



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 22/07/2019

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Miguel Ángel Carvajal Mendoza, con C.C. No. 1105687699,

Paola Alejandra Lopez Trujillo, con C.C. No. 1075296489,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o Paola Alejandra Lopez Y Miguel Ángel Carvajal Mendoza

Titulado Diseño e Implementación de un Sistema Computarizado Orientado al Posicionamiento de una Cámara para Stop Motion.

Presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar al título de

INGENIERO ELECTRONICO;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permite la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Miguel Ángel Carrascal M.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Paola Alejandra López Freijillo

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Diseño e implementación de un sistema computarizado orientado a el control posición para una plataforma de una cámara para stop motion

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
López Trujillo	Paola Alejandra
Carvajal Mendoza	Miguel Ángel

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Martinez Barreto	German Eduardo

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Electrónico

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Electrónica

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2019

NÚMERO DE PÁGINAS: 44

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas Fotografías Grabaciones en discos Ilustraciones en general Grabados
Láminas Litografías Mapas Música impresa Planos Retratos Sin ilustraciones Tablas o Cuadros

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

	Español	Inglés		Español	Inglés
1.	<u>Control</u>	<u>Control</u>	6.	<u>Holonomico</u>	<u>Holonomico</u>
2.	<u>Posición</u>	<u>Position</u>	7.	<u>Sistema</u>	<u>System</u>
3.	<u>Interfaz</u>	<u>Interface</u>	8.	<u>Diseño</u>	<u>Design</u>
4.	<u>Microcontrolador</u>	<u>Microcontroller</u>	9.	<u>StopMotion</u>	<u>StopMotion</u>
5.	<u>Motoreductores</u>	<u>Gearmotors</u>	10.	<u>Arte</u>	<u>Art</u>

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El presente proyecto presenta el diseño e implementación de un sistema computarizado orientado al control de una plataforma para una cámara para stop motion. El diseño estructural del sistema se basa en partes móviles de aluminio, varillas milimétricas, motores dc para cada eje y un microcontrolador que cumple la función de realizar el control de cada motor, recibir y ejecutar las ordenes enviadas desde la interfaz en el computador mediante conexión USB.

La información enviada por el microcontrolador al PC es exhibida mediante una interfaz gráfica desarrollada en visual studio que tiene la capacidad de desplegar de manera gráfica lo captado y permitir al usuario ejercer control sobre la posición del sistema en tiempo real.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The present project presents the design and implementation of a computerized system oriented to the control of a camera for stop motion. The structural design of the system is based on mobile aluminum parts, millimeter rod, dc motors for each axis and a microcontroller that fulfills the function of performing the control of each motor, receiving and executing the commands sent from the interface on the computer via USB connection.

The information sent by the microcontroller to the PC is displayed through a graphical interface developed in visual studio that has the ability to graphically display the captured and allow the user to exercise on the position of the system in real time.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado: Martin Diomedes Bravo Obando

Firma: _____

Nombre Jurado: Faiber Ignacio Robayo Betancourt

Firma: _____

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA COMPUTARIZADO ORIENTADO
A EL CONTROL DE UNA CAMARA PARA STOP MOTION

MIGUEL ANGEL CARVAJAL MENDOZA
PAOLA ALEJANDRA LOPEZ TRUJILLO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA - HUILA
2018

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA COMPUTARIZADO ORIENTADO
A EL CONTROL DE UNA CAMARA PARA STOP MOTION

MIGUEL ANGEL CARVAJAL MENDOZA
PAOLA ALEJANDRA LOPEZ TRUJILLO

Trabajo de grado para optar a el título de Ingeniero Electrónico

DIRECTOR
GERMAN MARTINEZ
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA - HUILA

2018

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

AGRADECIMIENTOS

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los malos y buenos momentos.

A mi madre que me acompañó de forma incondicional, preocupándose al extremo por cada paso que daba y el tiempo que me tomaba, porque me ama y siempre lo ha demostrado. A mi padre, quien tuvo una paciencia inquebrantable y nunca me retiro su apoyo a pesar de los altibajos. A mis hermanas de quienes invertí parte de nuestro tiempo de compañía y aventuras para subir un escalón más y desde allí poder hacerlo todo mejor para todos.

Gracias también a los profesores quienes siempre contestaron con calma y de la mejor manera posible mis cuestionamientos constantes a pesar de que muchas veces eran repetitivos.

Paola Alejandra López Trujillo

A mis maestros, mis amigos, mis padres, mis hermanas y a todas las personas que me brindaron su apoyo de una u otra manera ya fuera de forma académica, moral, económica o práctica debo darles infinitas gracias sin ustedes no sería lo que soy hoy y no podría estar donde hoy estoy; sin lugar a dudas les debo mucho y espero poder compensar en algo todo su apoyo.

Miguel Ángel Carvajal Mendoza

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 DESCRIPCIÓN	13
1.2 FORMULACIÓN	13
2. OBJETIVO	14
2.1 OBJETIVO GENERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. MARCO TEÓRICO	15
3.1 MARCO REFERENCIAL	15
3.2 MARCO CONCEPTUAL	19
4. DISEÑO E IMPLEMENTACION	23
4.1 ESPECIFICACIONES GENERALES	23
4.2 IMPLEMENTACION DE LOS EJES	26
4.2.1 DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL EJE X	26
4.2.2 DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL EJE Y	27
4.2.3 DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL EJE Bº	28
4.3 SENSORICA	29
4.4 COMUNICACION INTERFAZ-CONTROLADOR	31
4.5 APLICACIÓN DE CONTROL DEL SISTEMA EN VISUAL BASIC	32
4.6 EVALUACION DE CALIDAD Y PRESTACIONES	35
5. RESULTADOS	36
6. CONCLUSIONES	41
7. RECOMENDACIONES	42

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especificaciones Técnicas de diseño	24
Tabla 2. Caracterización del sistema por eje de desplazamiento	38
Tabla 3. Costos de diseño e implementación del sistema	39
Tabla 4. Resultados de evaluación de Simplicidad, funcionalidad Y experiencia en la encuesta post-sensibilización	40
Tabla 5. Resultados de evaluación de Utilidad en la encuesta Post-sensibilización	41

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Algunos materiales usados en el proyecto	24
Figura 2. Sistemas transmisión de movimiento analizados	24
Figura 3. Eje X	26
Figura 4. Cable telefónico rizado	26
Figura 5. Eje Y	27
Figura 6. Plataforma eje Y	27
Figura 7. Eje β^o	28
Figura 8. Plataforma eje β^o	28
Figura 9. Sensores implementados en el sistema	29
Figura 10. Disco ranurado eje X	30
Figura 11. Disco ranurado eje y	30
Figura 12. Acople eje x	30
Figura 13. Acople eje y	30
Figura 14. Soporte motor eje y	30
Figura 15. Diseños 3d impresos	30
Figura 16. Interfaz del Usuario	33
Figura 17. Sistema SMC Implementado	36

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pag.
Ilustración 1. Algunas películas exitosas de Stop Motion	15
Ilustración 2. Escena de Película "El cadáver de la novia"	15
Ilustración 3. Escena de película "Los mundos de Coraline"	16
Ilustración 4. RAM motorized Universal slider REVOLVER	16
Ilustración 5. DitoGear OmniSlider Animators Motion Control	16
Ilustración 6. Escenario de Serie "Puerto Papel"	17
Ilustración 7. Escenario de "Boxside" en RutaN	18
Ilustración 8. Planos estáticos cinematográficos	20
Ilustración 9. Planos transversales	21
Ilustración 10. Movimiento travelling de cámara	21
Ilustración 11. Planos de cámaras en Movimiento	22
Ilustración 12. Diseño mediante MCV	32
Ilustración 13. Sistemas ofrecidos en el mercado	38

GLOSARIO

CORTO: Producción audiovisual cinematográfica que dura un máximo de 30 minutos y mínimo de 5. Los géneros de los cortometrajes abarcan los mismos tipos que los de las producciones de mayor duración, pero debido a su coste menor se suelen usar para tratar temas menos comerciales o en los que el autor tiene una total libertad creativa.

GRADOS DE LIBERTAD: El número de grados de libertad en ingeniería se refiere al número mínimo de parámetros que necesitamos especificar para determinar completamente la velocidad de un mecanismo o el número de reacciones de una estructura.

MICROCONTROLADOR: es un [circuito integrado](#) que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una [computadora](#): [unidad central de procesamiento](#), [memoria](#) y [periféricos](#) de entrada y salida.

PIC: microcontrolador fabricado por Microchip Technology inc.

PLUG-AND-PLAY: (enchufar y usar) tecnología que permite a un [dispositivo informático](#) ser conectado a una [computadora](#) sin tener que configurar, mediante [jumpers](#) o software específico

PUENTE H: Circuito electrónico que funciona como módulo de potencia al entregarnos una corriente controlada y adicionalmente permite controlar el giro del motor.

SENSIBILIDAD: Es la respuesta del instrumento al cambio de la entrada o parámetro medido. Es decir, se determina por la intensidad de corriente necesaria para producir una desviación completa de la aguja indicadora a través de la escala.

SENSOR: dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

SISTEMA ELECTRO-MECÁNICO: Los dispositivos electromecánicos son los que combinan partes eléctricas y mecánicas para conformar su mecanismo. Ejemplos de estos dispositivos son los motores eléctricos y los dispositivos mecánicos movidos por estos, así como las ya obsoletas mecánicas máquinas de sumar; los relés; las válvulas a solenoide; y las diversas clases de interruptores y llaves de selección eléctricas.

SISTEMA HOLÓNOMO: sistema donde el número de grados de libertad coincide con el de coordenadas independientes.

STOP MOTION: El stop motion, también conocido como animación en volumen, foto a foto o cuadro por cuadro es una técnica de animación que consiste en aparentar el movimiento de objetos estáticos por medio de una serie de imágenes fijas sucesivas. En general se denominan animaciones de stop motion a las que no entran en la categoría de dibujo animado, ni en la de animación por ordenador; esto es, que no fueron dibujadas ni pintadas, sino que fueron creadas tomando imágenes de la realidad.

USB: Universal Serial Bus, bus universal serial.

RESUMEN

El presente proyecto presenta el diseño e implementación de un sistema computarizado orientado al control de una cámara para stop motion. El diseño estructural del sistema se basa en partes móviles de aluminio, varillas milimétricas, motores dc para cada eje y un microcontrolador que cumple la función de realizar el control de cada motor, recibir y ejecutar las ordenes enviadas desde la interfaz el en ordenador mediante conexión USB.

La información enviada por el microcontrolador al PC es exhibida mediante una interfaz gráfica desarrollada en visual studio que tiene la capacidad de desplegar de manera gráfica lo captado y permitir a el usuario ejercer sobre la posición del sistema en tiempo real.

Palabras clave: microcontrolador; control; Interfaz gráfica; tiempo real.

ABSTRACT

The present project presents the design and implementation of a computerized system oriented to the control of a camera for stop motion. The structural design of the system is based on mobile aluminum parts, millimeter rod, dc motors for each axis and a microcontroller that fulfills the function of performing the control of each motor, receiving and executing the commands sent from the interface on the computer via USB connection.

The information sent by the microcontroller to the PC is displayed through a graphical interface developed in visual studio that has the ability to graphically display the captured and allow the user to exercise on the position of the system in real time.

Keywords: microcontroller; control; Graphic interface; real time.

INTRODUCCIÓN

En el campo de las artes visuales Colombia sigue siendo un país poco reconocido, con pocas producciones y de bajo impacto; en gran medida esto se debe a la poca accesibilidad de los artistas a herramientas tecnológicas que facilitan los procesos creativos y la producción de material audiovisual.

Existen algunas empresas a nivel mundial dedicadas al diseño, implementación y comercialización de equipos de apoyo para producción audiovisual, los cuales tienen un alto costo; existen equipos de producción artesanales, los cuales son claramente más asequibles económicamente hablando, facilitan un poco la producción audiovisual pero no son exactos ni confiables.

En el presente proyecto se diseña e implementa un prototipo de sistema controlado para el posicionamiento de una cámara para stop motion, que cuente con una interfaz gráfica del sistema que responda en tiempo real, sea confiable, exacta y que sea económica mente asequible; comparativamente con el mercado presente mejores prestaciones respecto a una de costo equivalente.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 DESCRIPCIÓN

Actualmente realizar una producción de stop motion toma mucho tiempo, en un nivel profesional se pueden llegar a realizar alrededor de 5 minutos de producción por semana, un lapso de tiempo extenso y adicionalmente existen varios inconvenientes que están presentes durante la grabación como lo son la estabilidad de la cámara que influye drásticamente en el flujo de imágenes que unidas formaran un segmento de video, en este caso es de vital importancia que no se presenten movimientos indeseados en la cámara, además de ello la precisión y la exactitud en la que se debe posicionar la cámara para captar un plano, todo esto es extremadamente importante para que el filme reafirme a cada momento el mensaje que está tratando de llevar a la audiencia. La posibilidad de cambiar el plano de manera fluida también representa un factor determinante ya que toma mucho tiempo reajustar la cámara de forma manual.

1.2 FORMULACIÓN

Para la técnica de animación de Stop Motion ¿Es posible producir un diseño de un sistema alternativo que solucione el problema de soporte y traslación de la cámara, económicamente viable y técnicamente efectiva?

2. OBJETIVOS.

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema que mejore la eficiencia de la ejecución de captura de cuadros para la aplicación de la técnica de animación Stop Motion, a través de un sistema holónomo, electro-mecánico logrando trasladar y mantener la cámara, disminuyendo el tiempo usado en este proceso, aumentando la calidad del producto final (filme) y a la vez minimizando los costos; basado en procesos de control que automatice y reemplace el proceso manual generalmente usado, mejorando la exactitud y precisión de la captura de los cuadros.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Diseñar e implementar un sistema electro-mecánico holónomo con tres grados de libertad que permita al usuario posicionar una cámara de manera exacta y precisa en el espacio para mejorar la calidad de la animación y a su vez reducir el tiempo que se emplea durante el proceso de captura de cuadros.
- Diseñar e implementar una interfaz de usuario que sea amigable e intuitiva que permita un fácil acceso y manejo del sistema diseñado y controle las funciones de puesta en marcha, apagado y control de los grados de libertad de manera remota.
- Garantizar que el sistema diseñado sea eficiente y cumpla con las condiciones deseadas; mejore la calidad de la animación, presente una mejor exactitud y precisión que la técnica ejecutada sin automatización, reduzca el tiempo que se emplea durante el proceso de captura de cuadros y sea más asequible que los sistemas disponibles actualmente en el mercado con características y prestaciones similares.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1 MARCO REFERENCIAL



Ilustración 1. Algunas películas exitosas de los últimos años que han hecho uso de la técnica Stop Motion (*ParaNorman*, *BoxTrolls*, *Los mundos de Coraline*).

El stop motion es una técnica de animación que consiste en aparentar el movimiento de objetos estáticos por medio de una serie de imágenes fijas sucesivas. En general se usan esos términos o se denomina «animaciones en stop motion» a las que no entran ni en la categoría del dibujo animado ni en la de la animación por computador; esto es, que no fueron dibujadas o pintadas ni a mano ni por computador, sino que fueron creadas tomando imágenes de la realidad.

Así pues, el stop motion se utiliza para producir movimientos animados de cualquier objeto, ya sea rígido o maleable, como por ejemplo juguetes, bloques de construcción, muñecos articulados o personajes creados con plastilina. Podría también definirse esta técnica como animación artesanal, debido a que se construye el movimiento manipulando un objeto, con las propias manos, fotograma a fotograma. Se trabajan diversos materiales (plastilina, arena, recortes de papel, tizas sobre suelos y muros...) de manera progresiva, hacia adelante, sin posibilidad alguna de retroceso.

La técnica quizá más antigua de animación conocida con el nombre de stop motion (movimiento detenido), al usar esta técnica se necesitan de al menos 24 fotogramas o cuadros (frames) por cada segundo de video, en promedio un animador profesional puede obtener hasta 5 minutos de animación a la semana; bien es conocido por todos que arte y cultura están estrechamente relacionados y podrían transmitir mensajes positivos que ayudarían a países como el nuestro a salir de la crisis de valores en la que vivimos.



Ilustración 2. Escena de Película “*El cadáver de la novia*”.



Ilustración 3. Escena de película “Los mundos de Coraline”

Debido al lapso de tiempo tan extenso que toma realizar un filme con la técnica stop motion usando equipos tradicionales y los altos costos de los sistemas automatizados para posicionamiento de la cámara existentes en el mercado, se ha decidido diseñar un sistema electromecánico de tres grados de libertad de alta eficiencia que permita a bajos costos obtener un filme de alta calidad.

Hoy en día realizar una producción de stop motion toma mucho tiempo, en un nivel profesional se pueden llegar a realizar alrededor de 5 minutos de producción por semana, un lapso de tiempo extenso y adicionalmente existen varios inconvenientes que están presentes durante la grabación como lo son la estabilidad de la cámara que influye drásticamente en el flujo de imágenes que unidas formaran un segmento de video, en este caso es de vital importancia que no se presenten movimientos indeseados en la cámara, además de ello la precisión y la exactitud en la que se debe posicionar la cámara para captar un plano, todo esto es extremadamente importante para que el filme reafirme a cada momento el mensaje que está tratando de llevar a la audiencia. La posibilidad de cambiar el plano de manera fluida también representa un factor determinante ya que toma mucho tiempo reajustar la cámara de forma manual.

Este proyecto nace de la necesidad del diseño e implementación de un sistema electromecánico de bajo costo que automatice parte del proceso de captura de cuadros utilizado en la técnica de animación conocida como “stop motion”, esto debido al tiempo que actualmente se gasta un animador haciendo este trabajo de forma manual que dificulta y alarga todo el rodaje de la producción; actualmente existen algunos dispositivos que se usan para este fin, pero ninguno de ellos ofrece una alternativa funcional y económica a toda clase de público.

Actualmente existe un par de empresas especializadas en diseñar e implementar sistemas para la movilidad de cámaras con una finalidad fílmica, sin embargo al ser monopolizado este sector los precios son realmente altos y poco asequibles para los usuarios; en la red es posible encontrar gran cantidad de proyectos que buscan la optimización del proceso de captura de cuadros para stop motion; estos van



Ilustración 4. RAM motorized Universal slider REVOLVER

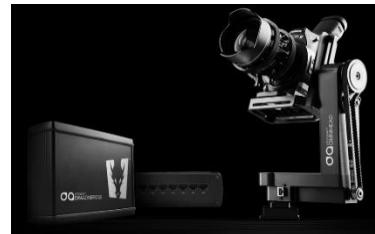


Ilustración 5. DitoGear OmniSlider Animators Motion Control

desde estructuras sencillas de tubos de pvc, codos y/o madera que en forma de rieles (algunos con ayuda de ruedas para facilitar el desplazamiento) brindan una mayor estabilidad a la cámara y por ende generan filmes de mejor calidad pero aun así son capaces de generar tomas en planos limitados, seguidos por los motorizados que incluyen en su estructura de riel un motor para deslizarse suavemente sobre este, los existen programados en raspberry y arduino de hasta dos grados de libertad a un coste moderado, pasando por diseños e implementaciones de estructuras lego para cumplir esta finalidad y también los que son más fáciles de implementar porque consisten sencillamente en reconstruir una estructura electromecánica ya funcional y adaptarla al proyecto; sin embargo estos modelos presentados pueden mejorarse y puede plantearse un diseño aún más eficiente capaz de capturar cuadros desde una variedad de planos mayor a las implementadas anteriormente.

El proyecto busca abrirle las puertas a personas interesadas en desarrollar proyectos relacionados con stop motion a nivel regional pero que no cuentan con los medios adecuados; dando a conocer no solo a la universidad surcolombiana si no a la ciudad de Neiva y el departamento del Huila a nivel nacional como generador de ideas nuevas y avances tanto en el área de tecnología como en el de investigación.



Ilustración 4. Escenario de Serie "Puerto Papel"

Para esto se tuvo en cuenta las necesidades de los animadores (usuarios) quienes ayudaron a definir los parámetros de diseño que se usarán para el diseño de la estructura y las características generales que debe tener el sistema para garantizar su eficiencia, una vez implementado el sistema, se realizarán las pruebas necesarias para comprobar que el diseño se ajusta a los parámetros previamente definidos, suple las necesidades de los usuarios y es significativamente inferior en costos a los existentes en el mercado y finalmente se presentará para ser avalado por las áreas que se relacionan con este proyecto como lo son las artes audiovisuales y la ingeniería electrónica.

Basta con analizar la cantidad de estudios de animación en Colombia y la cantidad de material visual que se produce anualmente para comprobar que es un campo en el cual nuestro país está recién introduciéndose lentamente gracias principalmente a nuestras condiciones socio-económicas, una de las producciones que resalta es “Puerto Papel” serie emitida por el canal Señal Colombia y a la que además se le han otorgado premios como Beyond TV de Prix Jeunesse, en los Premios India Catalina de la televisión colombiana, como Mejor Serie de Animación y Mejor Arte para Televisión, y ganó en la categoría series animadas latinoamericanas en la quinta versión del Festival Internacional Chilemonos, que se realizó en mayo de 2015 en el Centro Cultural Gabriela Mistral.

Es importante resaltar que esta técnica de animación no es usada únicamente en la realización de películas y series, también están los largometrajes y los cortometrajes, estos últimos aún más populares, por medio de los cuales generalmente se transmiten mensajes con el fin de crear un impacto social, uno de estos ejemplos Colombianos es el realizado gracias a ViveLab Digital en Medellin en RutaN denominado “Boxside: un cortometraje hecho en Medellin” y “Colombia es lo mío” de la Fundación Colombia es lo Mío, adicionalmente esta técnica es frecuentemente usada para realizar TimeLapse con fines científicos o de entretenimiento y últimamente ha ganado gran fuerza como herramienta de promoción publicitaria siendo usadas por empresas como CocaCola, Target, Xbox, entre otras.



Ilustración 5. Escenario de "Boxside" en RutaN

3.2 MARCO CONCEPTUAL

Realizando una búsqueda profunda de tesis similares o papers en los cuales se apoyase el proyecto presentado no se encontró ninguna con el enfoque deseado u objetivos similares, sin embargo cuando se decide investigar documentación de apoyo a los procesos a implementar se encuentran por separado algunos documentos que servirán como base para el trabajo, estas tesis se encuentran referenciadas y se facilitan para su consulta adjuntamente; en las tesis “Diseño e Implementación de un sistema de Control Digital de Posición para un motor DC”[1] y “Diseño y Desarrollo de Plataforma Didáctica basada en un motor de corriente continua”[2], se encuentra el modelado de la planta compuesta por un motor DC básicamente, para el control de esta se implementa un encoder y realizando el modelado del sistema y el diseño del controlador Digital implementado en un microcontrolador y una placa arduino respectivamente se logra dar solución a la problemática propuesta; por su parte la tesis “Control de velocidad de un motor DC mediante la utilización de un sensor magnético y un microcontrolador”[3] plantea una alternativa en cuanto a sensorica para el control del motor como lo son los encoders rotativos y el sensor GMR (giant magentoresistance effect), adicionalmente hace uso de la técnica de ICSP para los microcontroladores la cual consiste en programar serialmente en circuito, técnica que hará más eficiente el trabajo a realizar sobre el PIC y de la cuál es necesario profundizar para su aplicación, por último la etapa de acondicionamiento de la señal que se presenta puede ser usada como guía para el presente proyecto; los aportes mencionados anteriormente al proyecto se enfocan en el control de los ejes lineales del sistema, para el eje rotatorio, en la tesis “Medición y control de Posición Angular empleando Synchro – Resolver”[4] se presentan alternativas sensoricas de control de posición angular basadas en transductores Synchro y Resolvers y encoders incrementales ópticos; como documentación complementaria para el control de los ejes es posible apoyarse en la tesis “Diseño y construcción de un taladro XYZ controlado por un microcontrolador con interfaz gráfica mediante labview para la fabricación de circuitos impresos”[5], finalmente el proceso de comunicación del microcontrolador PIC al PC se realizará teniendo en cuenta la guia brindada en la tesis “Diseño e implementación de módulo didáctico para aprendizaje de operaciones aritméticas básicas (suma resta multiplicación) con dos cifras para alumnos de primero a tercero de educación básica, usando interface USB para comunicación con sistema operativo libre (Linux 10.4 con genome)”[6] y el documento de Eskubide guztiak erresalbatu dira de la Universidad Pública de Navarra “Control de un motor paso a paso:PIC, USB y C#”[7].

A pesar de todas las posibilidades que trae consigo el Stop-Motion en nuestro país no se ha logrado facilitar el acceso a las herramientas necesarias para llevar a cabo esta técnica. Existen en el mercado algunos equipos especializados para trabajar en Stop Motion, pero dichos equipos tienen un costo elevado, que va desde los 350 USD (1'039'952.2 COP) del sistema RAM motorized universal slider add-on kit de la empresa REVOLVE hasta los 4800 USD (13'747'546.21 COP) de un sistema DitoGear con 5 grados de libertad; estos inconvenientes dificultan e impiden la masificación de esta técnica de animación; ya que las personas comunes y corrientes no tienen los recursos necesarios para adquirir estos equipos y les cuesta más trabajo realizar animaciones.

Para la captura de cuadros de determinada escena existen diferentes tipos de plano que se encargan de enfatizar algo dependiendo del mensaje que se quiere transmitir a la audiencia; cuando se filma con la cámara en horizontal, para realizar esos movimientos es que se requiere precisión y estabilidad, la cual nos proporcionara el sistema a diseñar :

- Plano general: ofrece una vista general e informa acerca del lugar y de las condiciones en que se desarrolla la acción. Un plano general suele incluir muchos elementos.
- Gran plano general: Es una panorámica general con mayor acercamiento de objetos o personas.
- Plano general corto: Abarca la figura humana entera con espacio por arriba y por abajo.
- Plano americano: Toma a las personas de la rodilla hacia arriba.
- Plano en profundidad: Cuando el director coloca a los actores entre sí sobre el eje óptico de la cámara dejando a unos en primer plano y a otros en plano general o plano americano.
- Plano medio: Limita ópticamente la acción mediante un encuadre más reducido y dirige la atención del espectador hacia el objeto.

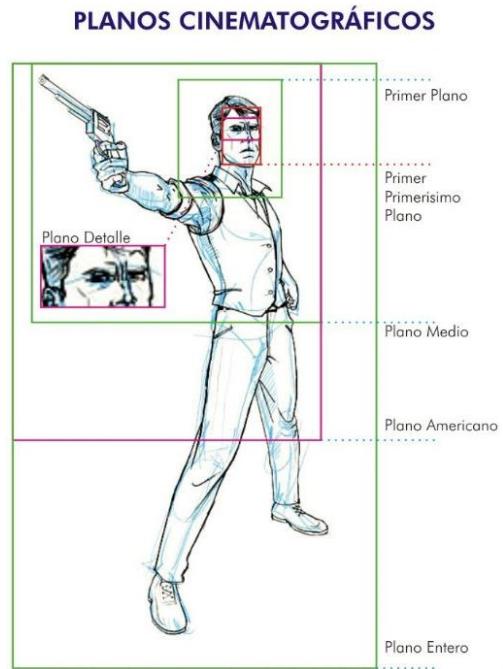


Ilustración 6. Planos estáticos cinematográficos

- Plano medio largo: encuadre que abarca a la figura humana hasta debajo de la cintura.
- Plano medio corto: encuadre de una figura humana cuya línea inferior se encuentra a la altura de las axilas.
- Primer plano: encuadre de una figura humana por debajo de la clavícula.
- Gran primer plano: cuando la cabeza llena el encuadre.
- Plano corto: encuadre de una persona desde encima de las cejas hasta la mitad de la barbilla.
- Plano detalle: Primerísimos planos de objetos o sujetos, flores, una nariz, un ojo, un anillo, etc.
- Plano sobre el hombro: Cuando se toma a dos personas en diálogo, una de espaldas y otra de frente que abarca dos tercios de la pantalla.
- Plano secuencia: Es una forma de filmar, en el que en una toma única se hacen todos los cambios y movimientos de cámara necesarios
- Plano subjetivo o punto de vista: Cuando la cámara sustituye la mirada de un personaje.
- Plano en Picado: Cuando la cámara está sobre el objeto, en un cierto ángulo.
- Plano en contrapicado: Al contrario que el anterior, la cámara se coloca bajo el objeto, destacando este por su altura.

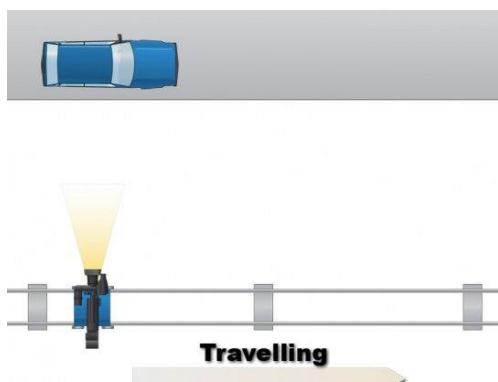


Ilustración 8. Movimiento travelling de cámara

- Plano aéreo: Cuando la cámara filma desde bastante altura.
- Plano frontal: Cuando la cámara está en el mismo plano que el objeto.
- Plano cenital: Cuando la cámara se encuentra en la vertical respecto del suelo y la imagen obtenida ofrece un campo de visión orientado de arriba a abajo.
- Travelling

- Cámara en movimiento: El cine no toma sólo imágenes. Filma sobre todo, movimientos. La gran fuerza expresiva del film está precisamente en su multiplicidad dinámica, en los numerosos tipos de movimientos que son posibles en él:

Movimientos en la misma cámara Capaces de reproducir con exactitud el movimiento de los sujetos filmados: el paso rítmico del film detrás del objetivo y del obturador.

En los aparatos primitivos, el arrastre del film se hacía manualmente. Podían exagerar en escenas cómicas o ralentizar en las dramáticas. Nacieron así dos tipos de movimiento: cámara lenta y cámara acelerada. La cámara lenta se logra acelerando la velocidad de filmación y ralentizando la de proyección. El acelerado se realiza a la inversa. Muchos de los efectos especiales de hoy día están realizados con estos criterios a los que se han aplicado las nuevas tecnologías. El efecto “celuloide rancio”, de la velocidad de las películas antiguas se debe a que se filmaron a una velocidad muy lenta y se proyectan con motor a una velocidad constante, más alta.



Ilustración 91. Planos de cámaras en Movimiento

4. DISEÑO E IMPLEMENTACION

4.1 ESPECIFICACIONES GENERALES

El diseño es una actividad creativa cuyo objetivo es establecer las cualidades multifacéticas de los objetos, procesos, servicios y sus sistemas en ciclos de vida completos. Por lo tanto, el diseño es el factor central de la humanización innovadora de las tecnologías y el factor crucial del intercambio cultural y económico [8]. (Álvarez & Martínez, 2012)

El diseño óptimo tiene como base los requerimientos solicitados por las personas que se ven afectadas por el problema o que conocen a fondo la situación, en este caso algunos compañeros del programa de Licenciatura en artes han definido las características que debía tener el sistema las cuales se encuentran descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones Técnicas de diseño.

Especificaciones Técnicas Sugeridas para la Dolly (Plataforma)
<ul style="list-style-type: none">• Debe ser capaz de trasladar y mantener estable cámaras de hasta 2 Kilogramos, debido al uso popular de cámaras profesionales para aplicar la técnica de stop Motion, las cuales generalmente poseen lentes de enfoque especializados y pesados.• Generalmente las cámaras y accesorios de estas poseen costos elevados por lo que se debe garantizar que el sistema que se va a diseñar proporcione seguridad a la cámara.• En caso de desarrollar algún software o interfaz gráfica de usuario se recomienda esta sea intuitiva, es decir los botones y/o herramientas de acciones sean fácilmente identificables para cualquier persona.• Un valor aproximado sugerido que se considera adsequible y ventajoso en el mercado es aproximadamente 1'600.000 COP.

El diseño es una de las actividades más extensas y complejas debido a la necesidad de evaluar opciones y elegir la óptima según las necesidades del usuario, se diseñaron y/o adquirieron los ejes y partes móviles que corresponden a cada grado de libertad los cuales pueden observarse en la Figura1.

Teniendo en cuenta las especificaciones técnicas para la estructura se decidió usar aluminio el cual es un material resistente, adsequible y ligero, se diseña cada parte del sistema para que sea desarmable y se selecciona el programa Visual basic para crear la interfaz del usuario tipo formulario que se puede usar con suma facilidad en la plataforma de los sistemas Windows y es fácilmente migrable a otros lenguajes



Figura 1. Algunos materiales y dispositivos usados.

movimiento de los motores a las plataformas, el mecanismo tornillo sin fin y tuerca, tiene la ventaja de que puede disminuir el avance lineal por paso angular del motor sin la necesidad de adicionar mecanismos reductores. Algunas de las piezas de los sistemas de transmisión de movimiento analizados se pueden observar en la Figura 2.

Para los requerimientos de peso exigidos los motores requieren una corriente lo suficientemente alta, por lo cual se hace necesario el uso de módulos de potencia L298N (puentes H) que me permiten obtener salidas hasta de 35 V y corrientes de hasta 2 A. Este módulo posee dos puentes H que permiten controlar 2 motores DC o un motor paso a paso bipolar/unipolar.

El sistema Mecánico se diseñó y probó metódicamente mientras se realizaban los ajustes necesarios para que el sistema fuese lo más ideal posible ya que la existencia de fricción cambia el modelo matemático de la planta y exige un mayor esfuerzo de potencia al motor para llevar a cabo el movimiento y posicionamiento esperado, en cuanto a los sistemas de transmisión de movimiento se analizó el desplazamiento mediante ejes, engranajes y correas con el motor estático y en movimiento llegando a la conclusión de que resultaban de alto costo y poco prácticos, así se realizó una consulta de los sistemas de desplazamiento de máquinas CNC e impresoras 3D y se decidió usar tornillos milimétricos, acoplos y sujetadores para lograr la transmisión de



Figura 2. Sistemas transmisión de movimiento analizados. Arriba (Lineal): Correas, ruedas dentadas y engranajes de cremallera. Abajo (Rotacional): Acople, Varilla milimétrica y tuerca.

El módulo permite controlar el sentido de giro y velocidad mediante señales TTL que se pueden obtener de microcontroladores y tarjetas de desarrollo como Arduino, Raspberry Pi o Launchpads de Texas Instruments. Tiene integrado un regulador de voltaje de 5V encargado de alimentar la parte lógica del L298N, el uso de este regulador se hace a través de un Jumper y se puede usar para alimentar la etapa de control.

Para el movimiento de la plataforma a través de los ejes se hace uso de motores DC los cuales en cuanto a fuerza y peso van de mayor a menor en el eje X y Y respectivamente; las bases de madera plástica (material reciclable), fueron

elegidas por suministrar el peso y estabilidad adecuada a todo el sistema. Se censan movimiento y posición gracias a optocopladores de herradura, discos ranurados ubicados en los motores y finales de carrera ubicados a los extremos de cada eje.

Se implementó cada subsistema mecánicamente, posteriormente haciendo uso de los conocimientos adquiridos en los cursos de control analógico, control digital y microcontroladores, se realizó la programación para cada uno de estos en CCS C Compiler, también conocido como PIC C, el cuál es un compilador inteligente y optimizado que contiene operadores estándar del lenguaje C y funciones incorporadas en bibliotecas que son específicas a los registros de PIC (Programable Integrated Circuit), proporcionando a los desarrolladores una herramienta poderosa para el acceso al hardware con las funciones del dispositivo desde el nivel de lenguaje C. Se probó su funcionamiento de forma precisa y exacta; ajustando posteriormente algunos detalles respecto a la información recibida por los sensores, el microcontrolador y la programación realizada. El microcontrolador usado es el PIC 18F4550 el cual brinda los puertos para entradas y salidas suficientes a nuestro sistema, ya que se requieren ocho entradas correspondientes a la sensórica y seis salidas correspondientes a los actuadores (Motores) requeridos en el sistema este microcontrolador se seleccionó, debido a que permite trabajar con USB, SPI e I2C y cuenta con una memoria suficiente para aplicaciones complejas (Tamaño de la Memoria del Programa: 256 B, 32 kB. Tamaño RAM 2048 B.)

4.2 IMPLEMENTACION DE LOS EJES

4.2.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL EJE X

Para el eje x (Figura 3.) se diseñó un carril de 50 cm de largo el cual por medio de dos tubos huecos de aluminio de 5/8 de pulgada permiten el movimiento de la plataforma que cargara los ejes Y y angular a lo largo de estos tubos. La plataforma de 12 cm x 15 cm esta soldada con soldadura de aluminio y masilla epoxica a un par de tubos de aluminio de la misma longitud de la plataforma y de 3/4 de pulgada lo que permite que se deslice fácilmente uno en el otro.

Las bases que sostendrán este eje y en general todo el sistema se diseñaron en madera reciclada (madera plástica) que resulta lo suficientemente ligera y resistente para dar la mayor estabilidad posible al sistema, el par de bloques tiene un par de agujeros cada uno en el cual descansan los tubos de aluminio y en uno de ellos se encuentra el soporte de sujeción del motor dc el cual transmite movimiento a un tornillo milimétrico mediante un acople cilíndrico flexible 5-8 mm, mientras en el otro bloque un tornillo con ojal de 3/8 de pulgada minimiza la vibración producida por el motor y estabiliza el movimiento lineal del eje a través del tornillo.



Figura 3. Eje X



Figura 4. Cable telefónico.

La alimentación al motor se realiza mediante cable telefónico enrollado elástico (Figura 4.) esta varía entre 5 v a 19 v. La mayoría de las piezas están marcadas con letras que facilitan el armado del sistema.

4.2.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL EJE Y



Figura 5. Eje Y.

Para el eje Y (Figura 5.) se diseñó un carril de 38 cm de largo el cual por medio de dos tubos huecos de aluminio de 5/8 de pulgada permiten el movimiento de la plataforma que cargara el eje angular (β°) a lo largo de estos tubos.

La plataforma (Figura 6.) de 10 cm x 9.6 cm tanto la cara de deslizamiento como la de carga, esta soldada con soldadura de aluminio a un par de tubos de aluminio de la misma longitud de la plataforma y de 3/4 de pulgada lo que permite que se deslice fácilmente uno en el otro.

Estos tubos están atornillados a la plataforma X de tal manera que quedan en paralelo y brindan la mayor estabilidad posible al sistema, en la plataforma se encuentra la pieza de sujeción del motor dc el cual transmite movimiento a un tornillo milimétrico mediante un acople cilíndrico flexible 5-8 mm,



Figura 6. Plataforma eje Y.

4.2.3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL EJE β°



Figura 7. Eje β° .

Para el eje β° (Figura 7.) se diseñó una plataforma móvil con una libertad de movimiento de 100° , sobre esta plataforma está montada la cámara la cual va asegurada mediante un tornillo de sujeción, el eje posee dos sensores de final de carrera los cuales indican cuando la plataforma ha llegado a su punto máximo de desplazamiento ya sea 45° grados o 145° lo cual evita que el motor se dañe al

Ser detenido de forma forzosa, El motor tiene un

opto acoplador y una etapa de reducción, a través de los cuales se logra medir el cambio de Angulo de la plataforma. El motor lleva una estructura de soporte propia que es independiente a la estructura que amarra la plataforma del eje β° a la estructura metálica del sistema (eje Y), esto se puede observar claramente en la figura 8; también cabe resaltar que las conexiones del motor, su opto acoplador y los sensores de final de carrera se transmiten a través de cable telefónico enrollado

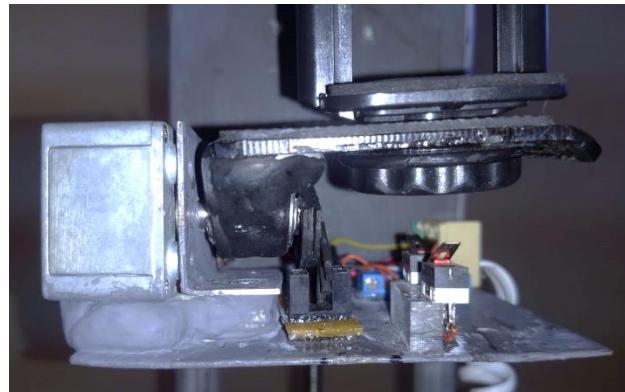


Figura 8. Plataforma eje β° .

4.3 Sensorica

Un sensor es un instrumento capacitado para detectar variables físicas o químicas y convertirlas en variables eléctricas. Las variables físicas o variables de instrumentación pueden ser temperatura, caudal, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Un sensor a diferencia de un transductor radica en que el primero está siempre en contacto con la variable física y la información colectada es entregada posteriormente a otro dispositivo para ser analizada. Por ejemplo el sensor de presión de membrana que convierte la presión en corriente, es decir, un sensor también puede decirse que es un dispositivo que cambia una forma de energía en otra. En la figura 9 se muestran algunas clases de sensores dependiendo de la variable física a medir.

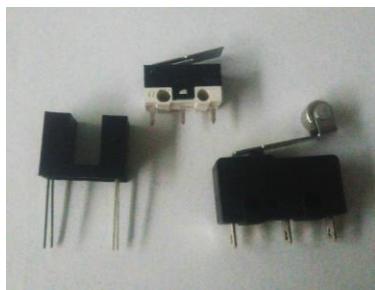


Figura 9. Sensores implementados en el sistema.

Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, etc.; Para los ejes “x”, “y” y “ β^o ” se hace uso de opto acopladores de herradura; estos son ideales para identificar la cantidad de revoluciones dadas por el motor para llegar a determinada posición, este proceso es realizado gracias a la emisión y recepción lumínica en el dispositivo y su disrupción en continuidad del haz ocurrido gracias al giro del encoder implementado, Algunos opto acopladores tienen un encapsulado con una cámara de aire para la transmisión de la luz. En este tipo si hay algún objeto dentro de la ranura no llegará luz al detector. También puede ser que no le llegue tensión al led y tampoco tendríamos tensión de salida. Serían los 2 casos posibles, adicionalmente se hará uso de finales de carrera que hacen las veces de indicadores de extremos del eje “x”, “y” y “ β^o ” estos están funcionando en modo negativo lo que quiere decir que el objeto controlado tiene un saliente con el cual impulsa el resorte de copa cerrando así el circuito, Entre las ventajas encontramos la facilidad en la instalación, la robustez del sistema, además de ser insensible a estados transitorios.

- **Diseño e impresión de piezas en 3d**

Se diseñaron e imprimieron en 3D un par de discos ranurados acordes al tamaño de los motores de los ejes "X" y "Y" esquemáticos en las figuras 10 y 11; además se diseñó un prototipo de acople entre la varilla enroscada del eje x y la plataforma de dicho eje, esquemático en las figuras 12. También se diseñó un acople entre la plataforma del eje "y" y su respectiva varilla roscada esquemáticos figuras 13. A su vez de diseño un soporte para fijar el motor del eje y a su respectiva plataforma (plataforma eje x), figura 14. En la figura 15 se aprecia un plano general de todas las piezas.



Figura 15. Diseños 3D

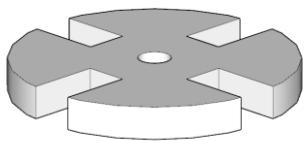


Figura 10. Disco ranurado eje x

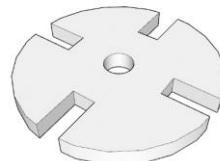


Figura 11. Disco ranurado eje y

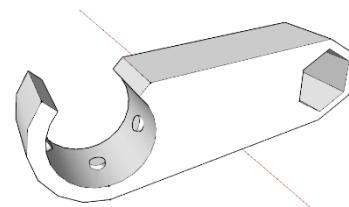


Figura 12. Acople eje x

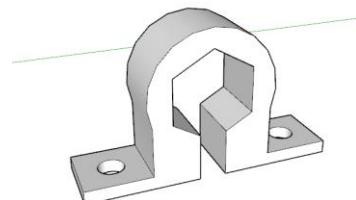


Figura 13. Acople eje y

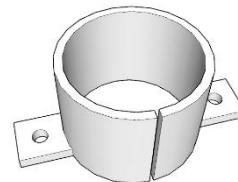


Figura 14. Soporte motor eje y.

4.4 COMUNICACION DE LA INTERFAZ EN VISUAL BASIC CON EL MICROCONTROLADOR PIC18F4550

Para establecer la transmisión de datos entre la interfaz de visual basic con el microcontrolador PIC18f4550 se hace uso del módulo conversor USB uart TTL el conversor CP2102 que permite que un microcontrolador y una PC se comuniquen utilizando el protocolo USB de forma sencilla. Es compatible con cualquier microcontrolador como PIC, Atmel AVR, Arduino y ESP8266. Funciona de forma

similar a los conversores FTDI232 y PL2303HX, con la ventaja de tener un mejor precio y mayor soporte de drivers. Además puede funcionar como “programador” del Arduino Mini Pro, pues incluye el pin DTR o RESET necesario para cargar fácilmente el sketch al Arduino Mini Pro. Al utilizar el conversor USB se facilita la integración de nuestros proyectos con programas de PC como Matlab, Labview, Processing. A nivel del programa del microcontrolador el conversor es “transparente” pues el microcontrolador solo hace uso del clásico protocolo serial y nos olvidamos de la complejidad del protocolo USB. Para utilizar esta placa como programador debe conectar el módulo al Arduino Pro Mini utilizando los pines: +5V, GND, TXD, RXI y DTR. El pin DTR funciona como RESET, de esa forma cada vez que cargamos un “sketch” a nuestro Arduino, el programa “Resetea” al Arduino utilizando el pin DTR del módulo. También es usado para programar o “flashear” el chip ESP8266 en las versiones: ESP-01 y ESP-12E.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Especificación USB 2.0 de velocidad completa de 12 Mbps
- Conector USB: USB tipo A
- Pines salida (TTL): +3.3V, RST, TXD, RXD, GND y + 5V
- Transceiver USB integrado, no requiere de resistencias externas
- Cristal oscilador integrado
- Regulador de voltaje de 3.3V interno
- Buffer de recepción de 576 Bytes
- Buffer de transmisión de 640 Bytes
- Temperatura de trabajo: -40° a 80°C
- Sistemas Operativos soportados: Windows 10, 8, Vista, 7, XP, 2000, 98SE y Linux 2.40(en adelante)
- Dimensiones: 21 mm x 16 mm
- Velocidad de los baudios 300 – 1 Mb por segundo

4.5 DISEÑO, PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN DE CONTROL DEL SISTEMA EN VISUAL BASIC

Esta fue diseñada de modo que fuese amigable e intuitiva para el usuario permitiéndole un fácil acceso y manejo del sistema diseñado, controlando las funciones de puesta en marcha, apagado y control de los grados de libertad de manera remota. Es importante recordar que para el diseño de aplicaciones una técnica muy eficiente es el MCV (Modelo - Vista – Controlador) diagramado en la Ilustración 12., el cual permite optimizar las interacciones entre el usuario y la máquina y en consecuencia la interacción del usuario con el sistema implementado presentado en el proyecto. Es importante mencionar por qué se utiliza el MVC, esto se debe a que permite separar los componentes de una aplicación dependiendo de la responsabilidad que tienen, esto significa que cuando se realiza un cambio en alguna parte del código, esto no afecta otra parte del mismo. Por ejemplo, si se modifica la Base de Datos, sólo se debe modificar el modelo que es quién se encarga de los datos y el resto de la aplicación debería permanecer intacta. Esto respeta el principio de la responsabilidad única. Es decir, una parte de tu código no debe saber qué es lo que hace toda la aplicación, sólo debe de tener una responsabilidad.[9] (Hernández, 2018)

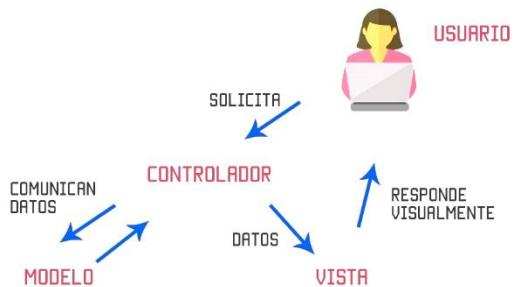


Ilustración 12. Diseño mediante MCV

El controlador se desarrolló en base a las entradas de información a recibir de los sensores: tres optocopladores y cuatro finales de carrera, los optocopladores permiten conocer la distancia en términos de revoluciones mientras los finales de carrera indican la llegada a un extremo; y las salidas de información que son el resultado de la información extraída de la vista y analizada por el PIC para enviar la señal de control adecuada a los motores. El modelo actualiza los datos de posiciones actuales y anteriores respecto a cada uno de los ejes cada vez que se realiza un cambio en la aplicación.



Figura 16. Interfaz del usuario.

En cuanto a la vista, la interfaz presenta al usuario un modo Manual el cual permite configurar la posición deseada y muestra la posición actual para cada uno de los ejes que se puede observar en la Figura 16. Es importante tener en cuenta que se requiere una interfaz amigable es decir que resulte intuitiva para el usuario, clara, sencilla, concisa y funcional. La cuestión más esencial a considerar en el diseño de interfaces de usuario para aplicaciones de software es el rechazo a utilizar el programa. Los usuarios quieren hacer su trabajo de la manera más rápida y sencilla posible, y la aplicación no es más que otra herramienta para lograrlo. El objetivo principal de cada desarrollador debe ser el conseguir una interfaz de usuario visualmente atractiva, flexible y fácil de usar. [10] (Olivares, 2013) El objetivo principal de esta aplicación es el control a distancia de la posición o movimiento (posicionamiento segmentado) de la plataforma que desplazara la cámara en los ejes X, Y y angular, se decidió realizar el diseño y programación de la aplicación mediante un formulario de Visual Basic ya que presenta ventajas significativas al ser una herramienta RAD (Rápido Diseño de Aplicaciones) es un programa de fácil aprendizaje, integra el diseño e implementación de formularios de Windows, permite usar con suma facilidad la plataforma de los sistemas Windows y el código en Visual Basic es fácilmente migrable a otros lenguajes.

A continuación se enlistan y describen los parámetros ajustables en el modo de control Manual:

- Posición Actual: no corresponde a un parámetro ajustable sino a uno de visualización que permite obtener la información de la posición actual de la plataforma en los tres ejes en mm para el eje “X”, “Y” y en grados para el eje β° .
- Desplazamiento eje X:
 - Botones de avanzar o retroceder, controlan el giro del motor del eje X el desplazamiento del mismo
 - Botón de reset eje x, devuelve el eje X a un estado inicial, este caso lo situá en la posición 0mm la cual se localiza en extremo derecho del sistema.
- Desplazamiento eje Y:
 - botones de subir o bajar, controlan el giro del motor del eje Y permitiendo que la cama gane o pierda altura.
 - botón de reset eje Y, inicializa el eje Y posicionándolo en 0mm que es la parte más baja del eje Y.
- Desplazamiento eje β° :
 - Botones de desplazamiento angular positivo y negativo, ordenan al motor girar en un Angulo positivo o negativo.
 - Botón de reset eje β° , posiciona la plataforma de la cámara en el Angulo 0° dejando esta inclinada hacia arriba.
- Encendido: enciende el sistema e inicializa todos los ejes de forma automática.
- Apagado: apaga el sistema

4.6 EVALUACION DE CALIDAD Y PRESTACIONES

Se realizó una prueba comparativa haciendo uso del sistema para crear una animación con el fin de resaltar y evaluar las prestaciones del modelo desarrollado en cuanto a eficiencia, se evaluó la relación costo beneficio tomando como puntos de referencia los dispositivos electrónicos con la misma funcionalidad que se encuentran disponibles en el mercado.

Finalmente se realiza una sensibilización del sistema a un grupo de personas de la cual se obtiene una caracterización cuantitativa y cualitativa acerca de la operatividad del sistema en términos de simplicidad de la interfaz, experiencia del usuario y utilidad del sistema, a través de los siguientes ítems calificables Sencillez de la interfaz (no contiene demasiados elementos que sobrecargan la vista), Claridad en las opciones a elegir (entiendo que hace cada botón intuitivamente), Concisa (Tiene la cantidad y tipo de opciones adecuados para el manejo del sistema), Los controles obtienen la respuesta esperada en el sistema, Fue fácil interactuar con el sistema a través de la interfaz, Se entiende rápidamente la funcionalidad de los controles de la interfaz, El entorno resulta familiar y fácil de acceder y cerrar, Eres un estudiante de artes y tienes una tarea en la que por medio de la técnica de stop motion debes dar un mensaje social, tienes la posibilidad de pedir prestado este sistema en la universidad en vez de realizar el proceso de captura a mano, El sistema en la Universidad tiene un costo de 5000 pesos cada vez que se presta, ¿Aún lo pedirías prestado?, Te vas a graduar de artes y has decidido que te quieras dedicar a las artes audiovisuales, has decidido hacer tu trabajo de grado en este campo y vas a comprar un dispositivo que te facilite el trabajo, encuentras en el mercado varias opciones a diferentes costos y funcionalidad ¿Elegirías el prototipo del proyecto?; La mayoría de preguntas se contestan seleccionando un nivel del 5 al 1 dependiendo de la veracidad para ti de la afirmación siendo el 5 el nivel que muestra que estas totalmente de acuerdo con lo expuesto y 1 que estas en total desacuerdo con lo expuesto en la afirmación respecto al proyecto.

5. RESULTADOS

En las siguientes figuras es posible observar el sistema diseñado e implementado completamente, con partes el cual se ha decidido denominar *Stop Motion Control Lab v.0.1* (SMCL v.0.1)



Figura 17. Sistema SMC Implementado.

5.1 Eficiencia

La técnica quizá más antigua de animación conocida con el nombre de stop motion (movimiento detenido), requiere de al menos 24 fotogramas o cuadros (frames) por cada segundo de video, en promedio un animador profesional puede obtener hasta cinco minutos de animación a la semana. [11] (NeoPixel, 2012). De esta afirmación es posible decir que se obtienen 7200 fotogramas a la semana es decir en horario de oficina 1440 fotogramas al día, 180 fotogramas en una hora y por lo tanto 3 fotogramas por minuto; con *Stop Motion Control Lab v.0.1* prácticamente se elimina el tiempo de ubicación de la cámara acelerando la velocidad del proceso de captura de cuadros. El límite de eficiencia es impuesto por la destreza del creativo en el manejo de la escena y personajes, adicionalmente el sistema garantiza que se eliminan errores por fallas en el encuadre de la cámara evitando en consecuencia la repetición de tramos enteros a su causa.

Tabla 2. Caracterización del sistema por eje de desplazamiento

CARACTERISTICAS	EJE DE DESPLAZAMIENTO	EJE X	EJE Y	EJE Z
Distancia total de desplazamiento Inicio-Fin		37cm	26cm	100°
Tiempo total de desplazamiento Inicio-Fin		120 seg	44 seg	8.4 seg
Resolución mínima		1mm	2mm	2.8°
Rango		0-370	0-260	45-145

El sistema diseñado e implementado presenta una óptima estabilidad gracias principalmente a las bases prismáticas, las posiciones y ubicaciones de los raíles que le brindan estabilidad mecánica y que se propende por mantener el centro de gravedad del sistema, cuyos pesos significativos se concentran en motores y cámara, entre los dos railes de los ejes X y Y.

Durante el acople de los subsistemas y la evaluación de las prestaciones se realizan pruebas adicionando cargas de entre 0.5 y 2Kg para comprobar que efectivamente el sistema mantiene su estabilidad y eficiencia dentro de los límites propuestos desde los requerimientos del proyecto, obteniendo resultados satisfactorios y sin cambios representativos con el cambio de pesos.

5.2 Costos

Se han expuesto los costos del proyecto en la Tabla 3. Separando, según los conceptos, para analizarse posteriormente el valor al que podría ofrecerse en el mercado.

Tabla 3. Costos de diseño e implementación del sistema.

ITEMS	DESCRIPCION	COSTO
INTEGRADOS	Micro-controlador	\$30.000,00
	drivers de potencia	\$25.000,00
	otros	\$30.000,00
	Sensores fin de carrera y optoacopladores	
ESTRUCTURA	Bases de metal, Aluminio, Acrílico y tornillos sin fin.	\$100.000,00
MOTORES	Motores DC	\$100.000,00
CABLE DE CONEXIÓN USB	conversor CP2102	\$15.000,00
OTROS	Tornillos, piezas impresión 3D, entre otros.	\$30.000,00
SUBTOTAL	Valor del Prototipo	\$360.000,00

Existen en el mercado algunos equipos especializados para trabajar en Stop Motion, pero dichos equipos tienen un costo elevado, que va desde los 350 USD (1'074'727.5 COP) del sistema RAM motorized universal slider add-on kit de la empresa REVOLVE el cual consta de un solo eje que permite el desplazamiento horizontal mediante un botón de giro mecánico hasta los 4800 USD (14'739'120 COP) de un sistema DitoGear con 5 grados de libertad.



Ilustración 13. Sistemas ofrecidos en el mercado. A la izquierda RAM motorized Universal slider REVOLVER. A la derecha: DitoGear OmniSlider Animators Motion Control.

Agregando un 30% de ganancia sobre el costo de los dispositivos y materiales del sistema se obtiene un valor de venta 56.46% más económico que el sistema de un eje de RAM motorized, con un 50% de ganancia sobre el costo de los dispositivos y materiales del sistema se obtiene un valor de venta 49.75% más económico que el sistema de RAM motorized; sin contar que si la manufactura del sistema fuese industrial y con piezas al por mayor el costo de producción podría reducirse. Es posible comparar los costos y cualidades de los sistemas y analizar que se debe

tener en cuenta el sector o cliente para el que se diseña la solución, teniendo esto en mente es posible inferir que gracias a las ventajas significativas que presenta el sistema SMCL 0.1 sobre las demás opciones del mercado será altamente aceptado y preferido.

5.3 Operatividad

Se encuestó a un grupo de 40 personas donde los individuos fueron estudiantes de artes, de carreras varias y personas en general acerca de los ítems anteriormente mencionados obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 4. Respecto a la evaluación de la Simplicidad, funcionalidad y experiencia y en la Tabla 5. Respecto a la evaluación de Utilidad.

Tabla 4. Resultados de evaluación de Simplicidad, funcionalidad y experiencia en la encuesta post-sensibilización.

ITEM	CANTIDAD DE PERSONAS POR VALORACION	5	4	3	2	1
Simplicidad de la interfaz						
Sencillez de la interfaz (no contiene demasiados elementos que sobrecargan la vista)	15	20	5	0	0	
Claridad en las opciones a elegir (entiendo que hace cada botón intuitivamente)	20	15	0	0	0	
Concisa (Tiene la cantidad y tipo de opciones adecuados para el manejo del sistema)	15	15	10	0	0	
Funcionalidad						
Los controles en la interfaz gráfica obtienen la respuesta esperada en el sistema.	35	5	0	0	0	
Experiencia						
Fue fácil interactuar con el sistema a través de la interfaz.	25	10	5	0	0	
Se entiende rápidamente la funcionalidad de los controles de la interfaz.	25	10	5	0	0	
El entorno resulta familiar y fácil de acceder y cerrar	25	10	5	0	0	

Tabla 5. Resultados de evaluación de Utilidad en la encuesta post-sensibilización.

ITEM	CANTIDAD DE PERSONAS POR VALORACION	Lo hago sin pensarlo dos veces	Tengo que pensarlo	Definitivamente no lo hago
Eres un estudiante de artes y tienes una tarea en la que por medio de la técnica de stop motion debes dar un mensaje social, tienes la posibilidad de pedir prestado este sistema en la universidad en vez de realizar el proceso de captura a mano	40	0	0	
El sistema en la Universidad tiene un costo de 5000 pesos por préstamo, ¿Aún lo pedirías prestado?	30	10	0	
Te vas a graduar de artes y has decidido que te quieras dedicar a las artes audiovisuales, has decidido hacer tu trabajo de grado en este campo y vas a comprar un dispositivo que te facilite el trabajo, encuentras en el mercado varias opciones a diferentes costos y funcionalidad ¿Elegirías el prototipo del proyecto?	40	0	0	

Concretamente y según los estudios realizados por Jakob Nielsen, una interfaz de usuario que sea usable debe ser una interfaz que cumpla con los siguientes factores: Facilidad de aprendizaje, Eficiencia, Sin requisición de memoria, Índice de error y experiencia satisfactoria. [12] (Rodríguez Domínguez, 2018) En base a estos factores y teniendo en cuenta los resultados de la encuesta consolidados en la Tabla 4. Se puede deducir que la interfaz de usuario diseñada cuenta con los requerimientos necesarios para ser una interfaz amigable y usable.

En la Tabla 5. Podemos observar que la utilidad del sistema diseñado está fuertemente ligado al interés y la necesidad de quien lo va a usar por lo tanto es la herramienta acompañante ideal en proyectos de esta línea de arte y presenta por consiguiente una acogida fuerte en el sector.

6. CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema electro-mecánico holónomo con tres grados de libertad que permite al usuario posicionar una cámara de manera exacta y precisa en el espacio para mejorar la calidad de la animación y a su vez reducir el tiempo que se emplea durante el proceso de captura de cuadros.
- Se diseñó, desarrolló e implementó una interfaz de usuario amigable e intuitiva que permite un fácil acceso y manejo del sistema diseñado y controla las funciones de puesta en marcha, apagado y control de los grados de libertad de manera remota.
- Se logra garantizar que el sistema diseñado sea eficiente y cumpla con los requerimientos técnicos y las condiciones deseadas; mejore la calidad de la animación, presente una mejor exactitud y precisión que la técnica ejecutada sin automatización, reduzca el tiempo que se emplea durante el proceso de captura de cuadros y sea más asequible que los sistemas disponibles actualmente en el mercado con características y prestaciones similares.
- Es posible realizar mejoras al diseño de los componentes del prototipo de sistema “SMCL v.0.1”, en términos de hardware es posible encontrar otros materiales y dispositivos que se adapten a los requerimientos y presenten nuevas ventajas sobre el prototipo presentado, y en cuanto a Software es posible diseñar una gran cantidad de nuevas funciones dependiendo también de los elementos físicos que deseen agregarse al sistema, inclusive sin agregar partes físicas al sistema con programación adicional es posible convertir el sistema holónomo en uno no holónomo a partir de una programación que integre las traslaciones a través de los ejes de manera segmentada entre ellos; las posibilidades de rediseño y mejoras presentan gran versatilidad.

7. RECOMENDACIONES

- Si se requiere es posible adaptar a diferentes tamaños de escenarios el sistema cambiando la longitud de los tubos de PVC y varillas milimétricas el resto del sistema se mantiene invariable y funcional.
- Es posible mejorar la diversidad de opciones de control en la interfaz gráfica para habilitar las capturas de paneos y travelling,
- Se pueden realizar los ajustes necesarios para que el sistema se adapte a casi cualquier tipo de técnica, no únicamente al stop motion, revisando el nivel de vibraciones y de ser necesario reduciéndolo, de tal manera que se multipliquen las prestaciones del sistema con pequeños cambios y se amplíe el campo de acción del sistema.
- Es posible diseñar y programar las funciones adicionales en la aplicación para que además de permitir el control del sistema permitiese la captura de cuadros, aplicación de modificaciones y ajustes a las capturas y producción del material realizado.

BIBLIOGRAFÍA

Documentos

- [1] GONZALEZ QUERUBIN, E. and GARAVITO VASQUEZ, M. (2006). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DIGITAL DE POSICIÓN PARA UN MOTOR DC*. Ingeniería Mecatrónica. Universidad Santo Tomas.
- [2] Velilla Pisón, Á. (2013). *Diseño y Desarrollo de Plataforma Didáctica basada en un motor de corriente continua*. Ingeniería Electrónica. Universidad de La Rioja.
- [3] Escrivá Arlandis, J. (2013). *Control de velocidad de un motor DC mediante la utilización de un sensor magnético y microcontrolador*. I.T Telecomunicación (Sist. Electrónicos). Universidad Politécnica de Valencia.
- [4] RODRIGUEZ PALACIOS, D. and PEÑARETE RODRIGUEZ, H. (2011). *MEDICIÓN Y CONTROL DE POSICIÓN ANGULAR EMPLEANDO SYNCHRO - RESOLVER*. Ingeniería Electrónica. Pontificia Universidad Javeriana.
- [5] Galarza Galarza, J. and Dávila Sacoto, M. (2010). *Diseño y construcción de un taladro XYZ controlado por un microcontrolador con interfaz gráfica mediante labview para la fabricación de circuitos impresos*. Tecnología en Electrónica. Universidad Politécnica Salesiana.
- [6] Guaranda Burga, F. (2013). *Diseño e implementación de módulo didáctico para aprendizaje de operaciones aritméticas básicas (suma resta multiplicación) con dos cifras para alumnos de primero a tercero de educación básica, usando interface USB para comunicación con sistema operativo libre (Linux 10.4 con genome)*. INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES Y ELECTRONICA DIGITAL. Universidad Tecnológica Israel.
- [7] erresalbatu dira, E. (n.d.). *Control de un motor paso a paso: PIC, USB y C#*. Licenciatura en Electrónica. Universidad Pública de Navarra.
- [8] Álvarez, F., & Martínez, E. (2012). *La solución de problemas en diseño una aproximación desde los estilos cognitivos*. Buenos Aires: Publicaciones DC. Consultado desde
http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_articulo=8485&id_libro=396
- [9] Hernández, U. (2018). *MVC (Model, View, Controller) explicado*. Consultado desde <https://codigofacilito.com/articulos/mvc-model-view-controller-explicado>

[10] Olivares, J. (2013). *Un buen diseño de la interfaz de usuario en el éxito de aplicaciones de software*. Consultado desde <https://www.docpath.com/art-application-user-interface-design/?lang=es>

[11] NeoPixel, R. (2012). *Frankenweenie y la animación en "stop-motion"*. Consultado desde <http://www.neopixel.com.mx/articulos-neopixel/menu-animacion/1561-frankenweenie-y-la-animacion3d-en-stopmotion.html>

[12] Rodríguez Domínguez, P. (2018). *La Importancia de la Claridad y Sencillez de una Interfaz de Usuario / SG Buzz*. Consultado desde <https://sg.com.mx/revista/31/la-importancia-la-claridad-y-sencillez-una-interfaz-usuario>.

Web Sites

- http://www.eldiario.es/cultura/cine/claves-entender-animacion-motion-digital_0_551545036.html
- <https://www.cnet.com/es/noticias/las-nuevas-tecnologias-que-revolucionan-las-peliculas-stop-motion/>
- <http://www.uhu.es/cine.educacion/cineyeducacion/tiposdeplano.htm>
- <http://filmmakeriq.com/2011/04/22/diy-dslr-camera-rigs/>
- <http://makezine.com/projects/high-resolution-panorama-photography-rig/>
- <http://www.forbes.com/sites/sethporges/2016/07/22/this-incredible-remote-controlled-vr-camera-was-built-out-of-an-old-wheelchair/#48298966515f>
- <https://www.revolvecamera.com/products/ram-motorized-slider-add-on-kit>
- <http://www.dragonframe.com/moco-3d.php>
- https://books.google.com.co/books?id=xYLAAAAQBAJ&pg=PA176&lpg=PA176&dq=stop+motion+animation+camera+ríg&source=bl&ots=bYVc197J6v&sig=7hVgx_uly0MjmiXLpWSLnQk4OU&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiS8qL2nv7RAhVkiFQKHRt9CW84ChDoAQgyMAM#v=onepage&q=stop%20motion%20animation%20camera%20rig&f=false
- <http://www.awn.com/animationworld/advanced-art-stop-motion-animation-digital-cinematography-part-2>
- <http://www.makeuseof.com/tag/make-stop-motion-video-rig-raspberry-pi/>
- <https://joshynet.wordpress.com/2009/06/08/stop-motion-animation-camera-rig/>
<http://www.geeky-gadgets.com/diy-raspberry-pi-camera-rig-to-create-stop-motion-movies-13-11-2015/>