ofrece una gama de recursos gráficos y métodos aplicables a cualquier secuencia animada. Además, este enfoque nos brinda la oportunidad de evaluar el nivel de estilización reproducido en la física y mecánica del movimiento animado; aspectos estrechamente relacionados con el análisis y la evaluación de la creatividad y que, hasta ahora, estaban ocultos bajo las explicaciones técnicas de la literatura especializada.

Además, hemos definido dos nuevos términos: la superposición asimétrica y la interpretativa, que están íntimamente ligados con la estilización del movimiento y que, paradójicamente, alejan a la acción animada de la realidad, logrando un resultado más dinámico y creíble para la audiencia.

El método gráfico propuesto, tal y como hemos constatado a través del estudio realizado, va más allá de una simple representación de los atributos del principio de la superposición y continuación del movimiento, en contraste con la mayoría de manuales, tutoriales y libros relacionados con los fundamentos de la animación. Este enfoque gráfico permite realizar un análisis objetivo y comparativo de los atributos vinculados a la física y mecánica del movimiento y su estilización, gracias a la

terminología y las innovaciones visuales y funcionales propuestas, construidas a partir de las ideas encontradas en la literatura especializada. Por ejemplo, la representación de la trayectoria del hipocentro del flujo de energía, que puede prever la dirección y fuerza de las trayectorias de los movimientos secundarios y terciarios. Del mismo modo, la codificación cromática para indicar la relación de los diversos elementos esqueléticos con los tres niveles de movimiento posibles, permite identificar la cantidad de energía que afecta a cada componente y que se propaga desde el centro del elemento responsable de la acción hacia el exterior.

Este enfoque ha establecido un nuevo método de análisis y sinergia entre la investigación y el arte, ofreciendo una nueva perspectiva que nos permite comprender, representar y analizar los procesos creativos implicados en la física y mecánica del movimiento animado. Es más, nos ofrece la posibilidad de comparar el nivel de estilización de los atributos de la superposición y continuación del movimiento en todo tipo de secuencias animadas, independientemente de la técnica y tecnología utilizada. Asimismo, esta versatilidad ofrece grandes posibilidades de futuro, como por ejemplo analizar la evolución del nivel de estilización en la historia de la animación, examinar las posibles diferencias entre la animación tradicional, el stop-motion o la animación por ordenador e incluso determinar las diferencias existentes entre distintos estilos de animación.

Referencias bibliográficas

- BLAIR, Preston, 1999 [1994]. *Dibujos animados. El dibujo de historietas a su alcance*, trad. cast. Rita da Costa, Colonia: Evergreen (*Cartoon animation*, Los Ángeles: Walter Foster).
- CÁMARA, Sergi, 2004. *El dibujo animado*, Barcelona: Parramón.
- CAMBRIDGE (ed.) s.f. *Cambridge Dictionary | English Dictionary, Translations & Thesaurus* "follow through" (<https://dictionary.cambridge.org/> [acceso: diciembre, 2023])
- GILBERT, Wayne, 2014 [1999]. *Simplified drawing for planning animation*, California: Anamie Entertainment.
- SELBY, Andrew, 2013 [2013]. *La animación*, trad. cast. Teresa Jarrín Rodríguez, Barcelona: Blume (*Animation*, Londres: Laurence King Publishing).
- THESEN, Thomas P., 2020. "Reviewing and Updating the 12 Principles of Animation", *Animation: an interdisciplinary journal*, vol. 15(3), 2020, pp. 276-296.
- THOMAS, Frank, JOHNSTON, Ollie, 1995 [1981]. *The illusion of life. Disney Animation*, Nueva York: Disney Editions. (*The illusion of life. Disney Animation*, Nueva York: Disney Editions).
- WEBSTER, Chris, 2006 [2005]. *Técnicas de animación*, trad. cast. Beatriz Parra Pérez, Madrid: Anaya Multimedia (*Animation: The Mechanics of Motion*, Burlington, MA: Focal Press).
- WHITAKER, Harold, HALAS, John, 2009 [1981]. *Timing for Animation*, Burlington, MA: Focal Press. (*Timing for Animation*, Oxford: Elsevier).
- WHITE, Tony, 2012. *Tony White's animator's notebook: Personal observations on the principles of movement*, Waltham, MA: Focal Press.
- WILLIAMS, Richard, 2019 [2001]. *Técnicas de animación: dibujos animados, animación 3D y videojuegos*, trad. cast. Iris Cepero, Madrid: Anaya Multimedia (*The animator's survival kit*, Londres: Faber and Faber).

Bibliografía recomendada

- GOLDBERG, Eric, 2008. *Character Animation Crash Course*, Los Ángeles: Silman-James Press.
- HAYES, Derex, WEBSTER, Chris, 2013. *Acting and performance for animation*, Burlington, MA: Focal Press.
- LASSETER, John, 1987. "Principles of traditional animation applied to 3D computer animation" in *SIGGRAPH Computer Graphics*, vol. 21(4), 1987, pp. 35-44.
- LORD, Peter, SIBLEY, Brian, 2004. *Creating 3-D animation: The Aardman book of filmmaking*, Nueva York: H.N. Abrams.
- THOMAS, Frank, JOHNSTON, Ollie, 2011. "Principles of Physical Animation", *Animation tips* (<https://www.frankanolie.com/PhysicalAnimation.html> [acceso: enero, 2022]).
- WEBSTER, Chris, 2012. *Action Analysis for Animators*, Burlington, MA: Focal Press.
- WELLS, Paul, 1998. *Understanding animation*, Nueva York: Routledge.
- WHITE, Tony 2009 [2006]. *Animación: Del lápiz al píxel, técnicas clásicas para animadores digitales*, trad. cast. Sylvia Steinbrecht, Barcelona: Omega (*Animation from Pencils to Pixels: Classical Techniques for Digital Animators*, Burlington: Elsevier).

Notas

- ¹ Aplastar y estirar, Anticipación, Puesta en escena, Ritmo, Animación directa y Pose a pose, Aceleración y deceleración, Arcos, Animación secundaria, Superposición y continuación del movimiento, Exageración, Solidez y Carisma (Trad. a.).
- ² "Follow through: To complete the movement of hitting, kicking, or throwing a ball by continuing to move your arm or leg in the same direction until the movement is completed" (Cambridge Dictionary | English Dictionary, Translations & Thesaurus, 2023).
- ³ Acción y efecto de mover. Estado de los cuerpos mientras cambian de lugar o de posición.
- ⁴ Ejercicio de la posibilidad de hacer. Resultado de hacer. En el orador, el cantante y el actor, conjunto de actitudes, movimientos y gestos que acompañan la elocución o el canto.
- ⁵ Hace referencia a los movimientos animados en los que dos elementos simétricos realizan el mismo movimiento a la vez.
- ⁶ Es la sensación provocada por las acciones animadas en las que parece que la gravedad no está afectando al objeto animado de manera correcta, debido a la falta de dinamismo aplicado en la secuencia animada.

© Del texto: Ángel-José-F. Lamosa, Vicente López-Chao.

© De las imágenes: Ángel-José-F. Lamosa.