

Conference Paper

# Designing and Building a Wireless Network Prototype for the Management and Invoicing System of Real-Time Commands, Implemented to Smart Restaurants

## Diseño y Construcción de un Prototipo de Red Inalámbrica para la Gestión y Facturación de Comandas en Tiempo Real, Aplicado en Restaurantes Inteligentes

L. Guilcapi, R. Orozco, J. Guerra, and D. Moreno

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador

VII International Congress of  
Science, Technology,  
Entrepreneurship and  
Innovation (SECTEI 2020)

Corresponding Author:

L. Guilcapi

pdmoreno@epoch.edu.ec

Published: 26 August 2021

Production and Hosting by  
Knowledge E

© L. Guilcapi et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use and redistribution provided that the original author and source are credited.

### Abstract

This paper proposes a design and construction of a wireless network prototype for the management and invoicing system of real-time commands, which is implemented to smart bar-restaurants. It is mainly made up of three modules that are interlinked through Wi-fi wireless technology. The administration module provides all the information required for commands management and invoices to the user through the management module that uses touch-based devices, this generated information is sent directly to the preparation module. The communication of each module is performed with SQL searches on the database server developed on phpAdmin. An application was developed for each module in the Android Studio and NetBeans programming environments. The applied methodology is based on surveys that determine the prototype needs and requirements. For prototype validation, a series of tests were conducted on the integral operation and wireless communication range of the latter, establishing the maximum operating distance at 33.75 meters, so that the operation did not present malfunctions due to the Location dimensions are within range. Menu query times were verified obtaining that the system optimizes in 86.00% the time used in the traditional way. Significantly reduces command management time by 62.90%. There was no saturation in the network since the traffic generated only represented 2.76% of the router's capacity. It is recommended to hire a remote service to store the data.

**Keywords:** *wireless communication, data transmission, bandwidth, command, invoicing, wifi, system, modules.*

### Resumen

El presente artículo propone un diseño y construcción de un prototipo de red inalámbrica para la gestión y facturación de comandas en tiempo real, aplicado a la implementación de bares-restaurantes inteligentes. Está constituido por tres módulos que se comunican mediante tecnología Wi-fi. El módulo de administración proporciona la información necesaria para manejo de base de datos y facturas de usuario, el mismo que mediante el módulo de gestión utiliza dispositivos táctiles para generar pedidos, esta información es enviada directamente al módulo de preparación. La comunicación entre módulos se establece mediante consultas SQL para acceder a la base de datos creada en phpMyAdmin. Para cada módulo se desarrolló

 OPEN ACCESS



una aplicación en los entornos de programación Android Studio y NetBeans. La metodología aplicada en base a encuestas facilitó la determinación de necesidades y requerimientos del prototipo. Para la validación del sistema se realizaron pruebas sobre el funcionamiento íntegro y alcance de comunicación inalámbrica de este, estableciendo la distancia máxima de funcionamiento a los 33,75 metros, cumpliendo con las dimensiones del local en el que se implementó. Se verificaron tiempos de consulta de menú obteniendo que el sistema optimiza hasta un 86,00% los tiempos utilizados en la forma tradicional. Reduce notablemente el tiempo de toma de pedido en un 62,90%. No se presentó saturación de red ya que el tráfico generado representa el 2,76% de la capacidad del enrutador.

**Palabras Clave:** *comunicación inalámbrica, transmisión de datos, ancho de banda, comanda, facturación, wifi, sistema, módulos.*

---

## 1. Introducción

El avance de la tecnología permite dar soluciones a diversas situaciones o actividades presentes en la vida cotidiana facilitándolas y optimizando recursos. La tecnología se ve más inmersa en nuestra sociedad, insertándose incluso en las organizaciones de restaurantes, bares, cafeterías entre otras con el objetivo de facilitar y mejorar los servicios [1]. Un sistema inteligente es el cúmulo de aplicaciones y herramientas que en conjunto llevan a cabo la recopilación y el procesamiento de la información con el fin de crear medios inteligentes para diversos usos [2].

La toma de pedidos conocidas como comandas son documentos en los cuales se detallan la orden del cliente e identifica la mesa a la cual se debe entregar el producto, facilitando el control de la salida de los productos hasta los consumidores [3]. Por lo general en los establecimientos la toma de pedidos se lo realiza de manera manual, el camarero se acerca hasta la mesa del cliente para tomar su orden, lo que en varias ocasiones implica algunos inconvenientes en cuanto a la atención recibida, prolongados tiempos de espera, desinformación, entre otros [4–6].

Alrededor del mundo, en ciudades como Hong Kong, Madrid y Barcelona se han desarrollado sistemas inteligentes, que permiten al cliente tratar directamente con el personal encargado de la preparación de pedidos y agilizar el proceso de gestión de comandas con la creación de mesas inteligentes [7] y sistemas integrales de gestión de pedidos [8, 9].

En la Universidad ORT de Uruguay se desarrolló como tema de titulación un sistema de gestión de comandas para restaurantes mediante dispositivos móviles que permiten la utilización de una aplicación disponible para Android que facilita el control de los



pedidos [10]. En el país se han utilizado dispositivos tecnológicos que permiten la organización del proceso de entrega de productos y se los puede encontrar implementados en patios de comidas por medio de turneros o localizadores que informan al cliente que su orden esta lista [11], este mecanismo mencionado no proporciona mayor ayuda en lo referente a la gestión de comandas como tal.

Después de un levantamiento de datos mediante encuestas realizadas hacia los propietarios y clientes de establecimientos como bares y restaurantes de la localidad, se identificó las necesidades presentes en la actualidad con respecto a la administración y gestión de comandas [12].

Se concluyó que en la ciudad de Riobamba se desconoce la existencia de estudios o proyectos similares al tema de investigación y que el mecanismo existente de gestión y facturación de comandas no es el más adecuado. Por ello se determinó la necesidad de diseñar un prototipo de red inalámbrica para la gestión y facturación de comandas que mediante módulos permita la comunicación directa entre el consumidor y el personal encargado de la preparación del producto.

## 2. Metodología

Para la realización del presente trabajo se definió la situación actual de la gestión de comandas a través de la aplicación de encuestas a propietarios y clientes de diversos locales de alimentos y bebidas existentes. Según información otorgada por la directora de Turismo del GAD Municipal de Riobamba correspondiente al Catastro realizado en mayo del 2018, en la ciudad de Riobamba existen 45 bares y 203 restaurantes los cuales se distribuyen en cuatro categorías [13]. Estas categorías difieren de acuerdo con varias características de los establecimientos como: Infraestructura, variedad en productos ofertados, calidad de servicio y la capacidad económica.

Para determinar la situación actual en la ciudad se consideró los bares y restaurantes establecidos en las dos primeras categorías, con un total de 26 establecimientos. Se aplicaron dos encuestas a los propietarios de los locales y a clientes que frecuentan este tipo de establecimientos, con el objetivo de obtener información acerca del mecanismo actual de gestión y facturación de comandas empleado.

Se definieron los requerimientos que debe cumplir el sistema propuesto (SGFC) al igual que las funcionalidades de cada uno de los módulos y sus respectivos diagramas de flujo. Se seleccionan las herramientas tanto hardware y software necesarias para el sistema. Se detalla el desarrollo de las aplicaciones de cada módulo y la configuración de red que permite la implementación del sistema.

Los requerimientos necesarios para el diseño del prototipo de red inalámbrica para la gestión y facturación de comandas en tiempo real, aplicado en la implementación de bares-restaurantes inteligentes se presentan a continuación.



1. Visualización de menú virtual del establecimiento.
2. Generación y envío de comandas en tiempo real, definidas por el usuario.
3. Administración y actualización de los productos del establecimiento.
4. Proporcionar información detallada acerca de la composición, precios y promociones de los productos del establecimiento de una manera didáctica para la comprensión del usuario.
5. Generación de informes diariamente de consumo y ventas del establecimiento.
6. Generación e impresión de factura de la comanda emitida.
7. Visualización de la información de las comandas generadas.
8. Emitir mensajes de aviso para indicar el estado de la comanda.
9. Comunicar los módulos inalámbricamente en tiempo real.
10. El sistema debe ser fácil de instalar, escalable y de bajo costo.

La red está constituida por 3 módulos (administración, gestión y preparación). La topología utilizada fue la de estrella con un modo de operación en infraestructura que presenta una administración centralizada de la red al tener un punto de acceso que permite la comunicación entre los dispositivos de los módulos del sistema dentro del área de cobertura [14, 15].

La tecnología inalámbrica de área local seleccionada fue Wi-fi en la banda libre de 2.4 GHz debido a que el establecimiento en donde se implementó el sistema SGFC ya contaba con un módem con tecnología inalámbrica, por lo cual se aprovechó este recurso debido a la facilidad de configuración, incluyendo propiedades como el máximo número de nodos y su tasa de transferencia de datos de 150 Mbps [16].

La base de datos fue creada mediante el software phpMyAdmin versión 2.1.0 con el motor de almacenamiento InnoDB que permite base de datos relacionales principalmente y posee alto rendimiento para la gestión de consultas múltiples simultáneamente [17].

Para el módulo de administración se desarrolló una aplicación de escritorio creada mediante el lenguaje de programación orientado a objetos Java en el entorno de desarrollo integrado gratuito NetBeans IDE 8.2 [18].

Entre sus principales funcionalidades se encuentra la opción de crear, actualizar y eliminar productos del establecimiento. Visualizar e imprimir las comandas y facturas pendientes o atendidas. Visualización de los informes generados, el control de ventas diarias y además ingresar información correspondiente del local.

Las aplicaciones de los módulos de gestión y preparación fueron desarrolladas en el entorno de desarrollo Android Studio 3.4. En el módulo de gestión la aplicación



trabaja mediante ‘activities’ que se abren al accionar un botón asignado a cada tipo de productos, la ventana principal está distribuida de tal manera que el cliente pueda navegar a través de la aplicación, seleccionar productos e ir visualizando su consumo personal en el registro de su comanda.

La aplicación que compete al módulo de preparación de pedidos permite visualizar los productos de cada comanda generado en orden de llegada.

En la etapa de selección de dispositivos se utilizó App Tune-up Kit, una herramienta que permite perfilar cualquier aplicación de Android en un tiempo determinado y evaluar su rendimiento en cinco áreas (CPU, GPU, energía, datos térmicos y de red). En la Tabla 1 se observa los parámetros de rendimiento evaluados en 10 min de utilización de la aplicación del módulo de gestión [19].

**Table 1**

*Parámetros de rendimiento de la aplicación de gestión.*

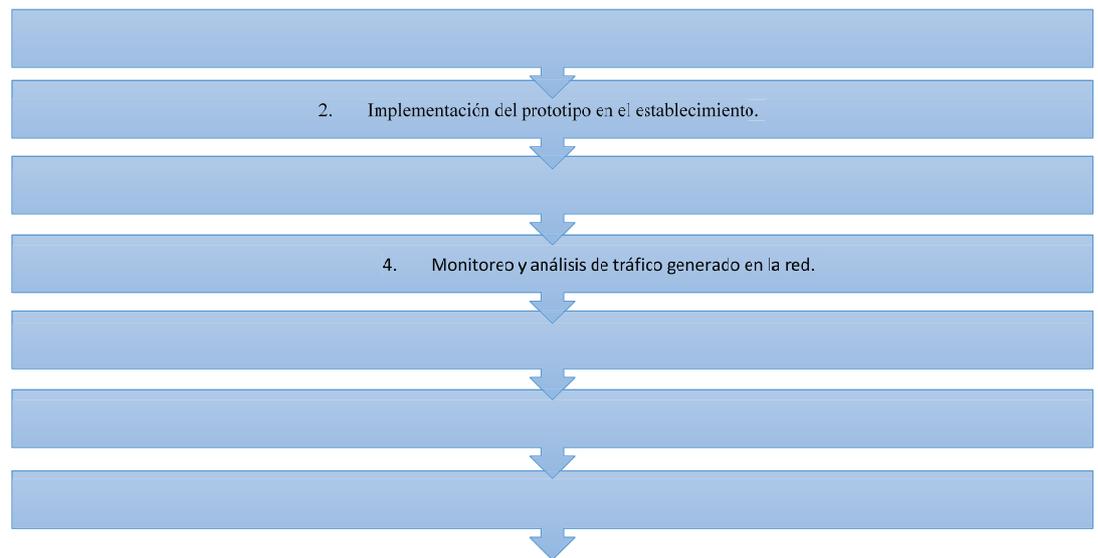
<b>Tamaño</b>	20,99 MB
<b>Utilización del CPU</b>	12,5%
<b>Consumo de energía</b>	1,179 mW
<b>Pico de consumo de energía</b>	2,575 mW
<b>Consumo de datos</b>	76,4 KB
<b>Datos enviados</b>	8,9 KB
<b>Datos recibidos</b>	67,5 KB

En base a los resultados mostrados anteriormente se determinó que no se necesita un dispositivo móvil de gran capacidad o avanzado para la ejecución de la aplicación. Por esta razón se seleccionaron los siguientes dispositivos:

1. Tablet Lenovo Tab 2 A7-30
2. Router TP-LINK TL-WR741ND
3. Node MCU EPS8266

### 3. Resultados y Discusión

Para evaluar si el prototipo de red desarrollado cumple con los requerimientos establecidos se llevaron a cabo una serie de pruebas, las mismas que se presentan en la Figura 1.



**Figure 1**

*Pruebas realizadas para la evaluación del prototipo de red.*

### 3.1. Prueba de laboratorio para comprobar la integridad de datos y el almacenamiento de información

La prueba de laboratorio de integridad y almacenamiento de información se llevó a cabo con la finalidad de comprobar la correcta transmisión de datos entre los módulos sin que se corrompa la información. Se registró en la base de datos 10 productos, después se generaron comandos con los productos insertados, se envió la información entre los 3 módulos existentes y mediante observación se comprobó que el envío y recepción de datos es 100% confiable.

### 3.2. Implementación del prototipo en el establecimiento

Una vez comprobado que existe la integridad de datos se procedió a implementar el prototipo de red y verificar que no existen problemas de conexión en el establecimiento, además de explicar el funcionamiento del sistema SGFC al personal obteniendo como resultado la comunicación entre los 3 módulos y la fácil comprensión por parte del personal sobre el funcionamiento del sistema SGFC. La implementación se llevo cabo en el local 'La Chimenea Resto-Bar' ubicado en la ciudad de Riobamba, cuya infraestructura consta de 9 mesas, una cocina y el sitio de atención al cliente, cubriendo un área de alrededor de 156,6 m<sup>2</sup>.



### 3.3. Prueba de alcance de comunicación inalámbrica

La prueba de alcance de comunicación inalámbrica se realizó para determinar la distancia máxima a la que se establece la conexión entre el módulo de gestión y el punto de acceso, para ello se efectuaron mediciones de intensidad de señal Wi-fi que llega al dispositivo al variar la distancia en un rango 5 a 35 metros obteniendo como resultado que existe una conexión calificada como 'Muy buena' hasta los 15 metros con -66dBm y los valores obtenidos se muestran en la Tabla 2.

**Table 2**

*Mediciones de intensidad de señal wifi.*

Distancia (m)	Intensidad de la señal (dBm)	Calificación
5	-44	Excelente
10	-57	Muy buena
15	-66	Muy buena
17,5	-69	Aceptable
20	-73	Mala
25	-77	Mala
30	-78	Mala
32,5	-84	Peor
33,75	—	Pérdida de conexión
35	—	No hay conexión

### 3.4. Monitoreo y análisis de tráfico generado en la red

Las pruebas de análisis y monitoreo de tráfico se realizaron para obtener una visión general de la cantidad de tráfico en Bytes que fluyen a través de la red y analizar los tiempos de respuesta en segundos en cada una de las etapas de envío de información. Se consideraron tres etapas principales, autenticación, tiempo de consulta del cliente y envío de comandos.

Se utilizaron tablets y teléfonos inteligentes con sistema operativo Android para su ejecución. La aplicación se instaló en los nueve dispositivos, se realizó ocho mediciones en cada uno y los escenarios planteados consistieron en la comprobación del funcionamiento con los dispositivos emitiendo tráfico simultáneamente.

Se utilizó el software WireShark para medir el tráfico generado. Se aplicaron pruebas estadísticas a los valores obtenidos para las cuales se empleó la herramienta estadística IBMS SPSS versión 25 que facilita el análisis de los datos, las pruebas estadísticas que se llevaron a cabo fueron de normalidad, Anova de un factor y T (Sudent) de dos muestras emparejadas.

### 3.4.1. Etapa de autenticación

La Tabla 3 muestra los valores obtenidos de tráfico en (Bytes) y tiempo (segundos) en la etapa de autenticación donde D1 representa al dispositivo ubicado en la mesa 1 del establecimiento, D2 al dispositivo ubicado en la mesa 2 y así sucesivamente hasta llegar al dispositivo D9 ubicado en la mesa 9.

A los resultados obtenidos se les aplicó el test de normalidad de Shapiro Wilk y se obtuvo un nivel de significancia mayor al 5%, por lo tanto, se determinó que los datos medidos provienen de una distribución normal.

Cumpliendo con la condición de normalidad se ejecutaron dos pruebas, Anova de un factor y de Post hoc (Tukey) en donde se considera una hipótesis nula que supone que las medias de tiempos de autenticación en los dispositivos son iguales y una alternativa que indica que existe al menos una pareja de medias diferentes. La prueba de Tukey permitió identificar los dispositivos que realmente son distintos comparando los valores entre ellos.

**Table 3**

*Tiempo y tamaño de paquetes en la etapa de autenticación.*

Dispositivos		D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9
Med-1	(s)	0,82	0,026	0,681	0,226	0,017	0,046	0,625	0,031	0,015
	(Byte s)	971	958	958	958	971	963	958	958	971
Med-2	(s)	0,57	0,027	0,817	0,53	0,128	0,894	0,742	0,028	0,226
	(Byte s)	971	958	958	958	971	971	958	958	971
Med-3	(s)	0,546	0,015	0,621	0,437	0,813	0,051	0,793	0,02	0,542
	(Byte s)	971	958	958	958	971	971	958	958	971
Med-4	(s)	0,062	0,016	0,223	0,802	0,622	0,072	0,511	0,019	0,151
	(Byte s)	971	958	958	958	971	971	958	958	971
Med-5	(s)	0,312	0,018	0,015	0,031	0,932	0,778	0,818	0,017	0,611
	(Byte s)	971	958	958	958	971	971	958	958	971
Med-6	(s)	0,249	0,027	0,727	0,019	0,038	1,302	0,320	0,030	1,062
	(Byte s)	971	958	958	958	971	970	958	958	971
Med-7	(s)	0,04	0,029	0,276	0,268	0,49	0,038	0,117	0,014	0,552
	(Byte s)	971	958	958	958	971	971	958	958	971
Med-8	(s)	0,0474	0,018	0,036	0,037	0,122	2,034	0,116	0,017	0,251
	(Byte s)	971	958	958	958	971	971	958	958	971

En la Tabla 4 se observa los resultados de la prueba Anova, el valor de interés para tomar una decisión es 1,2% que corresponde a la probabilidad de la prueba y es menor al nivel de significancia del 5%, por lo que se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alternativa, corroborando esta decisión con los resultados de la Tabla 5 que indica los subconjuntos homogéneos en donde los tiempos de autenticación



independientemente del dispositivo utilizado son similares a excepción del dispositivo seis ya que presenta una probabilidad alta del 55,5%.

**Table 4**

*Anova de un factor en la etapa de autenticación.*

ANOVA					
Tiempo de autenticación					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	2,772	8	0,346	2,712	<b>0,012</b>
<b>Dentro de grupos</b>	8,047	63	0,128		
<b>Total</b>	10,819	71			

**Table 5**

*Subconjuntos homogéneos de la prueba Post Hoc (Tukey).*

Tiempo de autenticación			
HSD Tukeya Dispositivos	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
D_2	8	0,02200	
D_8	8	0,02200	
D_4	8	0,29600	0,29600
D_1	8	0,33080	0,33080
D_5	8	0,39525	0,39525
D_3	8	0,42450	0,42450
D_9	8	0,42625	0,42625
D_7	8	0,50525	0,50525
D_6	8		0,65188
<b>Sig.</b>		<b>0,167</b>	<b>0,555</b>

### 3.4.2. Etapa de envío Primer evento

En el primer evento se generaron comandas en cada mesa con cinco productos para evaluar el comportamiento de la red y verificar si existe saturación.

La información se envió simultáneamente al servidor, a través de Wireshark se capturó el tráfico y se obtuvieron los siguientes resultados que se observan en la Tabla 6.

Se aplicó el test de normalidad de Shapiro Wilk y se obtuvo un nivel de significancia mayor al 5%, por lo tanto, se determinó que los datos medidos provienen de una distribución normal.

**Table 6**

Mediciones obtenidas en la etapa de envío con 5 productos.

Dispositivos	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9
<b>Med-1 (s)</b>	0,453	1,983	1,519	0,654	0,637	0,892	0,369	0,689	0,444
<b>(bytes)</b>	5307	5104	4985	5034	5658	5316	4922	4979	4919
<b>Med-2 (s)</b>	0,431	0,862	1,468	0,785	1,352	1,755	0,479	0,893	0,557
<b>(bytes)</b>	4998	4984	4989	4925	5251	5464	4981	4981	5049
<b>Med-3 (s)</b>	0,419	2,227	0,763	0,318	0,462	2,423	0,372	1,484	0,263
<b>(bytes)</b>	5266	5497	4997	5046	5250	6417	4914	4905	5702
<b>Med-4 (s)</b>	0,312	0,826	0,576	0,767	1,436	0,836	0,791	0,728	0,339
<b>(bytes)</b>	5131	5174	4903	5059	5262	5048	4912	4976	4983
<b>Med-5 (s)</b>	0,423	0,481	0,891	0,467	0,991	1,086	1,196	1,173	0,841
<b>(bytes)</b>	4980	5044	5000	5084	4987	5516	4989	5113	5183
<b>Med-6 (s)</b>	0,707	0,368	1,899	0,646	0,36	0,987	0,997	0,402	0,653
<b>(bytes)</b>	5657	4980	4981	4999	4931	4980	5785	5050	5443
<b>Med-7 (s)</b>	0,596	1,658	0,693	0,942	0,349	1,476	0,726	0,603	0,397
<b>(bytes)</b>	5266	4982	4924	4943	5308	5095	5122	4904	5186
<b>Med-8 (s)</b>	0,667	0,301	0,67	0,314	2,137	0,477	0,863	1,596	0,325
<b>(bytes)</b>	5466	4980	4998	5067	4991	5242	4941	4980	5600

Cumpliendo con la condición de normalidad se ejecutaron dos pruebas, Anova de un factor y de Post hoc (Tukey) en donde se considera una hipótesis nula que supone que las medias de tiempos de envío en los dispositivos son iguales y una alternativa que indica que existe al menos una pareja de medias diferentes.

En la Tabla 7 se observa los resultados de la prueba Anova, el valor de la probabilidad de interés para tomar una decisión es 1,1% que por ser menor al nivel de significancia del 5% se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alternativa, corroborando esta decisión con los resultados de la Tabla 8 que indica los subconjuntos homogéneos en donde los tiempos de envío independientemente del dispositivo utilizado son similares a excepción del dispositivo seis ya que presenta una probabilidad alta del 21%.

**Table 7**

Resultados de prueba la prueba anova de un factor en el primer evento.

ANOVA					
Tiempo de envío de comandas					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	4,879	8	0,610	2,748	<b>0,011</b>
<b>Dentro de grupos</b>	13,981	63	0,222		
<b>Total</b>	18,860	71			

**Table 8**

*Subconjuntos homogéneos de la prueba Post Hoc (Tukey).*

<b>Tiempo de envío de comandas</b>			
<b>HSD Tukey<sup>a</sup></b>			
<b>Dispositivo s</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto para alfa = 0,05</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>
<b>D_9</b>	8	0,47738	
<b>D_1</b>	8	0,50100	0,50100
<b>D_4</b>	8	0,61163	0,61163
<b>D_7</b>	8	0,72412	0,72412
<b>D_8</b>	8	0,94600	0,94600
<b>D_5</b>	8	0,96550	0,96550
<b>D_3</b>	8	1,05988	1,05988
<b>D_2</b>	8	1,08825	1,08825
<b>D_6</b>	8		1,24150
<b>Sig.</b>		<b>0,210</b>	<b>0,060</b>

### 3.4.3. Segundo evento

El segundo evento se realizó con el objetivo de simular una fase intermedia de saturación de tráfico en la red. El número de productos enviados en cada pedido fueron de 25 que corresponde a la mitad del menú total que se oferta.

Al igual que en la prueba anterior la información se envió de manera simultánea y se capturó el tráfico mediante WireShark. Los valores de las mediciones se los puede observar en la Tabla 9.

Se aplicó el test de normalidad de Shapiro Wilk y se obtuvo un nivel de significancia mayor al 5%, por lo tanto, se determinó que los datos medidos provienen de una distribución normal. Cumpliendo con la condición de normalidad se ejecutaron dos pruebas, Anova de un factor y de Post hoc (Tukey) en donde se considera una hipótesis nula que supone que las medias de tiempos de envío en los dispositivos son iguales y una alternativa que indica que existe al menos una pareja de medias diferentes.

En la Tabla 10 se observa los resultados de la prueba Anova, el valor de interés para tomar una decisión fue de 0,00% que por ser menor al nivel de significancia se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alternativa, reafirmando esta decisión con los resultados de la Tabla 11 que indica los subconjuntos homogéneos en los cuales los tiempos de envío independientemente del dispositivo utilizado son similares entre ellos a excepción del dispositivo seis ya que presenta una probabilidad máxima de 100%.

**Table 9**

Mediciones obtenidas en la etapa de envío con 25 productos.

Dispos	itivos D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9
<b>Med- 1</b>	(s) 2,272	2,378	2,169	2,657	3,943	5,197	2,133	2,188	2,821
	(bytes) 25126	25004	25112	24965	25063	25555	26250	25012	24715
<b>Med- 2</b>	(s) 2,445	1,535	1,582	2,021	2,497	3,035	3,484	1,196	2,162
	(bytes) 24966	24983	24907	25847	24887	25497	25006	24992	24733
<b>Med- 3</b>	(s) 1,623	1,788	1,517	1,423	2,841	4,564	2,86	2,099	4,026
	(bytes) 24909	25081	24995	25016	25984	24796	26470	25108	24275
<b>Med- 4</b>	(s) 1,81	2,173	1,098	1,283	1,778	3,232	3,703	1,623	3,411
	(bytes) 24991	24963	24845	24940	24970	25476	23388	25658	25596
<b>Med- 5</b>	(s) 1,348	1,675	1,269	2,162	2,421	5,849	3,719	1,261	2,175
	(bytes) 25112	24762	24909	24808	24873	24195	24772	25270	25491
<b>Med- 6</b>	(s) 1,631	2,396	1,474	1,198	1,95	3,708	2,745	1,978	3,284
	(bytes) 24202	25010	24943	24884	24312	25291	24918	24998	25431
<b>Med- 7</b>	(s) 2,051	1,054	1,108	1,757	2,903	5,129	1,854	3,482	2,184
	(bytes) 24030	24129	24001	25016	24901	24703	25174	25341	24879
<b>Med- 8</b>	(s) 1,804	2,542	1,217	2,657	3,418	4,302	2,074	1,361	3,504
	(bytes) 25129	25230	24892	24965	24111	25149	25049	24974	25561

**Table 10**

Resultados de prueba la prueba anova de un factor en el segundo evento.

ANOVA					
Tiempo de envío de comandas					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	51,295	8	6,412	14,342	<b>0,000</b>
<b>Dentro de grupos</b>	28,166	63	0,447		
<b>Total</b>	79,460	71			

### 3.4.4. Tercer evento

Por último, en el tercer evento se simuló el caso que más saturación podría generar en la red. Considerando que cada comanda solicita el número máximo de productos, este



**Table 11**

*Subconjuntos homogéneos de la prueba Post Hoc (Tukey).*

Tiempo de envío de comandas				
HSD Tukeya <sup>a</sup>				
dispositivos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
D_3	8	1,42925		
D_1	8	1,87300	1,87300	
D_4	8	1,89475	1,89475	
D_8	8	1,89850	1,89850	
D_2	8	1,94263	1,94263	
D_5	8		2,71887	
D_7	8		2,82150	
D_9	8		2,94588	
D_6	8			4,37700
Sig.		0,834	0,050	<b>1,000</b>

sería el peor escenario que la red debe soportar y los valores obtenidos se muestran en la Tabla 12.

**Table 12**

*Mediciones obtenidas en la etapa de envío con 50 productos.*

Dispositivos		D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9
Med-1	(s)	4,074	4,536	4,349	3,43	3,284	4,907	3,937	4,712	4,492
	(bytes)	51363	49575	49593	58173	49681	60997	50692	50505	49774
Med-2	(s)	3,31	3,018	3,189	4,45	4,276	5,739	3,432	3,109	4,506
	(bytes)	50176	51091	50447	57626	59330	60860	51682	50494	50428
Med-3	(s)	4,58	3,061	3,035	4,01	3,067	6,407	3,234	4,322	4,925
	(bytes)	49779	49230	49194	48094	60053	54501	50428	50098	52556
Med-4	(s)	3,772	3,393	3,364	4,76	3,831	5,304	2,957	3,497	4,335
	(bytes)	50246	49198	47942	56750	55149	57044	49966	50164	49582
Med-5	(s)	4,011	4,649	3,54	3,324	4,181	6,965	3,593	3,861	4,689
	(bytes)	52445	56404	51526	53937	54725	52298	63110	57478	58438
Med-6	(s)	4,481	4,902	4,028	3,176	4,849	4,673	3,483	3,019	3,852
	(bytes)	51779	49247	50149	63049	50549	60196	56437	57254	50131
Med-7	(s)	4,285	3,739	4,8	4,731	3,972	5,663	3,194	4,592	4,969
	(bytes)	53889	55880	48871	46921	51063	58666	51634	62079	54644
Med-8	(s)	4,71	3,408	3,518	3,971	3,417	5,014	4,86	4,748	3,95
	(bytes)	52342	57545	50614	60541	53926	54405	50566	50606	61433



Se aplicó el test de normalidad de Shapiro Wilk y se obtuvo un nivel de significancia mayor al 5%, por lo tanto, se determinó que los datos medidos provienen de una distribución normal.

Cumpliendo con la condición de normalidad se ejecutaron dos pruebas la Anova de un factor y de Post hoc (Tukey) en donde se considera una hipótesis nula que supone que las medias de tiempos de envío en los dispositivos son iguales y una alternativa que indica que existe al menos una pareja de medias diferentes

En la Tabla 13 se observa los resultados de la prueba Anova, el valor de interés para tomar una decisión fue de 0,00% que por ser menor al nivel de significancia se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alternativa, corroborando esta decisión con los resultados de la Tabla 14 en donde se indica los subconjuntos homogéneos en los cuales los tiempos de envío independientemente del dispositivo utilizado son similares entre ellos a excepción del dispositivo seis ya que presenta una probabilidad máxima de 100%.

**Table 13**

*Resultados de prueba la prueba anova de un factor en el tercer evento.*

<b>ANOVA</b>					
<b>Tiempo de envío de comandas</b>					
	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Entre grupos</b>	23,089	8	2,886	7,351	<b>0,000</b>
<b>Dentro de grupos</b>	24,734	63	0,393		
<b>Total</b>	47,823	71			

### **3.5. Pruebas comparativas entre el método de atención normal y el sistema SGFC**

Estas pruebas se realizaron con el objetivo de comparar los tiempos de atención al cliente de forma tradicional y utilizando el sistema SGFC, se llevó a cabo dos pruebas, el tiempo de consulta del menú y el tiempo de toma de pedido a los clientes.

Para el tiempo de consulta del menú se realizó 18 pruebas a diferentes clientes del local y se obtuvo que el tiempo mínimo empleado utilizando el sistema SGFC es 1,31 min y el máximo es 4,05 min. Estos tiempos comparados con la forma tradicional de atención en donde el mesero tardaría 9,36 min en explicar el menú completamente, marcan una diferencia de 8,05 min y 5,31 min respectivamente, los mismos que representan una disminución del tiempo utilizado de 86,00% y 56.73% en cada caso. Por esta razón se consideró que mediante el sistema SGFC se agiliza la consulta, y se reduce considerablemente el tiempo de consulta del menú del establecimiento.

**Table 14**

*Subconjuntos homogéneos de la prueba Post Hoc (Tukey).*

Tiempo de envío de comandas			
HSD Tukey <sup>a</sup>			
Dispositivos	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
D_7	8	3,58625	
D_3	8	3,72788	
D_2	8	3,83825	
D_5	8	3,85963	
D_4	8	3,98150	
D_8	8	3,98250	
D_1	8	4,15288	
D_9	8	4,46475	
D_6	8		5,58400
<b>Sig.</b>		0,135	<b>1,000</b>

Para el tiempo de toma de pedido se realizó pruebas a 9 clientes del local utilizando tanto el sistema SGFC como el método tradicional y se obtuvo que el tiempo mínimo de toma de pedido en cada caso fue de 47s y de 55s respectivamente, con lo cual se aprecia que se reduce el tiempo de toma de pedido en un 14,54%. Los tiempos máximos de toma de pedido mediante el sistema SGFC y de forma tradicional corresponden a 2,43 min y 6,55 min respectivamente, logrando una reducción de un 62,901% del tiempo empleado para recoger el pedido del cliente en la forma tradicional.

### 3.6. Análisis de escalabilidad de la red

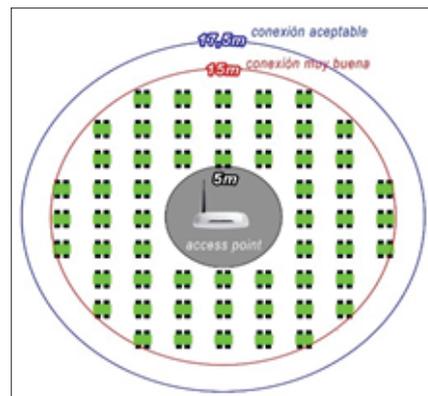
Este análisis se realizó para obtener una estimación de la cantidad de dispositivos que se podrían conectar a la red. En el establecimiento se utilizó la típica máscara de subred 255.255.255.0 dado que es la más adecuada para una red doméstica permitiendo conectarse hasta 254 dispositivos. La mayoría de los fabricantes suelen recomendar no conectar más de 16 dispositivos inalámbricamente al mismo tiempo. Sin embargo, esto no quiere decir que no se pueda hacer, a expensas de posibles problemas de conexión y reducción del rendimiento [20].

El ancho de banda requerido por el sistema SGFC es de 4,133 Mbps y el router utilizado en el prototipo de red inalámbrica puede soportar una velocidad inalámbrica de hasta 150 Mbps, bajo estas condiciones se puede determinar el máximo número de dispositivos que podrán conectarse a la red con la Ec. 1:

$$n = \frac{\text{Ancho de banda}}{\text{Ancho de banda requerido}} * N. \quad (1)$$

Al utilizar esta ecuación se establece que el prototipo de red puede soportar hasta 326 dispositivos emitiendo tráfico simultáneamente. Por lo tanto, se determina que sin las direcciones que ocuparían el router, el ordenador del administrador, el nodeMCU de notificación, la tablet de visualización y la dirección necesaria para el Gateway se podrían conectar 249 dispositivos en la red, lo cuál es el número máximo que puede permitir la máscara de subred utilizada.

Se realizó una distribución gráfica para obtener un valor aproximado de las mesas a las que el prototipo de red puede brindar cobertura.



**Figure 2**

*Proyección de mesas.*

Al analizar el gráfico se determina que con un radio de 15 metros se pueden ubicar 56 dispositivos lo que representa el 22,49% de los 249 dispositivos que puede soportar el prototipo de red. En base a los cálculos realizados se determina que el prototipo de red funciona de manera adecuada y consistente de acuerdo a los requerimientos del local ya que el número de mesas es reducido y el consumo del ancho de banda es mínimo en cada dispositivo. En caso de expandir el espacio del establecimiento y querer aumentar el número de mesas se debe utilizar repetidores para expandir el alcance de la señal.

## 4. Conclusiones

Se diseñó y construyó un prototipo de red inalámbrica para la gestión y facturación de comandas en tiempo real, aplicado a la implementación de bares-restaurantes inteligentes el cual está constituido por tres módulos que trabajan con la tecnología inalámbrica Wi-fi en la banda libre de frecuencias de 2,4 GHz.

Se desarrollan tres aplicaciones intuitivas, dinámicas, de fácil utilización, dos móviles y una de escritorio para controlar las funcionalidades de cada uno de los módulos que constituyen el sistema SGFC en los entornos de desarrollo Android Studio 3,4



y NetBeans 8,2 comprobando integridad de datos y la concordancia en el envío y recepción de la información.

Mediante las pruebas realizadas de alcance se verificó que la distancia máxima de comunicación inalámbrica del prototipo es de 33,75 m, indicando que no presenta inconvenientes al momento de la implementación del sistema ya que el establecimiento seleccionado tiene dimensiones más pequeñas al valor obtenido.

Mediante la aplicación de las pruebas Anova de un factor y Post hoc (Tukey) se determina que existen variaciones en cuanto al tiempo de autenticación y envío de datos a medida que aumenta la distancia del punto de acceso, por lo que se concluye que la distancia influye en los tiempos de envío de datos y es independiente del dispositivo utilizado.

Al analizar los tiempos de consulta mínimos y máximos del menú del establecimiento utilizando el Sistema SGFC y la forma tradicional se determinó que existe una reducción del 86,00% y 56,73% respectivamente. Lo que concluye que el prototipo propuesto disminuye el tiempo empleado en conocer los productos disponibles en un local.

Al analizar los tiempos mínimos y máximos obtenidos en la gestión y envío de comandas entre el prototipo de red inalámbrica (Sistema SGFC) y la forma tradicional se determinó que existe una reducción del 14,54% y 62,90% respectivamente. Lo que concluye que el sistema implementado mejora los tiempos de toma y envío de comandas.

De las pruebas de análisis de tráfico se obtuvo que representa apenas el 2,76% de los 150 Mbps que puede soportar el router. Y en base al análisis de escalabilidad de la red se determinó que pueden conectarse 56 dispositivos a un radio de 15 metros de distancia, lo cual representa el 22,49% de la cantidad de conexiones que puede llegar a tener el punto de acceso. Por lo tanto, se concluye que los dispositivos utilizados poseen las características suficientes para llevar a cabo la implementación del sistema SGFC.

## References

- [1] Mahou SM. Rentabilizar. 2019. Available from: <https://www.rentabilizar.es/ponte-al-dia/ideas-practicas/gestionar-comandas-movil>.
- [2] Mankad KB. Handbook of research on artificial intelligence techniques and algorithms. India; 2015.
- [3] Marquez M. Comandas ¿que son? y ¿para que sirven? 2017. Available from: <https://contadorcontado.com/2017/04/25/comandas/>.
- [4] Roca S. Virtual camarero. 2012.



- [5] Burgos C. Desarrollo de un sistema web para la gestión de pedidos en un restaurante. Aplicación a un Caso de Estudio. 2015.
- [6] Rosanna C. Cosas que nos molestan en los restaurantes. Lavanguardia.com. 2016. Available from: <https://www.lavanguardia.com/comer/tendencias/20161121/411961241921/derechos-consumidor-restaurantes-reclamacion-hosteleria-facua.html>.
- [7] Jintao H. La mesa inteligente llega a los bares de Hong Kong. 2011. People. Com. Available from: <http://spanish.people.com.cn/101336/101358/7268803.html>.
- [8] de Orbe GD. Sistema Integral para la Gestión de Restaurantes. 2010.
- [9] Rodríguez F. Sgp: sistema de gestión de pedidos. 2010.
- [10] Mario A, Gallo G, Buján DD, Barreto EG, Martín G, Delgado R. COMANDA: Sistema de gestión de comandas en restaurantes desde dispositivos móviles. 2017.
- [11] Sistemas para restaurantes, turneros para patios de comida. Tekatronik. 2019. Available from: <http://www.tekatronic.com.ec/restaurante.html>.
- [12] Guilcapi L, Orozco R. Diseño y construcción de un prototipo de red inalámbrica para la gestión y facturación de comandas en tiempo real, aplicado en la implementación de bares- Restaurantes inteligentes. 2020.
- [13] G. Murillo, "No Title," 2018.
- [14] Pandya K. Network structure or topology. *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Manag. Stud.* 2013;1(2):22-27.
- [15] Baran N. *Redes Inalámbricas.* 2012:2.
- [16] Usman A, Shami, SH. Evolution of communication technologies for smart grid applications. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2013;19:191–199.
- [17] MyISAM vs InnoDB, elige tu motor de almacenamiento MySQL. Ponceelrelajado. 2017. Available from: <https://ponceelrelajado.com/mysam-vs-innodb-elige-motor-almacenamiento-mysql/>.
- [18] No herramientas básicas para los desarrolladores en Java. BBVAOPEN. 2015. Available from: <https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/herramientas-basicas-para-los-desarrolladores-en-java>.
- [19] Apkpure. Diálisis app for android - APK Download. 2016.
- [20] Jiménez J. Este es el máximo número de dispositivos que pueden conectarse a un router y así puedes modificarlo. *Routers;* 2019.