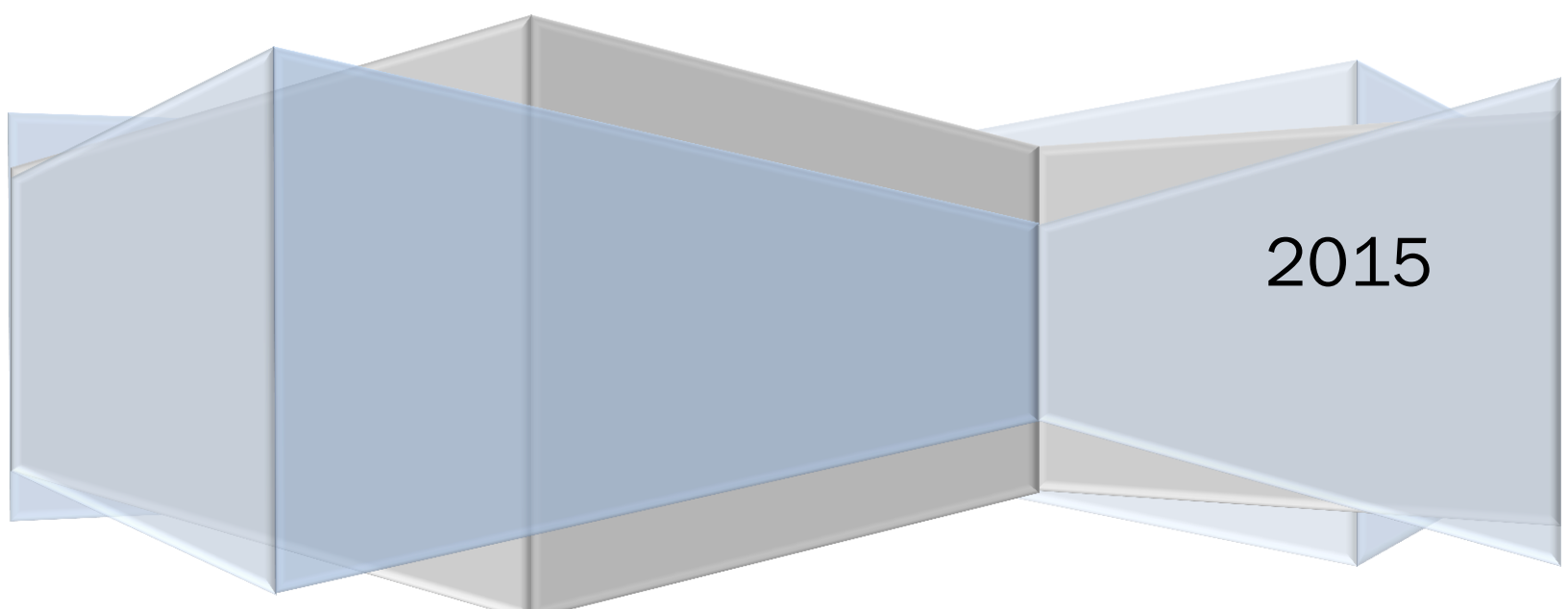


UNIVERSIDAD DEL NORTE

UNDomo

Sistema de Automatización Doméstica

Alejandra Fernández Castro / Andrés Bejarano Posada



2015

UNDomo:

Sistema de Automatización Doméstica

Alejandra Fernández Castro
Universidad del Norte
Barranquilla. Colombia

Tabla de contenido

.....	2
1. UNDom: Descripción de la operación de Hardware	2
1.1 Configuración de los componentes del sistema.....	2
1.1.1 Access Point (WiFi Router).....	2
1.1.2 Home Gateway – Beaglebone Black.....	4
1.1.2.1 UNDomServer	6
1.1.2.2 UNDomDiscovery	8
1.1.2.3 Bases de Datos.....	8
1.1.3 Dispositivos Domésticos.....	9
1.1.3.1 Arduino UNO	9
1.1.3.2 Arduino YUN	11
2. UNDom: Descripción de la operación de Software.....	12
2.1 Descubrimiento de los dispositivos domésticos	12
2.2 Configuración de los dispositivos domésticos.....	18
2.2.1 Name Configuration	18
2.2.2 Cluster On/Off	19
2.2.4 Cluster Level Control	20
2.2.5 Cluster Scene Control	21
2.2.6 Cluster Door Lock.....	22
2.2.7 Cluster Color Control	22

UNDomomo:

Sistema de Automatización Doméstica

UNDomomo es un servicio de automatización doméstica o domótica diseñado por la Universidad del Norte. “UN” está dado por UNinorte y “Domomo” por domótica. Dicho sistema administra los dispositivos instalados en una casa, con respecto a las preferencias de un usuario y a través de un dispositivo electrónico (celular, Tablet, portátil, etc). Dicho dispositivo gestiona la infraestructura de red doméstica a través de la conectividad WiFi con el Home Gateway, el cual se encarga de realizar el descubrimiento y las configuraciones de los equipos. Lo anterior, está representado con dos sistemas: UNDomomoServer y UNDomomoDiscovery.

- UNDomomoServer corresponde al sistema que administra la interfaz gráfica de usuario. Gestiona los perfiles de los dispositivos y permite que el usuario pueda configurarlos de acuerdo con sus atributos. Recibe los perfiles de los dispositivos por parte del Home Gateway, al cual envía peticiones de configuración.
- UNDomomoDiscovery corresponde al sistema que administra la infraestructura de red doméstica de los dispositivos instalados en una casa. Realiza el descubrimiento y la configuración de los dispositivos de acuerdo con las peticiones de usuario enviadas por el UNDomomoServer.

A continuación se realiza una descripción para la instalación, configuración y uso del sistema UNDomomo en Hardware y en Software.

1. UNDomomo: Descripción de la operación de Hardware

El Hardware es administrado por el sistema UNDomomoDiscovery el cual está conformado por el Home Gateway, el cual opera como el cerebro del sistema, y los dispositivos domésticos, los cuales corresponden a los elementos finales que se desean controlar. Mientras que la administración del dispositivo móvil está dado por el sistema UNDomomoServer. El protocolo de comunicación usado para la conectividad entre estos dos componentes corresponde a WiFi o Wireless Fidelity. Por lo tanto, para garantizar un correcto funcionamiento ambos deben estar conectados a la misma red WiFi doméstica. Al ser la primera versión de este sistema UNDomomo, se usan tarjetas de desarrollo que permiten simular una pasarela doméstica y los dispositivos finales.

1.1 Configuración de los componentes del sistema

1.1.1 Access Point (WiFi Router)

El Router de WiFi corresponde a un Linksys cuya dirección IP de configuración está dada por **/192.168.2.1/** cuyas credenciales de acceso corresponden a:

Usuario: admin **Contraseña:** undomomo

En la Figura 1 se muestra el cuadro que requiere las credenciales mencionadas. Al ingresar al panel de control del router se puede visualizar el ‘Network Map’ en el cual se tiene un icono que indica los clientes WiFi que se encuentran conectados a la red.

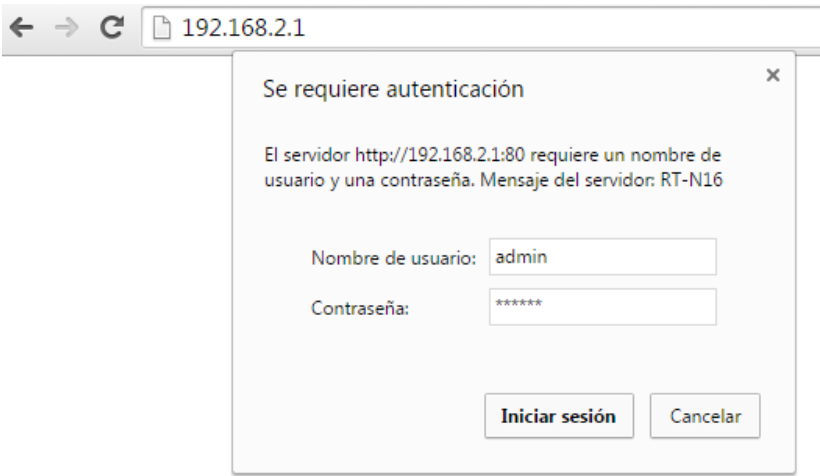


Fig. 1. Router Linksys: Ingreso de credenciales.



En este caso el icono indica que se poseen 4 clientes conectados a la red WiFi cuyo nombre corresponde a ‘WinterRouter2013’. En la Figura 2 se presentan los clientes conectados a la red. El cliente llamado ‘beaglebone’ corresponde al Home Gateway; el cliente cuya IP corresponde a ‘192.168.2.107’ corresponde al Pc de configuración; el cliente cuya IP corresponde a ‘192.168.2.239’ corresponde a la tarjeta de desarrollo Arduino UNO y la dirección IP restante ‘192.168.2.228’ corresponde a la tarjeta de desarrollo Arduino YUN, dichas tarjetas Arduino se encargan de simular un dispositivo doméstico.

Client status		
	90:A2:DA:F0:30:CD	<u>192.168.2.228</u>
	78:C4:0E:02:31:A4	192.168.2.239
	beaglebone	192.168.2.197
	088294-admin-p	192.168.2.107
<input type="button" value="Refresh"/>		

Fig. 2. Clientes conectados a la red routerWinter2013.

1.1.2 Home Gateway – Beaglebone Black

El Home Gateway o pasarela doméstica es un sistema que permite el descubrimiento de los dispositivos domésticos. Una vez descubiertos, éstos pueden ser configurados de acuerdo con las preferencias del usuario, es decir, se puede realizar cambios en su estado (encendido/apagado), el nombre asignado por el usuario (identificativo), atributos del dispositivo (nivel, color, bloqueo), etc. Este componente del sistema es simulado con una tarjeta de desarrollo llamada **Beaglebone Black**.

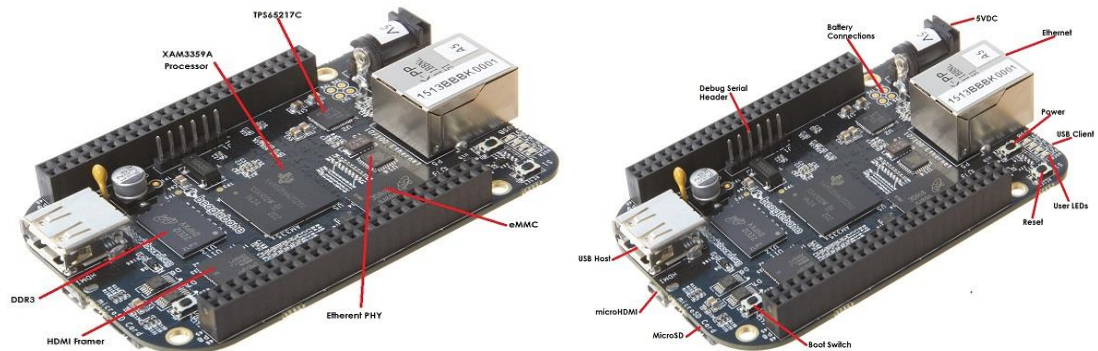


Fig. 3. Beaglebone Black: Componentes e interfaces.

Esta tarjeta de desarrollo no posee conectividad WiFi, por lo tanto a través de un adaptador USB-WiFi permita conectarse a una red, enviar y recibir datos. El **adaptador USB nano inalámbrico** implementado para esta tarjeta corresponde a la versión EW-7811Un de Edimax. El cual opera con los estándares IEEE 802.11b/g/n de WiFi.



Fig. 4. Adaptador WiFi conectado a la Beaglebone Black.

La conectividad con la BBB se puede realizar a través de una conexión serial, SSH a través de cableado Ethernet o SSH a través de un cable USB. Se procede a acceder por SSH disponible en la dirección IP /192.168.2.7/ y a configurar la conectividad WiFi de la BBB. Para ello se implementa el adaptador WiFi de la tecnología Edimax, el cual requiere la implementación de la alimentación de 5V de la BBB. Se realiza la conexión a través de SSH utilizando las siguientes credenciales:

Usuario: root **Contraseña:** (no tiene, por lo tanto sólo dar enter)

Se procede a verificar que la BBB reconoce el dispositivo, y a realizar las configuraciones apropiadas para obtener la conexión a Internet. Dicho proceso de reconocimiento del funcionamiento del adaptador WiFi se visualiza en la tabla 1.

Tabla 1. Reconocimiento y funcionamiento de adaptador WiFi	
Código	Respuesta
lsusb	Bus 001 Device 002: ID 7392:7811 Edimax Technology Co., Ltd EW-7811Un 802.11n Wireless Adapter [Realtek RTL8188CUS] Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
ifconfig wlan0	wlan0 Link encap:Ethernet HWaddr 80:1f:02:bf:12:cd UP BROADCAST MULTICAST MTU:1500 Metric:1 RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0 TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0 collisions:0 txqueuelen:1000 RX bytes:0 (0.0 B) TX bytes:0 (0.0 B)
iwconfig wlan0	wlan0 IEEE 802.11bgn ESSID:off/any Mode:Managed Access Point: Not-Associated Tx-Power=20 dBm Retry long limit:7 RTS thr=2347 B Fragment thr:off Encryption key:off Power Management:off
iwlist wlan0 scan	#Detecta las redes Wifi disponibles Cell 01 - Address: 68:B6:FC:2A:CD:0F Channel:11 Frequency:2.462 GHz (Channel 11) Quality=70/70 Signal level=-35 dBm Encryption key:on ESSID:"UNE-CD0C" Bit Rates:1 Mb/s; 2 Mb/s; 5.5 Mb/s; 11 Mb/s; 9 Mb/s 18 Mb/s; 36 Mb/s; 54 Mb/s Bit Rates:6 Mb/s; 12 Mb/s; 24 Mb/s; 48 Mb/s Mode:Master Extra:tsf=0000000d43a6c837 Extra: Last beacon: 62ms ago

Una vez verificado que la BBB reconoce el módulo de WiFi representado a través de la interfaz **wlan0**, se procede a configurarla. Dicho procedimiento se puede realizar de diferentes formas, presentadas a continuación.

A. Se realiza la modificación directa en el documento que identifica las configuraciones de las interfaces de la BBB, incluyendo la wlan0. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Modificación de la configuración de las interfaces	
Código	Configuración
Sudo nano /etc/network/interfaces	#Configuración de la interfaz wlan0 auto wlan0 iface wlan0 inet dhcp wpa-ssid "Mi_Wifi" wpa-psk "Clave"
sudo	#Se reinician los servicios

/etc/init.d/networking restart	
iwconfig wlan0	#Se verifica la conexión exitosa

B. Se realiza la configuración WiFi directamente desde consola. Ver Tabla 3.

Tabla 3. Proceso de configuración en terminal	
Código	
sudo iwconfig wlan0 essid "Mi_Wifi" key s:Clave	
sudo dhclient wlan0	
#Se verifica la conexión exitosa iwconfig wlan0	

C. Se utiliza una herramienta de Debian llamada 'wicd' que permite la administración de redes alámbricas e inalámbricas. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Herramienta wicd	
Código	
Wicd-curses	
#Conexión a una red C	
#Configuración de una red para ingresar contraseña ->	

Se puede verificar la conectividad a Internet realizando pings al router o a estaciones cercanas al punto de acceso de WiFi. Se procede a realizar la conexión a la red WiFi en la cual se va a realizar el control y configuración del sistema de automatización doméstica.

Una vez se garantiza la conectividad con el router WiFi se procede a configurar los sistemas UNDomoserver y UNDomodiscovery.

1.1.2.1 UNDomoserver

El sistema UNDomoserver se encuentra ubicado en la carpeta UNDomo de 'root', es decir, que se encuentra en la ubicación principal cuando se accede a la Beaglebone Black.

Con el comando **ls** se visualizan los archivos contenidos en la ubicación inicial de root.

Con el comando **cd UNDomo/UNDomoserver** se accede a la carpeta UNDomoserver contenida en la carpeta UNDomo.

Una vez ubicados en la carpeta de UNDomoserver se procede a ejecutar el servidor de la siguiente forma: **java -jar UNDomoserver.jar**

Dicha forma de inicializarlo define por defecto el puerto 8080 para la interacción web con el usuario y el puerto 9090 para la interacción con el UNDomDiscovery. La correcta ejecución del servidor se muestra en la Figura 5.

```
root@beaglebone:/var/lib/cloud9/UNDomServer# java -jar UNDomServer.jar
GUI Server running at beaglebone/127.0.1.1:8080
Device Server running at beaglebone/127.0.1.1:9090
Connection to UNDomDiscoveryServer: 127.0.0.1:9000
UNDomServer completely started
Press ENTER to stop the service
```

Fig. 5. Ejecución correcta del UNDomServer.

Si se presentan problemas con la ejecución del servidor con respecto a que la dirección se encuentra ocupada ('Address already in use') realice lo siguiente:

Digite el comando **lsof -i:8080** y **lsof -i:9000**

Los resultados de estos comandos indican procesos en ejecución que no se terminaron, por lo tanto se requiere su finalización, lo cual realiza de la siguiente forma: Identifica el valor numérico que identifica al proceso conocido como PID y digite **Kill -9 <PID>** e intente nuevamente correr el servidor UNDom.

Una vez sea exitosa la ejecución del servidor proceda a conectarse a la dirección web '192.168.7.2:8080' en la cual encontrará el aplicativo web que permite la interacción con el usuario. Dicho aplicativo se presenta en la Figura 6.

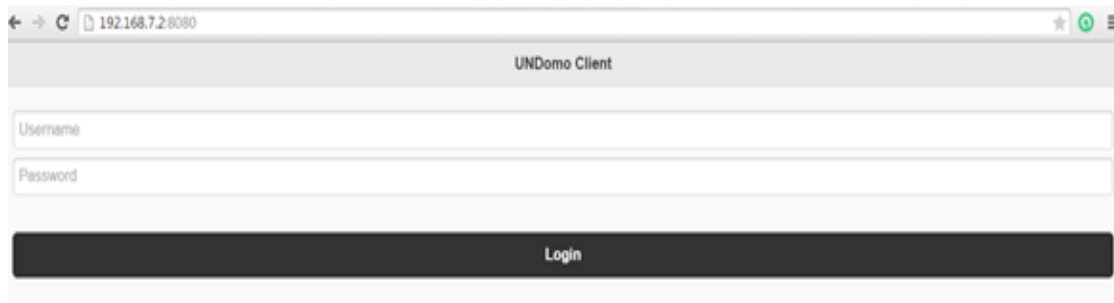


Fig. 6. Cliente UNDom conectado al servidor.

Las credenciales de acceso al cliente corresponden a:

Usuario: admin **Contraseña:** admin

Una vez ingrese a la plataforma web visualizará el contenido como se muestra en la Figura 7. Dicho contenido indica que no se ha registrado actividad por parte del HomeGateway, sin embargo, el servidor se encuentra constantemente esperando actividad procedente del UNDomDiscovery,

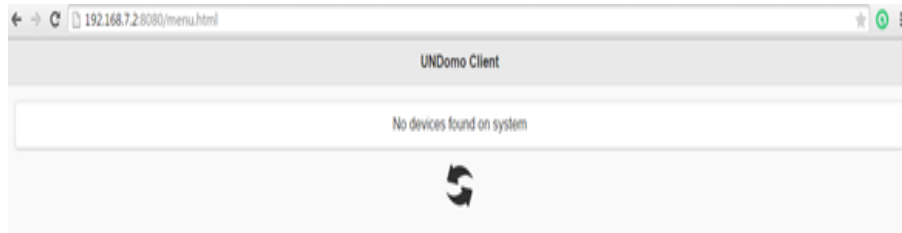


Fig. 7. Cliente UNDom: contenido web inicial sin registro de dispositivos.

1.1.2.2 UNDomDiscovery

El sistema UNDomDiscovery se encuentra ubicado en la carpeta UNDom de 'root', es decir, que se encuentra en la ubicación principal cuando se accede a la Beaglebone Black.

Con el comando **ls** se visualizan los archivos contenidos en la ubicación inicial de root.

Con el comando **cd UNDom/UNDomDiscovery** se accede a la carpeta UNDomDiscovery contenida en la carpeta UNDom.

Una vez ubicados en la carpeta de UNDomDiscovery se procede a ejecutar el servidor de la siguiente forma: **java -jar UNDomDiscovery.jar**

Dicha forma de inicializarlo define por defecto el puerto 9000 para la interacción web con el UNDomServer y el puerto 9001 para la interacción con los dispositivos domésticos. La correcta ejecución del servidor se muestra en la Figura 8.

```
Press ENTER to stop the service
Initiation of Discovery Process...
Initiation of Control Process...

  Discovering devices in the network:
    Sending Broadcast Packets
  Waiting for discovery packets:
  Waiting for Home Server Packet:
```

Fig. 8. Ejecución correcta del UNDomDiscovery.

1.1.2.3 Bases de Datos

Las bases de datos definidas en el Home Gateway son accedidas a través de consola con el comando:

Mysql -h localhost -u root -p

Password: mydebian

Se define el uso de la base de datos UNDOMO con el comando:

USE UNDOMO;

Para visualizar todas las tablas pertenecientes a esta base de datos se digita el comando:

SHOW TABLES;

Para observar la información de una tabla en particular se escribe:

```
SELECT * FROM <NombredelaTabla>;
```

Las tablas existentes en la base de datos UNDOMO se mencionan y describen a continuación:

- **ADDRESS:** Guarda la información corresponde a la dirección IP del dispositivo asociada a un número de identificación asignado por el Home Gateway.
- **DEVICES:** Guarda información general de los dispositivos: identificación dada por el Home Gateway, identificación dada por el fabricante, red a la cual pertenece (de acuerdo a la tecnología o protocolo de comunicación), nombre asignado por el usuario, escena en la que se ubica el dispositivo, estado de encendido/apagado, fecha y hora de la última modificación.
- **APPLIANCES:** Indica el tipo de dispositivos que soporta el sistema, sus ID de acuerdo con lo establecido por Zigbee HA y el nombre predeterminado que se le asignan a los dispositivos.
- **CODES:** Relaciona los códigos enviados por el Home Server con los comandos que permiten la configuración de los dispositivos. Ej: CMD01→ SET ON.
- **CLUSTERS:** Especifica el grupo de características soportadas por el sistema y los comandos que operan con cada cluster dado. La presentación de la información de estos clusters corresponde a la que se presenta en el ANEXO C.
- **LEVEL:** Guarda la información referente a la característica de nivel de un dispositivo. Indica el identificador dado por el Home Gateway, los valores máximos y mínimos permitidos y el valor actual configurado.
- **COLOR:** Guarda la información referente a la característica de color de un dispositivo. Indica el identificador dado por el Home Gateway, los valores actuales de iluminación, tez y saturación.
- **LOCKCON:** Guarda la información referente a la característica de bloqueo de un dispositivo. Indica el identificador dado por el Home Gateway y el estado de bloqueo.
- **SCENES:** Especifica las escenas soportadas por el sistema de automatización.

1.1.3 Dispositivos Domésticos

Los dispositivos domésticos corresponden a los electrodomésticos o elementos electrónicos que desempeñan una tarea en el hogar. Son capaces de conectarse a una red WiFi, a través de la cual envían y reciben datos de parte de la pasarela doméstica. Estos elementos son simulados por **tarjetas de desarrollo Arduino**, de las cuales se implementan dos: una de referencia UNO y otra de referencia YÚN.

1.1.3.1 Arduino UNO



La tarjeta de desarrollo Arduino UNO es de desarrollo libre, fácil para programar y con bajo consumo de potencia. UNO ofrece la posibilidad de extender sus capacidades a través de caparazones o 'shields', las cuales se conectan a sus puertos disponibles. Las capacidades extendidas pueden ser conectividad Ethernet o WiFi. Por lo tanto, para obtener conectividad WiFi, se requiere adquirir el caparazón WiFi o 'WiFi Shield' para Arduino UNO.



Fig. 9. Tarjeta de desarrollo: Arduino UNO.

Una vez se verifique la conectividad de la WiFi shield se procede a verificar su funcionamiento con las últimas versiones del IDE de Arduino. La versión implementada es la 1.5.8. Arduino UNO posee diferentes carpetas cuyos nombres dan referencia de los tipos de dispositivos que soporta el sistema UNDom. En la Tabla 5 se indican los nombres relacionados con el tipo de dispositivo tanto para Arduino UNO como para Arduino YUN.

Tabla 5. Dispositivos y archivos que lo contiene		
Dispositivo	Arduino UNO	Arduino YUN
On/Off Switch	Switch.ino	Switch.py
Level Control Switch	Lcswitch.ino	Lcswitch.py
Door Lock	Door.ino	Door.py
Simple Sensor	Sensor.ino	Sensor.py
On/Off Light	Onflight.ino	Onflight.py
Dimmable Light	Dimlight.ino	Dimlight.py
Color Dimmable Light	Coldim.ino	Coldim.py
On/Off Light Switch	Lswitch.ino	Lswitch.py
Dimmer Switch	Dimswitch.ino	Dimswitch.py
Color Dimmable Switch	Colorswitch.ino	Colorswitch.py

Una vez se selecciona el dispositivo a similar se procede a abrirlo en el IDE de Arduino, compilarlo  y subirlo  a la tarjeta de desarrollo. En la Figura 10 se muestra la interfaz de desarrollo del IDE de Arduino, en la cual se especifica la conectividad a la red routerWinter2013 y su contraseña.

```
switch
#include <SPI.h>
#include <WiFi.h>
#include <WiFiUdp.h>

int status = WL_IDLE_STATUS;
char ssid[] = "routerWinter2013"; // your network SSID (name)
char pass[] = "24681012"; // your network password (use for WPA)
int keyIndex = 0; // your network key Index number (needed for WPA)

unsigned int localPort = 8080; // local port to listen on

char packetBuffer[UDP_TX_PACKET_MAX_SIZE]; //buffer to hold incoming data
char ReplyBuffer[] = "ACK"; // a string to send back
char ReplyBroad[] = "SERVER BROADCAST";
```

Fig. 10. IDE de Arduino: versión 1.5.8.

1.1.3.2 Arduino YUN

Además de lo anterior, se utiliza la tarjeta de desarrollo Arduino YÚN. Dicha tarjeta combina la potencia del sistema operativo Linux con las características generales de desempeño de Arduino. Opera con una red inalámbrica WiFi que soporta los estándares IEEE 802.11b/g/n.

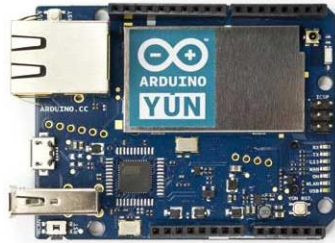


Fig. 11. Tarjeta de desarrollo: Arduino YÚN.

La tarjeta de desarrollo Arduino YUN posee conectividad WiFi, por lo tanto el procedimiento para conectarse a través de WiFi es diferente a la del Arduino UNO. Inicialmente se conecta la YUN al dispositivo de configuración: portátil o Pc. Visualizaremos en el escaneo de las redes WiFi del equipo que aparece una red llamada '**Arduino-Yun:XXX**' a la cual se procede a conectar. Una vez conectados podremos acceder a la dirección IP 192.168.240.1 para configurar la red WiFi, en la cual se especifica la red a la cual nos queremos conectar y su contraseña. Posteriormente, se requiere conectar inmediatamente a la red WiFi especificada en la configuración.

La conectividad con el Arduino YUN se puede realizar a través de una conexión SSH en la dirección IP /192.168.2.228/. Las credenciales son:

Usuario: root **Contraseña:** arduino

Una vez autenticados se verifica la conectividad WiFi a través de pings al punto de acceso de WiFi o a equipos de trabajo cercanos. La programación del Arduino YUN se puede realizar a través del IDE de Arduino o a través del intérprete de Python instalado por defecto. Sin embargo, el envío y recepción de paquetes a través de WiFi es llevado a cabo a través de Python, por lo tanto se utiliza este lenguaje para la programación. En la Tabla 5 se indican los nombres asignados a los archivos que describen a los dispositivos soportados por UNDom. Dichos archivos se encuentran contenidos en la carpeta 'devices', para acceder a ellos se digita lo siguiente:

El comando **ls** permite visualizar el contenido de la ubicación de root.

El comando **cd devices** permite acceder a la carpeta devices.

El comando **Python <nombre_archivo>** permite ejecutar el archivo.

En la Figura 12 se visualiza la respuesta obtenido cuando se ejecuta el archivo switch.py.

```

root@Arduino:~# cd devices/
root@Arduino:~/devices# ls
coldim.py    dimlight.py    door.py        lsw
colorswitch.py dimswitch.py    lcswitch.py    onf
root@Arduino:~/devices# python switch.py
UDPServer listening on port 8888

```

Fig. 12. Programación en Pytbon: dispositivo tipo switch.

En la Figura 13 se presenta un modelo general de la implementación de Hardware del sistema de automatización doméstica UNDomomo, en la cual se presenta la interacción entre el Home Gateway y los dispositivos domésticos a través del protocolo de comunicación WiFi.

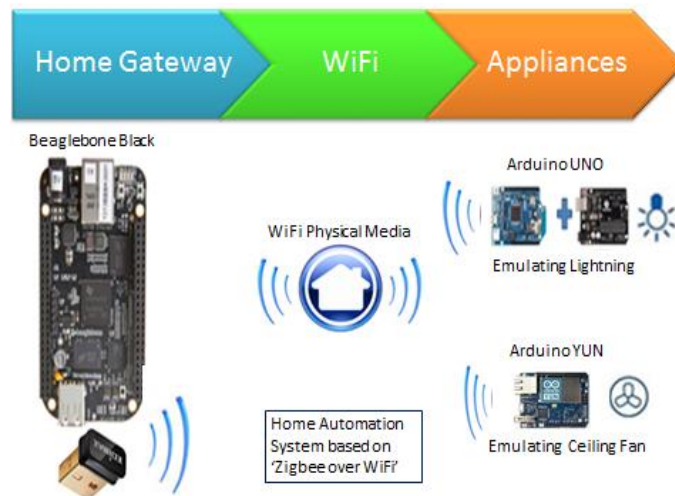


Fig. 13. Implementación de Hardware de UNDomomo.

2. UNDomomo: Descripción de la operación de Software

La operación en software del sistema UNDomomo está dada por la interacción existente entre el UNDomomoServer y el UNDomomoDiscovery. El UNDomomoDiscovery descubre los dispositivos que se encuentran instalados en el ambiente doméstico y conectado a la red WiFi doméstica. Una vez descubre los dispositivos procede a enviar los perfiles al UNDomomoServer, el cual crea el perfil configurable para el cliente. Las configuraciones o cambios en los dispositivos realizados por el usuario son enviados al UNDomomoDiscovery para que este sea quien los administre y envíe mensajes para la ejecución de las configuraciones. En la Figura 14 se presenta un diagrama que visualiza la interacción existente entre estos dos sistemas y los dispositivos domésticos.

2.1 Descubrimiento de los dispositivos domésticos

En la Figura 15 se muestra el ejemplo del descubrimiento de un dispositivo tipo 'On/Off Switch'. La Figura indica el perfil creado por el UNDomomoDiscovery y la recepción del perfil por parte del UNDomomoServer.

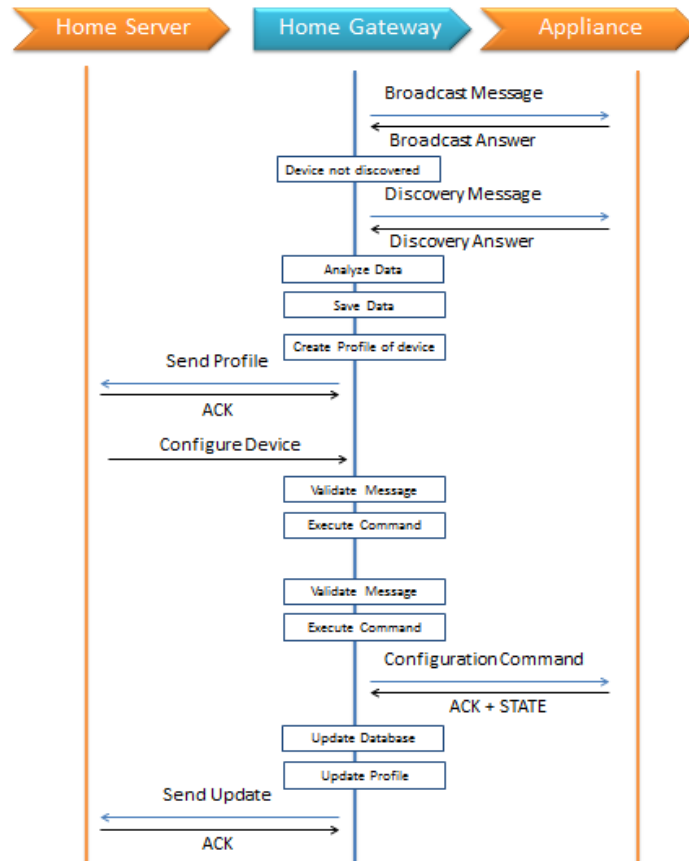


Fig. 14. Operación de UNDDomo: Relación entre sistemas y dispositivos.

```

Information saved in the Database!
Level Information saved!
Builder {"ID": "LEV025","NETWORK_TYPE": "WF","DEVICE_TYPE": "Level Control Switch","
The device profile has been created!
Sending message to Home Server
{"ID": "LEV025","NETWORK_TYPE": "WF","DEVICE_TYPE": "Level Control Switch","NAME"
Waiting answer from Home Server...
Response: {"ACK": "200", "MSG": "Basic device information added successfully"}
Discovering devices in the network:
    
```


(a) Respuesta de UNDDomoDiscovery.

```

RECEIVED A REQUEST.....
Socket connection accepted
RECEIVED JSON: {"ID": "LEV025","NETWORK_TYPE": "WF","DEVICE_TYPE": "Level Control
Switch","NAME": "Level Control Switch","SCENE": "Not Assign","ON_OFF_STATE": "0"
,"LAST_DATE": "2015-4-21 10:49:57","LEVEL": { "MINIMUM": "0","MAXIMUM": "1","VALU
E": "0.5"}}
Adding a new device
Received device ID LEV025
Device ID LEV025 is not registered on system
LEVEL CLUSTER FOUND.....
max = null
ACK: 200 - Basic device information added successfully
RESPONSE JSON: {"ACK": "200", "MSG": "Basic device information added successfully
"}
Socket connection closed
    
```

(b) Respuesta de UNDDomoServer.

Fig. 15. Operación en el UNDDomoServer y UNDDomoDiscovery al realizar el descubrimiento de un dispositivo.

Una vez descubierto el dispositivo procedemos en actualizar  la página web que contiene el aplicativo UNDomomo. En ella encontramos todos los dispositivos que han sido descubiertos por el UNDomomoDiscovery y los que ya se encontraban registrados. En la Figura 16 se visualiza los dispositivos que se encuentra registrados en el cliente UNDomomo, entre los cuales se encuentra el 'Level Control Switch' cuyo descubrimiento se presenta en la Figura 15..

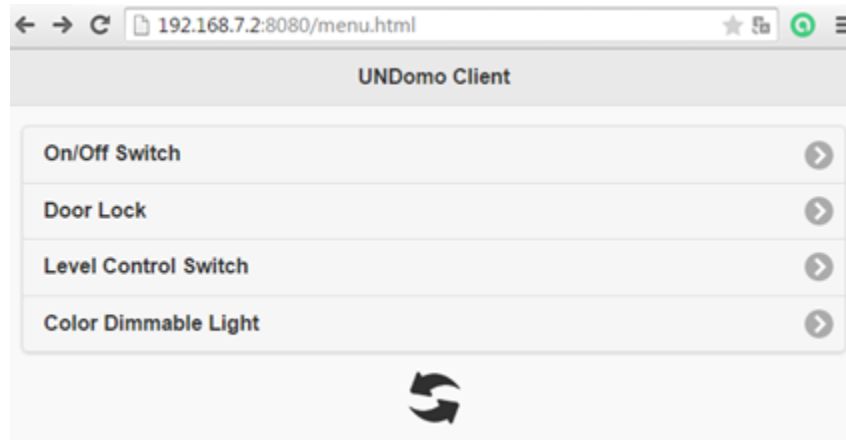


Fig. 16. Dispositivos descubiertos por el cliente UNDomomo.

Son 10 los tipos de dispositivos que soporta el sistema UNDomomo y se seleccionaron 10 con base en los dispositivos soportados por el protocolo de automatización de Zigbee. Dichos dispositivos poseen funcionalidades de encendido/apagado, configuración de nivel, bloqueo y color. En la Tabla 6 se presentan los dispositivos soportados, su ID y su descripción. El ID definido por Zigbee Home Automation (HA) es mantenido por UNDomomo. En la Figura 17 se presenta el descubrimiento de los 10 diferentes tipos de dispositivos domésticos soportados.

Tabla 6. Tipos de dispositivos soportados		
Dispositivo	ID	Descripción
On/Off Switch	0x0000	Interruptor que permite el encendido y apagado.
Level Control Switch	0x0001	Interruptor que permite definir el nivel.
Door Lock	0x000A	Bloqueo de puerta.
Simple Sensor	0x000C	Interruptor digital que permite el encendido y el apagado.
On/Off Light	0x0100	Permite el encendido y apagado de la luz.
Dimmable Light	0x0101	Configuración del nivel de iluminación.
Color Dimmable Light	0x0102	Configuración del nivel de iluminación y el color de la luz.
On/Off Light Switch	0x0103	Interruptor de luz que permite el encendido y apagado.
Dimmer Switch	0x0104	Interruptor que permite la configuración del nivel.
Color Dimmable Switch	0x0105	Interruptor que permite configurar el nivel y el color de un atributo.

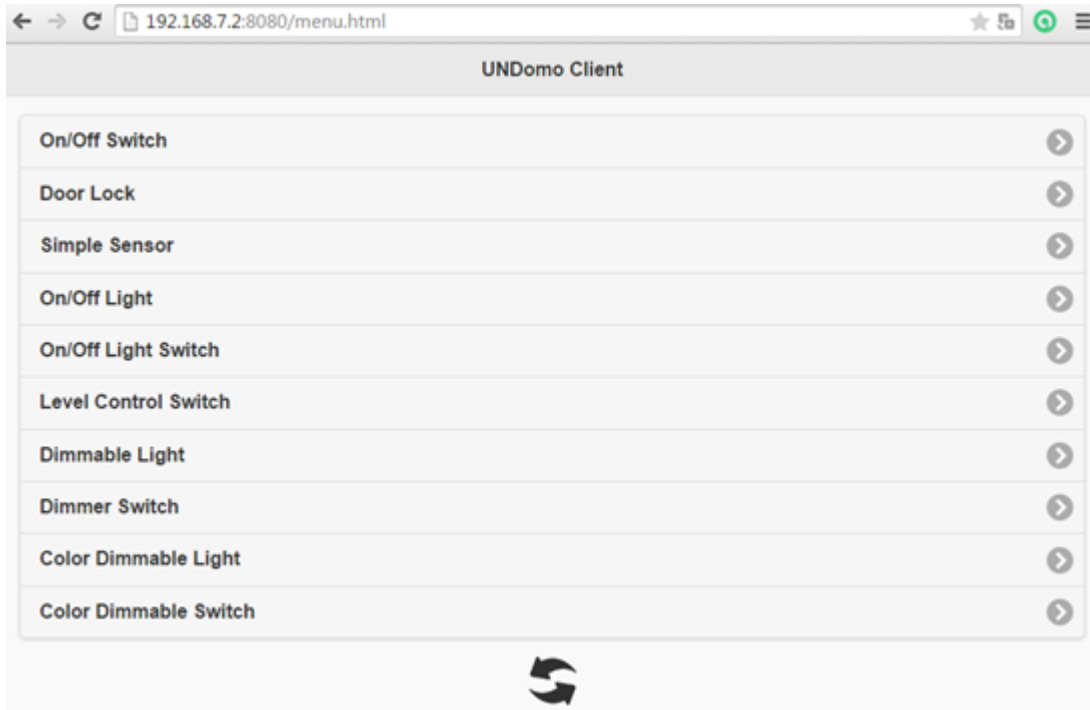


Fig. 17. Dispositivos soportados por el sistema UNDDomo.

Algunos de los dispositivos sólo soportan características de encendido y apagado, mientras que otros soportan bloqueo, nivel o color. Cada una de estas características o clusters definen los comandos que permiten las configuraciones de los dispositivos. Por lo tanto, el perfil de cada dispositivo depende de los clusters que soporta.

En la Tabla 7 se presenta la relación entre los dispositivos domésticos implementados y las características que los soportan. Notemos que todos los dispositivos soportan la característica de escenas configurables. La mayoría es configurable con “On/Off”, con exclusión del dispositivo “Simple Sensor” el cual es configurado por la característica “Binary Input”.

Tabla 7. Relación de dispositivos y características	
Dispositivo	Características
On/Off Switch	Scenes - On/Off
Level Control Switch	Scenes - On/Off - Level Control
Door Lock	Scenes - On/Off - Door Lock
Simple Sensor	Scenes - Binary Input
On/Off Light	Scenes - On/Off
Dimmable Light	Scenes - On/Off - Level Control
Color Dimmable Light	Scenes - On/Off - Level Control - Color Control
On/Off Light Switch	Scenes - On/Off
Dimmer Switch	Scenes - On/Off - Level Control
Color Dimmable Switch	Scenes - On/Off - Level Control - Color Control

A continuación se presentan los diferentes perfiles característicos de los dispositivos.

Los dispositivos que sólo soportan el Cluster On/Off poseen un perfil semejante al que se presenta en la Figura 18 para el dispositivo tipo 'On/Off Switch'.

The screenshot shows the 'UNDom Client' window for an 'On/Off Switch' device. The fields are as follows:

Field	Value
Id:	ONF123
Device Type:	On/Off Switch
Network Type:	WF
Name:	On/Off Switch
Last Date:	2015-4-21 10:25:14

Below the fields are two expandable sections, each with a plus icon and a label:

- Scene**
- On/Off**

At the bottom are two buttons: 'Cancel' and 'OK'.

Fig. 18. Perfil de On/Off Switch: Soporta cluster On/Off.

Los dispositivos que sólo soportan el Cluster On/Off y Door Lock poseen un perfil semejante al que se presenta en la Figura 19 para el dispositivo tipo 'Door Lock'.

The screenshot shows the 'UNDom Client' window for a 'Door Lock' device. The fields are as follows:

Field	Value
Id:	DOR003
Device Type:	Door Lock
Network Type:	WF
Name:	Door Lock
Last Date:	2015-4-21 10:44:20

Below the fields are three expandable sections, each with a plus icon and a label:

- Door Lock**
- Scene**
- On/Off**

At the bottom are two buttons: 'Cancel' and 'OK'.

Fig. 19. Perfil de Door Lock: Soporta cluster On/Off y Door Lock.

Los dispositivos que sólo soportan el Cluster On/Off y Level Control poseen un perfil semejante al que se presenta en la Figura 20 para el dispositivo tipo 'Level Control Switch'.

The screenshot shows the 'UNDom Client' window for a 'Level Control Switch' device. The fields are as follows:

UNDom Client	
Id:	LEV025
Device Type:	Level Control Switch
Network Type:	WF
Name:	Level Control Switch
Last Date:	2015/4/21 15:3:58
<div><div>+ Level Control</div><div>+ Scene</div><div>+ On/Off</div></div>	
<div>CancelOK</div>	

Fig. 20. Perfil de Level Control Switch: Soporta cluster On/Off y Level Control.

Los dispositivos que sólo soportan el Cluster On/Off, Level Control y Color Control poseen un perfil semejante al que se presenta en la Figura 21 para el dispositivo tipo 'Color Dimmable Switch'.

The screenshot shows the 'UNDom Client' window for a 'Color Dimmable Switch' device. The fields are as follows:

UNDom Client	
Id:	COW023
Device Type:	Color Dimmable Switch
Network Type:	WF
Name:	Color Dimmable Switch
Last Date:	2015/4/21 15:7:32
<div><div>+ Level Control</div><div>+ Color Control</div><div>+ Scene</div><div>+ On/Off</div></div>	

Fig. 21. Perfil de Color Dimmable Switch: Soporta cluster On/Off, Level Control y Color Control.

2.2 Configuración de los dispositivos domésticos

Cuando un usuario ejecuta un cambio en la configuración, esto repercute en el envío de un mensaje que notifica el cambio de atributo. Dicho mensaje posee 4 campos que lo describen, los cuales se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Campos de un mensaje de configuración	
Campo	Descripción
ID	ID del dispositivo sobre el cual el usuario requiere ejecutar una configuración. Ej: ONF123
CODE	Especifica el código que modifica un atributo del dispositivo. Este código es soportado por uno de los clusters que lo caracterizan. Ej: CMD01
VALUE	Algunos códigos requieren valores adicionales. Cuando no es requerido no es evaluado. Ej: 1
DATE	Fecha y tiempo de la ejecución del mensaje de configuración. Ej: 2015-04-15 10:22:18

Los códigos son propios del tipo de cluster que se configura y corresponden a un comando de configuración de los dispositivos. Esta relación se presenta en la Tabla 9. El valor hace referencia al atributo 'Value' e indica en cuáles comando este atributo es relevante, es decir, analizado y en cuáles no.

Tabla 9. Comandos y códigos		
Código	Comando	Valor
CMD00	SET NAME	No requerido
CMD01	SET ON	No requerido
CMD02	SET OFF	No requerido
CMD03	SET TOGGLE	No requerido
CMD04	SET VALUE	Requerido
CMD05	SET SCENE	Requerido
CMD06	SET LOCK	No requerido
CMD07	SET UNLOCK	No requerido
CMD08	SET LUMINANCE	Requerido
CMD09	SET HUE	Requerido
CMD10	SET SATURATION	Requerido

A continuación se presentan los procedimientos de configuración de cada uno de los cluster soportados por el sistema UNDom.


2.2.1 Name Configuration


Inicialmente se tiene el nombre por defecto del dispositivo de tipo 'Color Dimmable Light', el cual puede ser personalizado por el usuario, tal como se muestra en la Figura 22. Al proceder con el cambio se obtiene la respuesta "CMD0: OK" indicando que el código CMD0 correspondiente al comando "SET NAME" fue ejecutado exitosamente.

Name:

Name:

CMD0: OK
Name changed to Color Dimm 1



Color Dimm 1






Fig. 22. Configuración del Color Dimmable Light: Cambio del nombre.

2.2.2 Cluster On/Off

Todos los dispositivos por defecto inician con un estado de apagado tal como se presenta en la Figura 23. Este atributo puede ser modificado por el On/Off Cluster del dispositivo.

 On/Off

On/Off
☐ Off



Fig. 23. Configuración del Color Dimmable Light: Dispositivo inicialmente apagado.

A continuación se desea encender el dispositivo al cambiar su configuración del Cluster, por lo cual se obtiene la respuesta “CMD03: OK”. Dicha respuesta indica que el código CMD03 correspondiente al comando “SET TOGGLE” fue ejecutado exitosamente. Esto se visualiza en la Figura 24.

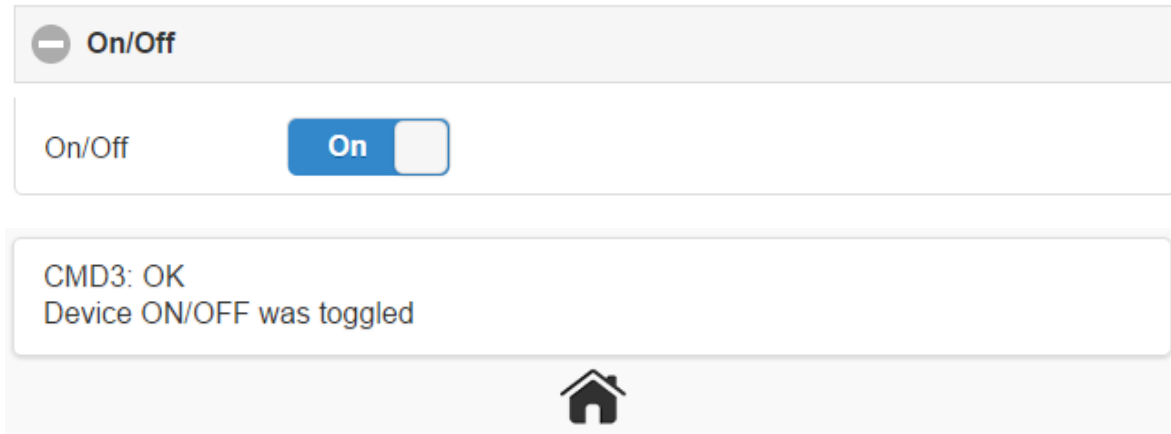


Fig. 24. Configuración del Color Dimmable Light: Dispositivo encendido.

El Cluster Binary Input opera de la misma forma que el Cluster On/Off, la diferencia radica en el tipo de señal que representa, dado que el Binary Input hace referencia a una configuración basada en señales binarias.

2.2.4 Cluster Level Control

El dispositivo tipo Color Dimmable Light también soporta un Cluster de nivel (level). Cuyo valor por defecto corresponde a 0,5. El usuario desea configurarla a un valor de 0,3 y recibe como respuesta “CMD04: OK”, lo cual indica que el código CMD04 correspondiente al comando “SET VALUE” fue ejecutado correctamente. Esta configuración se visualiza en la Figura 25.

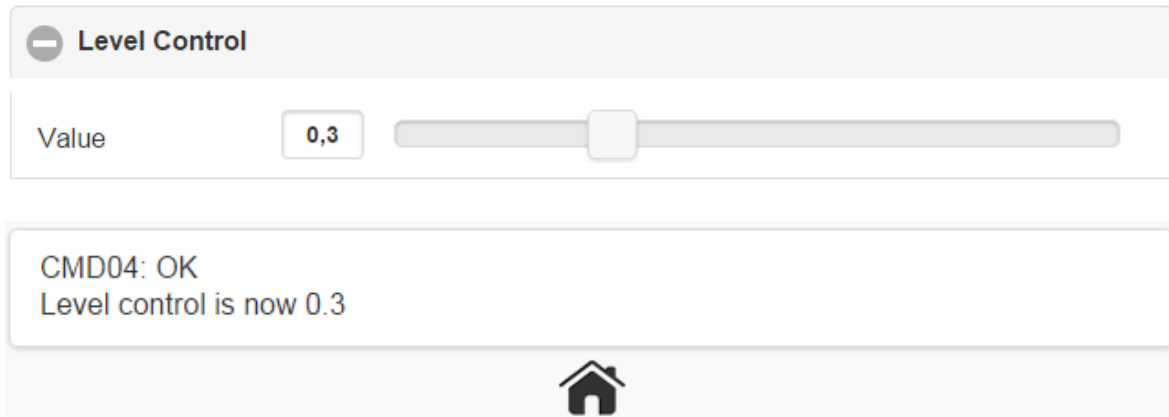


Fig. 25. Configuración del Color Dimmable Light: Configuración del Level Cluster.

2.2.5 Cluster Scene Control

Todos los dispositivos pueden ser configurados para describir la escena en la cual se encuentran ubicados. Por defecto la descripción indica que la escena no ha sido asignada. El Cluster de escena puede ser cambiado para un tipo de escena soportado por el sistema UNDomó. Si el usuario desea especificar que el dispositivo se encuentra en la entrada del ambiente doméstico obtiene la respuesta “CMD05: OK”. Dicha respuesta indica que el código “CMD05” que corresponde al comando “SET SCENE” fue ejecutado correctamente. Este proceso se visualiza en la Figura 26.

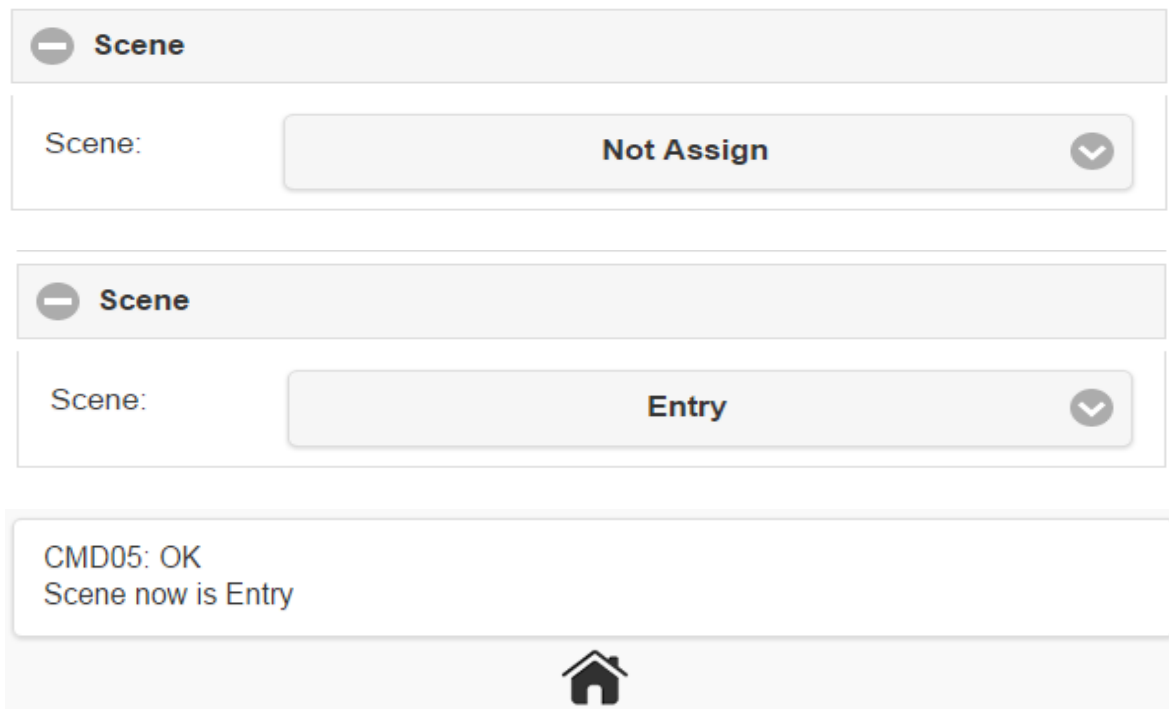


Fig. 26. Configuración del Color Dimmable Light: Configuración del Scene Cluster.

2.2.6 Cluster Door Lock

Entre los dispositivos soportados por el Sistema UNDomio se encuentra el Door Lock, este dispositivo permite bloquear y desbloquear una puerta. Inicialmente su configuración indica que se encuentra activado. El usuario procede a desbloquear la puerta por lo que recibe como respuesta “CMD07. OK” lo cual indica que el código “CMD07” correspondiente al comando “SET UNLOCK” se ejecutó correctamente. Este procedimiento se visualiza en la Figura 27.

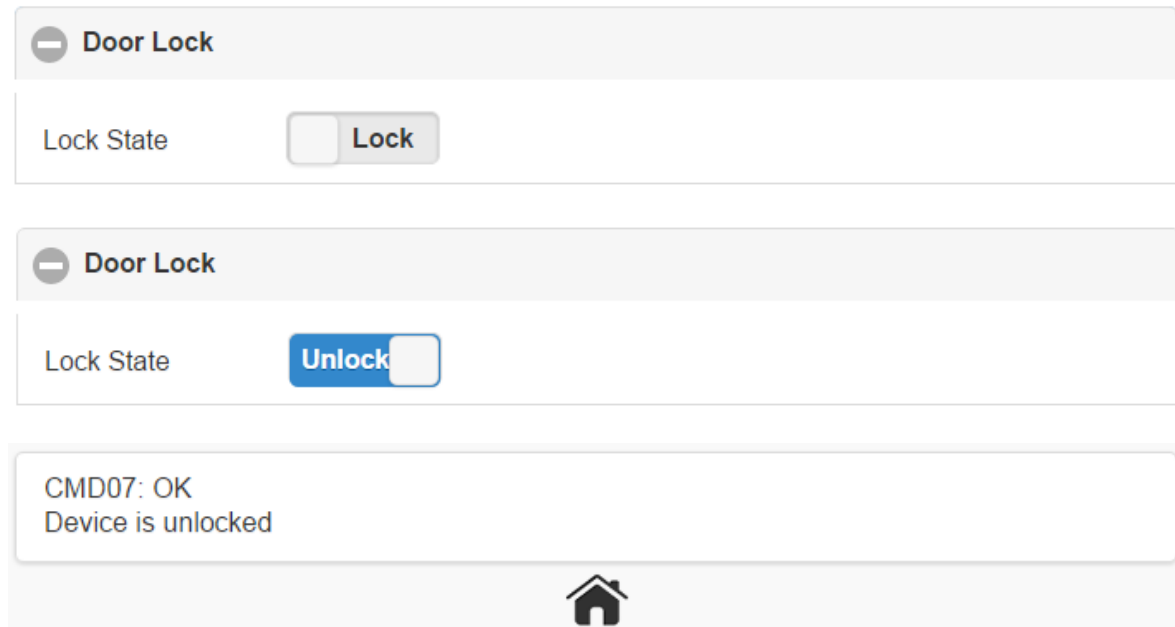


Fig. 27. Configuración del Door Lock: Configuración del Door Lock Cluster.

2.2.7 Cluster Color Control

El dispositivo de tipo Color Dimmable Light posee un Cluster de color que permite configurar la luminancia, saturación y tez del color representado por el dispositivo. Los valores iniciales por defecto de cada uno de estos atributos configurables se presentan en la Figura 28.



Fig. 28. Configuración del Color Dimmable Light: Configuración del Level Cluster.

Si el usuario desea configurar la luminancia procede a editar el valor, por lo cual recibe la respuesta “CMD08: OK” lo cual indica que el código “CMD08” correspondiente al comando “SET LUMINANCE” fue ejecutado correctamente. Esto se visualiza en la Figura 29.

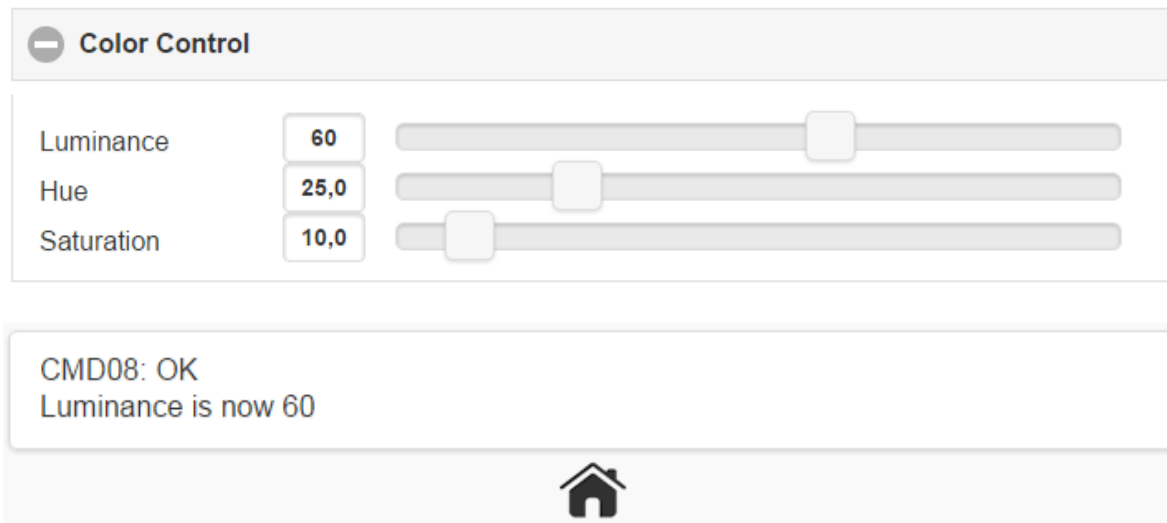


Fig. 29. Configuración del Color Dimmable Light: Configuración de la luminancia del Color Cluster.

Si el usuario desea configurar el atributo de la tez procede a editar el valor, por lo cual recibe la respuesta “CMD09: OK” lo cual indica que el código “CMD09” correspondiente al comando “SET HUE” fue ejecutado correctamente. Esto se visualiza en la Figura 30.



Fig. 30. Configuración del Color Dimmable Light: Configuración de la tez del Color Cluster.

Si el usuario desea configurar la saturación procede a editar el valor, por lo cual recibe la respuesta “CMD10: OK” lo cual indica que el código “CMD10” correspondiente al comando “SET SATURATION” fue ejecutado correctamente. Esto se visualiza en la Figura 31.

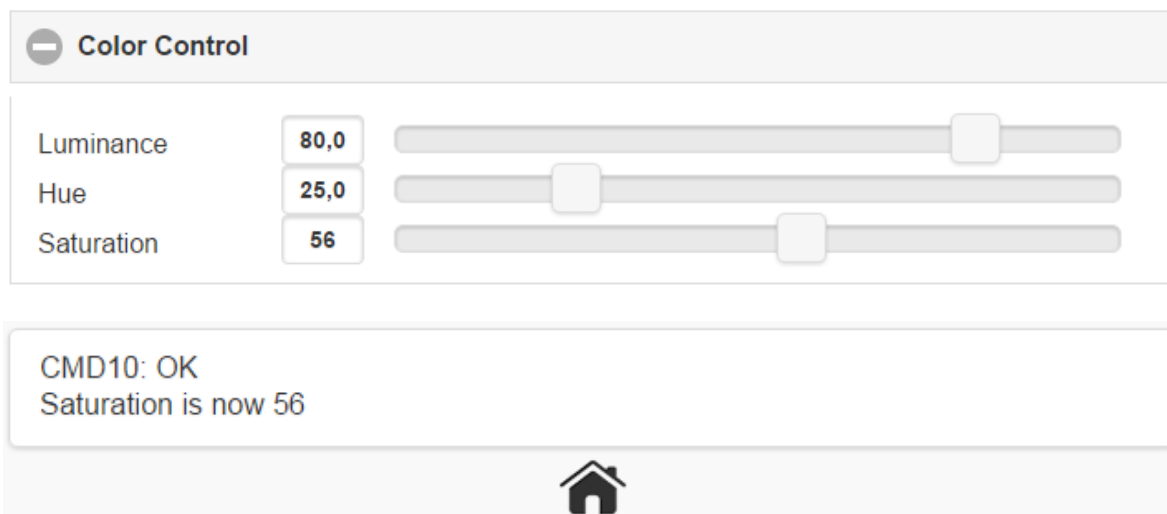


Fig. 31. Configuración del Color Dimmable Light: Configuración de la saturación del Color Cluster.