



## CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN INTERNET DE LAS COSAS

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

# Desarrollo de Aplicación Hospitalaria con MQTT

**Autor:**

**Ing. Gustavo Adrián Bastian**

Director:

Mg. Ing. Ericson Joseph Estupiñan Pineda (Surix S.R.L)

Jurados:

Nombre del jurado 1 (pertenencia)

Nombre del jurado 2 (pertenencia)

Nombre del jurado 3 (pertenencia)

*Este trabajo fue realizado en la Ciudad de Santo Tomé, Santa Fé,  
entre Octubre de 2019 y diciembre de 2022.*



La presente memoria describe el desarrollo de un sistema para ser utilizado por enfermeros y médicos en el ámbito hospitalario implementado con un protocolo de bajo consumo de recursos. El trabajo se realizó para satisfacer una necesidad de la empresa Surix SRL.

La arquitectura del sistema está compuesta por cinco elementos principales que fueron abordados durante la carrera: un broker que gestiona los mensajes, una base de datos con información de los pacientes, un programa que genera acciones basado en distintos eventos, una aplicación web que permite la gestión de la base de datos y una aplicación móvil.



## *Agradecimientos*

En primer lugar agradezco al director de este trabajo final, Mg. Ing. Ericson Estupiñan por la guía y los consejos brindados durante este tiempo.

Asi mismo, agradezco a Sergio Starkoff por proporcionar la idea originaria del trabajo y por la confianza ofrecida desde un primer momento.

No puedo olvidar agradecer a los docentes, por el incalculable valor de realizar muy buenos contenidos para las clases y por la excelente predisposición para responder mis dudas.

Agradezco tambien a mis compañeros/as por demostrar mucho interés en las asignaturas y participar activamente en las clases.

Especialmente agradezco a mi familia, que comprendieron el tiempo que debía dedicarle al estudio, brindandome apoyo moral y humano. Y a Lucila y Alejo, quienes llenaron de alegrías todos los días.



# Contents

	<b>i</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>iii</b>
<b>1 Introducción general</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de los sistemas de Internet de las cosas . . . . .	1
1.2 Motivación . . . . .	1
1.3 Estado de arte . . . . .	1
1.4 Objetivos y alcance . . . . .	2
<b>2 Introducción específica</b>	<b>3</b>
2.1 Descripción del protocolo MQTT . . . . .	3
2.2 Diagrama Del Sistema . . . . .	3
2.2.1 Uso de mayúscula inicial para los título de secciones . . . . .	3
2.2.2 Este es el título de una subsección . . . . .	3
2.2.3 Figuras . . . . .	4
2.2.4 Tablas . . . . .	5
2.2.5 Ecuaciones . . . . .	6
2.3 Sistemas de contenedores Docker . . . . .	7
2.4 Distintos tipos de bases de datos . . . . .	7
2.5 Frameworks/librerías para desarrollo web/móvil . . . . .	7
2.5.1 Librerías Node.js, Express y JWT . . . . .	7
2.5.2 Librería Eclipse Paho . . . . .	7
2.5.3 Framework Ionic/ Angular . . . . .	7
2.6 Planificación . . . . .	7
<b>3 Diseño e implementación</b>	<b>9</b>
3.1 Generación del entorno base para el desarrollo del sistema de backend . . . . .	9
3.2 Base de datos del sistema . . . . .	10
3.3 Sistema de gestión . . . . .	10
3.4 Aplicación Web(frontend) . . . . .	10
3.5 Aplicación Móvil . . . . .	10
<b>4 Ensayos y resultados</b>	<b>11</b>
4.1 Generación del sistema de pruebas . . . . .	11
4.2 Generación/instalación de la aplicación móvil . . . . .	11
4.3 Equipo simulador de llamadores . . . . .	11
4.4 Resultados de utilizar el sistema . . . . .	11
<b>5 Conclusiones</b>	<b>13</b>
5.1 Notas sobre el sistema desarrollado . . . . .	13
5.2 Trabajo futuro . . . . .	13
<b>Bibliography</b>	<b>15</b>





# List of Figures

1.1	Diagrama del Sistema requerido. . . . .	2
2.1	Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el diseño del logo. . . . .	4
2.2	Imagen tomada de la página oficial del procesador <sup>1</sup> . . . . .	5
2.3	¿Por qué de pronto aparece esta figura? . . . . .	5
2.4	Tres gráficos simples . . . . .	5



# List of Tables

2.1	caption corto . . . . .	6
-----	-------------------------	---



***Dedicado a todas las personas que participaron en mi  
formación humana.***



# Chapter 1

## Introducción general

En este capítulo se presentan nociones sobre la necesidad que satisface el trabajo y el contexto en el que se realizó.

### 1.1 Descripción de los sistemas de Internet de las cosas

En la actualidad, el avance de la Internet de las Cosas (IoT de Internet of Things) y la disminución de costos asociados a la tecnología hacen factible su incorporación a distintos campos de la vida cotidiana. Uno de esos campos es el de infraestructuras hospitalarias inteligentes[1].

Por otra parte, dentro de las múltiples opciones para realizar la comunicación entre los dispositivos IoT, el protocolo Message Queuing Telemetry Transport (en adelante MQTT) se ha probado como un protocolo confiable, altamente eficiente y ampliamente utilizado[2].

MQTT es un protocolo open source simple, liviano y orientado a dispositivos con pocos recursos y baja velocidad de transmisión. Está basado en la pila TCP/IP, se implementa en la capa de aplicación y utiliza mensajería bajo el patrón de publicación/subscripción.

### 1.2 Motivación

<http://www.ctan.org/tex-archive/info/lshort/english/lshort.pdf>

Se puede encontrar la versión en español en la lista en esta página: <http://www.ctan.org/tex-archive/info/lshort/>

Surix S.R.L fabrica un sistema IP de llamado a enfermera que está basado en el protocolo SIP. Este consiste en un servidor central y terminales que se encuentran en las habitaciones del hospital. La aplicación principal se ejecuta en una pc o bien en una tablet y monitorea el estado de las habitaciones. El resultado del trabajo es un sistema con las ventajas que provee el protocolo MQTT, como es la posibilidad de agregar accesorios rápidamente con bajo costo de software, hardware e implementación.

### 1.3 Estado de arte

Acá tiene un ejemplo de una “subsubsección” que es el cuarto nivel de ordenamiento del texto, después de capítulo, sección y subsección. Como se puede ver, las

subsubsecciones no van numeradas en el cuerpo del documento ni en el índice. El formato está definido por la plantilla y no debe ser modificado.

## 1.4 Objetivos y alcance

Los componentes resultante contienen un sistema que contenga un servidor o broker MQTT, una base de datos donde alojar información de reportes de habitaciones/enfermeras y datos relevantes al paciente (incluyendo temporizadores para suministro de ciertos medicamentos y/o control), una página web para configuración y una aplicación multiplataforma donde se realice la gestión de datos e interacción con los clientes. La aplicación será capaz de identificar la cama correspondiente (mediante lectura de símbolos QR) y de transmitir mensajes de voz en caso de ser necesario. La motivación que origina la realización del proyecto es generar las bases para poder incorporar otros dispositivos inteligentes al sistema principal a bajo costo. Por ejemplo, en un futuro se puede monitorear la temperatura de la habitación y saber si sufre un desperfecto el aire acondicionado, escuchar sonidos dentro de la sala en caso de que el paciente no pueda acceder al llamador, etc.

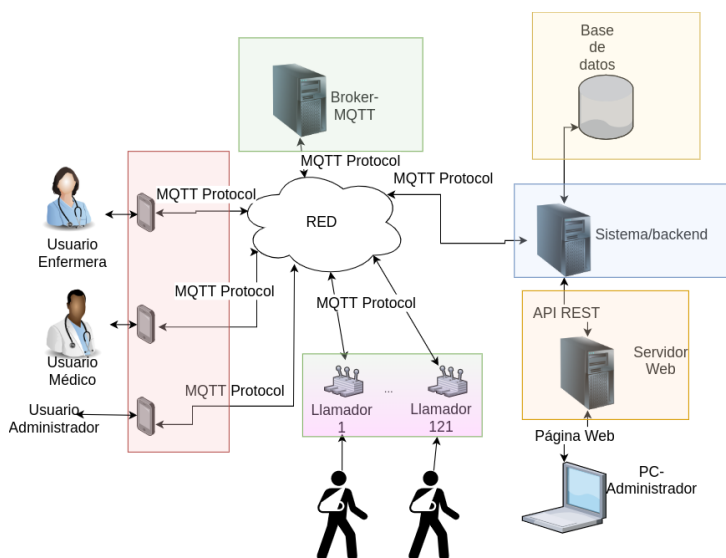


FIGURE 1.1. Diagrama del Sistema requerido.

Si estás escribiendo un documento con mucho contenido matemático, entonces es posible que desees leer el documento de la AMS (American Mathematical Society) llamado, *A Short Math Guide for L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X*. Se puede encontrar en línea en el siguiente link: <http://www.ams.org/tex/amslatex.html> en la sección *Additional Documentation* hacia la parte inferior de la página.



## Chapter 2

# Introducción específica

### 2.1 Descripción del protocolo MQTT

### 2.2 Diagrama Del Sistema

#### 2.2.1 Uso de mayúscula inicial para los título de secciones

Si en el texto se hace alusión a diferentes partes del trabajo referirse a ellas como capítulo, sección o subsección según corresponda. Por ejemplo: “En el capítulo 1 se explica tal cosa”, o “En la sección 2.2 se presenta lo que sea”, o “En la subsección 2.2.2 se discute otra cosa”.

Cuando se quiere poner una lista tabulada, se hace así:

- Este es el primer elemento de la lista.
- Este es el segundo elemento de la lista.

Notar el uso de las mayúsculas y el punto al final de cada elemento.

Si se desea poner una lista numerada el formato es este:

1. Este es el primer elemento de la lista.
2. Este es el segundo elemento de la lista.

Notar el uso de las mayúsculas y el punto al final de cada elemento.

#### 2.2.2 Este es el título de una subsección

Se recomienda no utilizar **texto en negritas** en ningún párrafo, ni tampoco texto subrayado. En cambio sí se debe utilizar *texto en itálicas* para palabras en un idioma extranjero, al menos la primera vez que aparecen en el texto. En el caso de palabras que estamos inventando se deben utilizar “comillas”, así como también para citas textuales. Por ejemplo, un *digital filter* es una especie de “selector” que permite separar ciertos componentes armónicos en particular.

La escritura debe ser impersonal. Por ejemplo, no utilizar “el diseño del firmware lo hice de acuerdo con tal principio”, sino “el firmware fue diseñado utilizando tal principio”.

El trabajo es algo que al momento de escribir la memoria se supone que ya está concluido, entonces todo lo que se refiera a hacer el trabajo se narra en tiempo pasado, porque es algo que ya ocurrió. Por ejemplo, “se diseñó el firmware empleando la técnica de test driven development”.

En cambio, la memoria es algo que está vivo cada vez que el lector la lee. Por eso transcurre siempre en tiempo presente, como por ejemplo:

“En el presente capítulo se da una visión global sobre las distintas pruebas realizadas y los resultados obtenidos. Se explica el modo en que fueron llevados a cabo los test unitarios y las pruebas del sistema”.

Se recomienda no utilizar una sección de glosario sino colocar la descripción de las abreviaturas como parte del mismo cuerpo del texto. Por ejemplo, RTOS (*Real Time Operating System*, Sistema Operativo de Tiempo Real) o en caso de considerarlo apropiado mediante notas a pie de página.

Si se desea indicar alguna página web utilizar el siguiente formato de referencias bibliográficas, dónde las referencias se detallan en la sección de bibliografía de la memoria, utilizando el formato establecido por IEEE en [3]. Por ejemplo, “el presente trabajo se basa en la plataforma EDU-CIAA-NXP [4], la cual...”.

### 2.2.3 Figuras

Al insertar figuras en la memoria se deben considerar determinadas pautas. Para empezar, usar siempre tipografía claramente legible. Luego, tener claro que **es incorrecto** escribir por ejemplo esto: “El diseño elegido es un cuadrado, como se ve en la siguiente figura:”



La forma correcta de utilizar una figura es con referencias cruzadas, por ejemplo: “Se eligió utilizar un cuadrado azul para el logo, como puede observarse en la figura 2.1”.



FIGURE 2.1. Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el diseño del logo.

El texto de las figuras debe estar siempre en español, excepto que se decida reproducir una figura original tomada de alguna referencia. En ese caso la referencia de la cual se tomó la figura debe ser indicada en el epígrafe de la figura e incluida como una nota al pie, como se ilustra en la figura 2.2.

La figura y el epígrafe deben conformar una unidad cuyo significado principal pueda ser comprendido por el lector sin necesidad de leer el cuerpo central de

---

<sup>1</sup>Imagen tomada de <https://goo.gl/images/i7C70w>

FIGURE 2.2. Imagen tomada de la página oficial del procesador<sup>1</sup>.

la memoria. Para eso es necesario que el epígrafe sea todo lo detallado que corresponda y si en la figura se utilizan abreviaturas entonces aclarar su significado en el epígrafe o en la misma figura.



FIGURE 2.3. ¿Por qué de pronto aparece esta figura?

Nunca colocar una figura en el documento antes de hacer la primera referencia a ella, como se ilustra con la figura 2.3, porque sino el lector no comprenderá por qué de pronto aparece la figura en el documento, lo que distraerá su atención.

Otra posibilidad es utilizar el entorno *subfigure* para incluir más de una figura, como se puede ver en la figura 2.4. Notar que se pueden referenciar también las figuras internas individualmente de esta manera: 2.4a, 2.4b y 2.4c.



(A) Un caption.



(B) Otro.



(C) Y otro más.

FIGURE 2.4. Tres gráficos simples

El código para generar las imágenes se encuentra disponible para su reutilización en el archivo **Chapter2.tex**.

### 2.2.4 Tablas

Para las tablas utilizar el mismo formato que para las figuras, sólo que el epígrafe se debe colocar arriba de la tabla, como se ilustra en la tabla 2.1. Observar que sólo algunas filas van con líneas visibles y notar el uso de las negritas para los encabezados. La referencia se logra utilizando el comando `\ref{<label>}` donde label debe estar definida dentro del entorno de la tabla.

```
\begin{table}[h]
\centering
\caption[caption corto]{caption largo más descriptivo}
\begin{tabular}{l c c}
```

```

\toprule
\textbf{Especie}      & \textbf{Tamaño} & \textbf{Valor}\\
\midrule
Amhiprion Ocellaris & 10 cm          & \$ 6.000 \\
Hepatus Blue Tang   & 15 cm          & \$ 7.000 \\
Zebrasoma Xanthurus & 12 cm          & \$ 6.800 \\
\bottomrule
\hline
\end{tabular}
\label{tab:peces}
\end{table}

```

TABLE 2.1. caption largo más descriptivo

Especie	Tamaño	Valor
Amhiprion Ocellaris	10 cm	\$ 6.000
Hepatus Blue Tang	15 cm	\$ 7.000
Zebrasoma Xanthurus	12 cm	\$ 6.800

En cada capítulo se debe reiniciar el número de conteo de las figuras y las tablas, por ejemplo, figura 2.1 o tabla 2.1, pero no se debe reiniciar el conteo en cada sección. Por suerte la plantilla se encarga de esto por nosotros.

### 2.2.5 Ecuaciones

Al insertar ecuaciones en la memoria dentro de un entorno *equation*, éstas se numeran en forma automática y se pueden referir al igual que como se hace con las figuras y tablas, por ejemplo ver la ecuación 2.1.

$$ds^2 = c^2 dt^2 \left( \frac{d\sigma^2}{1 - k\sigma^2} + \sigma^2 [d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2] \right) \quad (2.1)$$

Es importante tener presente que si bien las ecuaciones pueden ser referidas por su número, también es correcto utilizar los dos puntos, como por ejemplo “la expresión matemática que describe este comportamiento es la siguiente:”

$$\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + V(\mathbf{r}) \Psi = -i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} \quad (2.2)$$

Para generar la ecuación 2.1 se utilizó el siguiente código:

```

\begin{equation}
\label{eq:metric}
ds^2 = c^2 dt^2 \left( \frac{d\sigma^2}{1-k\sigma^2} + \right.
\sigma^2 \left[ d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2 \right] \left. \right)
\end{equation}

```

Y para la ecuación 2.2:

```

\begin{equation}
\label{eq:schrodinger}

```

```
\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi + V(\mathbf{r})\Psi =  
-i\hbar \frac{\partial\Psi}{\partial t}  
\end{equation}
```

## **2.3 Sistemas de contenedores Docker**

## **2.4 Distintos tipos de bases de datos**

## **2.5 Frameworks/librerías para desarrollo web/móvil**

### **2.5.1 Librerías Node.js, Express y JWT**

### **2.5.2 Librería Eclipse Paho**

### **2.5.3 Framework Ionic/Angular**



## Chapter 3

# Diseño e implementación

### 3.1 Generación del entorno base para el desarrollo del sistema de backend

La idea de esta sección es resaltar los problemas encontrados, los criterios utilizados y la justificación de las decisiones que se hayan tomado.

Se puede agregar código o pseudocódigo dentro de un entorno `lstlisting` con el siguiente código:

```
\begin{lstlisting}[caption= "un epígrafe descriptivo"]
las líneas de código irían aquí...
\end{lstlisting}
```

A modo de ejemplo:

```
1 #define MAX_SENSOR_NUMBER 3
2 #define MAX_ALARM_NUMBER 6
3 #define MAX_ACTUATOR_NUMBER 6
4
5 uint32_t sensorValue[MAX_SENSOR_NUMBER];
6 FunctionalState alarmControl[MAX_ALARM_NUMBER]; //ENABLE or DISABLE
7 state_t alarmState[MAX_ALARM_NUMBER]; //ON or OFF
8 state_t actuatorState[MAX_ACTUATOR_NUMBER]; //ON or OFF
9
10 void vControl() {
11
12     initGlobalVariables();
13
14     period = 500 ms;
15
16     while(1) {
17
18         ticks = xTaskGetTickCount();
19
20         updateSensors();
21
22         updateAlarms();
23
24         controlActuators();
25
26         vTaskDelayUntil(&ticks, period);
27     }
28 }
```

LISTING 3.1. Pseudocódigo del lazo principal de control.

**3.2 Base de datos del sistema****3.3 Sistema de gestión****3.4 Aplicación Web(frontend)****3.5 Aplicación Móvil**



## **Chapter 4**

# **Ensayos y resultados**

### **4.1 Generación del sistema de pruebas**

La idea de esta sección es explicar cómo se hicieron los ensayos, qué resultados se obtuvieron y analizarlos.

### **4.2 Generación/instalación de la aplicación móvil**

### **4.3 Equipo simulador de llamadores**

### **4.4 Resultados de utilizar el sistema**



## Chapter 5

# Conclusiones

### 5.1 Notas sobre el sistema desarrollado

La idea de esta sección es resaltar cuáles son los principales aportes del trabajo realizado y cómo se podría continuar. Debe ser especialmente breve y concisa. Es buena idea usar un listado para enumerar los logros obtenidos.

Algunas preguntas que pueden servir para completar este capítulo:

- ¿Cuál es el grado de cumplimiento de los requerimientos?
- ¿Cuán fielmente se pudo seguir la planificación original (cronograma incluido)?
- ¿Se manifestó algunos de los riesgos identificados en la planificación? ¿Fue efectivo el plan de mitigación? ¿Se debió aplicar alguna otra acción no contemplada previamente?
- Si se debieron hacer modificaciones a lo planificado ¿Cuáles fueron las causas y los efectos?
- ¿Qué técnicas resultaron útiles para el desarrollo del proyecto y cuáles no tanto?

### 5.2 Trabajo futuro

Acá se indica cómo se podría continuar el trabajo más adelante.



# Bibliography

- [1] Sankeerthana Neelam. ?Internet of Things in Healthcare? In: (2017).
- [2] Vasil Sarafov. ?Comparison of IoT Data Protocol Overhead? In: (2018).
- [3] IEEE. *IEEE Citation Reference*. 1st ed. IEEE Publications, 2016. URL: <http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf> (visited on 09/26/2016).
- [4] Proyecto CIAA. *Computadora Industrial Abierta Argentina*. Visitado el 2016-06-25. 2014. URL: <http://proyecto-ciaa.com.ar/devwiki/doku.php?id=start>.