



Código	FPI-009
Objeto	Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	3
Vigencia	13/3/2018

Unidad Ejecutora:

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Código de Proyecto:

C203

Título del proyecto de investigación:

RASPBERRY PI COMO SERVIDOR DE CONTENIDOS PARA SER
CONSUMIDOS DESDE DISPOSITIVOS MÓVILES

Programa de acreditación:

PROINCE

Director del proyecto:

Giulianelli, Daniel Alberto

Co-Director del proyecto:

Rodríguez, Rocío Andrea

Integrantes del equipo:

Docentes-investigadores:

Vera, Pablo Martín

Trigueros, Artemisa

Marko, Isabel Beatriz

Fernández, Víctor Manuel

Blanco, Gabriel Esteban

Moreno, Edgardo Javier

Cruzado, Graciela Susana

Alderete, Claudia Gabriela

Alumnos:

Valles, Gabriela Yanina

Cammarano, Pablo

Dogliotti, Mariano Gastón

Valles, Federico Ezequiel

Fecha de inicio:

01/01/2017

Fecha de finalización:

31/12/2018

Informe Final

Sumario:

1.	Resumen y palabras clave	3
2.	Memoria descriptiva	3
2.2.	Tareas previstas	3
2.3.	Detalle de las tareas realizadas	5
2.3.1.	Etapa 1. Solución Software	5
2.3.2.	Etapa 2. Solución Hardware.....	15
2.3.3.	Etapa 3. Análisis de Recursos.....	21
2.3.4.	Etapa 4. Solución Software	23
2.3.5.	Etapa 5. Implementación.....	27
3.	Resultados Obtenidos	30
3.2.	Difusión de resultados	30
3.3.	Gestión y Formación de Recursos Humanos (altas y/o bajas)	33
3.4.	Transferencia efectuada en el marco del proyecto.....	34
4.	Vinculación con otros grupos de investigación / organismos.	34
5.	Conclusiones.....	34
6.	Referencias	34
7.	Cuerpo de anexos.....	40

1. Resumen y palabras clave

Resumen:

Los alumnos “nativos digitales” suelen traer al aula teléfonos celulares y otros dispositivos como tablets o lectores de libros. Estos dispositivos en su mayoría cuentan con conectividad wifi y acceso a internet por lo que pueden utilizarse para acceder a recursos para trabajar en clase. Sin embargo, no siempre se dispone de una conexión a internet o en algunos casos la señal no es estable y no permite acceder a recursos con la fluidez suficiente. Una posible solución es crear una red dentro del aula donde el docente pueda llevar consigo un servidor de contenidos portátil y los alumnos puedan acceder al mismo utilizando sus propios dispositivos.

En este proyecto se generó una solución de bajo costo, implementando como servidor una Raspberry Pi, sobre la cual se instalaron programas específicos planificados para ser utilizados en el aula. Este servidor permite consumir los contenidos accediendo por medio de dispositivos móviles mediante conexión wifi a una red generada desde el propio servidor. La solución implementada toma en cuenta la amplia gama de dispositivos móviles, con sus características disímiles y ofrece una solución accesible, intentando de este modo no excluir dispositivos. Al prototipo realizado, se conecta una pantalla táctil de tamaño reducido que permite la portabilidad de la solución, en donde el docente puede visualizar una síntesis de los resultados propuestos por los alumnos a los problemas planteados, así como su respuesta a preguntas específicas.

Palabras clave: Raspberry Pi, Dispositivos Móviles, Redes

2. Memoria descriptiva

2.2. Tareas previstas

Las tareas realizadas fueron las consignadas en el protocolo inicial, las cuales se vuelcan en forma resumida, para el primer año del proyecto (ver **tabla 1**), para el segundo año del proyecto (ver **tabla 2**). Las mismas pudieron llevarse a cabo en los tiempos establecidos y sin inconvenientes. En la sección siguiente se detalla brevemente lo realizado en cada una de las etapas.

Tabla 1. Gantt previsto para el primer año del Proyecto (2017)

Actividades / Responsables 1er Año	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Etapa 1. Solución software	X	X	X	X								
T1. Estado del arte	X	X										
T2. Trabajos relacionados		X	X									
T3. Definiciones / Terminología /Tipos de Redes			X	X								
Etapa 2. Solución hardware				X	X	X	X	X				
T4. CARACTERISTICAS DE LA RPI				X								
T5. Técnicas para formar una red ADHOC				X	X							
T6. Configuración de una LAN para generar la red ADHOC					X	X						
T7. Conexión rpi – dispositivo móvil							X					
T8. Pruebas de conectividad con distintos equipos móviles							X	X				
Etapa 3. Análisis de recursos									X	X	X	X
T9. Análisis de posibles recursos para implementar									X			
T10. Selección de recursos a desarrollar										X		
T11. Prototipos de recursos y utilización											X	
T12. <u>Informe de avance</u>												X

Tabla 2. Gantt previsto para el segundo año del Proyecto (2018)

Actividades / Responsables 2do Año	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Etapa 4. Solución software	X	X	X	X	X							
T13. Revisión del software existente	X	X	X									
T14. Evaluación de software hecho a medida			X	X								
T15. Selección resultante					X							
Etapa 5. Implementación												
T16. Instalación / desarrollo						X	X	X				
T17. Pruebas de funcionamiento									X			
T18. Implementación de un recurso									X	X		
T19. Resultados obtenidos del uso										X	X	
T20. Informe final												X

2.3. Detalle de las tareas realizadas

Se detallan las etapas consignadas en la **Tabla 1** haciéndose referencia a las tareas que comprenden a las mismas, siguiendo en esta sección la numeración de tareas contempladas en el Gantt. Por ejemplo, la Etapa 1 contiene la tarea 1 (**T1**), tarea 2 (**T2**) y tarea 3 (**T3**).

2.3.1. Etapa 1. Solución Software

En esta primera etapa se realizó un exhaustivo relevamiento de la bibliografía, para poder consolidar el estado del arte (**T1**) e identificar los trabajos relacionados (**T2**) y así también seleccionar definiciones, acordar terminología apropiada y los tipos de redes para definir de este modo el esquema de trabajo (**T3**).

Para la tarea **T1**, se realiza una revisión sistemática que permite evaluar el estado actual de la investigación, comenzando por la pregunta original, el área del tema, o el fenómeno de interés. Esto tiene como objetivo presentar una justa evaluación del tema de interés utilizando una metodología confiable, rigurosa, repetible y auditable.

La revisión sistemática cubre 3 fases: (A) Planificación de la revisión. (B) Conducción de la revisión. (C) Reporte de la revisión.

Desarrollo de la Revisión:

A. Planificación de la revisión: Comprende la definición de todos los pasos a desarrollar durante la revisión, a continuación, se enumeran los pasos realizados durante la planificación.

1. Establecer la pregunta principal y subpreguntas.
2. Definición de la estrategia de investigación.
3. Selección de los estudios.
4. Selección de los métodos de síntesis.

A.1. Establecer la pregunta principal y subpreguntas que cubran la visión del estudio: ¿Cuál es el estado actual de investigación sobre Raspberry Pi en general y sus aplicaciones como servidor de contenidos para ser consumidos desde dispositivos móviles en educación, en particular?

Subpreguntas:

- ¿Cuál ha sido la evolución del uso de Raspberry Pi?
- ¿Cómo se investiga en las aplicaciones de Raspberry Pi?
- ¿Qué usos se le da a Raspberry Pi y qué relación tienen con Raspberry Pi como servidor de contenidos desde móviles?

- ¿Qué aplicaciones de Raspberry Pi se desarrollaron para educación?
- ¿Qué aplicaciones para educación utilizan Raspberry Pi como servidor de contenidos para móviles?

A.2 Definición de la estrategia de investigación: Para realizar la búsqueda automática se han incluido las siguientes fuentes de información: IEEEExplore, ACM Digital Library y otros estudios de fuentes como Revistas Internacionales. La búsqueda fue realizada vía Internet. Se seleccionaron las siguientes palabras clave, basándose en el criterio de los revisores, el conocimiento del tema y pruebas de búsqueda de los papers más relacionados con el tema. La cadena utilizada es la siguiente: *(Raspberry Pi OR Raspberry Pi) AND EDUCATION AND (Smartphone OR Cellphone OR Cellular Phone OR Mobile Phone) AND SERVER.*

A.3 Selección de los estudios: Raspberry Pi es una computadora de placa única, placa simple (SBC) o placa reducida desarrollada en el Reino Unido y lanzada al mercado en febrero de 2012. Su principal ventaja es su bajo costo. A partir de su lanzamiento se han desarrollado numerosas aplicaciones ya sea en el campo de la enseñanza como en diversos temas de la vida cotidiana. El surgimiento de conceptos como Internet de las Cosas (IoT), produjo variadas aplicaciones de la Raspberry Pi. Asimismo, el boom, a nivel mundial de la telefonía celular, también produjo variadas aplicaciones a Raspberry Pi.

- **Determinación del Período de Búsqueda:** Debido a la fecha de lanzamiento de Raspberry Pi, los trabajos de investigación seleccionados abarcarán los últimos 5 años, es decir desde 2012 a la actualidad.
- **Determinación de los Temas de Búsqueda:** Cada estudio que figura en esta bibliografía ha sido extraído de las fuentes considerando su título, abstract y palabras claves. Se incluyeron los trabajos que contenían:
 - Aplicaciones de Raspberry Pi a educación.
 - Aplicaciones de Raspberry Pi a IoT (por encontrarse que muchos de ellos incluían conexión a teléfono móvil).
 - Aplicaciones de Raspberry Pi como servidor.
 - Aplicaciones de Raspberry Pi móviles.
 - Aplicaciones de Raspberry Pi como servidor de temas educativos con conexión a teléfonos móviles.

- Aplicaciones a otras áreas del conocimiento que aportaran experiencias al tema del presente trabajo de investigación.

Como uno de los puntos más importantes del presente trabajo de investigación, se basa en la inclusión de la conexión de teléfonos móviles utilizando la Raspberry Pi aplicada a educación, la bibliografía seleccionada se ha dividido en dos partes: aquellos trabajos que incluyen conexión a teléfono móvil, y los que no lo hacen, pero aportan conocimientos, métodos, aplicaciones, etc. sobre el tema investigado.

Los trabajos de distintas fuentes que abordaban el mismo tema en forma similar fueron dejados de lado, incluyéndose sólo el más completo de los mismos.

A.4. Selección de los métodos de síntesis: Se decidió mostrar los resultados de la revisión organizándolos en dos criterios: (1) Trabajos que incluyen conexión a teléfonos móviles. (2) Trabajos que NO incluyen conexión a teléfonos móviles. Los resultados se expresan en tablas y gráficos que permiten comparar los porcentajes de estudios seleccionados según cada criterio y de acuerdo a las preguntas y subpreguntas planteadas originalmente. Los estudios se presentan a continuación organizados según: Fuente de Origen; País de Origen; Tema.

B. Conducción de la revisión: Como fue planificado, la búsqueda fue realizada vía Internet de acuerdo a las palabras clave seleccionadas, basándose en el criterio de los revisores, el conocimiento del tema y pruebas de búsqueda de los papers más relacionados con el tema. La cadena utilizada fue la siguiente: *(Raspberry PI OR Raspberry Pi) AND EDUCATION AND (Smartphone OR Cellphone OR Cellular Phone OR Mobile Phone) AND SERVER.*

- Fuente de Origen: Se consultaron las siguientes Fuentes que figuran en la **tabla 3**, organizadas según si los trabajos incluyen conexión a teléfono móvil y si no la incluyen.

Tabla 3. Fuentes Principales de Trabajos

Fuentes	Origen	Incluyen teléfono móvil	No incluyen teléfono móvil
Fuentes principales	ACM		11
	IEEE	7	15
	RESEARCHGATE		4
Revistas internacionales	IJARCE		1
	IJARCE	1	
	IJARIT	1	
	IJCSMS	1	
	IJESC		1
	IJETER		1
	IJETJOURNAL		1
	IJIREICE	1	
	IJITECH	1	
	IJRASET		1
	IJRITCC		1
	IJSER		1
	IJSETR	1	
	IJSRCSEIT		1
	IJSRST		1
IJTRE		1	
Otras fuentes	ARJST	1	
	CSIS		1
	DLACM	1	
	HEACADEMY		1
	INPRESSO	1	
	IRJET	1	5
	JORGEHC		1
	MDPI		1
	NE		2
	SCIENCEDIRECT	1	1
	SCS	1	
	SEMANTICS SCHOLAR	1	
	SISSA		1
	SPRINGER		1
	WORLDCOMP		1

Los artículos se han seleccionado de un total de 33 distintas fuentes, como muestra la **tabla 3**. De acuerdo a lo planificado, los trabajos seleccionados, se organizaron según los dos criterios principales: (1) Trabajos que incluyen conexión a teléfono móvil. (2) Trabajos que NO incluyen conexión a teléfono móvil. El **gráfico 1** muestra el porcentaje de trabajos extraídos que incluyen conexión a teléfono móvil y aquellos que no lo hacen.

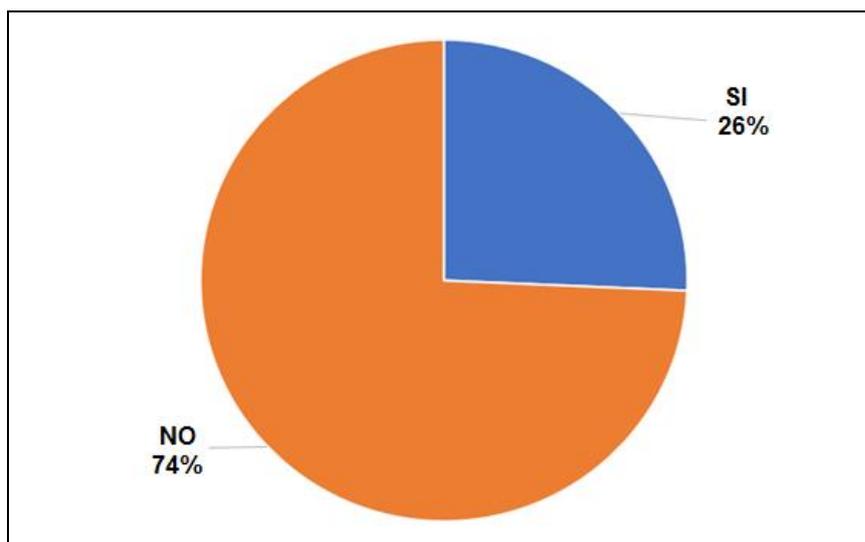


Gráfico 1. Porcentaje de trabajos extraídos que incluyen o no a los dispositivos móviles

Es posible observar en el **gráfico 1** que casi las $\frac{3}{4}$ partes de los trabajos seleccionados, no incluyen conexión con teléfonos móviles. Sólo un poco más del 25%, sí lo hacen. Estos porcentajes muestran la escasez de trabajos que cumplen con el primer criterio.

La **tabla 4**, muestra la cantidad y porcentaje de trabajos, según los 2 criterios enunciados, organizados por sitio de origen.

Tabla 4. Cantidad y porcentaje de trabajos distinguidos por si incluyen ó no a los teléfonos móviles

Sitio de origen	Cantidad de trabajos que incluyen teléfono móvil	Porcentaje de trabajos que incluyen teléfono móvil	Cantidad de trabajos que no incluyen teléfono móvil	Porcentaje de trabajos que no incluyen teléfono móvil
ACM	--	0%	11	18%
IEEE	7	37%	15	25%
RESEARCHGATE	--	0%	4	6%
REVISTAS INTERNACIONALES	8	42%	16	26%
OTROS	4	21%	15	25%
TOTAL	19	100%	55	100%

La **tabla 4**, permite observar que el sitio del cual se extrajeron la mayor cantidad de estudios es IEEE, si bien las Revistas Internacionales lo superan, constituyen distintos sitios agrupados en un solo rubro.

- País de Origen: La **tabla 5**, permite observar los estudios seleccionados, según su país de origen, en cantidad y porcentaje. Se utilizaron las siguientes siglas USA

(Estados Unidos de América) y UK (Reino Unido de Gran Bretaña), para designar países de origen de los estudios.

Tabla 5. Cantidad y porcentaje de estudios seleccionados, según el país de origen.

Origen	Cantidad incluye teléfono móvil	% incluye teléfono móvil	Cantidad No incluye teléfono móvil	Porcentaje no incluye teléfono móvil
India	11	55%	19	35%
Reino Unido	0	0%	5	10%
Estados Unidos	2	10%	13	24%
Otros	7	35%	17	31%

Es de destacar que India, es el país con mayor porcentaje de trabajos sobre el tema.

- Tema: Para organizar la búsqueda de trabajos, se seleccionaron temas de estudios relevantes para aportar material y métodos al presente trabajo de investigación, que fueron mencionados más arriba.

De acuerdo a dichos temas de búsqueda, se organizaron en 4 categorías que responden a las aplicaciones seleccionadas, como muestra la **tabla 6**.

Tabla 6. Aplicaciones incluidas en cada tema.

TEMA	APLICACIONES
EDUCACION	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones de Raspberry Pi a educación. • Aplicaciones de Raspberry Pi como servidor de temas educativos con conexión a teléfonos móviles
IoT	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones de Raspberry Pi a IoT (por encontrarse que muchos de ellos incluían conexión a teléfono móvil).
REDES	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones de Raspberry Pi como servidor. • Aplicaciones de Raspberry Pi móviles.
OTROS	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones a otras áreas del conocimiento que aportaran experiencias al tema del presente trabajo de investigación.

Tabla 7. Cantidad de trabajos por tema de búsqueda, según incluyan conexión a teléfonos móviles o no

Tema	Cantidad de trabajos que incluyen teléfono móvil	Porcentaje de trabajos que incluyen teléfono móvil	Cantidad de trabajos que no incluyen teléfono móvil	Porcentaje de trabajos que no Incluyen teléfono móvil
EDUCACION	5	26%	16	28%
IoT	7	37%	11	19%
REDES	3	16%	18	32%
OTROS	4	21%	12	21%

Se grafica en el **gráfico 2**, lo presentado en la **tabla 7**. Puede observarse que, dependiendo del tema, algunos porcentajes se presentan parejos (educación y otros) en

cuanto a artículos que incorporan o no a los dispositivos móviles, mientras que en IoT y redes se comportan a la inversa.

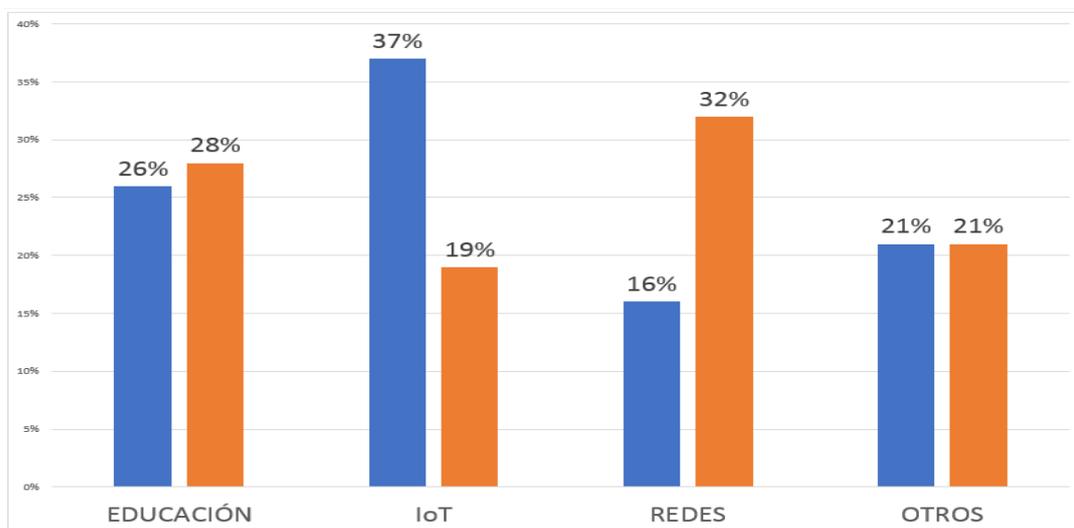


Gráfico 2. Porcentaje de trabajos que incluyen teléfonos móviles (barras azules-primera barra) y porcentaje de trabajos que no incluyen teléfonos móviles (barras naranjas-segunda barra).

La **tabla 8** muestra las referencias a los trabajos que incluyen teléfonos móviles organizadas por cada tema seleccionado en la planificación.

Tabla 8. Referencias de trabajos que incluyen teléfonos móviles

Tema	Trabajos que incluyen teléfonos móviles
EDUCACION	[BAR14], [BER15], [GAS16], [MIT17], [RAT16]
IoT	[ANI16], [DHA17], [DME16], [MER17], [RAO15], [SAH17], [SUR16]
REDES	[ALV17], [BAR16], [HSU11]
OTROS	[BON13], [GOU17a], [GOU17b], [SHA17]

La **tabla 9** muestra las referencias a los trabajos que no incluyen teléfonos móviles organizados por cada tema.

Tabla 9. Referencias de trabajos que no incluyen teléfonos móviles

Tema	Trabajos que no incluyen teléfonos móviles
EDUCACIÓN	[ALI13], [BER13], [BRO15], [BRU15], [CAL12], [CUO17], [DOU17], [ELA17], [HEE13], [HU14], [JAM15], [ORT16], [SOB13], [TAM16], [WAC16], [ZIM17]
IoT	ATH16], [GAN15], [KUM16], [KUR17], [LAK17], [MAK15], [MEN15], [UKE17], [GUP15], [KRI17], [MOU17]
REDES	[FIS15], [FLO16], [FOL14], [HON15], [LEV14], [LIN16], [ODA16], [PAR13],[RAD15], [SAA16], [SHE17] [SIN15] [SRI15], [TSO13], [VUJ14] [WIL1], [WILne], [YON14]
OTROS	[BAH17], [CHA17], [DAS14], [DHA14], [GUP15], [ING17], [KOC14], [KRI17], [KUM17], [MOU17], [SID15], [ZAM17]

C. Reporte de la Revisión

- Resultados de la búsqueda de trabajos y comentarios: la búsqueda de trabajos se realizó en primer lugar diferenciando aquellos trabajos que incluían teléfonos móviles y aquellos que no lo hacían, organizados en los 4 grandes temas: Educación, IoT, Redes y Otros que aportaran algún conocimiento al actual trabajo de investigación.

Dentro del tema EDUCACIÓN, se seleccionaron 5 trabajos que incluían telefonía móvil y 16 que no. El concepto de “clase inteligente” incluyendo teléfonos móviles, es implementado en [BAR14] y diseñado en [GAS16]. El trabajo [BER15] propone un laboratorio remoto basado en la web de control para dispositivos móviles, en [MIT17] se desarrolla un cluster para educación con Raspberry Pi con móviles, por su parte en [RAT16] se desarrolla el tema de redes ad hoc móviles utilizando agentes móviles. Dentro del tema EDUCACIÓN que no incluye dispositivos móviles los trabajos [ALI13] y [HEE13] enuncian las ventajas de la Raspberry Pi para educación en países en desarrollo, [BER13] propone el uso de Raspberry Pi para satélites educacionales, [BRO15] utiliza Raspberry Pi como administrador de Base de Datos, [BRU15] recomienda el uso de Raspberry Pi en educación, [CAL12] y [CUO17] fomentan el uso de Raspberry Pi para enseñar programación y aplicaciones interactivas, [DOU17] utiliza Raspberry Pi para enseñanza Cluster Computing mientras [ELA17] enseña ciencias de la computación por medio de Raspberry Pi, [HU14] y [JAM15] la utilizan para la enseñanza de temas tecnológicos, colaborativos e innovadores, [ORT16] propone su uso para conferencias, [SOB13] la emplea en educación para Control, [TAM16] para un portal educativo, [WAC16] para fomentar pensamiento creativo en estudiantes de ingeniería eléctrica así como [ZIM17] utiliza Raspberry Pi para enseñar computación paralela.

Dentro del tema IoT, se seleccionaron 7 trabajos que incluían telefonía móvil y 11 que no. [ANI16], [DME16], [MER17], presentan IoT para automatización del hogar mediante la utilización de dispositivos móviles, [DHA17] lo propone mediante una aplicación Android y [RAO15] para smartphones en general. En [SHA17] se aborda la entrega de conferencias mediante Raspberry Pi, mientras [SUR16] propone el uso de e-mail. El tema de automatización y seguridad del hogar utilizando Raspberry Pi sin incluir teléfonos móviles es abordado en [ATH16], [GAN15], [LAK17], [MEN15] [UKE17], [KUR17] y [MAK15] utiliza Raspberry Pi como plataforma para IoT.

Dentro del tema REDES, se seleccionaron 3 trabajos que incluían telefonía móvil y 18 que no. El trabajo de [ALV17] presenta monitoreo de redes ad hoc móviles, [BAR16] muestra resultados experimentales de redes inalámbricas basadas en Raspberry Pi, mientras que el trabajo de [HSU11] muestra almacenamiento seguro en la nube de archivos de Smartphones. Los siguientes trabajos abordan aplicaciones de Raspberry Pi a redes sin incluir teléfonos móviles. En [FOL14] Raspberry Pi se utiliza como administrador de la red, [HON15] propone a Raspberry Pi como distribuidor de contenidos, [LEV14] utiliza Raspberry Pi para cloud computing móvil, en [LIN16] se describe un punto de acceso inalámbrico, [ODA16] propone una red en malla inalámbrica, [PAR13] utiliza Raspberry Pi como punto de acceso de IPv6, [RAD15] para cloud personal liviana, [SRI15] como server portable, [TSO13] describe un modelo a escala para infraestructuras de cloud computing, [WIL1] implementa un cluster con Raspberry Pi, [WILne] diseña una nube de estación base para redes de sensores inalámbricos, [YON14] muestra una plataforma con conectividad satelital. [SIN15] utiliza Raspberry Pi para vigilancia con cámara IP. [VUJ14] Raspberry Pi como nodo sensor inalámbrico. [FIS15] y [FLO16] implementan redes de sensores inalámbricas, [SAA16] propone una war box basada en Raspberry Pi y [SHE17] muestra una red Ethernet para monitoreo del clima.

Dentro del tema OTROS, se seleccionaron 4 trabajos que incluían telefonía móvil y 12 que no. El tema OTROS incluye aplicaciones a distintas áreas que aportan conocimientos al tema del presente trabajo de investigación incluyendo teléfonos móviles. En [BON13] se aborda la detección de visitantes a un evento masivo utilizando Raspberry Pi y smartphones, [GOU17a], [GOU17b] muestran el uso de Raspberry Pi y smartphone aplicado a banking y riego artificial. Por su parte [SHA17] utiliza Raspberry Pi para vigilancia por medio de robots y telefonía celular. Dentro de los trabajos que no incluyen telefonía móvil y pertenecen al tema OTROS se encuentran: Control de automatización industrial [CHA17], [FIS15], [FLO16], [MEN15], [SAA16], [SHE17], [SID15]. Aplicaciones a Medicina [KUM16] propone el uso de Raspberry Pi para monitorear pacientes, [GUP15] salud basada en IoT, [KRI17] rehabilitación de pacientes, [MOU17] banco de sangre inteligente. Aplicaciones a Biométrica [ING17] biométrica basada en IoT, [ZAM17] detección de caras humanas. Otras aplicaciones relacionadas con acciones humanas: en [BAH17] detección de emociones, en [DHA14] reconocimiento de lenguaje y en [DAS14] transmisión de voz. Monitoreo de tráfico es el tema tratado en [KOC14],

mientras que [KUM17] aborda prevención de colisiones y navegación de vehículos. Por su parte [SHE17] presenta un observatorio astronómico utilizando Raspberry Pi.

- Conclusiones: A través de la búsqueda sistemática de estudios, de acuerdo a las preguntas planteadas al comienzo de este trabajo, se puede concluir que, si bien se accedió a 720 trabajos, fueron seleccionados 19 que incluyen teléfonos móviles y 55 que no lo hacen y que muestran algún aspecto interesante para el trabajo de investigación actual.

La principal dificultad se presentó al buscar aplicaciones de Raspberry Pi y teléfonos móviles a educación.

Con respecto al estado de la investigación sobre usos de la Raspberry Pi, existe una muy numerosa y variada cantidad de trabajos, si bien no todos respondían a las preguntas iniciales.

Como las preguntas básicas iniciales se refieren a aplicaciones de Raspberry Pi a educación, redes y dispositivos móviles se seleccionaron los trabajos que tratan sobre dichos temas, en forma individual o interrelacionando los temas.

Existen numerosos equipos de investigación de distintas universidades a nivel mundial que están trabajando en aplicaciones de Raspberry Pi a educación, dadas las prestaciones y bajo costo de la misma.

Lo mismo ocurre con aplicaciones de Raspberry Pi como componente de redes de distinto tipo.

La IoT a través de Raspberry Pi, ha sido uno de los temas más encontrado en los trabajos, si bien, muchos de ellos fueron descartados por proponer soluciones similares.

Asimismo, dentro del tema “otros”, se encontraron aplicaciones de Raspberry Pi a biométrica, medicina, tránsito vehicular, agricultura y astronomía, entre otras. Sólo se incluyeron aquellos trabajos con experiencias enriquecedoras para el trabajo actual.

La conclusión final es que existen muy pocos trabajos que incluyen a Raspberry Pi como servidor de contenidos para teléfonos móviles, aplicado a educación, por este motivo, el presente trabajo de investigación aporta una nueva aplicación de la versátil Raspberry Pi.

Claramente esta revisión sistemática de la bibliografía permitió evidenciar trabajos relacionados **(T2)**. De la lectura de estos trabajos pueden analizarse las definiciones y terminología básica que proponen dando por resultado la concreción de la tarea 3 **(T3)**.

Estos trabajos mencionados previamente muestran el gran abanico de acción utilizando la Raspberry Pi. En el presente proyecto se plantea utilizar la RPi como servidor de contenidos didácticos, siendo los alumnos a través de sus dispositivos móviles los clientes de esa red.

“El auge en las telecomunicaciones inalámbricas de las últimas décadas unido a la explotación de la movilidad que ofrecen los dispositivos portátiles y que requieren los usuarios de hoy día, ha permitido que se presente un nuevo escenario de operación” [CAL04].

Al generar un punto de acceso portátil mediante la Raspberry Pi será posible desplegar contenidos aun cuando no se cuente con una infraestructura de red existente. En la **figura 1** se presenta gráficamente la solución a construir.

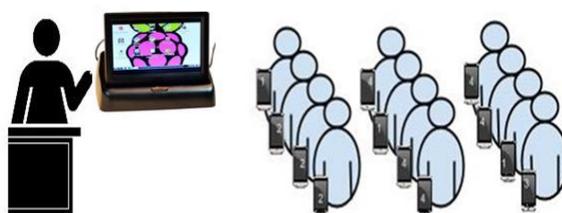


Figura 1. Solución a Construir –RPi (Servidor) y Dispositivos Móviles (Clientes)

2.3.2. Etapa 2. Solución Hardware

La **tabla 10**, muestra las prestaciones en cuanto a hardware de los distintos modelos (**T4**). El modelo más reciente RPi 3 incorpora wifi, a los modelos previos era necesario agregarle por USB una pequeña placa externa.

Tabla 10. Características de las Raspberry Pi

	Raspberry Pi Modelos				
	1 A	1 B	1 B+	2 B	3 B
RAM	256 MB	512 MB		1 GB	
Almacenamiento	SD			Micro SD	
Procesador	ARM11			ARM Cortex - A7	ARM v8
Velocidad	700 MHz			900 MHz	1,2 GHz
Conectividad de Red	Ninguna	Ethernet			Ethernet, WiFi, Bluetooth
Nº puertos USB	1	2	4		
Cantidad de GPIO	26			40	
Alimentación	5v				
Tamaño	85 x 56 x 17 mm				

En la **figura 2** pueden observarse los componentes de la RPi3 (último modelo existente).

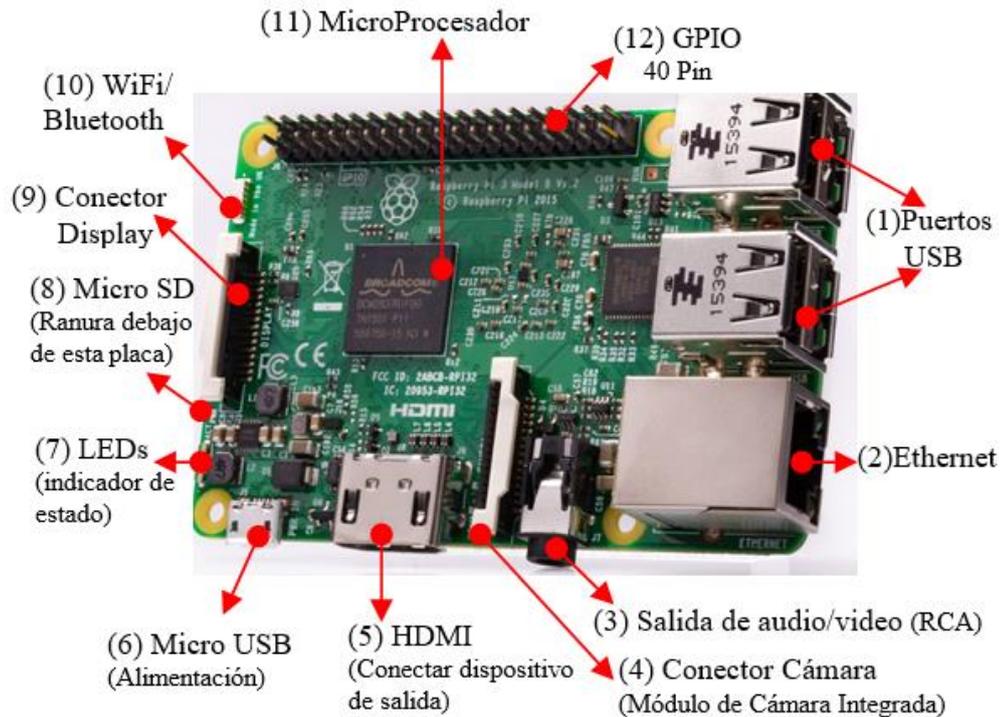


Figura 2. Componentes de la Raspberry Pi 3

En esta placa pueden observarse cuatro círculos amarillos que permiten ajustarla a un gabinete pequeño por medio de tornillos u otros elementos de encastre y es alimentada a 5 volt por medio de un cargador MicroUSB (6). El número indicado luego de MicroUSB hace referencia al (6) que se encuentra indicado en la **figura 2**, de esta forma al mencionar alguno de los componentes se incluirá el número para poder ubicarlo dentro de la **figura 2**. Dicho cargador es como el utilizado para cargar la mayoría de los teléfonos celulares actualmente. También es posible agregar portabilidad usando un cargador portátil. Tiene unos Leds (7) que se encienden para dar indicaciones de estado (por ejemplo cuando está en funcionamiento).

Cuenta con la posibilidad de conectarle un proyector ó monitor externo por medio de HDMI (5). También es posible utilizar como pantalla un televisor con salida RCA, ya que trae un conector específico para este fin (3). Además del HDMI, la solución más típica para monitores o televisores modernos, cuenta con la posibilidad de conectarle una pantalla integrada (lo cual permite no restarle portabilidad a la solución), esta pantalla puede ser táctil incluso. Existen dos maneras posibles una de ellas es utilizando un Conector de Display (9) ó bien a través del GPIO (12). GPIO es un puerto de propósito general para Entradas/Salidas, cada dispositivo que se incorpore utilizará algunos de los pines del mismo, este puerto tiene al igual que en la versión predecesora 40 pines. Este puerto también permite conectar para aplicaciones más específicas sensores particulares (sonido, humedad, temperatura, etc...). Por ejemplo, si la aplicación a desarrollar requeriría una

cámara esta podría ser una cámara USB (1) cableada a uno de los puertos USB que trae la RPi3 ó bien poner una cámara integrada en un conector de cámara (4) que viene integrado para tal propósito.

La RPi3 tal como su predecesora RPi2, continúa teniendo cuatro puertos USB (1). En cuanto a conectividad al igual que el modelo previo cuenta con Ethernet (es decir la posibilidad de conectar un cable de red (2)), pero además este modelo agrega la posibilidad de WIFI y Bluetooth integrado (10), en la versión previa para poder tener WIFI se debía agregar una placa externa ocupando uno de los puertos USB. Otra característica importante es que la RPi3 tiene un mejor microprocesador (11) que la predecesora, de hecho, ya la RPi2 incorporaba un procesador mejor que los modelos previos (1A, AB, 1B+), actualmente hay un nuevo procesador con mayores prestaciones. Equipada con el procesador ARM Cortex-A53, la RPi3 tiene un procesador de 64 bits y cuatro núcleos. No hay cambio con respecto a la RPi2 en cuanto a memoria RAM, esta sigue siendo de 1 GB.

El sistema operativo y el software que se requiera será instalado en una memoria Micro SD (8). Si bien todas las versiones previas tenían lector de memoria MicroSD en esta versión se cambia dicho lector, siendo más simple poder sacar la tarjeta MicroSD.

En la **figura 3** puede observarse el gabinete de la raspberry con una pantalla táctil empotrada, resaltando el pequeño tamaño de la solución. De hecho, su bajo costo y su portabilidad son características que sobresalen haciéndola una solución propicia para implementar diversas aplicaciones.



Figura 3. Raspberry Pi 3 con pantalla integrada

Luego analizar las propiedades de las redes ADHOC (**T5**) y las opciones para construir una red LAN (**T6**), se describe formalmente la propuesta del presente proyecto: Utilizar la RPi para formar una red centralizada donde el punto de acceso lo brinde la RPi sin necesidad de contar con conexión a internet. Se usa para este fin la RPi 3 que como

puede verse en la **tabla 10** ya cuenta con placa WIFI incorporada, de forma tal que los alumnos pueden desde sus teléfonos celulares u otros dispositivos que tengan en el aula conectarse a esta red. El uso actual es que los alumnos den respuestas a preguntas de opción múltiple que se realizan sobre los temas de la materia en la clase previa al parcial y de esta forma el docente pueda conocer el porcentaje de alumnos que selecciono cada respuesta posible, evidenciando las dificultades de los alumnos y que estas preguntas sean los disparadores para el repaso a realizar. Es una solución que permite conocer de forma automática los porcentajes sin tener que contar manualmente cuantos alumnos seleccionarían la respuesta correcta, haciendo que estos levanten la mano en aquella opción que crean que es válida (contabilizando el docente cuantos son en cada caso y anotándolo por ejemplo en el pizarrón), por otra parte no causa que un alumno elija esa respuesta porque observa que muchos de sus compañeros la han elegido.

Para lograr obtener esta solución es necesario utilizar a la RPi como servidor de contenidos, lo cual tiene por ventajas el acceso a contenidos:

- 1) Desde diversos dispositivos, entre ellos teléfonos celulares;
- 2) Sin necesitar tener una infraestructura de red existente.;
- 3) Sin contar con conectividad a internet.

Por otra parte, la portabilidad de la misma es importante, como se mencionó en la introducción la RPi tiene un tamaño pequeño, puede conectarse a la misma un teclado en miniatura (comercializables para Smart TV) que incorpora el mouse a través de un pad y una pantalla empotrada si se desea. Puede como pantalla por HDMI enchufarse a un monitor, televisor o proyector. También es posible que para determinadas soluciones no se requiera tener constantemente una pantalla. El resultado final será una solución de bajo costo.

En cuanto a los requerimientos se pueden mencionar principalmente:

- 1) Que diversos tipos de clientes (notebooks, tablets, smartphones) puedan conectarse a una red inalámbrica creada y administrada por la Raspberry Pi. Dicha red no tiene que depender de una conexión a Internet.
- 2) Que un servidor web se pueda ejecutar en la Raspberry Pi, y que permita correr aplicaciones web que interaccionen con una base de datos.
- 3) Que exista un sistema de resolución de nombres (DNS) en la Raspberry Pi, permitiendo que los clientes accedan a las herramientas ofrecidas por el servidor mediante nombres fáciles de recordar. Por ejemplo: www.cuestionarios.com.ar

En cuanto al sistema operativo, para crear una solución de bajo costo, se selecciona Linux en su distribución particular para la RPi denominada Raspbian. "Linux es una gran

opción para la raspberry pi ya que es gratuito y de código abierto. Por un lado, mantiene el precio de la plataforma bajo y por el otro lo hace más configurable” [19]. “Raspbian es un sistema operativo gratuito basado en Debian (distribución de linux) y optimizado para el Hardware de la Raspberry Pi” [20]. Se instala además: Nginx (Servidor Web), MySQL (Base de Datos). Sin costos asociados con el software, se desarrolló una solución que permita monitorear la performance ante múltiples accesos.

Luego se requiere configurar el entorno, para lo cual es necesario:

- a) Configuración y acceso a la red: Comparando diferentes arquitecturas de red: redes ad-hoc, redes mesh y redes centralizadas. Se decide implementar la opción de red centralizada, siendo la Raspberry el único elemento que forma parte de la infraestructura de la red (junto con su adaptador wifi USB), dado que la raspberry disponible es Modelo 2 y no cuenta con placa integrada (tal como se detalló en la tabla 1). Para ello, es necesario configurar a la Raspberry como un punto de acceso (Access Point – AP), también llamado “hotspot”. Es importante destacar que no todos los adaptadores wifi pueden funcionar como un punto de acceso. El que se utilizó, “Ralink Technology Corp RT 5370 Wireless Adapter”, es capaz de hacerlo. Del lado del software, hay que instalar dos componentes: hostapd y udhcpd, que brindan diferentes funcionalidades. Mientras que hostapd se encarga de administrar el punto de acceso y ofrecer servicios de autenticación, udhcpd actúa como un servidor DHCP, para asignarles direcciones IP a los clientes de la red dinámicamente. Cabe destacar que existen otros componentes para estas mismas funcionalidades. La instalación de los mismos se realiza mediante la utilidad de gestión de paquetes de la Raspberry Pi (apt-get) y la configuración se hace a través de archivos, ubicados en la carpeta “/etc”. Existe la posibilidad de hacer un forwarding del tráfico de la red wifi hacia el puerto Ethernet de la Raspberry Pi que, si se encuentra conectado a Internet, puede ofrecer conectividad a los clientes de la red.
- b) Servidor Web: Se instaló el tradicional stack LAMP (Linux-Apache- MySQL-PHP). El proceso de instalación se hace utilizando la herramienta apt-get. También se instala por separado el servidor web, Apache 2, al igual que php5 y MySQL como motor de base de datos. También se instaló phpMyAdmin, que ofrece una interfaz gráfica para interactuar con bases de datos propias. Luego de la instalación, se agregan algunas páginas en “/var/www/html”, para verificar el correcto funcionamiento del servidor web.
- c) Servidor DNS: Para acceder a las páginas web del servidor, es necesario introducir la dirección IP de la Raspberry Pi en el navegador, algo que es

incómodo y poco usable para los clientes de la red. Por lo tanto, se instaló un servidor DNS en la Raspberry Pi. El paquete software se llama “dnsmasq” y se instala mediante apt-get. La instalación requirió cambiar una configuración en el servidor DHCP, cambiando el servidor DNS por defecto a la propia Raspberry, de forma tal que las peticiones DNS de los clientes sean resueltas por dnsmasq. Esta utilidad cuenta con bastantes configuraciones, por el momento sólo se limitó al mapeo de las URLs a la dirección IP de la Raspberry, donde se está ejecutando el servidor web. Por ejemplo, la siguiente línea de configuración:

```
address=www.ejercicios.com.ar
```

permite que los clientes accedan a esa URL en lugar de conocer la dirección IP de la Raspberry. Cabe destacar, que no hay conflictos con dominios ya existentes en la web, debido a la naturaleza offline de este proyecto.

En la **tabla 11**, se presenta a modo de resumen los paquetes que fueron necesarios instalar.

Tabla 11. Paquetes utilizados

Paquete	Descripción	Utilidad
Hostapd	Demonio (servicio) que se encarga de administrar el punto de acceso y además ofrece servicios de autenticación.	Para transformar la Raspberry Pi en un punto de acceso, con capacidades de servidor DHCP y DNS.
Udhcpd	Servidor DHCP. Está incluido en la utilidad “busybox”.	
Dnsmasq	Servidor DNS.	
apache2	Servidor Web.	Hosting de páginas dinámicas que interactúen con una base de datos.
php5	Lenguaje server-side.	
mysql-server	Motor de base de datos.	
phpmyadmin	Interfaz web para administrar bases de datos MySQL.	
Npm	Gestor de paquetes de JavaScript.	
Nodejs	Node.js, servidor JavaScript	Monitoreo de performance de la red que corre en segundo plano. También podrían utilizarse para hostear servicios web que sean consumidos por aplicaciones web.
pm2	Gestor de procesos para Node.js	
lw	Utilidad de Linux para gestionar dispositivos y conexiones inalámbricas.	

Para poder asegurar la conexión de la RPi con diversos dispositivos móviles (**T7**), se desarrollo un sistema de pruebas de conectividad (**T8**).

Es importante tener en cuenta que el ámbito de aplicación podría requerir de la conexión de múltiples usuarios simultáneamente. Para ello, se desarrolló una aplicación utilizando Node.js, que corre en segundo plano mientras la Raspberry está en modo punto de acceso. Dicha aplicación monitorea constantemente la cantidad de usuarios conectados a la red y permite ejecutar una prueba de performance, en la cual se va a almacenar la

cantidad máxima de usuarios y el tiempo que dichos usuarios permanecen conectados a la red en un archivo de log en la Raspberry. En la **figura 4**, se muestra un log generado.

Fecha y hora de inicio	Máxima cantidad de usuarios	Duración
8/10/2017-09:24:29	3	10 segundos
8/10/2017-09:39:42	7	15 segundos
8/10/2017-20:40:49	2	6 segundos
8/10/2017-20:41:7	5	4 segundos
9/10/2017-10:41:17	10	30 segundos
10/10/2017-19:19:46	8	44 segundos
10/10/2017-19:42:32	23	81 segundos

Figura 4. Captura del Log con los datos de los usuarios conectados resultados de las pruebas de performance

Las pruebas se realizaron dentro del Laboratorio del GIDFIS (Grupo de Investigación, Desarrollo y Formación en Innovación de Software), con un total de 23 usuarios accediendo a la RPi en simultáneo, esto evidenció el acceso sin inconvenientes, desde distintos dispositivos tal como se puede observar en la **tabla 12**.

Tabla 12. Cantidad de Usuarios conectados y sus equipos de acceso

Cantidad de Usuarios	Equipo de Acceso
8	Teléfono Celular
3	Tablet
4	Notebooks
6	Computadoras
2	RPi

2.3.3. Etapa 3. Análisis de Recursos

En la tarea de analizar los posibles recursos a implementar (**T9**) se proponen usos de aplicación en diversos campos dado que la Raspberry Pi como punto de acceso y servidor de contenidos sin necesidad de conexión a internet puede aprovecharse en diversos escenarios:

- Educación: en aulas donde no hay conexión a internet o la misma no está disponible permanente, puede utilizarse para:
 - Poner a disposición contenidos web pre-diseñados (texto, imágenes, audio, video).

- Generar preguntas o pequeñas trivias que puedan ser respondidas por los alumnos desde sus dispositivos durante la clase, a fin de sondear la opinión, conocimiento o entendimiento de determinado tema.
- En aulas rurales donde no hay ninguna posibilidad de acceso a internet los docentes podrían incluso clonar algunos sitios útiles para trabajar en clase.
- Vehículos: en movimiento la conexión móvil a internet no siempre está disponible y además se pueden atravesar zonas sin cobertura, por lo tanto, una solución de este tipo podría ser de utilidad en distintos contextos:
 - Turismo: las agencias de turismo, en sus micros o mini-van al realizar excursiones pueden ofrecer contenido para que los turistas puedan ir consultando desde sus propios dispositivos para complementar las explicaciones del guía. Incluso pueden brindarse audio guías en distintos idiomas, videos, etc.
 - Autos particulares: para viajes largos la Raspberry Pi puede configurarse como un media center móvil pre-cargando, algunas películas, series o música que mediante streaming se pueda consumir desde un dispositivo móvil.
 - Taxis, Remises y Colectivos: si bien podría ofrecerse el mismo servicio que para autos particulares, en general, los viajes realizados en estos medios de transporte son más cortos, por lo que podrían clonarse por ejemplo algunos sitios web, de actualidad o de noticias para que el pasajero pueda ir leyendo durante el viaje sin utilizar su conexión a internet. También podría incluirse un módulo GPS para que el pasajero pueda conocer la velocidad del vehículo en el que se desplaza.
 - Como nodos de una red VANET (Vehicular Ad-Hoc Network) permitiendo la comunicación entre diferentes vehículos en forma directa. Estas redes pueden intercambiar en tiempo real información con otros vehículos como posición, velocidad y ser utilizadas para la prevención de accidentes alertando al usuario sobre otros vehículos en la zona.
- Supermercados: para brindar un servicio de consulta de precios sin necesidad de acceder físicamente a un lector. Incluso podría ofrecerse un servicio que permita ir calculando el gasto total realizado por el cliente.
- Salas de espera: además de brindar algunos de los servicios de entretenimiento antes mencionados, también podría generarse un sistema para reservar turnos para distintos

trámites, sin necesidad de que todas las personas tengan que acceder a un único punto para sacar un número. Otra aplicación es consultar en que número está cada tipo de trámite ya que muchas veces no es visible por falta de espacio en las pantallas de los establecimientos (por ejemplo: en bancos donde se ven los últimos números llamados, pero como hay tanta variedad no se pueden mostrar los últimos números de todos los trámites disponibles).

Una vez analizados los distintos usos y escenarios posibles se decide seleccionar dos posibles recursos a implementar (**T10**): (1) Por un lado el de cuestionarios, sobre lo cual ya se comentó previamente en el presente informe, siendo la RPi un servidor de contenidos que despliegue un formulario de cuestionario a responder por los alumnos accediéndolo desde diversos dispositivos móviles; (2) Para el docente poder tener en un pendrive en una carpeta determina, que la denominamos en el primer prototipo (**T11**) RPi, material para compartir en clase con los alumnos. De este modo la RPi actúa sin necesidad de conexión a internet como un servidor de archivos permitiendo ingresar a los alumnos desde sus dispositivos móviles para descargar el material.

Se descarta la tarea (**T12**) por ser la elaboración del informe de avance, correspondiente a las tareas del primer año del proyecto. Se continúa con las tareas correspondientes al segundo año del proyecto.

2.3.4. Etapa 4. Solución Software

Se realiza una revisión del software existente (**T13**), decidiendo implementar en primera instancia un software para cuestionarios. De un análisis de los requerimientos que debe tener la aplicación a implementar surgen los siguientes: (1) Gratuita, (2) Que funcione sobre Java, (3) Que se pueda instalar en un servidor propio (es decir aplicación descargable e instalable, no online), (4) Que permita crear fácilmente preguntas de respuestas múltiples. Incluso una sola pregunta. (5) Que no tenga que hacer clics extras el usuario, que al ingresar visualice la pregunta y sus respuestas. (6) Que se pueda acceder al formulario web por IP. Para simplificar el proceso de selección de software resultante (**T15**) se presenta en forma de resumen la **tabla 13** con tres aplicaciones que cumplen con los requisitos planteados.

Tabla 13. Comparativa entre software que cumplen los requisitos para usarse como generadores de encuestas y cuestionarios

Aplicación	Características	Ventajas	Desventajas
Survey [21]	<p>Posee generador de cuestionarios con preguntas de opción única o múltiple. Genera cuestionarios con extensión .xml y .xsd y puede ser implementado por Tomcat mediante archivo .war, mostrándose las preguntas online y guardando las respuestas en un .xml</p>	<p>Posee generador de preguntas (.jar)</p> <p>Puede levantarse con Tomcat y presentar las preguntas online, pudiendo mostrarse varios cuestionarios al mismo tiempo</p> <p>Guarda las respuestas para poder administrarlas mediante SQL</p> <p>Posee el código para Web, el generador, y las respuestas. (.java y .class).</p>	<p>Hay que modificar el generador para que sea más cómodo.</p> <p>Problemas de permisos al guardar las respuestas en responses.xml en Linux</p> <p>Modificar el front end para una mejor vista</p> <p>Código de difícil comprensión.</p>
HotPotatoes [22]	<p>Generador de cuestionarios de respuesta única o múltiple con agradable interfaz.</p>	<p>Generador de preguntas (.htm) con interfaz cómoda.</p>	<p>No posee opción para utilizarse como servidor.</p> <p>No se guardan las respuestas.</p>
Testmaker [23]	<p>Permite carga, creación y modificación de cuestionarios, y guarda las respuestas disponibles para ser vistas y administradas desde MySQL.</p>	<p>Permite la creación de cuestionarios con preguntas abiertas, verdadero y falso, opción única y múltiple.</p> <p>Guarda las respuestas en archivo .csv, .access y raw, permitiendo su manejo mediante MySQL.</p> <p>Posibilidad de parsear los archivos con las respuestas para poder mostrar gráficos.</p> <p>Se cuenta con el código fuente, lo cual permitirá hacer cambios y agregados en la aplicación.</p>	<p>No posee generador de preguntas con interfaz, deben modificarse y crearse mediante un editor de texto o mediante bibliotecas php.</p>

Se selecciona testmaker como software de base al que se le hace modificaciones necesarias para adaptarlo. Lo que conduce a una tarea planificada previamente que tiene relación con la construcción de software a medida (T14), en realidad lo que se decide es adaptar este software existente.

Se modificó el código fuente para implementar una solución adaptativa que se ajuste correctamente a los distintos dispositivos móviles (independientemente del tamaño de pantalla ó resolución). De esta forma el sitio web que ve el alumno, con el cuestionario generado se visualizará correctamente sin tener que hacer zoom sobre los controles, scroll en ambas direcciones, etc. “Es importante comprender que el diseño adaptativo no es una versión diferente del sitio web, sino que es el mismo sitio que se va adaptando y acomodando sus elementos para una mejor visualización en el dispositivo de acceso” [24]. Esto implicó analizar el código fuente para poder cambiar la generación de los componentes del formulario por controles adaptativos. Para ello se eligió un framework adaptativo W3CSS [25] no tan popular como Bootstrap [26] o Foundation [27], pero es un framework liviano un poco más reducido en cantidad de recursos, pero con los suficientes para lograr el objetivo planteado.

En la **figura 5**, la visualización inicial del formulario (a la izquierda) donde puede notarse la necesidad de hacer zoom para poder ver los ítems así la dificultad para el uso de los controles; mientras que a la derecha notarse la diferencia de visualización luego de la adaptación del entorno.

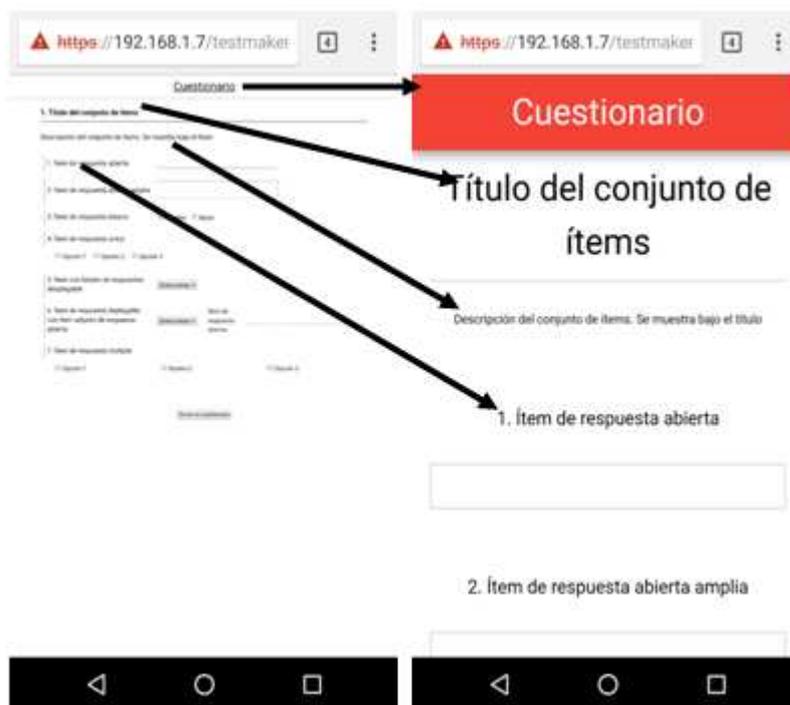


Figura 5. Comparativa entre la misma porción de formulario. A la Izquierda Visualización típica y a la Derecha adaptada según el dispositivo de acceso.

Se desarrolló una aplicación (**T14**) utilizando Node.js para visualizar los resultados de los cuestionarios en tiempo real. Esta aplicación lee el archivo de resultados en forma periódica y calcula si hubo diferencias respecto a la lectura anterior. En caso afirmativo, le envía a los clientes los resultados actualizados, utilizando socket.io para la conexión entre el servidor (Raspberry Pi) y los clientes (dispositivos que están visualizando los resultados). Si no hubo cambios respecto a la lectura anterior, no se envía nueva información a los clientes, evitando que los mismos rendericen los gráficos innecesariamente y también evitando un impacto negativo en la performance de la red, ya que no es saturada con información innecesaria.

La interfaz web muestra un gráfico por cada pregunta del cuestionario, se eligió un gráfico de torta para las preguntas del tipo “multiple-choice”. Los gráficos son renderizados utilizando “Chart.js”, una biblioteca de código abierto que permite agregar gráficos adaptativos a una página web. Los gráficos no se actualizan en forma periódica, sino que lo hacen cuando reciben nueva información, como se detalló anteriormente.

Esta aplicación, al igual que el monitor de performance, corren en segundo plano cuando la Raspberry se encuentra en modo “punto de acceso”. PM2 se encarga de ejecutar las aplicaciones cuando la Raspberry se inicia. Se puede acceder a la aplicación de resultados desde cualquier dispositivo conectado a la Raspberry Pi utilizando una URL fácil de recordar: “http://gidfis.com.ar/resultados”. La dirección “tradicional” sería “http://192.168.0.1:8000”, pero gracias a la utilización del servidor DNS y del reverse proxy, se puede transformar esa dirección en una URL significativa y recordable.

También se desarrollo (**T14**) un servidor de archivo, con el fin de poder distribuir fácilmente archivos entre los estudiantes sin necesidad de disponer conexión a Internet se desarrolló una aplicación que convierte a la Raspberry Pi en un servidor de archivos portátil. El solo hecho de encender la RPi dispara un proceso automático que configura una red wifi para conectarse en forma directa a ella utilizando cualquier dispositivo. La RPi también inicia un servidor web para acceder en forma remota a los contenidos y un servidor DNS para poder escribir la URL de acceso por nombre en lugar de necesitar conocer la IP del servidor. Una vez encendida la RPi un proceso automático (denominado demonio en Linux, similar a un servicio en windows) queda a la espera de que el docente inserte un pendrive con los archivos a compartir. Cuando se inserta un pendrive el demonio busca si existe una carpeta llamada RPi. Si dicha carpeta existe, entonces mediante una interfaz web se comparten en forma automática todos los archivos que están en la misma, de forma que rápidamente cualquier alumno desde su propio dispositivo puede descargar los archivos brindados por el docente sin necesitar Internet, lo que reduce gastos e infraestructura necesaria.

En la **figura 6** se puede observar distintos archivos compartidos que se encuentran en el pendrive y son compartidos mediante una interfaz web con la RPi.

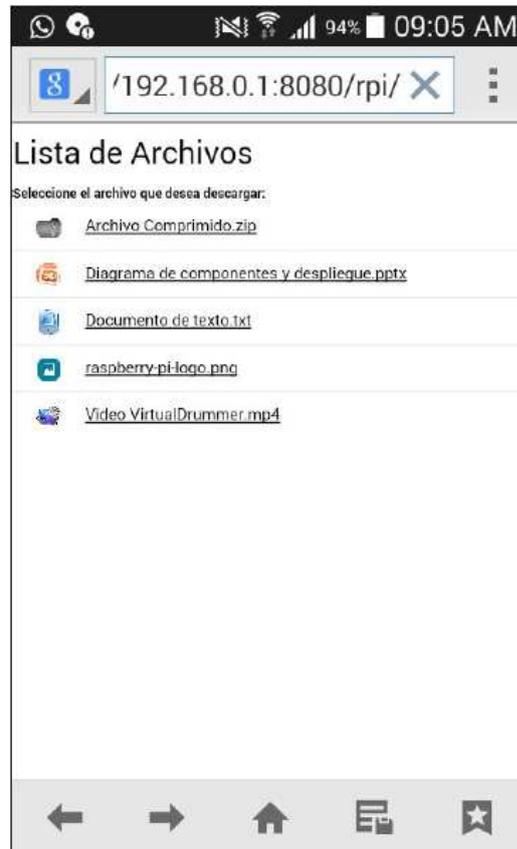


Figura 6. Listado de archivos compartidos mediante el servidor de contenidos portátil

2.3.5. Etapa 5. Implementación

En cuanto al desarrollo e instalación (**T16**), tal como se menciona en el apartado anterior fue necesario modificar un software existente y así también armar algunos componentes adicionales como lo fue la visualización de resultados en tiempo real. En cuanto a la instalación dado que las Raspberrys no cuentan con disco sino que el sistema operativo y los programas se guardan en una memoria micro SD, lo que se hizo fue implementarlo en una y luego copiar la imagen de dicha memoria para poder replicar la solución rápidamente para poder utilizarla en otra Raspberry Pi (RPi). Por otra parte para realizar las primeras pruebas de funcionamiento (**T17**) se desarrolló otro componente que permite analizar los usuarios conectados a la RPi.

Teniendo en cuenta que el ámbito de aplicación podría requerir de la conexión de múltiples usuarios, es importante saber cuántos podrán conectarse simultáneamente a la red creada por la Raspberry Pi. Para ello, se desarrolló una aplicación utilizando Node.js, que corre en segundo plano mientras la Raspberry está en modo punto de acceso. Dicha aplicación monitorea constantemente la cantidad de usuarios conectados a la red y permite

ejecutar una prueba de performance, en la cual se va a almacenar la cantidad máxima de usuarios y el tiempo que dichos usuarios permanecen conectados a la red en un archivo de log en la Raspberry. En la **figura 7**, se muestra un log generado, que se corresponde con las pruebas realizadas durante el primer año del proyecto, en las que simplemente se analizaba la conectividad simultanea. Estas pruebas se realizaron dentro del Laboratorio del GIDFIS (Grupo de Investigación, Desarrollo y Formación en Innovación de Software), con un total de 23 usuarios accediendo a la RPi en simultáneo, esto evidenció el acceso sin inconvenientes, desde distintos dispositivos tal como se puede observar en la **tabla 14**.

Fecha y hora de inicio	Máxima cantidad de usuarios	Duración
8/10/2017-09:24:29	3	10 segundos
8/10/2017-09:39:42	7	15 segundos
8/10/2017-20:40:49	2	6 segundos
8/10/2017-20:41:7	5	4 segundos
9/10/2017-10:41:17	10	30 segundos
10/10/2017-19:19:46	8	44 segundos
10/10/2017-19:42:32	23	81 segundos

Figura 7. Captura del Log con los datos de los usuarios conectados resultados de las pruebas de performance

Tabla 14. Cantidad de usuarios conectados y sus equipos de acceso

Cantidad de Usuarios	Equipo de Acceso
8	Teléfono Celular
3	Tablet
4	Notebooks
6	Computadoras
2	RPi

Luego se implementó la solución **(T18)**, aprovechándola para la cátedra de Fundamentos de TICs (materia del primer año, para las carreras de ingeniería), en donde se tomaron consideraron 3 cursos, uno en cada turno (mañana, tarde y noche). Utilizando la aplicación desarrollada en la clase previa a cada parcial de la materia. Es decir la aplicación se utiliza actualmente en el ámbito universitario, en donde si bien hay conexión WIFI, esta suele resultar lenta y en algunos casos no funciona debido a la gran cantidad de alumnos que se conectan a la red. Para tener mayor portabilidad se utilizó un cargador portátil y si bien la RPi indica que su toma de corriente es de 2,5 A (amperes) debido a que la solución no utiliza componentes externos con un cargador portátil de 1,5 A funciona correctamente.

En cuanto a los resultados obtenidos (**T19**), se utilizaron estos recursos en 3 cursos (cada uno de ellos en una franja horaria distinta). Se muestran a continuación los resultados obtenidos al emplear el recurso que permite crear formularios con preguntas. Este recurso es muy útil para un repaso rápido al finalizar cada unidad e incluso para repasar previo al examen. Tomando en consideración la clase antes del examen, participaron entre los 3 cursos: 136 alumnos. El curso con mayor cantidad de alumnos conectados fue el del turno mañana con 53 alumnos. En cuanto a la participación fue posible notar que los porcentajes de uso fueron altos (turno mañana: 96,23%; turno tarde: 88,37% y turno noche: 100%), en comparación con las mismas prácticas realizadas sin mediar tecnología la participación se incrementa notablemente. Verificando que el alumno ya no tiene el temor que implica levantar la mano para votar por una opción que luego pueda no ser correcta dejándolo en evidencia, dado que esta metodología es anónima. Incluso soluciona el problema de aquellos alumnos que eligen votar la opción en la que ven mucha cantidad de manos (votos). También para el docente no tener que leer cada respuesta y contabilizar votantes agiliza significativamente los tiempos de la clase. En la **figura 8** se muestra a modo de ejemplo una captura del formulario utilizado para el repaso realizado en la clase previa al parcial 1. En el **gráfico 3** se muestran los resultados obtenidos por el curso de la tarde (los cuales se han capturado desde la pantalla de celular del docente), para la pregunta 6 del formulario mostrada en la figura previa. El docente ve la pregunta y la cantidad de alumnos/porcentaje que seleccionaron cada una de las respuestas. Esto le permite rápidamente validar la comprensión del curso sobre determinados temas pudiendo reexplicarlos al notar que la mayoría no vota por la opción correcta.

Cuestionario

Cuestionario Parcial 1

6. Indicar cual de las siguientes afirmaciones es correcta para una XOR

- a) Genera bit de paridad impar en 1
- b) Detecta bit de paridad par en 1
- c) Negar su salida es equivalente a negar cada una de sus entradas
- d) Es un inversor controlado
- e) Su tabla de verdad está compuesta por un único minitérmino

Figura 8. Visualización del Cuestionario para una pregunta particular

6) Indicar cual de las siguientes afirmaciones es correcta para una XOR

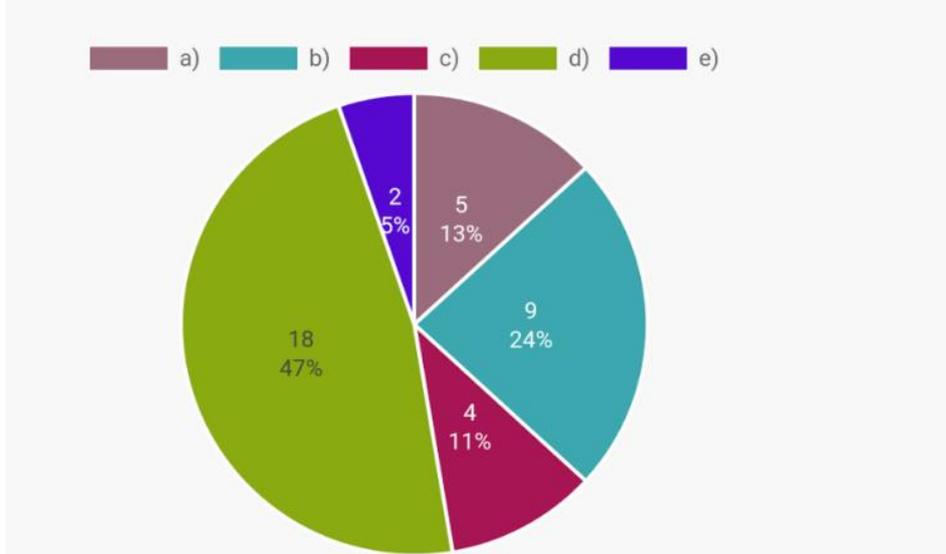


Gráfico 3. Listado de resultados tomando las respuestas de los alumnos para una pregunta particular

De esta manera se sintetizan los resultados obtenidos al utilizar la aplicación adaptada (T19) junto con los componentes desarrollados, como lo es la visualización de los resultados. No se consigna la tarea (T20) por ser la realización del presente informe final del proyecto.

3. Resultados Obtenidos

3.2. Difusión de resultados

Se realizaron las siguientes publicaciones:

1. WICC 2017 (Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación)

Título: “Raspberry Pi como Servidor Portátil de Contenidos para ser Consumidos desde Dispositivos Móviles”

Resumen: Los alumnos “nativos digitales” suelen traer al aula teléfonos celulares y otros dispositivos como tablets o lectores de libros. Estos dispositivos en su mayoría cuentan con conectividad wifi y acceso a internet por lo que pueden utilizarse para acceder a recursos para trabajar en clase. Sin embargo, no siempre se dispone de una conexión a internet o en algunos casos la señal no es estable y no permite acceder a recursos con la fluidez suficiente. Una posible solución es crear una red dentro del aula donde el docente pueda llevar consigo un servidor de contenidos portátil y los alumnos puedan acceder al mismo utilizando sus propios dispositivos. En este proyecto se generará una solución de bajo costo, implementando como servidor una Raspberry Pi, sobre la cual se instalarán programas específicos planificados para ser utilizados en el aula.

Este servidor permitirá consumir los contenidos accediendo por medio de dispositivos móviles utilizando conexión wifi a una red generada desde el propio servidor. En el prototipo a realizar, se conectará una pantalla táctil de tamaño reducido lo que permitirá la portabilidad de la solución, en donde el docente podrá visualizar una síntesis de los resultados propuestos por los alumnos a los problemas planteados, así como su respuesta a preguntas específicas.

2. CACIC 2017 (Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información)¹

Título: “Implementación con Raspberry Pi de un Servidor Portatil de Contenidos”

Resumen: En diversos ámbitos la conexión a internet no está disponible o la misma no es lo suficientemente estable como para poder ser utilizada en forma constante por un conjunto de personas. Para estos casos donde el uso de servicios web puede ser beneficioso, es necesario contar con un servidor que no dependa de la conexión a internet, es decir un servidor de contenidos portátil. La Raspberry Pi es una minicomputadora portátil de bajo costo y con el poder de cómputo suficiente como para ejercer este rol. Este trabajo se enfoca en cómo utilizar la Raspberry Pi no sólo como servidor de contenidos portátil sino también como punto de acceso. Haciendo que este servidor portátil no requiera de infraestructura de red adicional, permitiendo a los usuarios finales acceder desde diversos dispositivos. Los diversos usos de este enfoque serán analizados en el presente trabajo.

3. WICC 2018 (Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación)

Título: “Implementación de Soluciones con Raspberry Pi accesibles desde dispositivos móviles”

Resumen: La Raspberry Pi (RPi) es un SBC (Single Board Computer) que tiene el tamaño de una tarjeta de crédito, desarrollada en Reino Unido por la fundación Raspberry Pi. El modelo más reciente RPi 3 incorpora wifi, a diferencia de los modelos previos a los que era necesario agregarle por USB una pequeña placa externa. El bajo costo y sobre todo su portabilidad ofrecen un atractivo como para desempeñar una gran cantidad de soluciones.

¹ EXPOSICIÓN DISTINGUIDA: Cabe destacar el reconocimiento obtenido como mejor exposición distinguida la realizada por Pablo Cammarano en CACIC: <http://163.10.22.64/exposiciones-distinguidas/>

En este proyecto se diseña y desarrollan soluciones que tienen como servidor a la RPi y cuyos clientes serán dispositivos móviles.

Debido a las prestaciones y características de la RPi es posible configurarla como servidor de contenido y a su vez como punto de acceso wifi, brindando una solución completa en un tamaño reducido y sin necesidad de contar con hardware o infraestructura de red adicional. Esta característica permite generar una gran cantidad de soluciones algunas de las cuales se presentan en el presente artículo a modo de ilustrar el trabajo que se está realizando en la presente línea de I+D (Investigación y Desarrollo).

4. Congreso Internacional de Ciencias de la Computación y Sistemas de Información (CICCSI 2018)

Título: “Recursos Construidos para ser Consumidos desde Dispositivos Móviles sin necesidad de Acceso a Internet”

Resumen: Hoy en día la mayoría de los recursos dependen de tener conectividad a Internet. Las aplicaciones y repositorios en la nube son cada vez más populares y el software también comienza a estar disponible en línea sin necesidad de instalarlo localmente. Pero qué pasa ¿cuándo la señal de Internet es débil, está saturada o simplemente la zona no tiene cobertura alguna? Para estos casos el grupo de investigación está trabajando en la construcción de una serie de recursos que pueden ser consumidos desde dispositivos móviles sin necesidad de Internet. Esto se logra con una Raspberry Pi, esta microcomputadora puede ser configurada como un punto de acceso y a la vez como servidor, por lo que con un único hardware de tamaño reducido es posible poner a disposición una diversa variedad de recursos que pueden ser aplicados en distintos ámbitos. Este artículo muestra dos de los recursos generados y su aplicación.

5. REVISTA IEEE

Título: “Using Raspberry Pi to create a solution for accessing Educative Questionnaires from Mobile Devices”

Resumen: Raspberry Pi has the capability of being configured as an access point and as a web server, so it can be used for creating applications reachable from mobile devices without needing an internet connection. The proposal is based on the possibility for students to answer questionnaires from their mobile devices. The teacher can observe answers in real time. This solution adds dynamism integrating the existing mobile devices in the classroom. This article explains the proposal

features in terms of used hardware and software, as well as the functional tests performed and their implementation allowing replication.

<https://www.researchgate.net/publication/328979006> Using Raspberry Pi to create a solution for accessing Educative Questionnaires from Mobile Devices

6. REVISTA REDDI (revista del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, UNLaM)

En Edición

Título: “Utilización de la Raspberry Pi para construir Redes Adhoc”

Resumen: Las Redes Móviles Ad Hoc (MANET: Mobile Ad hoc NETWORK), son redes de formación espontánea, sin infraestructura fija, formada por nodos inalámbricos móviles. Por su parte la Raspberry Pi, es una computadora de tarjeta única, de alta portabilidad y muy bajo costo. Este trabajo, propone la implementación de Redes Ad Hoc, utilizando una Raspberry Pi como servidor de contenidos y teléfonos móviles como nodos, para su aplicación en el campo educativo, teniendo en cuenta su gran difusión entre los estudiantes y la posibilidad de establecer redes en entornos donde la conexión Wi Fi no se encuentra disponible.

3.3. Gestión y Formación de Recursos Humanos (altas y/o bajas)

No se produjeron altas ni bajas en el transcurso del proyecto.

En el proyecto inicialmente se contempló la participación de estudiantes de tres carreras de la Universidad, quienes han cumplido en tiempo y forma las tareas solicitadas:

- Federico Ezequiel Vallés (Ingeniería en Electrónica)
- Pablo Cammarano (Ingeniería en Informática)
- Mariano Dogliotti (Licenciatura en Gestión de la Tecnología)
- Gabriela Yanina Vallés (Ingeniería en Electrónica)

Cabe destacar que los tres primeros de la lista se han graduado en el primer año del proyecto y continuaron participando del mismo en el segundo año. Cabe destacar también que Pablo Cammarano obtuvo un reconocimiento siendo seleccionado entre los mejores egresados de Carreras de Ingeniería en Argentina otorgado por la Academia Nacional de Ingeniería. También es necesario mencionar que en el transcurso del segundo año del proyecto también se graduó Gabriela Vallés, por lo cual todos los alumnos avanzados incorporados al proyecto consiguieron graduarse.

3.4. Transferencia efectuada en el marco del proyecto.

La transferencia fue efectuada por una parte mediante la presentación de diversos artículos que ha permitido compartir el conocimiento obtenido con otros pares. Así también hacia las cátedras a las que pertenecen los miembros del grupo de investigación permitiendo renovar contenidos y ejemplos impartidos. De hecho miembros del grupo de investigación son jefes de cátedra en las asignaturas: Elementos de Programación, Fundamentos de TICs e Informática Avanzada; esto permite ágilmente vincular los resultados del proyecto en dichas cátedras.

4. Vinculación con otros grupos de investigación / organismos.

No se formalizó una vinculación con otros grupos de investigación u organismos.

5. Conclusiones

En el presente proyecto fue posible ejecutar todas las tareas planificadas en tiempo y forma. Como resultados obtenidos además de las 6 publicaciones efectuadas, fue posible obtener recursos funcionales los cuales han sido instalados en las Raspberry Pi y además utilizados en la cátedra de Fundamentos de TICs materia del primer año de ingeniería. Lo cual permite por una parte enriquecer las actividades realizadas en el aula y por otra parte que los alumnos tengan un acercamiento mejor al hardware y a las redes ad hoc que son temáticas que incluye la materia, pudiendo además integrar a esta red, cuyo servidor portátil es la Raspberry Pi, sus propios dispositivos móviles. Actualmente todos los alumnos tienen teléfono celular con lo cual es una manera de aprovechar este recurso existente.

6. Referencias

- [ALI13] Murat Ali, Jozef Hubertus Alfonsus Vlaskamp, Nof Nasser Eddiny, Ben Falconer and Colin Oram. "Technical Development and Socioeconomic Implications of the Raspberry Pi as a Learning Tool in Developing Countries". School of Engineering, The University of Warwick, Coventry, CV4 7AL, UK. 2013. <http://ieeexplore.ieee.org/document/6659454/>
- [ALV17] Jose Alvarez and Stephane Maag, Fatiha Zaïdi. Monitoring dynamic mobile ad-hoc networks: A fully Distributed Hybrid Architecture. SAMOVAR, Telecom SudParis, Université Paris-Saclay. 2017. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7920938>
- [ANI16] T. ANITHA , T. UPPALAI AH. Android Based Home Automation using Raspberry Pi. Dept of IT, Gokaraju Rangaraju Institute of Engineering and Technology, Bachupally, TS, India. 2016. <http://ijitech.org/uploads/623514IJIT8573-11.pdf>
- [ATH16] Chirag Atha, Kshitij Baranwal, Varad Desai, Dr Sunil Wankhade. Review Paper on Home Automation System using Raspberry PI. Department of Information Technology M.C.T

Rajiv Gandhi Institute of Technology. Mumbai, India. 2016.
http://www.ijritcc.org/download/browse/Volume_4_Issues/October_16_Volume_4_Issue_10/1477755301_29-10-2016.pdf

- [BAH17] Prof. V.D. Bharate, Shubham Sunil Phadatare, Suhas Panchbhai, Vishal Pawar. Emotion Detection using Raspberry Pi. Electronics and Telecommunication Dept., Sinhgad Academy of Engineering, University of Pune , India.
<https://www.irjet.net/archives/V4/i5/IRJET-V4I5153.pdf>
- [BAR14] Hichem BARGAOUI, Rawia BDIWI ESPRIT. "Smart classroom: Design of a gateway for ubiquitous classroom". Private Higher School of Computer Science and Technology. Tunis, Tunisia. 2014. <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7009206/>
- [BAR16] Admir Barolli, Tetsuya Oda, Leonard Barolli, Makoto Takizawa. Experimental Results of a Raspberry Pi and OLSR Based Wireless Content Centric Network Testbed Considering OpenWRT OS. Logos University. Rr. "Dritan Hoxha", Pallati Komfort (mbi NBG), Tirana, Albania. 2016.
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7474075/>
- [BER13] Josh Berk, Jeremy Straub, David Whalen. "The Open Prototype for Educational NanoSats: Fixing the Other Side of the Small Satellite Cost Equation". Department of Space Studies, University of North Dakota, 4149 University Ave, USA. 2013.
<http://ieeexplore.ieee.org/document/6497393/>
- [BER15] J. Bermúdez-Ortega, E. Besada-Portas, J.A. López-Orozco, J.A. Bonache-Seco, J.M. de la Cruz . "Remote Web-based Control Laboratory for Mobile Devices based on EJS, Raspberry Pi and Node.js J.". Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. España. 2015.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240589631502488X>
- [BON13] Bram Bonné; Arno Barzan; Peter Quax; Win Lamotte. "WiFiPi: Involuntary Tracking of Visitors at Mass Events". Hasselt University – tUL- iMinds,2013.
<http://ieeexplore.ieee.org/document/6583443>
- [BRO15] J. Dean Brock Being the DBA (database administrator): nifty assignment. Department of Computer Science University of North Carolina at Asheville. USA. December 2015.
http://delivery.acm.org/10.1145/2840000/2831477/p275-brock.pdf?ip=209.13.156.101&id=2831477&acc=PUBLIC&key=EDDE08F01F8D8211%2EEDDE08F01F8D8211%2E4D4702B0C3E38B35%2E4D4702B0C3E38B35&CFID=826811831&CFTOKE N=33758100&_acm_ =1510072820_e6c91e571304e8be21f328c6442e5589
- [BRU15] Rebecca F. Bruce, J. Dean Brock, Susan L. Reiser. "Make Space for the Pi". Department of Computer Science. University of North Carolina at Asheville Asheville, NC 28804. April 2015. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7132994/>
- [CAL04] Calderón, Oscar J., and VÍCTOR M. QUINTERO. "Un nuevo aspecto de la movilidad: Redes Ad Hoc–Conceptos." Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada 1.3 (2004): 59-64.
http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_40/recursos/01_general/revista_3/13102011/08.pdf
- [CAL12] Victor Callaghan. "Buzz-Boarding; Practical Support for Teaching Computing Based on the Internet-Of-Things". University of Essex. COLCHESTER, UK. April 2012.
https://www.heacademy.ac.uk/system/files/resources/victor_callaghan_paper_0.pdf
- [CHA17] Vivek N. Chavan, M. D. Jakhete. Industrial Automation Control Using Raspberry Pi and Zigbee. Digital Electronics, G.H. Rasoni Institute of Engineering and Management, Jalgaon, Maharashtra, India. <http://ijsrst.com/paper/1121.pdf>
- [CUO17] Francesco Cuomo, Eric Mibuari, Komminist Weldemariam, Osamuyimen Stewart. Leveraging Raspberry Pi for interactive education. IBM Research – Africa. December 2013
<http://delivery.acm.org/10.1145/2540000/2537068/a16->

[cuomo.pdf?ip=209.13.156.101&id=2537068&acc=NO%20RULES&key=EDDE08F01F8D8211%2EEDDE08F01F8D8211%2E4D4702B0C3E38B35%2E4D4702B0C3E38B35&CFID=826811831&CFTOKEN=33758100&acm=1510072029_e1fe52feddad03eafb30cfedeafcc674](https://www.researchgate.net/publication/282466828_Real-Time_Transmission_of_Voice_Over_80211_Wireless_Networks_Using_Raspberry_Pi)

- [DAS14] Rajeeb Lochan Dash, Mrs. A. Ruhan Bevi. "Real-time Transmission of Voice over 802.11 Wireless Networks Using Raspberry Pi". Electronics and Communication Department, SRM university, Kattankulathur, Chennai, India. 2014. https://www.researchgate.net/publication/282466828_Real-Time_Transmission_of_Voice_Over_80211_Wireless_Networks_Using_Raspberry_Pi
- [DHA14] L. F. D'Haro, R. de Córdoba, J. I. Rojo, J. Díez, D. Avendaño, J.M. Bermudo. "Low-Cost Speaker and Language Recognition Systems Running on a Raspberry Pi". Univ. Politec. de Madrid, Madrid, Spain Junio 2014. <http://ieeexplore.ieee.org/document/6868880/>
- [DHA17] Himani Singh Dhama, Nidhi Chandra, Nishank Srivastava, Avanish Pandey. Raspberry Pi Home Automation Using Android Application. Department of Electrical and Electronics Engineering PSIT, Kanpur India. <https://www.ijariit.com/manuscripts/v3i2/V3I2-1350.pdf>
- [DME16] Aldrich D'mello, Gaurav Deshmukh, Manali Murudkar and Garima Tripathi. Home Automation using Raspberry Pi 2. Department of Information Technology, Fr Conceicao Rodrigues College of Engineering, Bandra, Mumbai, Maharashtra, India. 2016. <http://inpressco.com/wp-content/uploads/2016/05/Paper1.750-754.pdf>
- [DOU17] Kevin Doucet, Jian Zhang. Learning Cluster Computing by Creating a Raspberry Pi Cluster. Department of Math and Computer Science Denton, TX U.S.A. April 2017. http://delivery.acm.org/10.1145/3080000/3077324/p191-doucet.pdf?ip=209.13.156.101&id=3077324&acc=NO%20RULES&key=EDDE08F01F8D8211%2EEDDE08F01F8D8211%2E4D4702B0C3E38B35%2E4D4702B0C3E38B35&CFID=826811831&CFTOKEN=33758100&acm=1510072132_71209846fe59ad930db5c740584466fe
- [ELA17] Hala ElAarag. Deeper learning in computer science education using raspberry pi. Department of Math and Computer Science Stetson University DeLand, Florida. USA. December 2017 http://delivery.acm.org/10.1145/3150000/3144670/p161-elaarag.pdf?ip=209.13.156.101&id=3144670&acc=PUBLIC&key=EDDE08F01F8D8211%2EEDDE08F01F8D8211%2E4D4702B0C3E38B35%2E4D4702B0C3E38B35&CFID=826811831&CFTOKEN=33758100&acm=1510072662_1f92b14b3926db972effcb9694c3d571
- [FIS15] Roy Fisher, Lehlogonolo Ledwaba, Gerhard Hancke and Carel Kruger. Open Hardware: A Role to Play in Wireless Sensor Networks? Advanced Sensor Networks Research Group, University of Pretoria, Lynwood Road, Pretoria 0083, South Africa.2015 <http://www.mdpi.com/1424-8220/15/3/6818/htm>
- [FLO16] Kristoffer O. Flores, Isidro M. Butaslac, Jon Enric M. Gonzales, Samuel Matthew G. Dumlao, Rosula S.J. Reyes. Precision Agriculture Monitoring System using Wireless Sensor Network and Raspberry Pi Local Server. Department of Electronics, Computer and Communications Engineering. Ateneo de Manila University. Katipunan Ave., Quezon City, 1108 Metro Manila, Philippines. 2016. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7848600/>
- [FOL14] C. Bryan Foltz. Network administration with the Raspberry PI. University of Tennessee at Martin Department of Management, Marketing, and Information Systems Martin, TN. May 2014 . http://delivery.acm.org/10.1145/2610000/2600636/p66-foltz.pdf?ip=209.13.156.101&id=2600636&acc=PUBLIC&key=EDDE08F01F8D8211%2EEDDE08F01F8D8211%2E4D4702B0C3E38B35%2E4D4702B0C3E38B35&CFID=826811831&CFTOKEN=33758100&acm=1510072381_7d491b8b48d4677d066f76088a8fce96
- [GAN15] Soundhar Ganesh S, Venkatash S, Vidhyasagar P, Maragatharaj S. "Raspberry Pi

Based Interactive Home. Automation System through Internet of Things". Marzo 2015.
<http://www.ijraset.com/files/serve.php?FID=1942>

- [GAS16] Vladimír Gašpar, Zuzana Vantová. "Design of an Intelligent Classroom" Technical University of Košice/Department of Cybernetics and Artificial Intelligence, Košice, Slovak Republic. Noviembre 2016. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7846413/>
- [GOU17a] D.Shekar Goud, V.Naveen Kumar. Advanced Handheld Electronic Banking System Using Raspberry Pi. Department of Electronics and Communication Engineering, Ellenki Group of Institutions, Hyderabad, India. 2017
<http://arjst.com/pdfs/VOLUME%204/ISSUE%201/ARJST-04-01-053/ARJST-04-01-053%20Advanced%20Handheld%20Electronic%20banking%20System%20using%20Raspberry%20pi.pdf>
- [GOU17b] G. RAMESH GOUD, GUGULOTH DEVILAL, C. RAMESH KUMAR REDDY. Automatic Plant Irrigation System using ARM11 Based Raspberry Pi. Dept of ECE, MIT, Hyderabad, TS, India. 2017.
<http://ijsetr.com/uploads/413652/IJSETR13545-77.pdf>
- [GUP15] M.Surya Deekshith Gupta, Vamsikrisna Patchava, Virginia Menezes. Healthcare based on IoT using Raspberry Pi. Dept. of Electronics and Communication, ISM-Dhanbad, Jharkhand, India. 2015.
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7380571/>
- [HEE13] Richard Heeks, Andrew Robinson. "Ultra-Low-Cost Computing and Developing Countries". Communications of the ACM. | august 2013 | vol. 56 | no. 8.
<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2492016>
- [HON15] Hua-Jun Hong, Shu-Ting Wang, Chih-Pin Tan, Tarek El-Ganainy, Khaled Harras, Cheng-Hsin Hsu, Mohamed Hefeeda. Challenged Content Delivery Network: Eliminating the Digital Divide. National Tsing Hua University. Taiwan Roc. October 2015 . <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2807970>
- [HSU11] Sue-Chen Hsueh, Jing-Yan Lin, and Ming-Yen Lin, "Secure Cloud Storage for Convenient Data Archive of Smart Phones", 2011 IEEE 15th International Symposium on Consumer Electronics.
<http://ieeexplore.ieee.org/document/5973804/>
- [HU14] Yongbin Hu, Ronghuai Huang. Development of Weather Monitoring System based on Raspberry Pi for Technology Rich Classroom Collaborative & Innovative Center for Educational Technology, Beijing Normal University, China. 2014.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-44188-6_18
- [ING17] Trupti Rajendra Ingale. A Review paper on Biometrics Implementation Based on Internet of things using Raspberry Pi. Computer Science & Engineering, Hindi Seva Mandal's, Shri Sant Gadge Baba College of Engineering & Technology, Bhusawal, Jalgaon, Maharashtra, India. 2017. <http://ijsrceit.com/paper/CSEIT1722258.pdf>
- [JAM15] Peter Jamieson, Jeff Herdtnr. "More Missing the Boat - Arduino, Raspberry Pi, and Small Prototyping Boards and Engineering Education Needs Them". Department of Electrical and Computer Engineering, Miami University Oxford, Ohio 45056
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7344259/>
- [KOC14] Michal Kochlán, Michal Hodon, Lukáš Cechovic, Ján Kapitulík, Matúš Jurecka . WSN for Traffic Monitoring using Raspberry Pi Board. University of Žilina Faculty of Management Science and Informatics. Slovakia. 2014. https://annals-csis.org/Volume_2/pliks/310.pdf
- [KRI17] M.Krishnavarhini, N.Sivakami, P.Suganya, M.Sheerinbegum, G. Saranya. Raspberry Pi Based Paralyze Attack Rehabilitation System. Parisutham Institute of Technology and Science , Department of Electronics and Communication Engineering , Tamil Nadu , India. <https://www.irjet.net/archives/V4/i3/IRJET-V4I3710.pdf>
- [KUM16] R. Kumar, M. Pallikonda Rajasekaran. An IoT based patient monitoring system using

- Raspberry Pi. Department of Electronics and Communication Engineering. Kalasalingam University. Tamilnadu. India. 2016. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7725378/>
- [KUM17] R.Surya Kumar ,P.Kingston Stanley, A.Sanjeevi Gandhi. Automated Vehicle Collision Avoidance and Navigation Using Raspberry Pi. Department of Electrical Technology, Karunya University, Coimbatore, India. 2017. <http://www.ijetjournal.org/Volume3/Issue4/IJET-V3I4P6.pdf>
- [KUR17] Stan Kurkovsky, Chad Williams. Raspberry Pi as a Platform for the Internet of Things Projects: Experiences and Lessons. Central Connecticut State University, New Britain, CT, USA. June 2017 <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3059028>
- [LAK17] R.Dhana Lakshmi, P.Leeela Priya, G.Lokanyaa, J.Sharmila. Security System using Raspberry Pi With Door Lock Controller. S.A Engineering College, India. 2017. <http://ijesc.org/upload/0f42dbb7722ecf301d8e54a8d0e0a97e.Security%20System%20using%20Raspberry%20Pi%20With%20Door%20Lock%20Controller.pdf>
- [LEV14] Think LE VINH. Samia BOUZEFRANE. Trusted Platforms to secure Mobile Cloud Computing. CEDRIC Lab Conservatoire National des Arts et Métiers - CNAM Paris. 2014. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7056876/>
- [LIN16] Jimmy Lin, Zhucheng Tu, Michael Rose, Patrick White. Prizm: A Wireless Access Point for Proxy-Based Web Lifelogging. University of Waterloo, Waterloo, ON, Canada. October 2016. <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2983581>
- [MAK15] Mirjana Maksimovic, Vladimir Vujovic, Nikola Davidović, Branko Perisic. "Raspberry Pi as Internet of Things hardware: Performances and Constraints". University of East Sarajevo. Julio 2015. https://www.researchgate.net/publication/272175660_Raspberry_Pi_as_Internet_of_Things_hardware_Performances_and_Constraints
- [MEN15] Virginia Menezes, M.Surya Deekshith Gupta, Vamsikrisna Patchava. Surveillance and monitoring system using Raspberry Pi and SimpleCV. Dept. of Electronics and Telecommunication. St. Francis Institute of Technology. Mumbai. India. 2015. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7380661/>
- [MER17] H. K. Merchant, D. D. Ahire. Industrial Automation using IoT with Raspberry Pi. Department of Electronics and Telecommunication, Matoshri college Engineering and Research center, Nashik Savitribai Phule Pune University, Pune, India. 2017. <https://pdfs.semanticscholar.org/87cb/92d1ae21ab73994698a0735b06afb0fe8f73.pdf>
- [MIT17] J. Parker Mitchell, Aaron R. Young, Jordan Sangid, Kelley A. Deuso, Patricia J. Eckhart, Taher Naderi, Mark Dean. Performance, Management, and Monitoring of 68 Node Raspberry Pi 3 Education Cluster: Big Orange Bramble (BOB). The University of Tennessee, Knoxville, TN, USA. 2017. http://www.scs.org/wp-content/uploads/2017/06/37_Final_Manuscript.pdf
- [MOU17] Kovi Mounika, Ch.Balaswamy. Smart Blood Banking Server Using Raspberry Pi. Dept of ECE, QIS College of Engineering & Technology, JNTUK, Vengamukkalapalem village, Ongole Mandal, Prakasam district, A.P, India. <http://www.ijtre.com/images/scripts/2017041045.pdf>
- [ODA16] Tetsuya Oda, Masafumi Yamada, Ryoichiro Obukata, Leonard Barolli, Isaac Woungang, Makoto Takizawa. Experimental Results of a Raspberry Pi Based Wireless Mesh Network Testbed Considering TCP and LoS scenario. Department of Information and Communication Engineering, Fukuoka Institute of Technology (FIT). 3-30-1 Wajiro-Higashi, Higashi-Ku, Fukuoka 811-0295, Japan. 2016 <http://ieeexplore.ieee.org/document/7474075/>
- [ORT16] Tobias R. Ortelt, Soren Gies, Heinrich Traphoner, Sami Chatti, A. Erman Takkaya. "Integration of New Concepts and Features into Forming Technology Lectures". TU

Dortmund University. Institute of Forming Technology and Lightweight Construction (IUL). Dortmund, Germany. Abril 2016. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7474606/>

- [PAR13] Igor Partola. Autoconfiguring an IPv6 access point with SixXS and a Raspberry Pi. May 2013 Linux Journal: Volume 2013 Issue 229
<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2492121>
- [RAD15] Milena Radenkovic, Natasa Milic-Frayling. Demo: RasPiPCLoud: A Light-weight Mobile Personal Cloud. University of Nottingham. United Kingdom. September 2015.
<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2799373>
- [RAO15] P Bhaskar Rao, S.K. Uma. Raspberry Pi Home Automation with Wireless Sensors using Smart Phone. Department of Computer Science & Engineering, P.E.S. College of Engineering, Mandya. 2015.
<http://www.ijcsmc.com/docs/papers/May2015/V4I5201599a70.pdf>
- [RAT16] Mamata Rath, Mohit Ranjan Panda, C.V.Raman. MAQ System Development in Mobile Ad-hoc Networks Using Mobile Agents. Computer Academy Department of CSE. Bhubaneswar, Odisha, India C. V. Raman College of Engineering, India. 2016.
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7918791/>
- [SAA16] Amna Saad, Ahmad Roshidi Amran, M. Naim Abu Hasan. WarBox: PortableWardriving over Raspberry Pi. Universiti Kuala Lumpur. City Campus, MIIT. Kuala Lumpur, Malaysia. 2016. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7848600/>
- [SAH17] Shaik Yusuf Baji Saheb, Gharade Abdul Mueed, Haider Choudhary, Ziauddin Ansari B.E. "IoT Based Lecture Delivery System Using Raspberry Pi". Computer Engg., Anjuman-I-Islam's Kalsekar Technical Campus, Navi Mumbai, Mumbai University, Maharashtra, India. Marzo 2017. <http://ijarcet.org/wp-content/uploads/IJARCET-VOL-6-ISSUE-3-245-247.pdf>
- [SHA17] Zeeshan Shaikh, Priyanka Gaikwad, Nikhil Kare, Swapnali Kapade, M.V.Korade. A Implementation On – Surveillance Robot Using Raspberry-Pi Technology. Computer Engineering, Sandip Insitute of Engineering and Management, Maharashtra, India. <https://www.irjet.net/archives/V4/i4/IRJET-V4I4399.pdf>
- [SHE17] S. D. Shewale, S. N. Gaikwad. An Ethernet Based Real-Time Weather Monitoring System Using Raspberry Pi. Department of Electronics and Telecommunication, DIEMS, Aurangabad, Maharashtra, India.
<https://www.irjet.net/archives/V4/i4/IRJET-V4I4794.pdf>
- [SID15] Iván Sidelnik. "The Sites of the Latin American Giant Observatory". Laboratorio de Neutrones y Reactores, Centro Atómico Bariloche and Instituto Balseiro-UNCuyo and Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, S.C. de Bariloche, Río Negro, Argentina. Agosto 2015.
https://pos.sissa.it/archive/conferences/236/665/ICRC2015_665.pdf
- [SIN15] Sneha Singh, Pradnya Anap, Yogesh Bhaigade, Prof. J.P. Chavan. IP Camera Video Surveillance using Raspberry Pi. Dept., of Computer Engg., Sinhgad Institute of Technology, Lonavala, Pune university, Maharashtra, India. 2015.
<https://www.ijarce.com/upload/2015/february-15/IJARCCE5L.pdf>
- [SOB13] Jaroslav Sobota. Roman Pišl. Pavel Balda. Miloš Schlegel. "Raspberry Pi and Arduino Boards in Control Education". European Centre of Excellence. NTIS - New Technologies for Information Society. Faculty of Applied Sciences, University of West Bohemia in Pilsen. Czech Republic. Agosto 2013.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667015340684>
- [SRI15] Nitisha Srivastava, Megha Kolhekar. "Raspberry Pi as a Portable Server". Dept of Electronics and Telecommunication. Fr.C.R.I.T, Vashi. Navi Mumbai, India. Noviembre 2015. <http://www.ijser.org/researchpaper/Raspberry-Pi-as-a-Portable-Server.pdf>
- [SUR16] Shruti G. Suryawanshi, Suresh A. Annadate. Implementation of Smart Home Automation

System through E-mail using Raspberry Pi and Sensors. Electronics Engineering Dept., M.G.M's Jawaharlal Nehru Engineering College, Aurangabad, India.
<http://ijireeice.com/upload/2016/march-16/IJIREEICE%2047.pdf>

- [TAM16] K.Tamilselvan. R. Krishnaraj Dr.P.Thangaraj P.Sukumar. "A Survey of Educational Portal Using Raspberry Pi". Nandha Engineering College (Autonomous), Tamil Nadu, India. <http://www.ijeter.everscience.org/Manuscripts/Volume-4/Issue-6/Vol-4-issue-6-M-18.pdf>.
- [TSO13] Fung Po Tso, David R. White, Simon Jouet, Jeremy Singer, Dimitrios P. Pezaros. "The Glasgow Raspberry Pi Cloud: A Scale Model for Cloud Computing Infrastructures". School of Computing Science, University of Glasgow, UK. Julio 2013.
https://www.researchgate.net/publication/260285600_The_Glasgow_Raspberry_Pi_Cloud_A_Scale_Model_for_Cloud_Computing_Infrastructures
- [UKE17] Pragati Ukey, Anita Shinde, Sneha Kasrung, Satish Kamble, Jidnyesh Kadu. Development Of Smart Home security system using Raspberry Pi. Dept. of EXTC Engineering, MGM College, Maharashtra, India. <https://www.irjet.net/archives/V4/i6/IRJET-V4I6366.pdf>
- [VUJ14] Vladimir Vujovic; Mirjana Maksimovic. "Raspberry Pi as a Wireless Sensor Node: Performances and Constraints". Faculty of Electrical Engineering, East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. Mayo 2014. <http://ieeexplore.ieee.org/document/6859717/>
- [WAC16] Kinyua Wachira. "Raspberry Pi (Raspi) as a Driver Of Creative-Thinking for Electrical Engineering Students: The UoN Case". University of Nairobi. Abril. 2016.
https://www.researchgate.net/profile/Kinyua_Wachira/publication/303471337_RASPBERRY_PI_RasPi_AS_A_DRIVER_OF_CREATIVE_THINKING_FOR_ELECTRICAL_ENGINEERING_STUDENTS_THE_UoN_CASE/links/57446bb308ae9f741b3eab66/RASPBERRY-PI-RasPi-AS-A-DRIVER-OF-CREATIVE-THINKING-FOR-ELECTRICAL-ENGINEERING-STUDENTS-THE-UoN-CASE.pdf
- [WIL16] Eric Wilcox, Pooja Jhunjunwala, Karthik Gopavaram, Jorge Herrera. "Pi-Crust: A Raspberry Pi Cluster Implementation". Department of Computer Science and Engineering Texas A&M University. http://jorgehc.com/files/pi_crust_paper.pdf
- [WILne] Andrew K. Wilson, Hwajung Lee. "Developing Mobile Raspberry Pi Base Station Cloud for Wireless Sensor Networks". Department of Information Technology. Radford University. Radford, Virginia, U.S.A. <http://worldcomp-proceedings.com/proc/p2014/ICW2737.pdf>
- [YON14] Eiko Yoneki. "RasPINET: Decentralised Communication and Sensing Platform with Satellite Connectivity". University of Cambridge, Computer Laboratory. Cambridge, United Kingdom. 2014.
https://www.cl.cam.ac.uk/~ey204/pubs/2014_CHANTS.pdf
- [ZAM17] Mr. Sarang C. Zamwar, Dr. S. A. Ladhake, Mr. U. S. Ghate. Human Face Detection and Tracking for Age Rank, Weight and Gender Estimation based on Face Images utilizing Raspberry Pi Processor. Department of Electronics and Telecommunication, Sipna College of engineering and technology, Amravati (M.S.), India
<https://irjet.net/archives/V4/i2/IRJET-V4I235.pdf>
- [ZIM17] Margaret Zimmermann, Jesus Caballero Jr., Richard Brown. Educational Videos to Teach Parallel Computing on the Raspberry Pi. Department of Mathematics, Statistics, and Computer Science St. Olaf College Northfield, MN. USA. 2017. http://faculty.cs.uwlax.edu/~mics2017/proceedings/docs/MICS_2017_paper_36.pdf

7. Cuerpo de anexos

Anexo I: Copias de certificados de participación de integrantes en eventos científicos.

Exceptuando las revistas que no cuentan con certificado de participación y aquellos congresos a los que no se asistió para exponer el trabajo, en este caso en WICC 2017 (Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación), se presentan tres certificados correspondientes a: CACIC 2017 (Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información), WICC 2018 (Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación) y CICISI 2018 (Congreso Internacional de Ciencias de la Computación y Sistemas de Información).

Anexo II: Copia de artículos presentados en publicaciones periódicas, y ponencias presentadas en eventos científicos.

En este anexo se incluyen 5 artículos publicados, tanto en congresos académicos como en revistas, los cuales se numeran a continuación:

1. WICC 2017 (Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación)
Título: “Raspberry Pi como Servidor Portátil de Contenidos para ser Consumidos desde Dispositivos Móviles”
2. CACIC 2017 (Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información)
Título: “Implementación con Raspberry PI de un Servidor Portatil de Contenidos”
3. WICC 2018 (Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación)
Título: “Implementación de Soluciones con Raspberry Pi accesibles desde dispositivos móviles”
4. Congreso Internacional de Ciencias de la Computación y Sistemas de Información (CICCSI 2018)
Título: “Recursos Construidos para ser Consumidos desde Dispositivos Móviles sin necesidad de Acceso a Internet”
5. REVISTA IEEE
Título: “Using Raspberry Pi to create a solution for accessing Educative Questionnaires from Mobile Devices”

Anexo III: Conteniendo el formulario FPI-015: Rendición de gastos del proyecto de investigación acompañado de las hojas foliadas con los comprobantes de gastos.