UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL
Facultad Regional Bahía Blanca

Apolo Network

Servidor TCP sobre la STM32F4 Discovery y Servidor/Cliente TCP sobre NodeJS

Final Técnicas Digitales III

Profesor:

Mg. Guillermo Friedrich

Ayudante:

Ing. Marcelo Mallimaci

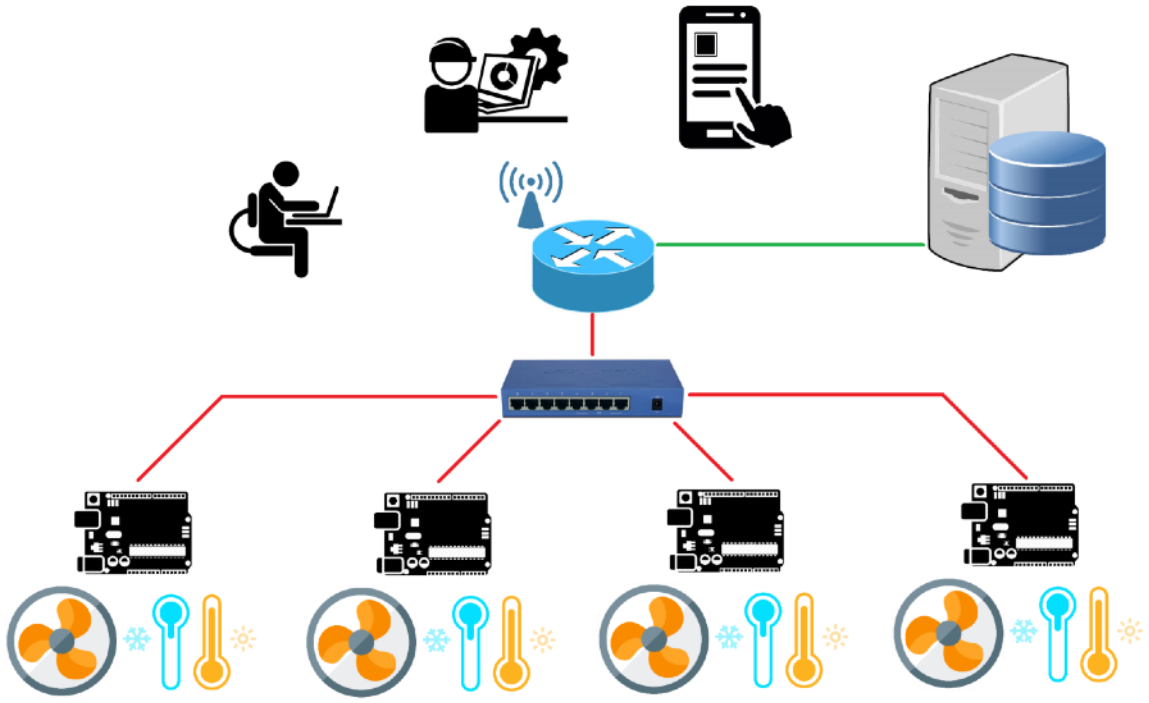
Alumnos:

Juan Cruz Guidi L.N: 16546
Mauricio Mancini L.N: 16329

Introducción:

El siguiente proyecto fue diseñado para instalaciones industriales. La idea de este es poder controlar la temperatura en un área determinada, censando el calor en diferentes puntos y accionando ventiladores para enfriar el ambiente, todo controlado por los operarios en cualquier sector de la planta. Consiste en una serie de dispositivos que tienen sensores de temperatura y pueden activar o desactivar un ventilador para poder refrigerar el área. Estos dispositivos se conectan en red y se comunican con un servidor que recibe todos los datos de los sensores y los guarda en una base de datos. Este, realiza gráficos y, dependiendo de la temperatura, le envía la orden de prender o apagar cada uno de los ventiladores. La información está disponible para los operarios y estos pueden establecer o modificar las acciones del servidor para con los dispositivos accediendo desde cualquier dispositivo conectado a la red.

Todas las comunicaciones se realizan a través de una red y dispositivos de red tales como switches y routers. Se eligió este método ya que en todas las instalaciones existen redes ya cableadas y son aptas para trabajar en este tipo de habientes industriales.



En la figura se observa cual es el esquema de la red a utilizar para el siguiente proyecto y donde se encuentra cada dispositivo. Como elemento central se encuentra un router que controla tres redes privadas de clase C, una de ellas de tipo wireless o inalámbrica.

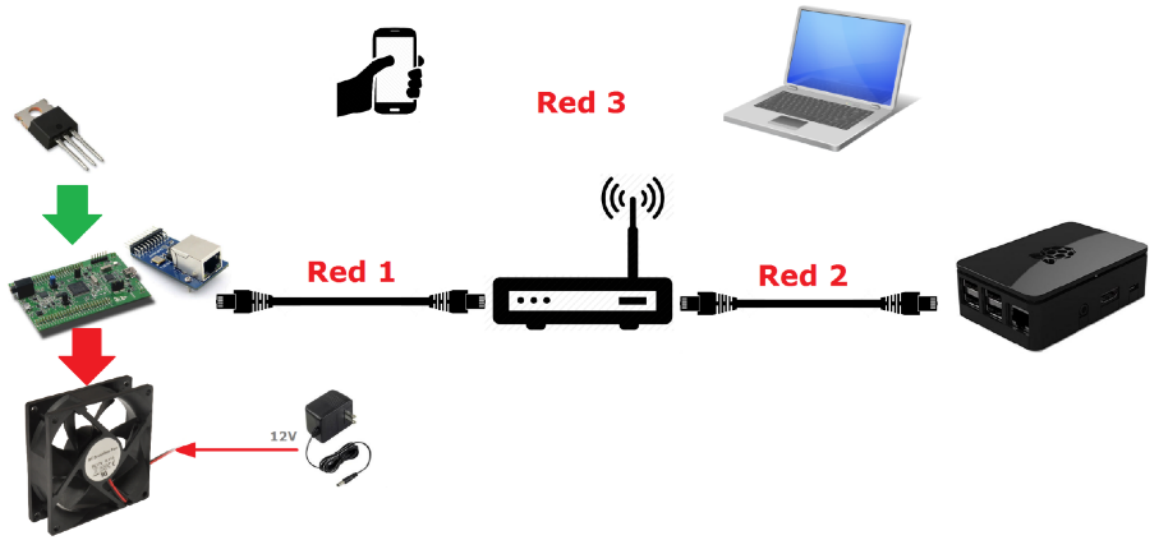
En la primera red (color rojo) se conectan todos los dispositivos de medición de temperatura que se comunican con el servidor. La cantidad de estos dependerá del tamaño del área a controlar, es por eso que se utiliza un switch con la cantidad de bocas necesarias. Los dispositivos conectados deben tener conectividad Ethernet, poder leer los datos del sensor de temperatura y activar o desactivar el ventilador de refrigeración. Todas las comunicaciones con el servidor son a través del protocolo TCP/IP.

En la segunda red (color verde) se conecta el servidor donde se guardan, analizan y muestran todos los datos provenientes de la red 1. Este recibe la temperatura de cada uno de los dispositivos de medición y los almacena. Dependiendo de la temperatura, le da la orden de prender o apagar el ventilador de refrigeración de cada sector. La otra función que tiene es mostrar los datos al operario que acceda a este y hasta permitirle modificar parámetros de configuración.

En la tercera red (inalámbrica) se conectan todos los dispositivos controlados por los operarios. Estos pueden utilizar computadoras de escritorio, notebooks, smartphones o cualquier otro dispositivo que posea conectividad WiFi y un navegador instalado. Los trabajadores podrán acceder al servidor y controlar el sistema de refrigeración en tiempo real, desde cualquier punto de la planta donde tenga cobertura la red.

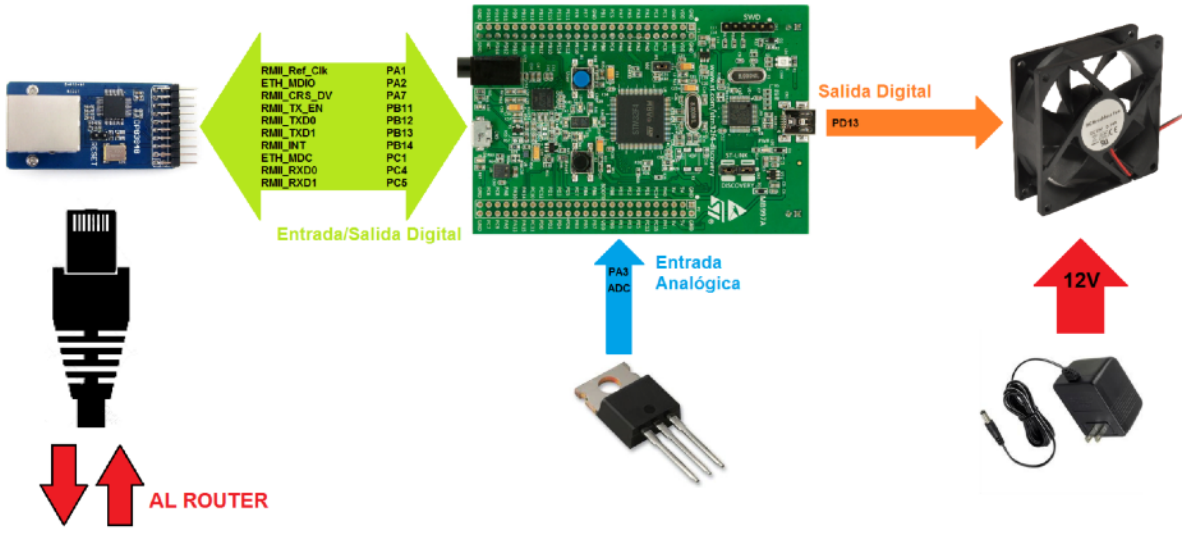
Aplicación:

Para la implementación de este proyecto, se puede dividir en tres etapas; la configuración de la red, la programación del dispositivo censor de temperatura y la programación del servidor. Para la aplicación se realizaron pequeños cambios de la red original a fines prácticos para poder demostrar su correcto funcionamiento.



En la figura se observa el esquema de red y dispositivos utilizados en este proyecto. Como dispositivo censor de temperatura se utilizó una STM Discovery, con un módulo de Ethernet DP83848, un sensor LM35DT y un cooler de 12v controlado con un transistor. Como servidor se eligió una Raspberry pi 2 con un SO Linux. El router usado es un Mikrotik RB433 con tres puertos Ethernet y conectividad wireless. Del diseño original se eliminó el uso de un switch en la red 1 ya que se utilizó un solo dispositivo y se puede conectar directamente al router.

STM Discovery:



En la figura se puede ver el conexionado de los periféricos con la placa Discovery indicando el tipo de I/O y el puerto utilizado en cada caso. Para accionar el cooler con una salida digital de 3,3V se implementó una llave con un transistor bipolar y resistencias limitadoras de corriente. La tensión de 12V CC para encender el ventilador provienen de un transformador conectado a 220V AC.

A continuación se explicará el funcionamiento del programa desarrollado para la placa STM32F4 a través de fragmentos de código.

```
int main(void)
{

/* - Inicializacion del Sistema - */
    SystemInit();
    UB_Led_Init();
    ETH_BSP_Config();               //Inicializacion de Modulo DP83848
    LwIP_Init();                    //Inicializacion de Red
    tcp_echoserver_init();          //Inicializacion de Servidor TCP
    UB_ADC1_SINGLE_Init();          //Inicializacion de ADC
/* -------------------------------*/

    UB_Led_On(LED_GREEN);           //Inicializacion CORRECTA

    while(1){

        /* check if any packet received */
        if (ETH_CheckFrameReceived()) {
            /* process received ethernet packet */
            UB_Led_Toggle(LED_BLUE);
            LwIP_Pkt_Handle();
        }
        /* handle periodic timers for LwIP */
        LwIP_Periodic_Handle(LocalTime);
  }
}
```

En la anterior figura se ve el main donde se muestra cual es el flujo del programa principal. Este consta de dos etapas, inicializar el sistema y esperar por mensajes TCP. En la primera parte se inicializa el sistema, los leds, los pines y el módulo DP83848, el LwIP, el cliente TCP y la lectura con el ADC. La versión del LwIP utilizada es la 1.3.1 donde se hace uso del stack TCP/IP.

```
//---------------------------------------------------------------
// MAC-Adresse (02:00:00:00:00:00)
//---------------------------------------------------------------
#define MAC_ADDR0   2
#define MAC_ADDR1   0
#define MAC_ADDR2   0
#define MAC_ADDR3   0
#define MAC_ADDR4   0
#define MAC_ADDR5   0

//---------------------------------------------------------------
// static IP-Address (192.168.2.10)
//---------------------------------------------------------------
#define IP_ADDR0   192
#define IP_ADDR1   168
#define IP_ADDR2   2
#define IP_ADDR3   10

//---------------------------------------------------------------
// Netmask (255.255.255.0)
//---------------------------------------------------------------
#define NETMASK_ADDR0   255
#define NETMASK_ADDR1   255
#define NETMASK_ADDR2   255
#define NETMASK_ADDR3   0

//---------------------------------------------------------------
// Gateway Address (192.168.2.1)
//---------------------------------------------------------------
#define GW_ADDR0   192
#define GW_ADDR1   168
#define GW_ADDR2   2
#define GW_ADDR3   1
```

Se utilizó esta configuración de red, con una IP fija y en el dominio 192.168.2.XXX correspondiente a la red asignada para este dispositivo. Esta dirección es utilizada cuando se conecta a la red en la función LwIP_Init.

```
void tcp_echoserver_init(void)
{
  /* create new tcp pcb */
  tcp_echoserver_pcb = tcp_new();

  if (tcp_echoserver_pcb != NULL) {
    err_t err;

    /* bind echo_pcb to port 7 (ECHO protocol) */
    err = tcp_bind(tcp_echoserver_pcb, IP_ADDR_ANY, 7);

    if (err == ERR_OK) {
      /* start tcp listening for echo_pcb */
      tcp_echoserver_pcb = tcp_listen(tcp_echoserver_pcb);

      /* initialize LwIP tcp_accept callback function */
      tcp_accept(tcp_echoserver_pcb, tcp_echoserver_accept);
    } else {
      //printf("Can not bind pcb\n");
    }
  } else {
    //printf("Can not create new pcb\n");
  }
}
```

En la anterior imagen se muestra la inicialización del cliente TCP. Primero se crea el bind y luego se configura la función “tcp_echoserver_accept” como función de callback que será llamada cuando se reciba algún paquete TCP.

```
err_t ret_err;
struct tcp_echoserver_struct *es;

LWIP_UNUSED_ARG(arg);
LWIP_UNUSED_ARG(err);

/* set priority for the newly accepted tcp connection newpcb */
tcp_setprio(newpcb, TCP_PRIO_NORMAL);

/* allocate structure es to maintain tcp connection informations */
es = (struct tcp_echoserver_struct *)mem_malloc(sizeof(struct tcp_echoserver_struct));
if (es != NULL) {
  es->state = ES_ACCEPTED;
  es->pcb = newpcb;
  es->p = NULL;

  /* pass newly allocated es structure as argument to newpcb */
  tcp_arg(newpcb, es);

  /* initialize lwip tcp_recv callback function for newpcb  */
  tcp_recv(newpcb, tcp_echoserver_recv);

  /* initialize lwip tcp_err callback function for newpcb  */
  tcp_err(newpcb, tcp_echoserver_error);

  /* initialize lwip tcp_poll callback function for newpcb */
  tcp_poll(newpcb, tcp_echoserver_poll, 1);

  ret_err = ERR_OK;
} else {
  /* return memory error */
  ret_err = ERR_MEM;
}
return ret_err;
```

En la imagen se muestra la función de callback, donde se establecen las funciones tcp_echoserver_recv, tcp_echoserver_error y tcp_echoserver_poll como funciones para recibir datos, error en la comunicación y de poll.

En la función “respuesta”, se analiza el mensaje recibido y se guarda en la variable “temperatura” la respuesta a enviar.

```
void respuesta(struct tcp_pcb *tpcb, struct tcp_echoserver_struct *es){

    /* es->p->payload => Mensaje recibido */

    if(strcmp(es->p->payload, "ON")==0){
        UB_Led_On(LED_ORANGE);              //Turn ON Flag
        strcpy(temperatura, "OK");          //Respuesta al servidor
    }
    else if(strcmp(es->p->payload, "OFF")==0){
        UB_Led_Off(LED_ORANGE);             //Turn OFF Flag
        strcpy(temperatura, "OK");          //Respuesta al servidor
    }
    else if(strcmp(es->p->payload, "TEM")==0){
        getTemperature();                   //Obtener y enviar Temperatura
    }
    else
        strcpy(temperatura, "ERROR");       //Mesaje incorrecto

    tcp_echoserver_send(tpcb, es);          //Envio de respuesta

    return;
}
```

Los mensajes esperados y respuestas son las siguientes:

Mensaje	Respuesta	Significado
ON	OK	Prender el ventilador
OFF	OK	Apagar el ventilador
TEMP	T123	Responde con la temperatura, la forma de enviarla es con el caracter “T” seguido del valor del ACD
Otro	ERROR	El mensaje no es ninguno de los anteriores y no se puede dar una respuesta

En la función “getTemperature” se lee el valor del ACD y se guarda en la variable “temperatura”.

```
void getTemperature(){

    uint16_t adc_lectura;
    char abc[6] = "T";

    adc_lectura = UB_ADC1_SINGLE_Read_MW(ADC_PA3);  //Lectura del valor del ADC

    itoa(adc_lectura, temperatura, 10);

    strcat(abc, temperatura);               //Formato de envio de informacion
    strcpy(temperatura, abc);               // "T123"

    return;
}
```

Finalmente se envía la respuesta. Se puede ver que en la función “tcp_write” se envía el contenido de la variable temperatura.

```
while ((wr_err == ERR_OK) &&
       (es->p != NULL) &&
       (es->p->len <= tcp_sndbuf(tpcb)))
{

  /* get pointer on pbuf from es structure */
  ptr = es->p;

  /* enqueue data for transmission */
  wr_err = tcp_write(tpcb, temperatura, strlen((char*)temperatura), 1);

  if (wr_err == ERR_OK) {
    u16_t plen;

    plen = strlen((char*)temperatura);

    /* continue with next pbuf in chain (if any) */
    es->p = ptr->next;

    if (es->p != NULL) {
      /* increment reference count for es->p */
      pbuf_ref(es->p);
    }

    /* free pbuf: will free pbufs up to es->p (because es->p has a reference count > 0) */
    pbuf_free(ptr);

    /* Update tcp window size to be advertized : should be called when received
    data (with the amount plen) has been processed by the application layer */
    tcp_recved(tpcb, plen);
  } else if(wr_err == ERR_MEM) {
    /* we are low on memory, try later / harder, defer to poll */
   es->p = ptr;
```

Router:

Para el ruteo de la red se utilizó un router Mikrotik RB433. Este posee tres puertos Ethernet y una antena para conexiones inalámbricas. Como primer paso se resetea la configuración a la de fábrica y se borran todas las pre-configuraciones que se realizan por defecto. Luego de esto se realizan las configuraciones de cada una de las interfaces. Luego se crean las redes indicando su dirección, la máscara y la dirección de Broadcast. El siguiente cuadro muestra cómo se realizó.

Interface	IP asignada	Red	Dir. de red	Dir. Broadcast
Puerto ETH 1	-	No se configura	-	-
Puerto ETH 2	192.168.1.1	Red1	192.168.1.0	192.168.1.255
Puerto ETH 3	192.168.2.1	Red2	192.168.2.0	192.168.2.255
WLAN	192.168.3.1	Red3	192.168.3.0	192.168.3.255

Luego se configuran los servidores DHCP para cada una de las redes. Estos asignan una IP a los dispositivos que se conecten a la red, si es que estos no tienen una IP fija. El rango de IP que asigna abarca desde la dirección 192.168.X.100 a 192.168.X.254, siendo X 1, 2 o 3, dependiendo de qué red sea. Las primeras 98 direcciones se reservan para dispositivos con IP fija o estática.

Servidor:

El servidor se realizó sobre NodeJS, un entorno en tiempo de ejecución multiplataforma, de código abierto, para la capa del servidor, basado en el lenguaje de programación ECMAScript, asíncrono, con I/O de datos en una arquitectura orientada a eventos y basado en el motor V8 de Google.

El sistema cuenta con dos servidores que funcionan de manera independiente, un servidor TCP y un servidor HTTP, se podrían haber realizado de manera conjunta, pero se hizo así para tener un mayor control de cada uno y un código más limpio.

Se utilizan las funciones propias de NodeJS como `net.createServer` para la creación del servidor TCP y para el servidor HTTP se utiliza NodeJS en conjunto con Express, un framework de aplicaciones web que facilita la creación de paginas y aplicaciones web hibridas, y AngularJS.

Para el almacenamiento de datos se deja implementado pero comentadas las funciones necesarias para trabajar con MongoDB, una base de datos noSQL.

El servidor TCP es el encargado de recibir los datos enviados por el servidor HTTP y los enviados por la STM, funciona como el puente entre ambos.

Una de las funciones principales del servidor TCP es la de preguntarle cada 1 Seg a la STM por la temperatura, y al recibir el dato transformar el valor medido por el ADC a temperatura, guardarlo y controlar si no supera el máximo cargado para encender el ventilador o si se encuentra por debajo del mínimo para apagar el mismo.

Cada vez que el servidor recibe la temperatura se envía una respuesta a la STM antes de cerrar la conexión TCP, esto sirve en caso de que el servidor corriendo sobre la STM se reinicie, haciendo que vuelva a arrancar en el estado que se encontraba antes del inconveniente.

La función encargada de conectarse con la STM y de pedir la temperatura es la siguiente:

```
function myFunction() {
    setInterval(function(){
      var cliTemp = new net.Socket();

      cliTemp.connect(7, '192.168.2.10', function() {
        console.log('Sent TEM');
        cliTemp.write('TEM');
      });

      cliTemp.on('data', function(data) {
        console.log('Received: ' + data);

        if (data[0] == 84) {

          var datos = String(data);
          var temp = parseFloat(datos.substring(1));
          temp = (temp/17.5).toFixed(2);

          tempArray.push(temp);
          if (temp > tMax) {
            cliTemp.write('ON');
            isOn = 1;
          } else if (temp < tMin) {
            if (forcedOn != 1) {
              cliTemp.write('OFF');
              isOn = 0;
            }
          } else if (isOn == 1) {
            cliTemp.write('ON');
            isOn = 1;
          }
        }

        cliTemp.destroy(); // kill client after server's response

      });
    }, 1000);
}

myFunction();
```

Cada 1 segundo se crea un cliente con la función `cliTemp.connect` y se envía “TEM” a la STM, una vez recibido el evento “data”, este se procesa y controla si la temperatura es menor o mayor a los limites establecidos.

El servidor también cuenta con una función que se encarga de controlar los datos recibidos sobre el servidor TCP con el que se comunica al servidor HTTP, a fin de procesar los datos recibidos por el mismo o enviar los datos demandados.

Para que funcione correctamente el servidor HTTP se configura la ruta en la que se encuentran los archivos HTML y JS que debe utilizar para crear la web.

```
app.use(express.static(__dirname + '/public'));
```

Utilizando `express` se crea una app web que recibe las diferentes peticiones de una web normal.

```
app.get('/', function(req, res){
     res.redirect('/index.html');
});
```

Cuando se solicita a travez del navegador la pagina de inicio, es decir, en este caso, cuando se accede al ip del servidor HTTP a través del navegador.

En el caso que el requerimiento sea del tipo POST, la función encargada de procesar este tipo de cosas es:

```
app.post('', function(req, res, next){});
```

En el código de `httpserver.js` se verá la utilización de dicha función en diferentes oportunidades.

Para la configuración del puerto del servidor se utiliza: `app.listen(8080);`

Uso-Servidor:

Para poder levantar el servidor se debe iniciar por consola, desde la computadora donde el mismo se encuentre, utilizando los comandos:

```
nodejs server.js
nodejs httpserver.js
```

y en pantalla se mostrara el inicio del servidor.

De esta manera, el servidor estará ejecutándose solo mientras tenga la sesión activa, es decir, en cuanto cierre el terminal, ya no funcionarán los servidores.

Para poder dejar encendido el servidor y poder cerrar la consola debe utilizarse el comando `screen` previo a `nodejs server.js` y a `nodejs httpserver.js .`

Los comandos introducidos quedarían en el orden:

```
screen -S ServidorTCP
[enter]
nodejs server.js
[ctrl + A][ctrl + D]
screen -S ServidorHTTP
[enter]
nodejs httpserver.js
[ctrl + A][ctrl + D]
```

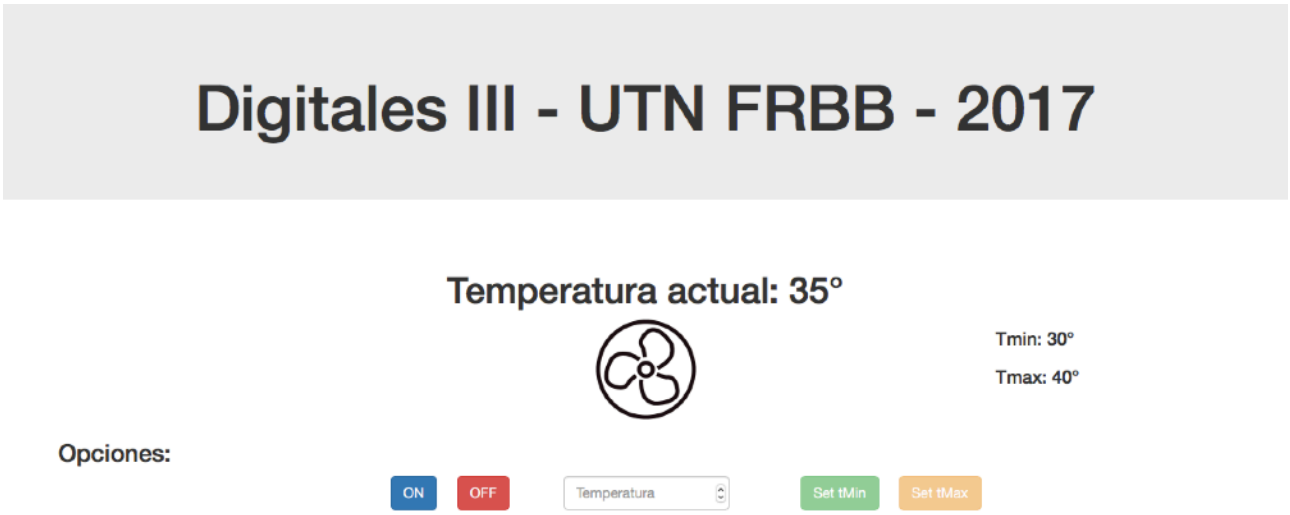
Para salir de la ventana generada por screen, debe clickear ctrl A ctrl D, a fin de dejarla en segundo plano.

Para poder retomar el control de dicha terminal debe tipearse:

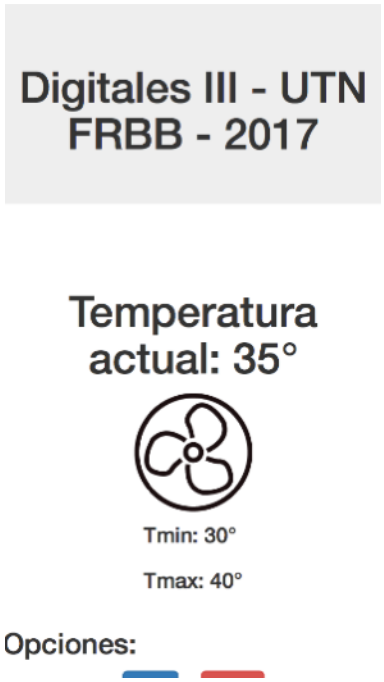
```
screen -r nameOfScreen
```

Y en caso de querer cerrarla, solo debe escribirse `exit`, y volverá a la terminal original.

Al entrar por el navegador a la dirección y puerto del servidor HTTP se verá la siguiente pantalla:



O al entrar desde un celular, como la web realizada es responsive, se verá:



El código del proyecto puede descargarse desde https://github.com/Sonry101/STM32F4Discovery-Digitales3-NodeJS-TCP