

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE BELLAS ARTES



TESIS DOCTORAL

**Posproducción de efectos especiales:
integración de imagen digital 2D y 3D**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Alfredo García Barroso

Director

Jaime Munárriz Ortiz

Madrid, 2016

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE BELLAS ARTES



**POSPRODUCCIÓN DE EFECTOS ESPECIALES:
INTEGRACIÓN DE IMAGEN DIGITAL 2D Y 3D.**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Alfredo García Barroso

Director

Jaime Munárriz Ortiz

Madrid, 2015

POSTPRODUCCIÓN DE EFECTOS ESPECIALES: INTEGRACIÓN DE IMAGEN DIGITAL 2D Y 3D.

ALFREDO GARCÍA BARROSO

***Esta tesis está dedicada a la galerista Evelyn Botella,
que me permitió exponer al lado de grandes artistas contemporáneos.***

***Al instituto de formación en nuevas tecnologías José Luis Garci, por
haberme prestado su ayuda en la elaboración de este documento.***

***Y, en especial, a la Escuela de Artes de Wimbledon, donde comenzó mi
interés por el lenguaje audiovisual.***

Los espejos y la paternidad son abominables porque lo multiplican y lo divulgan

J. L. Borges



Sumario

Esta investigación aborda el tema de la integración de elementos visuales en 2D y 3D, dentro del entorno de trabajo de posproducción y composición digital para medios audiovisuales, presentando un conjunto de prácticas, ejercicios y metodologías concretas, que permiten comprender el proceso de composición e integración, entre imágenes reales y gráficos generados por ordenador en 3D, así como la importante función que la posproducción desempeña en la producción audiovisual contemporánea.

Abstract

This research addresses the issue of the integration of visual elements in 2D and 3D, within the post production and digital compositing for broadcast media, presenting a set of practices, exercises and practical methodologies that allow us to understand the process of composition and integration between real images and computer graphics in 3D, as well as the important role that plays the post-production in contemporary audio-visual production.

ÍNDICE

Sumario/Abstract	5
Introducción	
C. Objeto de estudio	10
D. Objetivos generales y específicos	11
E. Descripción general	12
F. Motivación y experiencia previa	13
G. Marco de estudio y punto de vista	14
A. Hipótesis de trabajo	15
B. Metodología y planificación	15
Capítulo 1: Composición digital de la imagen.	18
1. Elementos de la composición digital.	18
1.1. Fondo y forma del plano de la composición.	20
1.1.1. Operaciones de substracción fondo y forma de una escena.	21
1.1.2. Operaciones de substracción forma y fondo de un escenario.	24
1.1.3. Operaciones de composición de forma y fondo sobre el plano de la composición.....	26
1.1.4. Operaciones de ajuste sobre elementos del plano de la composición.	26
1.1.5. Operaciones de eliminación (clonación) sobre el plano de la composición.	28
1.2. Espacio de trabajo para vídeo-composición digital de imágenes.	29
1.2.1. Espacio de composición basado en capas.....	30
1.2.2. Espacio de composición basado en nodos.	31
1.3. Procedimientos para extraer un canal mate.	33
1.3.1. Extracción mediante clave de color.	34
1.3.2. Extracción mediante clave de luminosidad.....	36
1.3.3. Extracción mediante clave de diferencia.	37

1.3.4. Extracción mediante clave de silueta.	39
1.3.5. Herramientas de trazado y máscaras de trabajo.	40
1.3.6. Fusión de elementos por semitransparencia.	47
1.3.6.1. Fusión de reflejos.	48
1.3.6.2. Fusión de sombras.	50
Capítulo 2: Rastreo del movimiento de una secuencia.	52
2.1. Técnicas de rastreo de marcas en dos dimensiones	52
2.1.1. Rastreo de transformación de una secuencia de vídeo en 2D.	53
2.1.2. Rastreo de puntos de esquina de una secuencia de vídeo en 2D.	54
2.1.3. Uso de máscaras en una secuencia de rastreo de transformación en 2D.	56
2.1.4. Estabilización del movimiento de una secuencia mediante rastreo de transformación en 2D.	56
2.1.5. Elementos fundamentales de los rastreadores en 2D.	58
2.1.6. Características de las marcas para un correcto rastreo en 2D.	58
2.2. Técnica de rastreo de planos en dos dimensiones y media.	66
2.2.1. Características del rastreo de superficies planas en 2`5D.	68
2.2.2. Procedimientos de rastreo de superficies planas en 2`5D.	71
Capítulo 3: Ajuste del movimiento de una secuencia.	92
3.1. Ajuste del movimiento en tres dimensiones	92
3.1.1. Definición de ajuste del movimiento.	93
3.1.2. Utilidades de ajuste del movimiento.	95
3.1.3. Proceso de ajuste del movimiento de una secuencia.	96
3.2. Control y ajuste del movimiento de cámara.	107

Capítulo 4: Integración entre elementos 2D y 3D.	110
4.1. Control y ajuste de la iluminación virtual.	110
4.1.2. Proyección de sombras.	111
4.1.3. Proyección de luces.	114
4.1.4. Modelado de escenas.	117
4.1.5. Proyección de reflexiones.	127
4.2. Ajustes y filtros de integración.	130
4.2.1. Ajuste de exposición, gama y color.	130
4.2.2. Ajuste de desenfoque de cámara.	132
4.2.3. Ajuste de desenfoque de lente.	133
4.2.4. Ajuste de desenfoque de movimiento.	137
4.2.5. Ajuste de movimiento de cámara.	137
4.2.6. Ajuste de grano de película.	138
 Capítulo 5: Interacción de elementos en la imagen 2D y 3D.	 141
5.1. Interacción de elementos reales sobre virtuales.	141
5.1.1. Interacción temporal.	144
5.1.2. Interacción visual.	146
5.1.3. Interacción de impacto.	146
5.1.4. Interacción contacto.	147
5.1.5. Interacción de mantenimiento.	148
5.2. Interacción de elementos virtuales sobre elementos reales.	149
5.2.1. Interacción temporal.	150
5.2.2. Interacción visual.	151
5.2.3. Interacción de impacto.	151

5.2.4. Interacción de contacto.....	153
5.2.5. Interacción de mantenimiento.....	153
5.2.6. Interacción de mantenimiento con rastreo de objetos.....	158
Capítulo 6: Escenarios virtuales.....	171
6.1. Características de los escenarios virtuales para subtracciones de color.....	171
6.1.1. Cámaras estáticas sobre escenarios virtuales.....	177
6.1.2. Cámaras en movimiento sobre escenarios virtuales.....	178
6.1.3. Fundamentos técnicos de la extracción de color.....	180
6.1.4. Diseño de escenarios virtuales.....	189
6.1.5. Procedimiento y recursos para la extracción de color.....	195
6.1.6. Propiedades de los escenarios virtuales para la extracción de color.....	197
6.1.7. Iluminación de los escenarios virtuales para la extracción de color.....	203
6.1.8. Elementos, recursos y proceso para la extracción de color en escenarios virtuales.....	211
6.2. Ajuste del movimiento sobre escenarios virtuales.....	220
6.2.1. Diseño de escenarios virtuales y realización para ajustar el movimiento de una secuencia.....	221
6.2.2. Ajuste y rastreo del movimiento de una secuencia sobre escenarios virtuales.....	226
6.2.3. Integración e iluminación de elementos sobre escenarios virtuales.....	234
6.2.4. Interacción de elementos sobre escenarios virtuales.....	258
6.2.5. Composición de elementos sobre escenarios virtuales.....	263
. Conclusiones.....	266
. Anexo y desarrollo práctico.....	271
. Bibliografía.....	280

INTRODUCCIÓN

C. OBJETO DE ESTUDIO.

La posproducción es, en la actualidad, no solo la fase de ajuste de color y procesado de la imagen de un producto audiovisual diferenciado, sino más bien, la parte fundamental del esquema de producción (*pipeline*) de cualquier producto cinematográfico, que combina elementos de distinto medio visual en un mismo plano.

Esta investigación tiene por objeto de estudio las tecnologías y procedimientos, para la realización de efectos especiales dentro del ámbito de la posproducción audiovisual. Se tratarán los procedimientos durante la grabación y las posibilidades o las limitaciones técnicas que existen en el medio, así como las consecuencias de cada decisión tomada durante el rodaje, y su influencia en la fase de posproducción. Demostrando que la posproducción es, junto a la composición de imagen digital, un proceso central de cualquier proyecto audiovisual actual, y una fase determinante en el esquema de trabajo, cuando se produce imagen real en movimiento.

El conocimiento de este tipo de tecnologías no incluye, únicamente, las herramientas digitales, sino, también, los conceptos y prácticas de trabajo en el medio digital. Por poner solo un ejemplo, para colocar marcas de rastreo sobre cicloramas, hay que saber qué es y cómo funciona la fotogrametría. No es una técnica demasiado compleja, pero si se desconoce que las técnicas de rastreo digital se basan en ella, pueden cometerse errores de posicionamiento con marcas mal colocadas sobre el ciclorama o fondo del escenario.

A menudo, el material audiovisual mal grabado durante la fase de producción, es trabajado en posproducción más tiempo del previsto, incrementando los presupuestos del proyecto y elevando el coste final del mismo. Sin embargo, con un conocimiento de las técnicas y procedimientos adecuados, se pueden planificar correctamente secuencias para su posterior tratamiento digital. De esta manera, los recursos de la producción pueden redistribuirse correctamente y enfocarse en la realización de los aspectos más creativos, mediante un esquema de trabajo adecuado, para un proyecto concreto.

Se requieren unos conocimientos técnicos básicos, para entender el proceso de trabajo con efectos especiales generados por ordenador. Pero no se trata de adquirir conocimiento científico en detalle, sino de usar una metodología de trabajo válida, para evitar errores en la realización de una secuencia de vídeo.

D. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.

La presente investigación trata el uso y la aplicación de efectos especiales para artistas audiovisuales. El objetivo es desempeñar correctamente las labores de producción en el plató de grabación, diseñando un esquema de producción que asegure la viabilidad del proyecto audiovisual, y evite tomar decisiones improvisadas durante el rodaje. A continuación, se exponen en detalle los objetivos que permiten una comprensión y desarrollo de la técnica y el proceso compositivo en posproducción.

Los objetivos generales son:

Desarrollar el conocimiento idóneo, que permita evitar errores durante la grabación de una secuencia, en el escenario de grabación.

Conocer el conjunto de normas y reglas aplicadas a técnicas y procesos de trabajo, que permitan asegurar la viabilidad de cualquier proyecto de vídeo digital en su fase de posproducción.

Los objetivos específicos son:

Demostrar cómo funcionan y en qué se basan los principales efectos digitales usados en posproducción, así como demostrar el carácter central de la composición audiovisual en el contexto de toda la producción media actual.

Presentar un conjunto de efectos e integraciones digitales (a lo largo de las prácticas y ejemplos, en calidad de demostración), que sirvan de base a la investigación, y generar un conjunto de conocimientos, que puedan ser usados en un momento concreto y en un caso en particular.

Por otro lado, el conocimiento que aquí se expone pretende elaborar un conjunto de buenas conductas y métodos de trabajo durante la producción y posproducción de un material audiovisual, lo que no significa, que los diferentes procesos de trabajo deban ser asumidos por

una sola persona, sino por un equipo de trabajo que asuma cada parte de la estructura de producción y desempeñe correctamente su función.

Un aspecto final a destacar de la presente investigación, es que a pesar de estar inscrita en el medio audiovisual y, más concretamente, en el medio cinematográfico, en ella se exponen los efectos especiales por sí mismos, y no existe, por lo tanto, ninguna apreciación hacia la narrativa o discurso cinematográfico.

Además, se aborda una descripción de los efectos especiales más utilizados por la industria audiovisual en multitud de películas de género fantástico, ciencia-ficción y aventuras, así como las herramientas que los producen digitalmente y los esquemas de trabajo que generan. Especialmente, se pretende describir las normas y características que los definen técnica y visualmente, más que describir el truco o artificio que muestran.

Por último, se tratan una serie de recursos de contenido práctico, útiles y específicos para el uso de técnicas y efectos especiales en el medio digital.

E. DESCRIPCIÓN GENERAL

Los primeros tres capítulos están dedicados a estudiar, primeramente, la composición y mezcla de elementos visuales en 2D sobre el plano de la imagen. Para abordar después, técnicas de rastreo de la imagen en base a marcas en 2D, texturas en 2.5D y finalmente, las basadas en ajuste de movimiento de cámara en 3D. Esta última especialmente importante a lo largo de toda la investigación, ya que permite fácilmente a los compositores de vídeo, integrar elementos de diferentes medios en una misma secuencia.

El capítulo cuarto trata todo lo relativo a la integración de imágenes reales y virtuales en el mismo plano de la composición. Analizando las características de la escena que se está creando, entre los dos tipos de imágenes, e intentando recrear los mismos elementos ambientales y físicos a través de los programas y herramientas 3D. En consecuencia, se aborda la iluminación y el sombreado general de la escena final, para su integración con el resto de elementos visuales en la composición.

El capítulo quinto estudia la interacción de los elementos en la escena. Definiendo, primero, la interacción entre elementos reales sobre virtuales, que posteriormente son animados. Seguido de la interacción de elementos virtuales sobre elementos reales, que, junto a técnicas desarrolladas por las grandes producciones cinematográficas, superan los recursos y materiales prácticos, que no teóricos, de esta investigación.

El capítulo sexto desarrolla los diferentes diseños y creaciones para escenarios de color uniforme y técnicas de sustracción croma, imprescindibles para crear áreas transparentes en canales adicionales (alfa), así como las técnicas y procedimientos de trabajo específicos con este tipo de escenarios, especialmente con operaciones de ajuste de movimiento de cámara en 3D.

F. MOTIVACIÓN Y EXPERIENCIA PREVIA

Durante mi experiencia formativa en el área de tecnologías de la imagen, especialmente en el área de la infografía 3D y posproducción audiovisual, he observado cómo los alumnos con formación en diferentes disciplinas y campos profesionales, requerían de conocimientos y herramientas que permitiesen integrar contenido media y gráfico en movimiento sobre un mismo proyecto. Los diferentes perfiles profesionales, que han existido en las artes visuales, han determinado una distancia estética y tecnológica entre lenguajes, que ahora se ven reunidos y dialogando estéticamente en el contexto de la posproducción digital.

Desde la aparición de las herramientas de rastreo de cámara, la combinación de elementos 2D y 3D en movimiento se ha hecho más habitual en posproducción. Sin embargo, la posproducción requiere de una planificación concreta, que no siempre se tiene en cuenta en la fase de producción, arruinando presupuestos y proyectos.

El mal uso y mala práctica de estas técnicas, radica en la multitud de diferentes métodos, en muchos casos, escasamente verificados, no optimizados para el medio y que hacen inviable una producción audiovisual real.

En dirección de fotografía y realización audiovisual, existe la creencia de que la posproducción soluciona cualquier problema en la escena, sin embargo en posproducción nada es sencillo, y una buena planificación en la producción ahorra mucho trabajo y recursos al compositor de vídeo.

El lenguaje del vídeo-arte, que actualmente compagino con la docencia a través de distintas exposiciones realizadas desde el año 2000, junto al conocimiento artístico y plástico adquirido en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid, me ha permitido conocer e integrar los distintos lenguajes con los que actualmente se expresa la imagen en movimiento.

Este conocimiento, es expuesto y explicado a lo largo de esta investigación, compartiéndolo con el resto de la comunidad artística y universitaria, a la vez que aportando mi experiencia a un medio audiovisual, que ha madurado y ya no es exclusivo de *performances* o vídeos musicales. La creación de vídeo digital, en la actualidad, usa escenarios para la técnica de sustracción croma, como recurso cinematográfico fundamental. Aparte de tecnología digital que emplea sofisticadas cámaras o costoso software y que, en muchos casos, generan presupuestos que han de ser financiados por algún tipo de capital.

G. MARCO DE ESTUDIO Y PUNTO DE VISTA

Existen diferentes publicaciones que analizan las técnicas y procesos de composición de imagen audiovisual, enfocadas al medio cinematográfico y la producción de efectos especiales. Estudios como el de Ron Brikmann, "*Arte y ciencia de la composición*", establecen ya una división interesante en el título. O "*El arte invisible del rastreo de cámara*", de Dobbert Tim, donde analiza una técnica fundamental en el proceso compositivo entre diferentes imágenes y medios. Sin embargo, ninguno de los títulos consultados en la bibliografía, trata específicamente la naturaleza bidimensional y tridimensional del medio audiovisual, o por lo menos no como línea de trabajo principal.

Este estudio pretende abordar el tema de la posproducción desde esta perspectiva espacial y teórica, para sentar las bases de una investigación empírica y experimental en torno al escenario de representación y los elementos que en él intervienen (reales y virtuales). Junto a un gran número de secuencias producidas en diferentes entornos, con las que poder elaborar esta tesis a partir del compendio de los datos concluyentes extraídos. Cubriendo todo el proceso de composición audiovisual, y abordando, en profundidad, las técnicas analizadas. Relacionando todas las prácticas y métodos usados durante la investigación, por medio de referencias y variaciones sobre una misma técnica descrita.

Este conocimiento conforma una metodología práctica útil para el estudiante, que puede servir de guía (consulta en las aulas y centros de formación en nuevas tecnologías) y ayuda al estudio y trasmisión de un conocimiento, no siempre impartido de un modo científico ni

metódico. Y para animar a investigadores noveles a publicar, compartir y realizar sus tesis, con el mismo objetivo de utilidad necesario, para el fomento de la actividad científica-educativa en España

Por otro lado, las publicaciones científicas en castellano sobre el tema investigado, hace que lo expuesto en este documento, sea una pequeña aportación a los excelentes trabajos de Manuel Armenteros, Francisco Utray o Anto Benítez, por citar solo algunos unos nombres de una larga lista.

A. HIPÓTESIS DE TRABAJO.

Se pueden realizar productos audiovisuales de calidad, que incorporen vídeo y animación en un mismo escenario pos producido, sin contar con los medios de los grandes estudios y productoras audiovisuales, e independientemente de si se trabaja solo o en equipo. Por medio de un conjunto de normas y recomendaciones que optimizan y facilitan una producción audiovisual de poco presupuesto, y que proporcionan una comprensión global de las técnicas de la composición y posproducción, para el medio audiovisual actual. Definiéndolas como parte central del proceso de creación digital de imágenes en movimiento, y destacando su función en la producción de contenido simbólico contemporáneo.

B. METODOLOGÍA Y PLANIFICACIÓN

El método se basa en la experimentación, empírica e inductiva, a través una serie de casos prácticos (de lo particular a lo general), en los que se integra vídeo y animación sobre una misma escena, y se analizan las relaciones que estos medios guardan sobre el fotograma compuesto. Estos dos niveles de investigación permiten construir un conjunto sistémico de reglas y normas, con las que configurar una visión global de todo el proceso de integración digital entre elementos reales y virtuales, además de identificar los procesos y técnicas que optimizan y facilitan una producción audiovisual de imagen compuesta digitalmente (media y gráfica), lo que resulta básico y necesario para todas las producciones audiovisuales en la actualidad.

Para lo cual, se crean dos líneas de investigación, una espacial y otra temporal, alternándose a lo largo de todo el proceso investigador y en los casos prácticos propuestos.

La línea de investigación espacial analiza las integraciones sobre el marco de representación o escenario de la composición, y, a su vez, se divide en dos grupos de trabajo establecidos en base a la forma y el fondo de la composición, pudiendo ser cada uno de ellos real (media), o virtual (gráfico). Esta estructura dota a la investigación de dos partes bien diferenciadas con las que analizar las relaciones de los elementos (mundos) en la composición final. Abordando primero la integración, para después la interacción entre elementos (mundos) y el modo en que uno se subordina al otro.

La siguiente línea de investigación propuesta, la temporal, pretende abordar el otro elemento clave de la investigación, la sincronización de elementos a lo largo de la secuencia, para lo cual, se crean dos grupos o categorías que analizan el movimiento de la cámara y el espacio que representa. Una en 2D (panorámico) y otra en 3D (paralaje). Tanto desde el punto de vista subjetivo de cámara, como desde el foco u objeto que apunta a través del plano. Esta característica del movimiento, desde planos de representación en 2D, a entornos o escenarios 3D, se desarrolla alternándose con la primera línea de investigación espacial, generando así una metodología, para todo el proceso compositivo entre ambas categorías, descrito en el anexo y desarrollo práctico de esta investigación.

El método, también, plantea diversas combinaciones de integración e interacción entre secuencias de imagen real y secuencias de animación, estableciendo grupos y supuestos de trabajo transdisciplinares, que permiten integrar sus conocimientos y confirmar las hipótesis planteadas en torno a la naturaleza de la composición digital y las formas de optimizarlo. Diferenciando entre elementos reales afectando a virtuales y elementos virtuales afectando a reales, lo que proporciona dos esquemas de investigación distintos, que condicionan notablemente el carácter de una producción audiovisual.

Estas estrategias de investigación, pretenden conformar una metodología que sienta principios generales para la correcta gestión y producción de contenido audiovisual (en el set de grabación y ordenador), y permita establecer supuestos de trabajo y metodologías concretas, para todo el proceso creativo que el medio ofrece. Demostrando, prácticamente, a través de las prácticas expuestas en la investigación, las ventajas o inconvenientes de un esquema de trabajo concreto, así como la relación entre calidad y viabilidad de las técnicas utilizadas durante el mismo.

El método no pretende, por tanto, establecer un único esquema de trabajo, sino una comprensión global de todo el proceso a través del que describir las posibilidades y combinaciones entre elementos compositivos. Sin embargo, el factor económico, así como el

tiempo invertido en un proceso u otro, son ejes fundamentales de la metodología. No reduciendo, así, el proceso a un solo esquema de trabajo, pero exponiendo la conveniencia, o inconvenientes de una técnica, así como su complejidad en comparación con otras.

A su vez, este cuerpo teórico va proporcionando un conjunto de normas, recomendaciones y conocimiento del medio audiovisual, que sirve para confirmar las hipótesis planteadas en la investigación. Demostrando que, el vídeo digital compuesto no es exclusivo de grandes estudios y productoras audiovisuales, y que la metodología propuesta puede ser transmitida y puesta en práctica en escuelas y universidades, a través de los profesionales que trabajan en los departamentos de vídeo y animación, o mediante nuevos departamentos específicos, donde desarrollar la posproducción y composición de contenido audiovisual de un modo académico.

CAPÍTULO 1: COMPOSICIÓN DIGITAL DE LA IMAGEN.

1. COMPOSICIÓN DIGITAL DE LA IMAGEN.

Durante los siguientes cinco capítulos se aborda todo lo relativo a introducir imágenes tridimensionales sobre acción real, lo que supone una gran parte del conjunto teórico y práctico en la realización de efectos especiales, a través del ordenador.

Posteriormente, en el capítulo seis, se trata todo lo relativo a la producción y posproducción de fondos y cicloramas para sustracciones croma, junto a la composición de elementos reales sobre entorno tridimensional y sintético. Lo que supone la otra gran parte de los efectos especiales. Aunque primeramente, hay que definir algunos conceptos básicos sobre los que se fundamenta la composición digital de imágenes.

Tareas como trazar máscaras, extraer píxeles de un mismo tono mediante un clave de color, enmascarar y rastrear puntos en la imagen, son técnicas conocidas, pero no siempre bien empleadas y comprendidas en el plató de grabación. Por ello, se van a exponer una serie de reglas que puedan seguirse en su aplicación.

Imagine una composición con el planeta Marte de fondo, poco habitual: (fig. 1.1): Se coloca sobre las dunas alguna nave espacial. Se modifica el cielo componiéndolo con uno estrellado. Para dar sensación de escala se añade algún caballo salvaje, y se desenfoca algo su perfil. Además, se le aplica una corrección de color, para cambiar su iluminación e integrarlo con el horizonte. A continuación, se añade fuego a la nave espacial, se pinta algo de humo alrededor de ella y, finalmente, se incorpora un personaje de espaldas a cámara, sobre el primer plano de la imagen.



Figura 1.1 Composición digital de una escena marciana.

Hace años que la posproducción ha dejado de ser la etapa en la que retocar y ajustar un único material filmado, para convertirse en una fase de edición y transformación de elementos individuales, reunidos y compuestos sobre un mismo plano de cámara.

La composición es la técnica de posproducción usada, para producir una escena contextualizando y ajustando elementos de distinto origen o medio, y percibirla coherentemente¹, con independencia de lo evidente o desapercibido del resultado. La composición es, también, el proceso cinematográfico con el que recrear escenas que, en una misma secuencia de rodaje, resultarían muy complejas o imposibles de realizar. Sin embargo, para que una composición funcione, todos los elementos aislados tienen que combinarse de una manera específica que facilite su visionado.

A menudo, se piensa que la posproducción digital, es la etapa de un proyecto que soluciona cualquier problema que este haya tenido durante su desarrollo, pero en posproducción ninguna composición es sencilla, si el material de origen de la escena no está correctamente grabado. Determinadas secuencias con primeros planos desenfocados, bajo contraste o mal encuadre, no son elementos adecuados con los que trabajar, y de hacerlo, se invertiría tanto tiempo, que acabaría no siendo un proyecto viable.

Estos elementos deben actuar independientemente en el plano, y para ello, habrá que extraer, enmascarar y seleccionar áreas de la imagen. Técnicas tal vez conocidas, pero no siempre bien entendidas en la práctica. Por ello, a continuación, voy plantear un conjunto de elementos

¹ "Digital Compositing deals with the process of integrating images from multiples sources into a single, seamless whole". Ron Brinkmann. *"The Art and Science of Digital Compositing: Techniques for visual effects, animation and motion Graphics"*. Morgan Kaufmann (2008, pág. 17).

fundamentales que intervienen sistemáticamente en el proceso de elaboración de una imagen compuesta. Partiendo del elemento fondo, estudiando su estructura interna base, para, a continuación, analizar la relación que guarda con elementos frontales o superpuestos.

1.1. FONDO Y FORMA DEL PLANO DE LA COMPOSICIÓN.

Determinadas películas, de género fantástico, ciencia ficción, aunque también de género histórico, tienen multitud de elementos que son grabados, animados por separado y reunidos en una composición final. Otras composiciones son, en cambio, solo un primer plano y un fondo sin más. Sin embargo, se basan en los mismos conceptos fundamentales que permiten la manipulación y el tratamiento de elementos individualmente: El orden y la posición que ocupan en el plano los diversos elementos que lo componen.

A pesar de que una correcta perspectiva, integre visualmente las partes de una escena, ésta está compuesta por un conjunto de formas percibidas a distinta profundidad, sobre un mismo plano de fondo. Plano, además, que define las dimensiones del documento de trabajo y su aspecto o proporción. Pero para entender cómo funcionan las formas o elementos frontales en la composición, se explicará, antes, cómo se obtienen dichos elementos.

Cualquiera de las formas compuestas sobre un fondo debe contener alrededor transparencia. Para ello, es necesario aislar el contorno sobre su fondo base con un cuarto canal llamado mate. Un canal mate puede utilizarse para distintas tareas, pero una de ellas es la de producir transparencia por medio de un canal alfa (canal mate que almacena la información transparente que un plano contiene), borrando así los píxeles del fondo, y dejando visible solo la forma.

Photoshop, herramienta muy habitual en composición, añade e interpreta durante la edición de la imagen canales alfa adicionales al rojo, verde y azul. Una de las operaciones más habituales con este canal, es extraer elementos de un fondo, por medio de herramientas que permiten deducir el canal mate, y definir donde están los vértices de una figura con respecto a su fondo base.

El canal mate representa la figura del plano frontal en un blanco puro, y en negro absoluto el fondo de alrededor, aunque este orden pueda invertirse durante el proceso, si se quiere producir lo contrario. De este modo, la imagen puede ser compuesta encima de otro fondo de documento cualquiera (fig.1.2). Este es un ejemplo muy característico de la utilización de un canal mate en una composición. Un personaje sobre un fondo diferente.



Figura 1.2 Composición básica de forma sobre fondo, a través de un canal mate (derecha).

Un fondo, es por otro lado, el elemento de la composición que bloquea la transparencia de cualquier forma compuesta sobre él. Se partirá de este marco de representación básico, para explicar el proceso de una composición y sus variaciones, e ir añadiendo, progresivamente, una estructura más compleja de representación. Antes, se hace necesaria una distinción entre dos tipos de fondo: En una escena exterior es el plano cielo-tierra, el fondo de entorno que rodea toda la perspectiva. En un plató de grabación, en cambio, el fondo es un elemento plano y frontal por detrás del modelo o forma. Se analizará, primeramente, el plano del fondo de una escena exterior y su composición básica, para, en el siguiente punto, analizar una figura grabada sobre un fondo del que extraerse.

1.1.1. OPERACIONES DE SUBTRACCIÓN FONDO Y FORMA DE UNA ESCENA.

Se parte de una secuencia de cámara fija del planeta Marte (fig.1.3) donde la línea del horizonte divide en inferior-superior el plano de representación, sin ningún elemento más en la escena. Al extraer de ella un fotograma de día y otro de noche, existen diversas maneras de tratar este primer plano de la composición.



Figura 1.3 Fotogramas de Marte capturados por la cámara de la sonda *Curiosity*.

En la escena diurna podría componerse un cielo distinto sobre el horizonte, tal vez uno nublado con el que añadir dramatismo. En cambio, en la escena nocturna puede que sea más interesante capturar el brillo de las estrellas, sustituyendo el plano de tierra marciano. En cualquier caso, se conserva uno de los elementos y el otro es sustituido previa selección. El plano de tierra en la escena de día, y el cielo estrellado en la escena de noche, permanecen en el fondo de la composición, aunque el orden, obviamente, se puede invertir. Sin embargo, la operación ya asume que existe un elemento de la composición que ocupa el fondo de la misma, y que, a su vez, puede ser compuesto en base a la línea del horizonte, cambiando el cielo, o el plano de tierra marciano que en él se representan.

Esta primera operación con el fondo de la composición de una escena exterior, un paisaje, es una de las más habituales en relación al primer plano de representación y su división básica en cielo-tierra. Realizándose operaciones de edición sobre el cielo, más que sobre el plano tierra, ya que los elementos reales (los actores que aparezcan en la composición) van a interactuar, aunque solo sea caminando, con el único plano físico de la composición, el plano de tierra. Pero, por el momento, el plano que aquí se expone está vacío y estático, tanto desde el punto de vista del observador, como de posibles elementos en movimiento que crucen la escena.

La composición, como ya mencioné en el punto anterior, es una técnica que permite recrear escenas imposibles en la realidad. La que aquí se desarrolla se basa en una combinación entre las dos opciones mencionadas anteriormente: El último plano de la composición, el fondo, será una combinación de un terreno iluminado de día, junto al cielo nocturno del otro fotograma capturado.

Para sustituir un cielo de un paisaje por el de otro documento visual, la iluminación ambiental de las dos imágenes debería ser la misma. A pesar del contraste, la composición entre estos dos planos no tiene por qué resultar disonante en una misma composición, si se ajusta convenientemente², justo lo que se pretende.

Por el momento, se describirá el proceso por el cuál aislar una parte de la imagen, convirtiéndola en elemento de la composición y dividiendo ésta en dos mitades. Sin embargo, para ello es necesario aislar antes el área mediante una selección de la misma. Existen diversos métodos de selección que se irán exponiendo a continuación, junto a una progresiva complejidad en lo compuesto.

En primer lugar, si el cielo se considera el verdadero fondo natural vacío sobre el que la tierra se muestra, éste debería hacerlo lo más brillante y uniforme posible, sin textura alguna (facilitando su selección). *Photoshop* incluye una herramienta llamada *Rango de color*, que permite realizar selecciones automáticas en base a un color y un rango de tonos. Es la más adecuada a la hora de seleccionar áreas dentro de un mismo espectro cromático, y siempre que se quiera seleccionar un cielo despejado en una composición, se puede recurrir a ella.

Al tomar una muestra con el cuentagotas en base a una tolerancia de color ajustable, se visualiza previamente un canal mate de la imagen, en blanco y negro, que permitirá aislar el área de color muestreada con una selección alrededor. Existen herramientas de selección en base a otros elementos que intervienen en la luz, pero *Rango de Color* usa los tonos. Por ello, es una de las herramientas más usadas a la hora de seleccionar cielos azules despejados, para sustituirlos o fusionarlos con cualquier otro.

² Durante la escena de la playa, en la película "*Contact*" (1997), de Robert Zemeckis, se observa un cielo galáctico, mientras el resto de la escena, el mar y la arena, se ilumina con luz diurna y soleada, lo que produce un efecto extraño e irreal, pero de gran impacto estético a la vez que perfectamente integrado.

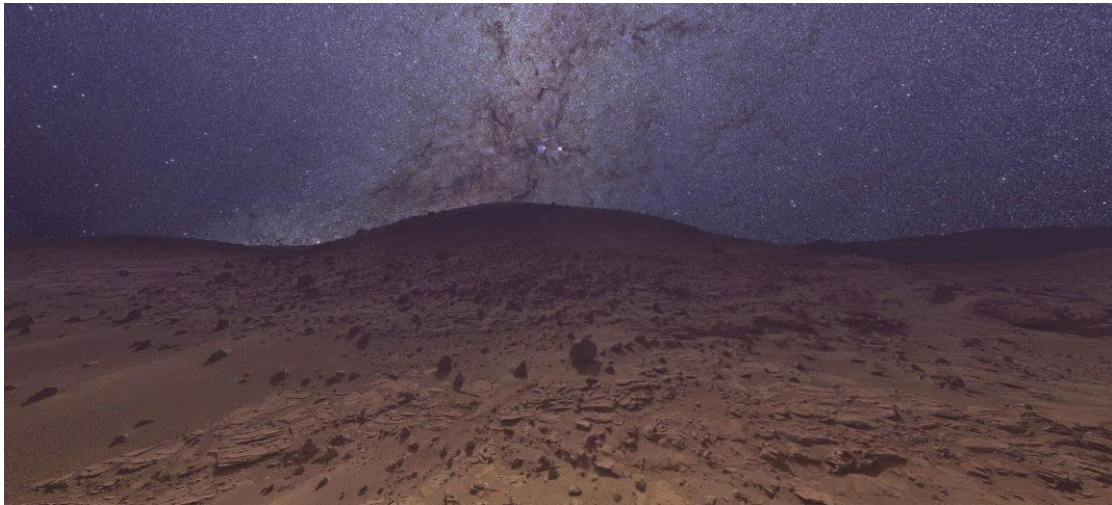


Figura 1.4 Fotograma combinado (día-noche) de Marte.

Una vez que la selección se ha realizado, el interior puede ser editado de diversas maneras, pero, en este caso, solo se quiere transparentar para que otro elemento se muestre en su lugar. La selección puede guardarse como un canal alfa que, añadido al documento, representa transparente todo lo que el blanco ocupa. Así, el cielo nocturno puede ser arrastrado directamente sobre la composición, descartando la otra imagen como origen de la misma. O, por el contrario, al tener un mismo punto de vista, se puede invertir la selección y arrastrar el plano de tierra sobre la escena nocturna, estableciendo con ello un primer nivel de representación (fig.1.4)

1.1.2. OPERACIONES DE SUBSTRACCIÓN FORMA Y FONDO DE UN ESCENARIO.

Sobre el fondo base de la composición bloqueada se añadirán más elementos a la composición. Normalmente, el plano que interesa descartar en un escenario de grabación, si posteriormente va a ser compuesto con una escena determinada, es el frente sobre el fondo (la parte interior de la forma sobre el plano que la contiene). La herramienta *Rango de color* puede, también, ser adecuada para seleccionar un fondo de estudio uniforme correctamente expuesto (fig.1.5). Cualquier elemento dispuesto enfrente y de una tonalidad opuesta entre figura y fondo, es adecuado para obtener una selección por medio del color con la que interpretar, después, la transparencia.



Figura 1.5 Figura grabada sobre fondo y compuesta sobre una imagen galáctica.

En la composición que se trata, una mano sobre fondo verde señala con un *dónut* algún punto de lo que será un mapa en la composición. En posteriores capítulos desarrollaré esta técnica con herramientas más específicas, pero por el momento, *Rango de color* es útil, para crear una selección del fondo verde y representarlo transparente. Si en cambio, no se dispone de un fondo liso, no se puede trasladar el elemento al interior del estudio de grabación o la imagen no presenta un color lo suficientemente saturado, entonces, se pueden utilizar diferentes herramientas manuales que diferencian la forma del fondo en una misma imagen. Se describirá esta técnica (rotoscopia) más adelante, pero, por el momento, es más interesante destacar que la forma del *dónut* sobre el fondo de la secuencia es un elemento interior, que se extrae de su plano base mediante rango de color, para ser incorporado a otro documento de destino, en este caso (fig.1.5), sobre la imagen captada por el telescopio espacial *Hubble*.



Figura 1.6 Composición basada en tres elementos de la imagen superpuestos.

1.1.3. OPERACIONES DE COMPOSICIÓN DE FORMA Y FONDO SOBRE EL PLANO DE LA COMPOSICIÓN.

Para cualquier elemento que esté detrás, o encima de otro, sobre un fondo base, también se necesita un canal alfa. Un canal alfa, como ya se mencionó, es capaz de interpretar la transparencia de una imagen en base a su contraste, ocultando una parte de la imagen y mostrando otra. Si se quiere componer un elemento detrás de otro, lógicamente, no funcionará si se coloca encima, ya que se supone que debe de ir detrás, cubierto parcialmente por el primer objeto. Lo que implica que debe haber tres elementos en la escena: El fondo, un elemento que se sitúa encima y uno nuevo que se coloca entre medias.

Si se selecciona el trípode y se transforma la selección en canal alfa, para ocultar la figura del Sol a través de la selección (fig. 1.6), éste se mostrará detrás. Es importante entender que, cuando se seleccionan herramientas de selección y trazado en *Photoshop*, por defecto dibujan perfiles duros, así que, como norma, se debería trabajar con elementos que tengan bordes definidos. Sin embargo, ésta, si bien la más evidente, no es la única operación que puede realizarse en composición. Existen dos operaciones más con distinto resultado (terminando por definir los procesos fundamentales de edición en composición digital de imágenes): Las operaciones de ajuste y las de eliminación de píxeles.

1.1.4. OPERACIONES DE AJUSTE SOBRE ELEMENTOS DEL PLANO DE LA COMPOSICIÓN.

Las operaciones de ajuste actúan sobre un área del documento, únicamente, para hacer una modificación sobre los valores de los píxeles que el área cubre. Una de las prácticas más habituales es modificar y corregir el color de un elemento. Para ello, se usa la herramienta *Rango de color*, que permite realizar la selección de todo un elemento que tenga una tonalidad relativamente homogénea (fig.1.7). Con esta selección se puede ajustar el tono, la saturación, la luminosidad o cualquier otro componente de la imagen. En todos los casos anteriormente descritos hay que crear un canal mate del área en la que se quiere trabajar, ya que no es posible hacer casi ninguna operación sin tener un canal mate de la figura.

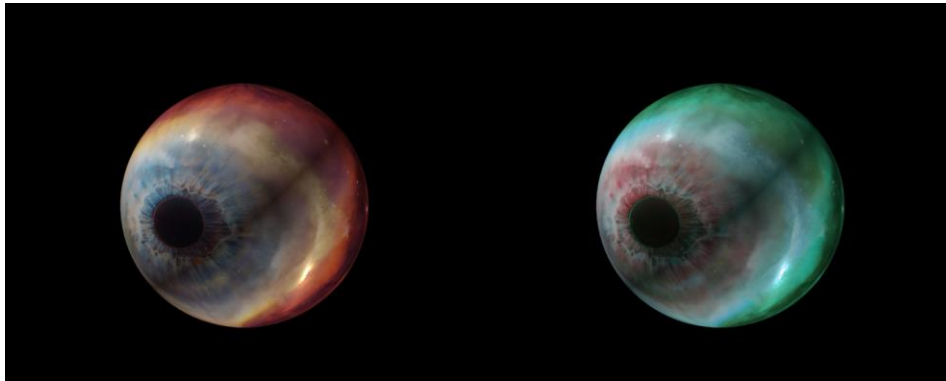


Figura 1.7 Ojo de personaje 3D, texturizado con imagen captada por el telescopio Hubble y ajustado de tonalidad en posproducción (izquierda).

La herramienta *Gama de colores* extrae un canal mate interpretado en base a un color, pero no se puede realizar una selección de cualquier elemento coloreado, tiene que ser relativamente uniforme. Así pues, si se intenta extraer a *Amb suit*³ de un fondo con un tono similar (fig.1.8) (seleccionando los tonos irregulares de la forma), se seleccionarán también los tonos del fondo (que no sirven para diseñar un canal mate de la figura). Por lo tanto, a menudo, el canal mate tiene que ser pintado a mano (usando herramientas como selección de lazo y selecciones a partir de trazados), dibujando una línea sobre el contorno del elemento. Un proceso muy minucioso, pero, a la vez, último y definitivo recurso para obtener un canal mate. Una vez obtenido se puede substraer, eliminar y retocar sobre el mismo documento y, por supuesto, también arrástralo a otra imagen del espacio de trabajo.

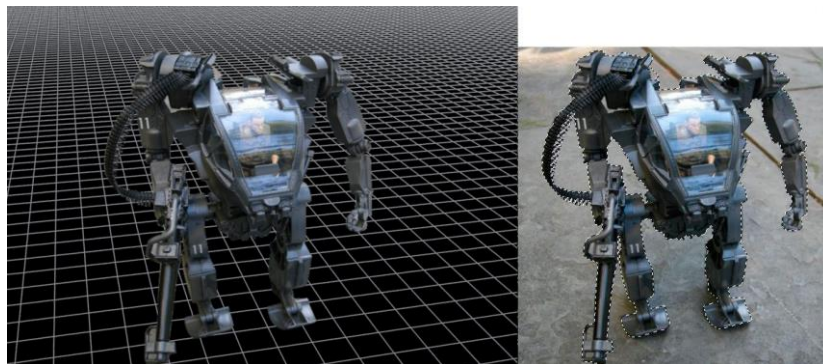


Figura 1.8 Composición con vehículo en miniatura *Amb suit* de la película “*Avatar*”, del Director James Cameron.

³ Existen etiquetas imprimibles sobre las que visualizar en realidad aumentada el modelo *Amb suit* y muchos otros de la película “*Avatar*”, a través de la página web <http://www.avataritag.com/>, propiedad de la compañía de juguetes *Mattel*. La infografía 3D, en este caso, se compone en tiempo real sobre la realidad capturada en el monitor del ordenador, por medio de una *web cam*.

1.1.5. OPERACIONES DE ELIMINACIÓN (CLONACIÓN) SOBRE EL PLANO DE LA COMPOSICIÓN.

Otra operación, muy habitual en programas de edición y retoque fotográfico, consiste en borrar elementos de la imagen, como los cuadros que cuelgan de las paredes del museo (fig.1.9), trabajo, éste, un tanto sencillo debido a la homogeneidad de la pared blanca.



Figura 1.9 Museo de Arte Contemporáneo (pared clonada).

Para borrarlas existen pinceles de clonación, que recogiendo muestras de otras partes de la pared y fundiéndolas alrededor del cuadro borran permanentemente la imagen. No obstante, existen muchas maneras de utilizar esta herramienta (fig.1.10), como clonando el látex que une la frente con la peluca, en la imagen. Los gestos expresivos al actuar producen extraños pliegues que debieron ser cubiertos con parches de otras áreas de la frente.



Figura 1.10 Fotograma con piel clonada. Visual del Director Denis Guéguin, para la ópera *Alceste*.

1.2. ESPACIO DE TRABAJO PARA VÍDEO-COMPOSICIÓN DIGITAL DE IMÁGENES.

Componer imágenes en movimiento no es igual de sencillo que componer un único fotograma. Se trata de un modo de trabajo muy distinto, ya que todo lo que se compone tiene que moverse del mismo modo en el plano. Si, por ejemplo, se decide colgar boca abajo un cuadro, se puede hacer en *Photoshop* rápidamente sobre un fotograma, pero si la cámara se mueve, el cuadro tiene que moverse exactamente de la misma manera, o se perderá la ilusión de estar boca abajo.

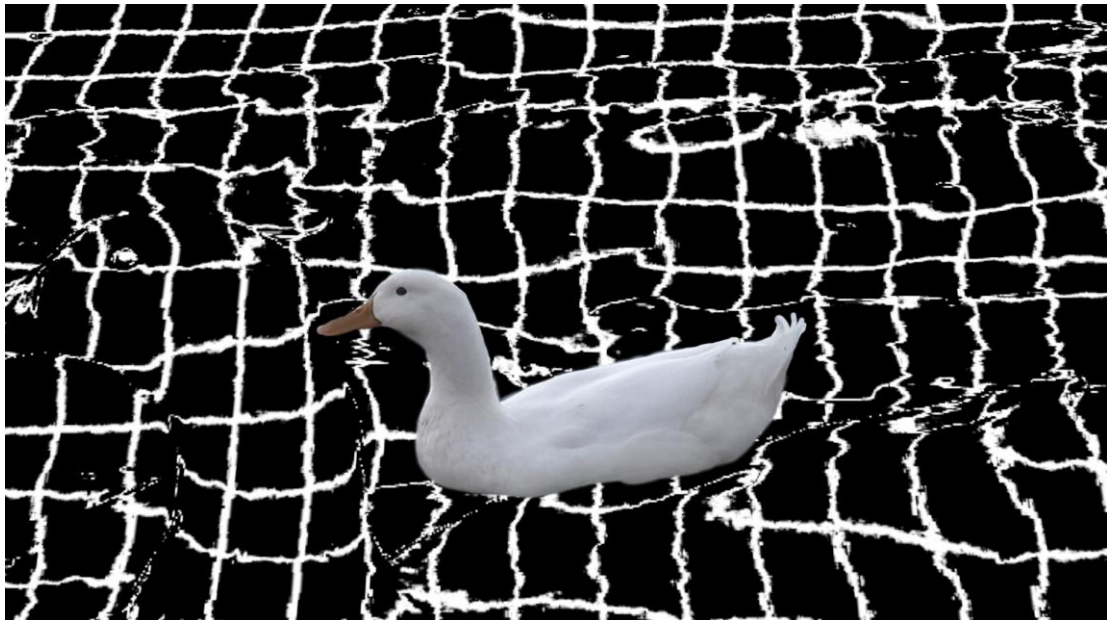


Figura 1.11. Figura extraída a mano de su fondo natural, compuesta con una cuadrícula, y desplazada, con la textura del agua.

Las composiciones han de ser creíbles a veinticinco fotogramas por segundo, lo que significa, que muchas de las cosas que pueden hacerse con una imagen fija, no pueden hacerse con secuencias de imagen en movimiento. Si se quiere componer algún elemento detrás de un modelo (fig. 1.11) con un fondo de color no uniforme, se necesita pintar a mano con pincel hasta hallar el canal mate, ya que la figura no se puede extraer desde el color. El detalle de las plumas es bastante difícil de extraer, pero si se trabaja lo suficiente podría funcionar visualmente.

El trabajo que aquí se muestra es de un solo fotograma. Con imagen en movimiento, si no se pinta del mismo modo durante los 25 fotogramas, al reproducir la secuencia los bordes parpadean, como se puede apreciar en las primeras animaciones⁴ tradicionales, ya que es muy difícil pintar dos veces de la misma manera. Esta es la razón por la que no se puede trabajar con imágenes en movimiento, de la misma manera que con un único fotograma. En composición de vídeo, hay que sincronizar las secuencias por medio de un buen número de técnicas y herramientas.

1.2.1. ESPACIO DE COMPOSICIÓN BASADO EN CAPAS.

After Effects funciona de igual manera que *Photoshop*. Cada capa tiene su canal mate y se apila sobre otra inferior. Cada capa puede ser procesada independientemente, así se puede, por ejemplo, coger una capa, añadirle un clave, una corrección de color, algo de grano de película o cualquier otro filtro. Sucediendo todos estos cambios, solo en los gráficos de esa capa y, por lo tanto, compuesta en capas:

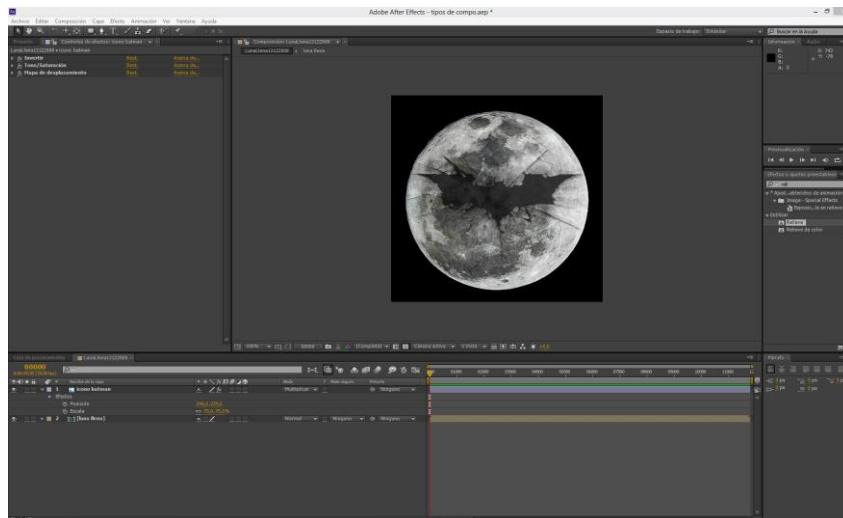


Figura 1.12 Adobe After Effects.

⁴ Donald Crafton. “*Before Mickey. The Animated Film 1898-1928*”. The University of Chicago press. 1993.

Mientras es adecuada para composiciones sencillas de publicidad, no lo es tanto para composiciones complejas usadas en cine, ya que para determinados elementos puede no ser el medio adecuado. Por ejemplo, si se quiere añadir el símbolo de *Batman* sobre la Luna (fig. 1.12), lo que haríamos es extraer el canal mate del gráfico, y así, controlar el modo en que se fusiona con la Luna, reduciendo la opacidad y desplazando, mediante un efecto, su contorno en base a los cráteres de la capa base. Lo que da la sensación de estar proyectado sobre ella.

En realidad, bajo este tipo de entorno de trabajo basado en capas, hay que concebir la composición antes de realizarla, y esto solo se puede hacer mientras la estructura compositiva no sea muy complicada y exigente.

1.2.2. ESPACIO DE COMPOSICIÓN BASADO EN NODOS.

Las herramientas profesionales de composición están adoptando un modo de trabajo basado en nodos. Se trata de un flujo de trabajo algo más profesional, con una filosofía distinta donde, en vez de imaginar un flujo de trabajo, se diseña uno sobre la pantalla. En composición de secuencias de películas se usan este tipo de diagramas. Pueden resultar algo complejos, pero en realidad se asimilan rápidamente, ya que su espacio de trabajo es muy intuitivo. Toda la composición se estructura en nodos, pequeños bloques con los que ejecutar algún comando. Un nodo de carga, carga algún material de archivo. A su lado se puede añadir algún nodo corrector de color, el cual tiene opciones que no solo ajustan el color. Un nodo de grano de película simula grano de película. Un nodo de resplandor hace brillar una imagen. Hay cantidad de filtros y herramientas que realizan alguna función específica.

La manera de componer también cambia, se colocan materiales de archivo uno detrás de otro, para ajustarlos y operar sobre ellos. Componiendo luego los ajustes con un nodo de fusión, que posee dos entradas. Se parece mucho a una cadena de producción industrial. Usado en su origen por herramientas que procesaban imagen y sonido en tiempo real, y, en la actualidad, implementado en el campo de la postproducción profesional. Sin embargo, esta estructura permite trabajar de una manera más libre en la composición, permitiendo mezclar imágenes del mismo modo en que lo hacemos mentalmente.

Hace años la composición por nodos se realizaba en sistemas como *Inferno*, *Flame*, de la compañía *Autodesk*. Estos sistemas tenían un precio muy elevado, pero fueron usados en multitud de películas de acción y aventuras. La tecnología ha ido evolucionando y actualmente, se puede hacer lo mismo en un *PC* de alto rendimiento con un *software* como *Fusion*, de la

compañía *Eyeon*, herramienta utilizada igualmente en un buen número de películas. Otras herramientas que podemos encontrar en el mercado audiovisual son *Shape*, para *Macintosh*, o *Nuke*, ambas herramientas de gran calidad

Primeramente, hay que destacar que no se trata tanto del *software*, como del uso que se hace del *software* para explicar ciertos conceptos. Se empieza importando algún material de archivo, por lo tanto hay que añadir un nodo de carga, por ejemplo, un clip del Sol (fig. 1.13). Se añade un icono *smiley* por encima del nodo del Sol, para ello se añade otro nodo de carga a la composición. Se ajusta, a su vez, su posición con un nodo de transformación y, para trasparentar el área amarilla del icono, se aplica un modo de fusión superponer, que elimina la superficie e integra el gráfico con la imagen del Sol.

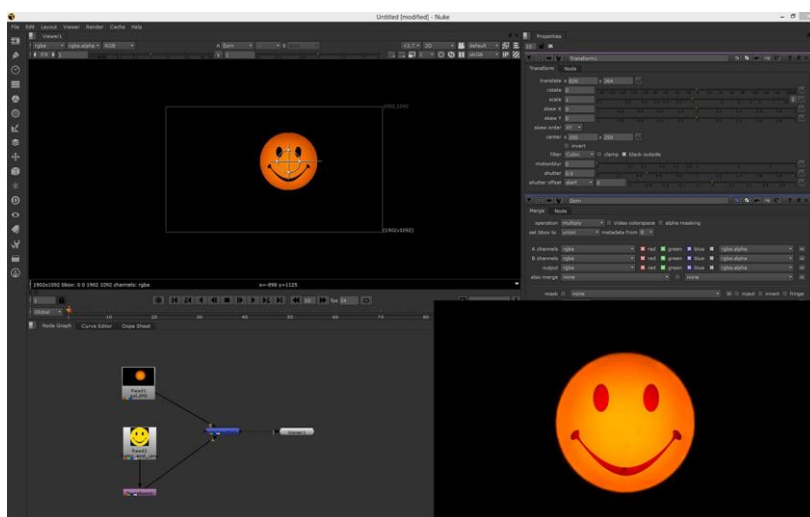


Figura 1.13 Nuke, The Foundry.

Estas dos cadenas en paralelo están separadas, para unirlos se le añade un nodo de fusión, el cual tiene dos entradas, una para el fondo y otra para el frente. Se conectan entonces las salidas de los nodos ajustados con las entradas del nodo de fusión, para el Sol y el icono, compuestos sobre el mismo lugar del plano. Por último, se añade un nodo de salida de imagen, para exportar y guardar directamente al disco.

Así es como se compone en *Nuke*. En el momento que se quiere volver a realizar algún ajuste, el nodo sigue en la composición. Este método de trabajo es bastante más efectivo que la composición basada en capas usada en *After Effects*. Además, cuando se trabaja en una composición, no solo se visualiza la salida final, en lugar de ello, el monitor puede representar la imagen de cada nodo seleccionado, lo que permite ir a cada etapa y realizar ajustes y comprobaciones.

1.3. PROCEDIMIENTOS PARA EXTRAER UN CANAL MATE.

El canal mate es un elemento a tener en cuenta desde la producción, de cara a la fase de postproducción, ya que es importante entender, que si no se puede extraer un canal mate de ninguna de las formas anteriormente descritas en el punto 1.1, no se podrá hacerlo de otro modo (fig. 1.14).



Figura 1.14 Canal mate (dcha.) de una figura (izq.) sobre un fondo uniforme.

Sin embargo, es necesario entender cuándo es útil un mate. Primeramente, se necesita un canal mate cuando hay que extraer algún elemento de algún área de la imagen. También, es necesario un canal mate cuando se quiere procesar algún comando sobre un conjunto de píxeles, como una corrección de color, por ejemplo. Es necesario, inclusive, cuando se quiere colocar un elemento detrás de otro. Sin embargo, la imagen tridimensional tiene una ventaja frente a la bidimensional, y es que siempre guarda un canal mate de la imagen, así que no hay que preocuparse por extraer el canal mate de los elementos 3D (fig. 1.15).

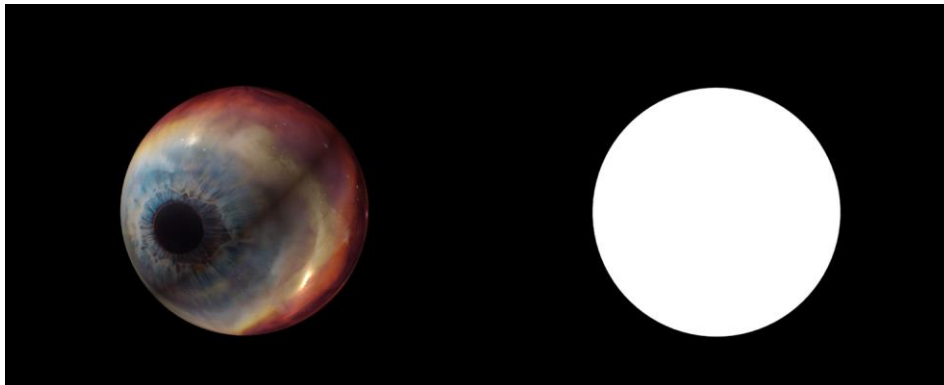


Figura 1.15 Canal mate (dcha.) de una geometría (izq.) sobre el entorno en 3D.

1.3.1. EXTRACCIÓN MEDIANTE CLAVE DE COLOR.

Solo he hablado de la extracción de canales mate con secuencias de imagen real, que podemos sustraer automáticamente usando una clave de color, aunque también pintándolos a mano. El proceso de clave de color consiste en situar a un actor delante de un fondo (pantalla) verde, especificar, al efecto *Clave de color*, que es el verde el color de la sustracción y, así, extraer al actor y situarlo en algún área de otro documento. Esta técnica se conoce como *Clave de color* o *Clave de crominancia*, aunque significan lo mismo: Realizar un clave en base a un color. En condiciones correctas, este es todo el proceso. Pero hay una gran diferencia entre una buena y una mala sustracción de *Clave de color*, de la que se hablará en el capítulo sexto. Sin embargo, cubriré algunos aspectos básicos en este capítulo.

Clave de color funciona aislando un rango de color, cuanto más pequeño es este rango, mejor se realiza la sustracción del color. Hay secuencias (fig. 1.16) en las que se aprecian distintos grados de exposición en las zonas de la imagen (más iluminación a la izquierda del modelo). Con iluminación poco intensa se hace más difícil encontrar los vértices de la silueta, y para entenderlo nada mejor que tomar como ejemplo el tono del cabello. El fondo verde, a la izquierda, se muestra oscuro. Y el color base del cabello, también en el lado derecho, es de un marrón claro. Pero al observar los cabellos sueltos a la derecha de la imagen, son muy finos para extraer los píxeles. Además, son de color mitad marrón y mitad verde (sub-píxeles), lo que dificulta la sustracción.

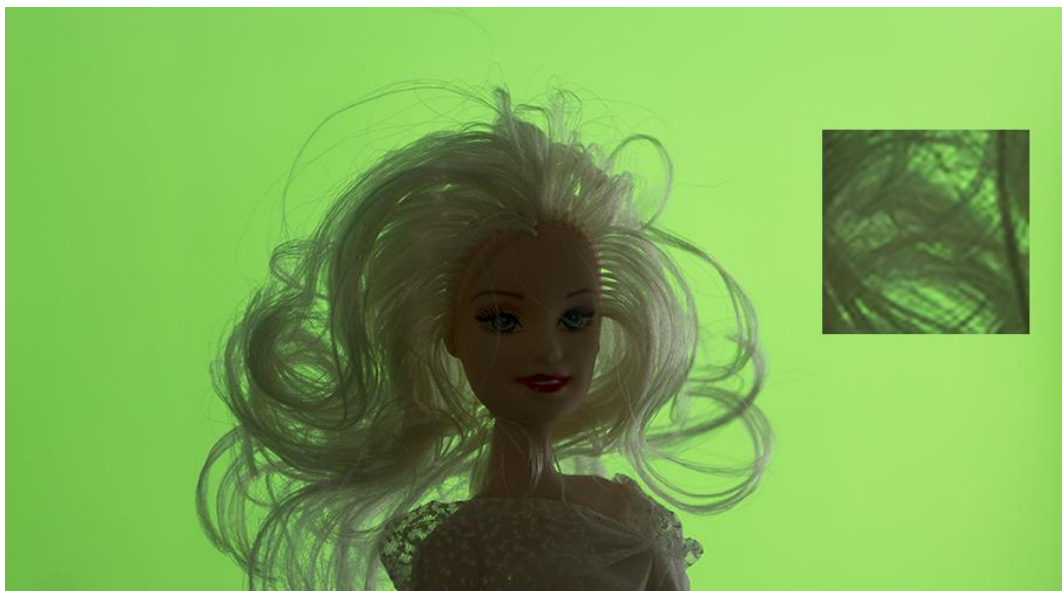


Figura 1.16 Modelo sobre fondo iluminado no uniformemente, junto a muestra de sub-píxeles del cabello.

El problema surge cuando el color de fondo no es uniforme, y se tiene que definir un rango de color cada vez más grande (en base al tono verde), lo que produce más sub-píxeles y una pérdida de detalle en la silueta. Esta pérdida de vértices es un síntoma de una mala sustracción de color y, por la misma razón, los vértices definidos son el síntoma de una buena sustracción. Por lo tanto, la regla general para realizar buenas sustracciones de color, es tener un color de fondo tan claro y uniforme como sea posible. Es interesante destacar, que para la extracción, cualquier color puede ser usado, no tiene por qué ser forzosamente verde.



Figura 1.17 Efecto de clave de color (sustracción de baja calidad y detalle) sobre los tonos de la piel.

Si se quiere, por tanto, extraer el color de la piel de los personajes que aparecen desnudos en las pinturas clásicas (fig. 1.17), hay que realizar el clave sobre la piel (al contrario que en el ejemplo anterior). De nuevo, se selecciona el color que se quiere editar, lo que define el rango de color, y así, el software deduce el canal mate de dichas áreas de la imagen.

A esto me refiero cuando hablo de un canal mate automático, porque el canal se ajusta al contorno y lo anima automáticamente, siendo el ajuste del clave la única operación a realizar. Por supuesto que, algunas áreas del fondo se pueden añadir a la selección (en caso de no ser el fondo uniforme), aunque ello no es un problema, ya que se pueden excluir manualmente.

Para corregir el color, simplemente, se selecciona un tono de la piel o cualquier otro que interese modificar. Todo este proceso solo afectará a las áreas específicas que defina el mate. Se pueden añadir más efectos de *Clave de color* a la imagen, como por ejemplo, seleccionando otros tonos y añadiéndolos al mate. O seleccionando pieles de los visitantes al museo (fig. 1.17), realizando un mate sobre ellos, ajustándolo y mostrando un fondo negro a través de las siluetas. Obteniendo, en esta práctica, una sustracción de la forma en vez del fondo.

Esta manera de extraer el color es comúnmente usada en publicidad, ya que da un control total sobre la superficie del producto. Pero la idea fundamental es, que podemos extraer un mate de cualquier cosa que tenga un tono similar.

1.3.2. EXTRACCIÓN MEDIANTE CLAVE DE LUMINOSIDAD.

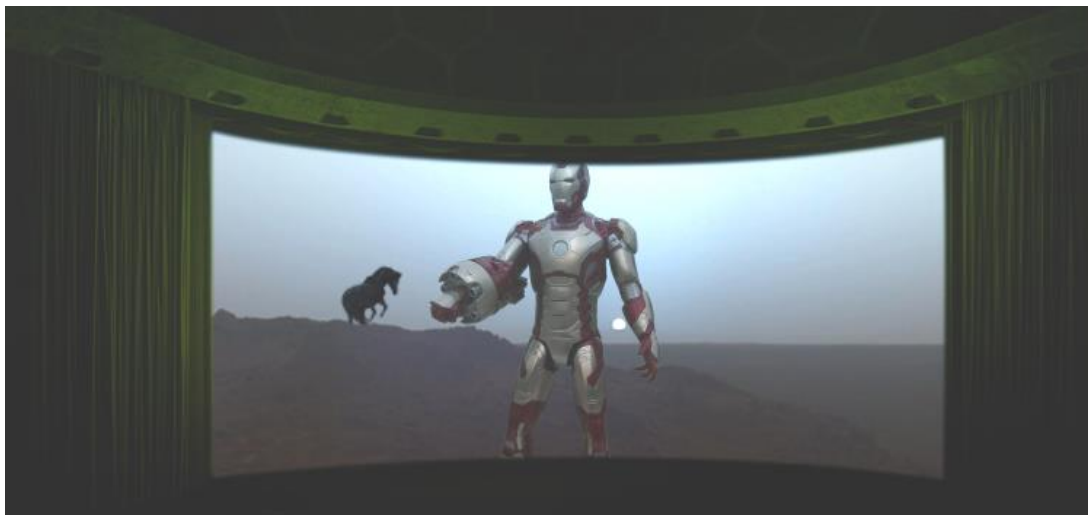


Figura 1.18 Composición usando *Clave de luminosidad*.

Clave de luminosidad (fig. 1.18), sin embargo, no define el color como elemento de trabajo. El efecto extrae un clave de brillo de la imagen (fig. 1.19). Es habitual encontrar secuencias con áreas sobreexpuestas y sin colores que substraer porque todo es blanco. En estas ocasiones hay que utilizar un clave de luminosidad, seleccionar el nivel de brillo para obtener un mate de la pantalla (en este ejemplo), que puede ser usado para remplazarla por una proyección de cine marciano.

Por su puesto, que algunas zonas que no son la pantalla (telón) y tienen brillos de similar intensidad (fig. 1.19), también pueden ser seleccionadas, pudiendo ver la proyección a través de ellas, aunque esto puede solucionarse pintando manualmente dichas áreas y añadiéndolas al canal mate.



Figura 1.19 *Clave de luminosidad* sobre la pantalla del cine *Palafox* de Madrid (canal mate dcha.).

Esta es una solución habitual y relativamente fácil. Otro aspecto a comprobar es que el resto de la escena sea consistente con el nuevo elemento, o no tendría sentido la iluminación ambiente de la misma proyección. No funciona una proyección oscura y, de repente, una sala de cine brillante. Obviamente, la imagen necesita ajustarse entre elementos de la composición. Aquí se ha elegido este motivo cinematográfico, pero el cielo es uno de los elementos visuales más usados con *Clave de luminosidad*.

Difíciles de extraer, en los cielos, son las nubes, ya que producen muchas formas irregulares que no se pueden seleccionar, sin que se seleccione cualquier otro elemento. Ningún clave puede solucionar este tipo de problemas, hay que pintar un canal mate mediante herramientas de pincel, trazado y máscara, explicadas más adelante en este capítulo.

Muchos efectos de sustracción forma-fondo de bajo presupuesto, utilizan el económico recurso de grabar a los actores sobre un cielo despejado azul brillante. Realizándose las sustracciones perfectamente, a la vez que iluminando al modelo con la luz reflejada del cielo en todas direcciones. Opción recomendable, si la secuencia se desarrolla en exteriores y está iluminada con la luz directa del Sol.

Por último, también es difícil seleccionar elementos sobre un fondo desenfocado, obteniendo bordes con halos alrededor de la selección, en base a un gris medio y, por lo tanto, ofreciendo poco contraste de borde en la silueta del canal mate deducido.

1.3.3. EXTRACCIÓN MEDIANTE CLAVE DE DIFERENCIA.

Clave de diferencia (fig. 1.20), otra clase, puede generar un clave entre dos secuencias. Si se tiene una secuencia con un actor, y la misma sin él, debería poder generarse un *Clave de diferencia*. En realidad, el efecto devuelve el valor de cada píxel diferente entre cada secuencia, pero si ambos (fondo y forma) son luminosos y similares, el clave será entonces un área semitransparente no del todo mate. *Clave de diferencia* no es, por lo tanto, un recurso con el que se pueda contar, ya que rara vez funciona óptimamente.

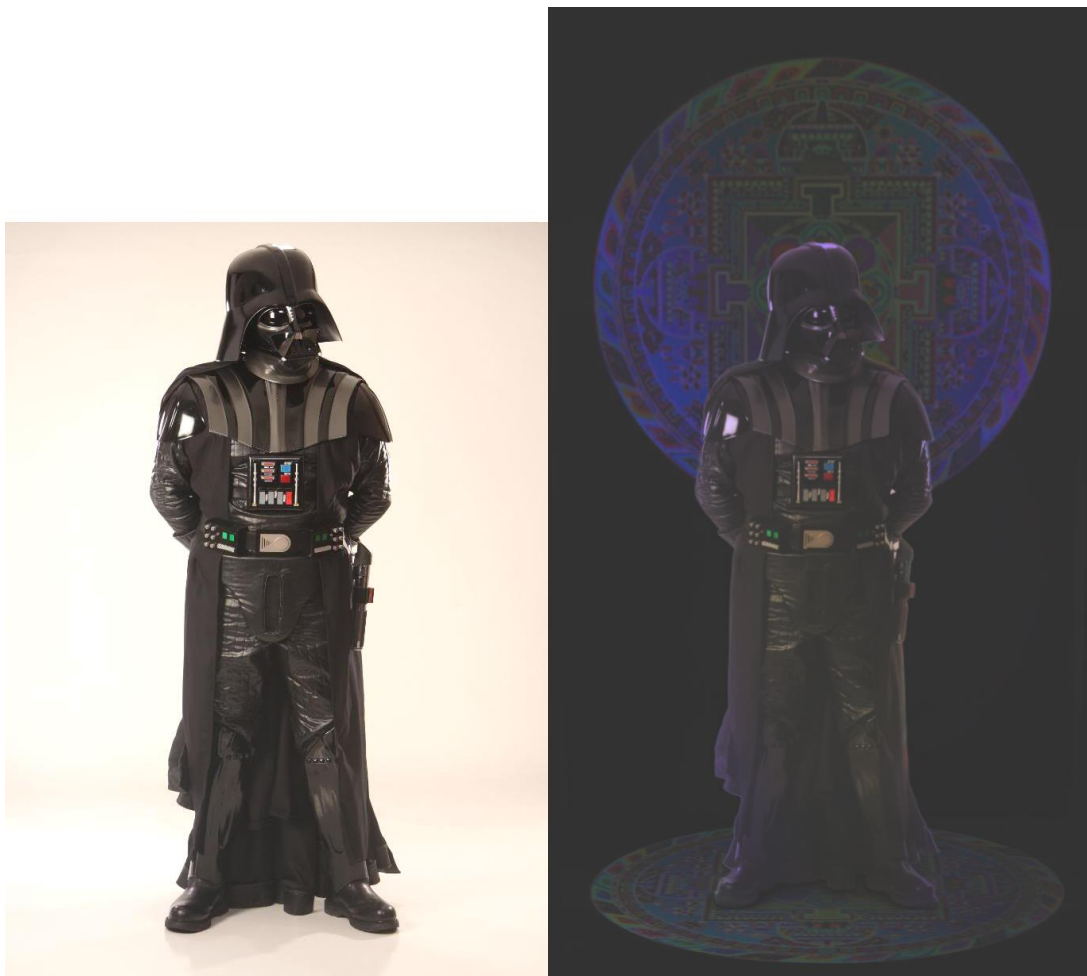


Figura 1.20 Composición elaborada mediante *Clave de diferencia*.

1.3.4. EXTRACCIÓN MEDIANTE CLAVE DE SILUETA.

Clave de silueta, por último, permite filmar una silueta y usarla como canal mate. Ello solo es posible con objetos estáticos filmados con cámara fija. Primero se filma el objeto, luego se retro-ilumina, y se filma de nuevo (fig. 1.21). Esta última secuencia puede ser convertida a un canal mate y, de este modo, substraer la figura correctamente. Esta técnica es muy utilizada en anuncios de publicidad, pero solo puede realizarse en entornos muy controlados.



Figura 1.21 Composición mediante *Clave de silueta* (mate izq. silueta dcha.)

A pesar de los avances en deducir canales mate automáticamente, estas son las únicas técnicas que la composición tiene para extraer una figura de un fondo. Si no se puede extraer un canal mate mediante color, luminosidad, diferencia, o silueta, no se puede extraer de ninguna manera.

Muchos profesionales del medio se sorprenden de este hecho, pero no existe una solución a todos los problemas en posproducción. Si, por ejemplo, se tiene la idea de que un conjunto de montañas brillen como si fueran neones verdes, no hay nada que distinga una montaña de otra y que el clave pueda extraer individualmente.

Pintar a mano una secuencia de este tipo sería una labor monumental y, si la cámara también se mueve, probablemente imposible. Por eso, es importante saber, previamente, de qué parte de la imagen y cómo se va a extraer el canal mate. En la escena descrita, sería imposible obtener un canal mate, porque el color de las montañas suele ser el mismo en cualquiera de sus partes.

La única manera aislar elementos en el paisaje, sería pintando el canal mate a mano. No se puede trabajar un fotograma en *Photoshop* pintando simplemente una máscara con el pincel, ya que es imposible pintar de la misma manera durante toda la secuencia (fig. 1.11). Por eso, en composición se dispone de una herramienta sencilla de animar llamada máscara.

1.3.5. HERRAMIENTAS DE TRAZADO Y MÁSCARAS DE TRABAJO.

Una máscara de trabajo (fig. 1.22), es un trazado curvo compuesto de puntos conectados entre sí. Los puntos se pueden mover, trabajar en la curvatura y ajustar al contorno. Las máscaras de trabajo pueden tener, también, aristas duras, o suaves, para integrarse mejor. Pero lo importante, es que para animar el contorno solo hay que animar los puntos de control, lo que resulta más controlable que intentar rehacer múltiples trazos de pincel en cada fotograma (fig. 1.11). Es esta simplicidad, el aspecto positivo y negativo que presentan las máscaras de trazados.

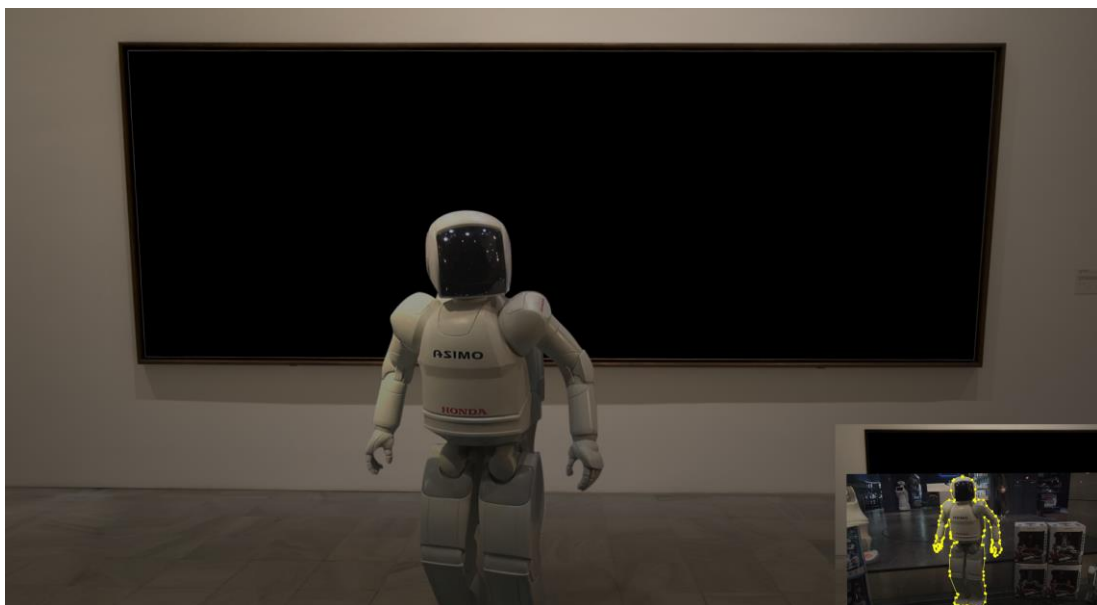


Figura 1.22 Máscara de trabajo alrededor de la silueta del robot *Asimo* (escultura).

Las máscaras de trabajo fueron creadas, para quitar zonas no deseadas de la imagen, como elementos de apoyo visual a la postproducción alrededor de los actores. Con las máscaras se

contornean dichos elementos y desaparecen, dando una composición limpia. Así que se pueden tener elementos cerca del actor siempre que estos no lleguen a tocar los bordes de su silueta.



Figura 1.23 Máscara alrededor de la rosa, para evitar la sustracción en su interior
“Alice in Wonderland” (2010), dirigida por Tim Burton.

Por la misma razón, si colocamos algún elemento verde sobre el cuerpo (fig. 1.23), se va a abrir un orificio en el canal mate⁵. Una máscara puede tapar el hueco, siempre que no esté demasiado cerca de las aristas del canal mate. Por último, en el párrafo clave de luminancia, el clave de la pantalla, también subtrae algunas zonas del telón (fig. 1.24). Se puede usar fácilmente una máscara para tapar el mate y, así, solo extraer en la zona de la pantalla.

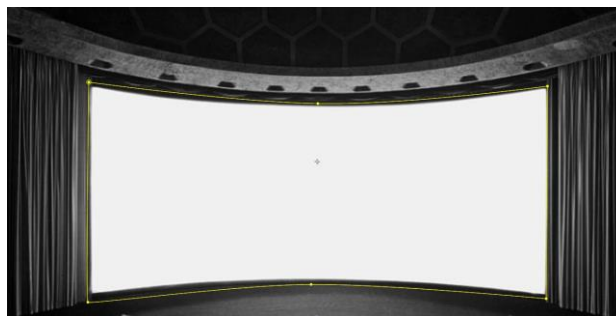


Figura 1.24 Máscara de trabajo alrededor de la pantalla.

⁵ Las vídeo-artistas Laura Cabera Díaz y Sira Cabrera Díaz (Cáceres 1947) a menudo usan este recurso. Aprovechando el efecto de transparencia sobre el cuerpo de los actores, para mostrar otra textura en su lugar. Pueden verse ejemplos en su blog: <http://lauracabreradiatz.blogspot.com.es/2011/03/videos.html>

Todas estas son técnicas para extraer un canal mate, pero lo importante es cómo extraerlo adecuadamente. Uno de los usos más frecuentes del canal mate es, para controlar el área en el que se aplica un efecto, por ejemplo, el halo de la Luna llena alrededor (fig. 1.25).

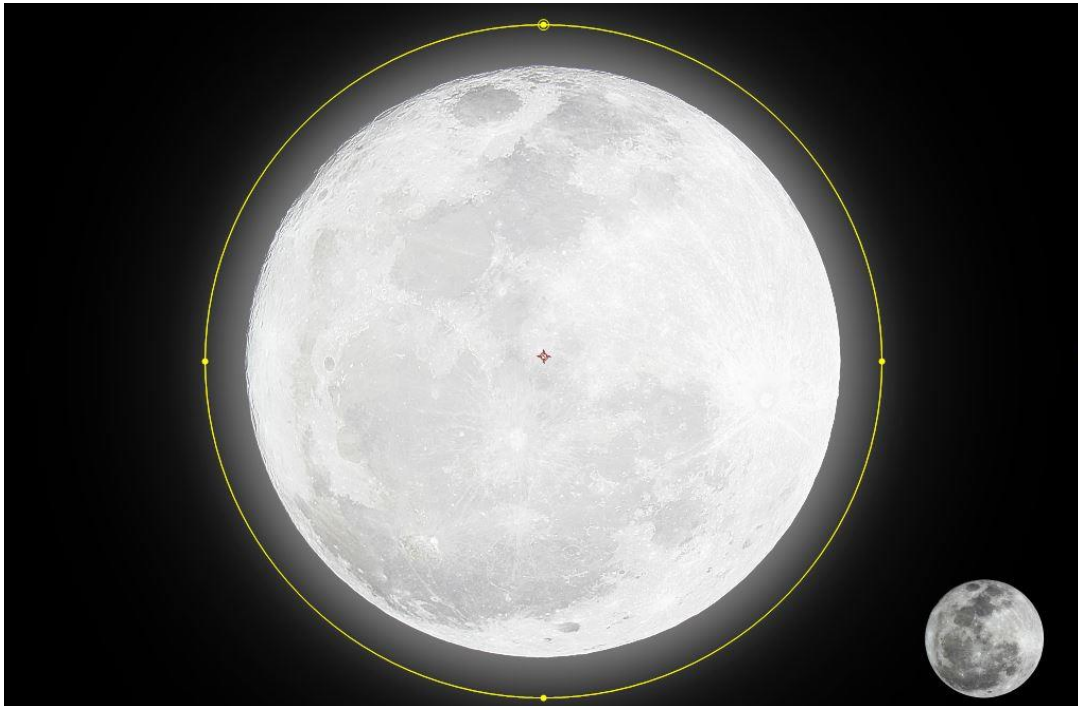


Figura 1.25 Máscara de trabajo sobre una capa con efecto resplandor.

Obviamente, la primera tarea es aislar la Luna con un trazado circular y, así, generar una composición de un solo elemento y una máscara. De este modo el brillo se produce en el área blanca del canal mate. La máscara necesita, lógicamente, moverse como la Luna en su órbita. Para ello, se empieza a trabajar en la mitad de la línea de tiempo, y cuando la forma está bien colocada, se avanza cincuenta fotogramas, donde ya no se adapta a la forma. Al ajustarla manualmente se genera un nuevo fotograma automáticamente.

Cuando se reproducen estos diez fotogramas, el ordenador intercala entre ellos una animación. Si en algún tiempo intermedio está desalineado, habrá que ajustarlo. Se repite este proceso para toda la animación, trabajando en pasos de veinticinco o cincuenta fotogramas, y después, se subdivide para refinar la animación.

Este proceso proporciona un canal mate alineado con la Luna de inicio a fin. Muchos llaman a este proceso rotoscopia⁶, pero, al fin y al cabo, es solo un canal mate animado lo largo de una secuencia.

Otra operación muy habitual con las máscaras es enmascarar un fondo. Recordando la secuencia del robot *Asimo* (fig. 1.22), el siguiente paso es componerlo en la sala del museo. De nuevo, se elige un fotograma que represente la forma y se traza el contorno (fig. 1.26). Usando suficiente puntos de control se captura fielmente la forma, pero por otro lado, con muchos se hace difícil de animar. Se simplifica con veinte o treinta puntos de control y, después, se añade otra máscara (independiente), para la separación entre las piernas.

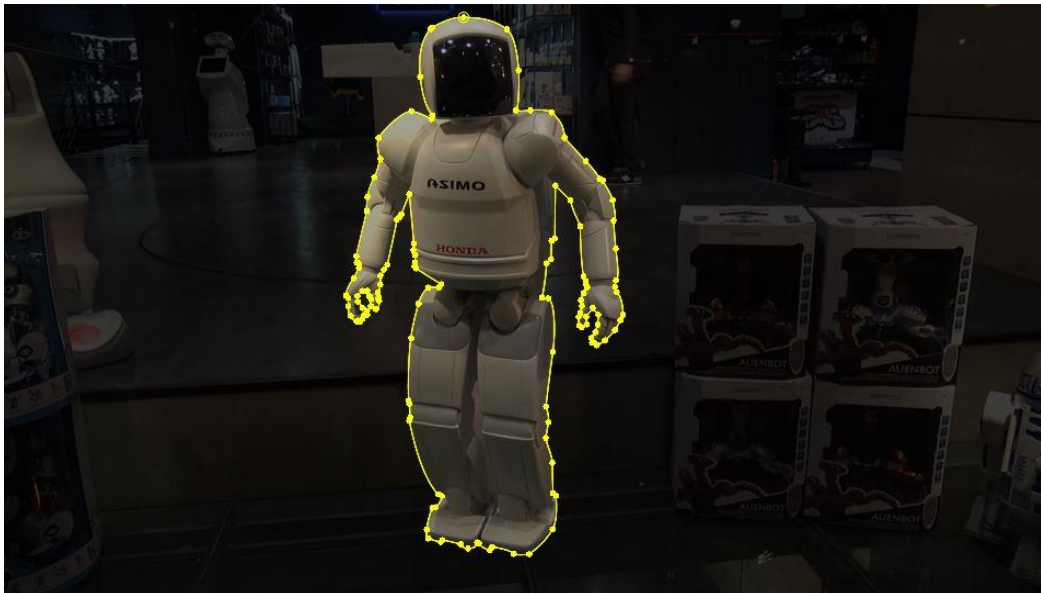


Figura 1.26 Máscara alrededor de la silueta de *Asimo*, sobre una secuencia con movimiento de cámara.

A continuación se avanza diez fotogramas y, si el contorno no se ajusta al movimiento del robot, habrá que ajustarlo de nuevo, lo que es una tarea tremendamente tediosa (después de haber trabajado casi un día en un canal mate de medio segundo). Es por ello, que el tiempo que se invierte en la extracción de un canal mate, es una pérdida constante en el presupuesto de cualquier proyecto y, si algo facilita su extracción, se ahorrarán muchas horas de trabajo.

⁶ Richard Linklater, Director de la película “*A Scanner Darkly*” (2006), desarrolla totalmente la técnica en esta cinta, redibujando sobre los actores y su interpretación, toda una textura gráfica hiperrealista en 2D.

Después se retroceden cinco fotogramas y se asignan fotogramas intermedios, y se repite este flujo de trabajo numerosas veces hasta que se muestra correctamente. En este ejemplo, al final de la secuencia, el contorno del robot bota (de hecho bota en toda la secuencia), pero es mucho más visible en movimientos de cámara lentos. Así que, algo a tener en cuenta es que las máscaras se muestran mejor en elementos que se mueven rápidamente, bien sea el objeto el que se mueve (*Asimo*), o la cámara mientras lo está grabando (*Sony HDR-pj 780*).

Aun así, este tipo de máscaras no son adecuadas para definir contornos. Se debería, en cambio, usar un fondo verde, para la extracción de la forma, siempre que se pueda. Si se sabe que algún elemento va detrás de un actor, es recomendable llevar este tipo de elemento portátil al rodaje. Grabar una secuencia del plano que aparecerá detrás del actor, e integrar las secuencias, con toda la luz ambiental intacta en posproducción (si la exposición es la misma).

De la misma manera, en una escena interior (fig. 1.27), al colocar un fondo verde fuera de una ventana (si no se tiene un exterior adecuado), el clave deduce el contorno automáticamente. Este tipo de extracción sería más compleja si se realizase con una máscara. Por ello, usar intencionadamente un fondo verde en posproducción ahorra gran cantidad de tiempo y trabajo.

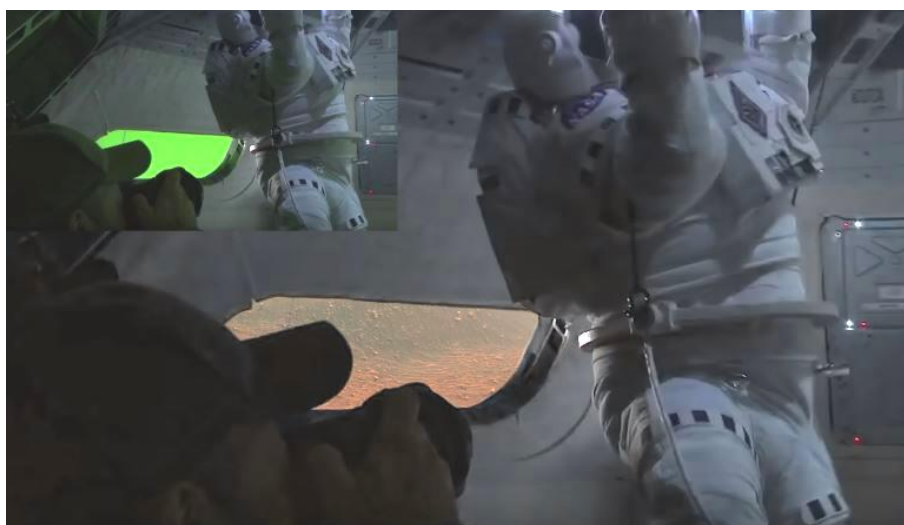


Figura 1.27 Composición con fondo (autor) detrás de la ventana, para añadir un paisaje generado con un escaneado real de Marte. "The Martian" (2015), de Ridley Scott

Si la figura es un objeto estático (fig. 1.28) es mucho más fácil (porque el canal mate es, en este caso, de un solo fotograma), no importando casi lo complicada que sea su forma. Por esta misma razón es correcto pintar con pincel un canal mate en un solo fotograma, sin embargo, esta técnica no funciona bien con movimientos de cámara, ya que luego, al animar la secuencia, el canal mate se desajusta.

Solo los movimientos panorámicos de cámara funcionan con un solo fotograma, ya que es el mismo contorno el que se mueve alrededor él. Además, se puede rastrear la imagen para ajustar el movimiento de la figura a través del plano (fig. 2.5), de lo que hablaré en el próximo capítulo.

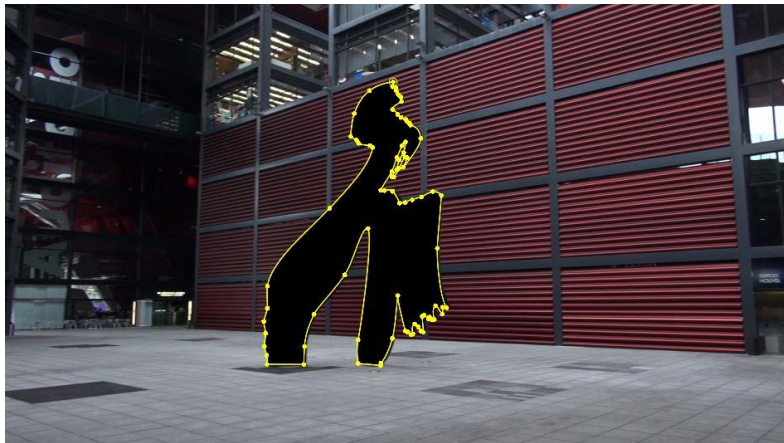


Figura 1.28 Trazado de máscara sobre un solo fotograma.

Tampoco se podría trabajar bien esta secuencia (fig.1.29), debido al movimiento y transparencia del elemento en primer plano. En la imagen (fig.1.29 dcha.), se aprecia una máscara (con bordes difusos) alrededor las de espigas, pero no acaban de integrarse visualmente, además de ser muy complejas de trazar.

Lo ideal sería extraer el elemento vegetal sobre pantalla verde, agitado por un ventilador que añada algo de movimiento a la escena (fig.1.29 izq.), para componerlo en posproducción después.

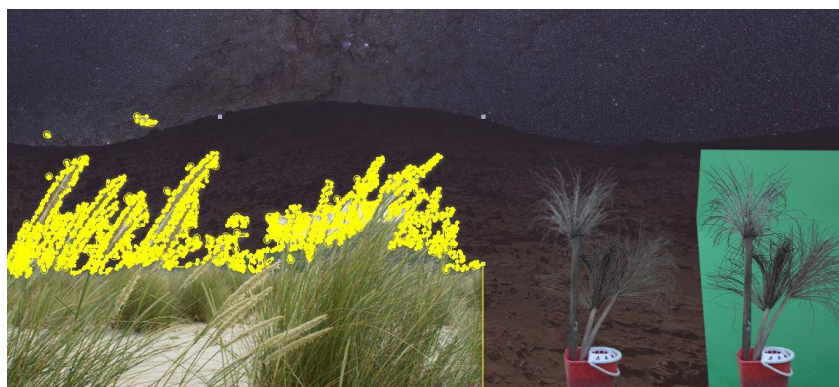


Figura 1.29 Trazado de máscara (dcha.) y sustracción de coma (izq.).

El único tipo de frente semitransparente, que realmente funciona correctamente con las máscaras, son las transparencias claramente definidas (como los contornos de un vidrio). Se puede trazar una máscara con la forma de la pantalla del televisor sobre la imagen del superhéroe (fig. 1.30), y, posteriormente, ajustar la visibilidad de la misma al 50%. Lo que no será difícil siempre que los bordes de la transparencia estén bien definidos.

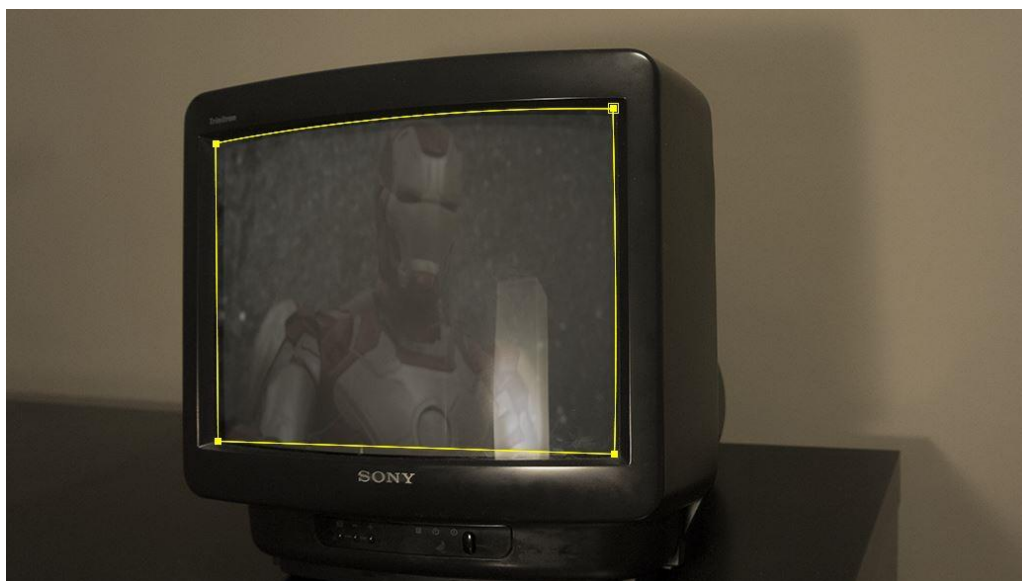


Figura 1.30 Trazado de máscara semitransparente (50% alfa).

El canal mate es por su importancia, un elemento que nunca se puede obviar. En posproducción hay que trabajar con él todo el tiempo. Por otro lado, se deben evitar determinadas situaciones cuando se graba la secuencia. En la composición de *Asimo* (fig. 1.22) se ha decidido no mostrar los pies del robot sobre el suelo del fondo de la sala, para integrarlo, más fácilmente, sin necesidad de recrear las sombras y reflejos de los pies del robot sobre el mármol del suelo.

Por otro lado, en la imagen del pájaro sobre el césped (fig. 1.31), habría sido más fácil haber situado el Sol a una distancia del pájaro, para no superponerlo y tener que trazar una máscara en el pico. De ser así, no habría hecho falta un canal mate.

Si un elemento frontal (fig. 1.31), accidentalmente en producción, cruza el elemento de fondo compuesto en posproducción, solo habría que editar ese elemento, pero, en general, no es recomendable usar una máscara como sustituto de un clave de color, ya que es solo una herramienta de recorte más de las muchas que existen.



Figura 1.31 Trazado de máscara evitando la superposición del Sol sobre el pico.

1.3.6. FUSIÓN DE ELEMENTOS POR SEMITRANSparencia.

En los anteriores ejemplos vemos como el frente y el fondo se bloquean visualmente, pero con efectos más sutiles, como el humo y la luz, hay que componer mezclando encima del fondo, sin bloquearlo totalmente (fig. 1.32). Si se intenta realizar con un clave de luminancia, se produciría mucho calado entre el fondo y el borde de la forma.



Figura 1.32 Fuego y humo compuestos mediante modo pantalla.

La primera opción, para evitar este inconveniente, es duplicar el elemento, lo que es igual a doblar la exposición. El problema, es que al duplicarlo siempre se sobreexpone, porque añadiendo 75% de blanco + 50% de blanco, produce 125% de blanco, lo que tiende a sobreexponer el elemento.

Por ello, se usa un modo de fusión llamado pantalla, un canal mate de transparencia muy usado en posproducción. Funciona multiplicando múltiples imágenes en negativo juntas en base de complejos algoritmos, y el resultado final, ofrece una imagen nunca sobreexpuesta.

1.3.6.1. FUSIÓN DE REFLEJOS.

El modo pantalla se usa muy a menudo en posproducción. En las escenas donde los personajes corren y actúan se suele apreciar algo de polvo alrededor de las huellas (fig. 1.33) cuando los pies tocan la superficie. Son elementos de partículas en blanco y negro. Efectos especiales. No tienen un canal mate, pero cuando se transparentan en el modo de pantalla, se funden con el fondo.



Figura 1.33 Partículas de humo, en modo pantalla, durante la animación del caballo blanco.

Con los monitores se obtienen mejores resultados si se graban apagados (fig. 1.34), y se fusionan imágenes encima, posteriormente, en modo pantalla (en lugar de remplazarlos totalmente). De este modo, se conservan los reflejos del monitor. Y lo mismo ocurre con un marco, aunque estos temas son específicos de rastreo y se tratarán el siguiente capítulo.



Figura 1.34 Imagen compuesta, con monitor apagado, en modo de transparencia pantalla.

Si un elemento como el fuego, tiene que ser semitransparente en el plano (fig. 1.35), a menudo se graba el motivo sobre fondo negro, porque el clave de color haría los bordes demasiado sólidos. La desventaja del modo pantalla es que a veces se muestra demasiado transparente, especialmente en las explosiones, donde no se percibe con la suficiente densidad.



Figura 1.35 Fuego grabado sobre fondo negro, y compuesto en modo pantalla.

La solución, es primero, usar un clave de luminancia para obtener un mate brillante de la explosión y, luego, usar este canal mate para oscurecer el fondo, alrededor del centro de la explosión. Cuando se vuelve a ver, tiene las mismas aristas difusas que antes, pero el centro se percibe más sólido al cortarse la transparencia en él.

Con todo lo dicho, los claves de color, actualmente, son tan buenos, que si se dispone de un fondo o pantalla verde (fig. 1.36), los claves de color pueden dar muy buenos resultados, y probablemente, se prefiera grabar elementos muy delgados y semitransparentes sobre este tipo de soportes.

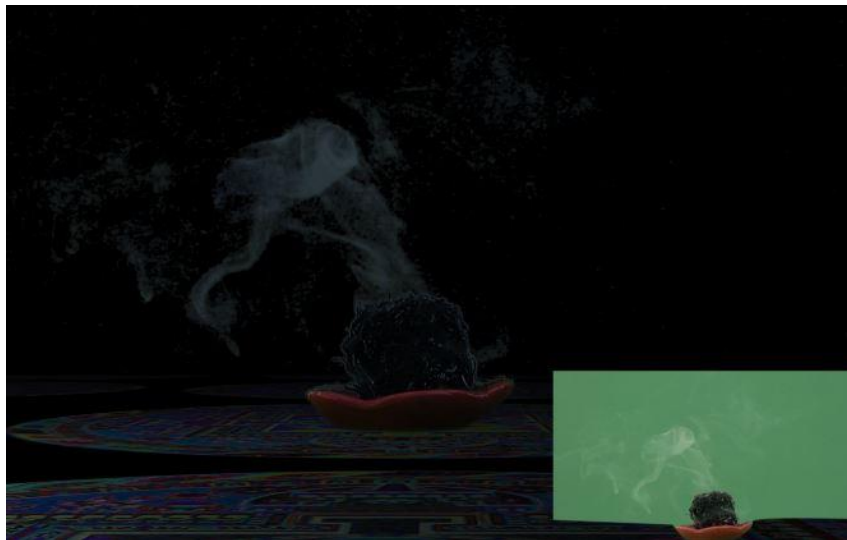


Figura 1.36 Humo filmado sobre fondo verde.

1.3.6.2. FUSIÓN DE SOMBRAS.

Otro modo de transparencia interesante es multiplicar (fig. 1.37), parecido a pantalla, solo que oscureciendo la imagen. Se necesita si se ha realizado un pase de las sombras (normalmente sobre un fondo blanco), para tenerlas sobre el plano final. Todo lo que es blanco desaparece y todo lo que es negro se oscurece. Existen muchos otros modos de transparencia, pero no son, por lo general, muy utilizados en posproducción.

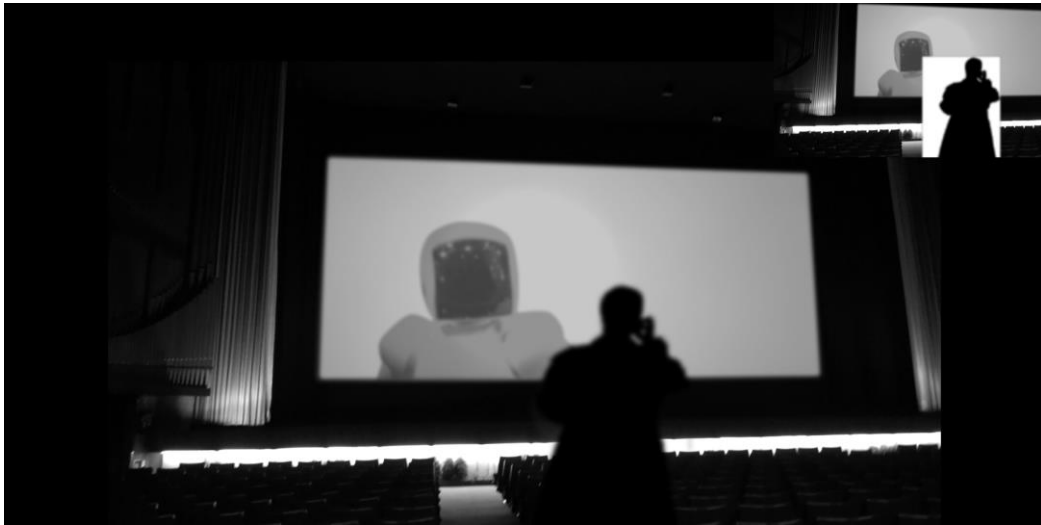


Figura 1.37 Silueta en modo de fusión multiplicar.

CAPÍTULO 2: RASTREO DEL MOVIMIENTO DE UNA SECUENCIA.

2. RASTREO DEL MOVIMIENTO DE UNA SECUENCIA.

Las técnicas de rastreo del movimiento se han hecho imprescindibles, para cualquier compositor de vídeo que quiera combinar imágenes de distinto medio en una misma secuencia de imagen. Lo que hace años se realizaba mediante técnicas de animación 2D tradicionales, en la actualidad, se ha sustituido por procesos automáticos que el ordenador realiza. A continuación, se enumeran los procesos que definen esta técnica en el entorno de trabajo bidimensional, así como las aplicaciones y recursos más utilizados con ella.

2.1. TÉCNICAS DE RASTREO DE MARCAS EN DOS DIMENSIONES.

En el momento en que la imagen se mueve, cualquier cosa que se situó encima tiene que desplazarse de la misma manera, sin embargo, es casi imposible hacerlo a mano, ya que si no se ajusta el movimiento durante toda la secuencia, la ilusión se pierde. Para ello, existen las herramientas de rastreo del movimiento en 2D, que permiten, mediante una marca ayudante, seguir la posición de un elemento sobre el plano de la imagen.

2.1.1. RASTREO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA SECUENCIA DE VÍDEO EN 2D.

Estos datos de seguimiento que graban la posición, aunque también la rotación y la escala del fotograma, pueden ser usados para un buen número de tareas. Por ejemplo, para componer una secuencia de un disparo real rompiendo un cristal, sobre la superficie de la Luna, y desplazarlo según se mueva su órbita sobre un plano fijo de cámara. Al reproducir la secuencia, el disparo se mueve totalmente vinculado a la Luna y, aparentemente, encima de ella (fig. 2.1).



Figura 2.1 Rastreo de un cráter.

Un ejemplo más práctico de rastreo en 2D, cuyo movimiento sea algo más rápido, puede verse al componer unos disparos de bala impactando contra la luna lateral de un coche (fig.2.2). Éstos pueden ser pintados en *Photoshop*, simulando una textura de cristal estallando fotograma a fotograma o, directamente, adquirir una biblioteca de disparos e impactos sobre vidrios, ya grabados o recreados digitalmente.



Figura 2.2 Disparos sobre la luna del *Papa-móvil* (composición).

Para ello, se rastrea una marca de alto contraste cerca de donde vayan a ubicarse los disparos, por ejemplo, en el espejo retrovisor del vehículo. Posteriormente, se arrastra el disparo a la composición, se escala, se asocia a la marca y se reubica sobre el fotograma. Este es, básicamente, el proceso con un solo elemento. Después, se pueden añadir más, repartiéndolos sobre la superficie de la luna, junto con algunos efectos de sonido que hagan más creíble la secuencia.

Es este, probablemente, el uso más típico de la herramienta rastreo de movimiento⁷. El único inconveniente es, que no tiene en cuenta la perspectiva, ya que incluso, aunque el coche esté grabado desde un ángulo lateral, el disparo sigue mostrándose plano. Es posible rotar el disparo escalándolo sobre sí mismo, y sesgarlo un poco de un lado, pero hay que tener en cuenta, que siendo bidimensional y *bitmap*, esta operación reduce su calidad visual notablemente.

2.1.2. RASTREO DE PUNTOS DE ESQUINA DE UNA SECUENCIA DE VÍDEO EN 2D.

Puntos de esquina, en cambio, es una herramienta usada para rastrear correctamente la perspectiva (fig.2.3). Se trata de una caja de cuatro esquinas, que permite ajustar los gráficos dentro. Lo que se puede hacer con ella, es rastrear cuatro posiciones de marcas en el fotograma, y remplazar la imagen dentro del área de rastreo, por otra totalmente diferente.

Este es un recurso muy utilizado en publicidad. Con él, se pueden componer anuncios dentro de carteles rectangulares o cuadrados. Sobre edificios, autobuses o cualquier otro elemento que contenga información para el consumidor.

⁷La técnica de *Proyección de cámara (Camera projection)* usada en entornos 3D, junto a la técnica de *Pintura mate (Matte painting)*, soluciona estos inconveniente al modelar y proyectar escenas paralelas al movimiento de la cámara virtual, por medio de elementos gráficos 2D situados siempre frente al visor de cámara, pero a diferente profundidad en el escenario. Sobre este tema véase David B. Mattingly (2013), "*VFX y Posproducción para cine y publicidad. Curso digital de Matte Painting*".

Pero la clave de cualquier rastreo de movimiento de cámara es, que tiene que haber algo con suficiente contraste, como para ser rastreado. Por ello, no se puede grabar una pared blanca y componer algo encima en la fase de posproducción.

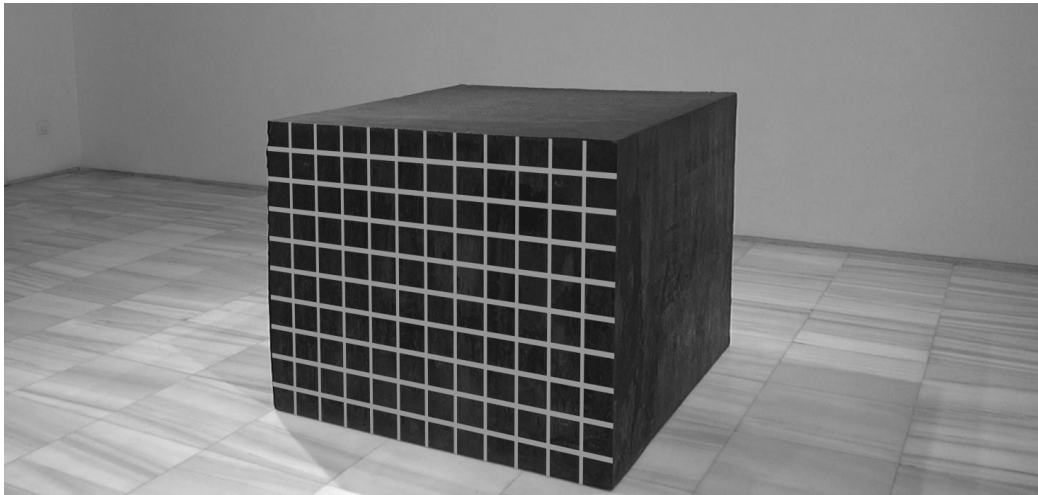


Figura 2.3 Cuadrícula compuesta (escultura de Richard Serra) con la herramienta puntos de esquina.

Si no hay nada que rastrear, hay que colocar marcas sobre la superficie, como por ejemplo, en las cuatro esquinas de un monitor apagado (fig.2.4). A continuación, se puede componer una nueva imagen encima, pero al componerlo usando una transparencia de tipo pantalla, para dejar los reflejos visibles en la composición, las marcas se mostrarán, debiendo borrarlas posteriormente al rastreo.

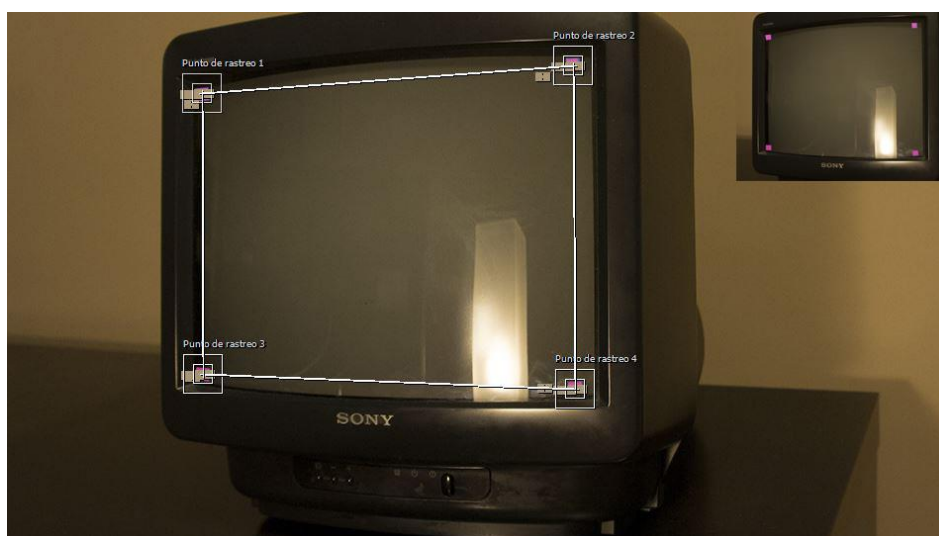


Figura 2.4 Caja de esquinas rastreando marcas adheridas al televisor.

2.1.3 USO DE MÁSCARAS EN UNA SECUENCIA DE RASTREO DE TRANSFORMACIÓN EN 2D.

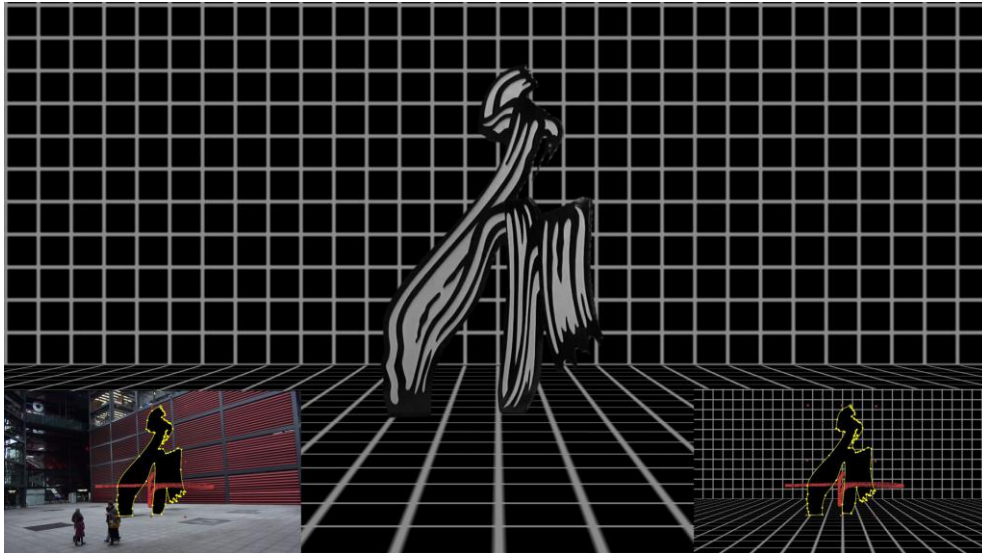


Figura 2.5 Máscara de trabajo alrededor de una escultura de *Roy Litchstein*.

Otra cosa muy habitual con el rastreo del movimiento de una cámara en 2D, es convertir una máscara de trabajo en ayudante de la composición (fig. 2.5). El mayor problema con las máscaras se da al ajustar la totalidad de la forma en movimiento de la silueta, por ejemplo, el pájaro sobre el césped (fig. 1.31), pero si el contorno en sí, no cambia, como la escultura de *Roy Litchstein*, y se rastrea un detalle contrastado de su superficie, entonces, es sencillo de componer en movimiento.

2.1.4. ESTABILIZACIÓN DEL MOVIMIENTO DE UNA SECUENCIA MEDIANTE RASTREO DE TRANSFORMACIÓN EN 2D.

A continuación se procede, en sentido inverso, a analizar el movimiento de cámara de una secuencia de imagen real, para la estabilización de su movimiento por el plano de la secuencia, disminuyéndolo e incluso reduciéndolo completamente.



Figura 2.6 Región estabilizada del fotograma (rojo) en base a marcas de alto contraste (inferior dcha.).

Expondré el procedimiento para estabilizar⁸ un material de archivo: De nuevo, solo se rastrea un punto, dos, para estabilizar la rotación y escala del plano (fig. 2.6). El software usa así, los datos de seguimiento, moviendo el punto central del fotograma en la dirección opuesta a estos.

El resultado es una secuencia estabilizada, aunque existe un desplazamiento del centro que hay que recolocar. Además, el proceso produce franjas negras, por ello es necesario ampliar la imagen aproximadamente un 20%, lo que ocasiona una ligera pérdida de calidad en la imagen.

Este es solo un ejemplo, pero la herramienta rastreo del movimiento forma parte de un grupo más amplio de efectos visuales, como rastreo plano en 2D, captura de movimiento y ajuste del movimiento en 3D, del que hablaré más adelante, en el siguiente capítulo y en detalle.

⁸ "Tracking technique can also be used when one needs to stabilize a sequence of images before they are used in a composite". Ron Brinkmann. "The Art and Science of Digital Compositing: Techniques for Visual Effects, Animation and Motion Graphics". Morgan Kaufmann, ed 2008, pág. 258.

2.1.5. ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE LOS RASTREADORES EN 2D.

Primeramente, hay que comprender como funcionan los rastreadores sencillos en 2D (fig. 2.7). Los rastreadores tienen dos componentes: El patrón de búsqueda, que es una pequeña caja con vértices desde donde manejarla. Y el área de búsqueda, que es una caja más grande alrededor de la primera. El patrón de búsqueda es la marca que el software tiene que rastrear, y el área de búsqueda es la distancia de rastreo que el software emplea. En condiciones normales, se coloca el rastreador y se rastrea la marca alrededor de la escena, luego, se podrá vincular cualquier elemento sobre la marca.



Figura 2.7 Marca de rastreo bidimensional.

2.1.6. CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DE LAS MARCAS PARA UN CORRECTO RASTREO EN 2D.

Los rastreadores necesitan buenas superficies para rastrear. Primeramente, necesitan buen contraste (fig. 2.8), no se puede rastrear una hoja de papel blanco, ya que no hay nada que haga diferente una parte de la imagen de otra, y el rastreo salta, entonces, de un lado a otro. Por la misma razón, un ojo humano tampoco podría seguir un punto en un papel blanco. Son

necesarias algunas marcas, que permitan su rastreo a lo largo del plano de representación y la secuencia.



Figura 2.8 Guernica invertido mediante técnicas de rastreo de la superficie en 2'5D.

La marca ideal para un rastreador, es una esquina (fig. 2.9), porque hace muy visible lo que se está rastreando. Los puntos dibujados con rotulador son también, excelentes para rastrear. Por ello, numerosos efectos, en la actualidad, son realizados dibujando puntos sobre elementos de la escena. Usados para rastrear primero, y siendo borrados en posproducción, después.



Figura 2.9 Marca sobre píxeles de alto contraste y ángulo de esquina.

Sin embargo, cualquier cosa que tenga un patrón evidente y suficiente contraste puede ser rastreado sin ningún problema, incluso se puede rastrear el pelaje de un animal en movimiento durante toda una secuencia (fig. 2.10).

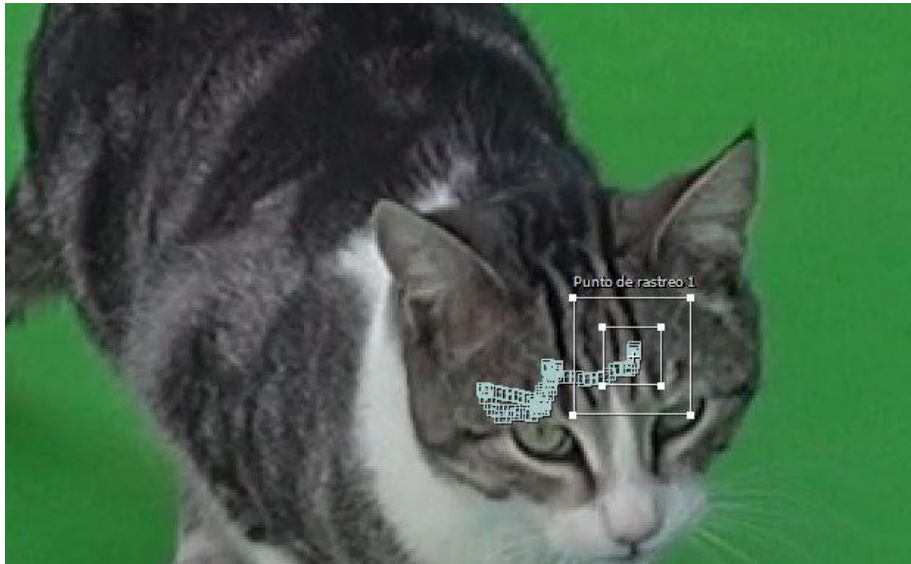


Figura 2.10 Marca de rastreo bidimensional sobre el patrón del pelaje.

Sin embargo, la técnica presenta una serie de inconvenientes que se describen a continuación. Primeramente, no se puede rastrear un punto en una línea horizontal, ya que no hay nada que distinga una parte de otra. En la imagen (fig. 2.11), la marca de rastreo se desliza por toda la línea del horizonte, que se muestra homogénea y sin detalles.

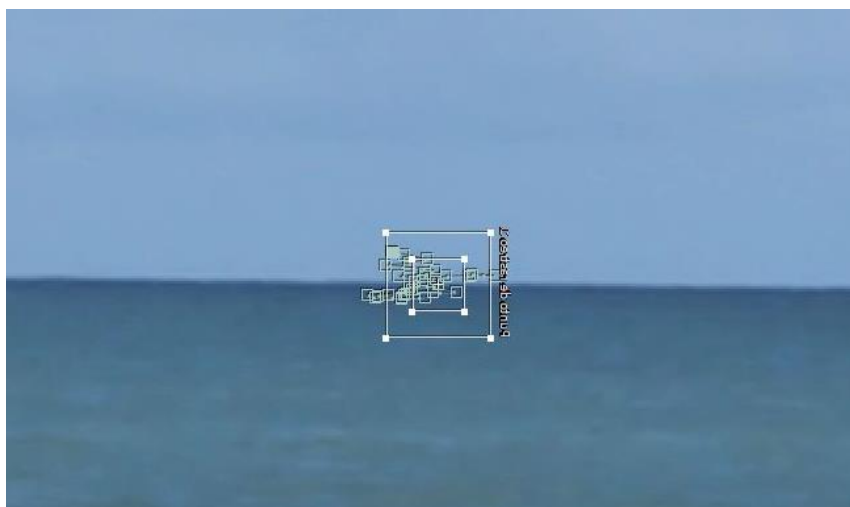


Figura 2.11 Imagen que no aporta ningún punto de rastreo definido.



Figura 2.12 Fallo de rastreo sobre los píxeles del fondo (ramas-cielo).

Tampoco se pueden rastrear puntos en aristas sobre fondos a una distinta profundidad, porque parte de lo que define la muestra, es el fondo, y éste puede cambiar al moverse la cámara (fig. 2.12). En el momento en el que cambia, el patrón de búsqueda deja de existir y el rastreo falla. Este tipo de accidentes son habituales al rastrear una superficie, porque si la marca es poco definida, es mejor rastrear alguna otra que sirva mejor al rastreo. Por ello, voy a tratar, a continuación, algunos problemas originados mientras se graba la secuencia.



Figura 2.13 Fallo de rastreo al bloquear el elemento (montaña-columna).

En el rastreo de un movimiento de cámara, cuando las marcas son bloqueadas por algo en el primer plano del fotograma (si rastreamos un elemento y otro cruza encima), el rastreo se pierde (fig. 2.13). Habrá entonces, que ajustarlo manualmente. Igual sucede cuando un punto de esquina es bloqueado (fig. 2.14). En el momento en que la esquina se bloquea, todo el rastreo se pierde con ella. Por esta misma razón, no es aconsejable que una marca abandone el fotograma.



Figura 2.14 Fallo de rastreo al cruzar un punto de esquina.

A su vez, si rastreamos una marca de píxel, la toma fallará si abandona el fotograma (fig. 2.15). En este caso, el compositor tiene que tratar manualmente las marcas fuera de plano, lo que es casi imposible. Por ello, todos estos inconvenientes en la secuencia, hacen que se baraje la idea de buscar otra solución, que no pase por rastrear un punto que van a desaparecer de la secuencia.

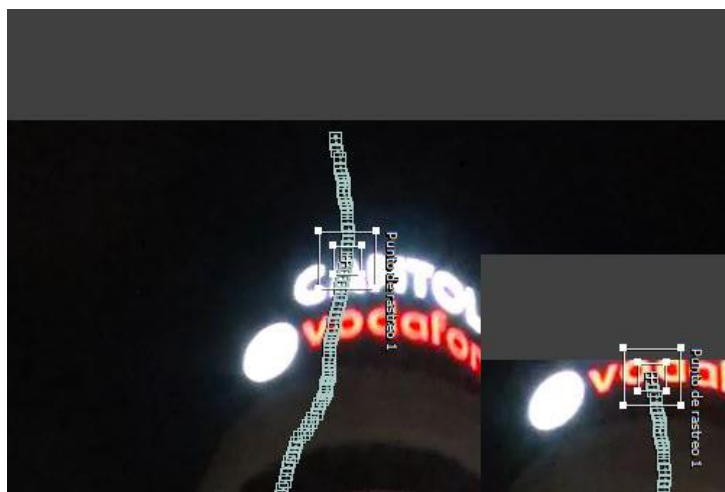


Figura 2.15 Fallo de rastreo con marca fuera de la composición.



Figura 2.16 Fallo de rastreo al cambiar de tamaño la marca.

Otra norma, para el rastreo de movimiento de cámara en dos dimensiones es, que las marcas no pueden cambiar de aspecto (fig. 2.16), lo que sucede cuando los elementos se hacen más pequeños o grandes en el fotograma. Las luces de un helicóptero, al alejarse se hacen más pequeñas y no se muestran como al inicio de la secuencia.

La solución es que el compositor empiece a trabajarla a la mitad secuencia, y rastree hacia delante y hacia atrás, el elemento durante todo su recorrido. Sin embargo, esto es muy complicado, y hay que corregirlo manualmente muchas veces, para que siga rastreando bien la marca entre medias. Por eso, las marcas con aspecto de esquina funcionan tan bien, y no supone un problema si se acercan o alejan de la cámara, siempre siguen mostrándose en ángulo.

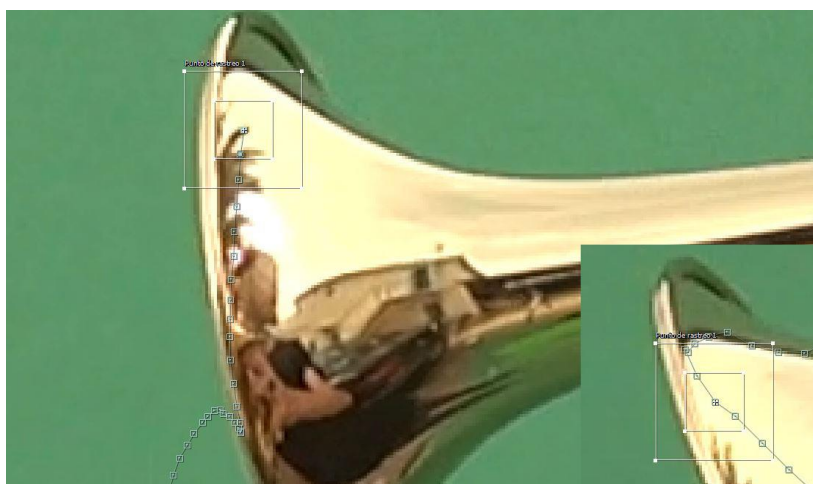


Figura 2.17 Fallo de rastreo al cambiar de aspecto la marca.

Otra elemento que puede hacer cambiar el aspecto de una muestra, es al rastrear un brillo o reflexión (fig. 2.17). En este ejemplo con trompeta tenemos una muestra excelente en la palmera reflejada sobre el pabellón, pero cuando el ángulo cambia, el brillo también lo hace de aspecto. El resalte no es, por tanto, un elemento adecuado para rastrear.

Otro ejemplo que haría fallar un rastreo es al rotar, lo que resulta una novedad incluso para muchos de los que conocen la técnica, pero para un buen rastreo, una muestra no tiene que llegar a rotar más allá de 30° (fig. 2.18), si no, el rastreo fallará.



Figura 2.18 Fallo de rastreo al girar la marca más de 30°.

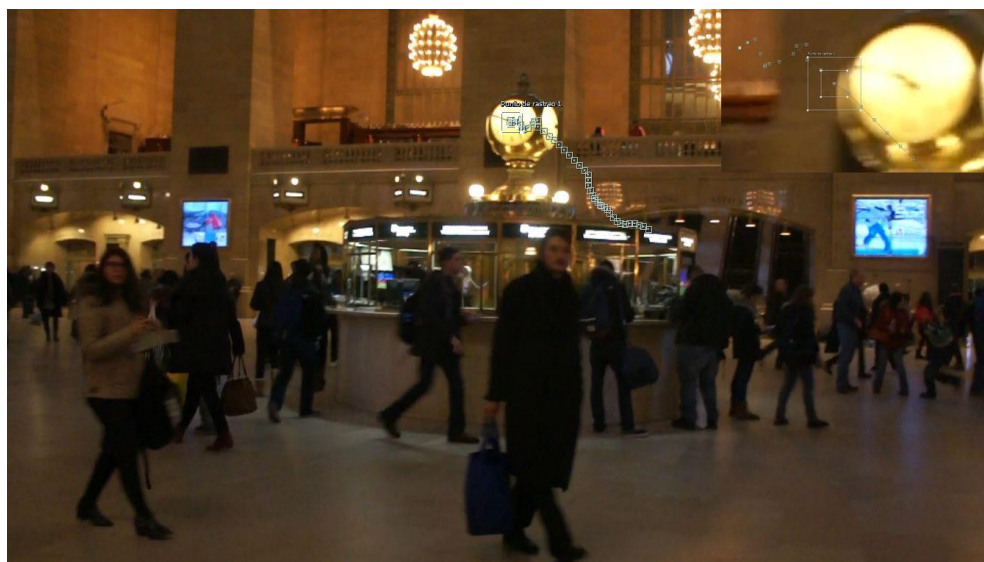


Figura 2.19 Fallo de rastreo con baja obturación de cámara.

Finalmente, los ajustes de cámara como profundidad de campo y velocidad de obturación influyen en los procesos de rastreo del movimiento. Si se rastrea algo a la velocidad de obturación más rápida, donde cada fotograma es nítido, no habrá problema en el rastreo. Pero con una obturación baja de 1/13 de un segundo, en el momento en que la cámara se mueve, las marcas se emborronan y, para el ordenador, han desaparecido (fig. 2.19).



Figura 2.20 Fallo de rastreo con poca profundidad de campo en la lente.

Lo mismo sucede con desenfoco de lente, si la lente está fuera de foco, no se puede rastrear (fig. 2.20). Además, el ruido del mismo vídeo también destruye el rastreo. Este se conoce como fluctuación o *jitter* (fig. 2.21), donde el rastreo tiende a saltar alrededor del píxel, lo que significa que, independientemente de que el rastreador se ajuste manualmente, este seguirá temblando y saltando por la imagen.



Figura 2.21 Análisis de rastreo irregular con ruido constante en la imagen.

Hasta hace solo unos años, no había otra manera de rastrear. Si se quería reemplazar un cartel de un producto en una secuencia, había que definir la manera de rastrear sus cuatro esquinas. Y si una muestra desaparecía detrás de un objeto, había que corregir la animación manualmente. Pero estos procedimientos han ido evolucionando a mejores y más sofisticadas técnicas.

En lugar de rastrear las cuatro esquinas del plano (fig. 2.22), se realizan rastreos de planos en 2'5D, lo que significa deducir, que parte es el frente y cuál el fondo de la imagen. De esta manera, es fácil insertar un anuncio dentro, incluso si no hay nada evidente que rastrear.

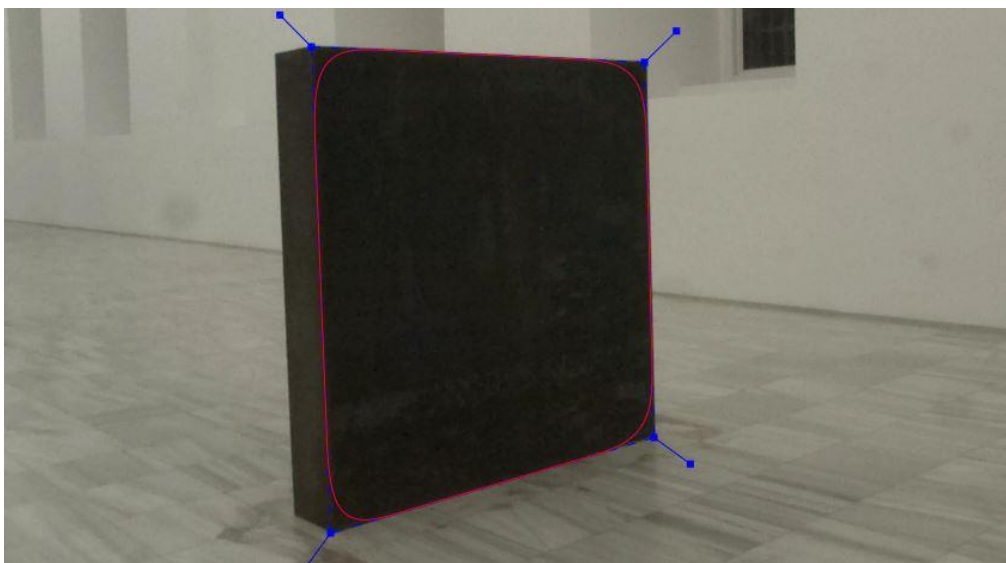


Figura 2.22 Caja definidora del plano frontal en *Mocha*.

2.2. TÉCNICA DE RASTREO DE PLANOS EN 2'5D.

Rastreo de planos funciona en base a dos principios. El primero, es que en lugar de rastrear puntos, el software rastrea cualquier elemento que parezca una marca (fig. 2.23). En una secuencia normal el software rastrea tal vez cien o doscientas, incluso miles de marcas. A diferencia del rastreo en dos dimensiones, que solo rastrea una, dos marcas, o cuatro puntos de esquina.

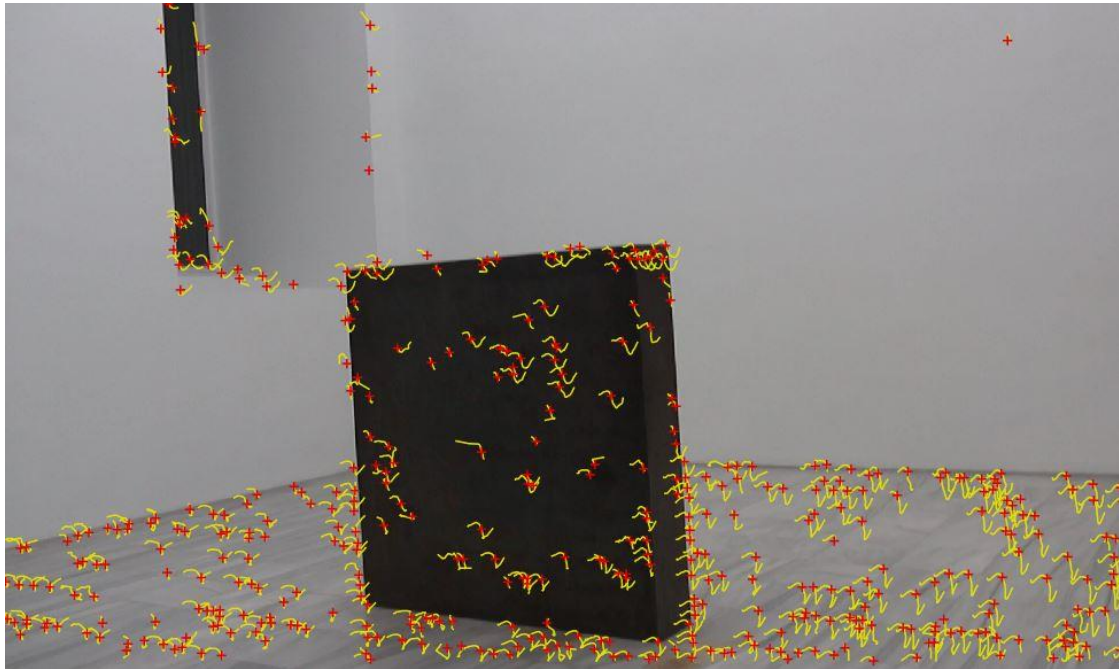


Figura 2.23 Rastreo de marcas en diferentes direcciones y distintas profundidades.

En segundo lugar, si atendemos al movimiento de todas estas marcas (fig. 2.23), se puede apreciar la diferencia de movimiento entre las del frente y las del fondo. Es así, como el ordenador entiende que la escultura es un plano diferente de la pared del fondo. La cuestión es, que si se coloca una caja virtual de puntos de esquina dentro (fig. 2.22), esta se apoya en cientos o miles de rastreos, no sólo en cuatro esquinas que pueden fallar en cualquier momento.

Así, la caja se adapta perfectamente al plano, incluso si el objeto gira perpendicularmente al eje de cámara. No importa si los rastreadores se boquean o desaparecen de la pantalla. De hecho, en el momento en que no se depende de ningún rastreo en concreto, se puede prescindir del 90% de las marcas al mismo tiempo en el plano y, aun así, el rastreo seguirá mostrándose correctamente en la pantalla.

Esto cambia completamente las normas de rastreo del movimiento para cámaras reales, no solo para los técnicos de posproducción, sino también para los operadores, porque significa que se puede grabar, sin pensar demasiado en el rastreo. Por esta razón, en este punto, se omite el antiguo método de rastrear, y solo se hablará de cómo grabar, para el tipo de rastreo de planos en 2.5D.

2.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL RASTREO DE SUPERFICIES PLANAS EN 2`5D.

Actualmente, el software *Mocha* (fig. 2.24) integra las funciones de esta técnica, además de asegurar una compatibilidad perfecta con *After Effects*. En este apartado, se va solo a hacer un breve repaso del rastreo plano, y en el siguiente capítulo se crearán algunas instrucciones que seguir.

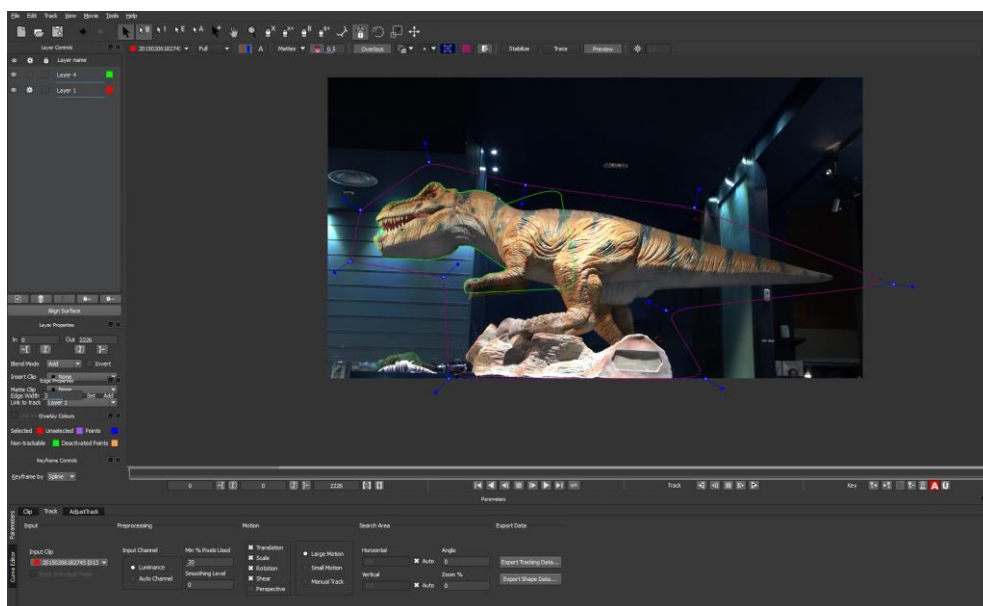


Figura 2.24 Espacio de trabajo en *Mocha* 2.6.

Una cuestión importante de entender, en relación al rastreo plano, es que no se rastrean puntos o esquinas, en lugar de ello se rastrea textura (fig. 2.23), que es, más bien, todo el detalle que contiene el fotograma en la imagen.

Se rodea el plano con una trazado para indicarle al software donde trabajar. Se dibuja una caja virtual de cuatro puntos de esquina dentro del plano (fig. 2.22), y se rastrea la secuencia. La caja se ajusta perfectamente al plano, incluso aunque casi desaparezca del fotograma. Se compone la Brillo Box dentro (fig. 2.25) y, sorprendentemente, el icono se sincroniza con la escultura, ya que se continúa rastreando, incluso aunque esté muy cerca de desaparecer del

plano. Este hubiese sido un trabajo muy difícil con un rastreo en dos dimensiones. Rastrear los movimientos de cámara, se hace más sencillo de este modo, porque no es necesario visualizar todo el plano para ello, y no importa si las personas bloquean el área de rastreo.



Figura 2.25 Composición con la ayuda de *Mocha* y *Adobe After Effects*.

También implica, que muchas cosas asimiladas del rastreo, como colocar marcas para rastrear un monitor, son ahora incorrectas. Por lo tanto, en los siguientes apartados se crean una serie de reglas que seguir en el plató.

Los canales mates también mejoran con el rastreo plano (fig. 2.26). Normalmente, con rastreo 2D hay que enmascarar la forma, ajustando un montón de fotogramas que, a menudo, no se sincronizan bien. Con rastreo plano solo se rastrea la superficie, después (en *Mocha*), se dibuja un canal mate usando todos los puntos de control necesarios (fig. 2.27) y, cuando se reproduce, el trazado se ajusta a la superficie y no es necesario animar manualmente ni un solo fotograma. Si este mate se pintara a mano (fig. 1.11), por lo pronto botaría ligeramente, por lo tanto, el rastreo plano produce mates de más calidad, que cualquier otra técnica.

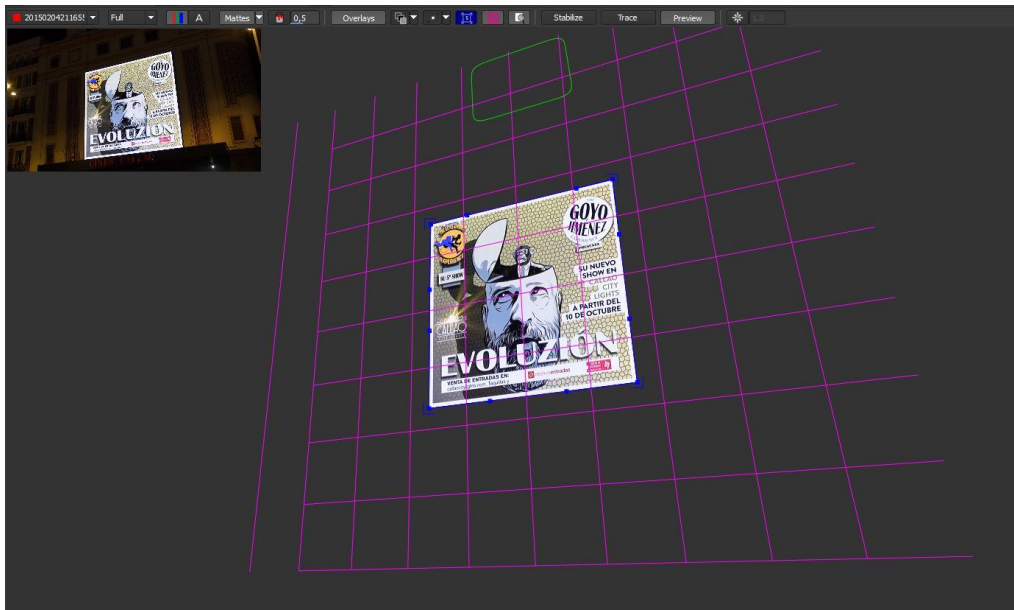


Figura 2.26 Visualización del canal mate en Mocha.

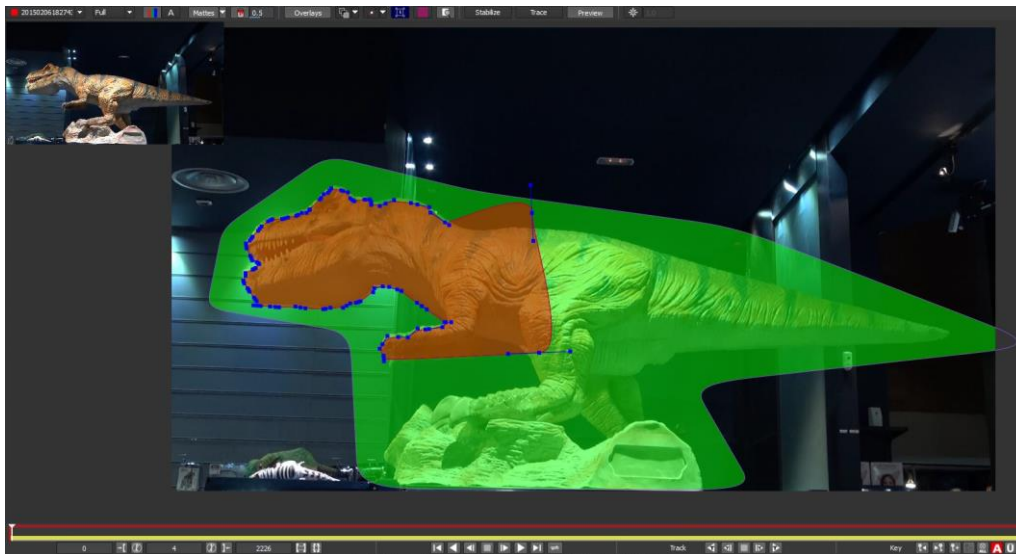


Figura 2.27 Canal mate (naranja) vinculado al plano verde en Mocha.

Otra tarea que rastreo plano realiza correctamente es borrar y sustituir partes de la imagen (fig. 2.28), lo que es importante, ya que permite dejar elementos en el plano mientras se graba, y borrarlos en posproducción después. Una pequeña demostración es esta secuencia. Con un poco de trabajo, en el software *Mocha*, las arrugas que el látex produce en el actor caracterizado, han desaparecido.



Figura 2.28 Clonación de partes de la frente con *Mocha* y *After Effects*.

2.2.2. PROCEDIMIENTOS DE RASTREO DE SUPERFICIES PLANAS EN 2`5D.

Uno de las mayores ventajas es, que no hay que poner marcas de seguimiento (fig. 2.4), porque el rastreo plano no rastrea puntos, rastrea textura. Se puede rastrear cualquier cosa que tenga alguna clase de patrón, pero no se puede rastrear algo sin ningún patrón, como por ejemplo un fondo verde sin marcas, en estas ocasiones hay que asistir al rastreo.

En este apartado es importante distinguir entre un problema de rastreo y uno de composición, porque, aunque casi todo sea sencillo de rastrear, hay que pensar, principalmente, en la composición mientras se graba.

Existen dos maneras de componer, una para remplazar lo que hubiera por algo nuevo y otra para combinar el elemento con la capa y proteger, de este modo, las reflexiones y texturas originales.

Empezando por una composición sencilla, el típico ejemplo sería sustituir el contenido de un cuadro por otro distinto (fig. 2.29). Rastreando la textura del lienzo en *Mocha* con una caja de puntos de esquina, y pintando uno nuevo en *Photoshop* o, como en este caso, sustituyéndolo por otro del mismo autor. Este tipo de formas básicas, como rectángulos que cruzan la superficie del plano, sin que ningún elemento las bloquee, son sencillas de rastrear y trabajar en posproducción.



Figura 2.29 Composición del cuadro *Le "Rêve,"* Pablo Picasso (1932). Museo Nacional Reina Sofía.

Si se sustituye, en cambio, por algo que no sea un rectángulo, como un logotipo, ayudaría tener una imagen limpia de toda la superficie. Así que, antes de grabar la secuencia, es bueno fotografiar la superficie desde un ángulo frontal, ya que, después se puede clonar un fondo limpio en *Photoshop*, poniendo el nuevo logotipo y rastreando e integrándolo todo de nuevo, en la composición final. De este modo el fondo guarda su textura original (fig. 2.30).



Figura 2.30 Bandeja con feos motivos borrados en *Photoshop*, rastreada en *Mocha* y compuesta en *After Effects*.

Otro ejemplo de composición mediante técnicas de rastreo puede verse en el vídeo robado del Guernica (fig. 2.8). Aquí, el lienzo no ha sido sustituido, sino simplemente dado la vuelta. Para ello, se graba un fotograma aparte frente al cuadro, en el que apenas se produzca distorsión de lente. Esta imagen conserva la misma iluminación y aspecto visual que la secuencia de vídeo, haciendo la integración más natural y coherente. Utilizar la misma imagen (el cuadro) de un medio distinto, produciría un salto de tono, saturación o contraste, que habría que corregir manualmente en posproducción.

En general, con la técnica de rastreo de planos, todos los problemas que se dan con los rastreos 2D no existen. Es importante tenerlo en cuenta a la hora de grabar, porque los rastreos empeoran si se ponen marcas no son necesarias, y que habrá que borrar a mano en posproducción. Además, el elemento a rastrear puede estar parcialmente bloqueado (la escultura en segundo plano fig. 2.25). El rastreo de planos no necesita disponer de demasiada área para rastrear, por ello, un actor puede cruzar el plano sin que el rastreo de un error por ello.

Incluso, se usa rastreo plano para extraer a un actor de un fondo no uniforme⁹ (fig. 2.31). Vinculando una máscara *bezier* ajustada a la forma sobre otra más simplificada, y editada manualmente. Sin embargo, hay un inconveniente, ya que como se ha comentado en el primer capítulo, no se puede extraer fácilmente un canal mate, a través de un fondo indefinido, especialmente con elementos como el cabello, incluso con *Mocha* se pierde todo el detalle de los mechones.



Figura 2.31 Una figura de espaldas bloquea el área de rastreo de la composición.

⁹ Invertiendo los elementos, también podría rastrearse el cartel, y la figura en movimiento bloquearía temporalmente el fondo sin que el rastreo fallara. Esta es una de las ventajas del rastreo 2.5D frente al rastreo 2D, ya que el actor no influye en el análisis ni modifica su resultado (fig. 2.14), aunque lo bloquee visualmente.

Pero en el caso del dinosaurio (fig. 2.32), el límite entre la forma y el fondo, a pesar de la irregular iluminación de la escena, es bastante más definido que una melena movida por el viento. En estos casos es recomendable que, si se tiene la oportunidad, se haga extraíble cualquier elemento usando un fondo verde, en vez de usar herramientas de máscara. De esta manera no importará si el actor bloquea la superficie de rastreo, incluso con cabello suelto se podrá obtener un canal mate en cualquier momento.

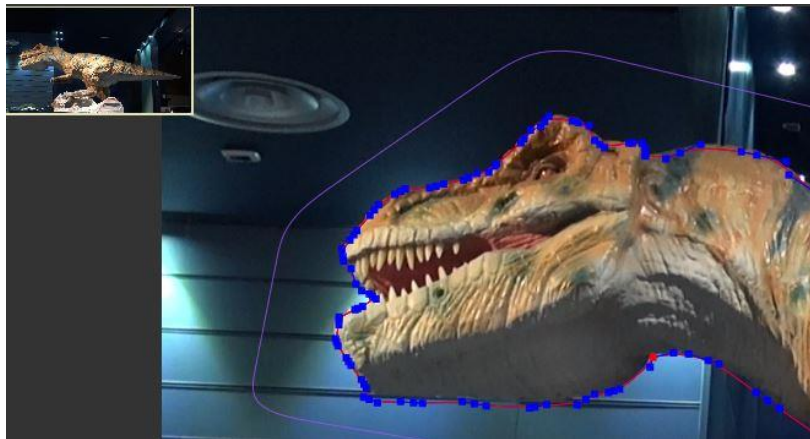


Figura 2.32 Extracción de forma sobre fondo no uniforme en *Mocha*.

Una ventaja enorme de los atrezos verdes (con técnicas croma) es, que resulta más fácil encontrar el borde de los elementos. El atrezzo de la nube (fig. 2.33), por ejemplo, no necesita ser rastreado para insertar una imagen. Sería necesario mucho trabajo de máscara animando las aristas a lo largo de toda la secuencia. Sin embargo, un elemento de color uniforme facilita a *Mocha* rastrear su arista (fig. 2.34). Razón de más para usar fondos verdes, también con atrezos de este tipo (sobre todo cuando la piel del actor toca el atrezzo).



Figura 2.33 Atrezzo para la extracción de un canal mate.

Hay una desventaja con los fondos verdes, y es que no tienen textura, lo que puede ser un problema, aunque no lo sea al verse el elemento completo (fig. 2.34), como en la secuencia de la nube, porque la forma del elemento es la textura en sí.

Se puede también rastrear algún elemento que incluya el resto del plano. Por ejemplo, rastreando sobre la alfombra (fig. 2.35), en la parte superior izquierda, mediante un trazado alrededor, pero con la caja de destino rodeando el atrezo de color verde. Mientras esté en el mismo plano, se puede usar un área de origen para rastrear y otra de destino para situar el elemento gráfico dentro.

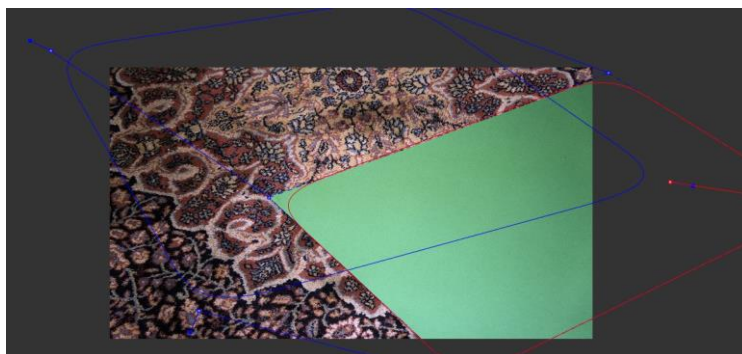


Figura 2.35 Análisis con diferente origen y destino en *Mocha*.

El problema surge, cuando los alrededores no tienen textura, como el póster verde sobre la pared (fig. 2.36), o se comienza a grabar demasiado cerca, como el triángulo verde entre el inicio y el final de la secuencia (fig. 2.37). El rastreador desconoce donde se ubica el elemento y no hay manera de analizarlo correctamente. En estas situaciones, se tienen que poner marcas de rastreo, y retroceder grabando, desde un primer plano. Sin marcas sería extremadamente difícil de realizar.

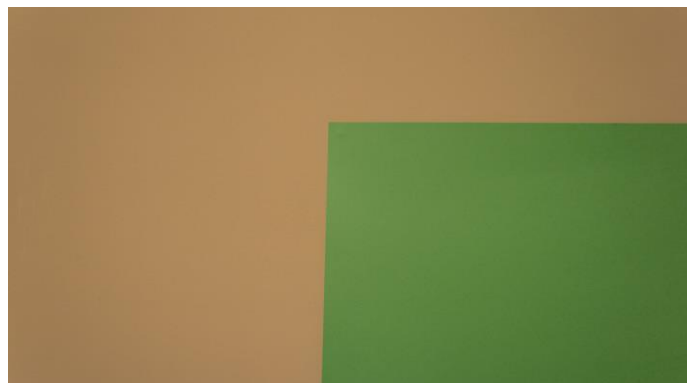


Figura 2.36 Fotograma sin detalles y por tanto, no rastreable.

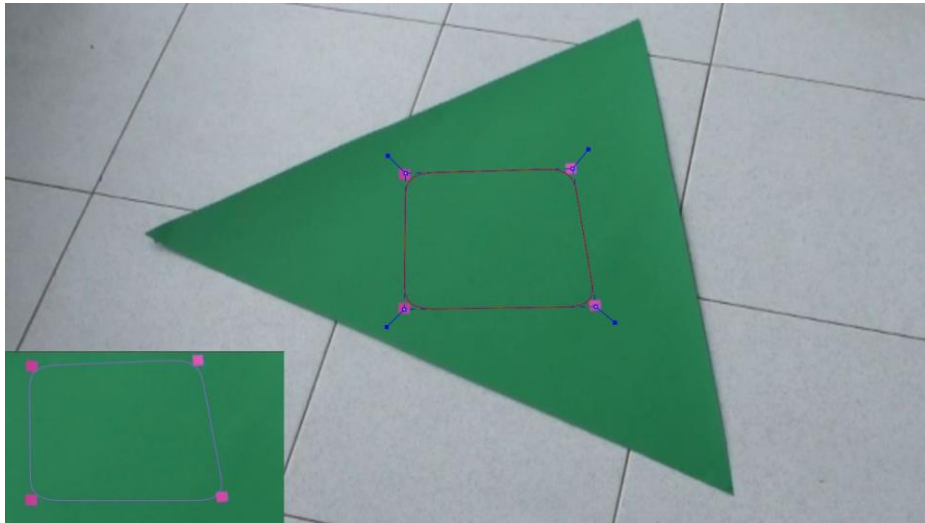


Figura 2.37 Fotograma rastreado con las marcas adheridas al triángulo.

Lo mismo sirve para cualquier toma que no tenga una textura sólida. Si se quiere pegar una imagen en la pared (fig. 2.38) con posproducción, este rastreador fallará justo en el fotograma en el que no existan datos para el rastreo. Así que, de nuevo, se pueden pegar marcas adhesivas en la pared, aunque en realidad cualquier cosa valdría. El póster sobre fondo verde se puede capturar desde un escáner plano, también directamente fotografiándolo sobre un fondo verde. De esta manera, resulta sencillo componer la toma, y como los adhesivos de las esquinas se muestran delante del póster, no tienen por qué ser eliminados en posproducción.

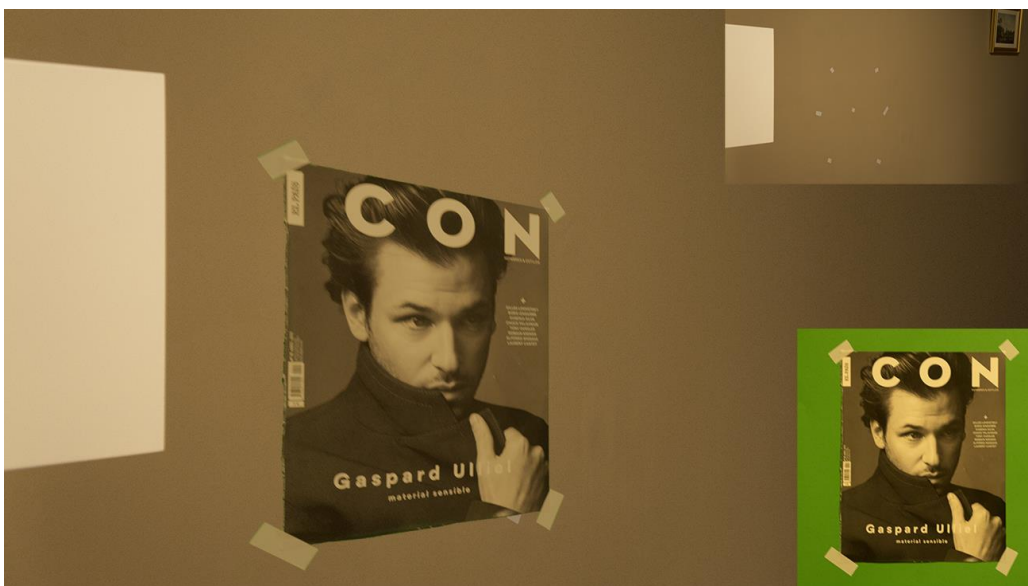


Figura 2.38 Fotograma rastreado con las marcas pegadas sobre la pared (supe. dcha.).



Figura 2.39 Composición mediante rastreo plano y modo de fusión pantalla.

La segunda clase de composición se da al combinar un nuevo elemento dentro de la secuencia, en vez de remplazarlo todo. Dejar el brillo o cualquier textura natural siempre hace que se integre mejor. En la imagen (fig. 2.39) puede apreciarse como la tipografía de la *Brillo* Box transparenta la textura de la superficie oxidada de la escultura de *Richard Serra*.¹⁰



Figura 2.40 Composición mediante rastreo plano y modo de fusión pantalla

Si se busca, en cambio, preservar los reflejos de una superficie que va a ser rastreada y compuesta con un gráfico encima, como por ejemplo la pantalla de un televisor (fig. 2.40), hay dos opciones para el color de fondo, o bien negro, que posteriormente se dobla de exposición y

¹⁰ "Mientras más sobrio e impenetrante es el interior de las multinacionales, más llamativo es su exterior". Diederichsen. "*Psicodelia y ready-made*". Adriana Hidalgo editora 2010. Pág. 53.

se trasparenta con el modo pantalla encima (permaneciendo el brillo),o bien trabajando con un fondo verde (en el caso ser un porta fotos de cristal) y componiendo otra imagen al realizar el clave sobre él. En contra de lo que puede pensarse, los actuales claves de color (fig. 2.41) no tienen problema a la hora de extraer a través de reflexiones.



Figura 2.41 Composición a través de Clave de color.

La ventaja con los claves sobre fondo verde es, que pueden definir mucho mejor el área de rastreo y, para cualquier cosa que quede delante, se genera automáticamente un canal mate (fig. 2.42). Por ello, hay que usar fondos verdes siempre que se pueda. La desventaja es, que tan pronto hay elementos verdes la iluminación varia (fig. 2.43), ya que no se puede exponer un elemento verde brillante sin afectar a todo lo demás, lo que puede ser un problema para las extracciones con clave de color.

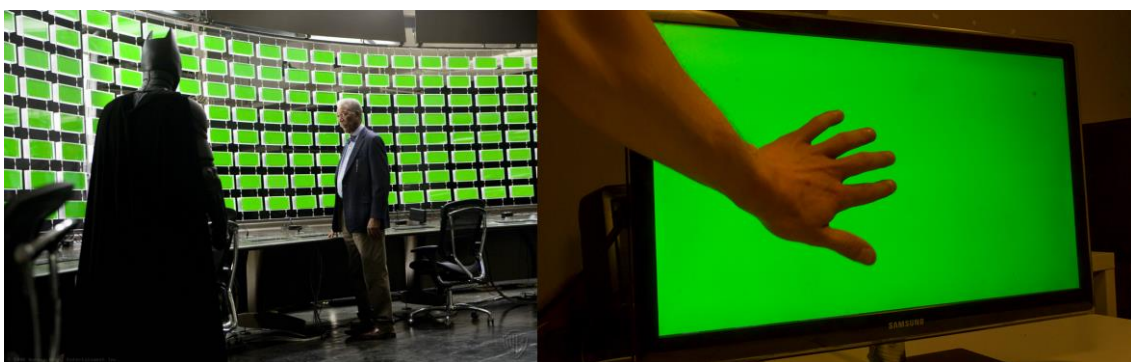


Figura 2.42 Rastreo automático de formas sobre monitores verdes (izq. *The Dark Knight Rises*, del año 2012, de Christopher Nolan y dcha. práctica en entorno doméstico).



Figura 2.44 La cartulina verde se refleja sobre la superficie (izq.). La cartulina negra se refleja sobre la superficie (dcha.). El reflejo de la fotografía se integra mejor sobre el reflejo negro derecho (centro).



Figura 2.43 El tono verde se refleja sobre la superficie de mármol.

Otras veces, para evitar que la escena varíe, se utiliza un verde muy turbio, aunque en ocasiones se haría mejor si se colocase alguna cartulina negra detrás del cristal (fig. 2.44) y se fusionase encima el elemento, transparentándose en modo pantalla. Hay que asegurarse que nada cruce el primer plano de la imagen, ya que si no ha de ser enmascarado a mano.



Figura 2.46 Elemento imposible de rastrear debido a los reflejos de la superficie.

Cuando se rastrea un espejo, existe el peligro de rastrear las reflexiones en lugar de la superficie (fig. 2.46). Un ejemplo extremo, sin embargo, si alguna vez existen reflexiones que son más visibles que la superficie en si misma (fig. 2.47), entonces hay que poner marcas de rastreo.

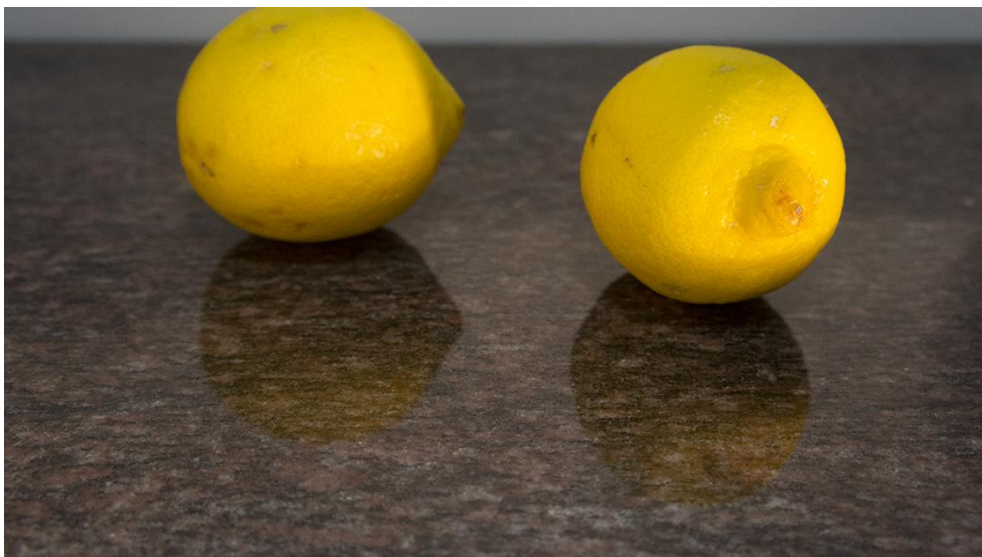


Figura 2.47 Reflejos sobre el mármol que dificultan el rastreo de planos.

Cuatro, o cinco cuadrados distintos, son suficientes para definir algo de textura (fig. 2.48). Desafortunadamente, las marcas acaban también en la composición, así que tendrán que ser borradas manualmente.



Figura 2.48 Marcas dispuestas para rastrear sobre una superficie brillante



Figura 2.49 Los libros pueden ser incluidos en el rastreo, en vez de las marcas que posteriormente hay que borrar.

En realidad, se pueden aprovechar los objetos sobre la mesa con los que dibujar una caja de esquinas en *Mocha*, y rastrear los objetos en lugar de las marcas (fig. 2.49). De nuevo, mientras estén en el mismo plano, aportarán al ordenador mucha información de cómo la caja debe moverse. De ésta manera, se realiza igual, pero sin añadir marcas y ayudantes al rastreo.

Las reflexiones no deben preocupar, porque las reflexiones superpuestas son perfectamente posibles de rastrear con *Mocha*, solamente hay que tener cuidado de que no sean muy visibles, como el reflejo de la lámpara de la imagen, y arruinen el análisis del rastreo, pero mientras no lo sean, aportarán dimensión y realismo a la integración (fig. 2.49).



Figura 2.50 Composición de Roma en la película de Julio Meden "*Habitación en Roma*". Grabada con la cámara *Red One*, y usando croma verde (con marcas de rastreo) por ser el canal que mejor interpreta el sensor. Las imágenes de la ciudad son fondos reales grabados en la ciudad italiana, e integrados con el interior de la habitación (set).

Hay algo importante que señalar del rastreo plano. Los nuevos elementos se sitúan sobre el plano rastreado. Al situar una imagen de *Roma* (fig. 2.50) al otro lado de la ventana, grabando sobre un fondo verde, se supone que la imagen se moverá como si estuviera sujeta justo detrás de la ventana, lo que resulta poco realista. Para usar rastreo plano, en este ejemplo, hay solo una solución, que es poner la pantalla verde tan lejos como sea posible y diseñarla tan grande como se pueda. Sin embargo, esto no es necesario. A continuación, se habla de una técnica llamada *Ajuste de movimiento*, que funciona en 3D, y es mejor técnica que rastreo plano en 2'5D. Hasta entonces, se puede utilizar un rastreo en 2D básico para situar *Roma*¹¹ fuera de la ventana (fig. 2.50), que consiste en rastrear marcas sobre el fondo verde en dos dimensiones y vincular, a alguna de estas marcas, la imagen de la ciudad. En la vida real el cielo no tiene movimiento de paralaje, así que solo es necesario ajustar el movimiento horizontal, vertical y de altura de cámara, cosa que puede ser realizada rastreando un solo punto, o dos si hay alguna rotación y escala. Por tanto, la norma general sería colocar dos, tres marcas de rastreo al otro lado de la ventana (aunque en la imagen se aprecian más).

¹¹ Se desconoce si Rafa Solórzano, supervisor de efectos de la película "*Habitación en Roma*" (2010), utilizó un tipo de rastreo 2D, 2'5D, o 3D. Sin embargo, las imágenes del escenario muestran marcas sobre el croma verde, señal de usar algún tipo de rastreo.

También, merece la pena destacar que si no existen movimientos de cámara más allá de movimientos panorámicos (fig. 2.51), entonces, el rastreo plano 2D no es necesario. Solamente será necesario rastrear (en 2D) un único punto (una esquina del marco), y asociar el nuevo elemento al punto rastreado.

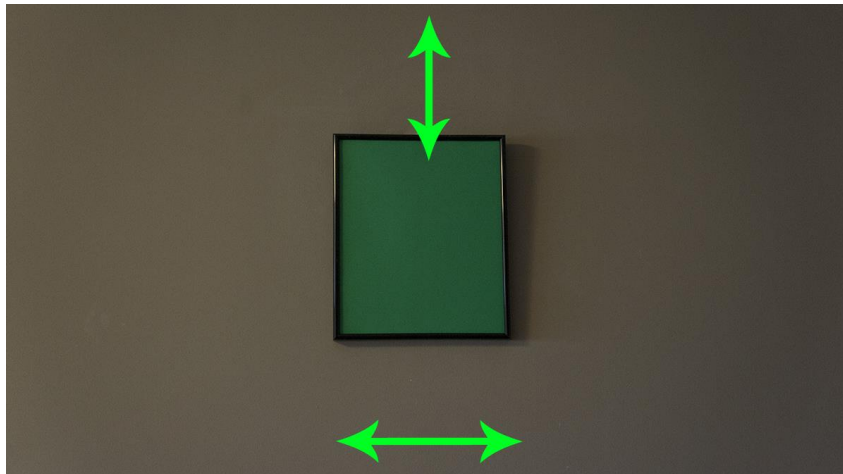


Figura 2.51 Movimiento de cámara horizontal (*pan*) y vertical (*tilt*) sobre trípode.

Finalmente, es importante darse cuenta que el rastreo plano rastrea superficies planas, no se pueden rastrear superficies curvas o irregulares (fig. 2.52). Las curvas necesitan rastrearse con rastreo de objetos (otra técnica), y componerlo con un atrezzo virtual, o incluso con otro objeto escaneado en 3D, lo que es bastante avanzado tecnológicamente hablando. Tampoco se puede rastrear cosas que cambian de forma durante la secuencia (como una bandera). No hay manera de hacerlo con ninguna tecnología por el momento.



Figura 2.52 Superficie imposible de rastrear en Mocha, debido a las irregularidades del plano de representación (Michelangelo Pistoletto. Arco 15)



Figura 2.53 Modelo grabado desde puntos estacionarios distintos.

Por otro lado, para poner elementos juntos hay que grabarlos desde la misma altura de cámara, el punto estacionario se llama. El punto estacionario cambia la representación, situándose muy alto, o muy bajo, se interpreta con diferente nivel de altura, que el de una persona (fig. 2.53).

Estando demasiado cerca del modelo (fig. 2.54) da una perspectiva muy diferente, más distorsionada (fig. 2.54 izq.), y muy lejana, da una perspectiva demasiado plana (fig. 2.54 dcha.). Obviamente, se ha cambiado el *zoom* entre estas dos tomas, pero solo se ha hecho para tener al modelo de la toma lejana ocupando el máximo espacio y resolución del fotograma, ya que lo que debe importar, es la altura de la cámara relativa al actor, y no la distancia.



Figura 2.54 Imágenes grabadas a diferente distancia y lente focal.

Por ello, si grabamos a un actor sobre una pantalla verde con un punto estacionario determinado y lejos de él (fig. 2.54. dcha.), es adecuado acercarse con el *zoom* de cámara para usar toda resolución del negativo. La altura de cámara es la misma, pero se elimina la distorsión de lente de los primeros planos.



Figura 2.55 Diferente ángulo estacionario entre figuras y fondo.

Para componer elementos, el punto estacionario tiene que coincidir en ambas secuencias. En estos ejemplos está mal realizado. La primera toma esta filmada en picado (fig. 2.55), pero compuesta con una toma de la torre *Eiffel* desde su base.



Figura 2.56 Forma y fondo con lentes focales opuestas, imposibles en una misma secuencia.

En esta otra imagen (fig. 2.56), el sujeto está muy cerca produciéndose una perspectiva distorsionada, pero el fondo está grabado desde lejos, por ello los elementos no acaban de encajar visualmente.

Por otro lado, para ajustar los puntos estacionarios se puede usar un monitor, que permite componer en directo la secuencia y muestra rápidamente si los elementos de la composición están descentrados entre sí. Ajustar la composición puede ayudar a encontrar el ángulo correcto de grabación de la secuencia, pero también se puede, simplemente, tomar una medida de la altura de la cámara, para cada toma que se realice (fig. 2.57). Se puede escribir la altura en una hoja de papel y filmarla unos segundos.



Figura 2.57 Medida del punto estacionario durante el rodaje.

Si se escala algún elemento, como al situar el modelo encima de una mesa (fig. 2.58), primero se graba al modelo y se anota la altura de cámara. Después, se divide esta cantidad por la altura de la mesa, y el resultado será la altura a la que se tiene que grabar la mesa, con esta fórmula se ajustará sin problemas.



Figura 2.58 Figura a escala del fondo.

Ajustar la distancia al sujeto es también importante, especialmente cuando se está cerca, ya que la perspectiva resulta muy pronunciada. Cuando nos alejamos 40 o 50 centímetros no tiene sentido alejarse más, ya que apenas resulta diferente a la vista. Por ello, si se graba a un actor sobre fondo verde, que vaya a ser ubicado en lo alto de una montaña, no es necesario que se grabe a un kilómetro de distancia, 40 metros pueden ser suficientes.

Si se quiere añadir un elemento 3D a una escena, es necesario también ajustar la cámara 3D con la cámara de imagen real. Así, el objeto 3D (fig. 2.59) tendrá la misma perspectiva que la imagen real y, además, permite a la imagen 3D interactuar con la acción real. Por ejemplo, el personaje 3D de la imagen necesita arrojar sombra. Se puede entonces construir la superficie de la mesa y la pared en 3D, para ajustarlo a la acción de la escena real y después, proyectar sombras que se fusionen y lo haga en los lugares correctos.

En una secuencia de plano fijo, simplemente se puede mover orbitando una cámara 3D (fig. 2.59). Cargando la secuencia como fondo de visor en el software 3D, para intentar ajustar la posición de la cámara y distancia focal, y así alinear las imágenes. Es difícil, pero no imposible.¹²

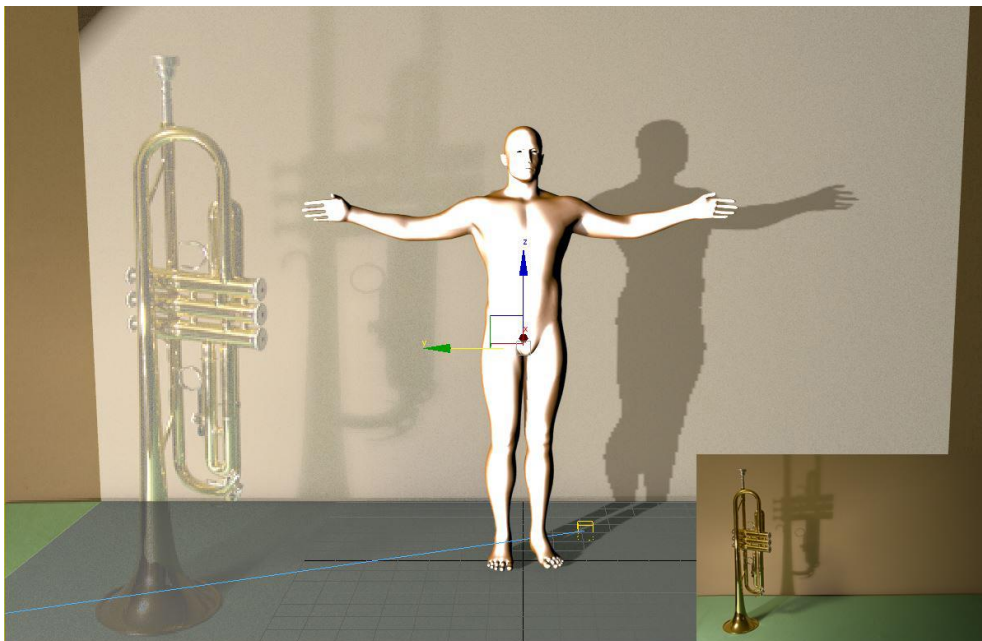


Figura 2.59 Elemento 3D compuesto sobre escena real.

¹². En una primera aproximación a la composición solo se ha tenido en cuenta la ubicación del modelo y no las sombras que recibiría de la trompeta.

Sin embargo, en este capítulo se asume que la cámara está fija, si existe algún movimiento de cámara durante la grabación, tenemos que copiar el movimiento exacto de esa cámara en la escena virtual. Los movimientos panorámicos de cámara no son entendidos, propiamente, como movimiento de cámara a efectos de rastreo, ya que la perspectiva no cambia demasiado.

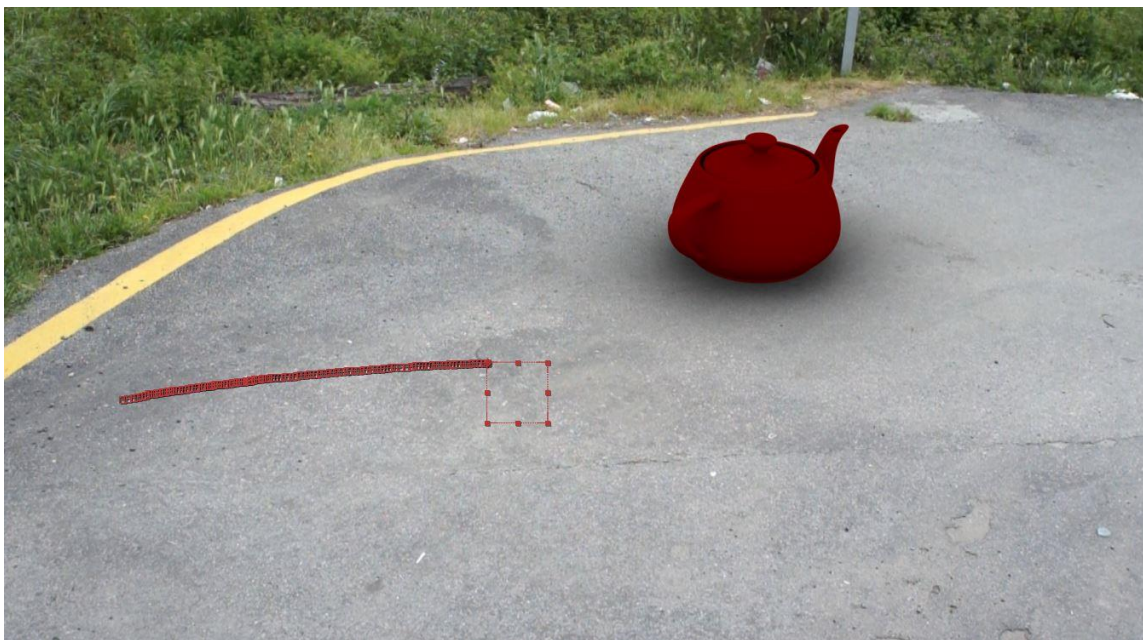


Figura 2.60 Tetera virtual integrada con rastreo en 2D.

Por ello, para poner esta tetera sobre el asfalto hay que obtener un ángulo similar desde la escena 3D. Después, en *Fusion o After Effects* (fig. 2.60), se rastrea en 2D una marca sobre la carretera y, cuando se asocia la marca a la tetera, se obtiene una integración convincente.

Otra manera, es creando una imagen con mucha resolución y tamaño desde un programa como *Photoshop*, que actúe como una capa gigante que desborda el documento de la composición y sirve para rastrear cualquier elemento dentro de la misma.

También se puede grabar un fondo con una resolución muy alta, para después pintar en 2D o insertar gráficos 3D sobre él. De este modo, se puede escanear a través de la imagen (fig. 2.61), lo que resulta similar a movimientos panorámicos de cámara.



Figura 2.61 Capa de fondo desbordando el fotograma y animada con la capa ovni vinculada.

Sin embargo las cámaras con movimiento de paralaje, exigen un tratamiento totalmente diferente, ya que el movimiento de un plano tiene que ajustarse en el otro. Si ambas tomas son de acción real¹³, solo hay una manera de hacerlo, con *Control de movimiento (Motion control)*, que permite programar un movimiento de cámara y repetirlo en distintas localizaciones.

Pero si se dispone de un escenario de acción real y queremos incluir 3D dentro, hay que copiar el movimiento de cámara real a la escena 3D, tarea nada sencilla. Si, por ejemplo, se quiere colocar una tetera sobre la arena, primeramente se puede intentar usando un rastreo en 2D. Se rastrea algún elemento más contrastado y luego, se asocia la tetera a él, aunque será muy obvio, que el ángulo no coincide durante la secuencia y no servirá.

Se tienen que ajustar los cambios de la perspectiva real, así que como segundo intento, se carga la secuencia como fondo en el área de trabajo 3D, tratando de ajustar el movimiento de cámara, ajustando la cámara 3D y añadiendo fotogramas a ella (fig. 2.62). Mirando solo la tetera sin el fondo, parecería correcto, pero cuando lo componemos, se comprueba que no está ajustado. El movimiento de una cámara real es complejo de copiar a mano, y la tetera se desplaza con respecto al fondo en diferentes momentos de la animación, aunque se trabaje mucho, nunca funciona.

¹³ Este esquema de trabajo es sumamente interesante desde el punto de vista de la composición. Consiste en la integración de múltiples imágenes reales en 2D. Un buen ejemplo de ello es el videoclip dirigido por Michel Gondry, para la cantante Kilye Minogue, "*Come into my world*" (2002), donde realizaba múltiples pases de cámara sobre el mismo escenario y así, replicar a la cantante y figurantes él.

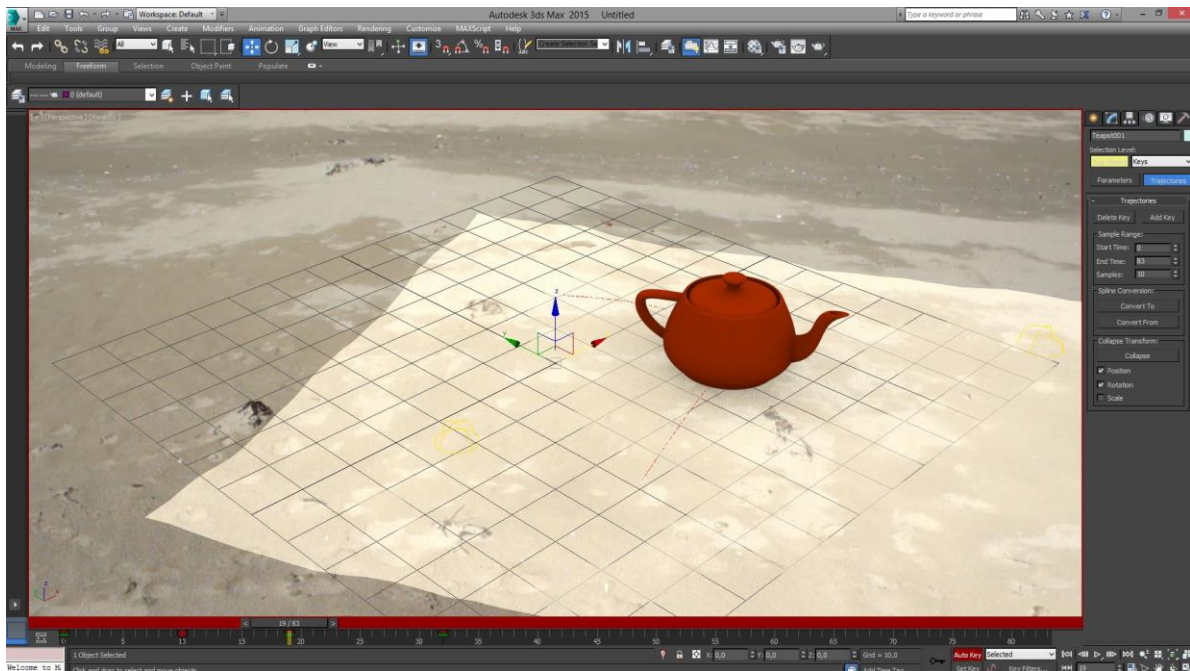


Figura 2.62 Tetera 3D integrada manualmente, sobre el software 3D y el fondo cargado en la vista de cámara.

Sin embargo, existe una técnica que puede solucionar este problema: *Ajuste del movimiento*, la cual es capaz de interpretar el movimiento de una secuencia, y deducir el movimiento de cámara, exportándolo a un escenario en 3D. De esta manera, cualquier cosa que se realice en 3D puede ser interpretado desde el mismo ángulo y, cuando se coloca junto al fondo analizado, encaja perfectamente. Es una importante tecnología, parte de casi todo lo que se va a tratar a partir de ahora.

Una alternativa a ella es la técnica de *Proyección de cámara (Camera projection)*, que permite proyectar la imagen desde la vista de cámara y, no solo eso, también ayuda a modelar los elementos que en la imagen aparecen, a través de técnicas de desplazamiento de la geometría, por canales que interpretan la luminosidad de la imagen. En ella (fig. 2.63), la sombra del modelo sobrevolando el suelo de Marte, se proyecta de un modo realista desde una fuente de luz y sobre una geometría (plano 3D) texturizada con la misma imagen proyectada desde la cámara.

Ello hace que la imagen y el volumen encajen visualmente desde el ángulo de cámara que interpreta la escena. El único límite a esta técnica híbrida, es que la cámara virtual no puede realizar movimientos de paralaje de cámara, que está, más o menos, supeditada a movimientos panorámicos. Pero ofrece grandes ventajas frente a las técnicas de rastreo bidimensionales, ya que aporta volumen a la escena de una manera relativamente sencilla (en comparación con el modelado 3D a mano de una escena), a la vez que soluciona rápidamente

cuestiones relacionadas con la integración de elementos, tema que se tratará en el capítulo cuatro.

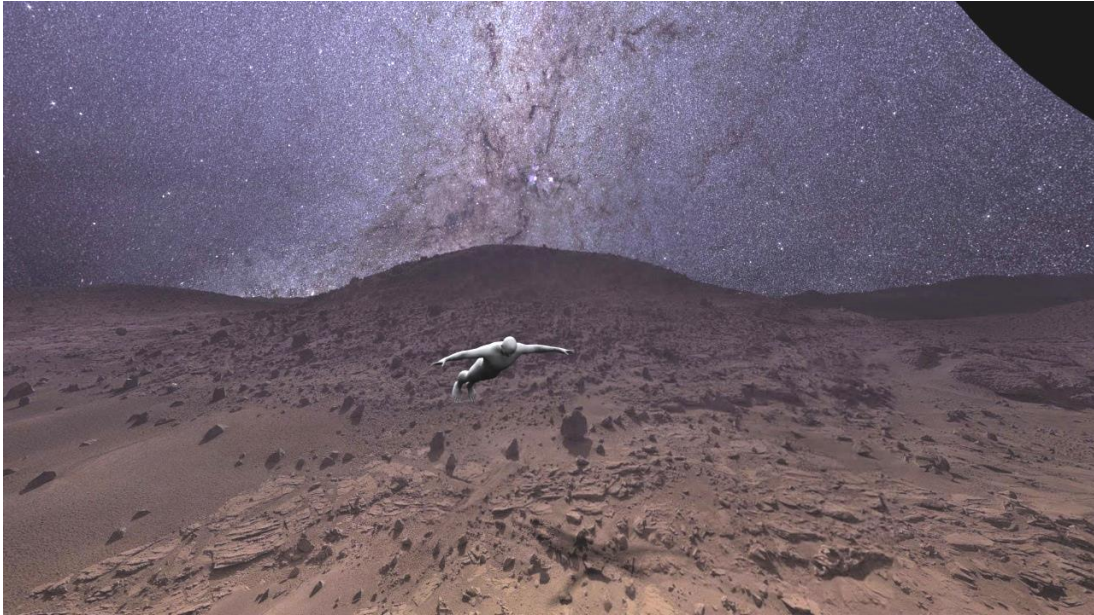


Figura 2.63 Proyección de cámara sobre un plano curvado en 3D, y modelado a partir de la imagen.

CAPÍTULO 3: AJUSTE DEL MOVIMIENTO DE UNA SECUENCIA.

3. AJUSTE DEL MOVIMIENTO DE UNA SECUENCIA.

Ajuste del movimiento es una técnica de rastreo, específicamente usada en entornos tridimensionales, que permite sincronizar las secuencias de acción real y virtual sobre un mismo documento de imagen en movimiento con movimiento de paralaje de cámara, lo que resultaría imposible de realizar con técnicas de rastreo en 2D.

3.1. AJUSTE DEL MOVIMIENTO EN TRES DIMENSIONES.

En este capítulo se va tratar la técnica de ajuste de movimiento de una secuencia real y, aunque resulte algo técnico, es importante entender su funcionamiento, ya que gran parte de los efectos especiales que hoy vemos en las películas la utilizan¹⁴. Por medio de ella se consigue ajustar una secuencia virtual con una de cámara real, pero el ajuste de movimiento, debe realizarse de una manera específica, lo que implica que los directores de fotografía deben de tener en cuenta las necesidades de esta técnica a la hora de grabar una secuencia.

¹⁴ "Matchmoving is the process of matching CG elements into live-action footage. As a result, it's a crucial part of many visual effects shot". Dobbert Tim. *"Matchmoving: The Invisible Art of Camera Tracking"*. Sybex edición. 2005.

3.1.1. DEFINICIÓN DE AJUSTE DEL MOVIMIENTO.

Para un ordenador, una imagen 2D es completamente plana, a diferencia de nuestra visión, el ordenador no puede identificar lo lejos, o cerca que está un objeto. La visión humana percibe profundidad debido a la separación que existe entre los dos ojos, lo que da dos ángulos de la misma vista. El cerebro mide como se sitúa cada objeto visto desde cada ojo y así, deduce el entorno en 3D.

Ajuste de movimiento usa un modo similar de analizar los cambios en perspectiva en un escenario real. La técnica se basa en los principios de la fotogrametría y la extracción de datos en 3D, a partir de fotografías. El concepto con el que la técnica funciona, consiste en obtener dos imágenes de un mismo elemento desde distinto ángulo, y grabar las mismas muestras en ambas cámaras, proyectando unas líneas imaginarias desde cada cámara hacia las muestras, en el área coincidente y bloqueándolas entre sí.

Es entonces posible, no solo calcular las coordenadas tridimensionales de las marcas, sino también las de la cámara. Esto permite analizar imágenes estáticas, pero también funciona con imágenes en movimiento. Si la secuencia dura cien fotogramas, es como tener cien cámaras en la escena desde diferentes ángulos. Asegurando elementos en la escena que no cambian, y señalando donde se sitúa cada marca en cada uno de los cien fotogramas.



Figura 3.1 Marca de rastreo 2D configurable en *Boujou*.

Para saber dónde se sitúa cada marca, ajuste movimiento utiliza una técnica similar al rastreo de movimiento en 2D (fig. 3.1), ya que rastreando una marca, se señala donde se sitúa en cada uno de los cien fotogramas. Luego, el software alinea todos los fotogramas en todos los puntos, no solo para averiguar donde se sitúan las marcas en el espacio tridimensional, sino donde se sitúa exactamente la cámara (fig. 3.2) a lo largo de los cien fotogramas, y así deducir su movimiento.

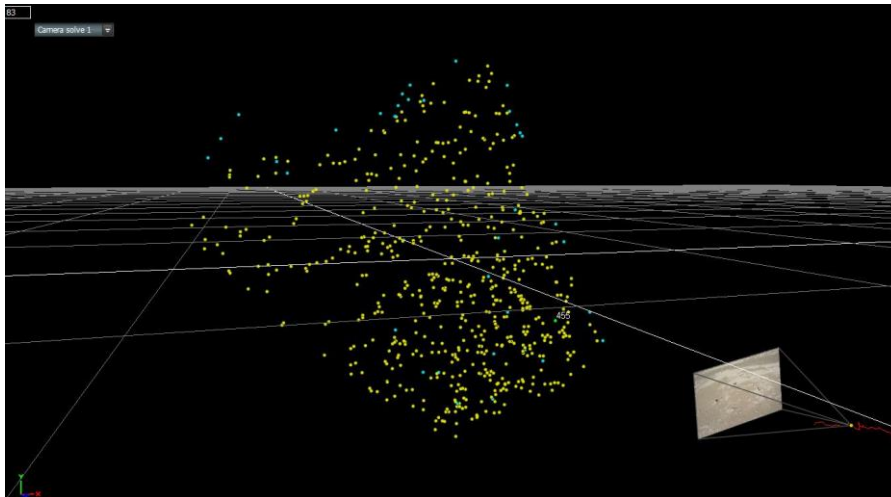


Figura 3.2 Solución 3D del movimiento de una cámara real.

Posteriormente, en un programa de edición 3D (fig. 3.3), se sitúa un objeto en la escena, y cuando se interpreta, el objeto resulta integrado en la acción real. Todos los efectos especiales actuales se basan en integrar imagen 2D con 3D, por lo que es una herramienta imprescindible a día de hoy.

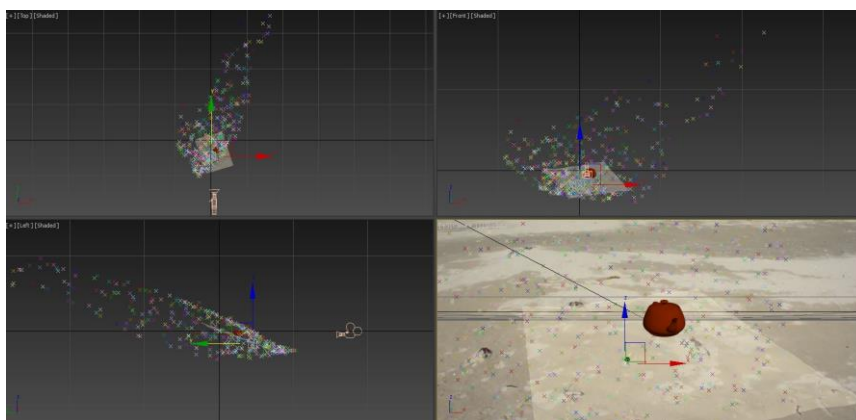


Figura 3.3 Solución del análisis de una cámara importada al software de edición 3D.

3.1.2. UTILIDADES DE AJUSTE DEL MOVIMIENTO.

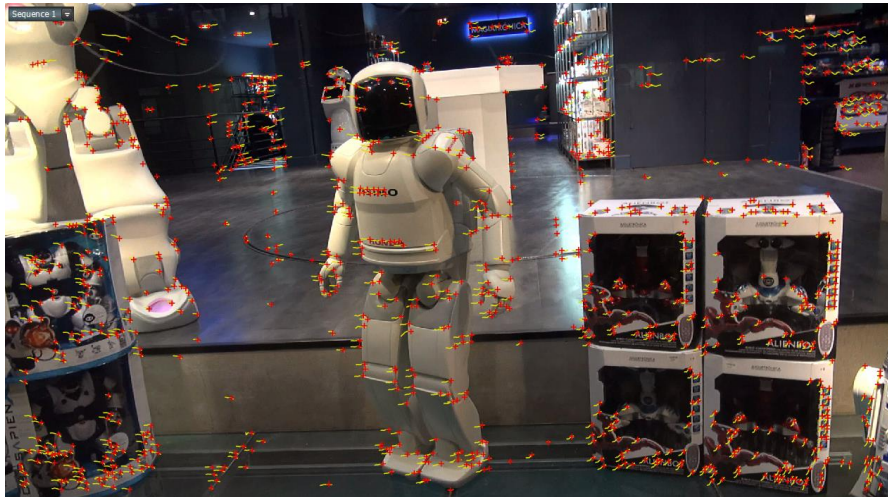


Figura 3.4 Marcas de rastreo en 2D durante el análisis de la secuencia de *Asimo*.

Así es brevemente, como análisis del movimiento funciona, aunque los rastreos 2D no se realizan manualmente con esta técnica. En cambio, el software rastrea cualquier elemento que pueda parecer una marca (fig. 3.4), y rastrea cientos automáticamente. Así, para la mayoría de secuencias, simplemente se importan, y el software se encarga de deducir el movimiento de cámara que se produce, aunque depende de cómo se grabe, lo que se tratará en los próximos puntos.

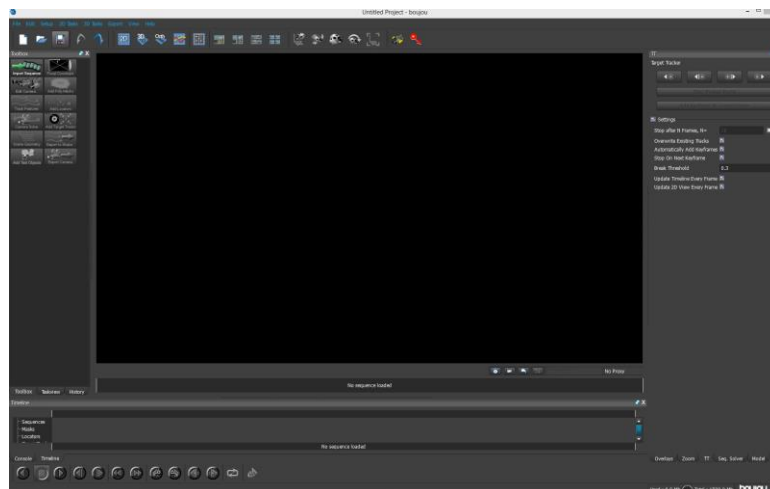


Figura 3.5 Interfaz de *Boujou* 5.1.

Por último, el software que aquí se estudia es *Boujou* (fig. 3.5), de la compañía *Vicon*. Hace unos años se trabajaba con *Matchmoving*, de *Autodesk*, pero en la actualidad ya no se desarrolla más. *Boujou*, como *Matchmoving*, se basa en la fotogrametría. Así, cualquier aspecto que se analiza se ajusta bien a cualquiera de las herramientas de ajuste de movimiento que existen hoy en el mercado.

Independientemente de la dificultad de estos conceptos, de lo que se trata es de no realizar secuencias que luego sean imposibles de rastrear. Siendo la secuencia más fácil de analizar, se dedicará más tiempo a los aspectos creativos, y no solucionando problemas en postproducción, que han sido creados durante el rodaje.

3.1.3. PROCESO DE AJUSTE DEL MOVIMIENTO DE UNA SECUENCIA.

La norma más básica de la técnica es, que debe haber algo que rastrear. En la mayoría de las secuencias existen cientos de muestras de alto contraste que rastrear (fig. 3.6), pero cuando se trabaja con grandes áreas no muy definidas, tal vez no funcione, porque puede que no haya nada que rastrear en la imagen. Puede también, que un área quede oculta y no se pueda rastrear, pero mientras existan muchas otras en la secuencia, se podrá seguir rastreando. La arena, hierba o asfalto, son superficies ideales para rastrear, porque ofrecen gran cantidad de textura. Pero no siempre es así, y algunas veces, incluso en tales circunstancias, la imagen no ofrece suficiente información en el fotograma para un análisis de calidad (fig. 3.7).



Figura 3.7 Solución del movimiento insuficiente y con poca información espacial.

Por ello, si una superficie falla al ser rastreada, es conveniente colocar marcas para rastrear la escena mejor, por ejemplo, con cinta adhesiva o pelotas de tenis, bien enteras o cortadas por la mitad. Dadas la vuelta y pintadas de blanco o negro (fig. 3.8 izq.). La ventaja de usar pelotas de tenis, es que son visibles desde cada ángulo, aunque no se deberían poner muchas, ya que luego hay que borrarlas a mano. Simplemente, se deben colocar cinco o seis marcas, solo para áreas que necesiten definirse mejor.



Figura 3.8 Marcas de rastreo dispuestas en las escena.



Figura 3.9 Marcas de rastreo sobre elementos verticales bien (izq.) y mal (dcha.) dispuestas.

Por otro lado, es mejor situar las marcas sobre algo, como encima de un poste (fig. 3.9 dcha.) o un árbol (fig. 3.8 dcha.), porque entonces se pueden borrar rastreando sobre ellas, y situando un parche de clonación encima, porque si las marcas se sitúan suspendidas en el aire (fig. 3.9) son más difíciles de borrar.

Además, se debe de poder rastrear a diferentes profundidades, así los cambios en la perspectiva serán evidentes. Muchas secuencias muestran esta característica automáticamente, pero si solo se pueden rastrear pequeñas áreas de una secuencia (fig. 3.10), el ordenador no detecta cambios en la perspectiva y da un fallo en el ajuste, debido a que matemáticamente no hay demasiados datos con los que trabajar.

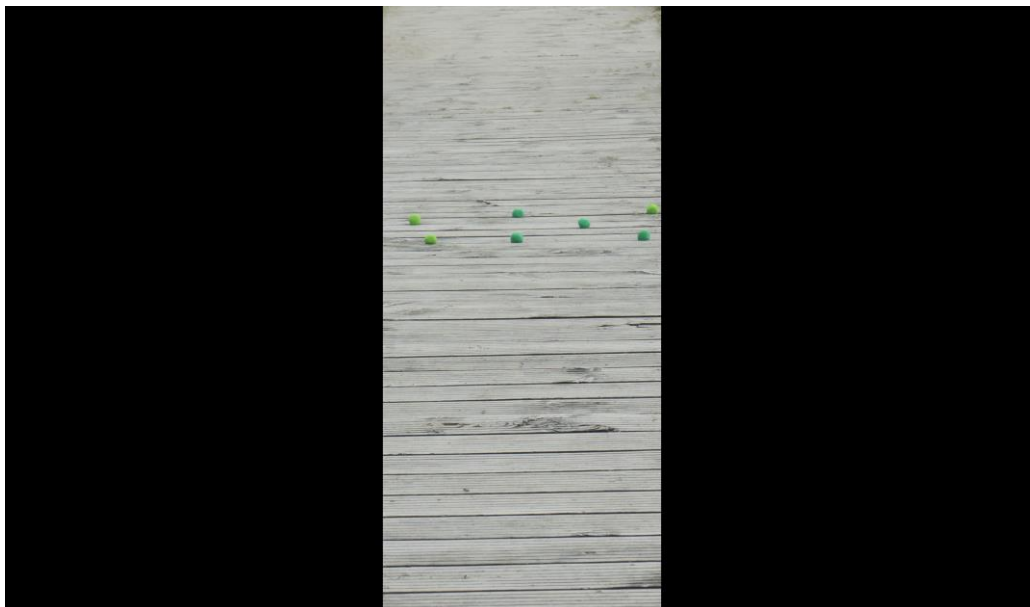


Figura 3.10 Elementos intermedios insuficientes para analizar.

Los cambios en perspectiva, en cambio, resultan evidentes cuando hay diferentes profundidades que filmar (fig. 3.11). Si se analiza una secuencia de un paisaje los elementos del primer plano y también los del fondo, entonces los cambios en la perspectiva resultan claros. El ordenador no tiene problemas en ajustar el movimiento, porque encuentra una clara diferencia entre el movimiento del fondo y el frente.

Todo esto es válido si existe un movimiento de cámara con el que trabajar, pero si apenas existe movimientos de cámara, o solo se producen movimientos panorámicos, si es así no existen demasiados cambios en la perspectiva desde los que ajustar el movimiento de la cámara, lo que hace que se interprete de manera irregular y a saltos.



Figura 3.11 Plano con gran profundidad para el análisis.

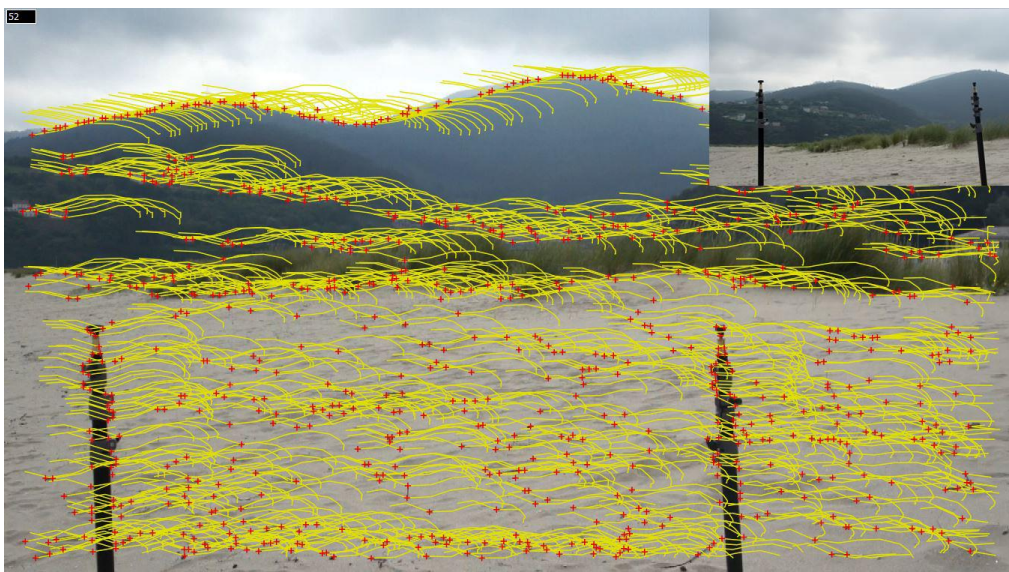


Figura 3.12 Elementos verticales ayudantes al rastreo de marcas en primer plano.

La recomendación consiste en disponer de un plano frontal con algo de detalle (fig. 3.12), el ajuste del movimiento se realiza mejor de esta manera. La razón es que los objetos más cercanos a la cámara revelan su posición más correctamente. Por ello, colocando un trípode, pértiga o elemento ayudante cualquiera delante de la escena, el primer plano resulta más evidente para el análisis. En cambio, si se analizan solo puntos lejanos del horizonte, se obtendrá una solución con más ruido y fallos de rastreo. A continuación se explica el por qué.

En el capítulo de rastreo en dos dimensiones se comentó como el ruido en la imagen, en todos los análisis (fig. 2.21), causa saltos alrededor de la marca de rastreo un píxel arriba o abajo. Sin embargo, un poco de ruido en algunos puntos no debería ser un problema. A no ser que los únicos puntos para rastrear estén muy alejados de la cámara. Si es así, el ruido del píxel alejado será amplificado más cerca de la cámara, dando como resultado una cámara que salta y vibra por todo su recorrido, y por lo tanto, cualquier objeto que se situó delante de cámara también saltará.

Sin embargo, en el momento en que algún elemento del frente también es rastreado, como al colocar un elemento ayudante (fig. 3.12), todo el ajuste del movimiento se ajustará a él. La conclusión es que ajuste de movimiento necesita un plano frontal, ya que revela la posición de la cámara más adecuadamente que cualquier otro elemento.

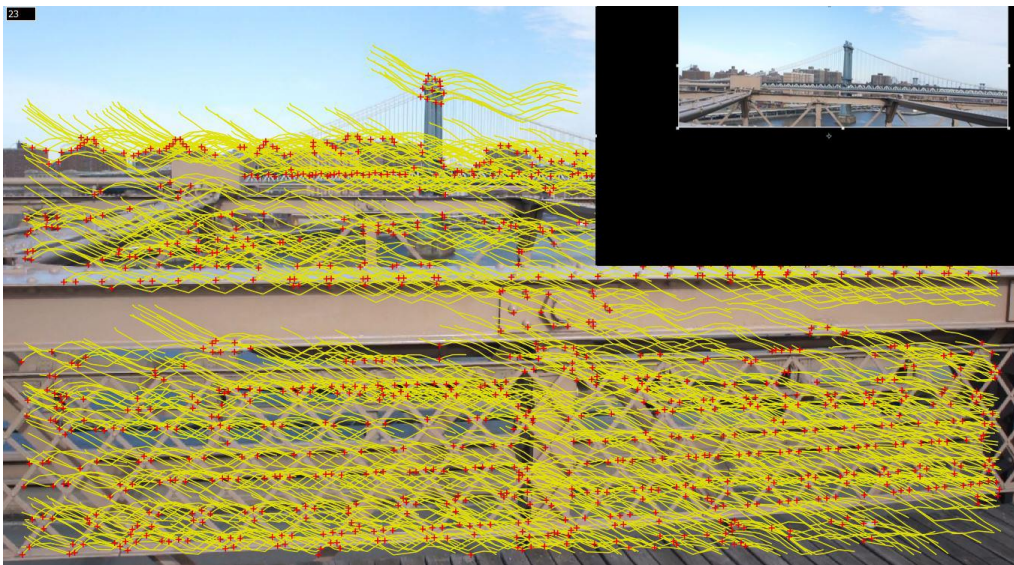


Figura 3.13 Área de análisis recortada de la composición final.

Es más recomendable encontrar maneras naturales de introducir elementos en el frente. En esta secuencia (fig. 3.13), por ejemplo, se podría estar satisfecho con el encuadre, pero desde una perspectiva del análisis del movimiento, se obtendría un mal análisis con puntos que estén muy lejanos. Sin embargo, al situar la cámara unos pasos hacia atrás, se amplía más la escena y el ajuste del movimiento se produce mejor. Posteriormente, el plano es recortado en posproducción, para que los ayudantes de rastreo no aparezcan.

El único caso en que los ayudantes de rastreo pueden formar parte del plano final, es si se van a colocar elementos tridimensionales compuestos encima, ya que estos cubrirían las marcas en composición (fig. 3.14).



Figura 3.14 Elemento virtual bloqueando visualmente (transparencia relativa demo) el elemento de rastreo.

La siguiente recomendación es, que no se puede rastrear un elemento en movimiento, ni siquiera aunque quede quieto delante de la cámara. La fotogrametría depende de que todos los puntos sean absolutamente estáticos en el plano. Así, cada fotograma de la secuencia es una imagen de la misma escena. Si se analiza algo que se mueve, el ajuste se pierde.

Por ello, es parte del proceso enmascarar (fig. 3.15) cualquier elemento que se mueva en la secuencia, y así, excluirlo del cálculo. En esta secuencia, los luchadores está excluidos con una máscara, y sin ella, el ajuste del movimiento no funcionaría. Esta es una operación habitual, y no supone un problema con tomas realizadas con objetivos abiertos y pocos actores en la escena. La máscara debe ser lo suficientemente amplia como para cubrir holgadamente a los elementos dinámicos¹⁵.

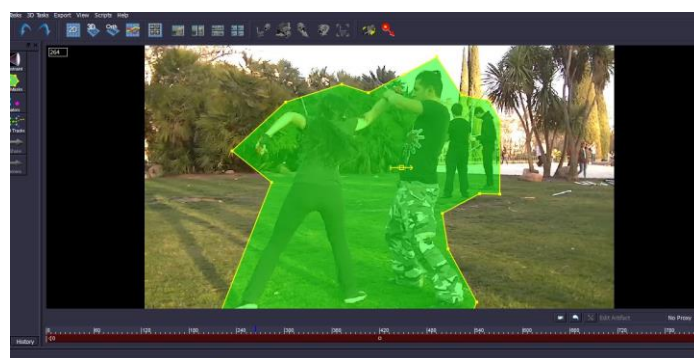


Figura 3.15 Máscara sobre elemento dinámico en *Boujou*.

¹⁵ *Ibíd.* “If your mask is too small, it’s possible that the tracker will start tracking objects at the boundaries of the mask”.

Sin embargo, a medida que nos introducimos en tomas más cerradas empieza a peligrar el análisis (fig. 3.16), ya que con el actor excluido existe solo un plano lejano que rastrear y, además, puede estar desenfocado, lo que haría fallar el análisis. Así que es importante no confiar demasiado en tomas cercanas con un campo de visión cerrado, sino estudiarlas con detenimiento antes de grabar.



Figura 3.16 Insuficiente área de rastreo en un plano cerrado.

Otra norma consiste en situar elementos entre el frente y el fondo, como por ejemplo estas mallas (fig. 3.17), lo que producirá distintas profundidades de campo. Pero en relación a los elementos frontales, es importante no tener demasiados en la toma.

En el apartado de rastreo en dos dimensiones mencioné que no es posible rastrear un punto por detrás de un elemento frontal. Ajuste del movimiento utiliza el rastreo en dos dimensiones, pero en el momento en el que un elemento frontal definido cruza la escena, se pierden las marcas del fondo, lo que puede hacer fallar la solución si gran parte del fotograma está momentáneamente bloqueado.

Es difícil definir con cuánto calado ocurre. Esta secuencia (fig. 3.18) funciona porque *Ironman* solo aparecen sobre la escultura del fondo en una pequeña parte de la secuencia, y el software no pierde demasiadas marcas en ningún momento. Cualquier marca bloqueada puede ser fácilmente tomada desde otra área del fotograma, cuando los elementos la bloquean visualmente.



Figura 3.17 Elementos dispuestos en un plano intermedio con los que rastrear.



Figura 3.18 El súper héroe bloquea al personaje montado a caballo durante parte de la secuencia.

Esta otra secuencia (fig. 3.19), en cambio, sería muy difícil de rastrear, inclusive más, si se quiere extraer un canal mate con máscaras. El frente de arbustos cubre totalmente cualquier elemento que pudiera rastrearse del fondo. Lo mejor es no grabar ningún elemento que bloquee el fondo, ya que después, es relativamente sencillo incorporar elementos gráficos por delante de todo el frente. Así que, intentando equilibrar estos dos objetivos, el frente ideal, sería aquel, que aparece desde el lateral y proporciona algo que rastrear cerca de la cámara, sin embargo, no oculta todos los elementos que están en el fondo.



Figura 3.19 Fotograma difícil de analizar, debido a los elementos del primer plano

Por último, otra recomendación fundamental es, que hay obtener una referencia de escala, lo que requiere un explicación al respecto. Cuando los animadores reproducen una secuencia con ajuste del movimiento, desconocen la escala que se ha usado en la secuencia, ni que tamaño tienen los objetos, se desconoce si el tamaño es adecuado, o no.

No es de extrañar, que se modelen personajes adultos humanos de medio metro, y se cometa el error de no tomarlo en cuenta, hasta el final de su modelado. La única manera de conocer la escala de verdad, es midiendo las distancias entre dos puntos que se van a rastrear.

En esta secuencia (fig. 3.20) se ha medido la distancia entre las esquinas del tablero. Así, las fichas en la secuencia del tablero de ajedrez, se mostrarán naturalmente en la escena cuando se simulen movimientos con ellas, pero cuando se le indica a la herramienta de edición 3D, la distancia exacta entre ellos, la escala de la escena será la correcta.

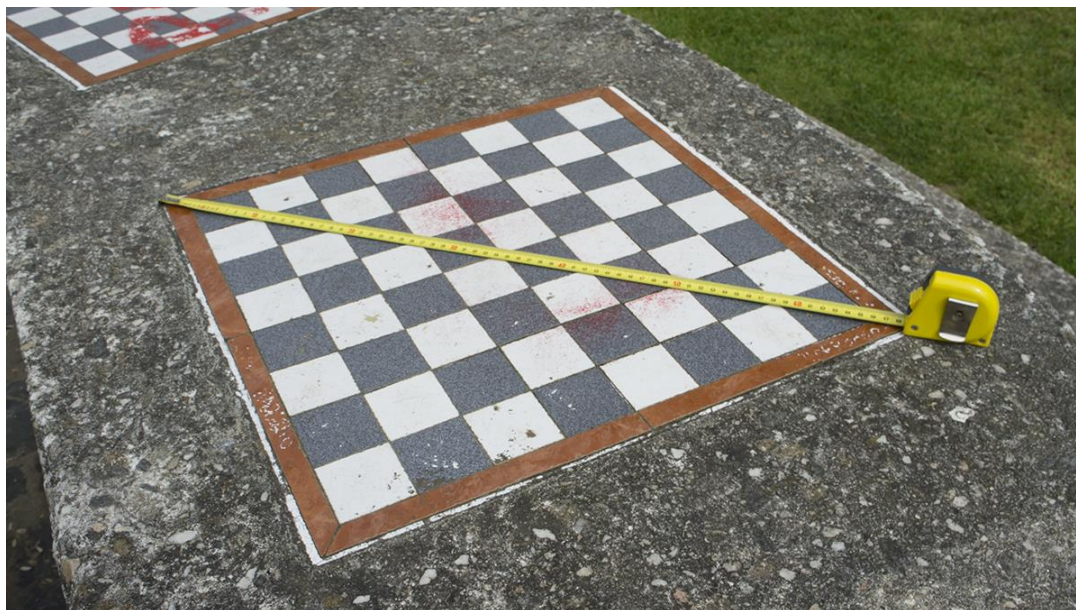


Figura 3.20 Toma de medidas para introducir en la herramienta 3D.

La clave es medir elementos que se vayan a rastrear, porque estos serán los únicos elementos existentes en los procesados del ordenador. Además, si los modelos existen en la realidad, unas fichas en concreto, se pueden obtener las medidas reales del modelo, deduciendo así la escala adecuada para el gráfico 3D. Puede parecer poco trascendente, pero es importante si un gráfico 3D va a ser sometido a simulaciones físicas por ordenador, con valores reales.

Para resumir todo lo dicho, la primera norma es, que debe haber algo que rastrear, una marca, un motivo o algo de textura. En segundo lugar, se deben rastrear elementos a diferentes profundidades en el plano, ofreciendo cambios claros en la perspectiva a la herramienta de análisis. En tercer lugar, los elementos del frente deben estar cerca de él, y apareciendo por los laterales (especialmente si no se puede observar el plano de tierra relativamente cerca de la cámara), para ir proporcionando sucesivamente datos al rastreo en el primer plano. En cuarto lugar, todos los puntos deben de ser absolutamente estáticos, por ello, hay que asegurarse que hay puntos que rastrear cuando se enmascara a un actor, dejando suficiente área para que el análisis se pueda realizar. En quinto, no deben grabarse elementos que bloqueen el fondo, en el primer plano de la imagen, porque se pueden perder los rastreadores de este. Y sexto, se debería tener siempre una referencia de escala o medida si se quieren realizar simulaciones dinámicas posteriormente, para lo que es necesario trabajar con medidas reales que aseguren un entorno físico razonable. Si se siguen estas normas es poco probable tener problemas mientras se rastrea el movimiento de una secuencia con la técnica de ajuste de movimiento (fig. 3.21). Por último, existen algunas notas técnicas que resultan interesantes de mencionar. La primera es, que usar el *zoom* de cámara mientras se rastrea una toma, no es adecuado para esta técnica. La razón es también algo técnica, pero la consecuencia es, que el ajuste de movimiento es considerablemente más difícil de realizar. Por lo tanto, si no existe una razón creativa, hay que evitar utilizarlo en la mayoría de las secuencias.



Figura 3.21 Composición de objeto virtual sobre fondo real.

En segundo lugar, en ocasiones, hay tomas en donde es imposible rastrear un parte de ellas, como por ejemplo al grabar el cielo durante unos cuantos fotogramas (fig. 3.22). Se puede trabajar con este tipo de secuencias, básicamente, separando el análisis de movimiento en una toma anterior y otra posterior al plano del cielo, para unirlos luego en posproducción.



Figura 3.22 Secuencia que ha de ser analizada en dos tiempos, omitiendo la parte que muestra solo el cielo.

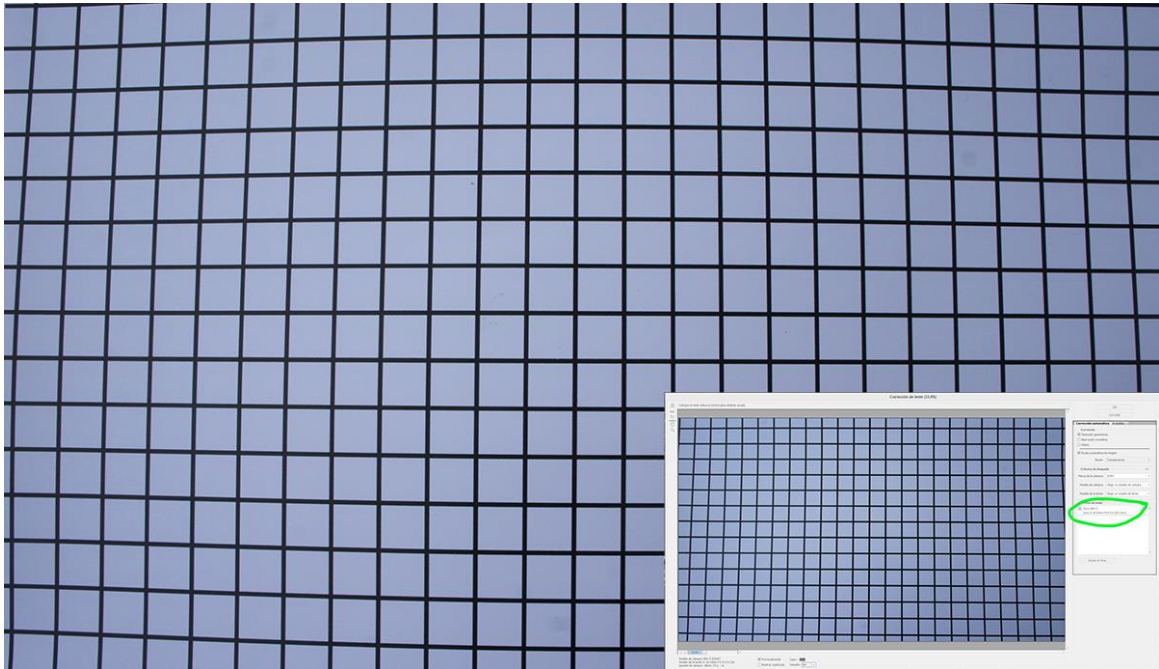


Figura 3.23 Ajuste y corrección de la distorsión de la lente, mediante un fotograma de una cuadrícula y software específico.

En tercer lugar, hay que ocuparse de la cuadrícula de distorsión radial de la lente de cámara, de lo que hablaré más adelante, aunque básicamente, la distorsión de lente son líneas curvas, algo que no ocurre con gráficos tridimensionales. Así, esta secuencia de una cuadrícula durante el rodaje, sirve de referencia para luego ser alineada y corregida en posproducción (fig. 3.23). Esto pone punto final al ajuste del movimiento, aunque se volverá a tratar en siguientes capítulos, ya que es de suma importancia para casi todo lo expuesto en esta investigación.

3.2. CONTROL Y AJUSTE DEL MOVIMIENTO DE CÁMARA.

Los ayudantes de cámara permiten repetir pases de ella, técnica usada en réplica de multitudes, fundidos de entrada y salida, escalados y muchas más tareas de posproducción, todo con movimientos de cámara. En esta investigación se tratan diferentes técnicas, pero en

el momento de incluirlas se echaba en falta una referencia a esta última¹⁶. El primer ayudante, para el control del movimiento (fig. 3.24), se utilizó en la película “*Star Wars*” (1977), para grabar los movimientos de las naves espaciales sobre escenarios a menor escala, y ser posteriormente, compuestos sobre otro fondo distinto al de la pantalla azul. Fue uno de los primeros ensayos, junto a los títulos de crédito de “*Superman*” (1978), que desarrollaron la técnica.

Hoy, *Control de cámara*, puede importar, desde un software tridimensional, el movimiento de una cámara real, lo que permite al programa repetir los movimientos de cámara una y otra vez.

Es, incluso, posible ajustar el movimiento con control de cámara, lo que permite alinear acción real con acción real. Un ejemplo de ello, sería una secuencia de acción real en la que, por cualquier razón, hay que añadir un elemento (tal vez, repentinamente el actor se ha puesto enfermo).

En estos casos, es posible ajustar el movimiento del plano, transferir los datos de cámara a un ayudante de control del movimiento de una cámara real motorizada y después, grabar a un actor sobre un fondo verde con el mismo movimiento de cámara que la toma original. Así, asumiendo que los movimientos coinciden, se puede componer al actor con el plano del fondo. Probablemente es demasiado trabajo para una sola secuencia, pero si es necesario, es bueno saber que existe una técnica que permite realizarlo.

Por último, control del movimiento tiene la reputación de ser una técnica de alto presupuesto, pero en realidad no lo es tanto. En una producción importante, los ayudantes de control del movimiento de cámara, no son un parte significativa del coste de grabación diaria, y si se planifican correctamente, se grabará más rápido.

¹⁶ Burke Liam. “*The Comic Book Film Adaptation: Exploring Modern Hollywood's*”. Leading Genre Hardcover. 31 de Marzo, 2015 “One of those challenges was the application of motion control photography (...) to live action actors rather than model spaceships”. Pág. 50.

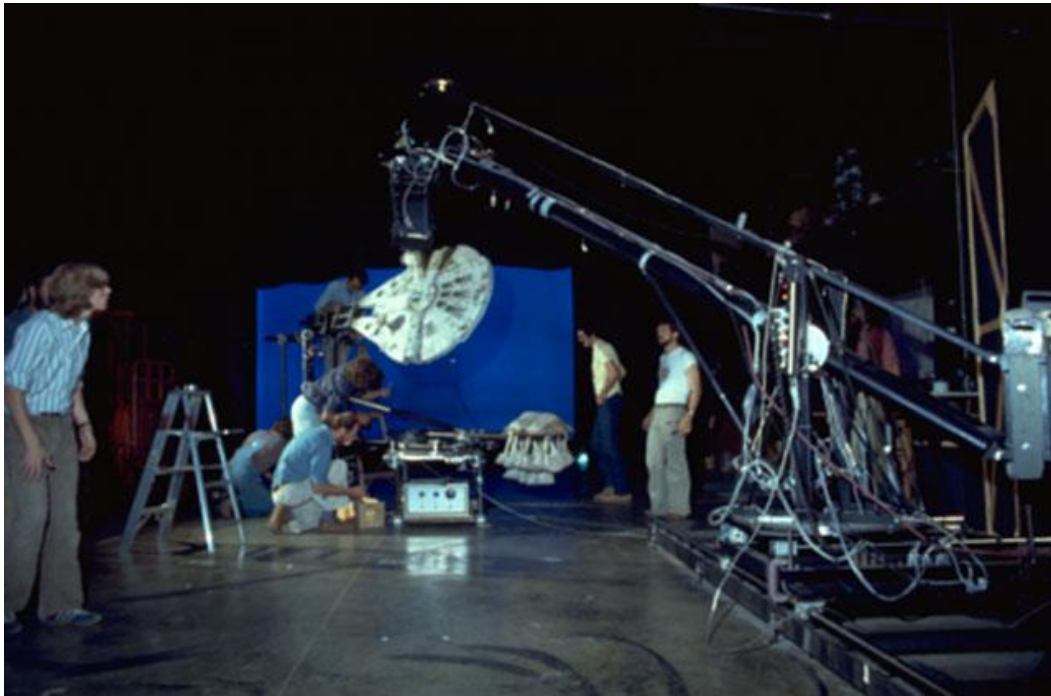


Figura 3.24 Cámara *Dykstraflex* usada en la producción de “*Star Wars*” (1977).

CAPÍTULO 4: INTEGRACIÓN ENTRE ELEMENTOS 2D Y 3D.

4. INTEGRACIÓN ENTRE ELEMENTOS 2D Y 3D.

Los elementos compuestos se relacionan visual y espacialmente, por medio de las sombras y los reflejos que estos proyectan entre sí. Sin ellos, los elementos parecen flotar uno sobre el otro y aparecen descontextualizados a la vista. La integración, es todo un arte de observación de la naturaleza y sus principios físicos, relativos a la luz, la atmosfera y el contexto.

4.1. CONTROL Y AJUSTE DE LA ILUMINACIÓN VIRTUAL.

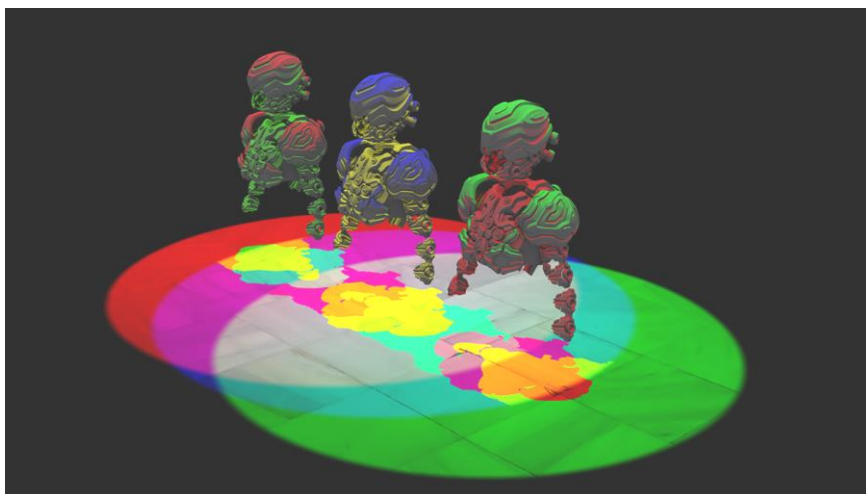


Figura 4.1 Experimento (RGB 3D) en donde cada una de las tres luces ilumina y excluye elementos.

No sólo las imágenes deben de grabarse desde el mismo ángulo, sino que también deben ser iluminadas exactamente de la misma manera¹⁷. En la imagen, se muestra un fondo soleado al atardecer (fig. 3.21) y un superhéroe virtual añadido al fondo. En la secuencia de imagen real la luz viene desde el fondo, pero si se comete un error obvio y se ilumina desde el frente (en el software tridimensional), cuando se componga se mostrará fuera de lugar, y no totalmente integrado con la luz de la escena

4.1.2. PROYECCIÓN DE SOMBRAS.

También son necesarias sombras. El superhéroe virtual proyecta una sombra suave similar a la que proyectan los árboles (fig. 3.21), pero para proyectar sombras de una geometría tridimensional no es necesario pintarlas a mano en posproducción, ni realizar ningún truco específico, los sistemas de iluminación virtual proyectan sombras sobre la geometría de los objetos en el entorno tridimensional y geometrías adyacentes (fig. 4.1).



Figura 4.2 Sombra difusa (izq.) en día nublado y sombra definida (dcha.) en día soleado.

Aunque una sombra en un día soleado se muestra definida, en un día nublado la sombra se muestra con una calidad mucho más suave (fig. 4.2). Por otro lado, existe la posibilidad de querer incluir un objeto tridimensional en una escena en la que ya se están proyectando sombras y, por lo tanto, la geometría 3D debería recibir también sombras, aparte de

¹⁷ "To light natural environments and architectural spaces, you need to be aware of the environment around you. Direct light from the sun, soft illumination from the sky, and indirect light blend their colors and tones in subtle ways". *"Digital Lighting and Rendering"*, Jeremy Birn. New Riders, 2014.

proyectarlas (fig. 4.3). En definitiva, si queremos integrar una geometría tridimensional en la imagen, en el entorno tridimensional habría que reproducirlo igual.



Figura 4.3 Elemento virtual proyectando sombra sobre un elemento real.

Además, si se quiere reflejar un entorno tridimensional sobre una superficie reflectante (fig. 4.5), entonces es necesario que la geometría proyecte reflejos en la escena real. Las reflexiones no son tan solo reflexiones lisas y uniformes, las hay también amplias y difusas que rebotan del objeto a la superficie de reflexión. Los envases de algunos productos de cristal o metálicos, proyectan sombras y reflejos difusos al mismo tiempo (fig. 4.4). Si el robot de la imagen fuera tridimensional y el resto de la escena real, tendríamos también que duplicar este efecto. O por ejemplo, con objetos cromados de alta reflexión habría, de algún modo, que reflejar la escena real en él (fig. 4.5), de la cual podría no saberse nada. Para mostrar la importancia de este aspecto, hay que mirar antes y después la imagen. A continuación se muestra un caso.



Figura 4.4 Reflejos difusos sobre la base del modelo plateado.



Figura 4.5 Reflejo de entorno real sobre una esfera virtual.

Primeramente, se empieza con la imagen de fondo de la sala del museo. Luego se modela un robot con el que interactuar visualmente. Pero al realizar una pequeña representación del entorno tridimensional, no parece demasiado real. El robot, en primer lugar, debería proyectar sombras, y éstas serán diferentes dependiendo del tipo de iluminación que exista a lo largo de la sala. El suelo de mármol brillante, también refleja el entorno. Deberían verse reflejos de los pies amarillos del robot. En la imagen (fig. 4.6), comparando con la toma final, se muestra bastante más realista y convincente si la sombras y reflejos se incluyen en la composición.



Figura 4.6 Composición con elementos de entorno (izq. y dcha.) y sin ellos (centro).

Si se quiere que el robot proyecte sombras y reflejos desde su superficie al entorno real de la escena, podría intentar realizarse desde la etapa de postproducción, pero en realidad, es desde el rodaje desde donde se produce. Lo que exige una enorme responsabilidad a la hora de trabajar en un plató.



Figura4.7 Pase de sombra de geometría oculta.

Al contrario, desde que los programas de diseño tridimensional saben ubicar exactamente una sombra en el espacio, se obtienen sombras automáticas que se ajustan perfectamente a la forma de los objetos. El objetivo con la proyección de sombras, es extraer la sombra desde la escena tridimensional, y colocarla encima del fondo (fig. 4.7). Hay dos maneras de realizar esta acción, con iluminación estándar, o con iluminación avanzada.

4.1.3. PROYECCIÓN DE LUCES.

Para la iluminación sencilla (fig. 4.8), todos los programas de diseño tridimensional pueden representar un pase individual de las sombras (fig. 4.7). Esto, de nuevo, es imposible en la realidad y en la imagen 2D, pero en el mundo matemático tridimensional de los ordenadores es posible.



Figura 4.8 Composición con iluminación 3D estándar.

La iluminación avanzada (fig. 4.10), iluminación global y oclusión ambiental, son técnicas más complejas. Con la oclusión ambiental (fig. 4.9) se colorea de blanco cada objeto que haya en la escena y, después, se representa todo a la vez, lo que proporciona un pase que muestra cualquier área donde haya sombras. Así, se procesa un pase que se compone sobre el fondo con modo de fusión multiplicar, y se ajusta mediante corrección de color. Primero se transparenta, para luego corregir el color e integrarlo con el fondo de la secuencia. Así, el personaje proyectará estas sombras difusas y atmosféricas sobre el fondo de la sala (fig. 4.10).



Figura 4.9 Pase de oclusión ambiental de elementos 3D.

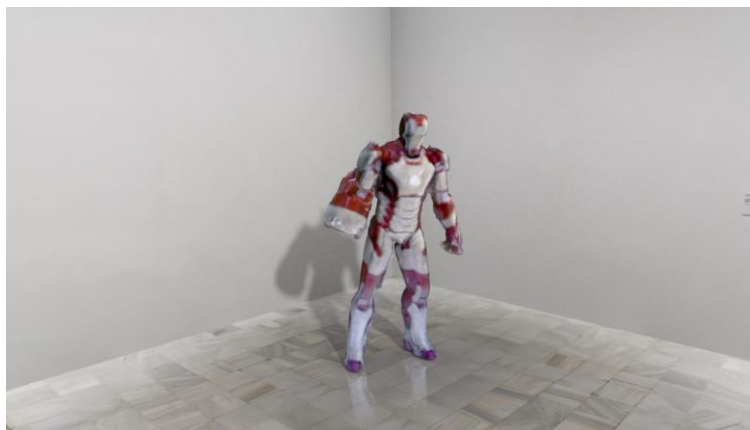


Figura 4.10 Composición con modelo 3D e iluminación avanzada.

Para integrar la iluminación virtual con la iluminación del fondo de una secuencia de acción real, primero se ajusta el ángulo de la luz principal, cargando la imagen de fondo en el programa tridimensional, para después, encajarlo con el plano del suelo, realizando algunas representaciones de prueba con las que encontrar el ángulo adecuado (fig. 4.11).

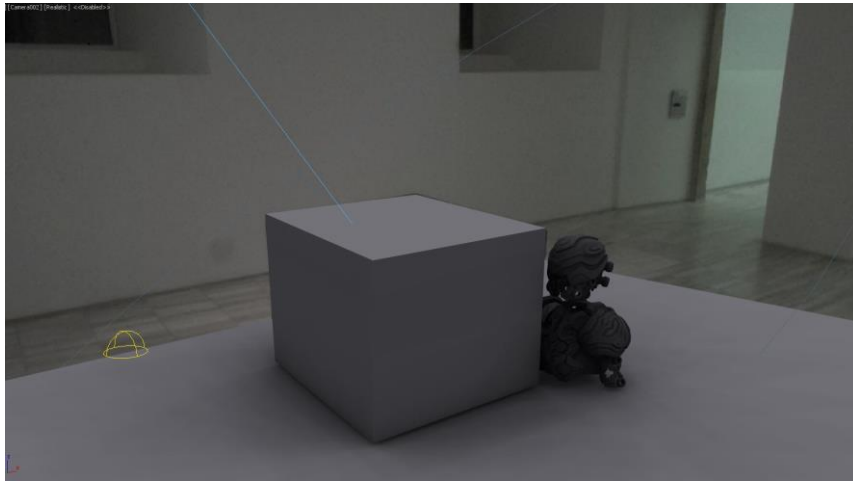


Figura 4.11 Ajuste de escenarios con la herramienta de edición 3D.

Esto respecto a la luz principal, pero al iluminar solo con luz estándar, el lado no iluminado se muestra negro, como si se grabara desde el espacio. Por ello, se añaden luces indirectas de cielo (fig. 4.11), para así, además, teñirlas con una dominante fría para compensar la temperatura de la luz directa. Sin embargo solo hay dos luces directas en la escena, lo que implica que existen muchos puntos que no reciben ninguna iluminación. Por ello, la iluminación estándar es cosa del pasado, y solo es usada para pruebas de representación.

A día de hoy, la iluminación global o, al menos, oclusión ambiental, es usada para todo. Ahora bien, todo esto resulta sencillo mientras el suelo sea plano, pero conlleva otro tratamiento cuando el suelo no lo es. Los terrenos no uniformes causan sombras que se doblan o distorsionan por su superficie (fig. 4.12). Especialmente, cuando la escena comienza a moverse, estas cruzan y atraviesan los elementos en la escena.



Figura 4.12 Sombra proyectándose sobre un terreno con ruido fractal.

Obviamente, no se pueden incluir objetos tridimensionales en una escena sin encontrar la manera de hacer lo mismo con las sombras que proyectan los gráficos tridimensionales. En teoría solo hay que crear un terreno orientado de la misma manera que en la acción real. Por ello, para esta secuencia (fig. 4.12), primero se crea un terreno, después se modela adaptándose a la superficie del césped hasta que encaja, más o menos, con su topografía. Posteriormente, se ajusta el ángulo de la luz, y se representa con sombras que se proyectan de la misma manera que en el plano de acción real, listas para componerse en posproducción.

4.1.4. MODELADO DE ESCENAS.

Sin embargo, el proceso de crear un plano puede ser algo engañoso al tener un único punto de vista frontal. Cada ajuste de polígono, en su profundidad y altura, es bastante aproximado. Y es que es bastante difícil construir un terreno lo suficientemente similar, como para proyectar sombras en él. No obstante, ajuste de movimiento, por sí mismo, permite construir una aproximación al entorno adecuada. Hasta ahora solo se ha hablado de *Ajuste de movimiento*, para deducir los movimientos de una cámara, pero los puntos rastreados, también han sido extraídos y pueden ser usados, para construir la versión tridimensional del entorno de acción real.

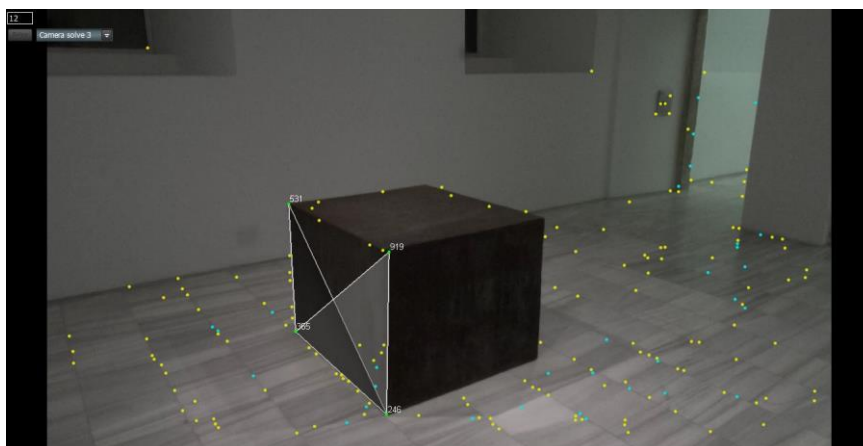


Figura 4.13 Aproximación 3D (*Boujou*) con puntos rastreados.

En esta escena (fig. 4.13) se observan diferentes planos de la escultura y marcas para rastrear en el software de ajuste de movimiento. El software 3D puede, posteriormente, importar la malla como referencia al modelado. Lo siguiente que hay que hacer es empezar a crear

polígonos por medio de los puntos extraídos. Algunos programas tridimensionales pueden realizar esta tarea automáticamente, como *Boujou*. En la imagen se aprecia un plano de la escultura, el cual es bastante parecido al real. Desde la cámara tridimensional en movimiento, se muestra con una exactitud imposible de recrear modelando desde una vista frontal.

Se puede animar una primitiva geométrica cayendo por la superficie (fig. 4.14). Esta es otra aplicación, ya que para situar el anillo y que golpee en la superficie de la escultura, es necesario saber dónde se ubica en el espacio tridimensional.

Aunque es en el pase de las sombras, cuando la imagen realmente se integra, ya que las sombras se contornean con la superficie. Además de usar el ajuste del movimiento para analizar una cámara real, también se puede usar para estas dos tareas. Lo que lo convierte en un componente imprescindible, para cualquier toma que incluya efectos especiales, aunque la prioridad sea el análisis del movimiento de la cámara.

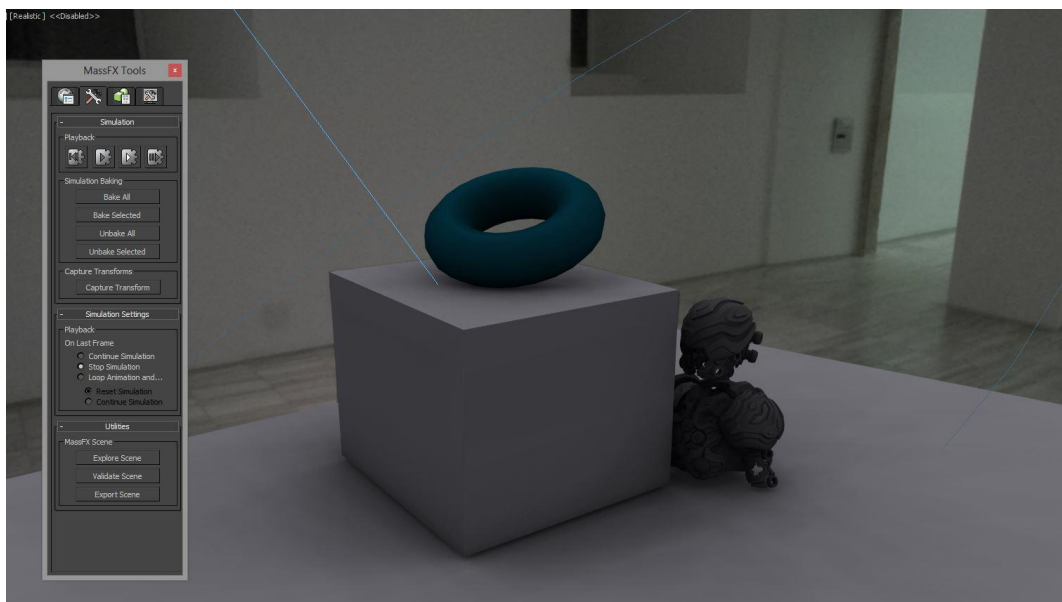


Figura 4.14 Simulación física de elementos virtuales, sobre una secuencia de acción real.

Es posible, con esta técnica, extraer datos tridimensionales de una secuencia, pero para ello, hay que asegurarse que la mayor parte de la superficie va a proporcionar algunos puntos de rastreo. La arena no da más que unos pocos puntos de rastreo. Sería mejor colocar algunas pelotas de tenis cortadas por la mitad, para obtener algunos puntos más (fig. 3.8). Esta podría ser una buena decisión en el esquema de trabajo de un proyecto, tras leer este texto.

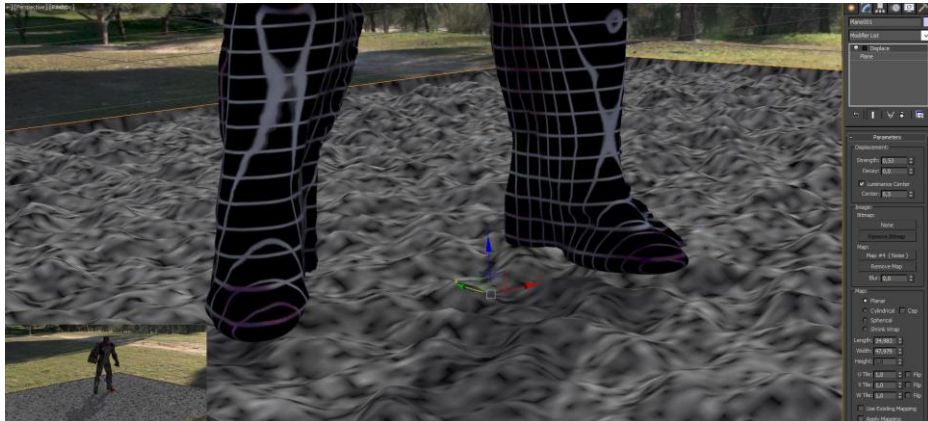


Figura 4.15 Mapa de desplazamiento con patrón de ruido, sobre un plano con ruido fractal.

Como última nota, se realizan algunos cambios para simular el desplazamiento que se produce en las sombras, cuando se superponen al césped (fig. 4.15). Las sombras tridimensionales son completamente planas, pero no tendría sentido copiar cada hoja de césped en entorno tridimensional. En lugar de ello, solo se realiza un efecto de desplazamiento sobre el plano, que ayudan a mostrar unas sombras más naturales sobre césped.

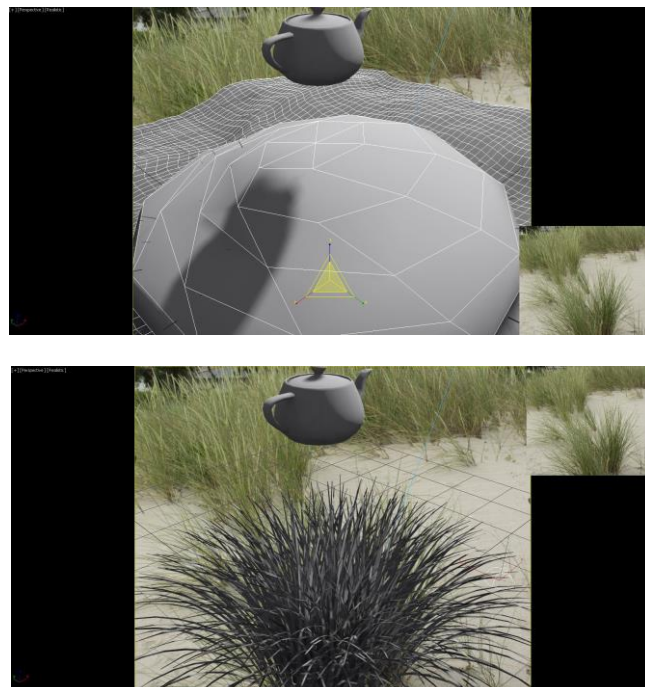


Figura 4.16 Modelo vegetal 3D (con mucho detalle) ajustado, aproximadamente, sobre su doble real (imagen inferior). Aproximación 3D (con muy poco detalle) de un elemento vegetal (imagen superior).

Aunque hay una mayor limitación proyectando sombras, y es que solo funcionan con objetos sencillos. Si se recuerda la primera aproximación construida del objeto en tres dimensiones (fig. 4.13), proceder igual con un arbusto, por ejemplo, sería imposible. Lo que ocurre en gran parte de los escenarios exteriores con vegetación.

Si una tetera se sitúa sobre el arbusto, si se ignora el arbusto y solo se construye un terreno plano para la arena, cuando la tetera vuela sobre el arbusto, únicamente se proyectan sombras sobre el terreno, lo que resulta poco realista. Pero si se construye una aproximación al arbusto (fig. 4.16 imagen superior), como un objeto sólido sencillo, solo se obtienen sombras sobre todo el volumen, pero no para cada hoja. Después, en composición, se superponen al arbusto de una manera poco creíble. Podría intentarse con un modelo más detallado (fig. 4.16 imagen inferior), pero las sombras de la tetera sobre el arbusto virtual tampoco encajarían en composición con el volumen del arbusto real.

Si en la naturaleza se observan las sombras reales proyectándose sobre la vegetación, se observa (fig. 4.17) que cada hoja es un único objeto, y para copiar el efecto en tres dimensiones, hay que reconstruir cada hoja en tres dimensiones también, lo que resulta imposible. Ello supone un problema importante, porque se llega a la conclusión de que no puede recrearse. Se podría trabajar durante semanas, y el resultado sería muy poco realista. La única manera de proyectar sombras sobre objetos complejos, es haciéndolo también, en tres dimensiones, lo que hace a las sombras un elemento imprescindible durante la grabación de una secuencia.



Figura 4.17 Sombra de bandera proyectada sobre la vegetación.

Se realiza seleccionando localizaciones sin árboles (fig. 4.18), grabando una secuencia con la cámara en movimiento, para obtener puntos rastreados e interpretados en 3D, que permitan reconstruir el plano de la escena real. Posteriormente, se elige una palmera, incluidos en una biblioteca de modelos vegetales ya construidos. Se sitúa en la escena tridimensional, para después animar la tetera volando sobre ella. Ésta es la representación final (fig. 4.18). Una

interpretación rápida de la escena, pero en donde las sombras se proyectan perfectamente sobre las ramas de la palmera. Es por ello, importante comprender como se comportan las sombras en el mundo real.



Figura 4.18 Escena real sin elementos vegetales, en donde las sombras de los elementos virtuales se superponen de modo realista.

En esta otra secuencia (fig. 4.19), no lleva mucho trabajo reconstruir la curvatura de la escultura de Roy Lichtenstein, y proyectar sombras sobre ella. Sin embargo, esta otra secuencia (fig. 4.20) es imposible de trabajar, ya que sería muy laborioso reconstruir todo este paisaje de Nueva York en tres dimensiones. Y lo mismo ocurre con este otro (fig. 4.21). Querer proyectar la sombra sobre los árboles, de algún elemento sobrevolando las montañas, resultaría muy problemático. Lo que no quiere decir, que no pueda haber un elemento vegetal en la secuencia (fig. 4.18). Solo se ha hablado de proyectar sombras sobre ellos, pero si las sombras de los objetos en tres dimensiones se proyectan sobre la arena o cualquier otro lugar uniforme, entonces no hay problema para integrarlas.

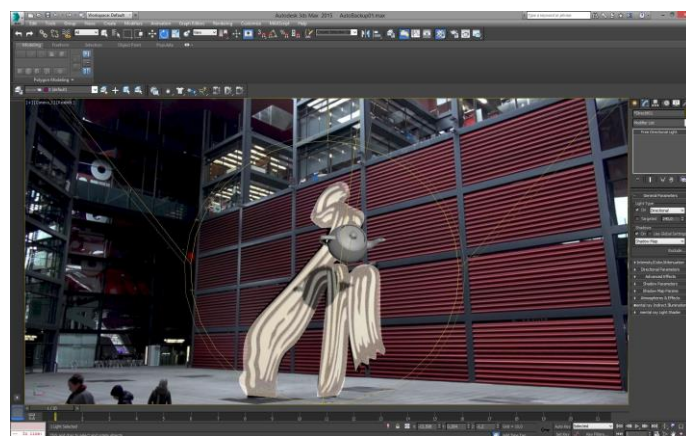


Figura 4.19 Aproximación 3D a la escultura mediante herramientas de trazado vectorial.



Figura 4.20 Escena real compleja de modelar, por los diferentes e innumerables planos a distinta profundidad.



Figura 4.22 Paisaje con topografía y vegetación no adecuados para componer una sombra virtual sobre su superficie.

Por último, cuando la vegetación se aleja del punto de vista de la cámara, parecen más objetos sólidos que objetos complejos (fig. 4.22), y es correcto, entonces, proyectar sombras sobre ellos si lo parecen. Sin embargo, hay que ser cuidadoso con los objetos complejos, ya que habitualmente es imposible proyectar sombras encima.

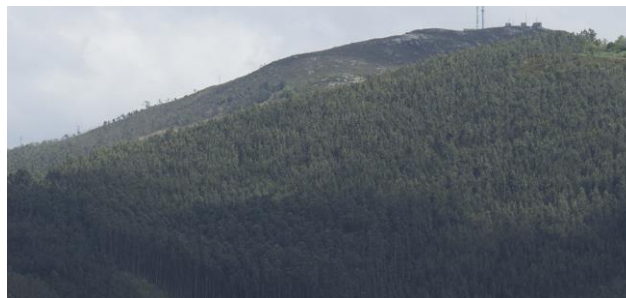


Figura 4.22 Elementos vegetales independientes, apenas perceptibles sobre el volumen de la montaña.

En esta otra secuencia (fig. 4.23) hay que tener en cuenta que el suelo ya recibe sombras, y si además proyectamos encima, parecerá más oscuro. Ya existe una sombra de la escultura proyectada, por lo que, al proyectar las sombras virtuales encima, se oscurecen el doble. En la realidad, las sombras no se oscurecen más solo porque un objeto bloquee la luz y arroje otra sombra sobre ellas (fig. 4.24).



Figura 4.23 Área de sombra común subexpuesta.



Figura 4.24 Área de sombra común entre un árbol y una persona.

Sin embargo, es bastante difícil imitar este efecto, ya que el ordenador no interpreta que parte de la secuencia es sombra y que parte no. Esta es una de esas cuestiones que en el plató de grabación pueden parecer menores, pero que será un problema real en posproducción.

Al componer la sombra de la escultura virtual sobre la secuencia del museo (fig. 4.23), se tendrán sombras dobles (con la del cubo de Richard Serra). Pero antes de abordar la solución a este problema, hay que señalar que, es más sencillo evitarlo durante la grabación y posterior composición.

En la imagen sin componer (fig. 4.25), sobre el cubo de Richard Serra no se proyecta ninguna sombra, y la cara superior aparece iluminada, así que, la única operación a realizar es proyectar las sombras virtuales (fig. 4.26). La sombra de la escultura virtual proyectada sobre el suelo y superpuesta a la sombra del cubo, podría ser un problema, por ello se sitúa el foco deliberadamente, para que las sombras no lleguen nunca a tocarse. Primero hay que considerar esta opción, pero si se insiste en proyectar sombras sobre sombras, solo hay una forma de realizarlo. Solo funciona en situaciones ideales, no siempre se puede contar con este recurso. Hay que copiar el mismo efecto que en la realidad, en donde las áreas que ya reciben sombras, no se oscurecen cuando las nuevas se componen encima.



Figura 4.25 Imagen de fondo de la composición.

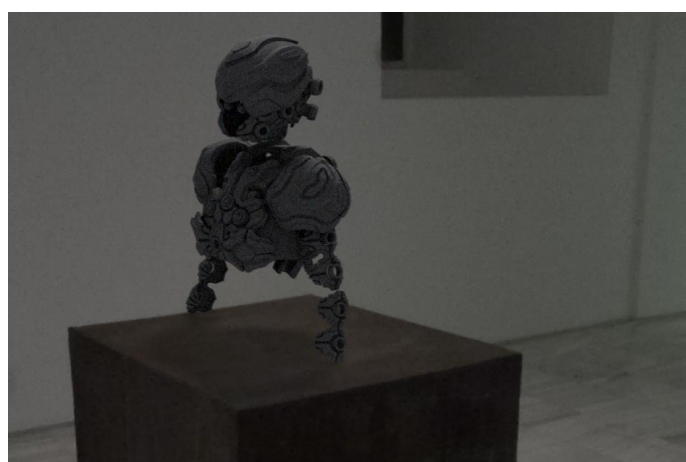


Figura 4.26 Proyección de sombras virtuales sobre la escultura real.

En la escena del museo hay que aislar el área de la sombra original y restar esta área en la sombra virtual. Esta tarea se puede realizar con un clave de luminancia. Luego se obtiene un canal mate blanco, excepto para la sombra del cubo, que se muestra en negro y forma parte del canal mate. Posteriormente, se multiplican los dos mates juntos y, cuando se hace, las áreas comunes negras calan el canal mate de la sombra virtual (fig. 4.27). Esta clase de solución funciona, porque la sombra real, se excluye de la sombra virtual, aunque no es perfecto, ya que excluye cualquier elemento oscuro, y podrían necesitarse máscaras que aislen parte de la imagen del clave de luminancia. Es importante entender que solo funciona en condiciones ideales.

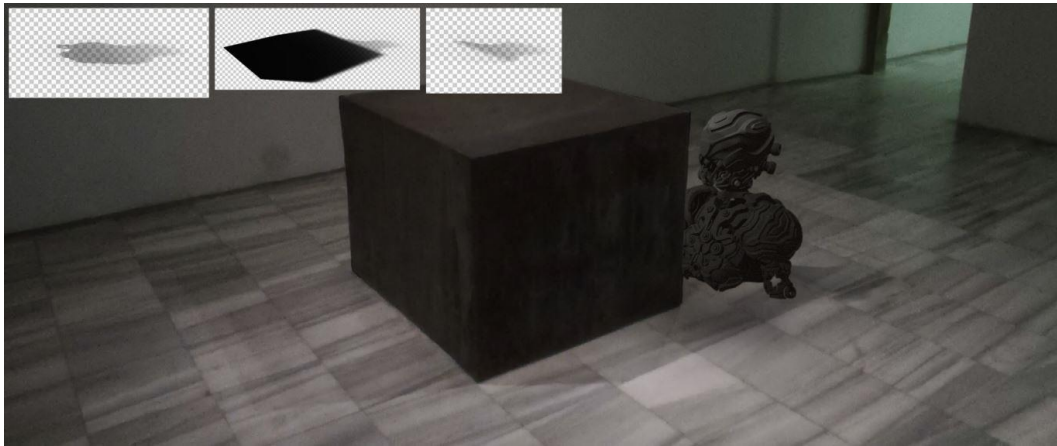


Figura 4.27 Operaciones de intersección entre la sombra del cubo y la armadura futurista.

Primeramente, solo funciona si el terreno es un color sólido. En esta secuencia, parte de ella son huellas sucias y parte de ella es nieve blanca (fig. 4.28), lo que ocasiona una diferencia de brillo en las sombras y hará difícil seleccionarlás con el clave de luminosidad. Tampoco funciona en otras partes oscuras, como los bajos de un coche (fig. 4.29). En donde aparte de las sombras sobre el asfalto, se seleccionarán los neumáticos de las ruedas y parte de la carrocería, lo que complica la extracción del canal mate. Solo funciona correctamente con sombras definidas. Las sombras suaves son demasiado indefinidas como para poder extraerlas, aunque no resulte tan necesario hacerlo.



Figura 4.28 Superficie en sombra con distintos valores de brillo y difíciles de aislar con clave de luminosidad.



Figura 4.29 Sombra difusa (bajos del coche) difícil de aislar con clave de luminosidad.

El aspecto negativo, es que teniendo otras sombras en la secuencia, debería de mostrarse como una superficie plana, y es inevitable que aparezcan algunas áreas discontinuas en la sombra final compuesta. Por ello, es recomendable enfocar este problema desde los entornos tridimensionales, y si todas las sombras proyectadas lo hacen desde el entorno tridimensional (fig. 4.28), no habrá que preocuparse de este elemento mucho más.

Sin embargo, si se quiere proyectar la misma sombra del cubo sobre el mármol que aparece en la imagen (fig. 4.25), en una escena 3D. La manera de realizarlo en tres dimensiones, es bloqueando la luz virtual con un objeto de la misma forma y escala que el original (fig. 4.16), y que proyecte sus propias sombras, para después, desactivar su visibilidad en la representación final y tener así solo el modelo orgánico 3D recibiendo sombras del cubo (fig. 4.30).



Figura 4.30 Composición de elemento real y virtual interactuando con su sombras.

Para resumir el tratamiento de esta imagen en composición. Primero se realiza una corrección de color sobre el pase de la sombra del modelo orgánico. Después se realiza el procedimiento para deducir el canal mate de la sombra del cubo original. En esta secuencia es fácil, porque las sombras reales son algo definidas y sirven para cortar las áreas de la sombra virtual. A continuación, se añade la representación del modelo orgánico donde recibe sombras, y después de hacer algunas correcciones de color, para ajustar mejor la imagen virtual y la real, se obtiene una secuencia del modelo orgánico con las sombras del cubo proyectadas encima. Las sombras arrojadas se muestran realistas, y si observamos las sombras del fotograma original, las sombras virtuales se mezclan perfectamente con las reales (fig. 4.30).

4.1.5. PROYECCIÓN DE REFLEXIONES.

La reflexión de proyecciones funciona de un modo similar a la proyección de sombras (fig. 4.31). Se comienza con la secuencia original. Y añadiendo el robot, de nuevo, se interpreta un pase en tres dimensiones del modelo, además de un pase de oclusión ambiental para obtener un pase de sombra difusa. Después de obtener la sombra, se interpreta un pase de reflexiones que automáticamente proporciona un reflejo del modelo invertido, como en un espejo. A continuación se compone, pero las reflexiones realizadas por el ordenador son habitualmente demasiado definidas, por lo que se desenfocan y desplazan como parte del proceso de posproducción, resultando más realista.



Figura 4.31 Reflexiones virtuales sobre reflexiones reales.

No obstante, el ojo, no es lo bastante preciso para detectar si las reflexiones son precisas, o no. Las reflexiones 100% cancelan cualquier reflexión que esté siendo reflejada desde el fondo (fig. 4.32), pero las reflexiones son compuestas sobre el fondo, y cualquier reflexión que ya esté en él, sigue siendo algo visible. Aunque visualmente no funciona, no merece la pena solucionarlo, porque apenas se percibe y se tiene en cuenta al mirar toda la imagen.



Figura 4.32 Reflexiones reales de frente bloqueado a las verdes de fondo.

Si se quiere proyectar reflexiones sobre algo más complejo, como un personaje sobre una boquilla de una trompeta (fig. 4.33), hay que construir una aproximación tridimensional del objeto real que recibirá las reflexiones. Lo que es muy sencillo si se trata de objetos simples, pero será un gran tarea con objetos complejos.

Por ello, habrá que modelar todo el objeto tridimensional, como se haría para proyectar sombras. Con el objeto solo se realiza un pase de las reflexiones, que se mezclan sobre la imagen original en composición. Aunque es técnicamente incorrecto, las reflexiones originales permanecen, y es de nuevo innecesario preocuparse por ello, ya que no es evidente.



Figura 4.33 Reflexiones virtuales sobre un objeto real complejo.

Recibir reflexiones involucra más aspectos. En la escena de la sala del museo (fig. 4.34) las reflexiones se producen sobre los materiales de metal de *Iron man*, pero en realidad, ninguna de esas reflexiones es real, en su lugar se ha modelado rápidamente un entorno tridimensional. Con suelo, paredes y una luz similar a la iluminación de la imagen real, que produce reflejos en la superficie del personaje. El entorno de alrededor, la escena, es lo que proporciona a la superficie de *Iron man* algo que reflejar. Por lo tanto, aunque parezcan reflexiones reales en la secuencia final, no lo son, pero funcionan de igual manera. Todo lo que se observa en las reflexiones proviene del entorno tridimensional.

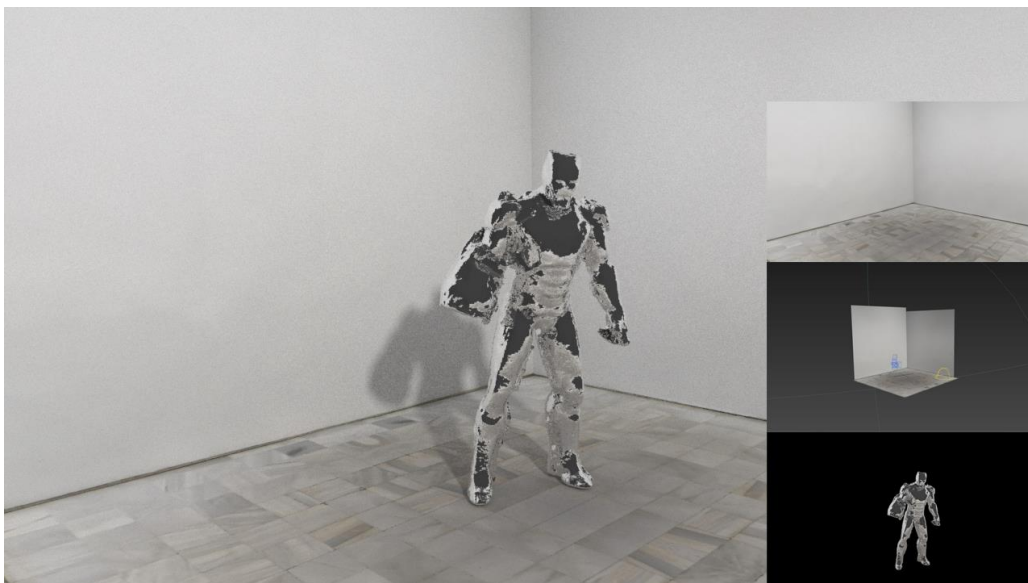


Figura 4.34 Personaje 3D reflejando un entorno virtual, en base a la fotografía del fondo.

Existe, por otro lado, una manera de reflejar el entorno real usando las opciones de barrido de cámara que incorporan algunas cámaras de fotos. En la localización hay que tomar imágenes en serie alrededor de la cámara, girando treinta grados para cada imagen. Es mejor tomar las imágenes verticalmente. El software de la cámara unirá todas las imágenes en un solo entorno esférico, cilíndrico, y ello, no solo permite recibir reflejos del entorno real, también los objetos pueden ser iluminados con la luz real de la escena (fig. 4.35), la manera más realista hasta el momento de iluminar virtualmente. Sin embargo, un modelado no muy definido de la escena en tres dimensiones (fig. 4.34), es válido para las reflexiones (y resulta muy evidente).



Figura 4.36 Fotografía esférica asignada al entorno del escenario 3D y reflejada por una esfera virtual.

4.2. AJUSTES Y FILTROS DE INTEGRACIÓN.

La imagen de vídeo posee unas características diferentes a la imagen gráfica en 3D. Por ello, existen algunos filtros en posproducción que permiten igualar la textura y aspecto entre archivos. Los siguientes apartados describen los filtros más utilizados con imagen sintética compuesta en 2D, aunque existen numerosos *plugins* (complementos de software).

4.2.1. AJUSTE DE EXPOSICIÓN, GAMA Y COLOR.

La gama es la curvatura de la gráfica (fig. 4.36) que representa la luz, y la manera más natural de ajustar el contraste, ya que curva solo los tonos medios y bloquea las luces y las sombras. La exposición, habitualmente, se ajusta a gusto, no es un proceso científico, sino artístico.

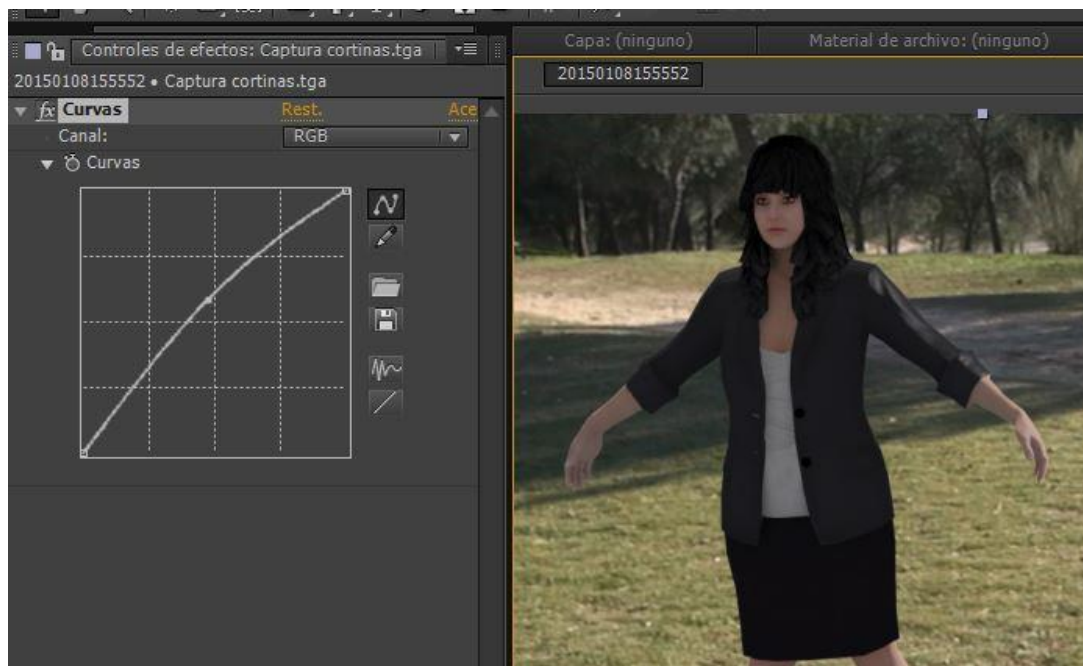


Figura 4.36 Ajuste gama sobre un modelo 3D, interpretado en 2D sobre un fondo de acción real.

Cuando los elementos se muestran lejanos (fig. 4.37), además, hay que ajustar la atmósfera, lo que se consigue bajando el contraste y añadiendo un ligero tinte azul. Ajustar el color es más bien ajustar su temperatura. Reducir el canal rojo o azul, es habitualmente todo lo que se hace (fig. 4.38).



Figura 4.37 Caballo ajustado de tonalidad y contraste.



Figura 4.38 Personaje, en primer plano, con distintas temperaturas de color.

4.2.2. AJUSTE DE DESENFUQUE DE CÁMARA.

Por otro lado, existen diferentes tipos de desenfoco en base a la cámara. El primero es desenfoco de movimiento (fig. 4.39), hecho provocado por la imposibilidad de enfocar al 100% en medios como el cine y el vídeo. Los píxeles se mezclan un poco, entramándose entre ellos, lo que no es evidente hasta que no se compone encima un elemento tridimensional 100% enfocado.



Figura 4.39 Salto de imagen entre elemento virtual enfocado y fondo de vídeo ligeramente desenfocado.

Por ello, hay que desenfocar la imagen tridimensional ligeramente (fig. 4.40). En este caso se ha usado el filtro *Speedy Blur* en *Adobe After Effects*, de la compañía *Red Giant*, pero podría haberse usado un simple filtro de desenfoco rápido, que incorporan la mayoría del *software* de composición de vídeo. Resulta en una pérdida de calidad de la imagen, pero hay que hacerlo para integrar los dos elementos.



Figura 4.40 Elemento gráfico desenfocado sobre la imagen real.

4.2.3. AJUSTE DE DESENFUQUE DELENTE.

Por otro lado, la profundidad de campo es relativamente fácil de simular en posproducción, si es un elemento (individual). Hay dos tipos de desenfoco en composición. El primero es el desenfoco gaussiano (fig. 4.41), el cual es un desenfoco matemático, que muestra toda el área con un mismo desenfoco de lente. En segundo lugar, existe el desenfoco óptico (fig. 4.42), que simula la forma del patrón de apertura de una lente. Se percibe, con este tipo, que los brillos no se desvanecen, por el contrario, se dispersan en polígonos de cinco lados.



Figura 4.41 Desenfoque gaussiano sobre gráfico.

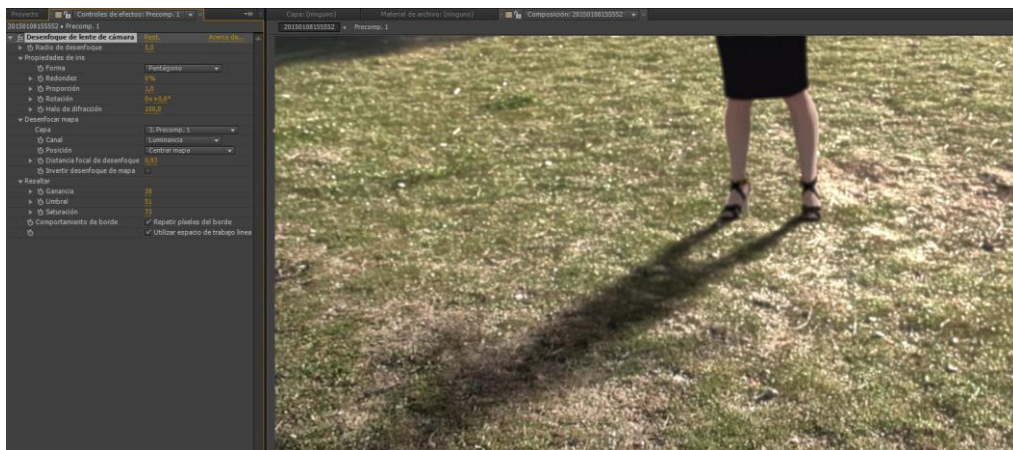


Figura 4.42 Desenfoque de lente sobre ambas secuencias en la composición.

Con él se puede determinar el número de polígonos, por eso es conocido también como desenfoque de *ngons*, (número indefinido), proporcionando un mejor resultado que el desenfoque gaussiano. Incluso simula el comportamiento del brillo sobreexpuesto en las ópticas reales, pero tarda más tiempo en calcularse, como unas diez veces más que un desenfoque gaussiano.

El desenfoque se trabaja en posproducción, cuando se ha grabado en un escenario en el que más adelante hay que integrar elementos y la toma tiene poca profundidad de campo y

enfoco. Para ello, habría que poner siempre el foco en una distancia concreta, incluso si hubiese que enfocar en un área vacía donde el nuevo elemento se va a situar (fig. 4.43). Si el elemento tiene que acabar desenfoándose ligeramente, es sencillo imitar este efecto si es independiente, es decir posee un canal mate (fig. 4.44).

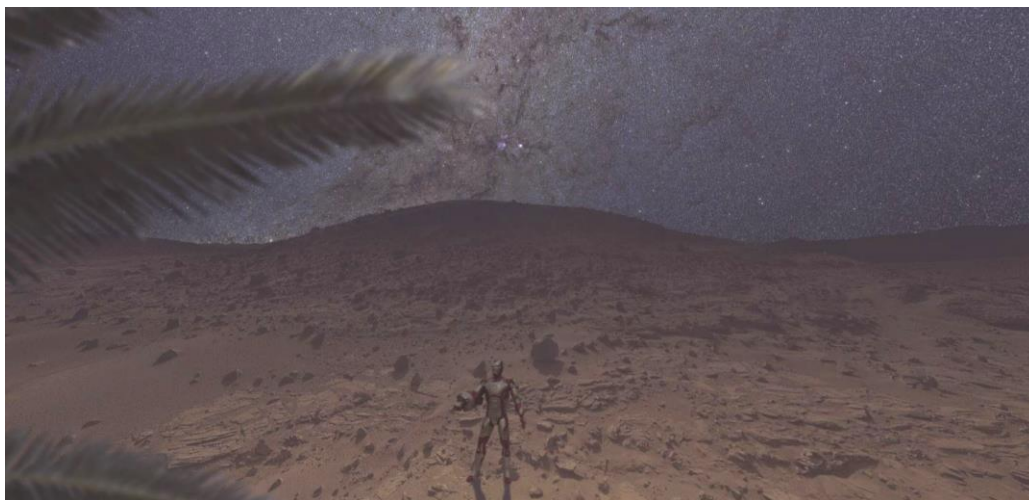


Figura 4.43 Foco donde va a componerse la figura.

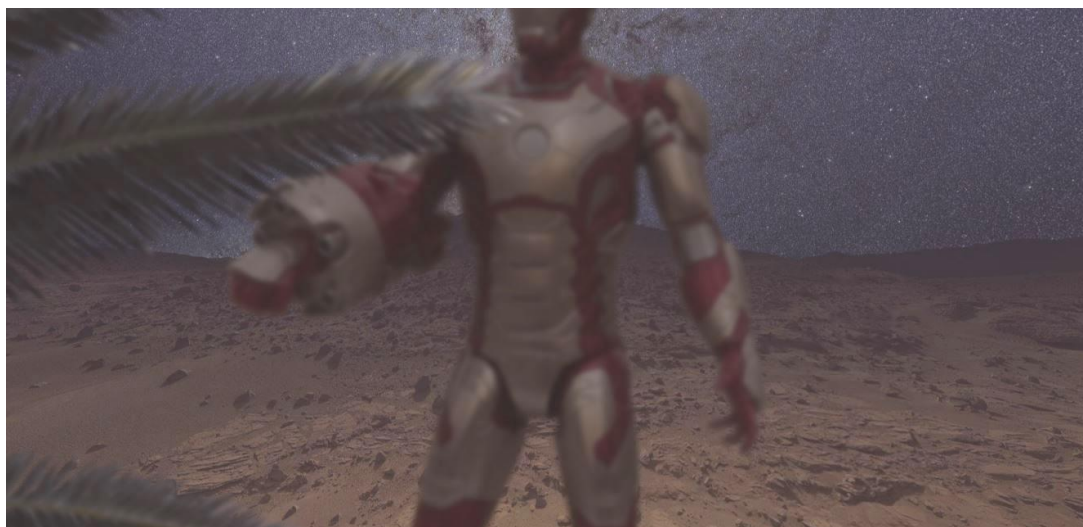


Figura 4.44 Desenfoque en posproducción de la figura en primer término, siendo un elemento independiente.

Si el nuevo elemento es grabado sobre fondo verde, nunca debería grabarse fuera de foco (fig. 5.45), porque si no, la extracción del clave de color sería defectuosa. En su lugar, hay que grabar enfocando el elemento, y dejar que el desenfoque sea resuelto en posproducción.

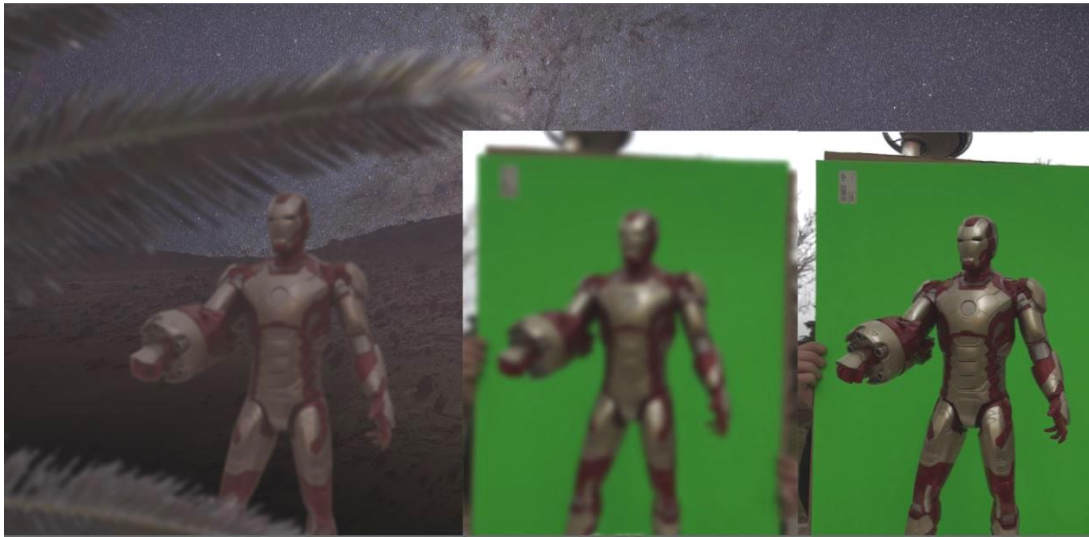


Figura 4.45 Desenfocado, en producción, de Iron man (centro).

Sin embargo, no se pueden desenfocar elementos que no están separados. Por ejemplo, no se pueden separar las figuras (del frente y el fondo) de esta secuencia (fig. 4.46), porque no hay nada que permita distinguir a una persona de otra.



Figura 4.46 Peatones imposibles de editar individualmente durante la secuencia.

4.2.4. AJUSTE DE DESENFUQUE DE MOVIMIENTO.

El siguiente tipo de desenfoco es el de movimiento (fig. 4.47). Normalmente, todos los gráficos tridimensionales hoy en día representan infinitas fracciones de tiempo, con lo que no se produce desenfoco al animar los objetos en el ordenador. Aun así, las herramientas tridimensionales son capaces de representar desenfoco del movimiento (no es muy costoso en términos de procesado informático), aunque solo se activa para la representación final, no en las de prueba.



Figura 4.47 Desenfoco de movimiento sobre la figura de Iron man.

4.2.5. AJUSTE DE MOVIMIENTO DE CÁMARA.

El siguiente tipo de desenfoco, es el que produce la vibración de cámara (fig. 4.48), que consiste en sacudir literalmente el plano del fotograma en el software de composición. Una vibración de cámara no se hace solo de arriba a abajo, se mueve en una elipse irregular, lo que puede resultar muy convincente durante unos pocos fotogramas. El problema con la vibración de cámara, en posproducción, es que muestra los límites del fotograma, por ello hay

que ampliar la imagen alrededor de un 5%, lo que ocasiona una pequeña pérdida de calidad en ella. Pero la mayoría de las vibraciones de cámara se realizan en posproducción, no hay motivo para hacerlo en la grabación de la secuencia real.



Figura 4.48 Desenfoque de movimiento de cámara en posproducción sobre la capa del archivo.

4.2.6. AJUSTE DE GRANO DE PELÍCULA.

Por último, hay que ajustar el grano de la película (fig. 5.49). Todos los materiales de cine y vídeo muestran una cantidad de grano, sin importar lo bien que esté grabado o lo exagerado que se muestre en un monitor determinado. Pero la imagen tridimensional no lo tiene, lo que puede hacer que se muestre un tanto extraño, sin embargo, añadiendo algo de ruido se integra bastante mejor.



Figura 4.49 Ruido de película sobre la figura de Iron man, imitando el ruido natural de la imagen de fondo.

El ruido tiene que cambiar cada fotograma, lo que es un problema si hay que clonar algo en otro lugar, por ejemplo, cuando se borra algún elemento de la secuencia (fig. 4.50). No es suficiente con copiar un solo fotograma, porque entonces el ruido seguirá estático. Habrá que reproducir en bucle al menos 45 fotogramas para simular ruido de película.



Figura 4.50 Ruido de película estático (sobre área clonada) para ocultar la palmera.

Lo mismo sucede si se graba un fotograma desde una cámara fija, para usarla como fondo (fig. 4.51). En realidad, no es la mejor opción, ya que el ruido no cambiara en la secuencia, por ello es mejor tomar cinco fotogramas del mismo fondo y reproducirlos en bucle.



Figura 4.51 Ruido (muestra superior dcha.) en las áreas oscuras de la imagen (un solo fotograma).

Esto pone punto final a la sección de ajuste e integración de imágenes reales y gráficos tridimensionales.

CAPÍTULO 5: INTERACCIÓN DE ELEMENTOS EN LA IMAGEN 2D Y 3D.

5. INTERACCIÓN DE ELEMENTOS EN LA IMAGEN 2D Y 3D

Para que los elementos de una composición interactúen entre sí, son necesarias diversas y complejas técnicas de ajuste del movimiento, que faciliten la relación entre mundos, por medio de distintas herramientas, para cada caso específico.

5.1. INTERACCIÓN DE ELEMENTOS REALES SOBRE VIRTUALES.



Figura 5.1 Interacción real entre deportistas.

Es mucho más sencillo hacer que la acción real interactúe con los elementos reales (fig. 5.1), o hacer que los elementos tridimensionales interactúen entre ellos (fig. 5.2). En cambio, la dificultad surge cuando se mezclan mundos (fig. 5.3).



Figura 5.2 interacción entre elementos virtuales (teteras).



Figura 5.3 Interacción entre elemento real (pie) y virtual (pelota).

La idea principal de este capítulo, es que se debería trabajar en la realidad tanto como sea posible. Como en la imagen (fig. 5.4), donde todos los elementos son físicos y reales.



Figura 5.4 Interacción entre personas y objetos reales.

Se puede dividir la interacción en cinco categorías, de la más simple, a la más compleja.

- . Interacción de tiempo.
- . Interacción de mirada.
- . Interacción de impacto.
- . Interacción de contacto.
- . Interacción de mantenimiento.

La primera de todas, interacción de tiempo, la cual es muy sencilla, sucede cuando dos elementos están juntos en la escena, y responden e interactúan el uno con el otro durante la secuencia.

La segunda, la de mirada, ocurre cuando dos elementos se miran el uno al otro.

En la tercera, la interacción de impacto, un elemento ejerce una fuerza sobre otro, al que este responde.

La clave de esta interacción es que resulte breve, porque si no, lo que se produce es una interacción de contacto, el cuarto tipo. Donde un elemento toca a otro durante un periodo de tiempo sustancialmente mayor, pero no provoca en él movimiento.

Y finalmente, la interacción de mantenimiento, cuando un elemento mantiene a otro y lo mueve alrededor (o incluso constantes fuerzas enfrentadas entre sí). La interacción de mantenimiento, entre un actor y un personaje virtual, es la más compleja de todas a nivel técnico y visual.

5.1.1. INTERACCIÓN TEMPORAL.

Empezaré con la acción real afectando a los elementos virtuales mediante la interacción temporal. Es siempre más fácil que la imagen virtual esté supeditada a la acción real. No hay, por tanto, que hacer nada distinto de lo que se haría normalmente en producción. Después, en el contexto de posproducción, se ajusta la velocidad de la animación para sincronizarla (fig. 5.3) a la interpretación del actor.

A pesar de ello, la interacción temporal solamente requiere que dos elementos aparezcan en el mismo plano y se respondan el uno al otro. En un típico ejemplo, se podría tener a un actor dialogando con un personaje virtual (fig. 5.5). Y el objetivo, sería transmitir durante el rodaje la experiencia del plano final en la escena. Por ejemplo, teniendo a un actor fuera de cámara en la trayectoria de la mirada del personaje. Luego, la animación tridimensional tendría que encajar naturalmente en todo el diálogo. Lo peor sería dejar que el actor interpretase según las poses y diálogos del personaje, porque la sincronización siempre sería errónea, razón por la que se ha sustraído la cabeza del actor en posproducción (fig. 5.5).



Figura 5.5 Interacción temporal entre elemento real y virtual.

Además, se deberían realizar tomas de primeros planos de ambos (fig. 5.6), actor y personaje. Por dos razones: Primero, porque en la medida en que se dispone de secuencias individuales, el tiempo se puede controlar, ya que no se depende del tiempo y velocidad del otro elemento. En segundo lugar, solo se puede cambiar el tiempo cuando se edita, y si solo se tiene una única toma, toda la secuencia depende de ella.



Figura 5.6 Contra-planos de la interacción temporal.

Por ello, para personajes virtuales, es necesario grabar escenarios vacíos para cada toma (fig. 5.7). Se puede colocar un elemento vertical ayudante, como referencia para situar en composición al personaje, grabar cuatro segundos y retirarlo durante el resto de la grabación.



Figura 5.7 Escenario vacío (izq.), junto a ayudante de rastreo (dcha.).

Este tipo de ayudantes son necesarios para bloquear el área del fotograma y tratar al elemento como si fuera real. Como en la imagen (fig. 5.8), donde se rastrea la posición colocando un pie de foco. La manera de asegurar que todo funcione en posproducción, es recrear la escena final y la acción compuesta del modo más natural posible, en el plató, durante la grabación.



Figura 5.8 Ayudante de interpretación y composición.

5.1.2. INTERACCIÓN VISUAL.

El siguiente tipo, la de mirada (fig. 5.9), es relativamente sencilla cuando la acción real afecta a la virtual, ya que solo hay que animar al personaje virtual, para que se sincronice a la acción del actor en la secuencia.

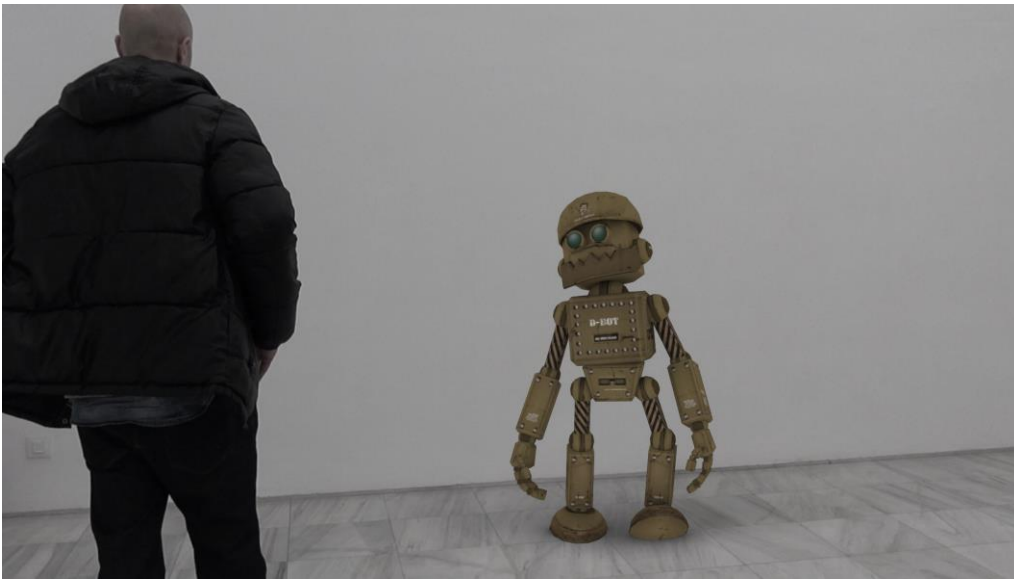


Figura 5.9 Interacción de mirada entre elemento real y virtual.

5.1.3. INTERACCIÓN DE IMPACTO.

El siguiente tipo de interacción es la de impacto (fig. 5.3), donde el actor emite una fuerza sobre un elemento virtual. En la imagen se muestra una acción real, pero para hacer lo mismo con elementos virtuales, simplemente se golpea al aire. Posteriormente, en el momento del impacto, se anima el balón virtual para que salga disparado. No hay que hacer nada especial durante el rodaje, simplemente golpear al aire de un modo realista, sin embargo, la interacción no se muestra del todo bien cuando solo se golpea al aire, por ello, es importante ensayar interactuando con algo real, como un trozo de corcho, y aprender cómo se siente al golpear antes de grabar.

5.1.4. INTERACCIÓN CONTACTO.

A continuación trataré la interacción de contacto. La parte más compleja de esta interacción es que resulta difícil dar la sensación de que se toca algo, cuando en realidad no se está tocando nada, lo que da una cierta sensación de desconexión en la secuencia final.



Figura 5.10 Interacción de contacto entre elemento real y virtual.

Por ello, para los contactos sencillos, habría que hacerlo lo más real posible, permitiendo al actor tocar algún elemento. Por ejemplo, grabando la mano mientras toca la superficie de un fondo verde (fig. 5.10), del que después será extraída. Así se puede acariciar al robot y componerlo correctamente.

De esta manera parece más real, aunque no se concebía ninguna animación cuando se grabó al actor, por ello está un poco aislado del robot. Al usar este tipo de ayudantes durante la grabación, se debería grabar antes un plano vacío de la escena (fig. 5.7 izq.), para borrar los elementos de ayudantes que el personaje virtual no cubra.

5.1.5. INTERACCIÓN DE MANTENIMIENTO.

Por último, la interacción de mantenimiento consiste en agarrar literalmente un objeto que ha sido realizado virtualmente (fig. 5.11). Hay que saber que este tipo de interacción es casi imposible de realizar sin alguna clase de rastreo.

En esta secuencia, el arma que agarra es una copia en madera de un arma virtual usada en un vídeo-juego. Si se hubiera usado la original (virtual), habría que haber animado a mano el elemento gráfico 3D, pero el resultado sería muy poco creíble. No se ha intentado, tampoco las máscaras para los dedos y la mano, aunque no es cuestión de lo mucho que se intente, no funcionaría.



Figura 5.11 Interacción con un elemento real, copia de uno virtual.

Si no existe rotación y el objeto virtual va a permanecer más o menos en el mismo ángulo que la cámara, entonces es posible rastrear en dos dimensiones algún elemento de la imagen real (fig. 5.12), como la mano del actor cuando atiende una llamada de su teléfono, y resulta convincente. También se puede vincular (aunque no se trate de interacción) este rastreo sin paralaje de cámara (pero si con un movimiento panorámico) a una escalera que ha sido añadida a la composición.



Figura 5.12 Interacción con rosa gráfica 2D en su mano.

Hay solo dos formas producir esta secuencia de un modo realista, especialmente si existe paralaje de cámara, una es con un atrezzo virtual, que trataré en el siguiente capítulo, y otra con una captura del movimiento, tema que supera el ámbito y los recursos de esta investigación. Pero ambas son extremadamente técnicas y no se realizan de un modo sencillo.

La interacción por mantenimiento es tan difícil, que se debería solucionar con acción real siempre que se pueda (fig. 5.13). Si queremos que este personaje virtual entregue la tetera al actor de la acción real, es mucho más fácil si se usa una tetera real cuando el actor la agarra. Por ello, en la toma de encuadre abierto en la que aparecen los dos personajes, la tetera es un elemento gráfico, pero en el momento de recogerla y después, puede ser acción real.



Figura 5.13 Acción en la que se va a producir interacción de mantenimiento con la tetera.

5.2. INTERACCIÓN DE ELEMENTOS VIRTUALES SOBRE ELEMENTOS REALES.

La siguiente clase de interacción es cuando los gráficos tridimensionales afectan a la acción real, pero es bastante más difícil, porque el actor tiene que interactuar con la acción virtual cuando todavía no ha sucedido.

5.2.1. INTERACCIÓN TEMPORAL.

Comenzando de nuevo con la interacción de tiempo, normalmente, se comienza con la imagen de lo que el personaje hará (fig. 5.14). Digamos que el robot va a disparar a la persona. Entonces, se debería hacer una señal en la escena para que él reaccione. En la herramienta tridimensional se carga la secuencia como fondo de visor y se anima el robot a la vez. Para conseguir una mejor reacción, alguien puede estar en escena, fuera del plano y desempeñar el papel, aunque nadie se muestra realista cuando está reaccionando a su propia imaginación (si la línea de la mirada es la misma y los ojos no cambian). También se puede trabajar con ayudantes de atrezzo (replicas reales del personaje), para tener una buena sensación a la hora de reaccionar.



Figura 5.14 Interacción temporal entre elemento virtual y real.

5.2.2. INTERACCIÓN VISUAL.

En esta ocasión la persona está mirando a la Luna virtual (fig. 5.15), y este es un paso en el que a menudo se cometen errores. No hay manera de seguir con la mirada sin tener algo a lo que realmente mirar. Incluso si se anima la Luna alrededor del actor parecerá algo ingenuo. Con esta clase de secuencias hay que dar al actor algo real que mirar, por eso se puede colgar una pelota de corcho atada a una cuerda. Si el objeto es rastreado, la Luna pasará entonces por encima. Después habrá que borrar la cuerda, sin embargo, ahora los ojos estarán totalmente vinculados a la Luna y parecerá mucho más real. Es importante asegurarse que la bola de corcho es grabada de manera que pueda ser completamente cubierta por el elemento 3D.



Figura 5.15 Interacción visual de elemento virtual sobre real.

5.2.3. INTERACCIÓN DE IMPACTO.

Aquí es cuando la técnica se complica, porque el actor tiene que reaccionar a una acción que no se ha producido todavía. Así que, si se quiere recrear un empujón, pero con el personaje virtual empujando, el actor tendrá, o bien que responder en el vacío, lo que puede parecer poco realista, o ser empujado por un ayudante (fig. 5.16), por ejemplo una vara, lo que resulta

más realista, aunque tenga que ser borrada después (tema que no se trata en esta investigación). Se puede empujar con una vara que tenga un paño grueso en su extremo, para no dañar al actor al empujarle. Después se puede animar el personaje tridimensional para aplicarle la misma fuerza y comprobar si resulta efectivo visualmente.



Figura 5.16 Interacción de impacto de elemento virtual sobre elemento real.

La interacción de impacto, también incluye cualquier reacción que el personaje virtual cause en la escena. Por ejemplo (fig. 5.17), empujando una figura de metal que puede ser tirada desde una cuerda en la acción real, y después borrada del plano, aunque sería más sencillo si la figura de la diosa con flauta fuera también virtual.



Figura 5.17 Interacción de impacto de elemento virtual sobre elemento real.

5.2.4. INTERACCIÓN DE CONTACTO.

No es particularmente difícil hacer que un personaje virtual toque la acción real (fig. 5.18), porque solo hay que animarlo, para ajustarlo a la acción del actor.



Figura 5.18 Interacción de contacto de elemento virtual sobre elemento real.

5.2.5. INTERACCIÓN DE MANTENIMIENTO.

En el entorno 3D del ordenador existe una técnica conocida como rastreo de objetos, y que se trata al final de este capítulo, pero antes, veamos la interacción de mantenimiento, que tiene mucho que ver con el rastreo de objetos si se quiere que un actor maneje algún elemento. Sin embargo, ajustar acción real desde entornos tridimensionales, es imposible. Si queremos que un pájaro virtual, por ejemplo, agarre a un actor y se lo lleve volando, hay que ajustar toda la posición del actor en el escenario, lo que es una tarea imposible de sincronizar. Probablemente, la opción más parecida es coreografiando la animación con cables manejados por asistentes humanos (que no movimientos programados dirigidos desde el ordenador), como se realizó en la película "*Gravity*", de Alfonso Cuarón (fig. 5.19). En este caso, los

movimientos reales en el set determinaron, con la captura de su movimiento y actuación corporal, la animación de los trajes espaciales modelados en 3D. En la imagen (fig. 5.19) puede verse el proceso de actuación dirigido por asistentes, y su equivalente en 3D.

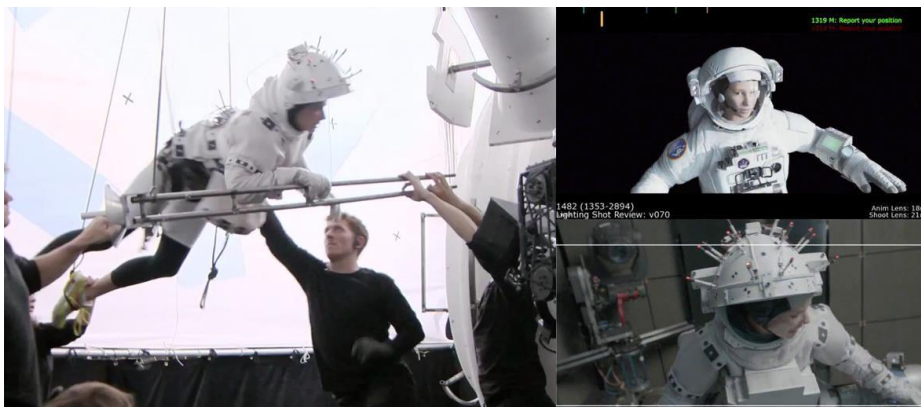


Figura 5.19 Imagen del proceso de trabajo en la película "Gravity" (2013), de Alfonso Cuarón.

Pero en la actualidad, no existe ningún dispositivo tecnológico que dirija la actuación de un actor en la industria audiovisual. Sí se han visto, en el campo de las artes de acción y *performance*, experimentos como el del artista Marcel-lí Antunez, actuando con *Skeleton* (fig. 5.20), una interfaz corporal en forma de vestido *exo-esquelético* dirigida desde el ordenador.

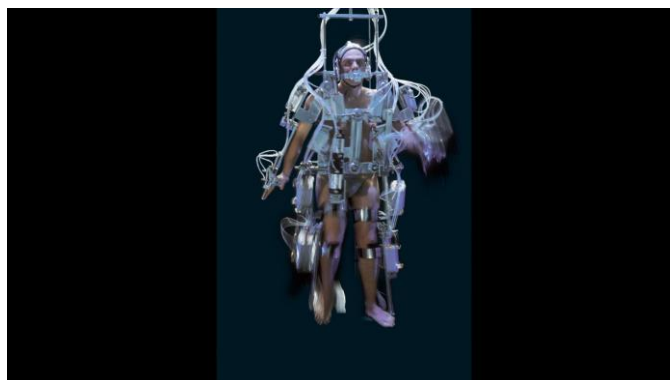


Figura 5.20 El artista Marcel-lí Antunez actuando con *Skeleton*.

La única manera de realizarlo de un modo realista, es con una combinación de Control de movimiento de cámara o *Motion control* (fig. 5.21) y una réplica del modelo 3D en movimiento (fig. 5.22), programado en el escenario de grabación, lo que se conoce como técnica de *Movimiento base* o *Motion base*. Muy costoso para una producción artística. El funcionamiento en una secuencia (fig. 5.23) en la que un guerrero monta un caballo virtual sería de la siguiente manera:



Figura 5.21 Cámara *Juno* con sistema ayudante *Motion control*.



Figura 5.22 Sistema de movimiento base consistente en un simulador de movimiento controlado desde el ordenador, para recrear los movimientos de medios de transporte y criaturas cuadrúpedas.



Figura 5.23 Interacción de mantenimiento (secuencia de la película "300", año 2006, del Director Zach Snyder) de elemento virtual (caballo) sobre elemento real (jinete).

Primero se anima el caballo en tres dimensiones, frente a una cámara virtual vinculada en posición y rotación a él (fig. 5.24). Después, se añade una réplica del guerrero a modo de ayudante y referencia sobre el caballo virtual en el escenario 3D (fig. 5.24 dcha. supe.). Y posteriormente, se utiliza la diferencia entre la posición tridimensional del modelo 3D y la de la cámara virtual, para crear un nuevo movimiento de cámara que se mueva alrededor de un punto estático (fig. 5.25). Desde este punto de vista se mueve del mismo modo, salvo que el personaje tridimensional se sitúa ahora en un punto y solo la cámara se mueve alrededor.



Figura 5.24 Recreación del proceso de trabajo en la interacción de mantenimiento de un elemento virtual cuadrúpedo llevando a un actor (*Proxy* de actor subido encima).

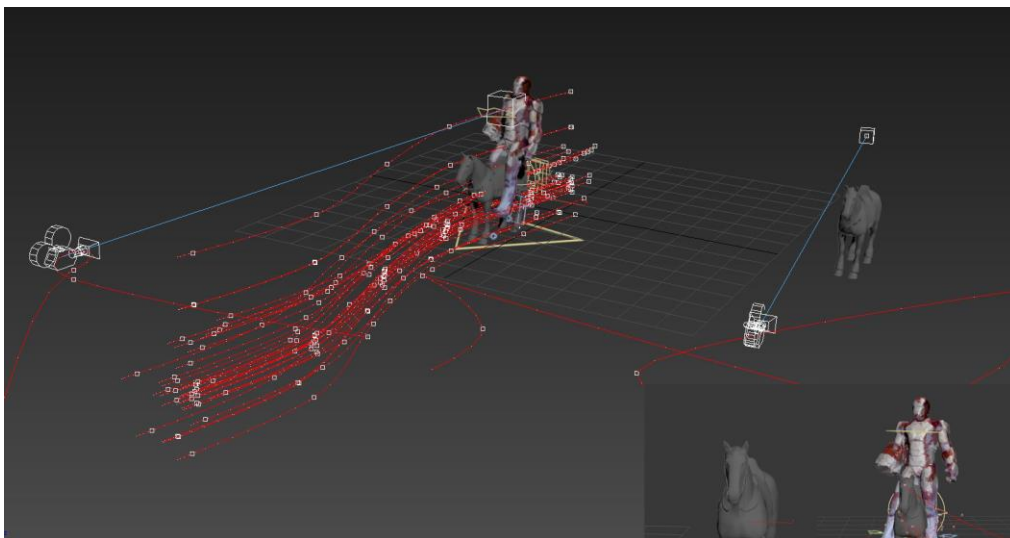


Figura 5.25 Deducción y copia del movimiento del dinosaurio a una cámara virtual.

A continuación, el proceso sigue transfiriendo estos datos de movimiento a un ayudante de control de movimiento de cámara real (fig. 5.26), lo que permite grabar a un actor sobre un punto estático del escenario. Además, (fig. 5.22) se transfiere la rotación de los lomos del cuadrúpedo virtual a la acción real. Con un ayudante del modelo dirigido y controlado en el escenario de grabación (Movimiento base).



Figura 5.26 Sistema de Control de movimiento reproduciendo los movimientos de la cámara virtual.

Como se puede comprobar esta técnica es muy costosa y exige trabajar con un equipo de ingenieros para que funcione, pero en la secuencia se encaja perfectamente al componerse con el caballo virtual. Así, la rotación del actor se producirá en el modo correcto. Desafortunadamente no puedo realizar un ejemplo práctico, ya que el equipo informático con el que se realizan las prácticas no tiene memoria suficiente, para procesar una animación de este tipo.

Una solución, algo más económica, pero también elevada, es simplemente modelar y animar una versión tridimensional del actor (fig. 5.27). Y entonces, obviamente, no es un problema hacer que el caballo, el perro o cualquier otro animal o criatura haga cualquier cosa en la animación. Inclusive, se puede realizar una copia digital bípeda del actor, para que actúe con elementos también digitales alrededor, aunque la copia virtual de Jeff Bridges en la nueva entrega de la película "*Tron: Legacy*" interactuaba peleándose con su original actor.



Figura 5.27 Actor y copia gráfica en 3D, para la película "Tron: Legacy" (2010), del Director Joseph Kosinsky.

Por ello, hay que imaginar lo complicado que sería que dos elementos de diferentes mundos estuvieran en constante interacción de mantenimiento (fig. 5.28). La manera de realizarlo sería capturar el movimiento de uno de los actores (*Movimiento de captura o Motion capture*), como se hizo en la película "El Planeta de los simios": *Confrontación*", y luego reemplazarla colocando encima el personaje virtual, aunque hay que mencionar que este es uno de los efectos denominados técnicos, que no visuales, que implican una mayor complejidad a la hora de trabajarlos.



Figura 5.28 Interacción constante entre elementos virtuales y reales en la película "El planeta de los simios"(2014), del Director Matt Revees.

5.2.6. INTERACCIÓN DE MANTENIMIENTO CON RASTREO DE OBJETOS.

Cuando el nuevo objeto tridimensional se tiene que mover del mismo modo se usa la técnica *Rastreo de objetos (Object tracking)*. La técnica solo funciona si el objeto a rastrear es totalmente rígido (fig. 5.29) y el seguimiento de su estructura es exactamente la misma. Si no, el análisis fallará y no habrá manera de que funcione. Este es, por tanto, un capítulo un tanto técnico.

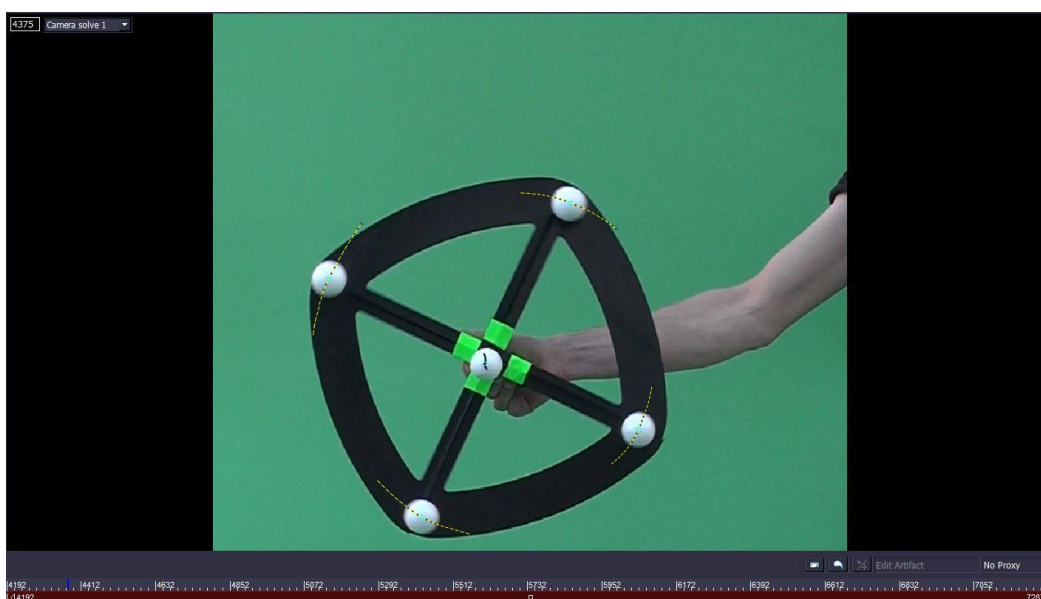


Figura 5.29 Rastreo de objeto con ayudante de atrezzo virtual, en *Boujou* 4.1, con marcas en 2D.

La manera en que se rastrea un objeto es haciendo un ajuste de movimiento solo sobre el objeto. El ordenador desconoce si este es el movimiento del ayudante de atrezzo, o de la cámara que lo graba, y aquí reside la clave, no hay manera de saber si la cámara se mueve y el escudo está quieto en frente, o el escudo se está moviendo en una toma fija de cámara.

Así, cualquier objeto agarrado y que tenga suficientes marcas, se puede rastrear como si fueran un entorno virtual en sí mismo (fig. 5.30). Posteriormente, a la hora de exportar la solución de rastreo y análisis del movimiento, en *Boujou*, se exporta como objeto dinámico y cámara estática (fig. 5.31). Lo que permite obtener una escena tridimensional con la cámara bloqueada, pero donde los puntos ayudantes rastreados se mueven alrededor de ella (fig. 5.32).

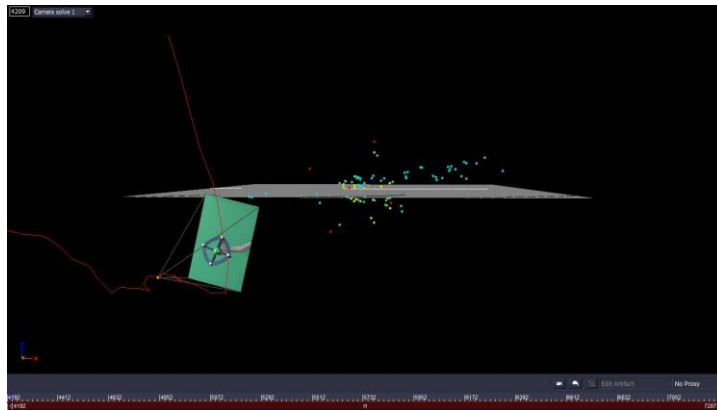


Figura 5.30 Solución de cámara para un atrezzo virtual 3D en *Boujou 4.1*.

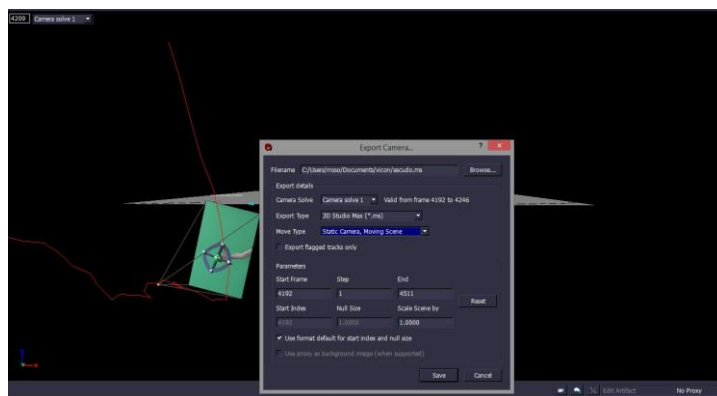


Figura 5.31 Exportando solución como cámara estática y escena dinámica.

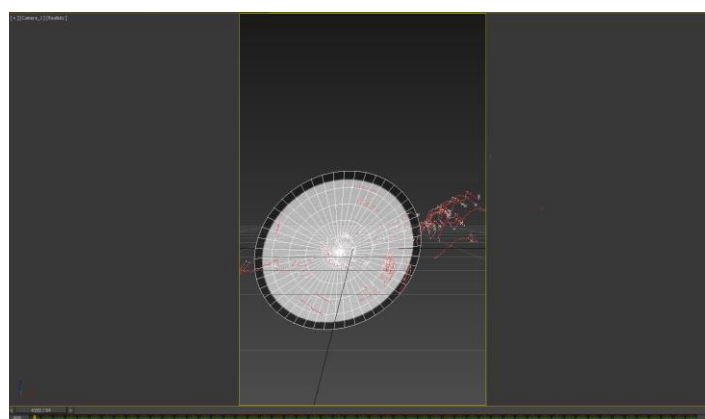


Figura 5.32 Objeto en movimiento frente a cámara estática en *3Ds Max*.

De esta manera es muy sencillo asociar objetos tridimensionales a las marcas. No es que no se pueda mover la cámara durante una toma con atrezzo virtual, ya que el ordenador desconoce qué se mueve, solo que el ángulo está cambiando.

Una de las reglas más estrictas es que los puntos del atrezzo deben moverse absolutamente como un grupo (fig. 5.29), no se pueden tener puntos que cambien de posición, ni siquiera un milímetro. Se necesitan un número de puntos o marcas para ser capaz de ajustar el movimiento de un ayudante de atrezzo, y existe alguna cantidad al respecto. Se recomienda rastrear al menos cinco marcas.

Los puntos, si son momentáneamente ocultados (fig. 5.33), no se rastrearán correctamente. Por ello, son necesarios más que un número de cinco si algún elemento se superpone a las pelotas de corcho del ayudante. El atrezzo de la imagen está compuesto de cinco marcas, pero se recomienda añadir más si la secuencia es exterior y con diferentes planos y profundidad en la secuencia.

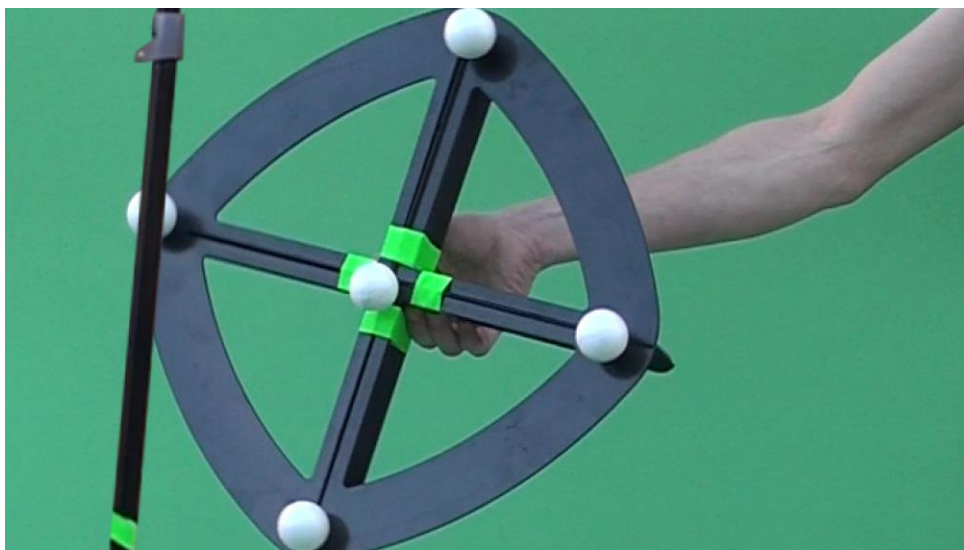


Figura 5.33 Marca de rastreo temporalmente bloqueada.

Para definir las restricciones se ha construido una estructura y unas pelotas de corcho adheridas a ella, aunque no importa cómo construirlo (fig. 5.29).

Es una buena idea usar ayudantes de atrezzo en negro (para obtener el máximo contraste con las marcas), y colocar las pelotas de corcho blancas encima. Es importante que las marcas no se muevan, por eso es mejor usar pegamento fuerte. Finalmente, se eligen de un tamaño

grande para las marcas, ya que se quiere estar seguro de poder rastrearlas incluso si están alejadas de cámara, aunque esto puede producir obstrucción entre las marcas en determinados momentos de la secuencia si se superponen visualmente al girar el atrezzo, cosa que se evita en la práctica, porque si no haría fallar el rastreo de la marca.

El color de las marcas (fig. 5.34) puede variar entre ellas (además de la disposición de las marcas), ya que el rastreo va a estar mirando a la secuencia desde cada píxel y es necesario que guarden una distancia entre sí, para que el software interprete toda la estructura y diferencie cada parte.

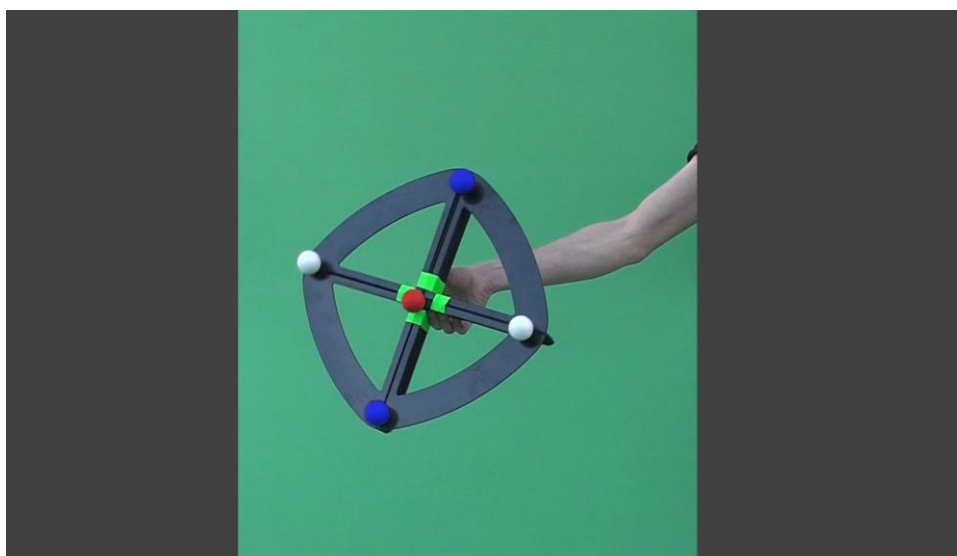


Figura 5.34 Estructura de atrezzo virtual optimizada con colores brillantes en las marcas.

Por ello, es importante pintar los ayudantes de atrezzo de diferentes colores, de nuevo, porque es más sencillo para el sistema de rastreo adivinar donde se está produciendo el rastro. Y en segundo lugar, porque cuando las marcas están juntas unas al lado de las otras se mezclan entre ellas, lo que no ocurre si las marcas tienen diferente color.

En tercer lugar es importante tener la garantía de que se pueden rastrear algunas marcas sin importar el fondo que haya. Las marcas blancas tienden a desaparecer más fácilmente con fondos también blancos, por ello, el color ayuda. Pero no se deben pintar todas las pelotas de corcho blancas, ya que el blanco continúa dando el máximo contraste. Una pintura fluorescente de aerosol proporciona tonos brillantes para pintar sobre alguna esfera de corcho.

El fondo. Es sencillo rastrear marcas sobre un fondo simple. Algunas tomas tienen un fondo complejo, lo que hace a las marcas más difíciles de rastrear. La razón de crear esta estructura en forma de aspa (fig. 5.29) es, que las marcas generan un espacio tridimensional claro, aunque pueden diseñarse otras estructuras igualmente válidas adaptadas a lanzas, espadas, aunque en este caso se propone un escudo de tipo mándala (fig. 5.35).

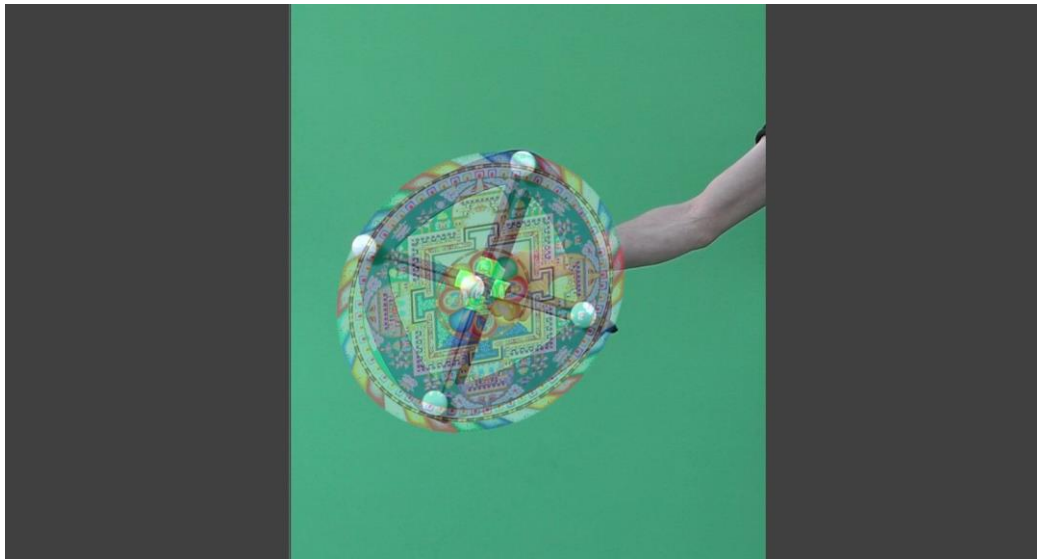


Figura 5.35 Grafico 3D, a modo de atrezzo virtual, sobre la estructura específicamente diseñada.

Hay que evitar situaciones donde todas las marcas estén en el mismo plano, por ejemplo, si todas las marcas están en el mismo eje. La herramienta, en estos casos, no puede interpretar la rotación, porque parece la misma sin importar de qué manera se rote el elemento de atrezzo. Al menos se necesita algo pegado sobre otro eje, aunque se necesita más de uno si se quiere rotar con la muñeca alrededor de 180°. Por ello se deben tener marcas pegadas de izquierda a derecha y de arriba a abajo, de tal manera que no importe como el ayudante se mueva, ya que los cambios de perspectiva serán evidentes. Una manera de comprobar antes de grabar, es que si es obvio para la propia mirada, también lo será para el ordenador.

También es importante estar seguro de que la marca es lo suficientemente pequeña como para ser cubierta por el objeto 3D, como él mándala encajando sobre las marcas (fig. 5.35). En realidad, si no encaja completamente, se modifica el diseño para que cubra todas las marcas, lo que es un ajuste fácil de realizar con escala o añadiendo más volumen.

Podría no funcionar, para todos los elementos de atrezzo virtual, ser modificados de esta manera, pero si realizamos alguna forma tridimensional más pequeña, o simplemente diferente

(fig. 5.36), esta estructura asegura el rastreo girando de izquierda a derecha. Sin embargo, en posproducción habrá que contar con borrar todas las marcas que no cubre la tetera.

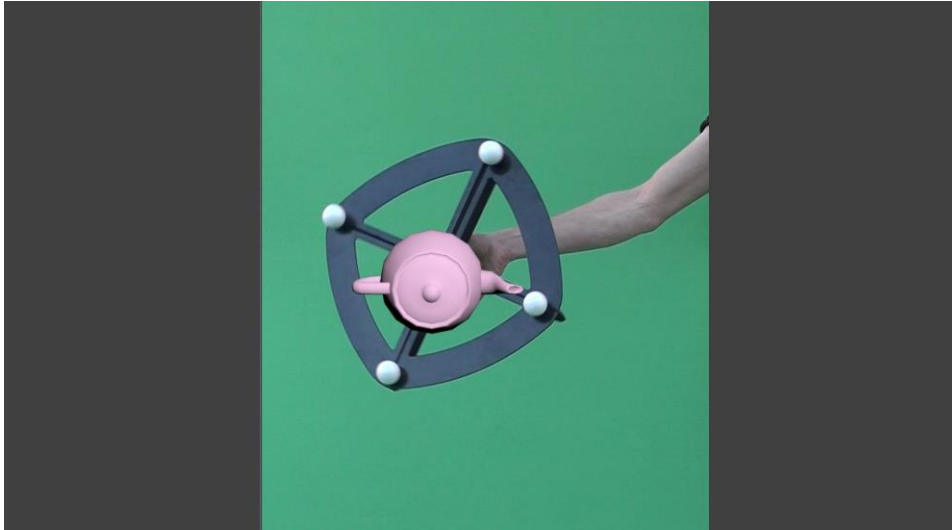


Figura 5.36 Atrezzo virtual no específico, para la estructura del ayudante diseñado.

Otro aspecto importante es mantener las marcas alejadas del cuerpo y que nunca se superpongan a él (fig. 5.29). Es más sencillo, después, borrar elementos en tomas de movimiento de cámara panorámico, que en secuencias con movimiento de paralaje de cámara. Además, el fondo debe ser estable (fig. 5.37), sin elementos moviéndose detrás del ayudante de atrezzo.

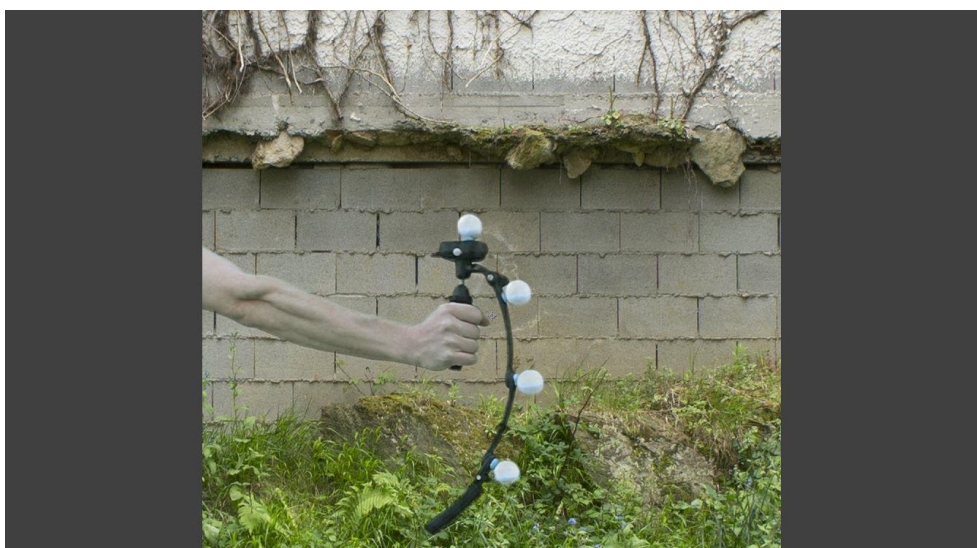


Figura 5.37 Fondo estable y otro diseño de ayudante virtual.

Por otro lado, si las restricciones tienen que ser pequeñas, también será necesario que la esfera sea grande, ya que la calidad de rastreo mejora con el tamaño. Aquí, en el rastreo, para insertar un mánดาลa sobre el atrezzo, se diseñaron unas marcas algo pequeñas, pero funcionó correctamente (fig. 5.29).

También hay que asegurarse de que se puede componer el objeto tridimensional (fig. 5.38). Muy a menudo hay que hacer pequeños mates y máscaras basura para enmascarar partes del primer plano o frente (como las partes del cuerpo, partes del escenario, etc...).

Que el objeto 3D se oculte temporalmente un poco es razonable, pero sería una ardua tarea de rastreo y rotoscopia si el ayudante se desliza detrás de un frente muy complejo.

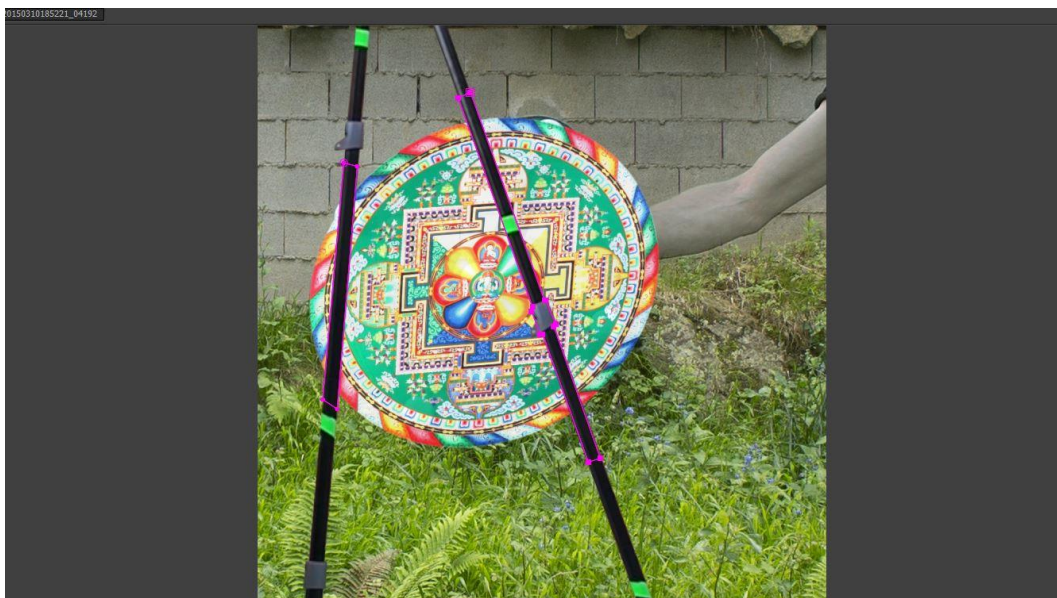


Figura 5.38 Elementos superpuestos al ayudante de rastreo virtual.

Un aspecto particular es, que la mano del actor toca el ayudante de atrezzo, pero al ser un escudo no se observa la mano, en cambio, habrá que enmascarar el nuevo objeto detrás de cada dedo si se trata de la empuñadura de una espada, lo que sería una pérdida de tiempo. En estos casos, clave de color extraería (fig. 5.39) la mano de un modo más sencillo si el mago fuera verde, sin embargo, se puede usar los mangos reales (fig. 5.39) y sustituir digitalmente el resto del arma.



Figura 5.39 Atrezzo rastreado y sustituible por uno virtual (preservando su empuñadura).

Esto en relación a un ayudante de atrezzo virtual. Solo hay dos cosas que añadir: Primero, que es válido tener más de un atrezzo virtual el escenario (fig. 6.40), simplemente serán analizados en dos análisis del movimiento separados, pero no hay nada distinto que mencionar al respecto.

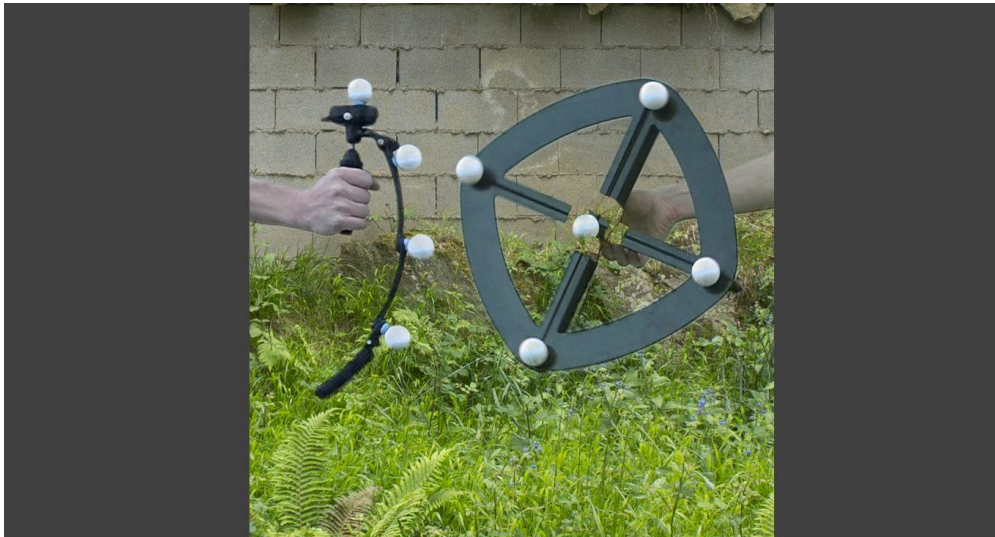


Figura 5.40 Dos ayudantes de atrezzo virtual compartiendo fotograma.

En segundo lugar, el rastreo de objetos, también funciona rastreando objetos reales, como este arma hecha de madera conglomerada (fig. 5.41).

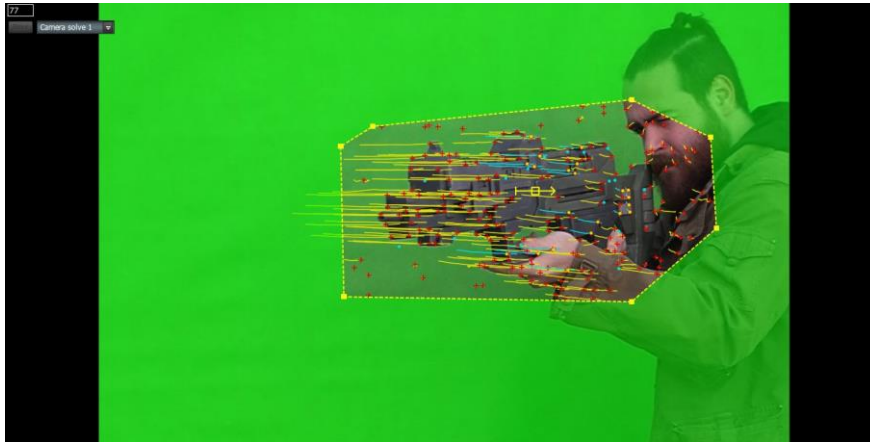


Figura 5.41 Rastreo de objeto real sobre fondo verde.

La cuestión más importante a la hora de rastrear un objeto es tener muchos puntos que rastrear, en segundo lugar todos los puntos deben de ser rígidos y moverse como un grupo, en tercer lugar, son necesarios suficientes cambios de perspectiva, como para registrar, que es un movimiento de paralaje de cámara, y, en cuarto lugar, se necesitan al menos cuatro puntos del rastreo reconocidos por la herramienta. Los objetos reales son difíciles de rastrear, porque el paralaje es menos afinado que si tuviésemos las pelotas de corcho pegadas sobre el ayudante de atrezzo.



Figura 5.42 Objeto de prueba vinculado a la solución del objeto real.

Así, se vincula al rastreo a un nuevo elemento virtual, por ejemplo, a una mariquita azul (fig. 5.42), objeto de prueba que proporciona el software *Boujou*. Esto quiere decir que, también es posible rastrear un ayudante de atrezzo virtual sin pelotas de corcho, con tal de que haya algo

que rastrear, lo que es mejor para el compositor audiovisual, pero con el riesgo real de que el rastreo falle.

También, implica que no se puede rastrear partes del cuerpo de ilimitadas maneras, porque no podemos garantizar que los puntos queden rígidos. Se pueden poner unas cuantas marcas a una persona y grabar una secuencia con ellas (fig. 5.43), pero incluso las diferentes expresiones faciales, harán que el rastreo falle.



Figura 5.43 Rastreo de objeto sobre la cabeza de una persona.

Por ello, se ha rastreado en la secuencia el cráneo del actor con un gorro de baño blanco y algunas marcas negras de rotulador dibujadas encima. Después se asocia la cabeza del robot marciano a los puntos rastreados, sin embargo, incluso aunque técnicamente funciona, no es la manera de rastrear un rostro o cabeza. Captura del movimiento sería la técnica adecuada, pero esta investigación no la cubre.

Por último, una distancia focal larga en la toma puede hacer trabajar más al procesador con la herramienta de ajuste de movimiento, si se desconoce con exactitud cuál es el nivel de *zoom* o distancia focal utilizada. La única manera de saber exactamente los ajustes de la lente es grabar una toma sobre un papel, que indique la óptica de la cámara usada en la escena real (justo antes de la grabar la secuencia y después de cambiar la lente), para poder especificárselo al software de análisis (fig. 5.44).

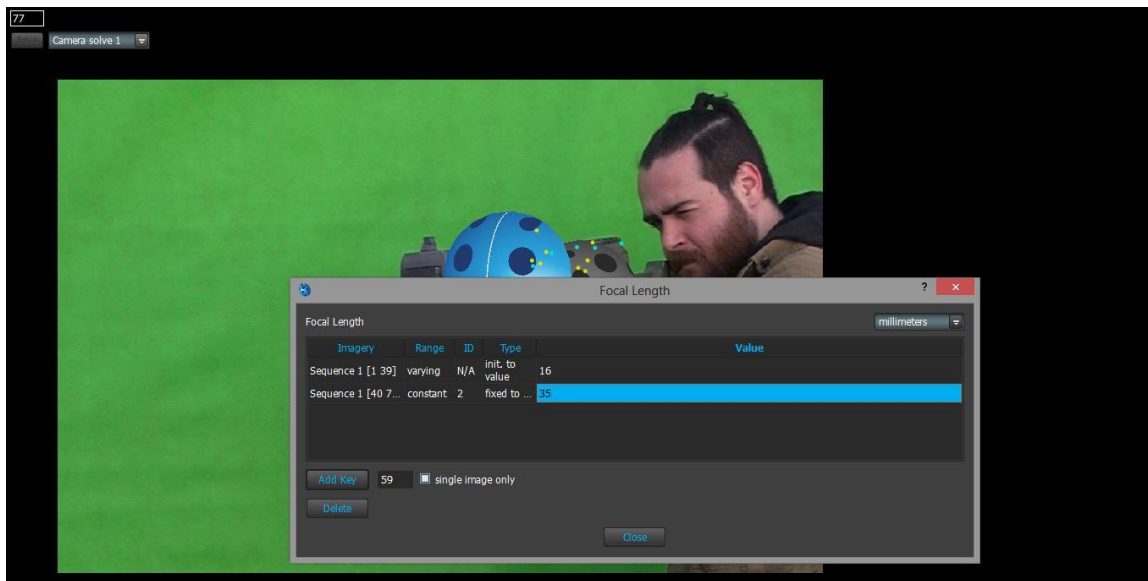


Figura 5.44 Configuración de la distancia focal de una secuencia en *Boujou* 5.1.

Pero todos los ayudantes de atrezzo virtual son lo suficientemente complejos, como para solo usarse cuando fuera necesario. Sería absurdo usarlos cuando se pueda hacer lo mismo en una secuencia de acción real (fig. 5.45). Y lo mismo es válido sobre un fondo verde. Solo se deben usar para simular elementos que nunca se podrían encontrar en la realidad.



Figura 5.45 Elemento cotidiano que no tendría sentido sustituir virtualmente. *"The Martian"* (2015), Ridley Scott

Esta sección pone punto y final a las interacciones entre elementos de la imagen. Un último apunte es que, aunque se trate del campo de esta investigación más interesante desde el punto de vista teórico, los altos recursos económicos y tecnológicos que en él se presentan, exceden los recursos y presupuesto de la investigación. Sin embargo, sería interesante para futuros investigadores ampliar este campo a través del estudio de la técnica de *Captura del movimiento* de actores, para su posterior composición con imagen virtual. Existiendo también, en esta técnica, las mismas características visuales y físicas (dependiendo del tipo de tecnología de captura), que se ha tratado y visto en este estudio.

CAPÍTULO 6: ESCENARIOS VIRTUALES.

6. ESCENARIOS VIRTUALES Y EXTRACCIONES DE COLOR.

Los escenarios virtuales son aquellos espacios de grabación de acción real que, sobre un fondo de color uniforme, permiten filmar cualquier elemento real e integrarlo en otro fondo compuesto. En la actualidad, se han hecho imprescindibles en cualquier producción que requiera extraer fácilmente una forma de su fondo, sin necesidad de usar máscaras y trazados.

6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESCENARIOS VIRTUALES PARA SUBSTRACCIONES DE COLOR.

La extracción de una forma sobre fondo verde es una de las técnicas más utilizadas en composición de vídeo digital. Portar un fondo de este color facilita una extracción sencilla y rápida de cualquier sujeto que se sitúe delante.

La técnica se puede usar de muy diversas maneras, desde remplazar simples fondos (fig. 2.50), a extracciones complejas de personajes sobre fondo verde (fig. 5.23), para integrarlos en mundos virtuales generados en 3D.

Es necesario empezar a definir entre tipos de fondo verde y maneras de trabajar con ellos en el medio audiovisual. Primeramente, se puede diferenciar entre fondos (fig. 6.1) y ciclорamas (fig. 6.2), como los tipos de superficie que se usan para la generación del efecto. Y en segundo lugar, la manera de filmar estos elementos va desde tomas fijas de cámara, a movimientos del tipo panorámico y, también, movimientos reales de cámara con paralaje.



Figura 6.1 Fondo sencillo para usar con extracción de color.

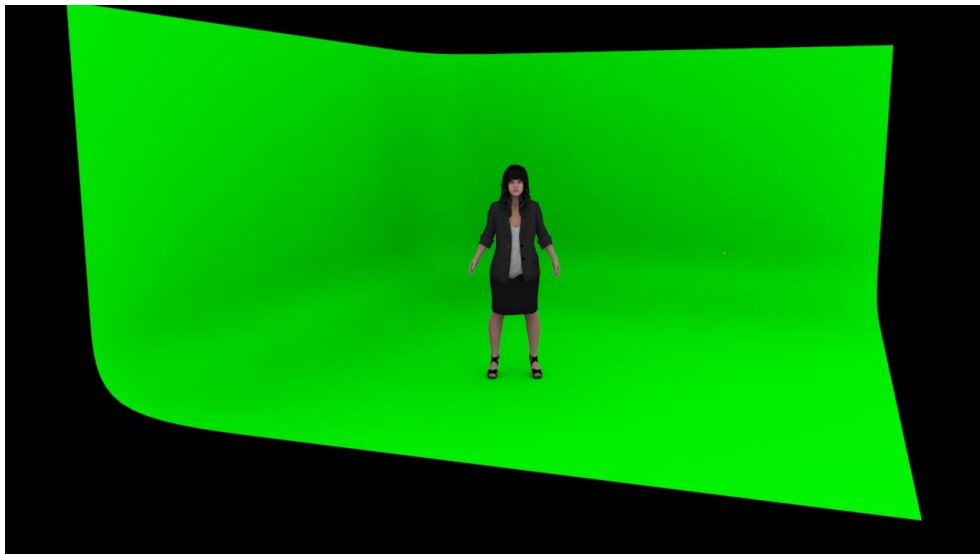


Figura 6.2 Ciclorama para usar con extracción de color.

Pero todos estos métodos tienen algo en común, y es que el actor debe de estar lo suficientemente separado del fondo que se quiere extraer, para que éste pueda ser iluminado independientemente del modelo y de la manera más uniforme posible, lo que se consigue con una batería de luces blancas a cada lado de la pantalla verde, en mismo ángulo y a suficiente distancia (fig. 6.3). Este tipo de fondo ocupa un área detrás del modelo que, dependiendo de su tamaño, limita los movimientos del actor a su perímetro. Por otro lado, tiene una iluminación distinta a la del fondo, y que no le afecta o recibe directamente, sin embargo, cuanto mayor sea su tamaño, más cantidad de luz necesitará para ser correctamente expuesto.

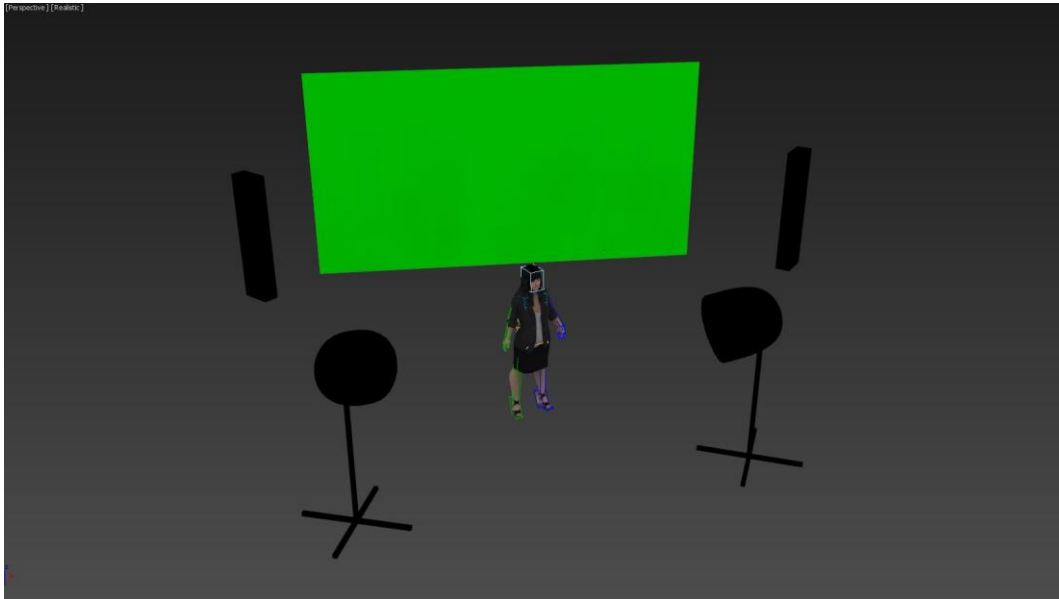


Figura 6.3 Esquema básico de iluminación y disposición del modelo con un fondo uniforme.

Un fondo, además, se considera un elemento con el que el actor no interactúa y que está separado de su cuerpo, a diferencia de los cicloramas, donde el verde forma parte del suelo. Esta característica evita cualquier tipo de luz o reflejo verde en el elemento a separar del fondo (fig. 6.4), pero condiciona la toma de grabación a planos medios que no incluyen los pies del actor o personaje (fig. 6.5).

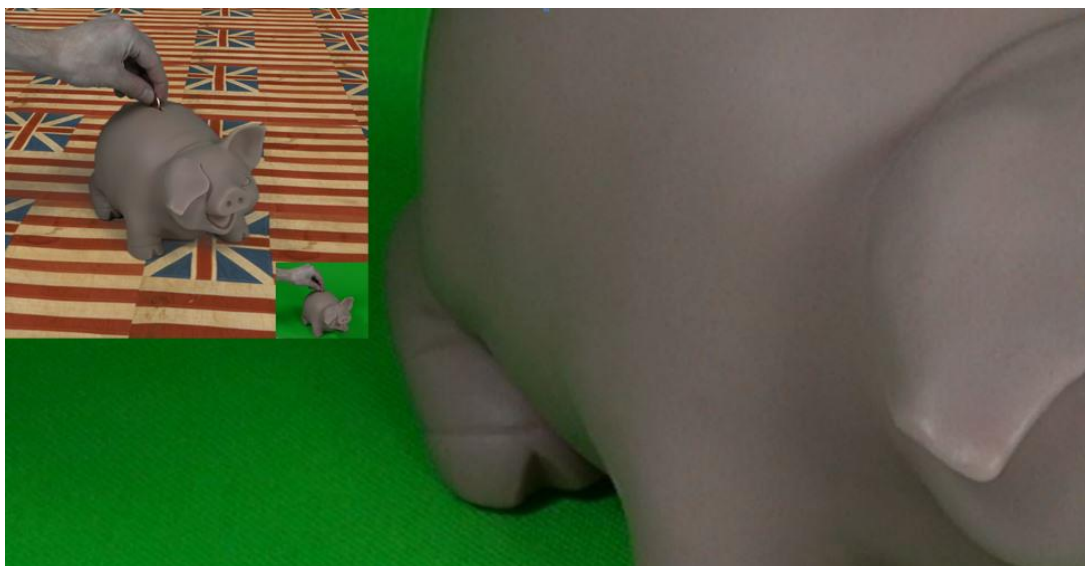


Figura 6.4 Luz verde rebotada sobre la superficie del modelo.



Figura 6.5 Plano cerrado donde no se muestran los pies del modelo (izq. recreación, dcha. *The Lone Ranger*, del año 2013, dirigida por Gore Verbinsky).

Debido a la distancia entre el elemento fondo y forma que se da con este tipo de escenarios de color uniforme, resulta sencillo iluminar los dos elementos independientemente en el estudio. Sin embargo, es mucho más sencillo construir estos escenarios en exterior (fig. 6.6), ya que por un lado el espacio es ilimitado, pudiendo separar fácilmente fondo y forma y, además, usar la propia iluminación diurna para filmar la escena. El único inconveniente reside en que la luz es la misma para el fondo y el modelo, y no es posible controlarla separadamente, como en un estudio de grabación, pero por lo demás es una técnica muy recomendable.



Figura 6.6 Sistema de sustracción en exteriores, con cantidad de información alrededor del fondo, para analizar el movimiento de cámara

Aun así, si lo que se quiere recrear es una integración de algún elemento 3D en una toma exterior (fig. 6.7), esta es la manera más sencilla de realizarlo, grabando previamente una secuencia del fondo natural que tenga la composición, y después, otra con el elemento forma sobre el fondo verde.



Figura 6.7 Composición compleja de tres elementos por medio de un fondo verde y un fotograma del fondo sin *Iron man*.

Como ya he mencionado, la desventaja de esta técnica de fondo verde reside en que no se puede grabar al personaje de figura entera (fig. 6.5), para ello hace falta un fondo de rollo que se despliegue y sobre el que pise el modelo (fig. 6.8).



Figura 6.8 Fondo verde desplegable para filmar figuras enteras.

Cuando estos fondos ocupan más área a los lados en diferente ángulo, entonces se trata de ciclорamas (fig. 6.2) o escenarios virtuales en estudio de grabación, normalmente fijos y con el sistema de iluminación específico, ya montado. Con ello se puede grabar al personaje en todas direcciones. Su movimiento ya no está limitado a un solo paso a izquierda o derecha, porque todo lo que rodea a la figura es un fondo de color uniforme.

Un ciclорama es mucho más difícil de iluminar que un fondo, ya que es más grande y se necesitan más fuentes de luz para ello. Además, tiene el inconveniente de que resulta imposible iluminar el modelo y el ciclорama por separado (fig. 6.9).

Por ello, algunas de las luces usadas tienen que iluminar al modelo y al ciclорama a la vez. Además, la luz reflejada verde (fig. 6.2) sobre la figura dificulta la extracción fondo-forma, sin embargo, todos estos inconvenientes se pueden solventar con las técnicas y procesos adecuados que se describen en el siguiente capítulo.



Figura 6.9 Inconvenientes al iluminar un ciclорama.

6.1.1. CÁMARAS ESTÁTICAS SOBRE ESCENARIOS VIRTUALES.

Esto es lo relativo a los tipos de escenarios virtuales que existen y con los que trabajar, pero también existen distintas maneras de grabarlos dependiendo del tipo de movimiento de cámara. Cualquier tipo de movimiento que se realice, hay que recrearlo sobre el fondo que se quiera componer detrás.

Para tomas estáticas (en las que solo el actor se mueva sobre fondo verde, pero no la cámara) no hay que realizar ninguna acción complementaria, como pegar marcas sobre el fondo verde para luego rastrear (fig. 6.5). Solo extraer el fondo verde y componerlo sobre un fondo virtual igualmente estático, es decir, sin movimiento de cámara virtual (que no elementos animados que pudiesen moverse detrás del actor).

Este ajuste entre mundos puede hacerse manualmente (fig. 6.10), cargando la imagen real dentro de la herramienta y proyecto 3D, y haciéndolas coincidir en perspectiva y ángulo de cámara, sin embargo, existen métodos algo más precisos que comentaré en este capítulo.

Por otro lado, cuanto más cerrado es el ángulo de cámara con el que se graba (fig. 6.11), más sencillo resulta situar un fondo distinto detrás, pudiendo desenfocarlo inclusive, y conseguir así, el efecto de profundidad de campo de los objetivos tele.



Figura 6.11 Ángulo cerrado de cámara que facilita la integración.

6.1.2. CÁMARAS EN MOVIMIENTO SOBRE ESCENARIOS VIRTUALES.

Un movimiento de cámara sobre un trípode no puede ser considerado un movimiento como tal a efectos de ajustar su movimiento en el ordenador (teniendo en cuenta que estos se realizan panorámicamente). Para que un movimiento de cámara sobre un trípode, o también un paneo, pueda componerse con otro elemento, es al menos necesaria una marca sobre la pantalla verde (fig. 6.12), que siempre sea visible a cámara durante la secuencia en movimiento.

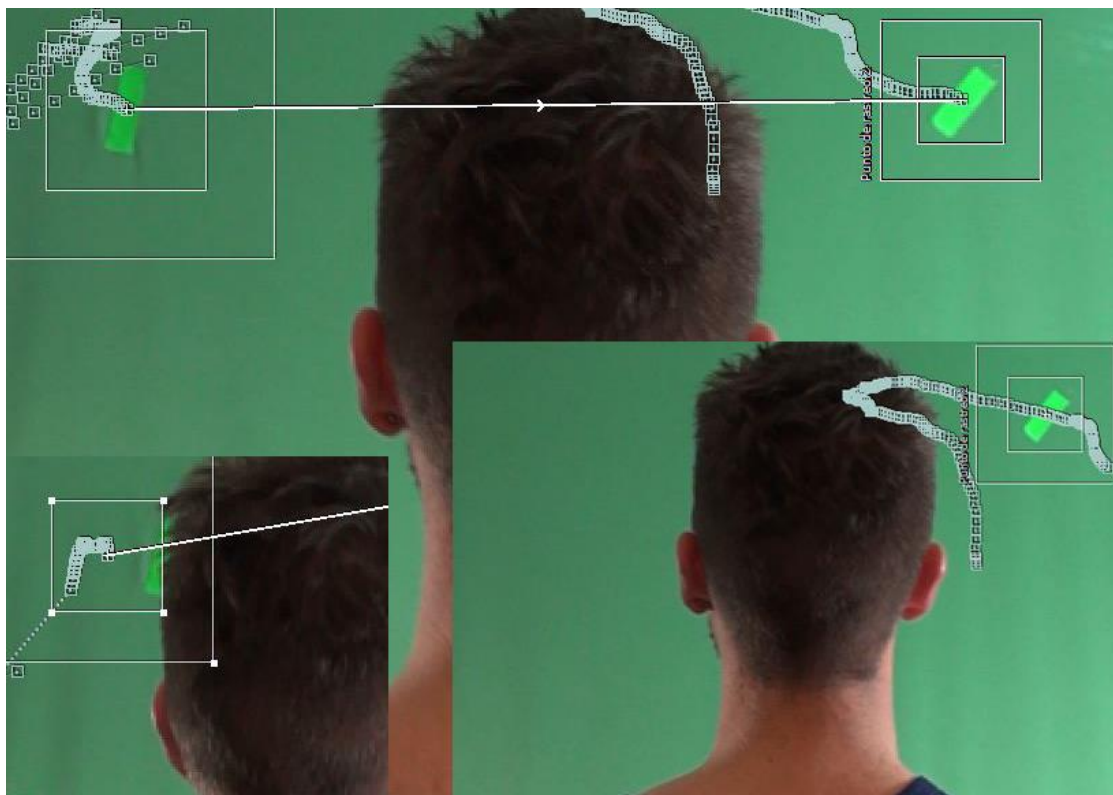


Figura 6.12 Marcas de rastreo en 2D.

Con ella se puede realizar un simple rastreo de posición de la marca en dos dimensiones, para después vincular a ella una imagen en la composición (fig. 6.13), aunque es mejor colocar dos marcas en lugar de una (fig. 6.12), y así, asegurar también la rotación y escala (zoom) de la cámara real.

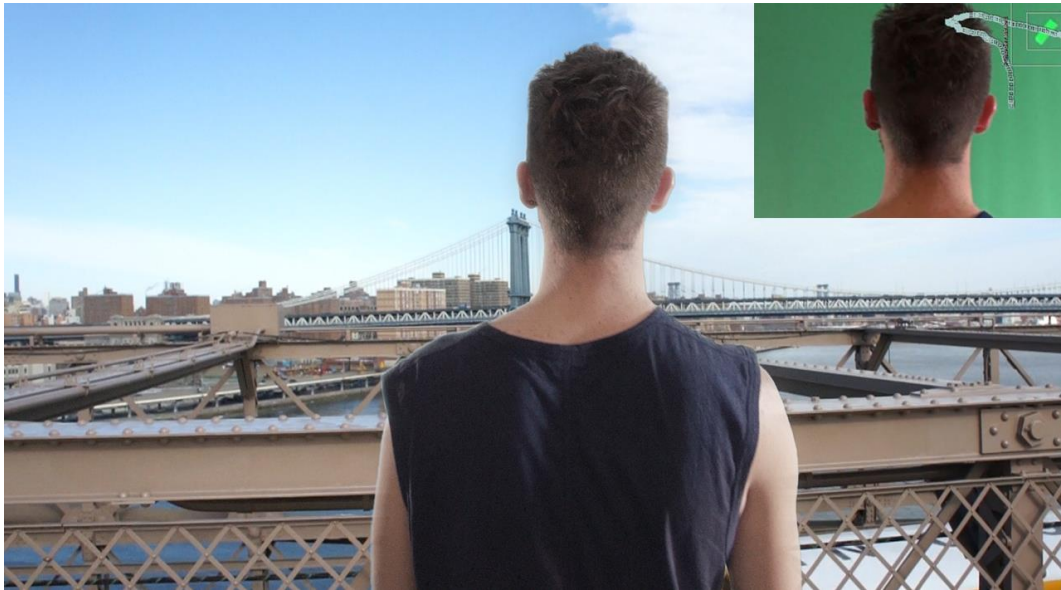


Figura 6.13 Composición basada en rastreo 2D sobre fondo verde.

Hay que recordar que esta técnica solo funciona cuando las marcas son siempre visibles (fig. 6.12) en el fotograma y ni el mismo actor las bloquea visualmente. En cambio, cuando se produce un movimiento real de cámara que implica desplazamiento (paralaje de cámara) al grabar, es necesario otro tipo de técnica que permita ajustar los movimientos de la imagen real con el escenario virtual. Ajuste del movimiento en 3D (ya vista en el capítulo 3), usada junto a los cicloramas, es un recurso muy utilizado por la industria de los efectos especiales en postproducción actualmente (fig. 6.14).



Figura 6.14 Composición con ajuste de movimiento sobre un fondo verde.

Ya se han explicado los fundamentos del ajuste de movimiento en 3D de una secuencia. El procedimiento y la técnica es similar si se trabaja sobre pantallas y cicloramas verdes, salvo porque no hay marcas que rastrear y estas deben ser pegadas en producción por alguien del equipo, tal vez un asistente de producción (fig. 6.15).

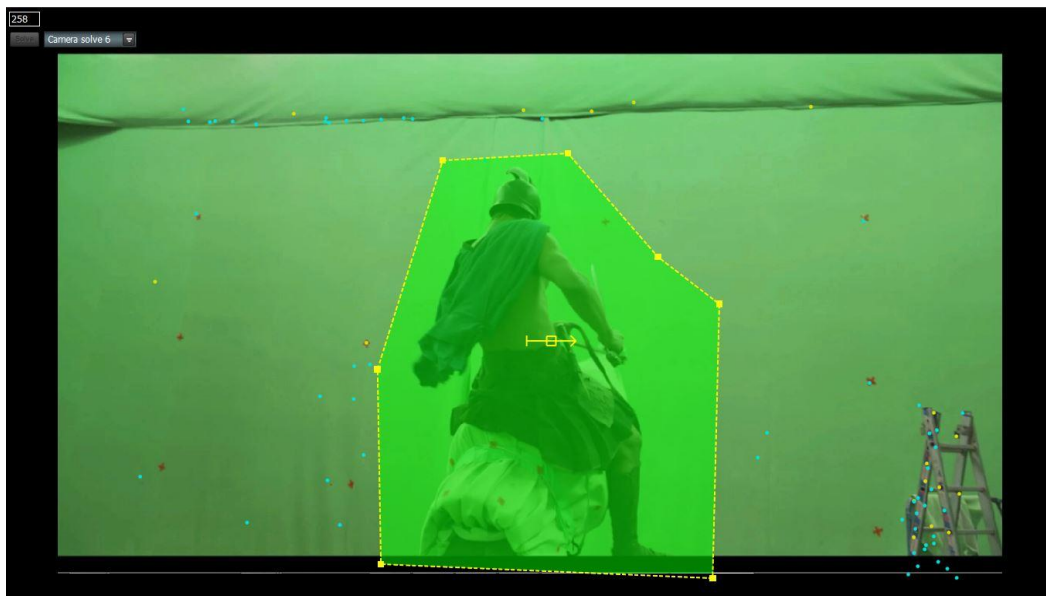


Figura 6.15 Fondo al que han sido añadidas marcas para rastrear en 3D.

Esta técnica da una gran variedad de recursos expresivos y narrativos, pero resulta más costosa y elaborada que el rastreo en 2D, y si no es necesaria, porque la secuencia no contiene paralaje y solo muestra movimientos horizontales y verticales de cámara (fig. 6.13), entonces, es mejor usar solo el rastreo en 2D. Un falso análisis del movimiento de una cámara real, pero que funciona en términos de percepción y coherencia visual.

6.1.3. FUNDAMENTOS TÉCNICOS DE LA EXTRACCIÓN DE COLOR.

Volviendo al principio, hace años la substracción de elementos sobre fondo consistía en un proceso químico que separaba la imagen en sus canales de color, y los sumaba y restaba entre ellos para deducir la silueta de una forma sobre un fondo uniforme (fig. 6.16). Deduciendo un canal mate e interpretando transparente el fondo de una imagen.

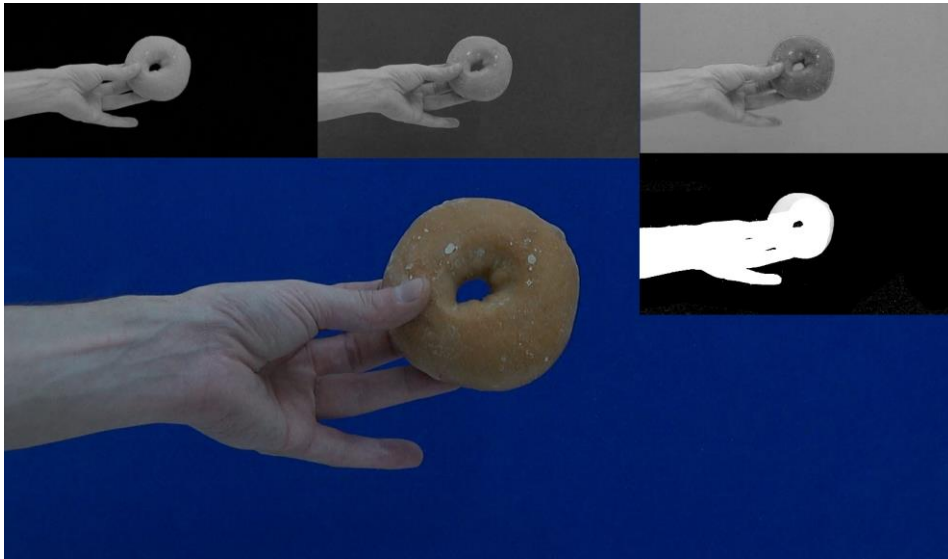


Figura 6.16 Canales rojo, verde, azul y alfa, con los que realizar una extracción de color por ordenador.

Todos los fotogramas están compuestos de tres canales de color rojo, verde y azul. El efecto consistía en muestrear un color primario que solo apareciera en un solo canal. Debía ser rojo, verde, o azul puro. El azul es el color que menos se representa en la piel (fig. 6.17) y por ello se decidió filmar sobre azul a los actores de la “*Star Wars*” (1977), por poner un ejemplo histórico.



Figura 6.17 Representación del tono de piel en cada canal de color.

Aun así, el color azul se representa y se contiene en multitud de elementos que principalmente están compuestos de más exposición en este color (fig. 6.18). Pero un color es solo azul, cuando solo el canal azul está iluminado. Así, se desarrollaron pinturas solo saturadas de azul y sin ninguna información de verde y rojo (fig. 6.19), aunque, hoy en día, cualquier color que sea suficientemente saturado puede ser extraído (fig. 6.20). Por ello, incluso un color magenta

en teoría puede servir, ya que es solo rojo y azul mezclados, sin embargo, es preferible trabajar con un solo canal primario, en donde los colores son más puros y más fáciles de exponer correctamente (fig. 6.21).

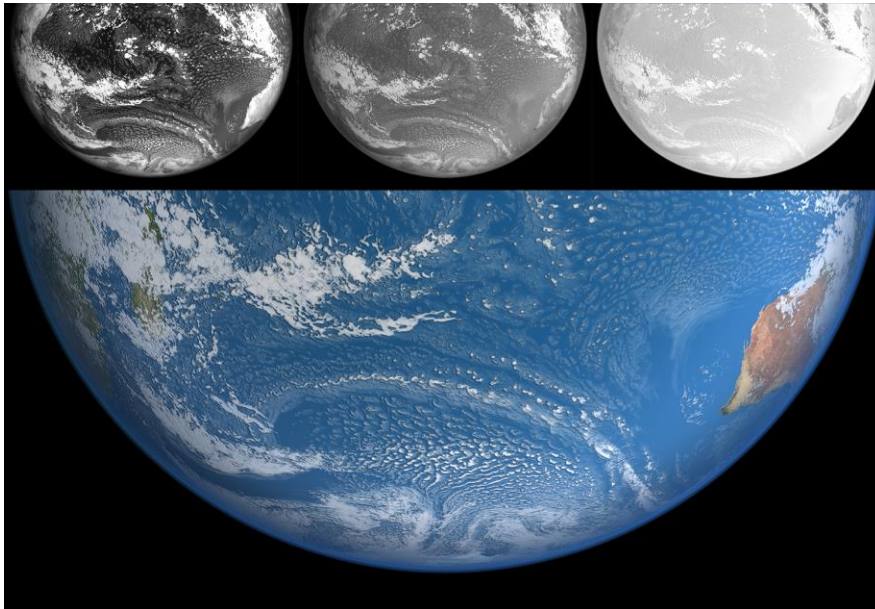


Figura 6.18 Se aprecia una evidente mayor información en el canal azul (izq.), que en el resto de canales, algo más oscuros.

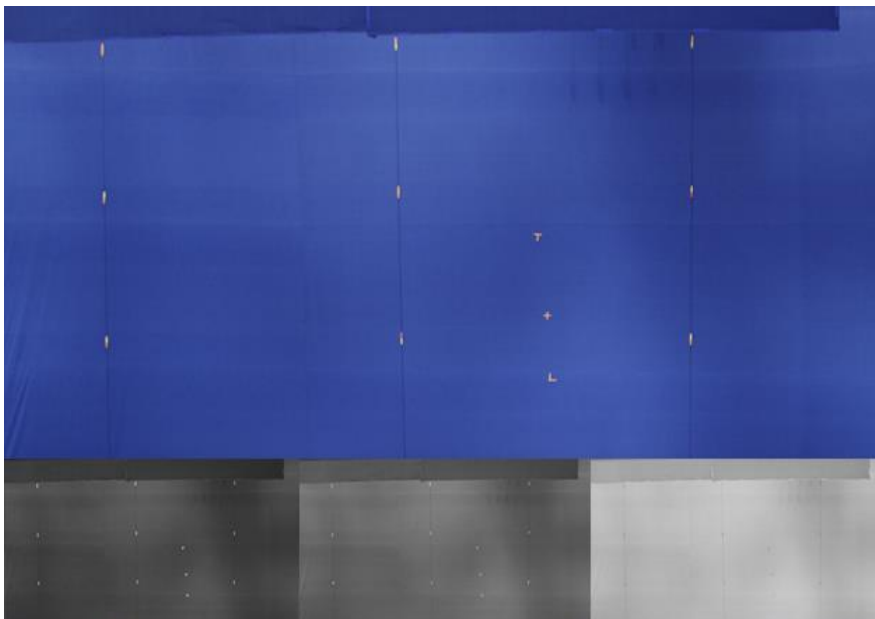


Figura 6.19 Fondo de color azul con alta saturación.

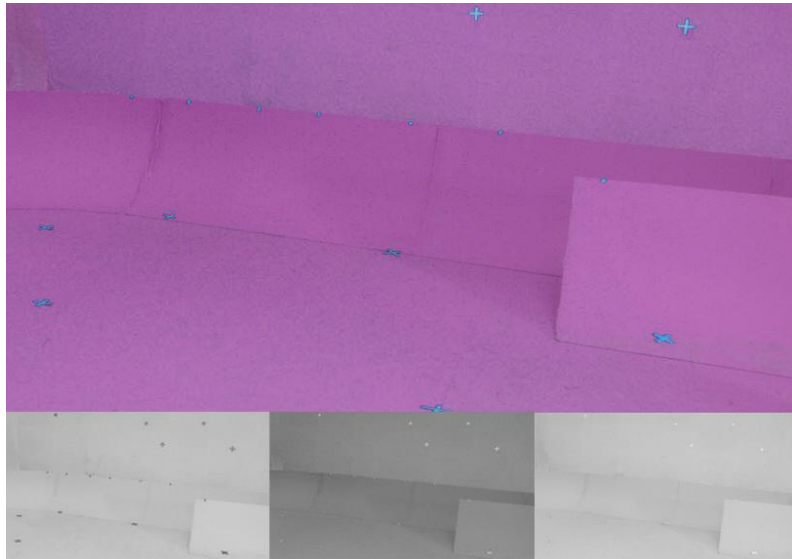


Figura 6.20 Fondo magenta, en donde se aprecia el comportamiento y mezcla entre canales rojo y azul.

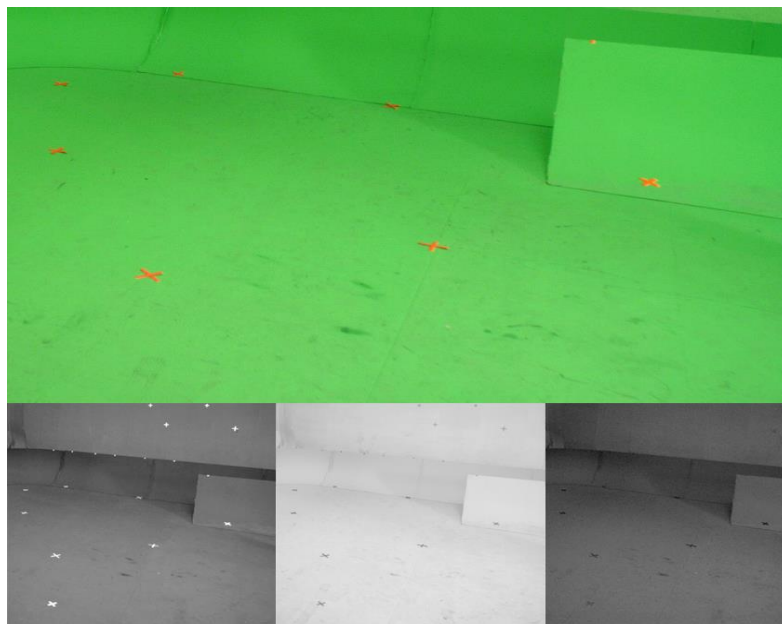


Figura 6.21 El canal verde se muestra, frente a la poca información en el rojo y menos en el azul.

La mayoría de las herramientas de sustracción de color están optimizadas para los colores verde y azul. Antiguamente, en la década de los 80, los especialistas en efectos especiales usaban el color azul, pero el problema de elegir un color azul como fondo de sustracción es, que es el canal base de la imagen, y contiene más cantidad de ruido que otros canales (fig. 6.22).

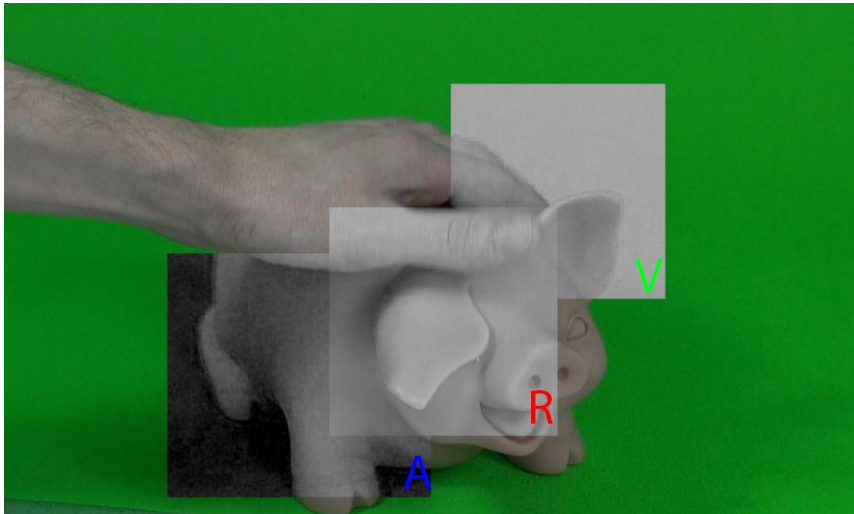


Figura 6.22 En la imagen se aprecia mayor cantidad de ruido en el canal azul, correspondiente al área en sombra.

Esta es una de las razones por las que se usa más el color verde. Por otro lado, las cámaras de vídeo digitales usadas hoy en día para producciones de cine digital, fueron diseñadas para crear mayor rango dinámico en el canal verde frente al resto. Además, necesita menos iluminación, ya que el verde es más brillante que el canal azul (fig. 6.22).

Sin embargo, la luz verde de este canal rebota más evidentemente sobre el modelo (fig. 6.23), al igual que la luz difusa del cielo en una toma exterior (fig. 6.24). Solo una integración del modelo en un contexto que tuviese verde (fig. 6.25) haría que no se notase luz verde rebotada. De todos modos, hoy en día, las herramientas de clave de color suprimen la luz rebotada sin problema alguno (fig. 6.26).



Figura 6.23 Luz rebotada verde del escenario sobre el arma y piel.



Figura 6.24 Luz reflejada del cielo en todas direcciones.

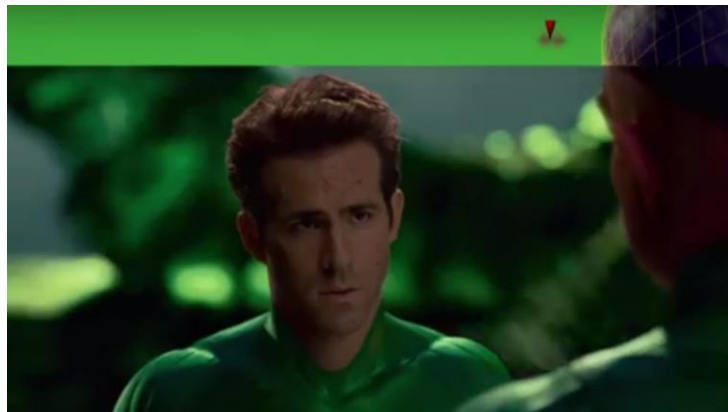


Figura 6.25 El traje de linterna verde permite disimular, más fácilmente, el halo verde que puede dejar el efecto de extracción de color.



Figura 6.26 Luz verde completamente suprimida con el efecto *Keylight*, incluido en *Adobe After Effects*.

Actualmente, no existe una razón por la que usar un croma azul en vez de uno verde, desde el uso de las cámaras de vídeo digital en el medio cinematográfico, pero si algún elemento en la escena es verde y, necesariamente, ha de aparecer en la secuencia, entonces se puede escoger un fondo azul en su lugar (fig. 6.27).



Figura 6.27 Fondo azul usado en un hipotético traje alternativo de *Superman*.

Para la sustracción correcta de modelos sobre superficies verdes o azules en posproducción, la profundidad de color y muestreo de cada canal y píxel debe ser mayor que la usada normalmente en vídeo. Una solución algo costosa en términos de producción, es filmar en película de 35 mm y después, escanear la secuencia en telecine (como en la película "Balada triste de trompeta", de Alex de la Iglesia), con al menos 10 bits por canal para asegurarse que cada píxel tiene un tratamiento fiel (fig. 6.28). Al ser el escaneado una copia fiel del negativo, la sustracción de color se realiza con toda la calidad que el original aporta (fig. 6.29).



Figura 6.28 Fotograma de la película "Balada triste de trompeta", filmada en película y escaneada al medio digital.



Figura 6.29 Fotograma con apenas compresión, óptimo para las extracciones de color.

Este tipo de muestreo se conoce como 4:4:4, lo que quiere decir que no posee compresión alguna. Sin embargo, normalmente no se obtiene esta calidad en vídeo digital, ya que la visión humana apenas percibe pequeños matices de color en estas bandas de representación. Por ello, existe el formato de compresión 4:2:2, que muestrea a la mitad, actualizando el color entre dos píxeles y no uno, lo que apenas se percibe a simple vista. Con el medio DVD se muestrea todavía menos, a 4:1:1, cuatro píxeles por cada muestra de color, lo que puede ser aceptable para una secuencia normal, pero para trabajar en posproducción y extracción de claves de color no es suficiente información (fig. 6.30).



Figura 6.30 Los distintos niveles de compresión en la imagen permiten comprobar la pérdida de calidad de la extracción de color.

Algunos filtro de extracción por color como *Keylight*, suavizan los perfiles del modelo y hacen que los bordes dentados desaparezcan (fig. 6.31), pero si se compara con una imagen sin apenas compresión, el resultado se aprecia en los detalles (fig. 6.32), especialmente en el cabello, que permanece nítido entre cada píxel. Por eso, gran parte de los formatos HD y DV no son adecuados para trabajar extracciones de color en posproducción, ya que la información de color que proporcionan es muy limitada



Figura 6.31 Fotograma de alta calidad sin extraer, frente a fotograma con niveles de compresión medios y perfiles desenfocados del cabello.



Figura 6.32 31 Fotograma de alta calidad extraído, en donde se aprecian todos los píxeles del cabello.

Sin embargo, actualmente ya existen cámaras de vídeo digital que graban a 12 bits por canal y con tasas de muestreo y compresión casi sin pérdida de calidad o, como ya se ha comentado, película escaneada, digitalizada. Además, el tamaño o resolución de la imagen ha aumentado considerablemente de formatos de alta definición de 1080 líneas, hasta resoluciones 2 y 4 K.

Junto a una mayor frecuencia de fotogramas por segundo, llegando a 50 y, en algunas cámaras, incluso a 300 fotogramas por segundo. En la mayoría de las cámaras de vídeo, la configuración de ajustes de imagen puede ajustarse manualmente. Lo que permite sacrificar el tamaño del fotograma y la frecuencia, en pro de una mayor tasa de muestreo cromático, para trabajar con substracciones de color.

Todos estos factores ayuda a tener una substracción de mejor calidad, pero también hay que tener en cuenta que en la actualidad este tipo de cámaras, como la *Phanton*, *Black Magic* y *Red One*, son difíciles de operar, en parte debido las altas temperaturas que alcanzan, y el ruido que se genera en la imagen.

Como norma general la imagen a substraer no debería estar muy comprimida, tanto en rango de color, como tasa de fotogramas. Sustraer un material de archivo a 50 fps asegura un mejor resultado, especialmente con elementos en movimiento como actores. La velocidad de obturación, por otro lado, debería ser alta, a fin de no tener demasiada estela en los objetos en movimiento. Además, la escena debe estar correctamente expuesta (tanto forma como fondo), y esto solo se consigue iluminando suficientemente el escenario.

6.1.4. DISEÑO DE ESCENARIOS VIRTUALES.

Como ya menciono en apartados anteriores, un fondo o pantalla verde, se sitúa por detrás del modelo y solo sirve para primeros y medios planos (fig. 6.1). Obviamente hace falta que el fondo sea lo suficientemente grande, como para cubrir un área de acción mínima, y para ello, es necesario espacio. Cuanto más grande sea el fondo, mas área de actuación para el actor habrá, pero será necesario más cantidad de luz, para iluminar uniformemente el fondo.

En este tipo de escenarios (*chroma*) de tipo fondo, apenas rebota luz verde sobre el modelo, por ello, a pesar de la creencia, no es necesario alejar mucho el fondo, ya que si no tendrá que ser más grande para cubrir toda el área del fotograma detrás del modelo, y hará falta más cantidad de luz para iluminarlo.

Otra razón por la que alejar el fondo, se da al situar el modelo muy cerca, provocando sombras duras sobre su superficie que no resultan del todo estéticas en la composición (incluso si esa fuera su proyección natural), como las incómodas sombras duras dobles (fig. 6.33). Aun así, la

distancia no es lo que produce sombras duras, sino las luces fuertes. Por ello, aunque el fondo se aleje, si las luces son fuertes, las sombras proyectadas del modelo también lo serán.



Figura 6.33 Sombras dobles y duras ante un mal diseño de escenario.

Sin embargo, las luces difusas no generan sombras nítidas sobre la superficie del fondo verde a ninguna distancia, a no ser que el modelo esté muy cerca del fondo (fig. 6.35). Por ello, es recomendable usar luces suaves siempre que se pueda. O al menos no usar luces duras dirigidas directamente sobre el fondo (fig. 6.34). La única razón por la que separar el fondo del modelo, es para situar focos entre medias y que no le afecten (fig. 6.36), así se ilumina independientemente.

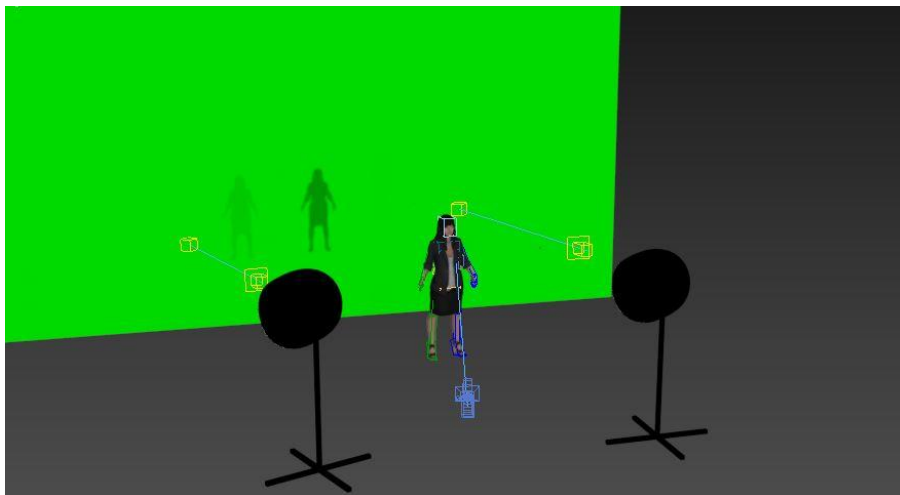


Figura 6.34 Luces directas mal dispuestas frente al fondo y el modelo.



Figura 6.35 Modelo apoyado en la pared del fondo e iluminado con luz difusa y apenas sombra.

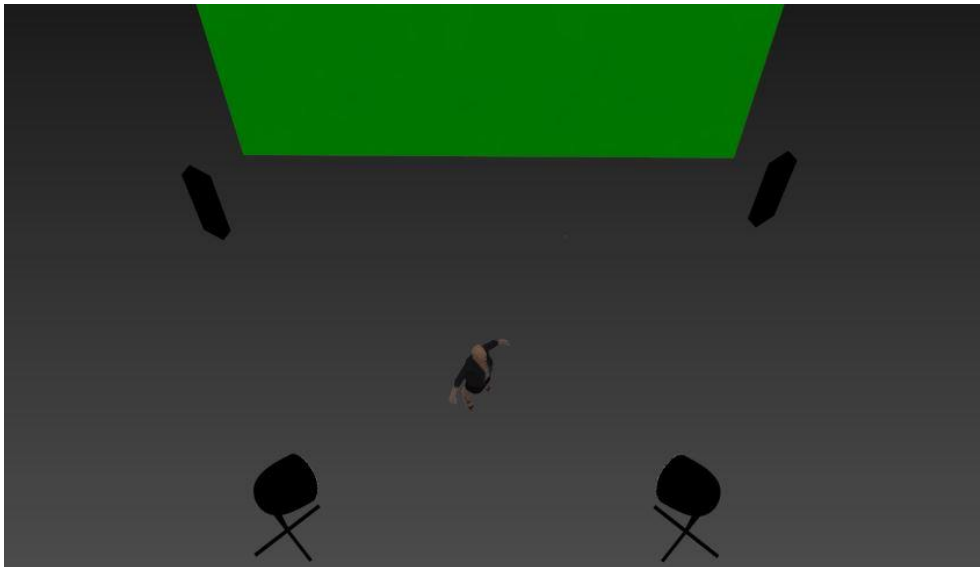


Figura 6.36 Esquema de luces difusas sobre el fondo y directas sobre el modelo.

En teoría, la iluminación del modelo no debería influir en el fondo y la del fondo no debería influir en el modelo. Esto se puede comprobar encendiendo y apagando cada conjunto de luces y viendo cómo afecta a los elementos de la escena separadamente (fig. 6.37) (fig. 6.38). Por otro lado, el fondo, debe iluminarse con luces difusas, ya que su distribución es mucho más uniforme que una luz directa o de foco concentrada (fig. 6.36). Para iluminar el fondo se pueden usar luces suaves blancas provistas de grandes difusores, que hacen distribuir la luz naturalmente y en múltiples direcciones (fig. 6.39). Nunca se debe iluminar un fondo con un

foco de luz intensa, como por ejemplo un *fresnel* (fig. 6.40), ya que iluminan en puntos concentrados de la superficie y apenas se distribuyen homogéneamente.



Figura 6.37 Recreación de test de luces del modelo encendidas y del fondo apagadas.



Figura 6.38 Recreación de test de luces del modelo apagadas y del fondo encendidas.

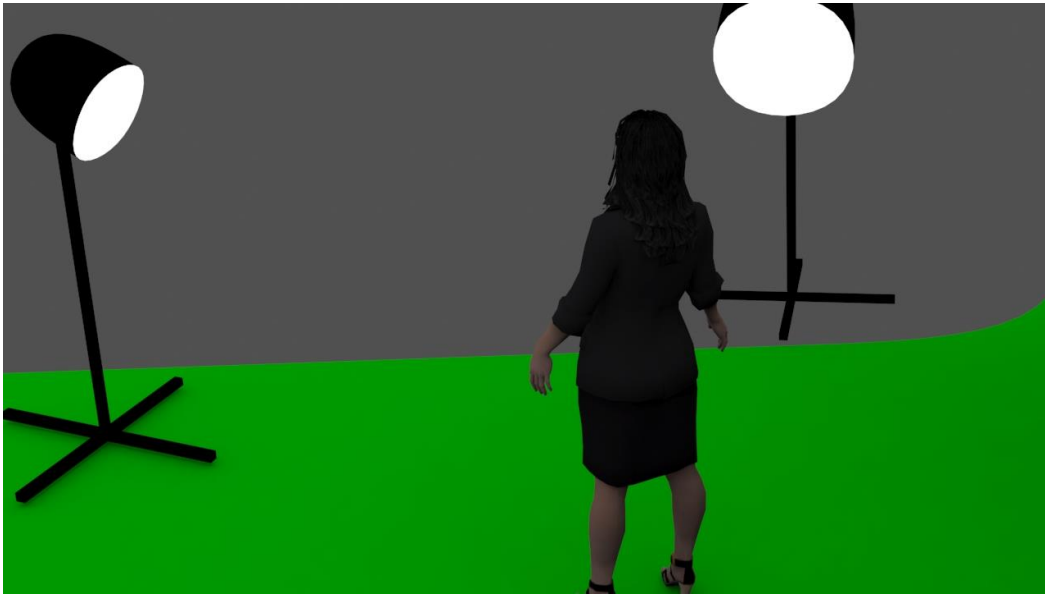


Figura 6.39 Recreación de luz difusa a ambos lados del modelo.

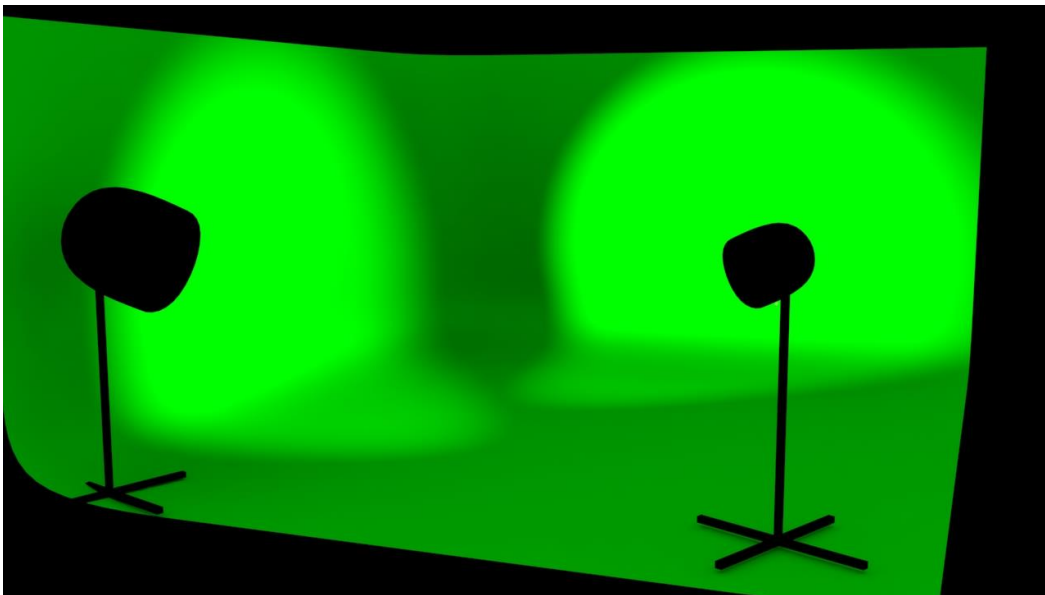


Figura 6.40 Efecto de un foco de luz *fresnel* iluminando un ciclorama.

En otras ocasiones el fondo puede ser un material de tela, la cual crea volúmenes de luces y sombras y, por ello, es conveniente iluminarla frontalmente para crear un tono lo más uniforme posible (fig. 6.41).



Figura 6.41 Recreación de un tejido verde iluminado frontalmente sobre ciclorama verde.

Los fondos de tela deben estar tensados para que no se observen arrugas sobre su superficie (fig. 6.42), las que dificultarían la extracción, pero para una correcta extracción, lo más importante es que el fondo este iluminado uniformemente y expuesto de modo correcto. La exposición es, probablemente, la parte más importante a la hora de trabajar con substracción de cromas.



Figura 6.42 Arrugas de fondo de tela que dificulta la extracción.

6.1.5. PROCEDIMIENTO Y RECURSOS PARA LA EXTRACCIÓN DE COLOR.

La extracción se realiza siempre en base a un rango de color. Cuanto más amplio sea este rango, más cantidad de verdes la herramienta es capaz de seleccionar (fig. 6.43), pero al mismo tiempo selecciona también una serie de píxeles (especialmente en el cabello), denominados sub-píxeles (fig. 6.44), y que se fusionan con el fondo al mostrarse de color verde más oscuro. Por ello, el contraste, basado en la saturación del fondo, debe ser lo más evidente posible.



Figura 6.43 Rango de color sobre el que se consiguen las extracciones de pantalla verde.



Figura 6.44 Sub-píxeles resultado de una mala iluminación y extracción del fondo verde.

Para que esté completamente saturado debe exponerse al 50%. Pueden usarse señales de tipo cebra (fig. 6.45), que incorporan algunas cámaras de vídeo, para saber cuándo se sobreexpone, o subexpone la escena y encontrar el valor medio entre números f. También se

puede capturar un fotograma, y mediante un programa como *Photoshop* analizar el canal verde y ver qué porcentaje de luminosidad tiene en relación al resto de canales. En teoría, el canal verde de un fondo croma del mismo color debería mostrarse completamente iluminado, y el canal rojo y azul totalmente, o casi apagados (fig. 6.21).

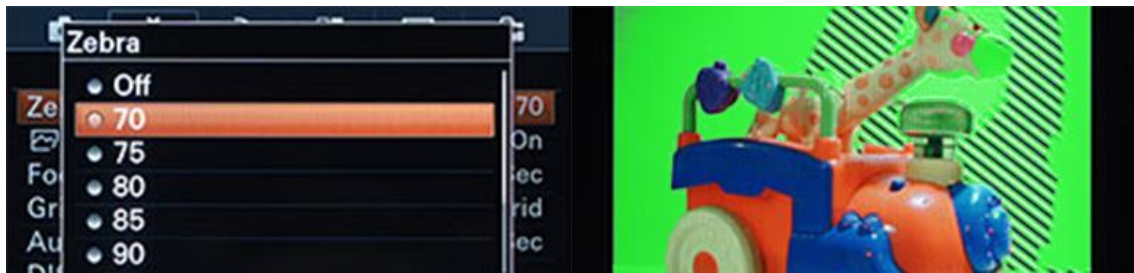


Figura 6.45 Patrón de cebras, que algunas vídeo-cámaras muestran, para indicar la exposición media.

Otra herramienta que puede ayudar a entender la exposición correcta es un vectorscopio con el que ajustar la exposición de la cámara a 125 md, solo en la onda del canal verde. Se pueden usar aplicaciones como *Adobe On Location* (fig. 6.46), que permite calibrar la cámara antes de grabar y además visualizar cada canal y su espectro independientemente, mientras se abre y se cierra el iris de la videocámara.

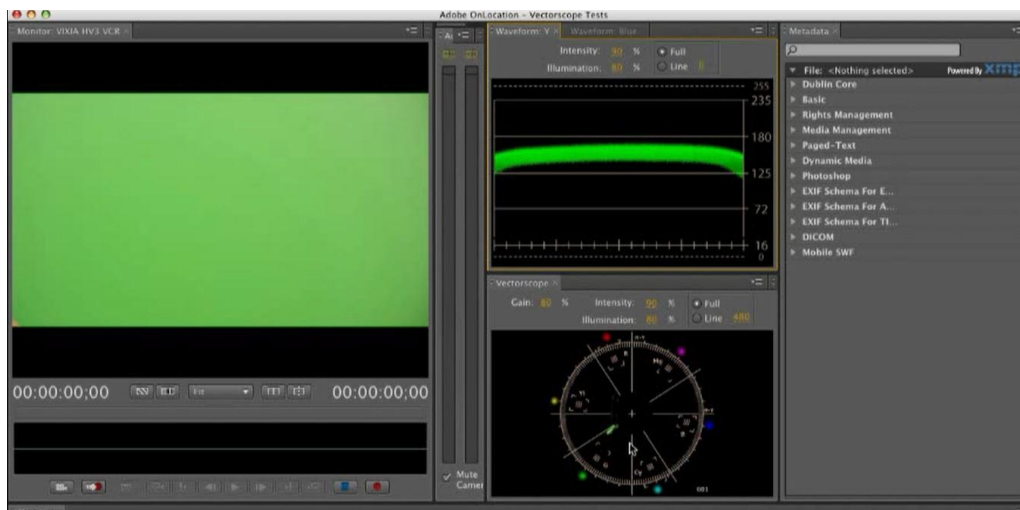


Figura 6.46 Vectorscopio de *Adobe OnLocation CS3*.

6.1.6. PROPIEDADES DE LOS ESCENARIOS VIRTUALES PARA LA EXTRACCIÓN DE COLOR.

Los fondos verdes no sirven si se quiere grabar un cuerpo entero (fig. 6.1). En algunas ocasiones, además de fondos desenrollados, se usan plataformas del mismo color sobre las que el actor pisa (fig. 6.47), pero estas acaba provocando un contraste en el verde que lo hace más difícil de sustraer. En cambio, un ciclorama es un escenario virtual que ocupa suelo y paredes de un color uniforme (fig. 6.2).



Figura 6.47 Pasarela sobre las que actuar en un escenario de color uniforme.

Lo primero que hay que tener en cuenta a la hora de trabajar con cicloramas es el tamaño del escenario. Es cierto que a mayor tamaño, la cámara y el actor pueden moverse más libremente (fig. 6.48), pero también serán necesarios más materiales, esto es, más fuentes de luz y litros de pintura verde si hay que pintarlo, algo a tener en cuenta en la elaboración de un presupuesto.



Figura 6.48 Tamaño gigante de un escenario, que permite mayor movimiento a los actores

Aun así, hay que grabar en un escenario lo suficientemente grande para la toma, especialmente con ángulos de cámara abiertos y contrapicados, en donde la escasa altura del ciclorama no cubra el área detrás de la cabeza del actor (fig. 6.49). O cuando el actor tenga que caminar unos cuantos pasos, por ejemplo.



Figura 6.49 Ciclorama de poca altura, o ángulo de cámara demasiado pronunciado, o las dos situaciones a la vez.

Hay, también, que señalar, que el actor no puede acercarse demasiado a las paredes del ciclorama, ya que bloquearía las luces que iluminan el escenario. Lo ideal sería situar al actor en un área donde apenas rebote luz verde, lo que no depende del tamaño del ciclorama, sino de su posición sobre el escenario.

Los únicos elementos que están determinados por el tamaño del ciclorama son las luces y la pintura. Alquilar un plato es la mejor opción, pero éstos, normalmente están más pensados para la fotografía, que para los efectos especiales y el vídeo (fig. 6.50). Siempre se pueden pintar, con lo que hay calcular solo el coste de la pintura y aprovechar, en cambio, los elementos de iluminación que ofrezca el plato de grabación ya instalados y listos para usarse.

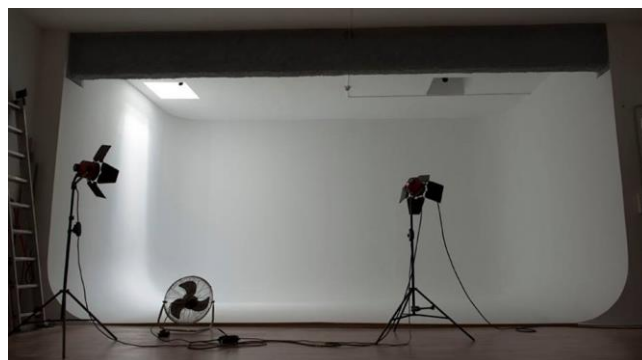


Figura 6.50 Ciclorama en forma de U concebido para fotografía.

Existen multitud de pinturas en el mercado, algunas específicamente para substraer fondos. Hay que elegir la más adecuada, junto a una correcta manera de aplicarla, para lo cual hay que contratar a un pintor profesional cuyo coste se añadirá al presupuesto. Muchos platos ofrecen este servicio, pero si lo hace uno mismo hay que contar con un día más de alquiler para pintarlo y esperar a que se seque.

Si son necesarias las marcas adhesivas sobre el croma, se pueden pegar a la mañana siguiente, y una vez que el escenario esté preparado, no habría que modificarlo más durante el rodaje, salvo para repintar alguna mancha o huella sobre el verde.

En realidad la construcción de un escenario virtual no es demasiado costosa para un tamaño medio de 20 metros cúbicos. Existen diferentes maneras de construirlo, más o menos elevadas en cuanto a presupuesto, pero no a calidad, pues con materiales no tan profesionales se pueden conseguir resultados igualmente óptimos para trabajar en posproducción.

Por ejemplo, un garaje, un desván, puede ser un buen lugar donde construir uno. Los espacios tienen un determinado límite diáfano, inclusive las naves o fábricas, en algún punto de su arquitectura tienen columnas o vigas de apoyo a la cubierta, lo que bloquea la visión y condiciona el ángulo de cámara. Pero partiendo de estos 20 metros cúbicos de espacio diáfano compuesto de dos paredes de 4x2 m y 5x2 m cuadrados en ángulo de 90°, habría que conseguir el menor contraste entre suelo y paredes, lo que se consigue con una unión en curva, de estos elementos, al menos medio metro de radio, obteniendo así una transición suave entre suelo y paredes.

Se pueden utilizar paneles de contrachapado de 0'3 mm (flexibles y resistentes), sobre las esquinas del espacio (fig. 6.51). Hay que clavarlos para fijar su posición, pero pueden estar encastrados unos con otros aportando consistencia a la estructura y estableciendo un tope con un listón sobre el que se fijan.

Las uniones de las esquinas pueden ser rellenas con papel o cualquier otro elemento de relleno y posteriormente, rellenarlo de pasta de emplastecer acrílica que acabe la forma y le dé la curvatura final. La misma pasta es necesaria para cubrir los clavos y tornillos utilizados para fijar los contrachapados, aunque siempre se pueden fijar con pegamento o cola de contacto.



Figura 6.51 Construcción de las uniones entre pared y suelo del ciclorama.

Si hablamos de pinturas, como ya mencioné, existen específicas como la de la marca *Rosco Digipaint*, que ofrecen la máxima saturación en estos tonos (fig. 6.52). Pero no siempre la opción más cara, es la mejor. Depende de cómo se use. Es cierto que si comparamos esta pintura con una convencional, ofrece más brillo y saturación. Lo que tiene un inconveniente si no se dispone de grandes medios para el escenario (luz y focos). Sin embargo, al ser tan saturada hay que encontrar una exposición media que acaba por subexponer el primer plano o modelo de la imagen. Lógicamente, con suficientes focos que iluminen al actor se corrige la falta de luz, pero si no se dispone de suficientes focos habrá que abrir el iris y el fondo se sobreexpondrá y dejará de ser verde neutro.

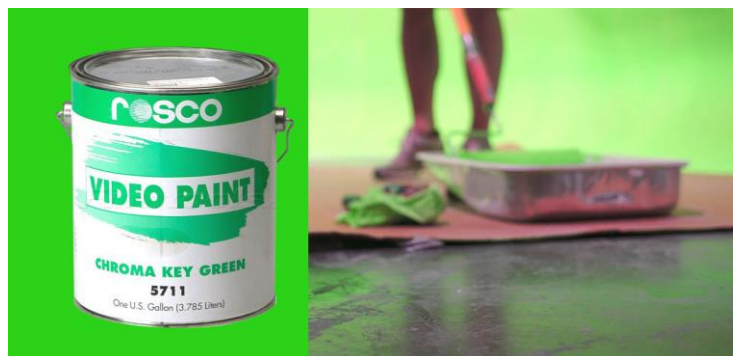


Figura 6.52 Pintura comercial para extraer claves de color aplicada con rodillo de goma-espuma.

Tras mi experiencia, a lo largo de estas prácticas, he comprobado que tonos verdes no excesivamente saturados, resultaban más fáciles de exponer junto al modelo, que aquellos que

tenían un componente reflectante excesivo, como el que pueden ofrecer algunas cartulinas verdes fosforescentes (fig. 6.53).

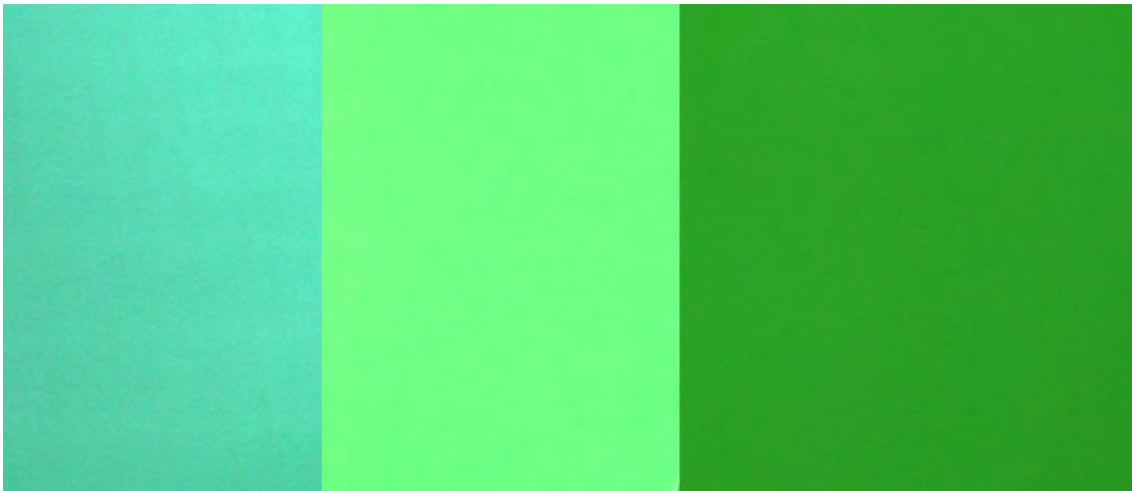


Figura 6.53 Distintas saturaciones en fondos y soportes para la extracción de color verde.

Aún con todo, una prueba que se puede realizar antes de escoger el verde definitivo, es a través de muestras de pintura, en cartas de color de la marca (fig. 6.54). Fotografiarlos todos juntos con una exposición media y, en un programa como *Photoshop*, comprobar cuál es el más verde de todos, siempre usando el balance de blancos de la cámara correctamente, claro está.

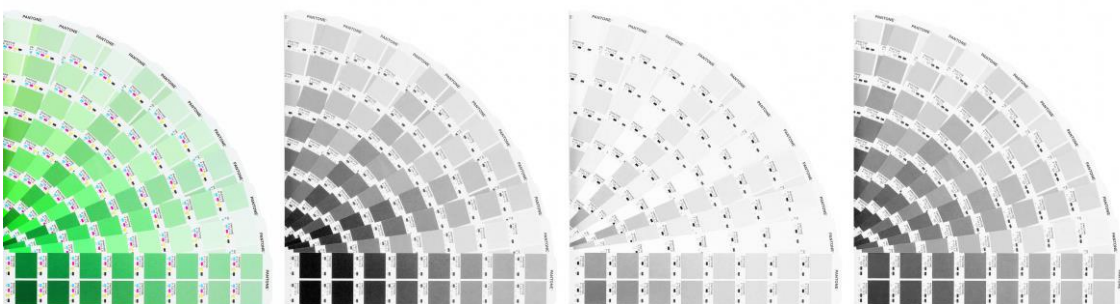


Figura 6.54 Carta de colores verde y sus respectivos canales rojo, verde y azul más, o menos, brillantes.

Otra característica de la pintura es que debe ser lo más mate posible, ni siquiera satinada, para evitar cualquier tipo de brillo en las uniones en curva del escenario (fig. 6.55). Un rodillo de algodón poco grueso es la mejor manera de aplicarla, ya que no provoca burbujas o grumos en la superficie.



Figura 6.55 Textura de la unión del ciclorama lo más mate posible.

Se deben aplicar al menos tres capas, pero si aun así se observan brillos en las esquinas en curva, siempre se puede añadir algún material de carga que haga más mate esa zona del escenario. Esta es la razón por la que algunos profesionales prefieren trabajar con telas, en vez de pintura, ya que su textura es plana y mate.

Algunos profesionales prefieren trabajar con una marca concreta, que ofrece toda una gama de productos para cromar con la misma tonalidad (fig. 6.56). Desde fondos de tela, vinilos para el suelo o cables verdes fáciles de eliminar en posproducción con una misma muestra de color.

DigiComp®
Materials For Digital Compositing

DigiComp is Russia's trade name for fabric, paint and tape precisely crafted to allow seamless compositing for film, video and digital use. In the modern compositing or matting process, images are overlaid on a surface for acceptance by a film or video camera. The success of the composited image depends directly on the luminance or brightness as well as the chroma or colour purity of the matte background. That's why backgrounds of DigiComp materials are so useful for film or television professionals.

DigiComp fabrics are 100% cotton materials impregnated with blue or green colour precisely matched to the DigiComp paints and tape. The paints are carefully developed pigments in a flexible vinyl acrylic binder for adhesion to a wide variety of substrates. The DigiComp tapes are non-reflective gaffers tapes which will not leave a sticky residue when removed.

Products in the range
DIGICOMP® PAINT

Figura 6.56 Gama de productos DigiComp con el mismo color para todos ellos. Azul para película y verde para vídeo.

Finalmente, el escenario debería estar lo más limpio posible, descalzándose al entra y pintándolo a la noche si hace falta, no por el día, ya que la pintura cambia de color al secarse.

6.1.7. ILUMINACIÓN DE LOS ESCENARIOS VIRTUALES PARA LA EXTRACCIÓN DE COLOR.

Cuando se ilumina un escenario virtual hay una tendencia a aplanar al modelo con luces que no generan sombra en él, sobre todo, cuando en ciclorama no se desea proyectar sombra del actor sobre el suelo y dos luces a cada lado las neutralizan. Hay que tener cuidado con ello, ya que al integrarlo (fig. 6.57) con otro fondo se produce un salto visual entre los elementos y las imágenes que se quieren integrar.



Figura 6.57 Integración del guerrillero sin apenas volumen e iluminación plana.

Otro elemento a tener en cuenta en la iluminación de escenarios virtuales del tipo ciclorama, es que hay que iluminar las paredes desde el techo y no desde los lados como con las pantallas de fondo. Sin embargo, esto crea uno o varios puntos más iluminados que el resto (fig. 6.58), en la parte más alta del muro y también en las esquinas redondeadas, y el objetivo es siempre

una iluminación lo más uniforme posible. Para ello habrá que añadir más luces al escenario que rellenen uniformemente las partes en sombra.

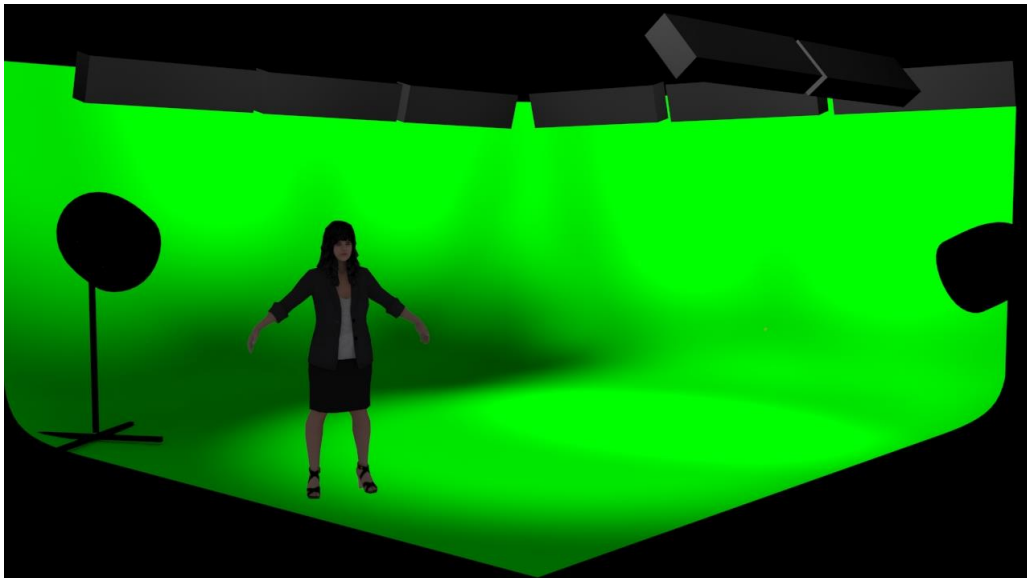


Figura 6.58 Ciclorama mal iluminado y que dificulta la extracción del modelo.

La profundidad de campo limitada (fig. 6.59), así como el desenfoque del movimiento (fig. 6.60) de un actor interpretando, no son elementos que beneficien la sustracción. Por ello, se recomendaba al principio obturaciones altas, que no generan mucha estela en la imagen. Junto a ópticas con mucha profundidad de campo y capacidad de estar en foco en todo momento.



Figura 6.59 Elemento grabado con poca profundidad de campo sobre fondo verde.



Figura 6.60 Elemento grabado con baja obturación sobre fondo verde.

En este punto, hay pensar en el tipo de temperatura de color que se quiere usar en la grabación para las luces. No importa que temperatura elegir si es la misma para todos los focos. En caso de usar distintas temperaturas (de distintos focos), se pueden igualar con filtros de color, pero en general no es una buena opción, ya que puede producir resultados desiguales e imprevistos al realizar la sustracción. Además, es mejor usar la temperatura natural del foco y ajustarla en posproducción si se quiere introducir otra dominante.

Los fluorescentes son las mejores luces para iluminar los escenarios virtuales. Disponen de una amplia gama de temperatura, incluso algunos específicamente para iluminar fondos croma con una dominante verde que, obviamente, solo sirven para iluminar el ciclorama y no al modelo (fig. 6.61). Tienen una distribución suave de la luz en todas direcciones, no generan apenas calor y son más económicos que otras fuentes luz.



Figura 6.61 Fluorescentes de la marca *Kyno Flo*, con dominante verde (izq.).

Una de las características a tener en cuenta con los fluorescentes es que tengan una frecuencia de 10.000 a 50.000 hertzios, y evitar así que su luz parpadee por una tasa o frecuencia de emisión inadecuada a cámara. Además, se debería pensar en la temperatura de color de los fluorescentes, igualándola a los focos que vayan a iluminar el modelo. Cinco mil grados kelvin es una temperatura adecuada para luz blanca de exteriores.

Existen también, bombillas de luz continua con esta misma temperatura, que generan luz difusa en combinación con difusores y reflectores de fotografía de estudio muy distribuidos y suaves (fig. 6.62). Todos los fluorescentes tienen un grado de interpretación del color, una calidad. Es recomendable usar buenas marcas y fabricantes que aseguren una emisión continua y de calidad.



Figura 6.62 Equipo de iluminación con lámparas de luz blanca continua y difusores.

La ventaja de los fluorescentes es que al tener un área de emisión grande, producen sombras suaves (lo que realmente se busca en integración), más que sombras duras y definidas que no resultan del todo estéticas. Estas sombras (fig. 6.63) suaves, alrededor de las patas del perrito, generan un elemento de contacto que de otra manera haría parecer al elemento flotando sobre el fondo, aunque más adelante se tratará como filmar sombras duras sobre suelo verde y extraerlas.

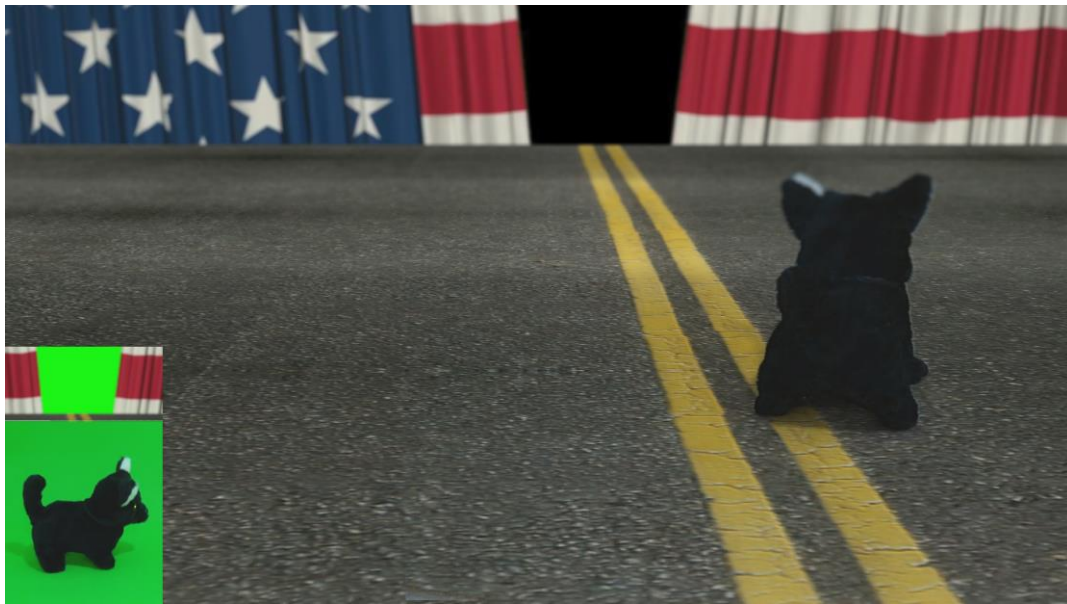


Figura 6.63 Sombra de contacto sobre ciclorama verde.

Volviendo a la disposición de los focos y a su forma de emisión, se había comentado como la luz de los fluorescentes se concentran especialmente en las partes altas de la pared. Se pueden usar luces que incorporan reflectores simétricos dentro de la fuente. Estos tienden a iluminar más abajo de su orientación perpendicular. Sin embargo, se obtienen mejores resultados si a un conjunto de fluorescentes en batería se le añade (fig. 6.64) una rejilla difusora que haga las veces de filtro.



Figura 6.64 Rejilla difusora para batería de fluorescentes.

Aun así, es probable que zonas del escenario sigan subexpuestas y las esquinas sigan más iluminadas que el suelo y parte de la pared. Para ello hacen falta luces dirigidas específicamente hacia estas zonas. Estas pueden estar situadas detrás de los fluorescentes en

una segunda línea o batería de focos, también por encima del escenario. Se pueden usar focos de *fresnel* (fig. 6.65), pues es más fácil dirigir y concentrar la luz con ellos, pero nuevamente, hay que tener en cuenta la temperatura de color (puede ser necesario usar filtros correctores para igualar a la temperatura de los fluorescentes).



Figura 6.65 Luz de tipo *fresnel* iluminando parte del escenario con un haz dirigido.

Las viseras de este tipo de focos ayudan a dirigir la luz específicamente a un área, lo que se busca para iluminar esas zonas desiguales, pero cualquier elemento de tipo visera que permita orientar la luz servirá (siempre que no resulte peligrosa la manipulación de estos elementos al llegar a una temperatura excesiva). Existen lámparas esféricas de luz blanca de día que no alcanza temperaturas excesivas, y con cartulinas negras se puede controlar la dirección de los rayos que emiten. Aun así, es recomendable usar guantes adecuados y extremar las medidas de precaución cuando se trabaja con electricidad.

Además de estos sistemas de iluminación encargados de iluminar las áreas oscuras que los fluorescentes no cubren, hay que disponer luces que iluminen el suelo del ciclorama. Sin embargo, la luz que iluminará al modelo también lo hará en el suelo. Por ello, habrá que iluminar el escenario con el actor primero o, en su defecto, un doble con el mismo vestuario.

Dos focos portátiles (fig. 6.66) y con difusores blancos son necesarios para apoyar a las luces principales que pueden provenir de un lateral del ciclorama en L, por medio de baterías de fluorescentes, simulando la luz principal de la escena en lo alto del escenario, como el resto de los fluorescentes que iluminan la pared, pero éstos, en cambio, dirigidos hacia el suelo y el modelo.



Figura 6.66 Esquema de iluminación de un ciclorama.

Sin embargo en la realidad la luz no se comporta de un modo tan fijo y estable, y harán falta por lo menos un par de las luces portátiles con pie de foco, para ser repartidas por el escenario e iluminar al modelo (fig. 6.62).

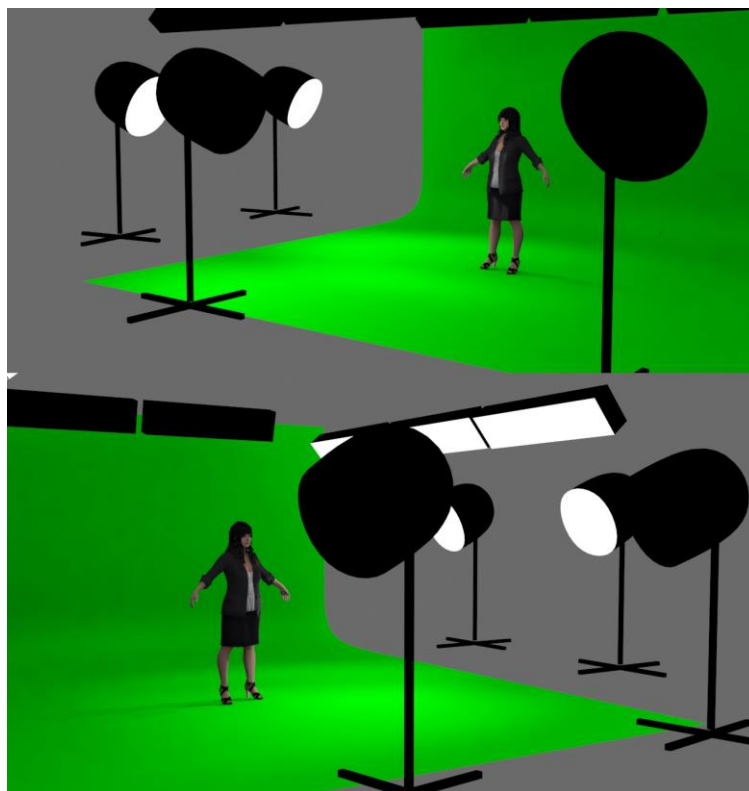


Figura 6.67 Grabación e iluminación desde ambos lados del ciclorama.

Si el modelo y la secuencia requieren demasiado movimiento por el escenario, serán necesarios más focos portátiles que rellenen de luz principal todo esa área de interpretación. En realidad, se pueden disponer luces principales a ambos lados del ciclorama en L (fig. 6.67), y apagarlas y encenderla en función del ángulo de grabación.

Las luces principales portátiles, ayudantes de las fijas en el techo, se deben situar a una altura media en relación al cuerpo del modelo. Pero esta disposición va a provocar cambios en la iluminación del suelo y nuevamente, se hace indispensable más luces dirigidas que rellenen y corrijan áreas de iluminación irregular. Por último, se puede añadir alguna luz de contra hacia el modelo, que le ayude a resaltar del fondo y construya una silueta más definida (fig. 6.68).



Figura 6.68 Iluminación de contra sobre la actriz para resaltarla del fondo.

En resumen, la iluminación de un escenario virtual de color verde o azul, debería ser, primeramente, iluminar las paredes homogéneamente. En segundo lugar, disponer la luces principales generales sobre el techo, las específicas, más bajas y portátiles. En el ciclorama hay que iluminar zonas que estén en sombra o en penumbra con luces de objetivo dirigidas. Y finalmente, añadirle detalles a la iluminación del modelo.

Las integraciones entre imágenes de distinto medio han de resultar similares en iluminación. Por ello, habrá que tener en cuenta cual es la iluminación del fondo sobre el que va a componerse al actor. Si este fondo puede cambiar su iluminación y adaptarse durante el proyecto, o en cambio es un material de vídeo ya grabado y con una iluminación específica. Por ello, lo que no se debe hacer es iluminar de una manera plana (fig. 6.57) al modelo, y que no responda al contraste e iluminación del fondo de la composición.

Este tipo de iluminación plana, es en cambio adecuada para publicidad, en donde la luz viene de frente y apenas genera sombras en el modelo. En este caso se puede iluminar el ciclorama lo más homogéneamente posible y ver si funciona para el modelo (fig. 6.53). Otra manera de hacer que la luz rebote en todas direcciones es con un techo retro-iluminado que rellene de luz todo el escenario virtual, sin embargo, este tipo de luz no permite un control o modelado con ella. Y por último y más importante: Solo hay que tener en cuenta la parte posterior al actor y que solo va a aparecer en la secuencia.

6.1.8. ELEMENTOS, RECURSOS Y PROCESO PARA LA EXTRACCIÓN DE COLOR EN ESCENARIOS VIRTUALES.

Hay que evitar cualquier elemento en el escenario que sea del mismo color que el fondo (fig. 6.27). Si bien es cierto, que pueden usarse máscaras (fig. 6.69) que excluyan de la substracción el elemento (fig. 1.23). Pero en cuanto se produce movimiento, especialmente de perfil, hay que animar la máscara a mano, lo que supone una tarea extra que fácilmente se puede evitar.

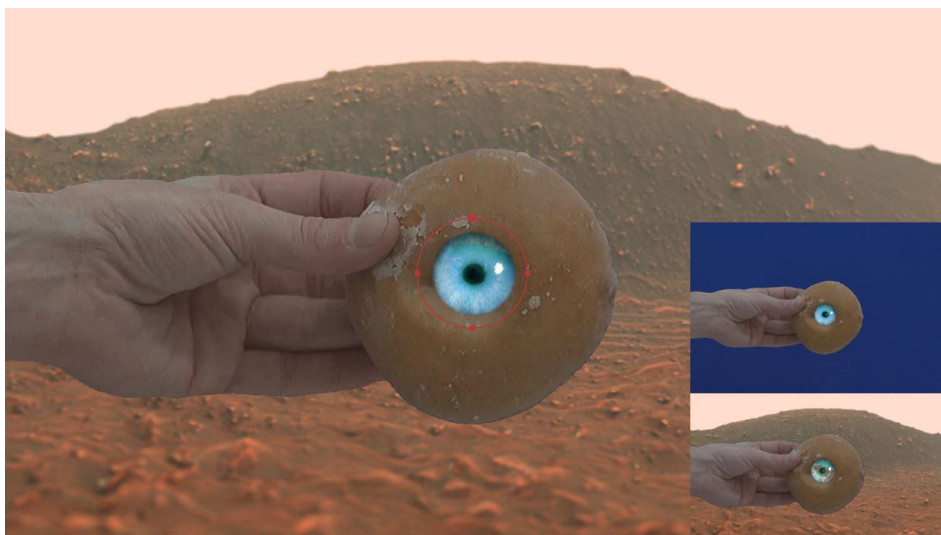


Figura 6.69 Elemento azul sobre el modelo que hay que enmascarar y animar a mano.

Otro de los elementos que hacen que no se obtenga una silueta mate del modelo, es la luz verde rebotada sobre la ropa o piel del actor (fig. 6.70). Ello obliga a contrastar el canal mate

deducido a partir del efecto croma, reduciendo la entrada de las luces y las sombras, hasta obtener una silueta blanca sobre fondo negro. Sin embargo los perfiles se contrastan y se observan píxeles con esta operación. Más adelante se hablará del proceso y la técnica de extracción de color.



Figura 6.70 Pérdida de detalles en el perfil del cabello, producto de la luz rebotada sobre él.

Las reflexiones tampoco son buenas para esta técnica (fig. 6.71), ya que crean áreas transparentes en el interior de la forma o silueta que se pretende extraer. Cualquier superficie cromada o reflectante, como un espejo, un plástico, o un metal, reflejarán total, o parcialmente parte del escenario verde.

Siempre se puede enmascarar la zona con un trazado. En la imagen (fig. 6.72) se puede ver un ejemplo de, como el color verde del fondo se refleja en la trompeta por diversas zonas, que deben ser enmascaradas a mano, especialmente laborioso si los objetos se mueven y si los reflejos se producen en las aristas del mismo y no el interior de la forma.



Figura 6.72 Máscaras para evitar que la extracción del croma borre partes del instrumento.



Figura 6.71 Reflexiones del fondo verde sobre la pintura metálica del juguete.

Siempre que estos reflejos se produzcan en el interior de una forma (fig. 6.73), en una toma de cámara fija con elementos estáticos, estos serán fáciles de enmascarar, los reflejos verdes en la forma no supondrán un problema. De todos modos, el uso de objetos con reflejos como vidrios, cristales o espejos, genera más inconvenientes que ventajas, ya que reflejan parte del escenario, como los focos, técnicos, y no aportan gran información del entorno. Más adelante

comentaré como se pueden trabajar los reflejos del entorno virtual, o no, en posproducción mediante rastreo de marcas.



Figura 6.73 Dibujando una máscara que aisle partes del modelo del efecto de clave de color.

Pero los reflejos de entorno se pueden simular en movimiento con técnicas más tradicionales. Por ejemplo, con retro-proyecciones detrás del objeto, o luces y espejos que sobrevuelen el modelo y hagan que parezca estar en movimiento (fig. 6.74). Son trucos clásicos empleados desde hace años en el cine, pero siguen siendo efectivos y aportan una irrealidad diferente a la del medio digital.



Figura 6.74 Técnicas tradicionales para proyectar reflejos sobre el coche y simular que se desplaza.

Las superficies satinadas generan también, problemas en la substracción cuando cambian de ángulo al moverse y reflejan el verde del escenario. También ocurre con algunos tejidos, partes que acaban transparentándose porque reflejan inevitablemente parte del verde (fig. 6.70), lo que no será creíble con un jersey de lana grueso. Con todo, hay que realizar pruebas de vestuario antes de la grabación, y ver cuáles son los tejidos que, ajustándose a la estética

buscada, no reciben verde reflejado del escenario. Algunos elementos como la seda semitransparente pueden resultar un reto en posproducción, pero ninguno de los casos anteriormente mencionados son irresolubles con las técnicas de substracción cromática que a continuación se detallan.

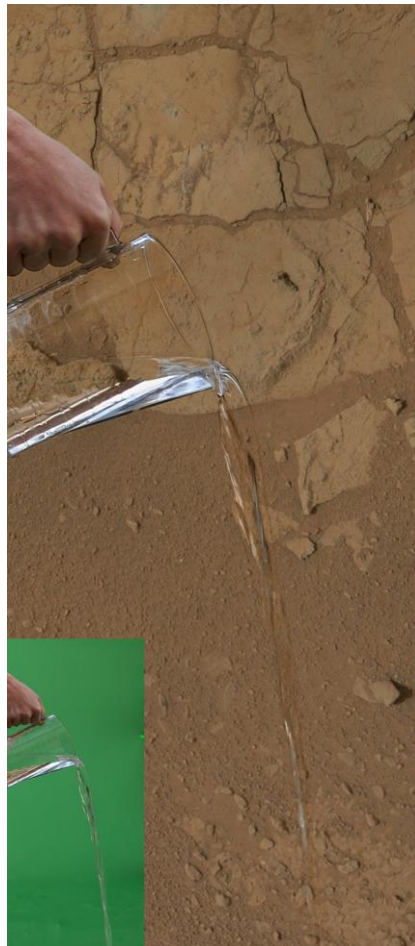


Figura 6.75 Extracción de elementos transparentes con *Keylight-The Foundry*.

La substracción tiene un área de transición entre la zona opaca y la zona transparente, lo que se conoce como calado. Si el objeto contiene un alto grado de transparencia, como en el caso de la jarra de agua (fig. 6.75), para encontrar una transición suave entre las áreas transparentes del interior y los contornos oscuros del borde, se ajusta el caldo entre estos dos.

Especialmente, con los objetos semitransparentes no es conveniente que estén tintados, pues cuanto más tinte, más reflejan el escenario, y lo que tienen que reflejar es, más bien, el entorno de la composición.

Por otro lado, los vidrios que reflejan parte del entorno, como puede ser la ventanilla de un coche (fig. 6.76), pueden aprovecharse como parte de la composición. O por ejemplo, el cristal de un escaparate que refleja la calle, y en donde se ha colocado un fondo verde. En este caso, que el vidrio esté tintado y refleje parte del entorno, no es un problema, ya que lo integra y hace más realista en la composición.

Aun así, las reflexiones del entorno deben ser moderadas, ya que si se refleja demasiado en el objeto acaba por bloquear visualmente el verde del fondo, dificultando o haciendo imposible la sustracción. Se puede usar, en estos casos, un filtro polarizador, o directamente grabar sin vidrio y recrearlo, después, en posproducción, opción que permite, además, animar el reflejo y simular que el objeto está en movimiento.



Figura 6.76 Utilización de los reflejos en la ventanilla trasera como parte de la composición.

La sustracción de humo (fig. 6.77), o elementos atmosféricos como niebla, también es una de los elementos que los actuales efectos de sustracción de color permiten trabajar bien, pero nuevamente, las transiciones y transparencias de esto elementos pueden hacer aparecer aristas y bordes contrastados sobre la forma. Igualmente, con un ajuste adecuado del calado entre transparencia y opacidad se puede solventar, pero hay que mencionar que estos resultados son más visibles sobre fondos claros, especialmente con máquinas de humo o niebla.

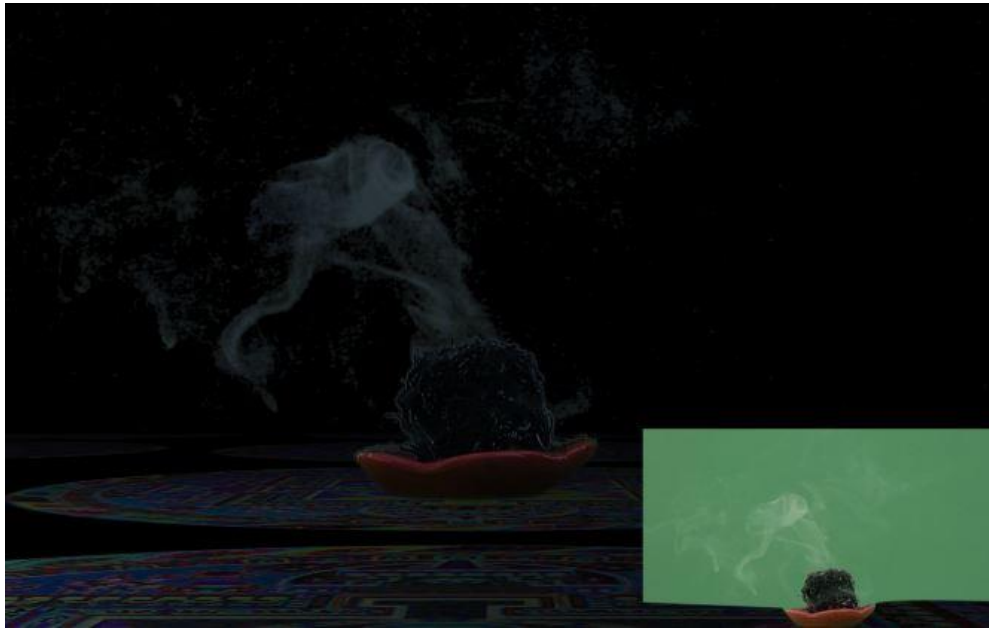


Figura 6.77 Humo filmado sobre fondo verde y extraído con *Keylight*.

El desenfoque de movimiento (fig. 6.60) que los actores dejan en forma de estela en algunos fotogramas, cuando el movimiento es rápido, también genera un área de transición entre el tono de la piel y el verde del fondo, que da como color un verde oscuro interpretado como semitransparente. Por ello, es recomendable grabar con tiempos de obturación rápidos que no dejen estela, y posteriormente, componer sobre fondos oscuros.

La profundidad de campo (fig. 6.59), también supone un problema para la extracción de croma verde. Lentes con una apertura alta generan desenfoques en determinados planos de la imagen que la herramienta de sustracción no interpreta adecuadamente. Por otro lado, la profundidad de campo y desenfoque de las lentes de cámara pueden ser imitadas en posproducción, por lo tanto, es recomendable grabar la toma con lentes focales con mucha distancia de enfoque y aperturas lo más bajas posibles.

Para evitar el desenfoque de los elementos, especialmente si se trata de marcas de rastreo sobre el croma verde (tema que trataré al final del siguiente capítulo), es mejor grabar en vídeo digital que en película de cine, ya que los formatos de sensor de vídeo ofrecen más profundidad de campo y enfoque. Lo que puede resultar poco artístico o cinematográfico, por lo enfocado de la imagen en toda su área, pero que en ninguna medida afecta a la composición final, si se trata de un ciclorama con marcas para rastrear en posproducción y eliminar posteriormente.

Si por el contrario, la profundidad de campo es un elemento estético irrenunciable, siempre se puede grabar independientemente en dos tomas a cada imagen, para componerse después en dos capas independientes y aplicar a una de ellas algún tipo de desenfoque. Esta técnica solo se puede realizar, no obstante, con tomas fijas o con control de movimiento de cámara, técnica avanzada de grabación real programada que ya se comentó (fig. 5.21).

A menudo, cuando se trabaja la extracción de un croma en un material de archivo (sobre todo si este es complejo y presenta diversas partes con diferente textura, reflejo o transparencia), un solo efecto de sustracción no sirve para todo el elemento, ya que algunas zonas, como el cabello de un actriz, su vestido, requieren unos ajustes diferentes. La manera de trabajar esta clase de secuencias es por medio de varios efectos aplicados sobre distintas capas de la misma imagen que, por medio de máscaras (fig. 6.78), dividen la forma en elementos con los que aplicar el efecto en cada uno de ellos. De esta manera, una parte de la sustracción no afecta sobre la otra y viceversa.

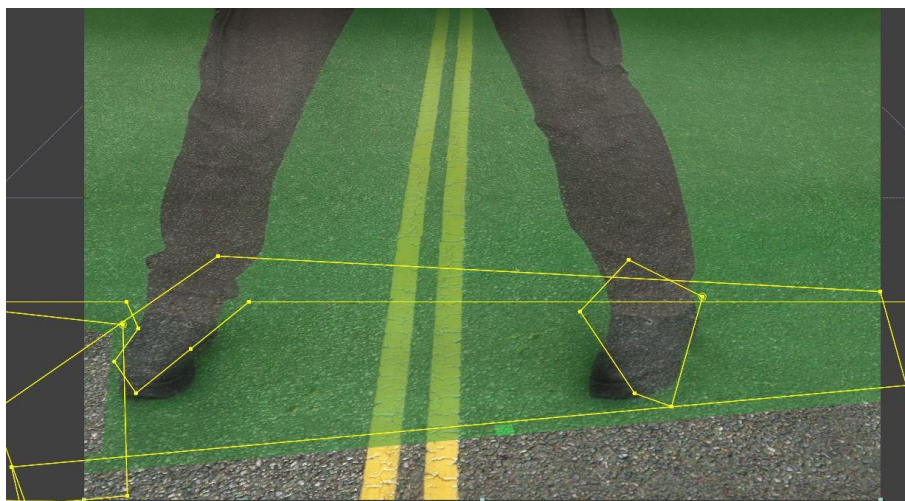


Figura 6.78 Conjunto de máscaras de trabajo que intervienen en la extracción por partes.

La luz verde rebotada de las pantallas y, especialmente, de los cicloramas, son uno de los inconvenientes que casi siempre se tienen cuando se trabaja con esta técnica. Obviamente, los efectos que hoy en día se usan, tienen ajustes que permiten eliminarlo. El problema derivado de su supresión es la variación tonal de algunos colores, especialmente el amarillo (fig. 6.79) con fondos verdes y el magenta con fondos azules, pareciendo naranja el primero y rojo el último. Pero si no existe un diseño de arte específico para la toma, no tiene que resultar un problema, ya que al momento pasa desapercibido. Aún con todo, la imagen, con este tipo de efectos, puede corregirse cromáticamente, aunque, para ser exacto, acaba deteriorándose la información original.



Figura 6.79 Variación de la tonalidad amarilla tras aplicar el efecto de clave de color.

La luz verde rebotada sobre el cuerpo de un actor, como ya mencioné anteriormente, es un problema que solo se soluciona contrastando el área de transición entre la opacidad y transparencia del efecto aplicado., ocasionando que los vértices del cabello se contrasten y noten los píxeles contra el fondo transparente.

Por ello, hay que intentar eliminar esta luz verde rebotada sobre el sujeto en el croma. Una de ellas es aplicando en el escenario y sobre el modelo un haz de luz magenta sobre las zonas en donde el verde se muestre. El inconveniente es que este haz es dirigido y no difuso, como el verde y, aunque se elimine el verde por efecto complementario en algunas zonas, otras irremediablemente, se mostrarán magenta.

La única manera realmente efectiva de eliminar el color verde del modelo es con paneles o telas negras fuera de cámara que tapen el escenario (fig. 6.80), pero próximos al modelo, o apagando focos que no resulten necesarios y estén reflejando verde. Ya he comentado que el escenario croma solo debe tenerse en cuenta, en la medida en que entre en el plano de cámara. Y cualquier elemento ayudante, como una tela negra que absorba la luz verde y no refleje ninguna, puede extenderse a los lados o colocarse sobre el suelo, si es un plano medio, por ejemplo.



Figura 6.80 Telones laterales para bloquear y absorber luz verde reflejada.

Todas estas operaciones para bloquear el verde del ciclorama (extendiendo telas negras sobre el suelo y las paredes) acaban convirtiéndolo en un escenario fondo. Sin embargo, en términos de edición y montaje, los planos medios y primeros planos son más habituales en una narración cinematográfica (más que planos generales). Y las exposiciones que podemos obtener a nivel de iluminación y captación digital con fondo verde son mucho más sutiles y variadas que las que se obtienen en ciclorama, en donde es imposible iluminar el escenario sin iluminar también al modelo.

Finalmente, los colores que se muestren en la ropa de los actores deberían ser negros, que no reflejan color alguno. O rojo, donde apenas se produce reflejo verde del escenario. El blanco y el verde, en cambio, reflejan más este color, y sería absurdo trabajar con ellos. Por eso, en una producción de cine, estos detalles tienen que ser tenidos en cuenta desde el inicio de la misma, coordinando los departamentos de arte, producción y posproducción antes de rodar.

6.2. AJUSTE DEL MOVIMIENTO SOBRE ESCENARIOS VIRTUALES.

En este apartado se va a tratar todo lo relativo a los escenarios virtuales, escenarios croma, y su uso con la técnica de ajuste de movimiento. Componer formas 3D con fondos 2D, no es muy diferente de componer formas 2D sobre fondos 3D. Sin embargo, hay algo que distingue los rastreos de movimiento sobre escenarios virtuales croma, de los que se realizan sobre escenarios reales. La mayoría de estos últimos contienen mucha información de textura con la que se puede analizar el movimiento fácilmente. Pero en un escenario virtual no hay elementos

que rastrear, solo un color verde liso de fondo. Por ello, es necesario situar marcas sobre el escenario (fig. 6.81 izq.), para que el software tenga algo que rastrear. Ya que en caso de que no existan (fig. 6.81 dcha.) no habrá manera de rastrearlo en posproducción.

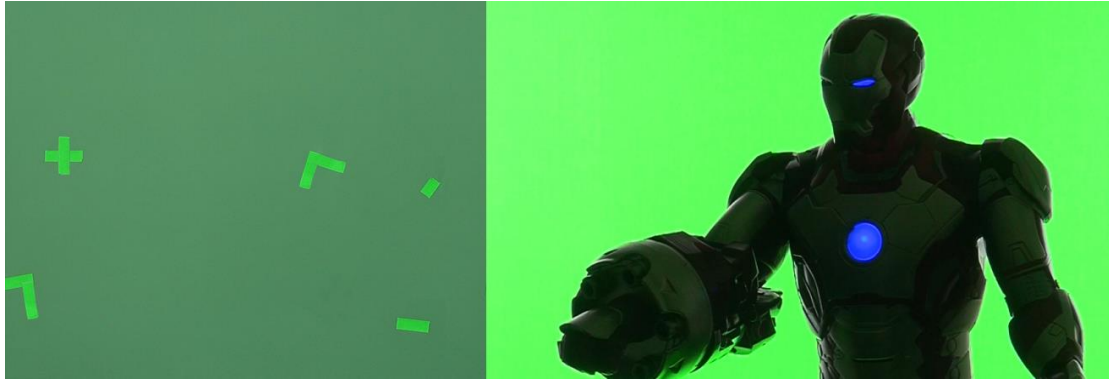


Figura 6.81 Fondo con (izq.) y sin nada (dcha.) que rastrear.

6.2.1. DISEÑO DE ESCENARIOS VIRTUALES Y REALIZACIÓN PARA AJUSTAR EL MOVIMIENTO DE UNA SECUENCIA.

Como ya se mencionó, ajuste de movimiento es una técnica diferente al rastreo en 2D, requiriendo de paralaje de cámara. Las marcas pueden ser diferentes en cuanto a color, forma, material, pero quizá más importante, que esto, es su ubicación sobre el escenario, conceptos algo técnicos que se explican a continuación.

Aun así, primeramente hay que elegir un color para las marcas. Cuanto más contraste (blancas, negras) mejor se va rastrear. Sin embargo, hay que tener en cuenta, que sobre la imagen se va a aplicar un filtro de substracción croma, y las marcas negras no van a desaparecer sin que también lo haga el cabello moreno del actor, por nombrar un elemento, o sus zapatos (fig. 6.82), otro. Siempre podrían borrarse a mano con máscaras, pero sería un trabajo excesivo e innecesario.



Figura 6.82 Marcas de alto contraste buenas para rastrear, pero que afectan al vestuario del modelo cuando se extrae con clave de color.

Por ello, existen mejores maneras de hacerlo en base a otro color fácil de sustraer, el azul. La técnica consiste, entonces, en sustraer primero el color de la marca azul (fig. 6.83) y, después, el verde del fondo o ciclorama. El inconveniente de la técnica es, que al usar otro color para la sustracción, éste no puede ser usado en la ropa del modelo y, por otro lado, algunas vídeo-cámaras de poca calidad no son capaces de registrar este cambio tonal tan saturado, entre verde y azul (el efecto de sustracción croma deja una línea de píxeles alrededor de la marca que se muestra en la composición final).

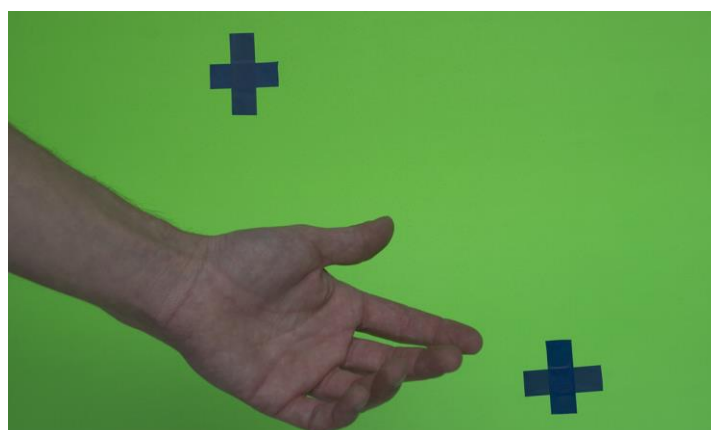


Figura 6.83 Marcas azules sobre fondo verde es una opción para el color de las marcas si se dispone de una buena vídeo-cámara.

También se comentó, en relación a la profundidad de campo y el desenfoque de lente, que las marcas, especialmente si son de otro color distinto al fondo (fig. 6.84) y están fuera de foco, no se sustraen correctamente. Y un halo de su color permanece en el fotograma cuando se sustrae con el efecto.



Figura 6.84 Marcas desenfocadas imposibles de rastrear.

Otra solución es usar marcas del mismo tono que el fondo, pero más claras u oscuras (fig. 6.85). Sin embargo, un solo efecto de sustracción no elimina el fondo y las marcas a la vez. Hace falta aplicar dos veces el efecto sobre la imagen y aceptar que, en determinadas zonas en las que el modelo y la marca se cruzan en el fotograma (fig. 6.85), se producirá un recorte con píxeles evidentes en ese área del modelo al coincidir con la marca durante un tiempo.

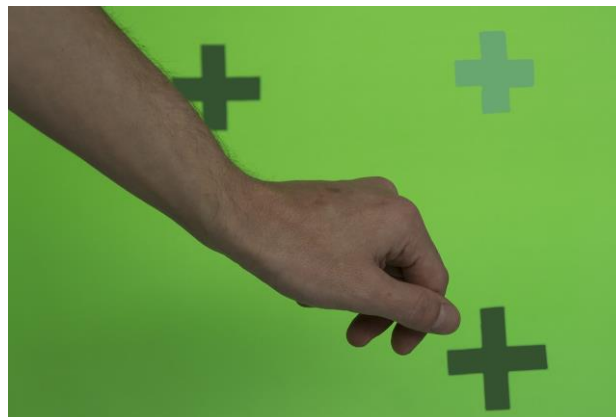


Figura 6.85 Marcas de mismo tono y diferente contraste.

Por ello, la técnica definitiva sería primero aplicar un efecto de sustracción en base al verde del fondo. En segundo lugar, otro efecto a otra capa de la misma imagen duplicada, con otros ajustes que eliminen las marcas. Y, finalmente, enmascararlas para que el resto del modelo de esta capa no sea visible.

Las marcas del mismo tono que el fondo tienen la desventaja de ser difíciles de sustraer en zonas del escenario en sombra (fig. 6.86), para lo cual, se pueden hacer marcas especiales para estas áreas en oclusión (teniendo un mayor, o menor brillo que el resto). Para ello, se puede usar cinta adhesiva de papel sobre la que pintar con rodillo un tono distinto.



Figura 6.86 Marcas en oclusión por la sombra proyectada del modelo.

En cuanto al aspecto de las marcas (fig. 6.87), existen muchas de diferente forma. Cuadradas, en cruz, triángulos, círculos con cruces. En realidad, las marcas necesitan esquinas que sean visibles a cualquier tamaño o distancia de foco. Las formas con ángulos (cuadros, triángulos) son las que tienen esquinas más definidas a cualquier distancia (fig. 6.88), a diferencia de los puntos, cuyo perímetro no ofrece ninguna esquina si cambia de tamaño con respecto a cámara. Y en la técnica de ajuste del movimiento, a menudo se producen movimientos que cambia el aspecto de las marcas.



Figura 6.87 Distintas formas de marca de rastreo.

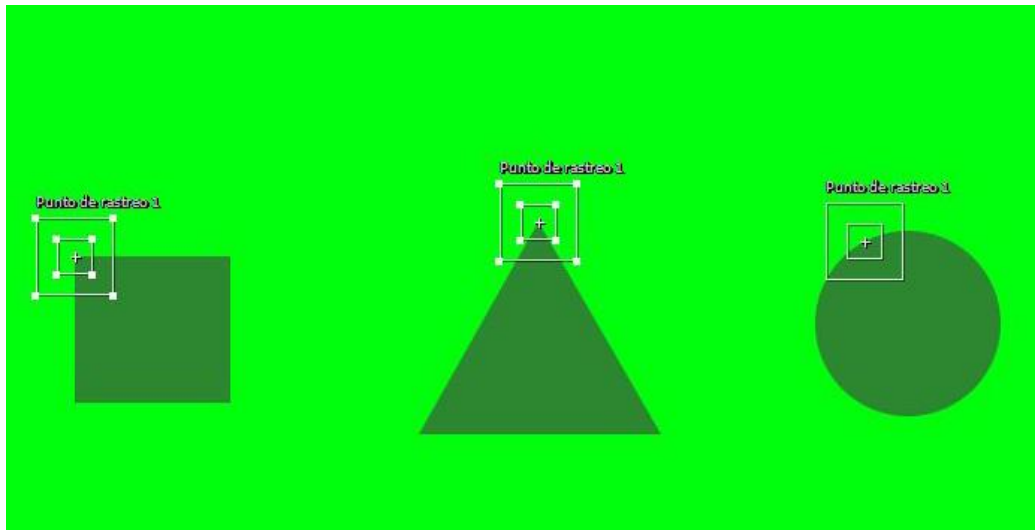


Figura 6.88 Tipos de marcas y rastreo en 2D.

Por ello, además de cuadrados y triángulos, se usan cruces de distinto grosor que proporcionan múltiples esquinas entre los ejes, sin embargo, tales elementos tienden a distorsionarse cuando el ángulo de cámara cambia y se vuelve pronunciado (fig. 6.89), siendo las marcas irreconocibles por el software de ajuste del movimiento. Por ello, algunos profesionales recomiendan usar triángulos con triángulos dentro de la misma forma

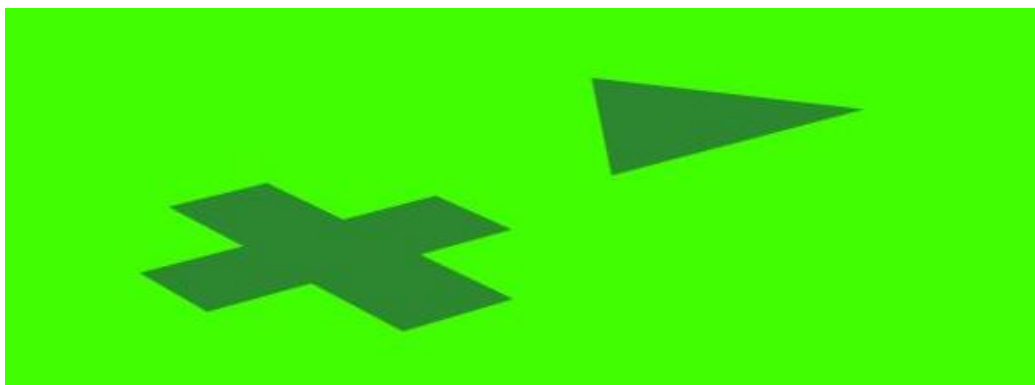


Figura 6.89 Ángulo de cámara sobre dos de las marcas más usadas.

Aun así, todas las marcas tienen un ángulo que las distorsiona y, si estas se colocan en patrón y repetidas sobre el escenario virtual (fig. 6.90), puede que repitan ese mismo ángulo durante una serie de fotogramas. Por ello, otra solución que suele dar un buen resultado, es usar un patrón irregular de formas con esquinas en ángulos de 90 y 45 grados, que ofrecen más y mejor información para analizar el movimiento de la cámara sobre el escenario y produce, por lo general, menos fallos en el análisis.

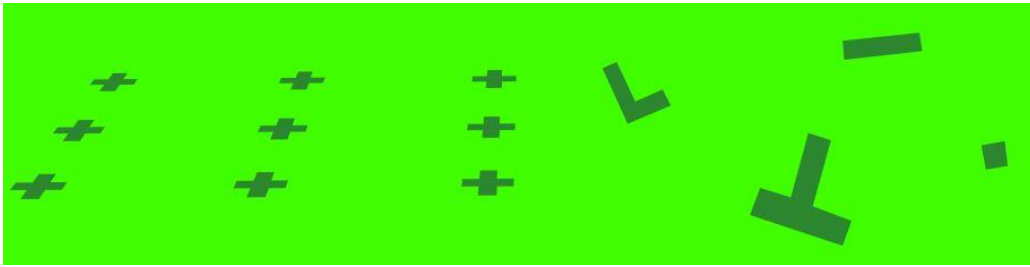


Figura 6.90 Ángulo de cámara sobre un patrón de marcas (izq.) y marcas aleatorias (dcha.).

6.2.2. AJUSTE Y RASTREO DEL MOVIMIENTO DE UNA SECUENCIA SOBRE ESCENARIOS VIRTUALES.

El ajuste del movimiento, como ya comenté, se basa en los movimientos de paralaje de cámara real, lo que implica una diferencia de movimiento entre los elementos del frente y el fondo. Como mínimo debería haber unos siete elementos que rastrear distribuidos entre el fondo y el frente. Si una secuencia de rastreo comienza mostrando un área reducida del fondo, por medio de un plano cerrado y pocas marcas visibles, el análisis del movimiento fallará (fig. 6.91).

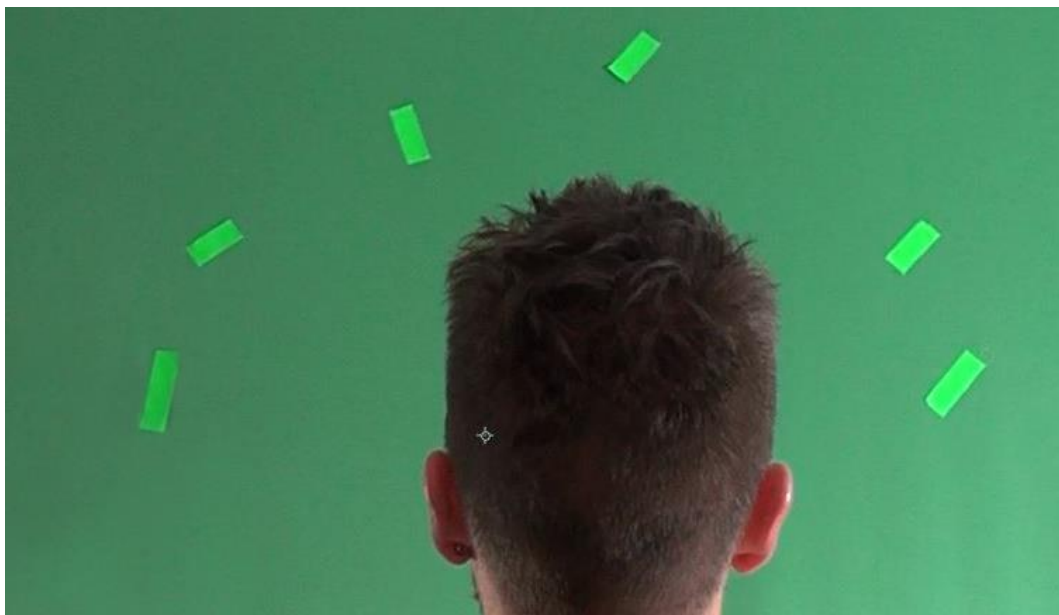


Figura 6.91 Plano cerrado con marcas de apoyo al rastreo de la secuencia.

Si el ajuste del movimiento se calcula solo con marcas intermedias (fig. 3.10), el análisis tendrá ruido y la cámara vibrará a saltos. Siempre se puede colocar algún ayudante visual, como un pie de foco en primer plano, o comenzar a grabar la secuencia con una toma de ángulo abierto, en donde las marcas del suelo aportan información de ese primer plano, pero a medida que la cámara se adentra en la escena (y las marcas desaparecen), esta información se conserva, porque ya ha sido procesada.

Además, hay que recordar, que el actor sobre el escenario debe enmascararse, ya que los puntos deben ser estáticos, lo que reduce notablemente el área de análisis. La solución es situar ayudantes visuales al rastreo alrededor del modelo (fig. 6.92), como pies de foco que aporten información y puntos de rastreo en el plano del actor. Estas nuevas marcas deberían ser de un color distinto a las del fondo, pero no importa su aspecto, ya que no van a aparecer en la composición.

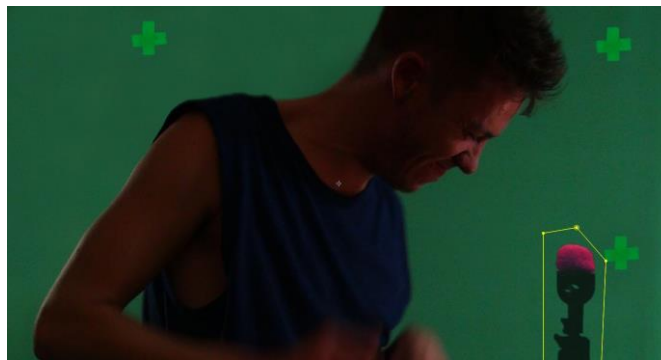


Figura 6.92 Elemento ayudante en primer plano, enmascarado para excluir de la composición.

Sin embargo, el propio contexto alrededor del escenario croma, con toda su textura, aporta suficientes marcas con las que rastrear la escena (fig. 6.93).

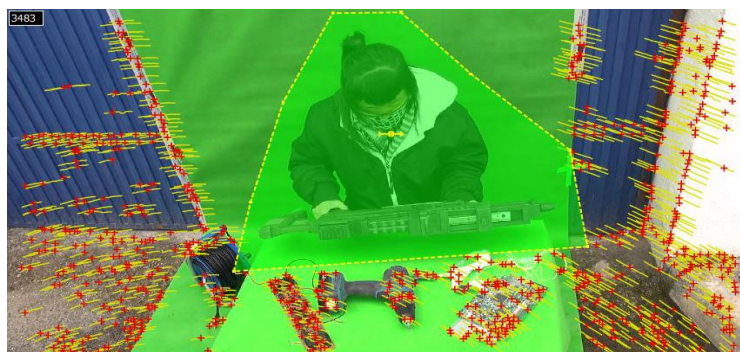


Figura 6.93 Los alrededores aportan información incluida en el análisis.

Finalmente, marcas desenfocadas (fig. 6.94), con poca profundidad de campo, o desenfoco del movimiento, hace que el análisis del movimiento también falle. Por ello, es recomendable trabajar con aperturas pequeñas y obturaciones rápidas.



Figura 6.94 Marcas grabadas con baja obturación imposibles de rastrear.

A propósito de la colocación de las marcas principales, éstas deben situarse en forma de patrón regular conformando una matriz sobre el escenario (fig. 6.95). A intervalos de un metro de distancia entre sí, puede ser una medida adecuada para un escenario de tipo medio. Con ello, se obtiene un referente físico y real del escenario que es de una gran utilidad para el modelador 3D, ajustando la escala entre medios y aportando información para futuras simulaciones dinámicas.

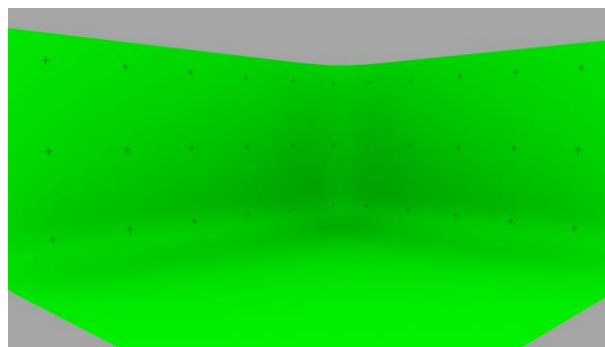


Figura 6.95 Ciclorama y disposición del patrón de marcas.

Para realizar esta matriz puede usarse un metro o cualquier otro elemento que aporte un medida constante, como una pértiga de sonido, un palo, plomada, etc... Con ellos se puede empezar a medir desde un punto, hasta todo lo largo y ancho del escenario. Con un lápiz se dibujan marcas que luego cubren las principales marcas de rastreo. Orientadas y alineadas todas verticalmente, definen una matriz general con la que el software analizará la secuencia.

Las marcas secundarias, en cambio, tienen que ser de diferente aspecto (cuadradas, rectangulares, en forma de t, l), y dispersarse caprichosamente por todo el espacio. Cuanto más espacio de escenario exista, menos marcas hay que situar encima si la cámara va a usar una óptica abierta. Si el escenario, en cambio, es pequeño y reducido, un número alto es recomendable, ya que si se produce movimiento de cámara de tipo *Dolly* hacia el fondo del escenario y se pierden en el plano las marcas frontales, aún existirán multitud de pequeñas marcas visibles dentro (fig. 6.96), y no serán necesarios ayudantes extras al rastreo, como focos, trípodes, etc.



Figura 6.96 Patrón aleatorio sobre el ciclorama.

Antes de la grabación, como material extra que aporte documentación al modelador 3D, se debería grabar una serie de tomas del escenario, sin actores, con referencias de escala y medidas en cada marca. Un papel con la medida escrita y señalando las esquinas que conforman la cuadrícula principal, así como posibles ayudantes de rastreo y elementos de atrezzo que formen parte del escenario.

Una vez que todo esté preparado en el escenario verde, se puede empezar a grabar. En las secuencias, después, se tiene que enmascarar al actor, para que no entre en el análisis del movimiento de la cámara real, que como ya se ha comentado solo rastrea puntos fijos en la escena.

Cuando está enmascarado, tarea que no suele llevar mucho tiempo, pues se trata solo de una máscara provisional y aproximada al contorno del actor en movimiento, se analiza el movimiento de la secuencia con la herramienta de ajuste *Boujou*, lo que no tiene por qué procesarse rápidamente, aunque se trate de un proceso automático.

Por otro lado, hay que realizar pruebas con fondos que sustituyan al croma verde y comprobar si, especialmente en el suelo del escenario (fig. 6.97), se produce un desfase de posición entre los pies del modelo (en este caso un gato), y el fondo de la composición (una alfombra). Este tipo de desfases, habituales con ajuste del movimiento, son debidos, en parte, a la distorsión radial de la cámara. Más adelante se tratará como el software de rastreo corrige esta distorsión.



Figura 6.97 Comprobación del desfase entre superficie y el modelo compuesto en la secuencia.

Cuando el software, *Boujou*, tiene analizados los datos de cámara y se exportan a un programa como *Autodesk 3ds Max*, si se agrupan todos los elementos en uno, la cámara virtual puede situarse en cualquier lugar del escenario virtual fácilmente. Hay que cargar, por otro lado, la secuencia grabada sobre fondo verde, en el propio fondo de visor de la aplicación 3D, bajar la opacidad del modelado 3D, temporalmente, e intentar (este es un procedimiento), ajustar visualmente las dos imágenes hasta que sean percibidas coherentemente (fig. 6.98).



Figura 6.98 Ajuste aproximado de la imagen en el software de edición 3D.

Los elementos del escenario pueden ser mientras modificados si aportan más paralaje o dimensión al espacio, pero todas estas pruebas no necesitan una calidad final de representación en el visor, por ello es, mejor trabajar en calidad de borrador, algo fundamental y que no a menudo se tiene en cuenta.

En esta fase de la posproducción es importante analizar la integración 2D-3D en profundidad, detectando cualquier fallo en la iluminación, irregularidad en el rastreo, desajuste en la escala, ángulo de cámara, ya que la fase siguiente es la composición y ajuste de las secuencias para el *rendering o interpretado* (lo que lleva bastante tiempo de realizar con iluminación realista) y a partir de esta fase, ya nada se puede modificar, sino rehacer.

Si hiciesen falta más marcas en alguno de los planos cerrados, siempre se pueden colocar durante el rodaje. Y si algún elemento de atrezzo no es estático, como por ejemplo una tela movida por un ventilador (efecto muy usado con modelos), también ha de ser enmascarado.

En relación a la luz verde rebotada sobre el modelo y esta técnica de rastreo de movimiento sobre escenarios virtuales, si se sigue el procedimiento de tapar parte del escenario con telas negras para bloquearlo, se perderán los puntos de rastreo que pudieran aparecer en un primer plano general.

Siempre se pueden colocar marcas blancas adhesivas sobre las telas negras, pero hay que asegurarse de que no se muevan por el viento durante la secuencia, ya que, nuevamente, deben de quedar estáticas, por lo que habrá que colocar pesos u objetos que las fijen y tensen. Con todo, esta técnica es óptima, en la medida que realiza buenas sustracciones sin luz rebotada verde y proporciona marcas de alto contraste para rastrear el movimiento.

Otro de los elementos importantes en la integración de imagen 2D y 3D es la distorsión radial de la óptica con la que graba la cámara real. Normalmente, un buen fabricante proporciona este valor. Sin embargo, en los programas de ajuste del movimiento, en concreto, en *Boujou* (fig. 6.99), se puede introducir este parámetro, así como el tamaño del fotograma en milímetros y el aspecto del píxel e imagen del fotograma. Se trata de copiar todas las características de la cámara real y traducirlas a una cámara virtual. Ésta, asume la distorsión de la cámara original, y hace que las dos secuencias (real y virtual) coincidan visualmente, para que no se produzca el característico desfase de posición entre imágenes durante la secuencia.

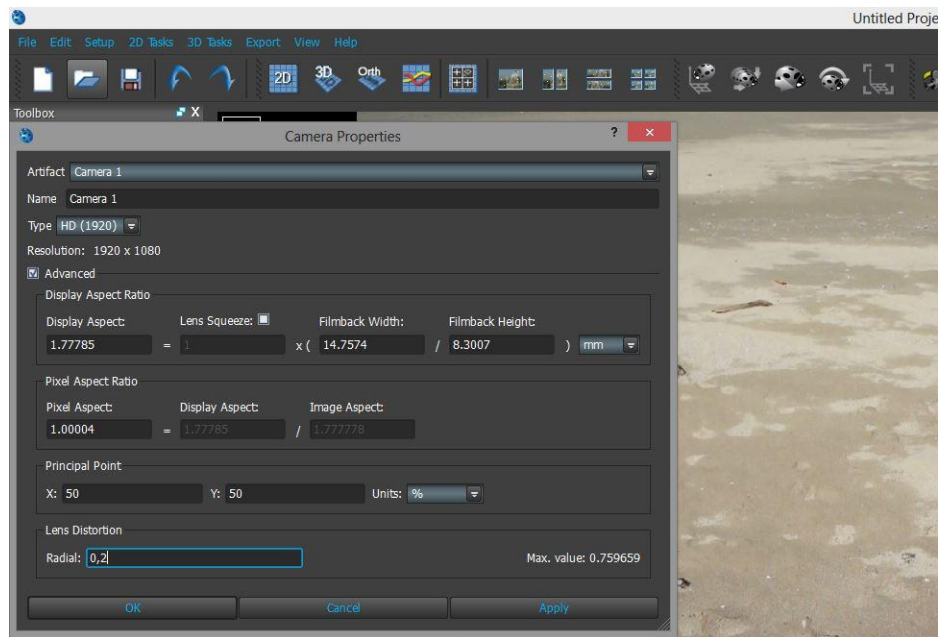


Figura 6.99 Ajuste de la distorsión radial en el programa *Boujou*.

En cambio, si se desconoce el valor de distorsión radial de la óptica usada durante la grabación, siempre se puede grabar frente a cámara (orientada perpendicularmente frente al objetivo) una cuadrícula que permita imitar, o corregir, en posproducción, esta distorsión (fig. 6.100). Así, la escena virtual, una vez interpretada, puede curvarse más en las esquinas y adaptarse a la secuencia real grabada en vídeo.

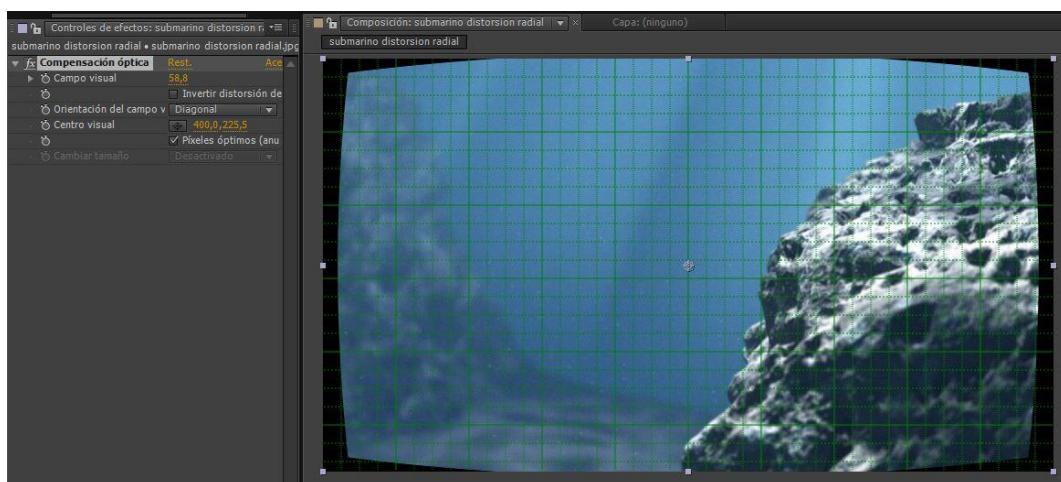


Figura 6.100 Distorsión de lente recreada, o compensada en posproducción.

Sin embargo, no hay que olvidar que la distorsión de lente, más que un inconveniente es un recurso estético de la fotografía y el cine y, por ello, se debería tomar muy en serio que ópticas van a usarse durante el rodaje y cómo van a afectar a la posproducción de la secuencia. Una recomendación, si no se busca mucha distorsión radial, es usar distancias focales de 35 mm en adelante, ya que apenas distorsionan la imagen.

Una de las técnicas, no del todo correctas, pero con las que también se obtienen buenos resultados si el ajuste de movimiento no funciona, es cuando el plano de grabación es bastante cerrado y apenas son visibles marcas de rastreo sobre el fondo verde. En estos casos, si la secuencia no muestra los pies del modelo, no es del todo necesario analizarla con análisis del movimiento. El fondo (escenario) en 3D puede ser animando en el software de edición 3D, animando una cámara virtual que imite el movimiento de la cámara real y, cuando la animación esté ya interpretada, se compone y ajusta mediante un rastreo en 2D de algún elemento fijo en el actor, como un pendiente en la oreja (fig. 6.101), por ejemplo.

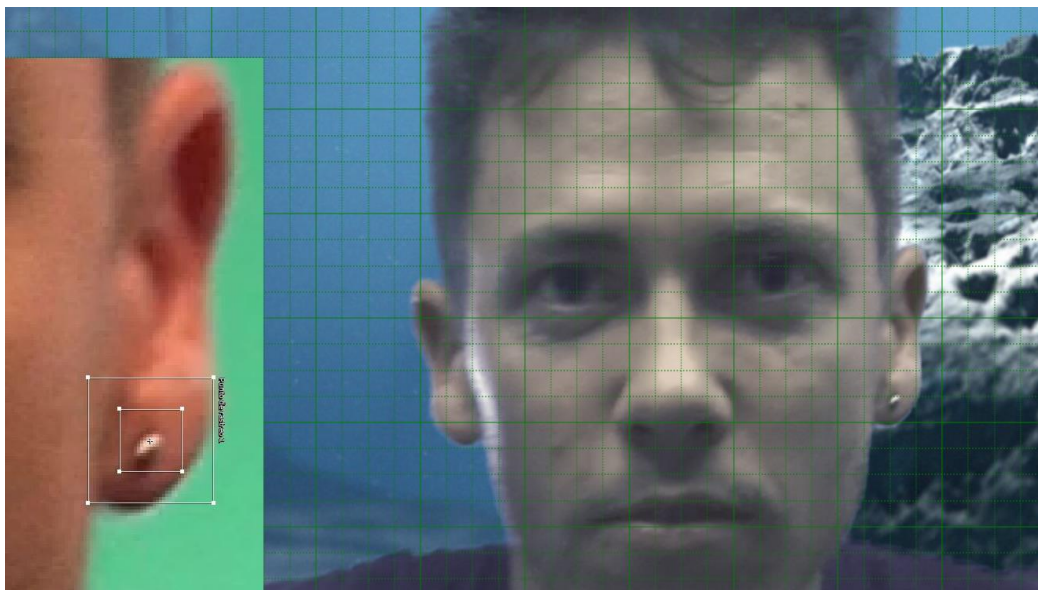


Figura 6.101 Elemento de rastreo en 2D.

Posteriormente, se vincula la capa fondo de imagen 3D al elemento rastreado en 2D. Esto evita el ligero y lógico desfase que pudiera producirse entre la animación 3D y el movimiento de la secuencia de vídeo. Finalmente, se recorta y se encuadra toda la composición final. Este recurso visual, que no técnico, resulta casi igual de convincente, y muchas veces se trata de sacar adelante una producción usando los recursos del modo más adecuado, sin generar costes innecesarios en una producción. Sin embargo, hay que advertir, que esta técnica solo funciona con planos cerrados y con poco movimiento en la secuencia de vídeo.

Muchas de las grabaciones en vídeo son solo movimientos panorámicos de cámara sobre fondos o pantallas verdes, que solo requieren de un rastreo en 2D de 2 ó 3 marcas sobre el fondo verde. La fase más compleja de este tipo de integraciones sin ajuste del movimiento 3D, es ajustar y coincidir el ángulo de las imágenes entre sí.

Para ello, como ya mencioné, hay que cargar en la aplicación 3D, la imagen de la secuencia real y mover la cámara de la escena virtual de fondo, hasta que se ajuste al primer plano del actor sobre el fondo verde. Sin embargo, este proceso no es tan sencillo como pueda en un principio parecer, y si, además, se conoce la altura de cámara a la que se ha filmado, tratándose solo de movimientos panorámicos, se puede transferir ese valor a la animación de la cámara virtual en el entorno 3D, contando desde la cuadrícula de la escena virtual. Y hacer que las secuencias coincidan en altura de grabación de vídeo e interpretado 3D (fig. 2.57).

6.2.3. INTEGRACIÓN E ILUMINACIÓN DE ELEMENTOS SOBRE ESCENARIOS VIRTUALES.

Existen dos tipos de integración básica con grabaciones sobre escenario virtuales verde, las que componen al actor sobre un escenario virtual 3D y las que lo hacen sobre un fondo de imagen también real. En principio, a nivel técnico es similar, pero la imagen 3D es más flexible de ejecución que la imagen real, ya que cualquier elemento de la composición final que no estuviese previsto y genere un problema de producción, puede ser solucionado en el software de edición 3D. Mientras que la imagen grabada en vídeo de un paisaje, por ejemplo, o del mismo actor sobre el fondo verde, ya no podrá modificarse, solo volver a grabarse en diferentes condiciones. Habrá que volver a producirlas, en definitiva. Por ello, realizar pruebas en el escenario virtual con un monitor extra que componga en tiempo real el fotograma, puede ser una solución a posibles errores que pudieran cometerse durante el rodaje en relación a la composición final.

A menudo, en las integraciones entre imágenes de distinto origen, se tiende a no prestar atención a la iluminación, quedando los elementos inconexos e irreales. Una iluminación global tiene que dominar en toda la escena, a parte de un sistema simple, o complejo, de luz directa que defina el espacio y la orientación de los elementos en la escena.

De nuevo, en 3D es posible editar y ajustar los sistemas de iluminación a la secuencia grabada en vídeo, pero no es posible, en cambio, re-iluminar a un actor mediante herramientas de

posproducción (fig. 6.102). Por eso, la iluminación del modelo, especialmente si se pretende integrar con un fondo también real, debería estudiarse antes de grabar la toma, imitando la luz directa del sol, por ejemplo, si se tratase de una escena exterior diurna, o la luz difusa de la Luna llena reflejada, por citar otro ejemplo.



Figura 6.102 Máscara para simular volumen en posproducción.

Si es en un entorno virtual donde va a producirse la integración, el departamento de arte habrá definido antes como ha de ser la iluminación de un plano, siendo este el criterio a seguir tanto a la hora de grabar en el escenario croma, como en la iluminación de la escena virtual en 3D. Además, el sistema de iluminación real empleado en el escenario croma, fuentes de luz, temperatura, disposición, potencia, pueden ser recreados físicamente por las luces virtuales de la escena 3D (fig. 6.103), dando un margen de diferencia entre las dos iluminaciones mínimo.



Figura 6.103 Recreación de las propiedades del foco en 3D.

En caso de que la iluminación sobre el modelo sea plana y no ofrezca contraste alguno, en posproducción puede simularse una especie de iluminación de contraluz con un desfase de la

forma (algo más iluminada) sobre su perfil y abstraído mediante alguna máscara mate. También se pueden recrear sombras sobre un lado del modelo (fig. 6.102), con una capa duplicada subexpuesta y enmascarándola con un gran calado (fig. 6.102), pero estas soluciones no resultan muy convincentes. Es necesario un sistema de iluminación en el escenario de grabación que aporte volumen al modelo. La iluminación es algo complejo que no puede ser recreado en posproducción con efectos visuales.

Por ello, hay que tomar determinadas decisiones en el escenario de grabación en relación a la iluminación. Por ejemplo, si la escena es un interior en la que la única luz entra por una ventana y el resto está en penumbra, se debe colocar una fuente de luz en el escenario de grabación de la misma manera, simulando la luz que entra por la ventana. Y cualquier elemento real, actor, que se sitúe en este lugar, queda súbitamente iluminado por el foco de luz. El actor en movimiento puede quedar en penumbra fuera de este área, pero una buena iluminación del fondo del ciclorama, harán sustraerlo fácilmente debido al alto contraste.

La iluminación del modelo sobre un escenario croma, por otro lado, debe estar coordinada por el departamento 3D si la escena virtual estuviera ya modelada. Sí en cambio, el universo 3D todavía no está producido, hay que tomar decisiones con respecto a que iluminación usar, especialmente si no hay un diseño de iluminación previo y específico para cada secuencia. Decidiendo desde que dirección va a llegar la luz principal, si esta es difusa, o nítida, su temperatura e intensidad (si tuviese reguladores de potencia el foco), luces extras de relleno, rebotadas, etc...

La ventaja con este método de trabajo reside, nuevamente, en la capacidad del software 3D de producir, sin estar condicionados al factor tiempo, como en el vídeo. Y poder así producir cualquier sistema de iluminación antes de interpretar (fig. 6.103). Aun así, es conveniente dibujar un esquema de iluminación (en un papel o documento), que defina como va a ser la iluminación en la composición final, aunque parte de ella no esté producida en el momento de iluminar y grabar la actuación.

Si hablamos de fondos de imagen real cuya iluminación hay que recrear en el estudio de grabación sobre croma, lo primero será observar el material de imagen para deducir la dirección de la fuente de luz. El lado más brillante lo indica, junto a la dirección de las sombras. En algunas secuencias con días soleados la dirección es evidente (fig. 6.104), pero no lo es tanto con días nublados en los que la luz proviene de todos lados. En secuencias grabadas a contraluz en exteriores soleados la luz es también suave, pero con un borde de luz en los perfiles del modelo. Incluso, aunque la luz directa, en este caso, sea la del sol, hay que iluminar en el estudio con una luz difusa suave para imitar el mismo efecto.



Figura 6.104 Dirección evidente de la sombra sobre la calzada.

La sombras también nos indican la dirección de la luz al proyectarse en un sentido u otro, especialmente con sombras definidas. Si las sombras, por el contrario, son suaves y difusas, indican que hay luz difusa rebotada sobre ellas, efecto de un día nublado (fig. 6.105).



Figura 6.105 Sombra difusa sobre elemento urbano.

Pueden existir diferentes luces en la escena, incluso en exteriores, donde elementos arquitectónicos pueden ensombrecer una calle, o los vidrios de un rascacielos iluminar a los peatones que pasen cerca (fig. 6.106).



Figura 6.106 Luz rebotada de un edificio sobre los peatones.

Algunas técnicas recomiendan usar una luz de contra, para sustraer mejor el modelo sobre el croma (fig. 6.107), pero en general esto produce resultados malos tanto estética, como técnicamente. El verdadero requisito, para que una sustracción se realice correctamente, es que exista un gran contraste entre el modelo y lo que queda del escenario croma detrás de él. Pudiendo estar el modelo incluso subexpuesto (fig. 6.108), pero con un fondo expuesto correctamente y captado con su máxima saturación e intentando que su color verde rebote lo menos posible sobre el modelo.



Figura 6.107 Luz de contra sobre el modelo.



Figura 6.108 Modelo subexpuesto sobre fondo expuesto correctamente.

Existen dos tipos de cualidades fundamentales para una luz: Duras y suaves. Las luces duras provienen de un solo punto, como el sol, una luz directa, y arrojan sombras duras. Las luces duras, a no ser que se pretenda transmitir un estilo expresionista y dramático concreto, son menos usadas que las luces suaves, ya que los contornos de la cara arrojan sobre ella sombras duras. Las luces duras de estudio, por otro lado, deberían estar limitadas a una única fuente de luz, ya que varios focos iluminando al modelo producen dobles sombras (fig. 6.109), lo que resulta visualmente confuso y poco estético.



Figura 6.109 Sombras dobles sobre la superficie del fondo desenrollado.

Las luces suaves tienen esta característica debido a que su fuente de luz es físicamente más grande, lo que produce una sombra más difusa y calada (fig. 6.110).

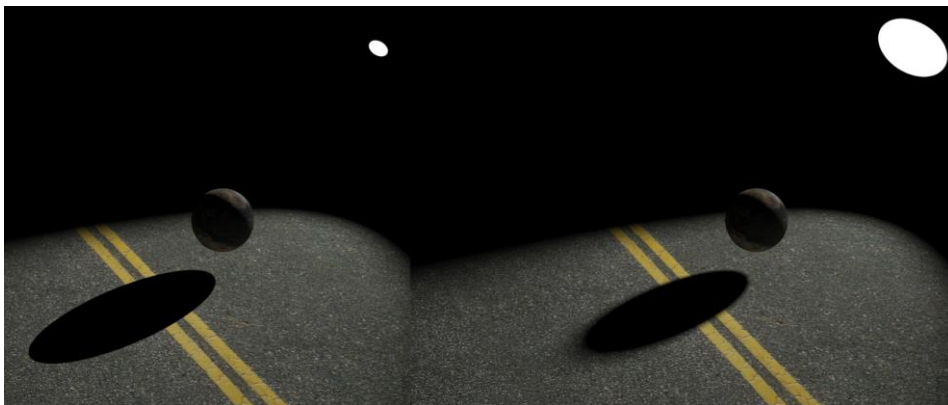


Figura 6.110 Tamaño de la fuente de luz y calado de la sombra.

La luz indirecta viene y rebota en todas las superficies, no generando sombra alguna sobre el modelo, en algunos casos, e impidiendo conocer la dirección de la luz en una imagen real, en otros. La mejor manera de deducir la dirección de la luz es observando la dirección de la

sombras en la realidad, bien sean duras, o suaves. Pero los reflejos especulares (fig. 6.111), en el caso anterior, pueden también ayudar a averiguar de dónde procede la luz, es otra manera. Si un objeto tiene algún máximo brillo en algún lado, es que existe una luz principal en esa dirección.



Figura 6.111 Reflejo sobre el lado izquierdo de la fruta.

A menudo, la luz diurna que ilumina el interior de una habitación a través de la ventana, es muy suave. En estos casos, para aportar un poco de volumen al modelo, puede usarse una luz de contra (fig. 6.112) que aporte perfil a la forma frente al fondo, como recurso expresivo. Anteriormente se recomendó no usar luz de contra, pero solo sobre fondo verde, ya que dificulta la extracción del modelo.



Figura 6.112 Luz de contra sobre el modelo en un ambiente suave y difuso.

Cuando se emulan la iluminación del estudio de grabación, para ser compuesta en un escenario virtual 3D, no es necesario medir físicamente la fuente de luz, tan solo el contraste que sobre el modelo genera, y si éste es bajo, medio, o alto. El ojo no percibe más de tres o cuatro variaciones de luz suave.

La luz del sol, en cambio, es mucho más difícil de recrear mediante focos en el estudio. No hay una manera de que resulte más convincente, que grabar la escena en exteriores soleados, filmando al modelo sobre un fondo verde portátil extendido sobre la escena (fig. 6.113). Aun así, se puede intentar recrear la luz del mediodía con un foco dirigido desde lo alto del estudio, lo suficientemente lejos como para proyectar sombras paralelas y, al mismo tiempo, que ilumine con la misma intensidad la totalidad de la escena en la que el actor interpreta, sin áreas más sobreexpuestas que otras.



Figura 6.113 Luz solar iluminando fondo verde extendido.

Sin embargo, además de resultar más convincente, grabar en exteriores es más económico. Simplemente exige una cierta planificación de horario para que la sombra sea lo más coherente con el horario y proyección que se represente en la composición. Por ello, es más sencillo grabar planos cerrados en tomas exteriores soleadas, en donde normalmente, la sombra con luz de mediodía, no aparece proyectada sobre el fondo. Por otro lado, si se graba en horas de amanecer o atardecer ya no habrá contraste y tampoco sombra.

Finalmente, se debe decidir que ratio de contraste asignar a la iluminación del modelo (fig. 6.114), lo que marca la diferencia entre la luz principal y la de relleno, la cual puede ser de muy alto contraste con una diferencia de seis pasos, o con contraste muy bajo (de un solo paso de diferencia). Ésta debe tener el mismo contraste que el fondo de la composición, para que las imágenes se integren correctamente.



Figura 6.114 Pruebas de contraste para un mismo modelo.

Para un fondo virtual que no haya sido todavía iluminado, de nuevo, habrá que decidir (en el plato) que iluminación usar, para que el departamento de diseño 3D siga una pauta a la hora de iluminar virtualmente. Una vez más, una serie de pruebas en el escenario de grabación, con el croma verde extraído en tiempo real (visualizando previamente al modelo en el monitor sobre el fondo), puede ser de enorme ayuda a la hora de igualar ratios de contraste entre diferentes materiales.

Lo importante es que exista algún tipo de contraste en la iluminación del modelo, ya que posteriormente, en posproducción, este contraste puede ser aumentado o reducido. Este es uno de los errores más habituales cometidos en el estudio de grabación, filmar al modelo sin contraste alguno, lo que impide en posproducción aumentar o reducir dicho contraste. Y de hacerlo, la imagen acaba perdiendo calidad. Por ello, al menos debería haber tres grados de contraste en el modelo, para que en posproducción se pueda trabajar con él.

Algo que también hay que ajustar es la temperatura de color. Es recomendable grabar normalmente sin filtros de color en la iluminación. Por ello, incluso aunque el modelo vaya a aparecer con una dominante de color muy evidente en la composición final, se obtendrá una mejor grabación y extracción de croma con una temperatura blanca y neutra. Después, en posproducción, se añadirá el tinte o dominante de color buscada (fig. 6.115). Esto hace que trabajar con monitores (que visualizan previamente la composición) sea algo confuso. Ya que, aunque la composición final se visualiza previamente no del todo integrada en términos de temperatura de color, en realidad se estaría procediendo del modo correcto.



Figura 6.115 Dominante de color (izq.) añadida en posproducción.

Existen dos situaciones en las que se debe grabar con la iluminación final de la composición. La primera es cuando existen varias temperaturas de color sobre el modelo, como con una luz de tungsteno por un lado, y azul de cielo por otro (fig. 6.116).



Figura 6.116 Diferente temperatura de color desde cada lado del modelo.

La segunda es si se quiere simular una escena exterior con la Luna como fuente de luz y una luz de contra azul sobre el perfil del modelo (fig. 6.117). En este segundo caso, si se graba con una exposición normal media, cuando se oscurece en posproducción, también se oscurece el perfil iluminado de la luz de contra, además de de-saturarla. La única manera de recrear correctamente este efecto es grabar subexpuesto al modelo, pero con una potente luz de contra sobre él, lo que resultará mucho más convincente en la composición.



Figura 6.117 Modelo subexpuesto durante la grabación.

Las sombras duras siempre se pueden recrear en posproducción usando el propio perfil del modelo extraído del croma (fig. 6.118), pero otro modo mucho más realista, es usando la propia sombra que el modelo arroja naturalmente sobre el verde del escenario croma (fig. 6.118). Para ello, las sombras deben ser lo más definidas y contrastadas posibles.

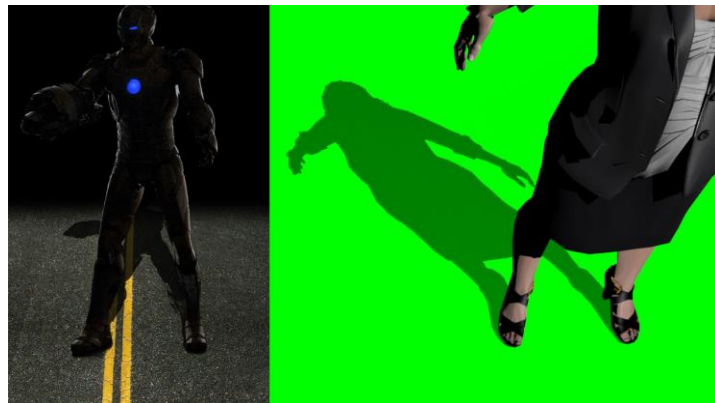


Figura 6.118 Tipos de sombras en posproducción. Falsa (izq.) y real (dcha.).

Algunos profesionales intentan obtener el aspecto final de la sombra sobre el suelo del escenario croma que se mostrará en la composición, lo que no es una buena idea, ya que mientras se pueda extraer la sombra como parte independiente de la substracción (gracias a un alto contraste y definición), esta podrá ser tratada en posproducción como un elemento aparte editable, realizando correcciones de color, algo imprescindible en la integración, así como calados, desenfocues o, por ejemplo, atenuaciones en la misma sombra (fig. 6.119).



Figura 6.119 Calado y atenuación de la sombra en posproducción.

Para ello, es necesario que la sombra esté lo suficientemente contrastada como para realizar un clave de color solo para la sombra, otro para la figura, y así substraer ambos mediante una máscara de seguimiento alfa entre las dos capas del mismo archivo (fig. 6.120). Hay casi siempre, que realizar posteriormente algún trabajo de máscara con la que cubrir la silueta del modelo, y el lógico reborde alrededor producto de las dos diferentes substracciones. De este modo se obtienen dos elementos independientes para ser trabajados por separado en posproducción. Cuanto más oscura la sombra, más sencilla es esta técnica.

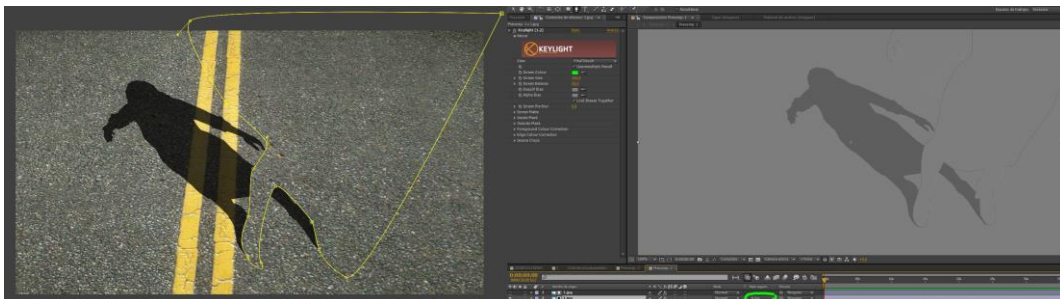


Figura 6.120 Trabajos de máscara sobre sombra.

Las marcas de rastreo pegadas sobre la superficie del ciclorama que quedan temporalmente en sombra proyectada por el modelo, suponen un problema a la hora de extraer, ya que si se fuerza mucho el contraste del efecto croma para que desaparezcan, también lo hace la sombra que arroja el modelo (fig. 6.121) O bien con máscaras, o bien con un efecto de sustracción croma específico para estos elementos, se puede solucionar el problema. Pero ello puede llevar mucho trabajo, especialmente si la marca es pisada por el actor, y, a veces, compensa

más dejarlas dentro de la secuencia, en la que pasarán probablemente inadvertidas. Otra solución, más directa, es directamente despegarlas de la superficie mientras la sombra las cubra en la secuencia.



Figura 6.121 Marcas y máscaras sobre fondo.

También se pueden cubrir temporalmente estas áreas con vinilos del mismo color sobre el suelo (fig. 6.123), o pegados sobre las paredes, si es ahí donde se proyecta la sombra. La firma de efectos especiales *Rosco* vende unos vinilos del mismo tono que sus telas y, para unirlos, si son varios, se usa cinta adhesiva por el lado no visible, especialmente si es brillante y de un color diferente al verde del escenario. Rosco comercializa, también, una cinta adhesiva de tela en la misma gama de color verde que todos sus productos, sin embargo, los bordes o límites de estos paneles unidos aportan textura que rastrear al ajuste de movimiento de cámara, y no debería preocupar mucho modificar temporalmente el escenario croma si con ello se optimiza el rastreo.

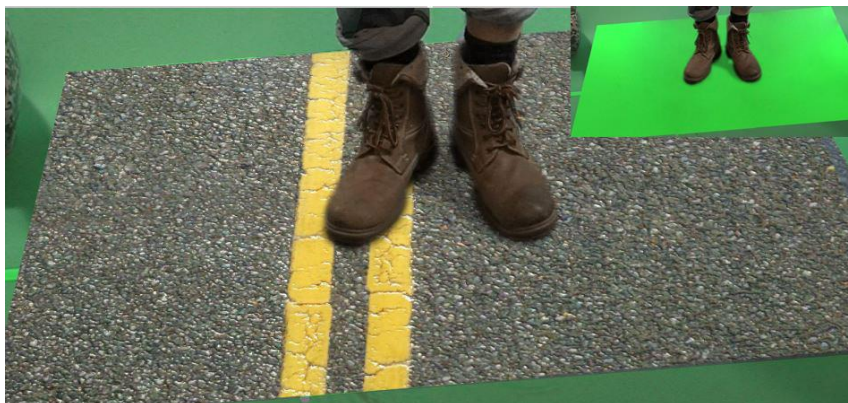


Figura 6.123 Vinilo verde sobre fondo con marcas en sombra.

Sobre escenarios croma, como ya se mencionó, la iluminación se puede modificar si no encaja con la secuencia de video. Pero si la composición se realiza sobre un fondo de imagen real, entonces el ángulo debe ser tenido en cuenta y estudiado antes de grabar. Componer al actor con este fondo en tiempo real ayuda a no iluminar incorrectamente sobre el escenario ciclorama, ya que si no, habrá que grabar la toma de nuevo y, probablemente, esto no se descubre hasta días después de un rodaje. Esta técnica no solo sirve para igualar la dirección de la luz, el ángulo de cámara también puede ser ajustado entre el fondo y la cámara que, desde el estudio, manda su señal al monitor (fig. 6.124)

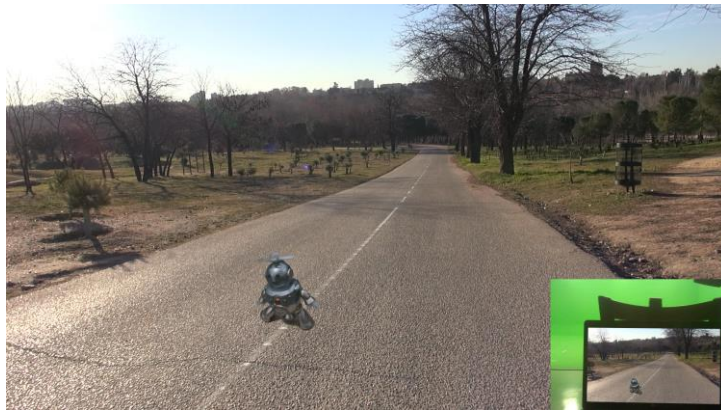


Figura 6.124 Ajuste en preproducción del ángulo de cámara.

Hay trucos más caseros, como situar una impresión en papel del fondo sobre el suelo del escenario croma e intentar imitar las sombras que aparecen en la imagen pero con el modelo encima (fig. 6.125). Obviamente esta técnica se emplea más en animación *Stop motion*, no con actores, pero son maneras visuales y aproximadas de integrar diferentes imágenes. Aun así, la técnica de *Stop motion* es igual de flexible que la imagen 3D en términos de producción. Ajustar su iluminación es algo que se puede hacer en cualquiera de sus fases.



Figura 6.125 Recurso casero para encontrar el ángulo de cámara.

Por otro lado, cuando el escenario croma no es una superficie lisa y algunos elementos verdes con volumen aparecen sobre ella, un taburete, por ejemplo (fig. 6.126), la sombra de la mano, en este caso, se proyectarán sobre la superficie creando diferentes relieves y formas sobre el objeto verde y su forma. Éste, como parte del atrezzo, es verde en tanto va a ser sustituido por un *prop* o atrezzo virtual 3D con forma y aspecto de taburete, pero sobre el que se tiene que proyectar la sombra del actor.

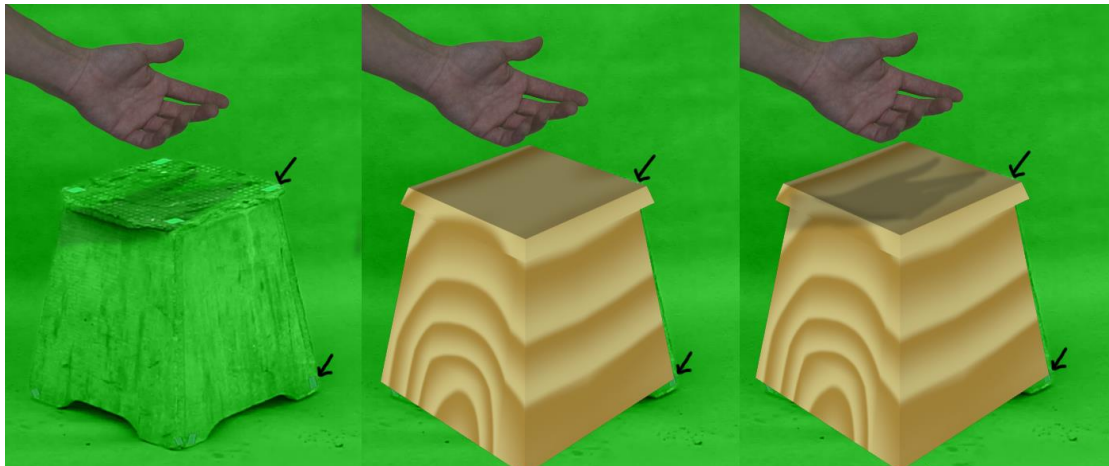


Figura 6.126 Proyección de sombras sobre volumen en el escenario.

Sería más sencillo usar un atrezzo real sobre el que proyectarse la sombra, pero asumiendo que debe sustituirse por un objeto virtual de la misma forma y disposición, es conveniente rastrearlo para también tener unas referencias físicas sobre las que componer el objeto virtual. De otra manera, a mano, visualmente, la sombra no termina de encajar y falla en la composición. Por ello, hay que colocar marcas en los vértices del objeto sobre el escenario y, con ellos, construir una serie de planos malla en 3D que sirvan de base y orientación a la hora de modelar el atrezzo virtual.

Si la sombras no se pueden extraer por iluminación insuficiente, excesiva sobre el croma verde, entonces, se pueden recrear, aunque siempre sería mejor extraerlas del escenario de grabación. Para recrearlas se parte del mate de la silueta extraído del actor grabado frontalmente, se duplica la capa y se rota adaptándola al plano de proyección de la sombra (el suelo). El inconveniente, es que esta técnica solo funciona si la sombra se proyecta paralela a cámara, ya que la sombra se interpreta con la figura extraída en 2D, y al no tener este archivo volumen, no se puede proyectar la sombra lateralmente, ya que se desconoce esa información del volumen.

Esta técnica tampoco funciona correctamente si el actor extiende un pie delante sobre el escenario (fig. 6.127), ya que al proyectar la sombra, el pie no extendido no hace contacto con

ella. Las herramientas de posproducción de deformación *bezier* pueden hacer que la sombra tome contacto de nuevo con el pie del actor, pero distorsionándose y perdiendo calidad de imagen.



Figura 6.127 Sombra desfasada con respecto a la posición del su pie izquierdo.

Más complicado es aún, si el actor se mueve, porque hay que animar entonces la sombra recreada por el mate que proporciona el efecto de sustracción cromática con el movimiento de este, lo que resulta tremendamente complejo, incluso con ayudantes al rastreo de algún elemento que el actor lleve (como un broche del zapato), y con el que la sombra siga a la silueta. Y aún sería más complejo, si se produce movimiento de cámara durante la secuencia.

Todo lo mencionado en el párrafo anterior se refiere al proceso de recrear sombras con herramientas de posproducción y efectos visuales, que incorporan, también, las tres dimensiones y permiten rotar la sombra en cualquier eje para intentar adaptarla al cuerpo que la proyecta. Incluso con los ayudantes de rastreo 2D y animación se trabajan en este contexto 3D.

Por otro lado, aunque se quisiera prescindir de la sombra real que se proyecta sobre el escenario cromático, la sombra suave de contacto (fig. 6.128), que cualquier actor genera al pisar un ciclorama verde (especialmente con luz difusa), es una información visual muy valiosa para las integraciones, ya ofrecen un contacto físico con la superficie que, de otra manera, haría parecer flotar a la figura sobre el fondo. Por ello, siempre hay que respetar y no extraer estas sombras de la sustracción cromática, van con el actor y se extraen aparte, como en los ejemplos que ya mencioné en este capítulo. Independientemente del tipo de sombra y luz que se busque en la composición, añadir esta sombra natural difusa aporta sutil, pero importante información espacial.



Figura 6.128 Sombra difusa de contacto sobre el suelo verde.

Invirtiendo este método de trabajo, si las sombras de un escenario virtual se tienen que proyectar sobre un actor caminando a través del escenario (set), se puede intentar recrear en posproducción, pero las sombras arrojadas sobre un volumen son extremadamente complejas de recrear. Si se hiciese en 2D con máscaras, el resultado sería poco creíble, y se producirían dobles sombras entre la sombra de la máscara y las sombras naturales del volumen. No hay manera de imitar este efecto en posproducción, la única manera es arrojar sombras de verdad sobre el modelo y el escenario croma.

Un ejemplo: Una sombrilla virtual, en una piscina virtual, tiene que arrojar sombra sobre un actor que camina hacia ella. En este caso, se coloca en el escenario una sombrilla real similar a la del modelo 3D (para que proyecte sombras reales dentro). La escena se graba en el exterior con día soleado porque es lo que se pretende recrear en la composición. La sombrilla podría estar modelada a partir de un modelo de sombrilla real, lo que haría todo más sencillo. O ya diseñada en 3D y recreada en la realidad por un departamento de arte. Pero deberían ser del mismo radio, forma y detalle, por irrelevante que parezca, aunque no lo sea en la integración. Si la escena 3D no estuviera modelada, habría que ajustar el modelado de la sombrilla 3D a la sombrilla real, especialmente en una posición acorde a la proyección de la sombra real sobre el actor. Al grabar el actor caminaría, y la sombra de la sombrilla se proyectaría sobre él de una manera, que la posproducción no puede recrear.

Después de ajustar el movimiento de la secuencia y extraer el verde de la secuencia de acción real, al importar los datos de cámara a la aplicación 3D y cargar la secuencia en el visor, lo primero que hay que hacer es ajustar el ángulo de la luz, para que las sombra de la sombrilla virtual se proyecte de la misma manera que en la secuencia real, para lo que hay que hacer algunas pruebas de interpretado, a fin de alinearlas correctamente. No es la cámara virtual,

con la solución del movimiento, la que se mueve o ajusta con respecto a la escena 3D, es el mismo entorno modelado y la luz que lo ilumina lo que se recoloca y ajusta a la secuencia. No obstante, determinados puntos de rastreo claves en el análisis del movimiento de la secuencia real, pueden aportar información de orientación y escala que ayuden a situar correctamente la secuencia real y el escenario virtual.

Una vez que se componen las dos secuencias en el software de posproducción y se extrae el verde de la secuencia, como ya se ha descrito en este capítulo, es necesario separar la sombra del actor y editarla independientemente. Para ello, es necesario hacer dos extracciones. Una con el actor y otra solo con la sombra que proyecta. Sustraer los dos mates de cada uno, para quedarse solo la sombra en una capa. Y hacer determinadas correcciones de color para igualarla al resto de sombras 3D.

El problema es que se producen dobles sombras. Una más oscura que otra (cuando la sombra del actor se superpone a la sombra virtual de la sombrilla). La solución es realizar un interpretado de la sombrilla 3D (solo el elemento sombra en un pase aislado), para añadirlo a la composición 2D y restar su área a las sombras del actor que están siendo corregidas. De esta manera, solo será visible la intersección entre la sombra del actor y el pase de la sombra 3D interpretado, y se evitara, así, su superposición en la composición final.

Finalmente, se superpone (a la composición del fondo de la escena de la piscina virtual y la sombra del actor sobre el suelo) la secuencia del actor con el verde ya extraído. Teóricamente funcionaría, pero hay que reconocer que es una composición compleja, como siempre que existe interacción entre lo real y virtual, y una sombra es un buen ejemplo de ello.

Las secuencias pueden ser mucho más sencillas de componer si no se graba los pies del actor y se cierra algo más el plano. Por lo pronto, no hay que preocuparse de sombra superpuestas, pero más importante, aún, es que no hay que ajustarlas en relación a un escenario 3D de un modo exacto, porque no va a ser tan evidente (en un plano cerrado) de donde procede la sombra. Se acepta que está en la composición y, además, aporta profundidad a la escena.

Una nota final sobre la proyección de sombras sobre modelos o actores en escenarios exteriores soleados. Las sombras, en este contexto, no cambian de tamaño al variar su altura con respecto al escenario o fondo extendido, ya que los rayos del sol siempre arrojan rayos paralelos, lo que da sombras nítidas y sin distorsión de tamaño. Así que no importa a que altura se coloque un elemento real que arroja sombras, ya que, por otro lado, no aparecerá en la composición final (sustituyéndose por uno virtual que simulará estar arrojándolas). Toda la técnica descrita funciona únicamente con sombras duras. Las sombras suaves son casi imposibles de excluir independientemente del modelo.

Las reflexiones de los actores sobre fondo compuesto, deberían bloquear las reflexiones que este ya pudiera tener en él, como los de una figura sobre una encimera de mármol (fig. 6.129). En una escena real no compuesta, la reflexión de un objeto sobre una superficie cancela las reflexiones que ocupa en el espacio, sin embargo, la visión humana no diferencia muy claramente cuando una reflexión es correcta, o no.



Figura 6.129 Reflexión compuesta sobre fondo con reflejo.

Por ello, no importa demasiado (en entorno de posproducción), que la reflexión, que ya incorpora un fondo, no se vea bloqueada por una reflexión gráfica al reducir forzosamente su opacidad para integrarla con el suelo.

Las reflexiones en posproducción, además, se desenfocan o desplazan para imitar el contacto y comportamiento óptico del reflejo sobre la textura de la superficie que lo recibe, como el mármol (fig. 6.130) o el agua. A menos que el elemento se situé enfrente de la cámara quieto, el reflejo habrá que animarlo a mano para mantenerlo pegado a los pies, lo que no es nada fácil y solo se consigue tras varios ajustes de la animación.



Figura 6.130 Reflexión sobre superficie de mármol.

Sin embargo, las reflexiones recreadas en posproducción son algo limitadas, ya que solo funcionan correctamente cuando las puntas de los pies del actor están alineadas sobre un mismo eje horizontal. Por eso, con los pies en ángulo o adelantados entre sí no funciona, y la única manera de arreglarlo, como en el caso de la sombra recreada en 2D, es usar una herramienta de deformación libre *bezier*, que recoloque el reflejo sobre el pie desplazado del actor, lo que puede dar un aspecto extraño al reflejo (fig. 6.131).



Figura 6.131 Ajuste de la reflexión a su modelo con herramientas de deformación manipulando la tangente.

Las reflexiones recreadas con posproducción tampoco funcionan con ángulos de cámara pronunciados, como picados o contrapicados, ya es imposible recrear la reflexión con una información, la opuesta a la que se ve desde la cámara y de la que no se dispone visualmente. Un suelo de espejo (fig. 6.132), por ejemplo, no puede ser recreado en posproducción simplemente tomando la silueta del actor e invirtiéndola en el eje vertical. O una secuencia en la que el actor finja mirarse en un espejo (fig. 6.133), por poner otro ejemplo práctico.



Figura 6.132 Reflejo de un modelo al pisar un espejo.

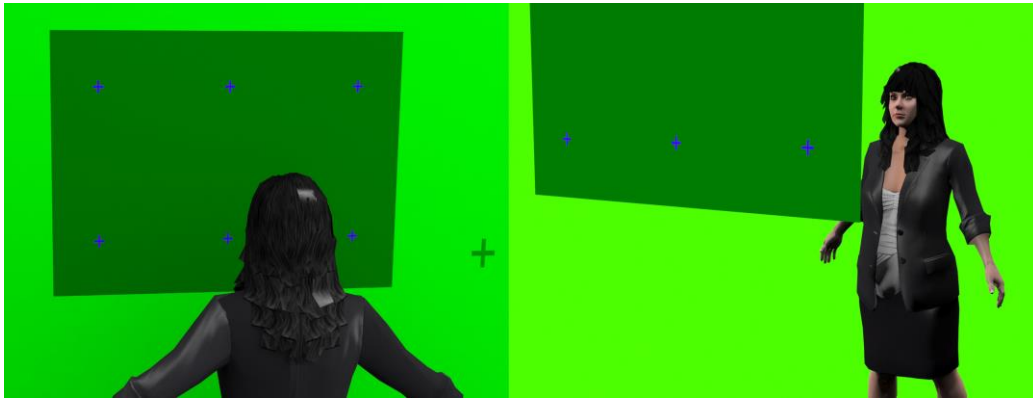


Figura 6.133 Grabación del modelo desde distinto ángulo.

En estos casos es imposible recrear el reflejo sin grabar el mismo plano del actor desde el ángulo opuesto. Pero, para una secuencia lejana y frontal de algún elemento avanzando, siempre se puede voltear la figura (en este caso un robot) y simular su reflejo sobre la acera (fig. 6.134).

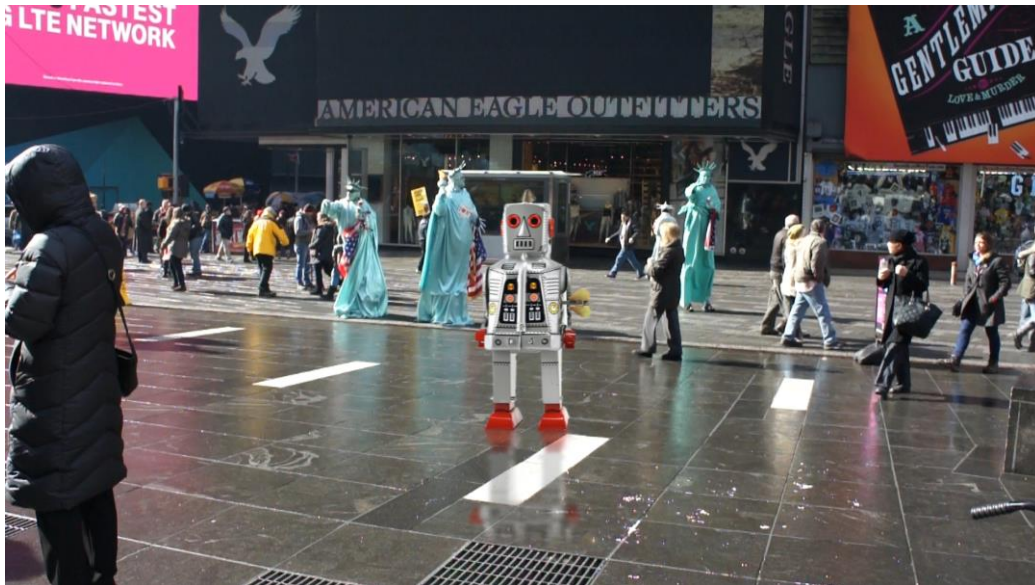


Figura 6.134 Reflejo de elemento aproximándose frontalmente a cámara.

Por otro lado, los efectos especiales siempre han funcionado con lo que pasa desapercibido al ojo, por ello, no es tanto una renuncia a una calidad de imagen, sino una limitación técnica a asumir dentro del área de la posproducción.

Cualquier otra solución pasa por grabar una reflexión real del modelo sobre el ciclorama. Se puede usar un espejo en el suelo, lo que va a producir unas reflexiones máximas del modelo sobre su superficie, o puede usarse un acetato transparente y brillante que refleja también al modelo (fig. 6.135). Así se podrán grabar ángulos pronunciados y captar al mismo tiempo el reflejo real del modelo. La ventaja de usar acetato transparente, es que deja ver el suelo verde e incluir en la composición, además, la sombra real del modelo. La desventaja es que es difícil operar a nivel de cámara sobre una superficie, que refleja todos los brillos del escenario de grabación, incluidos focos del techo.



Figura 6.135 Superficie de acetato para captar reflejos del entorno.

Por otro lado, las marcas de rastreo deben ser despegadas del área sobre la que se refleje el modelo, ya que cuando se extraen elementos semitransparentes, como sombras y reflejos, no se pueden eliminar las marcas, que dentro de estos elementos aparezcan, sin eliminar los mismos reflejos.

Otra alternativa, a despegar las marcas de ajuste del movimiento sobre el escenario, es cubrirlas con un vinilo del mismo verde que el resto del escenario, y sobre el vinilo colocar el acetato que va a reflejar al modelo, para lo que habrá que situar marcas suplementarias a los lados del escenario, pero dentro del fotograma, pues ha de ser analizado con la herramienta de ajuste del movimiento. Por ello, deben ser grabadas con ángulos abiertos, no funciona en tomas con ángulos de visión cerrados, ya que apenas aportan elementos que rastrear.

En definitiva, las reflexiones son un elemento complejo de la composición, que debería ser evitado en la medida que un proyecto no lo considere indispensable como recurso visual.

La segunda clase de reflexiones son las reflexiones del entorno, como cristales o metales (fig. 6.136). Es sencillo que uno de estos elementos recreados en 3D y estáticos en el escenario reciba reflejos del entorno a través de una textura proyectada alrededor, mientras la cámara, animada por ajuste del movimiento, gira alrededor de él (fig. 6.137).



Figura 6.136 Elemento arquitectónico reflejando el edificio de en frente.

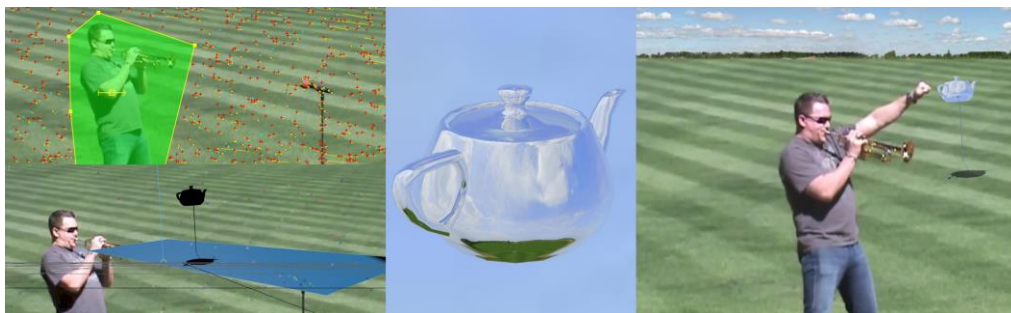


Figura 6.137 Tetera reflejando en la imagen de fondo a través del entorno en 3D.

Es más difícil, en cambio, que un objeto 3D en movimiento se refleje en el entorno, ya que habrá que rastrearlo en 3D con ajuste del movimiento, o se desconocerá qué lugar ocupa en el espacio (fig. 6.138).

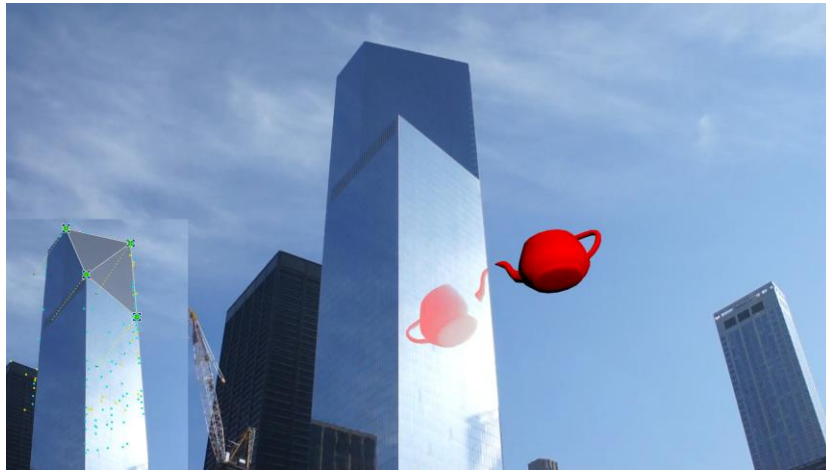


Figura 6.138 Elemento dinámico y aproximación de modelado para proyectar reflejos.

Otro ejemplo más complejo, sería si un objeto 3D en movimiento refleja el entorno, como por ejemplo la luna de un coche. Siempre se puede enmascarar la luna con un trazado en 2D y convertirla en ahumada para ver en ella reflejado un entorno o paisaje superpuesto en su superficie, pero el comportamiento de los reflejos en los cristales es difícil de recrear en postproducción, aún con herramientas de deformación y desplazamiento de imagen 2D, y es más convincente si se realiza mediante efectos 3D, que permiten simular reflexiones virtuales como en la realidad.

Este segundo método, más realista, convierte el elemento a rastrear en un *prop* o atrezzo virtual (fig. 6.139). Aunque está técnica aquí descrita, se sale de los procedimientos hasta ahora vistos, se comentará brevemente. Se deben colocar al menos cinco marcas encima del espejo de mano, para ser rastreadas mediante la herramienta de análisis del movimiento, cuando la mano lo mueva frente a cámara.



Figura 6.139 Ayudante de atrezzo virtual para reflejar el entorno real.

El análisis se realiza de la misma manera que si se estuviera rastreando el movimiento de la cámara, pero los datos, en este caso, se invierten para que sean los puntos de rastreo los que se muevan frente a una cámara estática virtual. A continuación se modela un plano que imite la forma del espejo de mano y se ajusta a las marcas de rastreo en las tres dimensiones del espacio virtual. Finalmente, se proyecta desde el entorno 3D una textura en 360°, que será reflejada sobre el objeto 3D por medio de materiales y propiedades físicas simuladas técnicamente, dando así aspecto de reflexión real que se adapta y distorsiona al volumen. En la práctica funciona. Se ha convertido un simple teléfono móvil en un espejo de mano que refleja la ciudad de Nueva York, pero a un coste de tiempo y trabajo que no siempre un proyecto o idea justifica.

6.2.4. INTERACCIÓN DE ELEMENTOS SOBRE ESCENARIOS VIRTUALES.

La interacción de elementos reales y virtuales es un tema que se trató en profundidad en el anterior capítulo, sin embargo, aquí voy a hacer una excepción, para tratar específicamente el tema en relación a los escenarios ciclorama. Si existe un mobiliario virtual 3D con el que el actor va a interactuar, por ejemplo subiendo una escalera (fig. 6.140), su estructura (sobre el que la que actor se sube en el escenario) debe ser similar en forma y disposición a la escalera virtual, para que la composición funcione. Por ello, tener una referencia de escala es importante en las integraciones. Permite medir en el escenario y modelar a la misma escala en 3D. O viceversa, modelar directamente el atrezzo o decorado 3D y trasladar las medidas a un ayudante de atrezzo o decorado virtual, sobre el escenario croma. Aun así, si las escalas fueran diferentes y no encajasen, siempre se puede escalar el objeto virtual para ajustarlo a la medida de la imagen.



Figura 6.140 Interacción del actor Johnny Depp, (*"Alice in Wonderland"*, 2010) con un ayudante de decorado. Y Alice (dcha.) pisando un decorado real.

No es necesario realizar una gran planificación, si lo único que se pretende es que el actor se siente en alguna parte o se deje algún objeto real sobre el escenario, ya que después, se puede adaptar a cualquier entorno 3D y ajustarlo a la imagen grabada. Si se tiene más de un objeto en el escenario sí debería existir una mínima planificación para colocar los elementos en la escena, aunque, de nuevo (posteriormente en la escena 3D), se puede ajustar a los elementos del escenario croma.

Cuando los actores se sientan sobre elementos verdes, es mejor que sea sobre elementos planos y sólidos, ya que se iluminan más uniformemente y se extraen mejor. Los muebles, sillas, taburetes pintados de verde, generan sombras difusas (entre las patas y uniones), que hacen más difícil la extracción del verde, teniendo que contrastarse el rango de verde a extraer y pudiendo afectar a partes del modelo que se sienta sobre ellos. Los prismas van a generar un lado menos iluminado al estar en ángulo, sin embargo, es muy fácil de iluminar con una luz de relleno extra. Además, en general no se buscan sombras duras proyectadas sobre la superficie de un mueble (fig. 6.141).



Figura 6.141 Helena Bonham Carter interactúa con un trono virtual, en la película "Alice in Wonderland", sobre un ayudante de atrezzo virtual verde y plano.

Pero si la interacción con muebles sobre el escenario verde es necesaria, como al recostarse sobre una silla o retirarla de una mesa, entonces, sí es necesario usar muebles pintados de verde con los que el actor interactúe físicamente, en lugar de prismas o superficies planas.

Interactuar con elementos verdes supone un problema añadido, ya que hay que rastrearlos y, en principio, no ofrecen nada que rastrear. Hay que tener en cuenta que si se quiere

interactuar con algún elemento sobre el escenario verde, tiene que convertirse en un atrezo virtual, añadiendo marcas de distinto contraste sobre su volumen (fig. 6.142).



Figura 6.142 Marcas para interactuar con el ayudante de atrezo virtual (Anthony Daniels en el rodaje de “Star Wars Episodio VII: El despertar de la fuerza”, 2015).

La interacción también se ve condicionada por el rastreo del objeto, no pudiendo quedar bloqueadas las marcas mientras se produce el movimiento. Hay que decidir si se retira una silla por el respaldo antes de sentarse sobre ella. O bien se retira desde el respaldo antes de dejarla fija, y cruzar por delante de sus marcas, para acabar sentándose en ella. O se actúa por detrás de un banco (fig. 6.142) para no ocultar en ningún momento las marcas frente a cámara.

Los objetos verdes que se agarran deben de ser más pequeños que los objetos virtuales en sustitución, ya que si no se crea un área transparente alrededor de la mano. Aun así, la interacción con elementos virtuales es tan compleja que debería ser evitada en la medida de lo posible, siempre que el guión no lo requiera específicamente para la narración y no pueda ni resulte rentable ser recreado en la realidad. Para todo lo demás, deberían usarse elementos reales durante la interacción, como muebles, asientos, utensilios. Además, los objetos reales con los que se interactúa generan sombras suaves de contacto que hacen más creíble la integración. Recrear en posproducción la acción de apoyar los pies sobre un cojín (Helena Bonham Carter al sentarse en su trono, en “*Alice in Wonderland*”), resultaría muy compleja y costosa, pero los únicos elementos reales deben ser aquellos con los que el actor interactúa físicamente, ya que cuantos menos elementos aparezcan en el escenario croma, más sencillo resulta grabar la toma.

Si se interactúa con elementos lumínicos, como lámparas, velas, focos, es posible situar la misma fuente de luz que se quiere simular durante la interacción, y que ésta ilumine también, al modelo en el escenario croma, en lugar de crear un complejo sistema de luces fuera de plano. Como en *"The Hobbit: An unexpected Journey"* (2012), de Peter Jackson (fig. 6.143).



Figura 6.143 Luz real, para simular fuego, sobre el escenario de grabación y actores.

Mantener los elementos reales alrededor del actor añade, además, realismo a la integración, independientemente de si existe interacción. Por otro lado, las interacciones entre elementos reales y virtuales resultan menos convincente en primeros planos, este es el motivo por el que, en muchas producciones los suelos y primeros planos son todos reales, y solo el fondo del escenario es verde y virtual (fig. 6.144), así, el contacto físico no resulta un elemento extra de trabajo. Además, permite la proyección de sombras reales sobre la superficie física, y en la composición, añaden realismo e interacción visual a la escena, de un modo, que en postproducción serían muy complicadas de recrear.

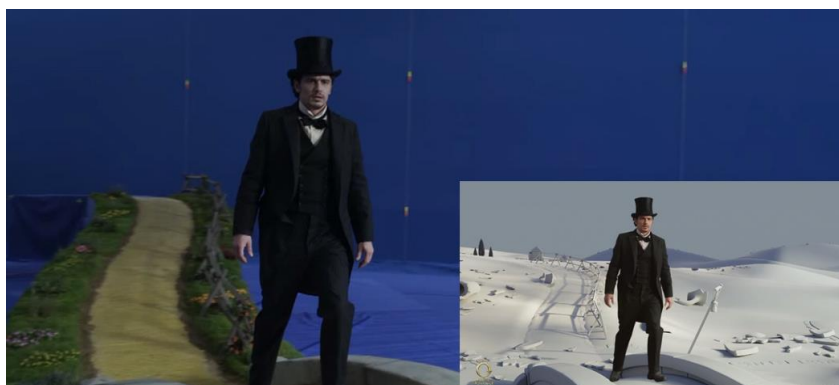


Figura 6.144 El plano de tierra debería ser casi siempre un elemento real, como el actor Joe Franco en la película *"Oz the Great and Powerful"* (2013).

Cuando los actores interactúan visualmente, temporalmente y físicamente con un elemento virtual, es necesario algún elemento físico en el escenario croma que le sirva de guía y orientación. Se puede usar otro modelo en el escenario, que se sitúe en el mismo lugar que lo va a hacer un personaje 3D (fig. 6.145 dcha.), como el tigre virtual de la película “*Life of Pi*” (2012), del Director Ang Lee. O una silueta impresa al tamaño real del personaje Iron man (fig. 6.145 izq.), situada sobre el escenario (posteriormente se vaya a eliminar de la composición). Por ello, el actor no debería cruzar esta silueta, ya que si no habrá que realizar un trabajo de rotoscopia sobre el actor en movimiento.



Figura 6.145 Referencia 2D (izq.) y 3D (dch.) de un personaje en el set.

Si el elemento ayudante visual ocupa parte del plano de la imagen, su tamaño debe ser más pequeño que el del elemento 3D virtual que se sitúe encima. Por otro lado, estos elementos se pueden rastrear si existe movimiento en la secuencia, ajustando el personaje a ellos. Aunque esta técnica solo funciona en personajes estáticos sobre el frente del plano y, tan pronto como el ayudante se sitúa en el fondo y el actor lo cruza, no resulta tan sencillo eliminarlo de la composición final. Existe un truco para quitar del escenario verde el ayudante de interacción visual. Éste consiste en que el actor fije la mirada en el ayudante (fig. 6.146) y la mantenga mientras se retira del plano en la misma trayectoria de la mirada.



Figura 6.146 Ayudante para la composición de un personaje 3D con actores (recreación infográfica).

6.2.5. COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS SOBRE ESCENARIOS VIRTUALES.

Otro elemento que hace realista una integración, es el encuadre del plano en relación a la composición final (fig. 6.147). Uno de los errores más comunes a la hora de grabar sobre escenarios croma, es el de situar al actor en medio del plano visual, sin tener en cuenta el lugar que ocupa en la escena compuesta.



Figura 6.147 Disposición lateral del actor en la composición.

Existe, además, una tendencia a entender los escenarios cromas como fondos simples detrás del modelo, pero en las grabaciones de cine en escenarios reales, se da una profundidad entre fondo y primer plano, que debería recrearse y tenerse en cuenta mientras se graba en el ciclorama, y no ser decidida e improvisada después en posproducción.

No obstante, el fondo virtual 3D puede ser ajustado para que la escena resulte más espectacular o convincente, pero se obtienen mejores resultados siempre que exista una planificación en el escenario de grabación.

Se pueden tener en cuenta las clásicas normas de encuadre visual, por ejemplo, dividiendo cada lado del fotograma en tres partes (fig. 6.148), lo que permite encuadrar al modelo y dejar un área alrededor de él. Teniendo en cuenta estas técnicas, se puede grabar dejando siempre

un espacio entre el actor y el fondo, aunque no se conozca el fondo con el que se va a componer.



Figura 6.148 Subdivisión del plano de la composición.

Además, se debe tener en cuenta la altura a la que se graba y donde se sitúa la línea del horizonte. En secuencias grabadas sobre fondo verde, apenas se percibe diferencia entre tomas grabadas a diferentes ángulos visuales, pero en la composición final pueden resultar muy diferentes si un ángulo muestra el horizonte y el ángulo de la otra toma no (fig. 6.149).

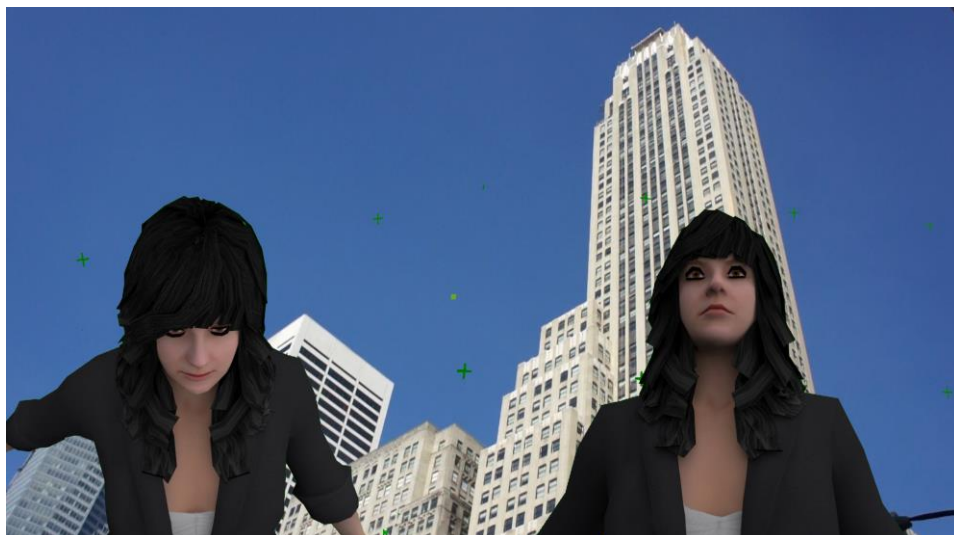


Figura 6.149 Diferente ángulo de cámara sobre una misma imagen.

Ello es especialmente evidente con fondos de entornos virtuales exteriores de gran escala donde se muestre la línea del horizonte. Por lo tanto, es especialmente importante tener en cuenta el fondo con el que se va a componer a la hora de grabar sobre el escenario. Si se quiere grabar a *Superman* (volando) con un trávelin de cámara que acabe en un picado sobre el superhéroe, mientras se observa al fondo la ciudad de Nueva York, debería grabarse la secuencia sobre el escenario croma, imaginándose la misma ciudad sobre el suelo del plato, aunque resulte difícil, ya que la toma no puede rehacerse una vez grabada.

Por otro lado, a cualquier localización se le puede añadir un fondo desplegado verde, lo que permite movimientos de cámara, más libres, amplios y no restringidos al escenario de grabación virtual (fig. 6.150). Además, los elementos alrededor del fondo verde, aportan información con la que rastrear el movimiento de la secuencia.



Figura 6.150 Fondo verde en exterior con luz difusa de un día nublado.

CONCLUSIONES

La hipótesis desarrollada en este documento se confirma. La composición entre imágenes 2D reales y 3D virtuales se ha hecho hoy más sencilla y eficaz gracias a las numerosas técnicas que han ido apareciendo en los últimos años, y que en esta investigación se ha practicado y descrito en profundidad. No siendo ya un conjunto de herramientas reservadas a los grandes estudios y productoras audiovisuales, y existiendo un conocimiento práctico del medio, que puede ser transmitido y usado en entornos académicos y artísticos. Éste, aquí descrito, permite una comprensión global de todo el proceso de integración y composición de imágenes media y gráfica, sin embargo, al término de este documento se hace necesario establecer conclusiones en torno a los procesos y su tratamiento para un mejor resultado en una producción de presupuesto reducido, ya que, en ocasiones, se acometen técnicas y procesos inadecuados por desconocimiento, falta de planificación o medios.

Una de las primeras conclusiones que se desprende de la investigación, es la ventaja de usar fondos croma, en vez de realizar complejos trabajos de rotoscopia con el modelo, y usar sobre ellos subtracciones de clave de color con la herramienta *Keylight*, ya que el resto de métodos de subtracción resultan más inestables e impredecibles

Por otro lado, la sincronización entre distintos tipos de imágenes se realiza con técnicas de rastreo de cámara y ajuste del movimiento. Dependiendo del movimiento de cámara (paseo, paralaje) se usará una técnica u otra. Además, se ha comprobado que muchas de las secuencias de movimiento panorámico trabajadas aquí, pueden ser compuestas (si no existe paralaje de cámara), simplemente, con operaciones de rastreo en 2D (en *Adobe After Effects* o *Nuke*), tecnología más económica y menos compleja, que los rastreos o ajustes en 3D de *Boujou*.

La integración entre imagen real y sintética requiere fundamentalmente de dos técnicas descritas en el capítulo tres y seis: Ajuste del movimiento y extracciones de color sobre fondos y siluetas. En gran parte de los proyectos audiovisuales, no son necesarios escenarios croma interiores, a no ser que se quiera reproducir una iluminación específica. Los exteriores aportan más luminosidad sin necesidad de iluminación artificial.

Por otro lado, ofrecen mayor superficie que rastrear alrededor del fondo verde, lo que permite prescindir de un buen número de marcas de rastreo sobre el fondo y, por lo tanto, facilitar la substracción del modelo sobre el fondo. El único requisito, en estos casos, sería contar con un tamaño de fotograma lo suficientemente grande como para recortar la imagen tras el rastreo, y seguir contando con un buen número de píxeles en la figura sobre el fondo, para su posterior composición. Además, un mayor tamaño del fotograma también proporciona más píxeles para rastrear, lo que asegura rastreos más exactos y sin ruido.

Sin embargo, el inconveniente de usar fondos verdes en exteriores reside en la forma plana de ellos, frente al espacio envolvente que proporciona un ciclorama, lo que permite movimientos de cámara más amplios y complejos que con simples fondos. Sin embargo, existe la posibilidad de cubrir el fondo del modelo con una pantalla verde portátil, que gire y se mueva en paralelo a la cámara, cubriendo a todo el actor salvo en la parte de los pies, zona que puede cubrir perfectamente un fondo de rollo desplegado sobre la superficie del suelo en la escena.

Por otro lado, la substracción ha de realizarse con material de calidad. Fotogramas con una alta profundidad de color, rango dinámico suficiente y tasas de compresión muy bajas, son recomendables. Estos tres elementos, junto con una tasa de fotogramas mayor que 25, 30, aseguran buenas substracciones con las herramientas de clave de color, lo que solo se consigue con un sistema de captura en vídeo de calidad y, por ello, de elevado precio.

Otro elemento que facilita el trabajo y las integraciones en composición, es cuando los pies del modelo tocan un suelo real que formará parte de la composición final, y sobre el que las sombras del actor se proyectarán naturalmente. Este tipo de elementos facilitan la integración

y aportan profundidad y volumen a la escena, a la vez que reducen considerablemente el tiempo de trabajo en posproducción. .

Sin embargo, si este plano de tierra no puede ser recreado o encontrado en la realidad, y el uso de fondos verdes o cicloramas se hace imprescindible, la elección del día, el clima y la meteorología, se convierten en factores importantes en la producción, siendo preferible grabar secuencias en días nublados, más que soleados, para aprovechar las sombras difusas que los pies del modelo proyectan sobre la superficie verde del fondo desenrollado. Ya se comentó la facilidad de trabajar este tipo de sombras en comparación a las sombras duras y su posterior tratamiento con máscaras.

La interacción entre elementos es otro de los aspectos que se debería estudiar a fondo antes de iniciar un proyecto que implique relación entre diferentes realidades o mundos visuales. Son extremadamente complejas, y solo técnicas muy avanzadas permiten desarrollarlas convincentemente.

Finalmente, el desarrollo de hardware informático en la actualidad, apunta a un mayor desarrollo en los sistemas de captación y escaneado 3D de la realidad (*Captura de movimiento, Control de movimiento*). Habrá que redefinir los conceptos de media y gráfica, y ver como éstos se relacionan e interpretan entre sí (por ejemplo, en la película "*Las aventuras de Tintin*" (2011), de Steven Spielberg, donde se hace difícil definir qué es animación y qué es cine). Pero tanto las técnicas de escaneado 3D, como de *Captura de movimiento (mocap o Motion capture)*, ampliarán notablemente la narrativa lineal del vídeo a través de los entornos de simulación y animación 3D.

De momento, el proyecto *Tango*, de la compañía Google, apunta en esta dirección. En un reciente documento audiovisual publicado¹⁸, se explican las características de un dispositivo

¹⁸ Noah Falstein, jefe de diseño de juegos en Google, y uno de los responsables del "*Proyecto Tango*", compara la evolución tecnológica de escaneado 3D actual, con el desarrollo técnico y expresivo de los efectos especiales en el cine. Augurando un mundo real y virtual creciendo juntos, y entrelazados en un futuro tecnológico. <https://www.google.com/atap/project-tango/>

(Tablet), ya a la venta, que permite capturar la realidad escaneada en 3D. Haciendo uso de las técnicas de fotogrametría y rastreo del movimiento que durante toda esta investigación se han descrito (solo que, en este proyecto, la imagen se compone en tiempo real, a diferencia del cuadro o fotograma interpretado del cine digital). Paradójicamente, el proyecto se inspira, en parte, en una secuencia de la película "*Minority Report*", de Steven Spielberg, en la que el protagonista, *John Anderton*, es reconocido por publicidad holográfica que flota sobre el mundo real.

Por otro lado, la imagen tridimensional tiene dos nuevos flujos de trabajo en la actualidad. Uno de ellos, el escaneado en 3D de objetos reales, se ha practicado a lo largo de esta investigación con el modelo *Iron man* de juguete, escaneándolo y añadiéndolo a buen parte de los ejemplos. Lo que proporciona múltiples posibilidades de cara a la narrativa cinematográfica. En muchas de las películas que incorporan efectos especiales, por ejemplo, en la última entrega de "*El Hobbit: La batalla de los cinco ejércitos*", del director Peter Jackson, se aprecia dos tipos de secuencias, una cinematográfica y otra animada. En el segundo tipo, en vez de usar actores, se usan replicas en 3D, lo que permite acciones e interacciones entre elementos, imposibles de realizar con imagen de acción real.

Otro flujo de trabajo interesante, pero no específico del objeto de estudio en este texto, es la impresión física en 3D de objetos gráficos virtuales. Sin embargo, la posibilidad de hacer real lo que aparece proyectado sobre la pantalla de cine en 2D, es toda una fuente de mercado y negocio para un producto audiovisual. La compañía de animación *Pixar* lo desarrolla a través de su línea de juguetes y personajes 3D, que en un futuro, tal vez tengan movimiento y se asemejen más a robots que a juguetes de plástico inanimados¹⁹.



Impresión 3D.

¹⁹ A este respecto se recomienda ver "*Inteligence Artificial: A.I.*", del Director Steven Spielberg.

Como apunte final, los gráficos 3D, también, tienen aplicaciones en el campo de la biónica, a través de la robótica y la impresión en 3D. En la imagen de abajo, se muestra el brazo de *Iron man* impreso en 3D, como prótesis ortopédica para un niño lisiado (proyecto de Albert Manero, para la organización *Limbless Solutions*), pero este, es solo un ejemplo de cómo se van a relacionar en un futuro el mundo real y el mundo virtual, creando flujos de trabajo de ida y vuelta entre mundos y realidades.



"The Collective Project: Robert Downey Jr. Delivers a Real Bionic Arm"
Vídeo publicado en Youtube bajo este título.

ANEXO Y DESARROLLO PRÁCTICO.

DESARROLLO PRÁCTICO EN 2D

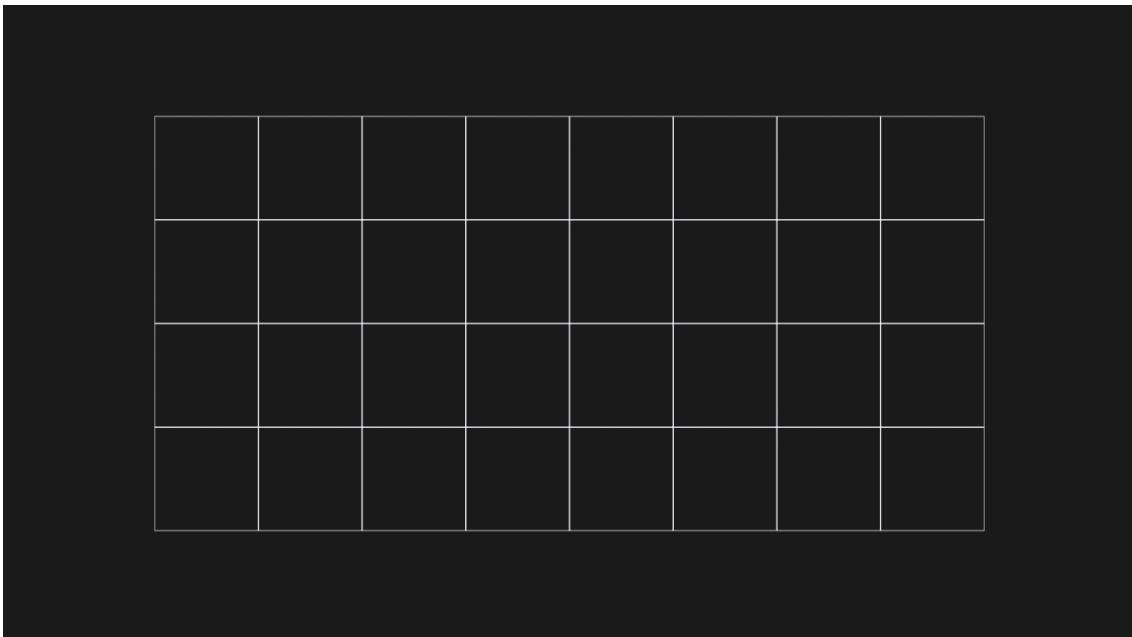


Fig. 1 Plano de representación en 2D.

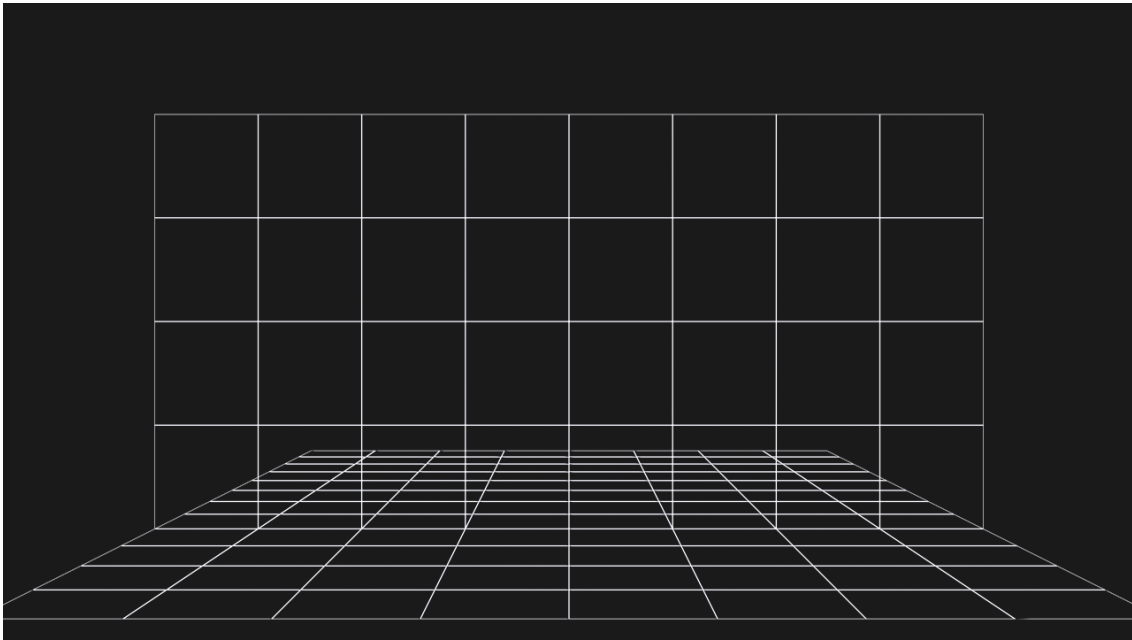


Fig. 2 Plano de representación en 2D.y plano de tierra en perspectiva cónica.

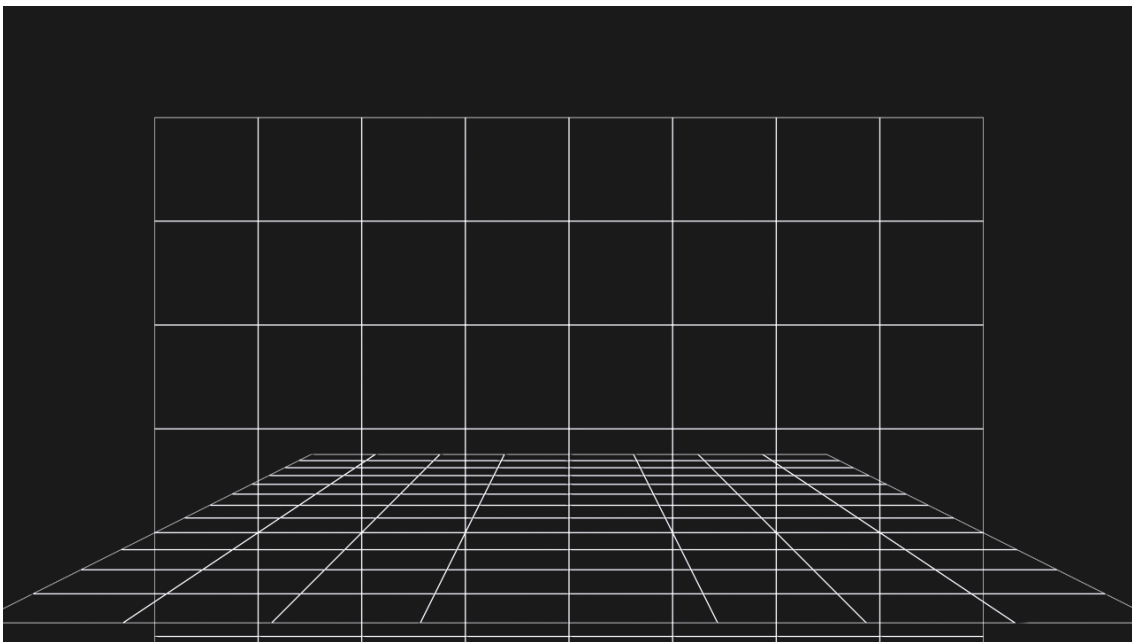


Fig. 3 Plano de tierra inter-seccionado por plano de representación en 2D.

DESARROLLO PRÁCTICO EN 2'5D

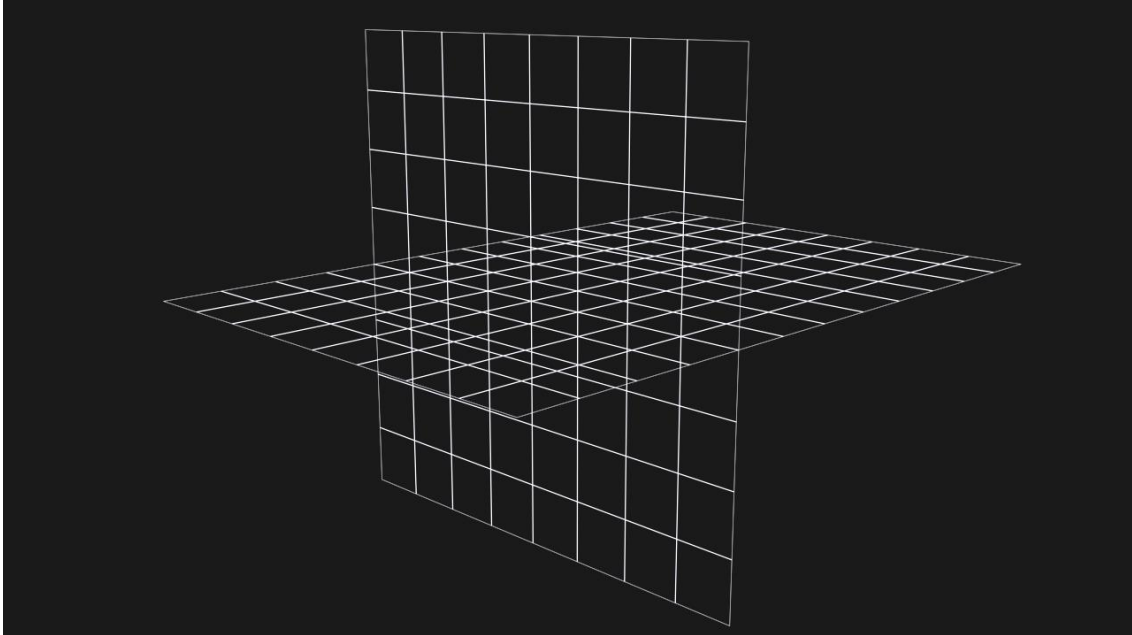


Fig. 4 Espacio de trabajo 2'5D.

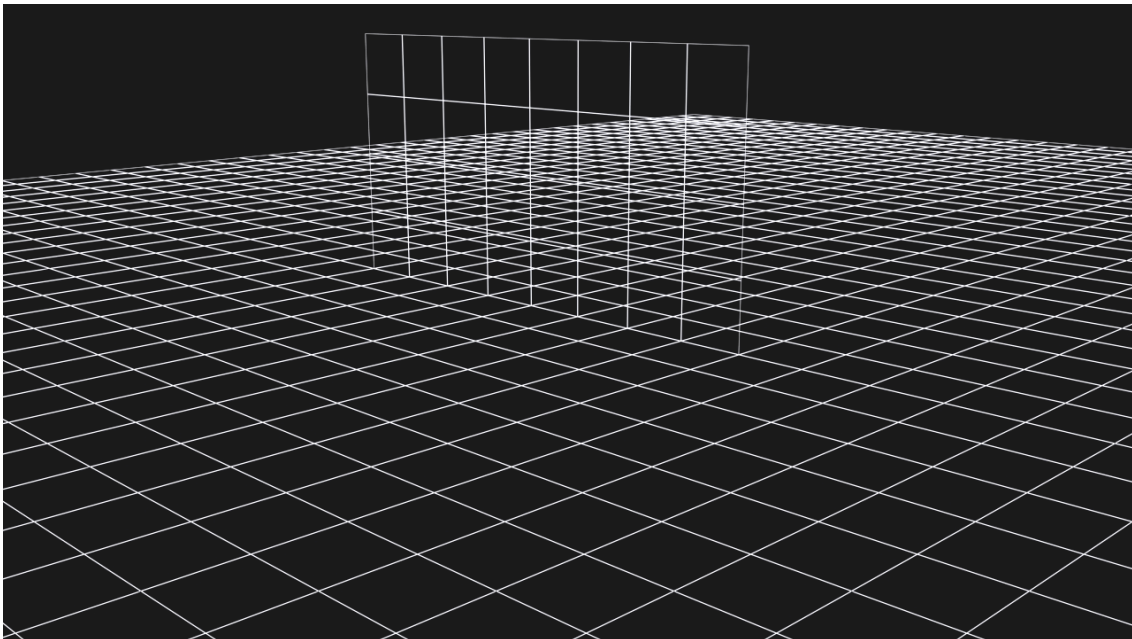


Fig. 5 Plano de proyección en 2'5D.

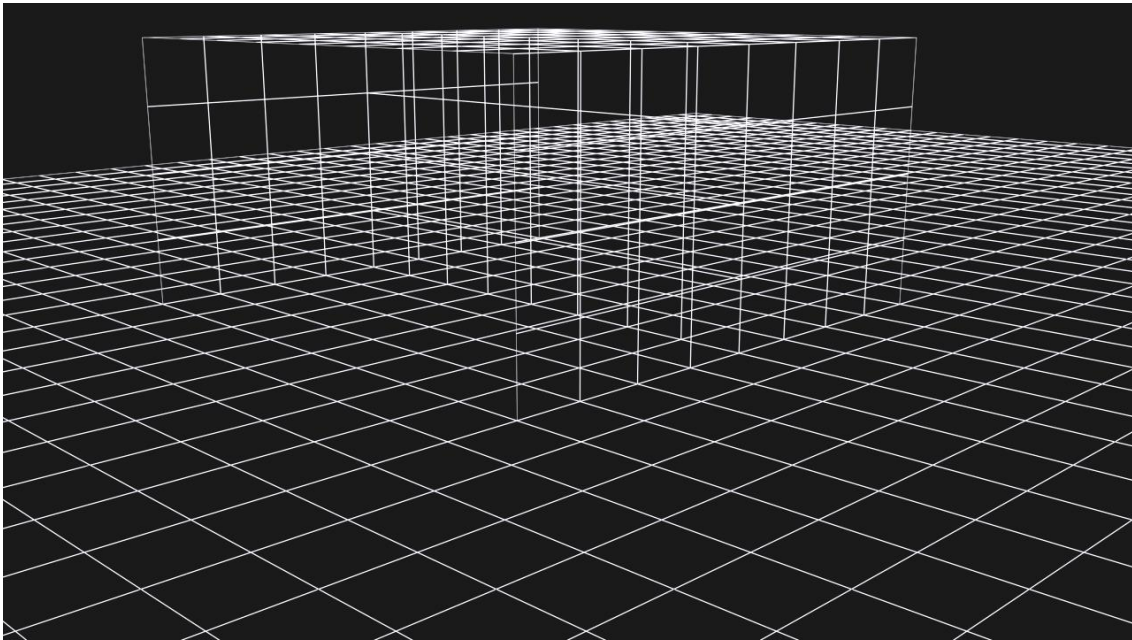


Fig. 6 Escenario en 2'5D

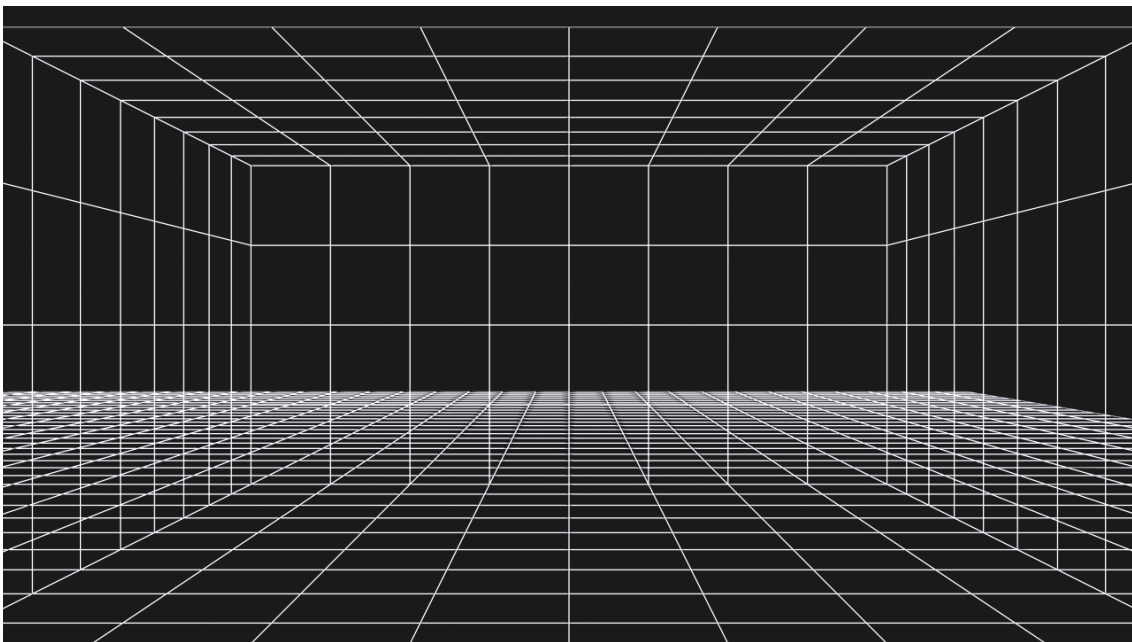


Fig.7 Interior de escenario en 2'5D

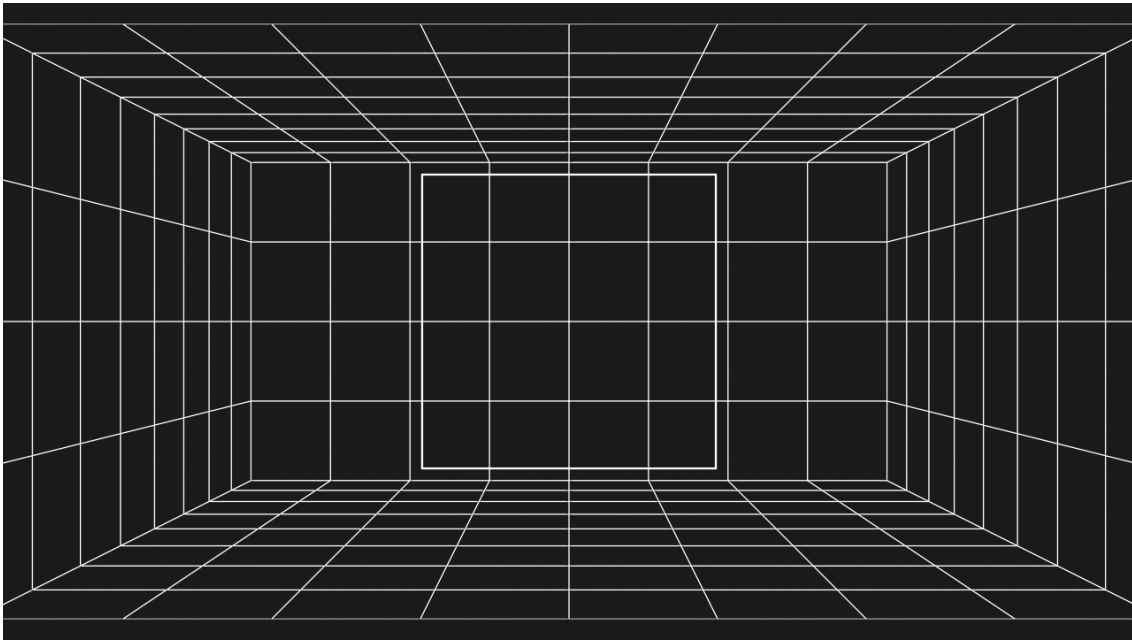


Fig. 8 Plano de proyección en Interior de escenario en 2'5D

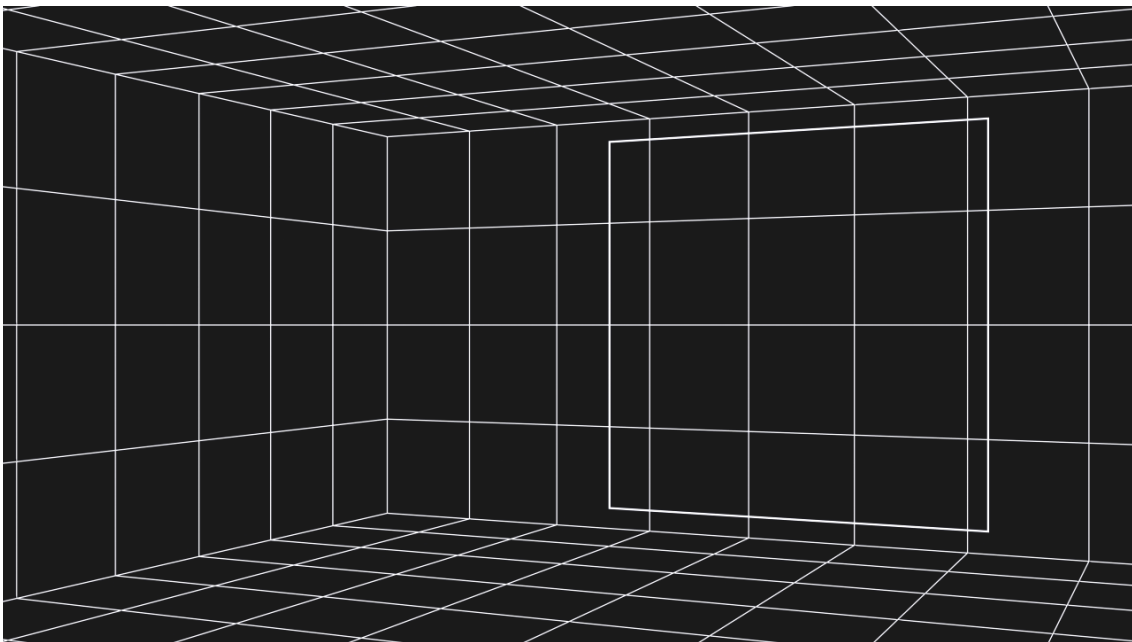


Fig. 9 Paralaje de cámara frente a plano de proyección en 2'5D

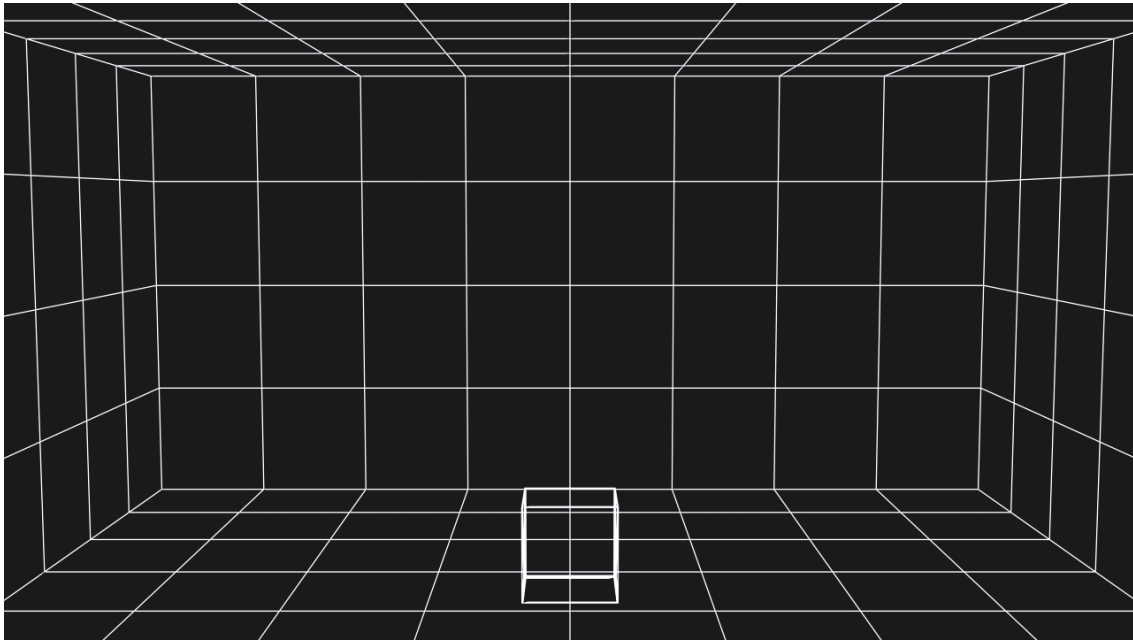


Fig. 10 Volumen de proyección de planos en Interior de escenario en 2'5D

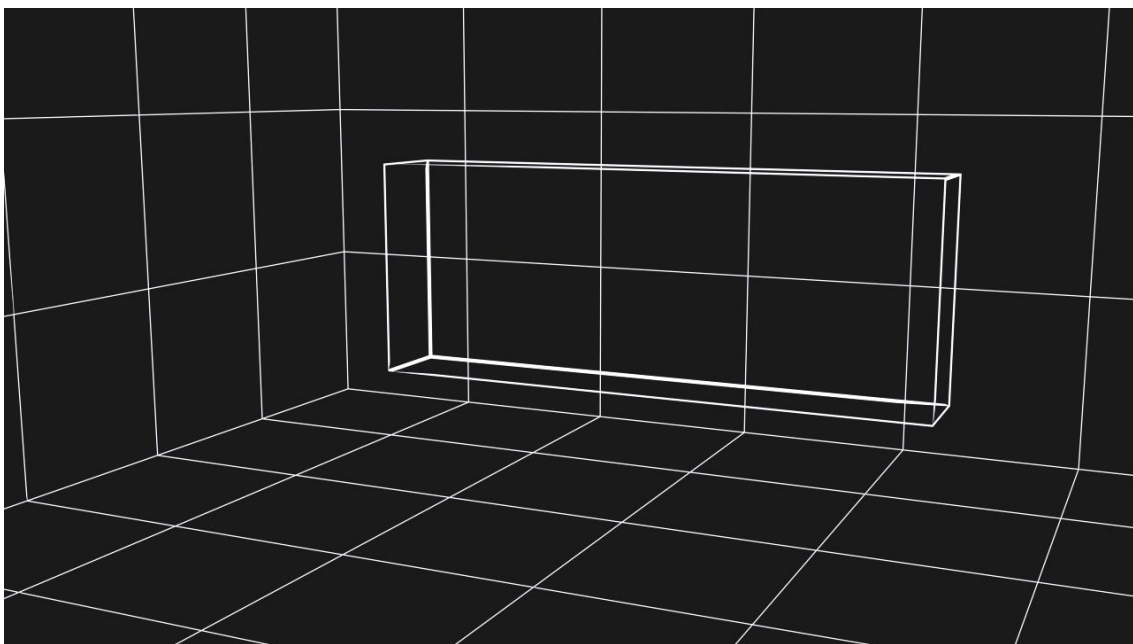


Fig. 11 Paralaje de cámara frente a volumen de proyección de planos en 2'5D

DESARROLLO PRÁCTICO EN 3D

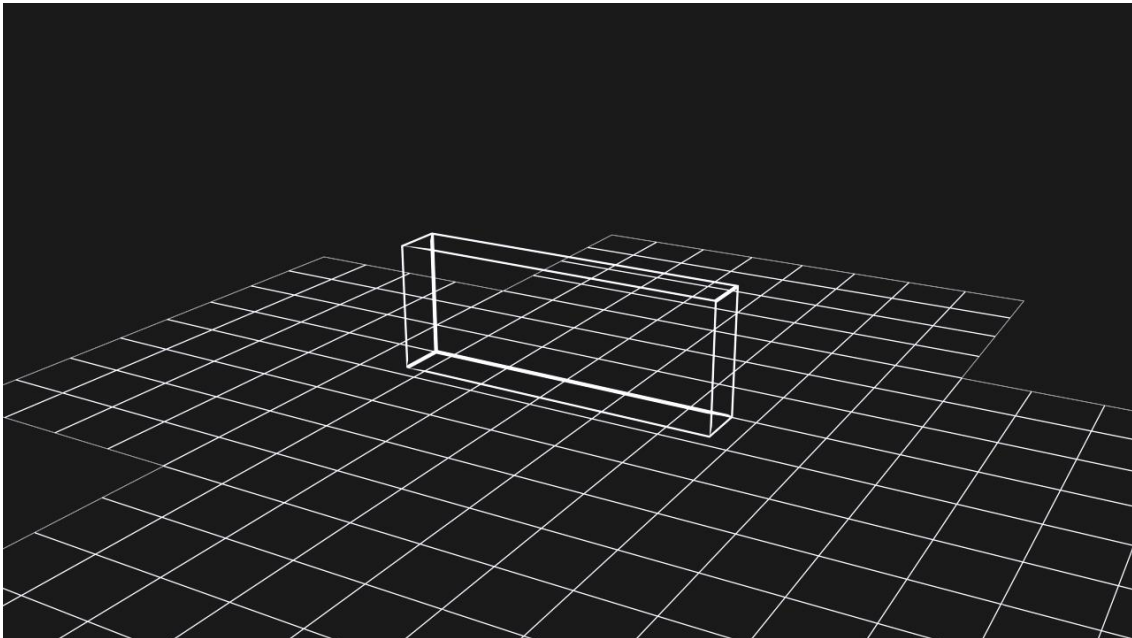


Fig. 12 Geometría sobre escenario en 3D.

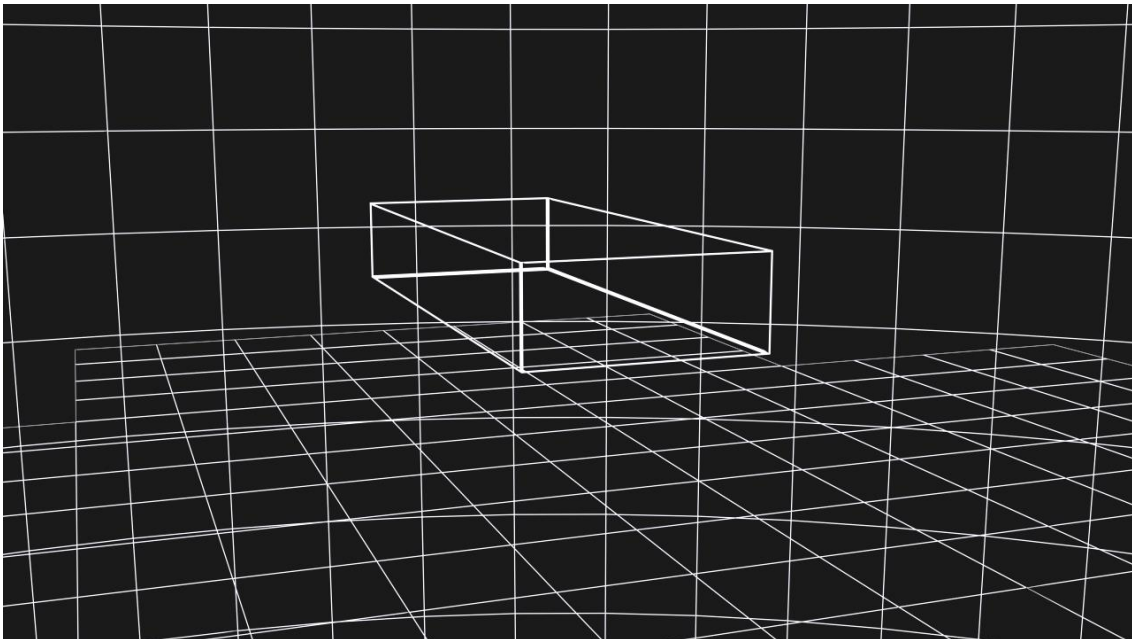


Fig. 13 Geometría sobre escenario y entorno en 3D.

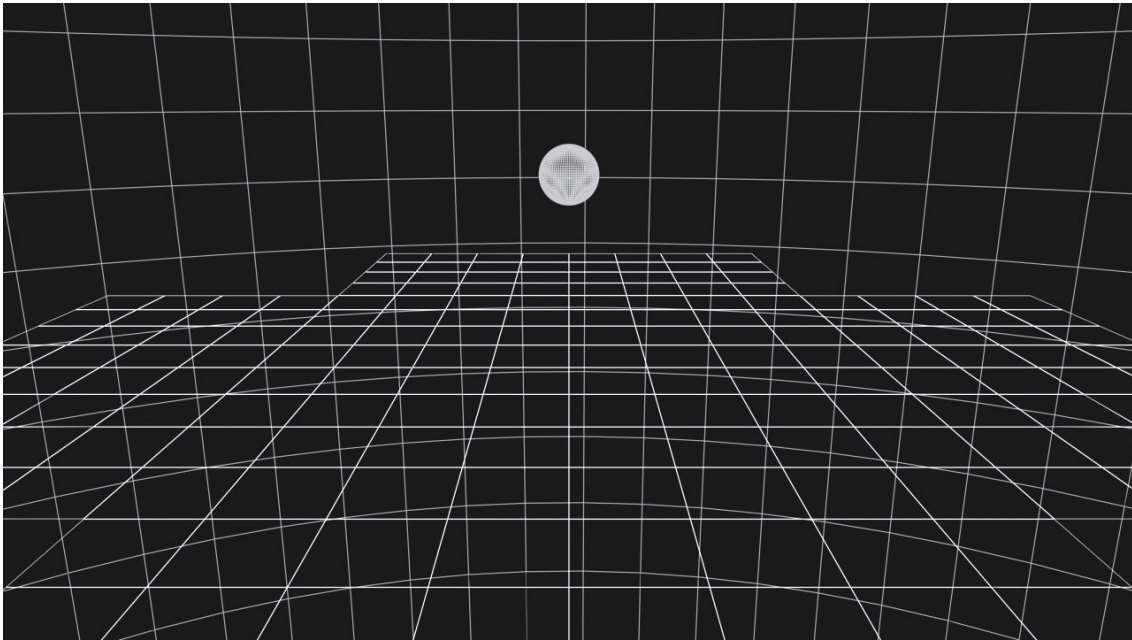


Fig. 14 Geometría esférica en el centro del escenario en 3D.

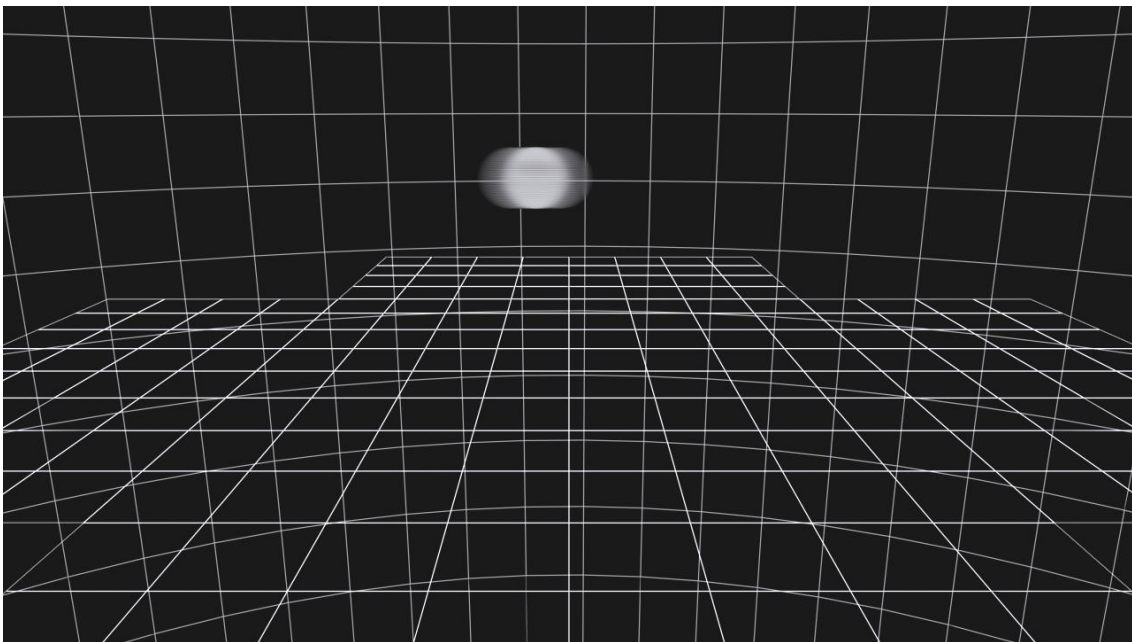


Fig. 15 Geometría en movimiento frente a cámara estática en 3D.

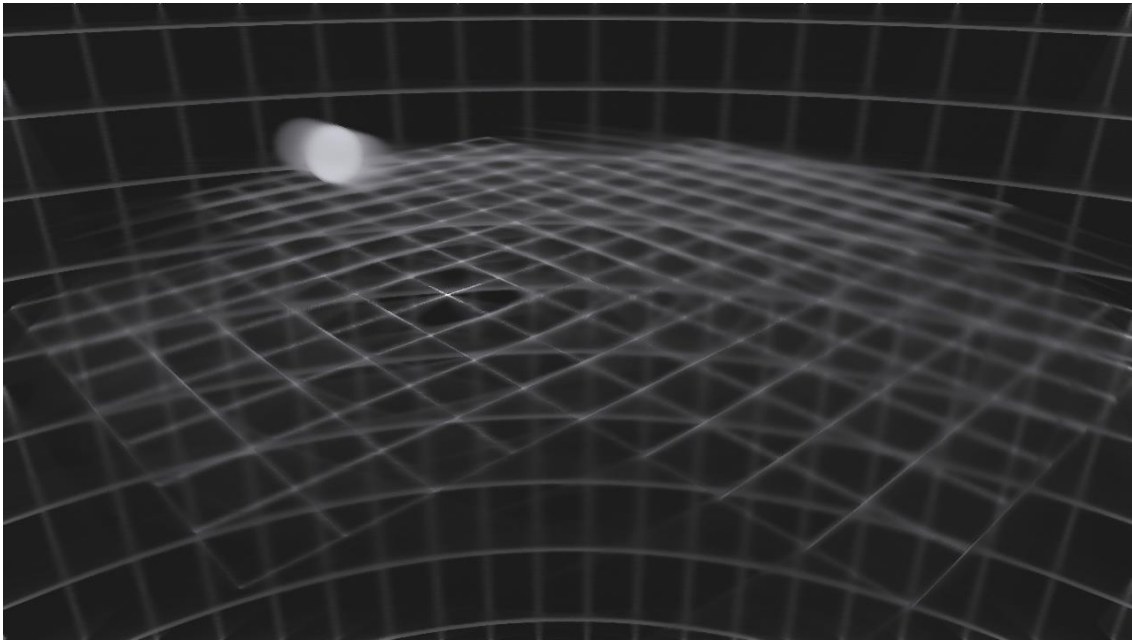


Fig. 16 Cámara en movimiento alrededor de escenario estático en 3D.

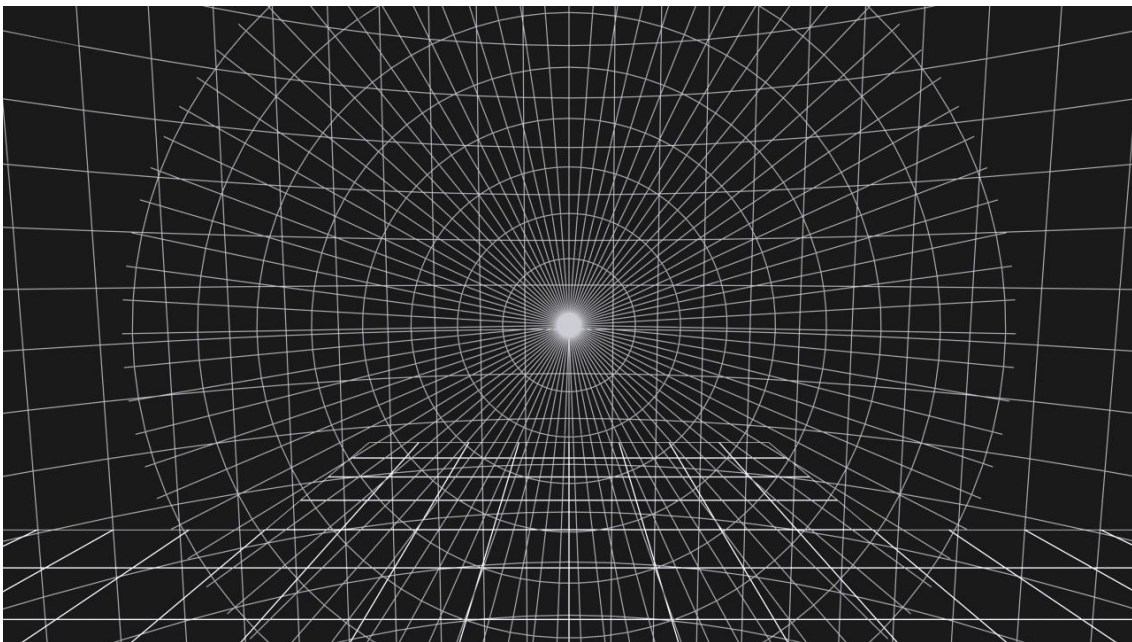


Fig. 17 Cámara en el interior de la geometría esférica y centro del escenario en 3D.

. BIBLIOGRAFÍA

Alsina, Claudi. *Mapas del metro y redes neuronales. La teoría de grafos*. Ed. RBA. 2010.

Andrew, & Selby. (2009). *Animación. Nuevos proyectos y procesos creativos*. Barcelona: Parramón Ediciones.

Armenteros, M. & García, A. (2015) “Efectos visuales digitales (VFX): estudio de las principales técnicas y tecnologías utilizadas en la producción audiovisual contemporánea”, en Utray, F., Armenteros, M. & Benítez, A.J. (2015), *Postproducción digital contemporánea*, Madrid: Dykinson.

Armenteros, M. (Dir.) (2011). *Posproducción Digital*. Bubok.

Austin, Tricia y Doust, Richard (2008), *Diseño de nuevos medios de comunicación*, Blume.

Bastida (2014), “Corrección de color de davinci”, en Rajas, Mario y Álvarez, Sergio (eds.) *Tecnologías audiovisuales en la era digital*, Fragua.

Bauman, Zygmunt. *Arte, ¿líquido?*. Ed. Sequitur. 2007.

Bellantoni, Patti. (2005). *If It's Purple, Someone's Gonna Die*. The Power of Color in Visual Storytelling, Focal Press.

Benítez, A.J., Jiménez, I. & Sánchez Cid, M. (2015) "Conceptos de postproducción", en Utray, F., Armenteros, M. & Benítez, A.J. (2015), *Postproducción digital. Una perspectiva contemporánea*, Madrid: Dykinson.

Bert, Tom & Marescaux, Theodore (2011), "4K resolution: more than meets the eye", documento editado por Barco, disponible para descarga en:
http://www.barco.com/projection_systems/downloads/WhitePaper_4K_more-than-meets-the-eye.pdf.

Bethencourt, Tomás (2003), *Televisión Digital* (2 ed.), I. G. Afanias, Colección Beta, Temas audiovisuales.

Blake J., Stuar (2003). *Corrección de color para edición de vídeo no lineal*. Andoain: Escuela de Cine y Vídeo.

Bordwell, D. y Thompson, K., (1995), *El Arte Cinematográfico*, Paidós.

Botkin, Isaac. (2009). *Color Theory for Cinematographers*, en la web Outside-Hollywood.
<http://www.outside-hollywood.com/2009/03/color-theory-for-cinematographers/>

Bourriaud, Nicolas. *Posproducción*. Adriana Hidalgo editora. Los sentidos/artes visuales. 2007.

Bourriaud, Nicolas. *Estética relacional*. Adriana Hidalgo editora. Los sentidos/artes visuales. 2006.

Bowman, V. (2013). *Illuminated pixels: The why, what and how of Digital Lighting*. Boston: Course Technology.

Bratt Benjamin. *Rotoscoping: Techniques and Tools for the Aspiring Artist*. Focal Press, imprint of Elsevier. 2011.

Brinkman, R. *The art and science of Digital Compositing. Techniques for visual effects, animation and motion graphics*. 2008 (Segunda Edición). Morgan Kaufman.

Browne, Stephen, E. (2003). Edición de vídeo. Madrid: Instituto Oficial de Radio y Televisión.

Browne, Stephen, E. (2008). Posproducción en Alta Definición: edición y finalización del vídeo en HD. Andoain: Escuela de Cine y Vídeo.

Burke, Liam. *The Comic Book Film Adaptation: Exploring Modern Hollywood's*. Leading Genre Hardcover. March 31, 2015

Cairo Alberto. *El Arte funcional. Infografía y visualización de información*. Ed. Alamut. 2011.

Campbell, J. (2012). *Myths of light. Eastern Metaphors of the Eternal*. Reprint ed. Novato: The New World Library.

Carrasco, J. 2010, Cine y televisión digital; manual técnico, Universitat de Barcelona, Barcelona.

Carrillo de Albornoz, Ricardo (2013) "Profundidad de color" artículo publicado en la web Todo-fotografía, disponible para descarga en: <http://todo-fotografia.com/2013/profundidad-de-color/>

Castillo, José María, (2011), Televisión, realización y lenguaje audiovisual, Instituto de Radio y Televisión Española.

Chion, M. (1990). El cine y sus oficios. Madrid: Cátedra.

De Zuvillaga Navarro, Javier. *Forma y representación. Un análisis geométrico*. Ediciones Akal. 2008.

Diederichsen, Diedrich. *Psicodelia y ready-made*. Adriana Hidalgo editora. Los sentidos. 2010.

Donald Crafton. *Before Mickey Before Mickey. The Animated Film 1898-1928*. The University of Chicago press, 1993.

Dobbert, Tim. *Matchmoving: The Invisible Art of Camera Tracking*. Sybex ed. 2005.

Draper Pete. *Decostructing the elements with 3ds Max. Create natural fire, earth, air and water without plug-ins*. Focal Press, imprint of Elviesier. 2009.

Dyson, George. *La catedral de Turing. Los orígenes del universo digital*. Ed. Debate. 2015.

Ericsson (2015), "Understanding ultra high definition television", Ericsson White paper Uen 284 23-3266 | April 2015. Disponible para descarga en:
<http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-uhd.pdf>.

Fernández Casado, José Luis y Nohales, T. (1999). Posproducción digital: cine y vídeo no lineal. Andoain: Escuela de Cine y Vídeo.

Fernández, M. (2015) "Iluminación y render en entornos 3D", en Utray, F., Armenteros, M. & Benítez, A..J. (2015).

Fernández, M. (2015) "Modelado 3D, texturizado, pesado de malla, dinámicas y partículas", en Utray, F., Armenteros, M. & Benítez, A.J. (2015).

F. Noble David. *La religión de la tecnología. La divinidad del hombre y el espíritu de invención*. Ed. Paidós Transiciones. 1999.

Foster, Hal. *Diseño y delito*. Ed. Akal. 2004.

Furniss, M. (2007). *Art in Motion. Animation Aesthetics*. John Libbey Publishing, M. (2007).

Galindo Rubio, Fernando & Nó Sánchez, Javier (2010), "Evolución de la tecnología audiovisual digital: de la handycam a la estereoscopia, de la tarjeta capturadora al montaje en web 2.0. y de la cinta a Youtube." zer Vol. 15 - Núm. 29 ISSN: 1137-1102 pp. 137-156 2010.

García Crespo, O. y Ramahí García, D. (2013) El reto tecnológico en la gestión de los procesos productivos cinematográficos. *Fotocinema*, revista científica de cine y fotografía, no7 2013. ISSN 2172-0150.

Hamasaki, K. (2001). "Multichannel Sound in TV Technical and Aesthetic Approach", *SMPTE Journal*, September 2001, pp. 608-614, <http://www.smpte.org>.

Hamilton, J. (1999). *Efectos Especiales En Cine y En Television*. Barcelona: Molino.

Harman, Graham. *The quadruple object*. Ed. Zero Books. 2011.

Henne, M., Hickel, H., Johnson, E. y otros. (1996). "The Making of Toy Story". Actas de COMPCON, 41 IEEE *International Computer Conference*.

Holman, T. (2002). *Sound for Film and Television*. Boston: Focal Press.

Hornung, Erica (2010) *The Art and Technique of Matchmoving. Solutions for the VFX Artist*, Focal Press.

Hullfish, Steve (2013) *The Art and Technique of Digital Color Correction (2nd edition)* Focal Press.

Kandinsky, Vasily, (1989), *De lo espiritual en el arte*, Paidós.

Lailach, Michael. *Land Art*. Ed. Taschen. 2007.

Lewis, Jon, (2008), *American Film: A History*, Norton.

Lieser Wolf. *The World of Digital Art*. Potsdam: H.F. Ullmann Publishing, 2010.

Lipovetsky, Gilles & Serroy, Jean. *La pantalla global. Cultura mediática y cine en la era hipermoderna*. Ed. Anagrama. 2010.

López Díez, J. (2015) "Contar historias con el color, el ejemplo del estilo blockbuster", en Utray, F., Armenteros, M. & Benítez, A..J. (2015) .

Lotman, Yuri (1979). *Estética y semiótica del cine*. Barcelona: Gustavo Gili.

Maestri, George (2002). *Creación digital de personajes animados. Técnicas avanzadas*. Madrid: Anaya Multimedia. x

Manovich Lev. *El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. La imagen en la era digital*. Ed. Paidós Comunicación. 2005.

Mattingly David B. *The Digital Matte Painting Handbook*. Sybex ed. 2011.

Marty, Gisèle, (1999), *Psicología del arte*, Pirámide. x

M. & Benítez, A..J. (2015), *Postproducción digital. Una perspectiva contemporánea*, Madrid: Dykinson.

Negroponte, N. (1995). *El mundo digital*. Barcelona: Ediciones B. x

Noland, Katy C. & Truong, Louise H. (2015) "A Survey of UK Television Viewing Conditions", BBC Research & Development, White Paper WHP 287.

Ochoa, L. y Utray, F. (2015), "Guía 4K 709", Madrid: 709 MediaRoom, disponible para descarga en http://www.709mediaroom.com/descargas/Guia_4K_709_V1.pdf

Palomo, M. (1995). *El Estudio de Grabación Personal*. Madrid: Amusic.

Panadero (2014), "Nuevas tecnologías de corrección de color", en Rajas, Mario y Álvarez, Sergio (eds.) *Tecnologías audiovisuales en la era digital*, Fragua.

Parreño, J.M (2008). *Cuentos en Sombras*. Madrid: Siruela.

Perea González Joaquín, Castelo Sardina Luis, Ortiz Munárriz Jaime. *La imagen fotográfica*. Ediciones Akal Bellas Artes. 2007.

Quantum (2015) "*Preparing For The 4K Content Workflow Transition*". Documento editado por Quantum y StorNext 5. Disponible para descarga en:
http://emea.forms.quantum.com/Surveys/53/D51D98D126043C06/4K_White_Paper_Adwords_UK.aspx?gclid=C1ma2r2jy8cCFRQTGwod55wDnQ

Rajas, Mario y Álvarez, Sergio (eds.) (2014). *Tecnologías audiovisuales en la era digital*, Fragua.

Recuero, M. (1990). *Acústica de Estudios para Grabación Sonora*. Madrid: IORTV.

Sekida, Katsuki. *Za Zen*. Ed. Kairós. 1991.

Talbot, Michael. *El universo holográfico*. Ed. Palmyria. 2007.

Tarkovski, Andrei. *Esculpir en el tiempo*. Ediciones Rialp. 2002.

Triebe, Mark & Jana, Reena. *Arte y nuevas tecnologías*. Ed. Taschen. 2010.

Utray, F., "El flujo de trabajo de la corrección de color en postproducción audiovisual", en Utray, F., Armenteros, M. &

Utray, F., Armenteros, M. & Benítez, A..J. (2015), *Postproducción digital. Una perspectiva contemporánea*, Madrid: Dykinson.

Van Hurkman, Alexis (2013) *Color Correction Handbook: Professional Techniques for Video and Cinema* (2nd Edition) Peachpitpress.

Vedral Vlatko. Descodificando la realidad. El universo como información cuántica. Ed. Biblioteca Buridán. 2010. Vidal, M. (2008).

Watts, Alan. *El camino del Tao*. Ed. Kairós. 1988.

W. Ray Crozier, (1999) "*The meanings of colour: preferences among hues*", Pigment & Resin Technology, Vol. 28 Iss: 1, pp.6 - 14

White, T. (2010). *Animación del lápiz al pixel. Técnicas clásicas para animadores digitales*. Barcelona: Omega. x

Wheeler, Paul. *Alta definición y cinematografía 24fps*. Ed. Elsevier. 2003.

Wells, Paul. *The fundamentals of Animation*. Ed. AVA Publishing. 2007.

