

# Universidad Nacional de Quilmes

Departamento de Ciencia y Tecnología  
Ingeniería en Automatización y Control Industrial

## CONTROL AUTOMÁTICO DEL EQUIPO UPDOWN

Olivieri, Ian Paulo

**Director:**

Pernia, Eric Nicolás

**Co-director:**

x

**Jurado:**

Safar, Felix

Juarez, José

y

z

Presentación: Septiembre de 2017  
Quilmes, Buenos Aires, Argentina.

# Resumen

Resumen del proyecto (1 carilla)

# Índice de contenidos

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>5</b>
1.1	Marco temático . . . . .	5
1.1.1	Esculturas cinéticas . . . . .	5
1.1.1.1	Definición . . . . .	5
1.1.1.2	Aplicaciones y estado actual del arte . . . . .	6
1.1.2	Sistemas de iluminación . . . . .	7
1.1.2.1	Equipos de luces . . . . .	7
1.1.2.2	Consolas de control de luminaria . . . . .	8
1.2	DMX . . . . .	9
1.2.1	Definición e historia . . . . .	9
1.2.2	Capa física . . . . .	9
1.2.2.1	Cableado y conectores . . . . .	9
1.2.2.2	Topología . . . . .	10
1.2.2.3	Señal . . . . .	10
1.2.3	Capa de enlace de datos . . . . .	10
1.2.3.1	Subcapa de control de enlace lógico . . . . .	10
1.2.3.2	Subcapa de control de acceso al medio . . . . .	12
1.3	Updown . . . . .	12
1.3.1	Definición . . . . .	12
1.3.2	Descripción del sistema . . . . .	13
1.3.2.1	Fuente de alimentación . . . . .	13
1.3.2.2	DMX In/Out . . . . .	13
1.3.2.3	Dip-switch . . . . .	13
1.3.2.4	Freno . . . . .	14
1.3.2.5	Fin de carrera . . . . .	14

1.3.2.6	Sistema motor . . . . .	14
1.3.2.7	Placa de control . . . . .	14
1.3.3	Resumen de entradas y salidas del sistema . . . . .	14
1.3.3.1	Entradas . . . . .	14
1.3.3.2	Salidas . . . . .	14
1.4	Justificación del proyecto . . . . .	15
1.5	Objetivos . . . . .	16
<b>2</b>	<b>Diseño</b>	<b>17</b>
2.1	Hardware . . . . .	17
2.2	Firmware . . . . .	17
2.3	Controlador . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>18</b>
3.1	d1 . . . . .	18
3.1.1	d11 . . . . .	18
3.1.2	d12 . . . . .	19
<b>4</b>	<b>Implementación</b>	<b>20</b>
4.1	i1 . . . . .	20
4.1.1	i11 . . . . .	20
4.1.2	i12 . . . . .	21
<b>5</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>22</b>
5.1	c1 . . . . .	22

# Índice de figuras

1.1	Ejemplo de escultura cinética movida por aire, por Anthony Howe. Fuente: LINK al video . . . . .	5
1.2	Escultura cinética en el museo BMW. Fuente: LINK al video . . . . .	6
1.3	Escultura cinética por parte de Build Up. Fuente: LINK al video . . . . .	7
1.4	Shapeshifter, de High End Systems. Fuente: LINK al video . . . . .	7
1.5	Consola Hog4, de High End Systems. Fuente: LINK a la imagen . . . . .	8
1.6	Cable DMX con conector XLR5. Fuente: wikipedia . . . . .	9
1.7	Conexionado en una red DMX. Fuente: wikipedia . . . . .	10
1.8	Formato de la trama DMX. Fuente: LINK . . . . .	11
1.9	Imagen del Updown, desarrollado por la empresa Blackout . . . . .	12
1.10	Diagrama conceptual del equipo Updown . . . . .	13

# Introducción

## 1.1 Marco temático

### 1.1.1 Esculturas cinéticas

#### 1.1.1.1 Definición

Las esculturas cinéticas (kinetic sculpture en inglés) son estructuras tridimensionales en donde el movimiento es una parte fundamental del conjunto. Para lograr el efecto de movimiento en el espacio estos sistemas se construyen con partes móviles que pueden cambiar de posición ya sea naturalmente por acción del viento, como se ve en la figura 1.1, o de manera forzada.



Figura 1.1: Ejemplo de escultura cinética movida por aire, por Anthony Howe. Fuente: [LINK al video](#)

### 1.1.1.2 Aplicaciones y estado actual del arte

Al ser obras que caen dentro del campo artístico suelen presentarse en museos y utilizarse para fines decorativos ya sea en parques o eventos. Sin embargo, el nivel de ingeniería y diseño que algunas de ellas requieren las tornan un interesante desafío intelectual y creativo.

Las aplicaciones puntuales de estructuras cinéticas a las que se hará foco en este informe, debido a la naturaleza del proyecto final, son aquellas en donde el efecto espacial se logra a través del movimiento en el eje vertical de objetos esféricos mediante motores.

Un ejemplo de aplicación de estas características se puede ver en la figura 1.2. Allí se muestra una escultura presentada en el Museo de BMW, en Munich, Alemania, en donde 714 esferas metálicas son coordinadas para formas figuras como olas, gotas, y hasta la silueta de un auto

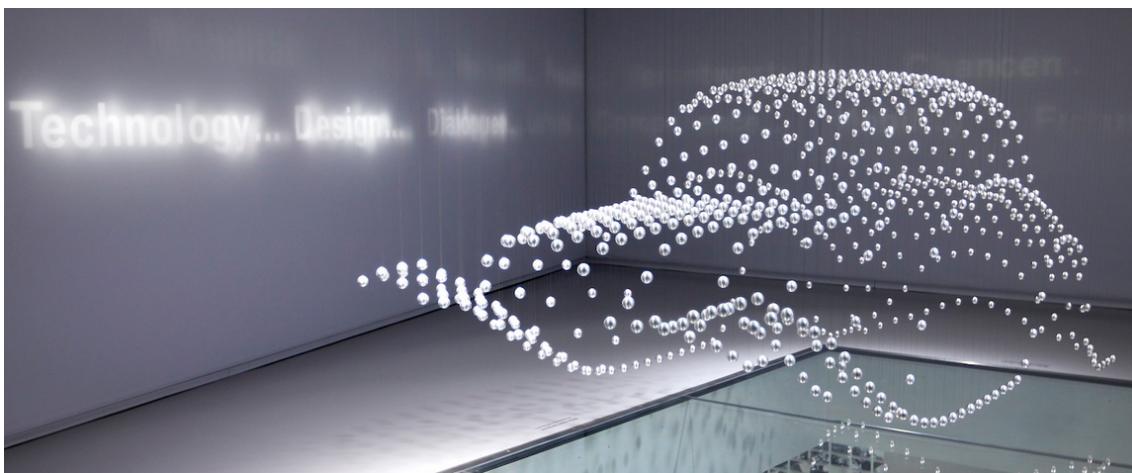


Figura 1.2: Escultura cinética en el museo BMW. Fuente: [LINK al video](#)

Otro ejemplo de aplicación se puede ver en la figura 1.3, en una obra presentada por la empresa Build Up en un centro comercial en Fukuoka, Japón. Allí se instalaron 1000 luminarias esféricas RGB dispuestas en una matriz de 25x40 para generar figuras tridimensionales como planos y gausseanas, entre otras. En este caso los efectos espaciales se logran coordinando el movimiento de cada esfera independientemente, cada una manejada por un equipo motorizado.

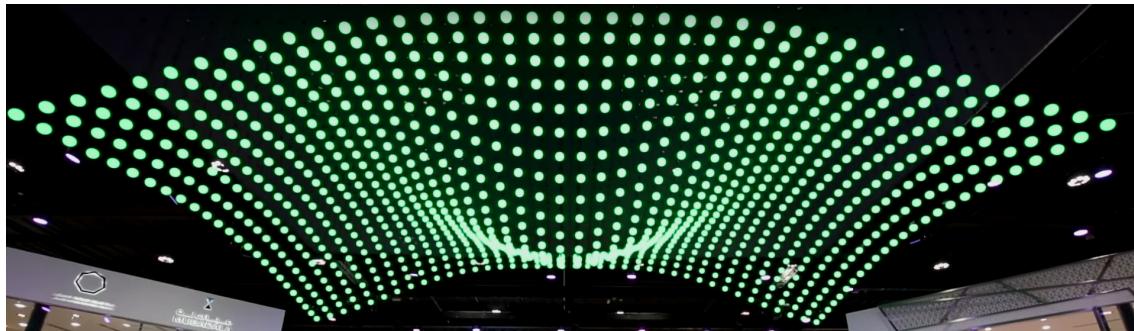


Figura 1.3: Escultura cinética por parte de Build Up. Fuente: [LINK al video](#)

### 1.1.2 Sistemas de iluminación

#### 1.1.2.1 Equipos de luces

En cualquier espectáculo o evento la iluminación es una parte vital del show, y a medida que estos fueron evolucionando también lo hicieron los equipos de luces. Partiendo de aparatos fijos en donde solo se podía variar la intensidad de luz, se pueden conseguir hoy en día dispositivos complejos con decenas de parámetros controlables.

Un notable ejemplo es el **Shapeshifter**, figura 1.4, que cuenta con 7 módulos leds que pueden ser manejados independientemente.



Figura 1.4: Shapeshifter, de High End Systems. Fuente: [LINK al video](#)

En el caso del sistema visto en la figura 1.3, los parámetros controlables de los equipos son la posición, velocidad y colores de cada esfera.

### 1.1.2.2 Consolas de control de luminaria

Para controlar los sistemas de luces es necesario utilizar unas consolas especiales. Estas se comunican con las luminarias utilizando el estándar **DMX** y le indican a cada equipo el valor de sus parámetros en todo momento.

La manera más común para generar un efecto es indicando la progresión de uno o más parámetros desde un tiempo inicial a uno final. Al cambio de los parámetros entre 2 instantes de tiempo se las llama *cues*, o entradas, y cuyo conjunto forma los efectos. Dentro de las consolas que hay en el mercado para este tipo de control de equipos se pueden destacar las **consolas hog 4** de High End Systems, como la que se muestra en la figura 1.5

Otra manera generarlos es a partir de equipos y softwares, como el **Madrix**, que tienen la capacidad de convertir videos a variaciones de parámetros, lo cual lo hace especialmente útil cuando se quieren crear **efectos lumínicos complejos**.



Figura 1.5: Consola Hog4, de High End Systems. Fuente: [LINK a la imagen](#)

## 1.2 DMX

### 1.2.1 Definición e historia

DMX, de *Digital MultipleX*, es un estándar de comunicación digital ampliamente utilizado para el control de sistemas de iluminación.

El estándar DMX512, donde 512 significa que se envían 512 piezas de información, fue creado por la *United States Institute for Theatre Technology* (USITT) en 1986 y transformado en DMX512/1990 tras una revisión de la USITT. En 1998 la *Entertainment Services and Technology Association* (ESTA) cuadró DMX dentro de los estándares ANSI, modificación que fue aprobada por el instituto (ANSI) en 2004. Finalmente, en 2008 DMX tuvo una nueva revisión y se llegó a la versión actual llamada "E1.11 – 2008, USITT DMX512-A", o simplemente DMX512-A. A pesar de esto, el nombre comúnmente conocido del estándar es simplemente DMX, aunque no es indistinto ya que hay diferencia de compatibilidad entre las diferentes versiones.

### 1.2.2 Capa física

#### 1.2.2.1 Cableado y conectores

DMX emplea el estándar EIA-485 como capa física, por lo que emplea por lo menos 3 líneas; A, B y C, en donde A y B son los datos que se transmiten, y C es masa. Los conectores utilizados son los XLR, tanto de 5 como de 3 pinos. Un ejemplo del cable se puede ver en la figura 1.6



Figura 1.6: Cable DMX con conector XLR5. Fuente: wikipedia

### 1.2.2.2 Topología

La red de DMX consiste en un maestro y varios esclavos, conectados con una topología de bus multidrop (MDB) con nodos conectados entre sí, lo que normalmente se denomina como topología *daisy chain*. En otras palabras, todos los equipos a controlar tienen una entrada y una salida conectadas entre sí, de manera tal de que se puede conectar un equipo y apartir de este equipo conectar el siguiente, y así sucesivamente, como se ve en la figura 1.7. Esto permite que el conexionado sea simple y que la red pueda ser fácilmente extendida.

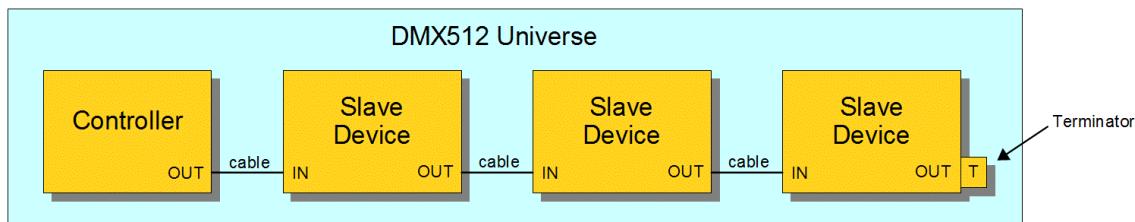


Figura 1.7: Conexión en una red DMX. Fuente: wikipedia

### 1.2.2.3 Señal

La señal de DMX es de tipo diferencial, como es indicado en EIA-485, de 5 Volts de pico, y los datos se envían asincrónicamente de manera serie con una tasa de transmisión de 250Kbits por segundo que equivale a una duración de bit de  $4\mu s$ .

## 1.2.3 Capa de enlace de datos

### 1.2.3.1 Subcapa de control de enlace lógico

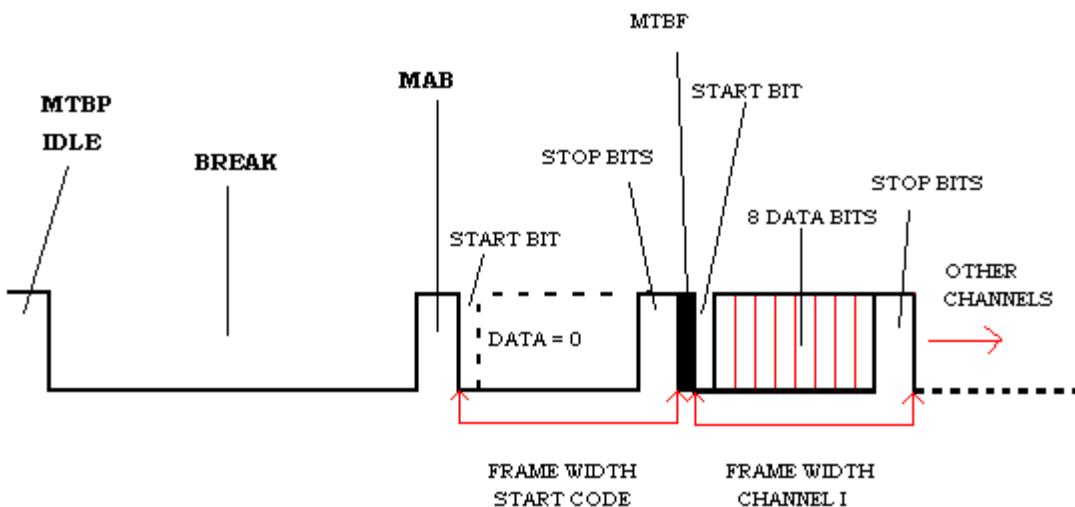
La trama DMX, visible en la figura 1.8 consta de las siguientes partes:

- **Idle** y **MTBP** (Mark Time Between Packets): estado de HIGH en la línea que indica la ausencia de señal de DMX. En caso de que se supere el tiempo máximo de 1 segundo sin datos, se considera que hubo una pérdida en la conexión.
- **Break**: estado de LOW en la línea utilizado para separar las tramas entre sí.
- **MAB** (Mark After Break): estado en HIGH enviado luego de un Break. Este estado suele traer problemas de compatibilidad ya que fue cambiado de una duración de  $4\mu s$  a  $8\mu s$  en la versión de DMX512 de 1990.

- **Slots:** son datos con formato 8N2 (un bit de start (LOW), 8 bits de datos, 2 bits de stop (HIGH) y sin paridad), y pueden ser:
  - **SC** (Start Code): es el Slot 0, enviado luego de un MAB, para indicar el principio del payload. Todos los bits de datos equivalen a LOW en este estado.
  - **Channels:** contienen la información que quiere ser enviada a los equipos de DMX. El conjunto de los 8 bits de datos pueden tomar un valor de 0 a 255. En total pueden haber un máximo de 512 canales enviados.
- **MTBF** (Mark Time Between Frames): estado opcional de HIGH en la linea que puede agregarse antes del bit de start de cada canal.

Señal	Mínima	Máxima	Típica
Idle/MTBP	0	1 seg	No especificada
Break	88μs	1seg	88μs
MAB	-	-	8μs
Bit	-	-	1/250KHz = 4μs
Slot (11 bits)	-	-	44μs
MTBF	0	1 seg	No especificada

Table 1.1: Duración de las señales que componen la trama de DMX

Figura 1.8: Formato de la trama DMX. Fuente: [LINK](#)

A cada trama con 512 canales se la llama "universo de DMX". Si se necesitan enviar más de 512 canales se utilizan más universos.

### 1.2.3.2 Subcapa de control de acceso al medio

DMX no implemente ningún mecanismo de control de acceso al medio debido a que el único transmisor es la red es el maestro y todos los esclavos reciben la misma información.

## 1.3 Updown

### 1.3.1 Definición

El **Updown**, que se puede ver en la figura 1.9, es básicamente una grúa que sube y baja una carga conforme a comandos recibidos por una equipo que utilice el protocolo DMX, como puede ser una consola de control de luminaria.

Este producto fue concebido en **Blackout**, una empresa productora y proveedora de tecnología cuyo objetivo es generar contenido audiovisual para grandes eventos. Blackout tomó interés en esculturas cinéticas como la de la figura 1.3 pero se encontró con el problema que el costo de importación de los equipos utilizados para tales fines, sumado a su precio unitario, era muy elevado. Por este motivo, decidió comenzar el desarrollo de un producto propio y nacional para alcanzar su objetivo.

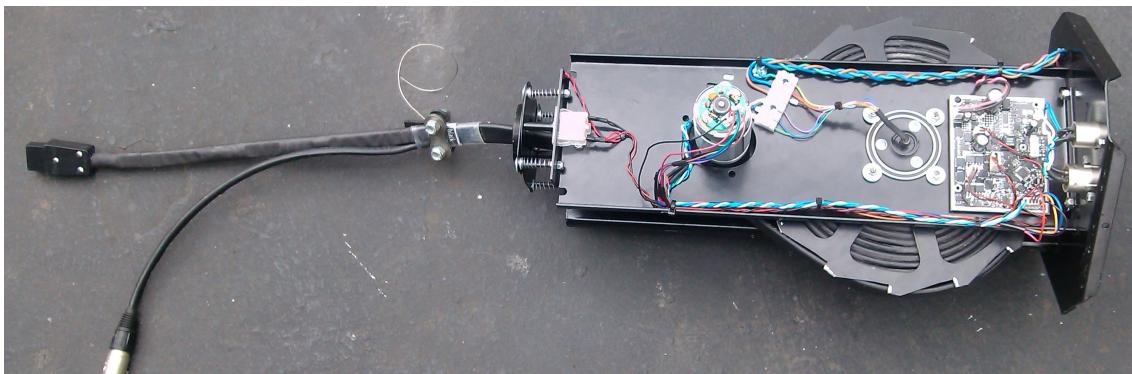


Figura 1.9: Imagen del Updown, desarrollado por la empresa Blackout

### 1.3.2 Descripción del sistema

En la figura 1.10 se presenta el diagrama general del equipo updown. Allí se pueden identificar todos los elementos electrónicos y mecánicos que conforman el sistema, los elementos externos del sistema, y la comunicación entre ellos.

Arreglá líneas y colores (quizás) del gráfico

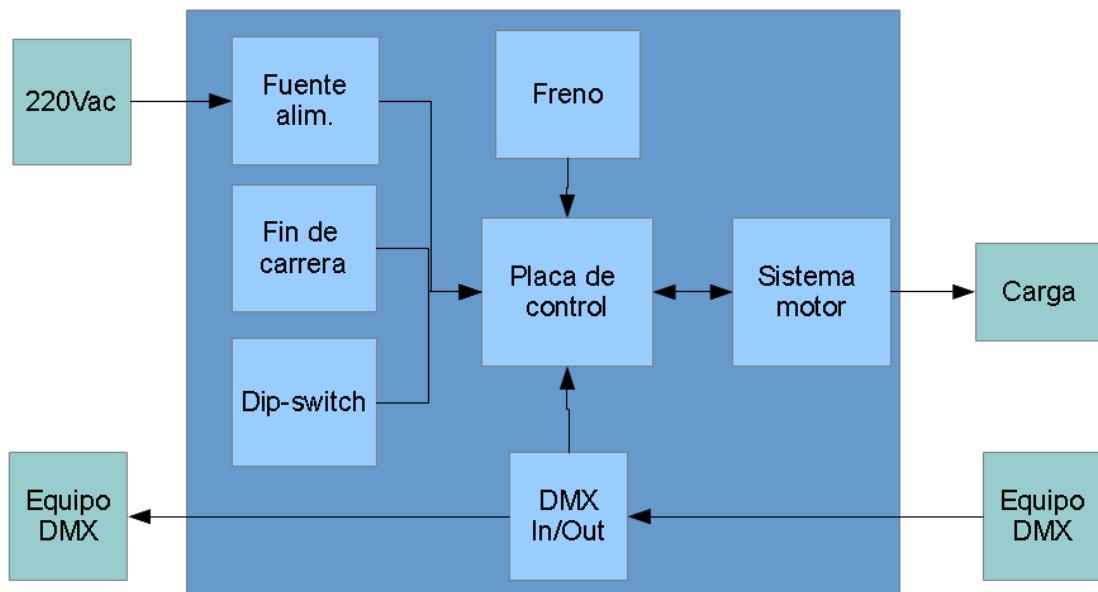


Figura 1.10: Diagrama conceptual del equipo Updown

#### 1.3.2.1 Fuente de alimentación

#### 1.3.2.2 DMX In/Out

Para cumplir con la topología DMX la entrada del equipo tiene hecho un puente para que exista una salida con la misma señal hacia otro equipo en la cadena.

La señal de DMX puede provenir del master DMX, otro Updown, o cualquier otro equipo esclavo dentro del mismo universo DMX. Su función es indicarle la referencia de posición y velocidad al updown, y los parámetros que correspondan a la carga

#### 1.3.2.3 Dip-switch

Su función es seleccionar el canal inicial de DMX con el que el equipo trabajará. Cuenta con 10 switchs: 9 para la selección del canal (0 a 512) y uno para futuras ampliaciones.

Pendiente a desarrollo.

#### **1.3.2.4 Freno**

Su función es detener la carga al frenar el disco que contiene la polea. El freno abre (se permite el movimiento) mediante la activación de una bobina, y la bobina está desactivada por defecto, por lo que el freno estará normalmente cerrado (no se permite el movimiento).

#### **1.3.2.5 Fin de carrera**

Su función es detectar que la polea que sostiene a la carga está completamente enrollada.

#### **1.3.2.6 Sistema motor**

Hacé un diagrama de esto

#### **1.3.2.7 Placa de control**

Hacé un diagrama de esto

### **1.3.3 Resumen de entradas y salidas del sistema**

#### **1.3.3.1 Entradas**

- Señal de DMX
- Fin de carrera
- Dip-switch
- Encoder de disco
- Encoder de motor

#### **1.3.3.2 Salidas**

- Freno

- Motor
- Leds indicadores

## 1.4 Justificación del proyecto

Durante el desarrollo del updown la empresa se dió cuenta que con los recursos que contaban, tiempo en particular, no podían alcanzar las especificaciones que buscaban que el updown tuviera, por lo que se vió en la necesidad de buscar a alguien externo para darle fin al proyecto.

Es entonces que se presentó la oportunidad de realizar el trabajo de concluir el desarrollo del equipo, que es en lo que este proyecto final se basa.

## 1.5 Objetivos

Para dar conclusión al proyecto se deben cumplir con las requerimientos no cumplidos del proyecto. Esto incluye:

- Lograr que las cargas manejadas por los equipos se muevan parejas a la misma velocidad y lleguen a una posición dada, con el objetivo de que los efectos espaciales creados sean visualmente creibles. Estas referencias de posición y velocidad serán dadas por una consola DMX.
- Manejar errores y excepciones de hardware para lograr que el producto sea seguro, siendo que será instalado en eventos con un alto nivel de concurrencia.
- Realizar los cambios mecánicos y electrónicos necesarios en el equipo para que tenga las funcionalidades deseadas. Esto incluye desarrollo del dipswitch, y modificaciones
- Generar documentación y programas de prueba para que facilitar el armado en cantidad de los updown.

# Diseño

## 2.1 Hardware

dipsw, relación encoder-distancia, velocidad maxima (para distintos pesos), relacion encoder motor/encoder disco.

## 2.2 Firmware

Diagrama de clases más que nada

## 2.3 Controlador

Modelo de control.

# Desarrollo

## 3.1 d1

### 3.1.1 d11

### 3.1.2 d12

# Implementación

4.1 i1

4.1.1 i11

#### 4.1.2 i12

# Conclusiones

5.1 c1