

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



*PLATAFORMA DE SALUD MÓVIL (M-HEALTH) BASADA EN
EL INTERNET DE LAS COSAS PARA LA PREVENCIÓN DE
SOBREPESO Y OBESIDAD EN NIÑOS Y ADOLESCENTES
EN MÉXICO.*

TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRO EN INGENIERIA

Presenta:

MANUEL ALEJANDRO DIAZ ARCE

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. MABEL VÁZQUEZ BRISEÑO

Ensenada, B.C.

Enero de 2014.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD ENSENADA**

**PLATAFORMA DE SALUD MÓVIL (M-HEALTH)
BASADA EN EL INTERNET DE LAS COSAS PARA LA
PREVENCIÓN DE SOBREPESO Y OBESIDAD EN NIÑOS
Y ADOLESCENTES EN MÉXICO.**

TESIS

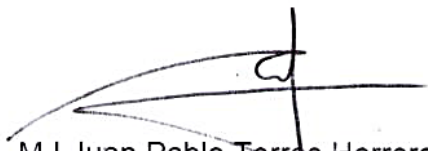
Que para obtener el grado de maestría en ingeniería presenta:

MANUEL ALEJANDRO DIAZ ARCE

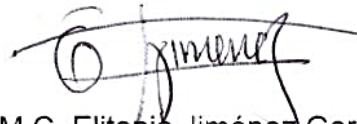
Aprobada por:



Dra. Mabel Vázquez Briseño
Director de tesis



M.I. Juan Pablo Torres Herrera
Miembro del comité



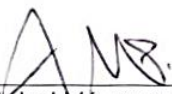
M.C. Elitania Jiménez García
Miembro del comité

Ensenada Baja California, México. Enero 2014

RESUMEN de la Tesis de Manuel Alejandro Díaz Arce, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN INGENIERIA. Ensenada, Baja California, México. Enero de 2014.

PLATAFORMA DE SALUD MÓVIL (M-HEALTH) BASADA EN EL INTERNET DE LAS COSAS PARA LA PREVENCIÓN DE SOBREPESO Y OBESIDAD EN NIÑOS Y ADOLESCENTES EN MÉXICO

Resumen aprobado por:


Dra. Mabel Vázquez Briseño

Salud móvil o m-Health es un área nueva dentro de la telemedicina que permite aprovechar el uso de tecnologías móviles, tales como teléfonos inteligentes en esta área. La tecnología móvil ofrece grandes ventajas para ayudar a prevenir problemas de salud en todo el mundo. Por otro lado, el Internet de las Cosas (IoT), es otro concepto interesante que permite la interconexión de diferentes dispositivos, los cuales pueden consistir en sensores y tarjetas inteligentes. Uno de los principales problemas de salud que se tienen hoy en día, tanto en México como en el mundo es el aumento de obesidad infantil. En muchos casos este problema es causado por la falta de información con que cuentan niños y adolescentes sobre una alimentación balanceada. El propósito de este trabajo de tesis consiste en aprovechar tecnologías móviles para generar herramientas que permitan prevenir este tipo de problemas. El proyecto realizado se basa en definir los aspectos del Internet de las Cosas (IoT) que son necesarios para la elaboración de plataformas de salud móvil para niños y adolescentes en México. Con esta plataforma los usuarios puedan llevar un control sobre sus hábitos alimenticios y sus actividades físicas de una manera fácil y eficiente de manera que sea posible prevenir problemas de obesidad y sobre peso, por lo cual se verificará la manera adecuada en la que deben ser implementados los componentes del IoT, definir los requerimientos y arquitecturas que necesiten ser implementadas para los usuarios de diferentes edades y necesidades específicas mediante estudios poblacionales e investigación tecnológica.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis de maestría primeramente me gustaría agradecerle a mis padres por su apoyo y brindarme la oportunidad de estudiar una carrera de posgrado, impulsarme para llegar hasta donde he llegado, por su esfuerzo, dedicación y eterna confianza.

A la Universidad Autónoma de Baja California y CONACYT por darme la oportunidad de estudiar un programa de posgrado.

Le doy las gracias a mi directora de tesis, Dra. Mabel Vázquez Briseño por haber confiado en mi persona, quien con su paciencia, esfuerzo, dedicación y motivación ha logrado en mí el culminar mis estudios de posgrado.

Profesores.

Gracias por el apoyo brindado a lo largo de la carrera, por su tiempo, amistad y por los conocimientos que me transmitieron.

A mis compañeros de clases, por todos los momentos que pasamos juntos. Por los trabajos que realizamos juntos y por las veces que aportaron de sus conocimientos y paciencia para ayudarme a entender algunas cosas.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del comité de tesis:

Dando cumplimiento a las normas del Reglamento de elaboración y sustentación de Tesis del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, para elaborar la tesis de Maestría en Ingeniería presentamos el trabajo de investigación denominado: “Plataforma de salud móvil (m-health) basada en el Internet de las Cosas para la prevención de sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes en México.”

Señores miembros del comité de tesis, esperamos que esta investigación sea evaluada y merezca su aprobación.

Atentamente.

Los Autores.

INDICE

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVOS.....	7
1.5 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	8
1.6 RESULTADOS ESPERADOS	9
CAPITULO II. ESTADO DEL ARTE	10
CAPITULO III. TRABAJOS RELACIONADOS	15
CAPITULO IV. ESTUDIO PRELIMINAR	19
4.1. INVESTIGACION PRELIMINAR	20
4.2 ENCUESTAS.....	22
CAPITULO V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA.....	28
4.3 ARQUITECTURAS PROPUESTAS	29
4.3.1 CAPA DE PERCEPCION.....	31
4.3.2 CAPA DE RED.....	35
4.3.3 CAPA DE APLICACIÓN	36
4.3.4 NOTIFICACIONES	40
4.3.5 Plataforma - Arquitectura.....	44
CAPITULO VI. CASOS DE ESTUDIO Y PRUEBAS.....	51
5.1 Casos de estudio	52
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....	60
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS.....	67

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

En México ha incrementado el índice de obesidad desde el año 2006, más del 50% de mexicanos presentan obesidad y sobrepeso, estudios de la secretaria de salud muestran que de 1980 a la fecha, la prevalencia de obesidad y sobrepeso en México se ha triplicado, en particular en la población adulta: 39.5% de los hombres y mujeres tienen sobrepeso y 31.7% obesidad.

Es decir, aproximadamente 70% de la población adulta tiene una masa corporal inadecuada. [1][2]

En la actualidad se ha reconocido a la obesidad y el sobrepeso como uno de los principales problemas en la población mexicana debido a que aumenta el riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles, por lo cual en respuesta a esta epidemia, la Organización Mundial de la Salud (OMS) promovió la Estrategia Mundial sobre Alimentación Saludable, Actividad Física y Salud para la prevención de enfermedades crónicas, para lo cual la secretaria de salud se ha planteado metas y objetivos en las cuales mediante la implementación de este proyecto principalmente serán atacadas las siguientes:

- En la población de 5 a 19 años, detener el avance en la prevalencia del sobrepeso y obesidad.
- En la población adulta, desacelerar el crecimiento de la prevalencia del sobrepeso y obesidad.
- Fomentar la actividad física en la población en los entornos escolar, laboral, comunitario y recreativo con la colaboración de los sectores público, privado y social.
- Disminuir el consumo de azúcar y grasas en bebidas.
- Incrementar el consumo diario de frutas y verduras, leguminosas, cereales de granos enteros y fibra en la dieta, aumentando su disponibilidad, accesibilidad y promoviendo su consumo.

- Mejorar la capacidad de toma de decisiones informadas de la población sobre una dieta correcta a través de un etiquetado útil, de fácil comprensión y del fomento del alfabetismo en nutrición y salud.
- Disminuir el consumo de grasas saturadas en la dieta y reducir al mínimo las grasas trans de origen industrial.
- Orientar a la población sobre el control de tamaños de porción recomendables en la preparación casera de alimentos, poniendo accesibles y a su disposición alimentos procesados que se lo permitan, e incluyendo en restaurantes y expendios de alimentos, tamaños de porciones reducidas.
- Disminuir el consumo diario de sodio, reduciendo la cantidad de sodio adicionado y aumentando la disponibilidad y accesibilidad de productos de bajo contenido o sin sodios.

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, una buena alternativa fue implementar las diferentes tecnologías de la información para atacar estos problemas, en la actualidad los avances tecnológicos han incrementado de tal manera que por medio de teléfonos celulares, PDA's y otros dispositivos móviles, se pueda ayudar a diferentes poblaciones vulnerables en aspectos de salud alrededor de todo el mundo (m-health) [3][4] ya sea generando conciencia sobre enfermedades, implementación de líneas de ayuda, soporte de diagnóstico y tratamiento de problemas, comunicación y entrenamiento para trabajadores de la salud, rastreo de enfermedades y epidemias, monitoreo y captura de información de manera remota, de las cuales para este proyecto fueron tomados en cuenta las áreas de educación, monitoreo y captura remota y así prevenir y promover la salud de niños y adolescentes en México.

Hoy en día el internet engloba un sinnúmero de herramientas de trabajo, comunicación y entretenimiento para las personas, las cuales han crecido exponencialmente en estos últimos años, ahora tenemos a nuestra disposición bibliotecas electrónicas donde podemos obtener diferentes obras tales como libros, revistas, artículos, música, entre otros, podemos interactuar con nuestros familiares, amigos y

conocidos mediante redes sociales, estas diferentes herramientas aumentan el número de usuarios conectados a internet.

Sin embargo en la actualidad esa cantidad es sobrepasada por los dispositivos electrónicos móviles, tales como teléfonos inteligentes, tabletas, entre otros, según CISCO para el año 2020 serán más de 50 billones de dispositivos conectados a la red [5], por lo cual se ha planteado un nuevo esquema en comunicaciones llamado “Internet de las cosas” el cual consta de una red de objetos cotidianos interconectados entre sí de manera inalámbrica mediante identificadores de radio frecuencia (RFID) para proveer una red en la cual se puedan generar sistemas inteligentes de control de tránsito, control de transporte público, localización global, antirrobo, entre otros, por lo cual es una buena opción el desarrollo de sistemas de salud móvil implementando el Internet de las Cosas de tal manera que se puedan mejorar aspectos de captura y comunicación entre los diferentes dispositivos utilizados en la prevención y promoción de salud y proveer a los usuarios un mejor servicio.

Después del proceso de investigación, se pudo llegar a la conclusión de que existen dispositivos móviles y/o sistemas computacionales para apoyar la salud de las personas alrededor del mundo, sin embargo pudimos notar que se basan principalmente en problemas de salud para personas de la tercera edad, personas con problemas cardiacos y deportistas, dichos sistemas no han sido implementados en México.

Por lo cual llegamos a la conclusión de que existe un área de oportunidad al apoyar a personas con problemas de salud mediante dispositivos móviles y el Internet de las Cosas en los cuales se mantenga informada a la persona de su salud, promover la actividad física y alimentación sana.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe una gran cantidad de problemas de salud en el mundo, se han generado un sinnúmero de aplicaciones de salud móvil para la detección de problemas de salud, sin embargo es necesaria la implementación del Internet de las Cosas para generar un sistema de salud móvil que permita promover y prevenir problemas de salud en niños y adolescentes para lo cual fue necesario desarrollar arquitecturas que se adapten a los diferentes usuarios, así como ver cuáles son los componentes del Internet de las cosas que pueden ser utilizados en un sistema de salud móvil, de tal manera que se puedan resolver problemas de comunicación entre los diferentes integrantes de este tipo de sistemas y generar alternativas para la captura de información, sin embargo debido a que no existen grandes avances en esta tecnología fueron abordados aspectos tales como la comunicación entre dispositivos, seguridad, privacidad y la elección de la plataforma de teléfonos móviles a utilizar de tal manera que se pueda abarcar a la mayor cantidad de usuarios y generar un sistema eficiente que pueda adecuarse fácilmente a trabajos futuros.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se han desarrollado sistemas implementando el Internet de las Cosas para apoyar en diferentes aéreas, tales como seguridad, manejo de emergencias, casas inteligentes, negocios, entre otros, sin embargo no ha sido planteada una alternativa en los sistemas de salud móvil para la prevención y promoción de salud implementando el Internet de las Cosas, de tal manera que mediante esta investigación se pueda aportar conocimiento sobre los diferentes aspectos del Internet de las Cosas para generar sistemas de salud móvil, tales como conectividad con dispositivos móviles e, infraestructura.

En México existen grandes problemas de salud en niños y adolescentes los cuales, en su mayoría provienen de una mala alimentación y falta de ejercicio por lo cual hasta el momento se han aplicado diferentes campañas para concientizar a las personas sobre una buena alimentación, ejercicio y una vida sana, se han implementado sistemas de salud móvil en las cuales los usuarios pueden consultar dietas y ejercicios y mantener contacto con otros usuarios.

Por lo cual en México es necesaria la implementación de un sistema de salud móvil para la prevención problemas de salud en niños y adolescentes, lo cual se puede lograr implementando el Internet de las Cosas ya que con ello se puede proveer una manera eficiente para la captura de información, así como para mantener un control sobre las actividades de los usuarios, por otra parte se tendrá un gran impacto debido a que se proporcionara un mecanismo de interacción entre médicos familiares, usuarios y tutores de tal manera que se pueda tener una retroalimentación sobre los resultados obtenidos por los usuarios en lo que a salud se refiere. También mediante esta investigación se analizaran los diferentes componentes del Internet de las Cosas necesarios para el desarrollo de Sistemas de Salud Móvil.

1.4OBJETIVOS

Objetivo general:

Diseñar, elaborar y evaluar una plataforma de salud móvil basada en el Internet de las Cosas para la prevención de sobrepeso y obesidad de niños y adolescentes en México, que permita concientizar a los usuarios sobre una sana alimentación.

Objetivos específicos:

Con el fin de lograr el objetivo general, se desprenden los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar un análisis poblacional para conocer los requerimientos de los usuarios potenciales así como las diferentes tecnologías móviles que utilizan.
2. Definir los componentes del Internet de las Cosas que deben ser incorporados en un sistema de Salud Móvil.
3. Diseñar e implementar los mecanismos de captura de información requeridos para el sistema de salud móvil aplicando el concepto del Internet de las Cosas.
4. Definir las diferentes arquitecturas que deberán ser utilizadas para los usuarios de diferentes edades.
5. Diseñar e implementar mecanismos de comunicación y notificaciones entre los integrantes de la plataforma de salud móvil.
6. Evaluar el prototipo con usuarios potenciales.

1.5 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Con relación a los problemas de sobrepeso y obesidad de niños y adolescentes en México descritos anteriormente se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles son los requerimientos de una plataforma salud móvil para la prevención de sobrepeso y obesidad de niños y adolescentes en México?
2. ¿Cómo puede ser incorporado el Internet de las Cosas para colaborar dentro de esta problemática?
3. ¿Cuáles son las diferentes arquitecturas que deben ser implementadas?
4. ¿Cuál es el impacto que surge de aplicar el Internet de las Cosas?

1.6 RESULTADOS ESPERADOS

- Generar conocimiento para la implementación del Internet de las Cosas en sistemas de salud móvil
- Desarrollar una plataforma de salud móvil para la prevención y promoción de salud en niños y adolescentes implementando el internet de las cosas que cumpla con los requerimientos de los usuarios.

CAPITULO II. ESTADO DEL ARTE

Para nuestra investigación, en esta sección se proporcionara al lector una idea más clara acerca de este tema. Se encontraran conceptos muy básicos, complementarios y específicos con respecto a los temas relacionados a esta investigación y su problemática.

Uno de los términos principales de nuestra investigación es el de prevención de salud el cual se centra en desarrollar medidas y técnicas que puedan evitar la aparición de enfermedades. Implica realizar acciones anticipatorias frente a situaciones indeseables, con el fin de promover el bienestar y reducir los riesgos de enfermedad [7].

El concepto de promoción de salud se define como el proceso que permite a las personas incrementar el control sobre su salud para mejorarla.

Cualquier actitud, recomendación, o intervención que haya demostrado su capacidad para mejorar la calidad de vida de las personas o de disminuir su morbimortalidad es una medida de promoción de la salud.

Para ambos conceptos las principales actividades que deben realizarse para prevenir problemas de salud y en el mismo caso promover nuestra salud es el realizar análisis periódicos, en el cual podamos ver nuestro estado de salud actual, y en caso de detectar alguna futura anomalía poder realizar acciones anticipatorias y mejorar nuestro nivel de vida.

El termino salud móvil puede ser definido como las tecnologías emergentes aplicadas a la salud mediante dispositivos móviles.

Las áreas que puede abarcar la salud móvil se basan desde el monitoreo remoto, telemedicina, educación, líneas de ayuda, diagnóstico y tratamiento a distancia, rastreo de epidemias y captura de información de manera remota. [8]

La estructura JSON es un formato de intercambio de datos ligero para nomenclatura de objetos. Es fácil para los seres humanos a leer y escribir. Es fácil para los equipos para analizar y generar. Se basa en un subconjunto del lenguaje de programación JavaScript, Standard ECMA-262 3^a Edición - Diciembre de 1999. [9]

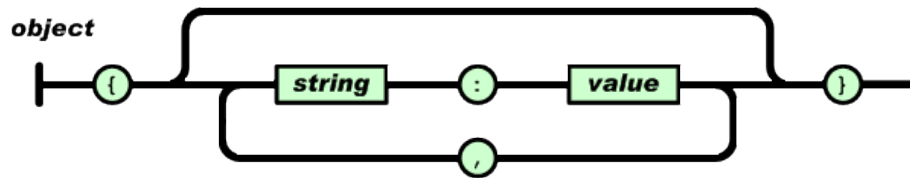


Figura 0. Estructura JSON

Near Field Communication (NFC) es un conjunto de estándares para smartphones y dispositivos similares para establecer comunicación por radio con otros dispositivos en un campo de comunicación cercano, por lo general no más de unos pocos centímetros.

Los protocolos de comunicación para NFC tienen cobertura y formatos de intercambio de datos, y se basan en el estándar de identificación por radiofrecuencia (RFID) , como ISO/IEC 14443 y FeliCa. Las normas incluyen la norma ISO/IEC 18092 y las definidas por el Foro NFC , que fue fundada en 2004 por Nokia , Philips y Sony, y ahora tiene más de 160 miembros. El Foro también promueve la NFC y certifica el cumplimiento del dispositivo. [10]

En la actualidad sus principales aplicaciones son de seguridad, diferentes bancos europeos han aplicado esta tecnología para sus transacciones monetarias mediante aplicaciones móviles, sin embargo su área de oportunidad es bastante amplia.

Los códigos QR son una matriz binaria implementada para el almacenamiento codificado de información y proporcionar un método de lectura rápida y eficiente, cada módulo corresponde a un bit y un módulo de negro y un módulo blanco representan '1' y '0', respectivamente. Los códigos QR pueden codificar todo tipo de datos incluyendo símbolos, datos binarios, códigos de control y datos multimedia.[11]

Su capacidad máxima tiene un alcance de 4.296 caracteres alfanuméricos, cuenta con 4 diferentes niveles de corrección anti errores, su lectura puede ser basada mediante diferentes dispositivos, tales como scanner bi dimensionales o cámaras cotidianas mediante software de reconocimiento, lo cual genera una amplia gama de aplicaciones mediante dispositivos móviles ya que podemos obtener una gran cantidad de información mediante la lectura de un simple código.

Como fue mencionado anteriormente, el Internet de las Cosas abarca las tecnologías para la interconexión de dispositivos y captura de datos que puedan proporcionar al usuario información sobre el medio que los rodea e interactuar con él para facilitar o mejorar sus actividades cotidianas.

El internet de las cosas abarca 3 visiones (Figura 1), la visión orientada a las cosas, en la cual se encuentran todas las tecnologías relacionadas con los objetos cotidianos y la captura de información de nuestro medio ambiente mediante la implementación de los diferentes tipos de sensores que existen en la actualidad. La visión orientada a la semántica, su función principal es el procesamiento de los datos capturados, el razonamiento de dicha información y el uso que tenga. Y por último, la visión orientada el Internet abarca las tecnologías necesarias para el intercambio de información entre los diferentes dispositivos, y mediante que herramientas de red se proporcionara al usuario la información adecuada para ayudarlo a cumplir con sus actividades cotidianas.

Las áreas de aplicación del Internet de las cosas abarcan desde transporte y logística, salud, entornos inteligentes, personales y sociales, así como áreas futurísticas.

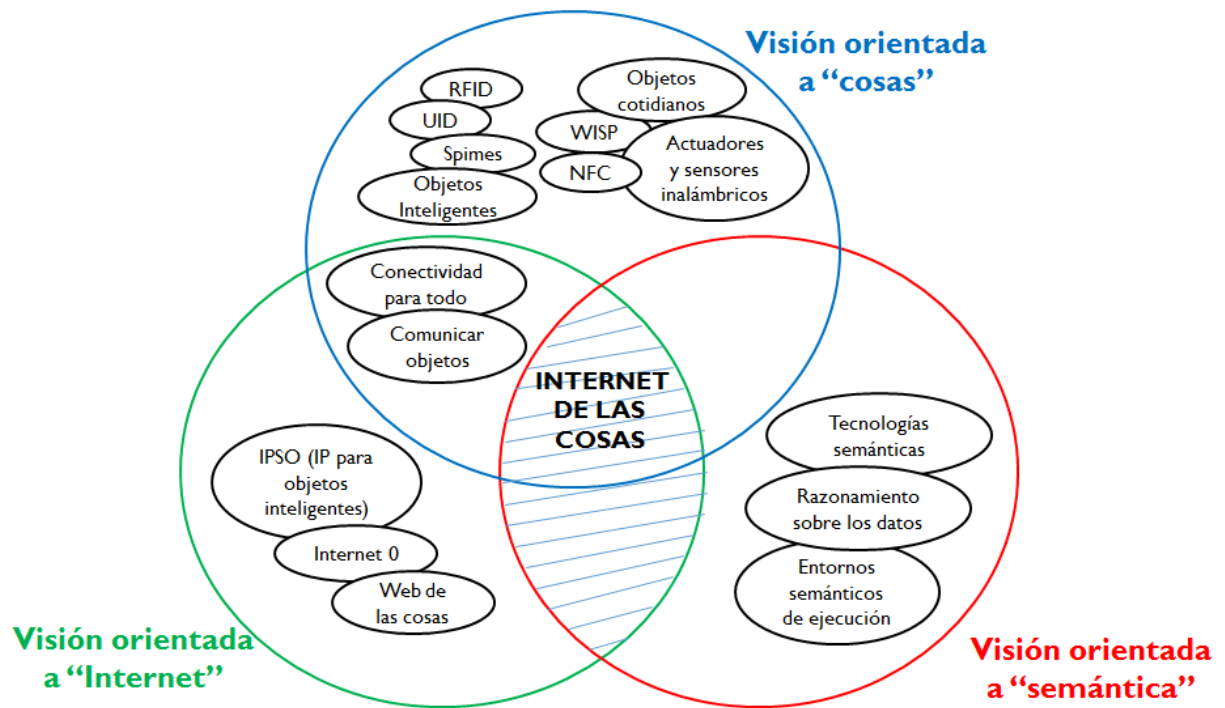


Figura 1. Visiones del IoT

CAPITULO III. TRABAJOS RELACIONADOS

Las tecnologías emergentes de los dispositivos móviles se han utilizado para resolver problemas relacionados con la salud en diferentes países de todo el mundo. Un claro ejemplo de investigación de prevención de salud relacionada con nuestra investigación es “SapoFitness” [12] cuyo objetivo principal es proporcionar una aplicación móvil para evaluación de dietas donde los pacientes pueden grabar su ingesta de alimentos y la actividad física realizada. Los especialistas médicos pueden controlar de forma remota los hábitos de sus pacientes al comer, notificar acerca de su progreso y asesorar sobre nuevos hábitos en su alimentación. La principal ventaja de este proyecto que puede ser tomada en cuenta para nuestra investigación es la aplicación de un sistema de alarmas utilizados para notificar a los pacientes sobre su estado de salud.

En el proyecto “Health Support System for Diabetes Prevention using networked health-monitoring equipment” [13] se muestra una propuesta para la prevención de la diabetes

Mediante una red de sensores para obtener información relacionada con la salud del paciente, tal como la presión arterial y el peso. Esta información de salud capturada por los sensores se envía a un Gateway de sensores, se procesa la información y posteriormente es enviada a un servicio web en el cual los médicos especialistas pueden consultar esta información del paciente para tomar medidas preventivas.

Otro proyecto relacionado es “Mobile devices used for medical applications : Insights won from a usability study with diabetes patients” presentado en [14], propone un dispositivo portátil para los pacientes que sufren de diabetes, en el cual los usuarios pueden controlar sus niveles de glucosa en la sangre y medicamentos utilizados para su terapia y también proporciona un conocimiento general sobre la información nutricional de la ingesta de alimentos para mantener a los pacientes informado sobre los mejores hábitos alimenticios para sus problemas de salud.

Algunos autores, como los integrantes del proyecto “An m-Health monitoring system for children with suspected arrhythmias.” [15] investigaron la forma de aplicar una red inalámbrica de sensores y dispositivos móviles para detectar presuntas arritmias infantiles. La red de sensores es utilizada para controlar las señales de ECG, la temperatura, sonido y otros parámetros para verificar las condiciones de los niños.

En la investigación “User- Generated Mobile Services for Health and Fitness ”[16], Chapko A. et al. Se hizo una propuesta de asistencia de salud móvil y fitness en el que se investigaron las necesidades y preferencias de los usuarios finales presentan las tecnologías, escenarios y equipos que podrían aplicarse para mejorar la experiencia de los usuarios en sus actividades de acondicionamiento y reduciendo así el riesgo de enfermedades como obesidad y sobre peso, en nuestra investigación tomamos en cuenta la manera correcta aplicar las tecnologías móviles para la prevención de este tipo de problemas.

En el proyecto “Drugs interaction checker based on IoT” [17] se muestra la aplicación del IoT para detección de alergias y reacciones a medicamentos. Los investigadores desarrollaron una aplicación móvil implementando la tecnología NFC y códigos QR. El teléfono móvil se utiliza para leer los ingredientes de los medicamentos y compara dicha información con el perfil de salud de los usuarios, previniendo el riesgo de una reacción alérgica en el paciente. Los investigadores de este proyecto implementado correctamente arquitectura IoT en los dispositivos móviles para la prevención de la salud, proporcionando métodos eficientes para la captura de información que se podría implementar en nuestra investigación.

Los investigadores de [18] muestran la aplicación de Protocolos del IoT y sus componentes con el fin de proporcionar a personas con problemas de diabetes un sensor de glucosa no invasivo y el cual les pueda ayudar a prevenir futuros problemas relacionados con la salud causada por enfermedades crónicas no transmisibles.

Los autores del proyecto “Need for a context-aware personalized health intervention system to ensure long-term behavior change to prevent obesity” [19] muestran en su artículo los resultados de su investigación respecto a la incorporación de teléfonos inteligentes de tal manera que se pueda provocar un cambio en el estilo de vida de los usuarios para prevenir problemas de obesidad, y los aspectos que deben de ser tomados en cuenta para el éxito de este tipo de sistemas y lograr en el usuario los cambios necesarios para mejorar su salud.

Los investigadores “Childhood obesity prediction with artificial neural networks” [20] nos muestran en su proyecto que mediante redes neuronales artificiales se puede lograr el prevenir la obesidad infantil, nos muestra algunos de los aspectos (datos de usuarios) que deben de ser tomados en cuenta de tal manera que mediante la red neuronal podamos definir si el usuario podría llegar a tener problemas de obesidad en caso de continuar con sus hábitos alimenticios y sus actividades físicas de tal manera que podamos realizar acciones preventivas y evitar problemas de salud en un futuro.

En el proyecto “A web application for an obesity prevention system based on individual lifestyle analysis” [21] nos muestran un sistema de prevención de la obesidad que ayuda a los usuarios a cambiar su estilo de vida mediante una aplicación web, esta aplicación nos ayuda a detectar si el usuario realiza hábitos considerados como factores de riesgo de la obesidad, analiza dichos factores y genera gráficas y resultados de tal manera que promueva al usuario a cambiar sus hábitos alimenticios.

CAPITULO IV. ESTUDIO PRELIMINAR

4.1. INVESTIGACION PRELIMINAR

En el mes de marzo y principios de abril del 2012 se realizaron visitas a la secundaria pública Diurna 5 y el Colegio Maestro Luis Mejía Velasco de Ensenada Baja California, en las cuales se buscaba observar en un panorama general las actividades de los niños y adolescentes en sus horarios de receso para posteriormente generar propuestas basadas en dichos comportamientos y actividades.

También se realizó una visita a un nutriólogo, al cual le pareció bastante interesante el enfoque del proyecto, menciona que para fomentar la salud en cualquier persona es necesario llevar un control sobre las vitaminas y los nutrimentos que se listan a continuación:

- Calorías
- Grasa total
- Grasa saturada
- Colesterol
- Sodio
- Carbohidratos
- Azúcares
- Proteínas

Según el nutriólogo, el mantener información sobre fibra, potasio, calcio y fósforo no es tan necesaria para un sistema de este tipo, ya que la mayoría de los productos no cuentan con estos datos, sin embargo existen casos particulares para personas que poseen problemas basados en estos nutrientes.

Actividades físicas:

En las visitas realizadas en ambas escuelas, pude notar que las actividades deportivas realizadas por los estudiantes eran demasiado bajas, a mi parecer debido a que el área de recreación deportiva era muy pequeña, implicando que no todos puedan participar en dichas actividades, en la escuela privada solo existe una cancha de baloncesto y una cancha de fútbol rápido, las cuales no pueden ser usadas al mismo tiempo ya que se encuentran una sobre la otra, impidiendo que más jóvenes puedan realizar sus actividades. La escuela pública solo contiene una cancha de basquetbol y una de voleibol las cuales son insuficientes para la cantidad de estudiantes de dicha escuela.

En la materia de deportes, aunque los maestros para ambas escuelas se encuentran capacitados para impartir dicha materia es insuficiente 50 minutos semanales de clase para obtener resultados significativos en lo que a salud se refiere.

Alimentos:

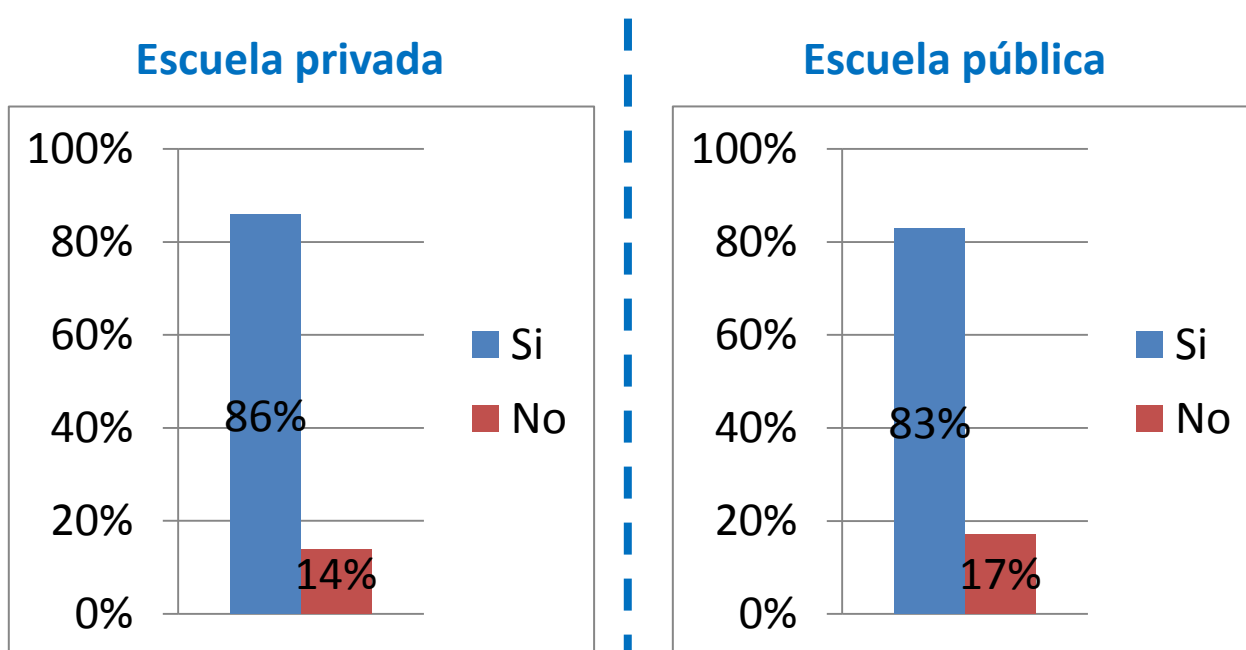
En los horarios de receso los estudiantes además de realizar sus actividades físicas también aprovechan dicho lapso de tiempo para realizar compras de productos alimenticios, en la escuela privada la mayoría de estos productos podrían ser catalogados como productos chatarra ya que no proveen un alto valor nutrimental comparado con las calorías que otorgan, sandwiches, burritos, pizza, chocolates, frituras, galletas y golosinas por mencionar algunos y como bebidas sodas en su mayoría.

A diferencia de la escuela pública en la cual se tomó la decisión de remplazar las sodas por aguas naturales, jugos y teas, además de las frituras, galletas y chocolates por ensaladas de frutas, yogurts, frutas y otros productos naturales para así proveer una mejor alimentación en los estudiantes.

4.2 ENCUESTAS

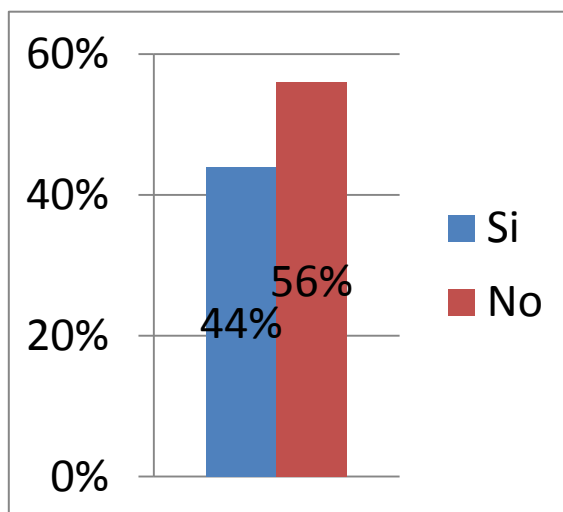
En ambas escuelas se realizaron encuestas para verificar aspectos la infraestructura y la situación en la que se encuentran los potenciales usuarios para en un futuro definir las mejores alternativas para implementar este tipo de sistemas y poder abarcar una mayor cantidad de usuarios de la manera más factible.

¿Posee celular?

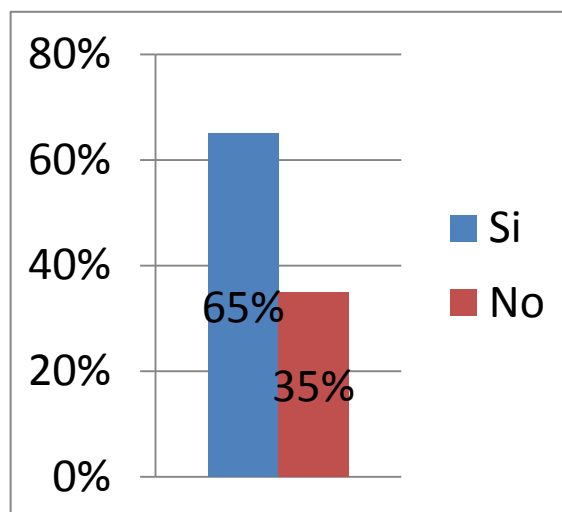


¿Entiende que es una etiqueta de información nutrimental?

Escuela privada

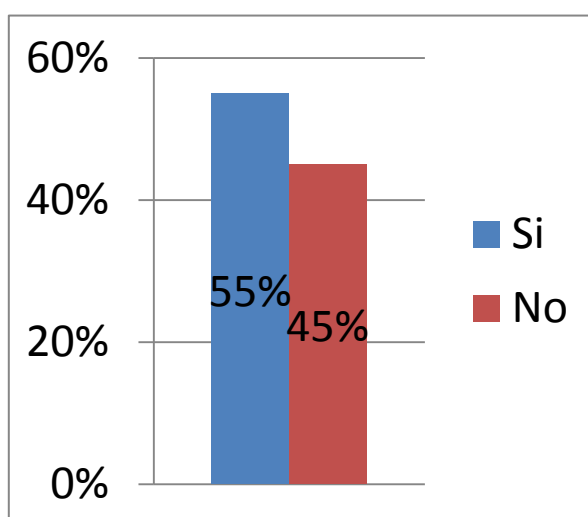


Escuela pública

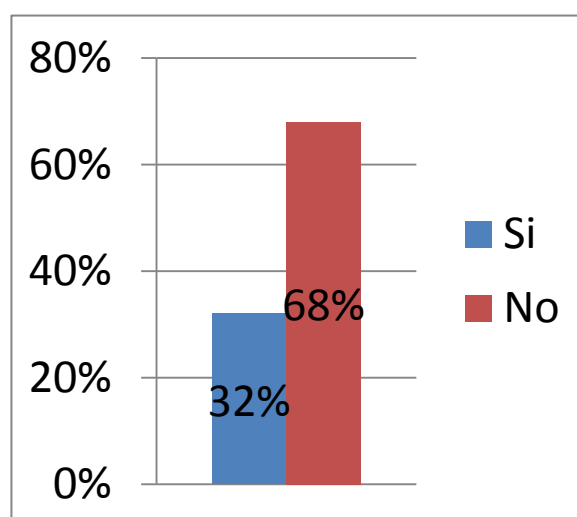


¿Conoce los códigos QR?

Escuela privada

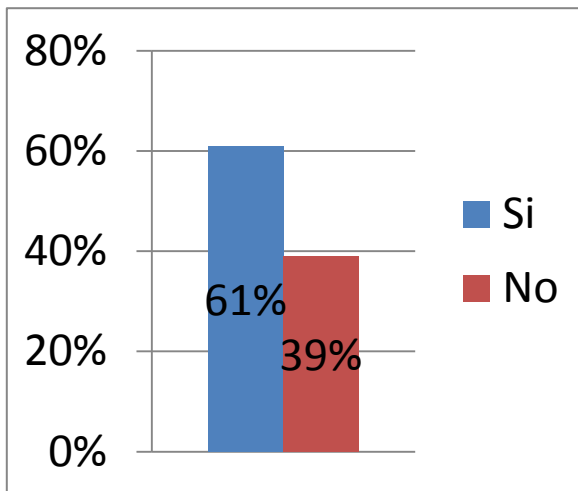


Escuela pública

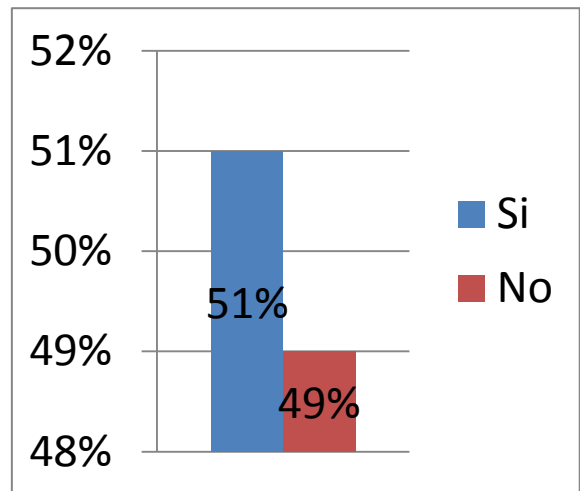


¿Conoce el sistema operativo Android?

Escuela privada

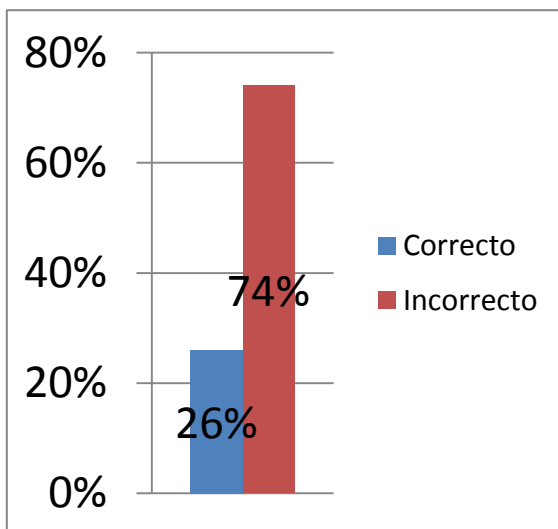


Escuela pública

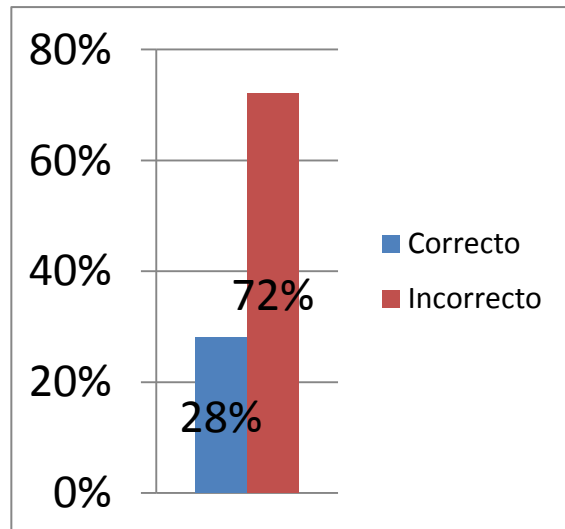


¿Qué son las calorías?

Escuela privada

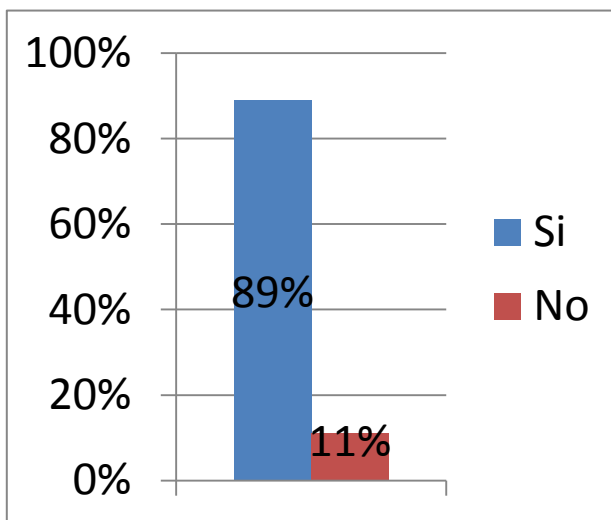


Escuela pública

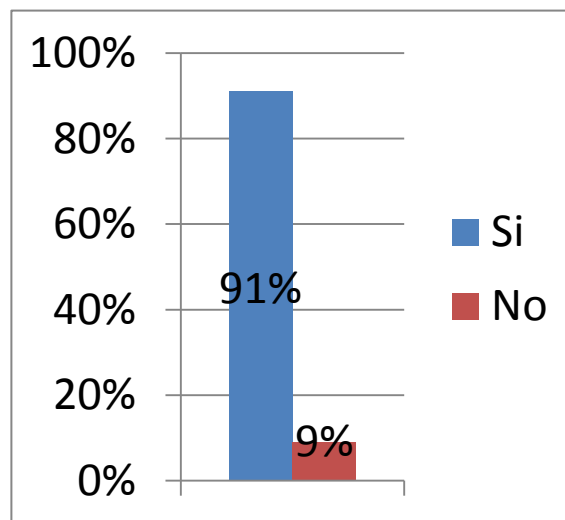


¿Le gustaría que la información nutrimental se presentara de manera más entendible?

Escuela privada

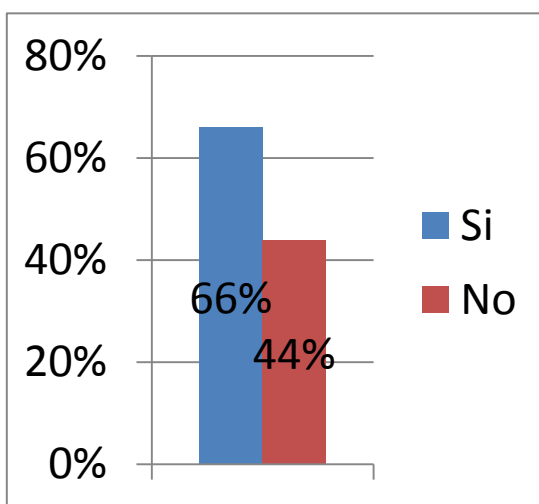


Escuela pública

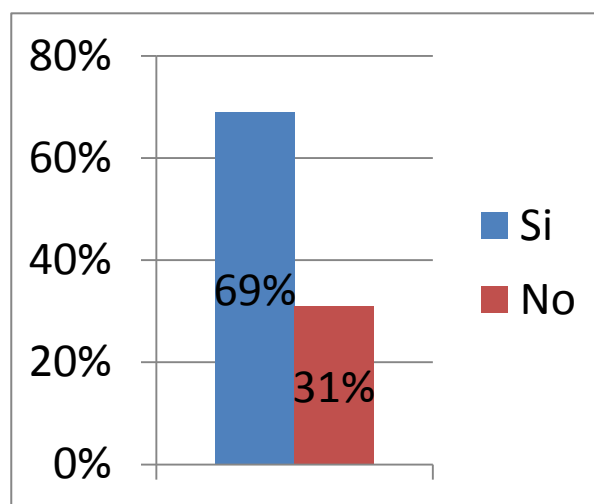


¿Utilizaría la información nutrimental para elegir sus productos?

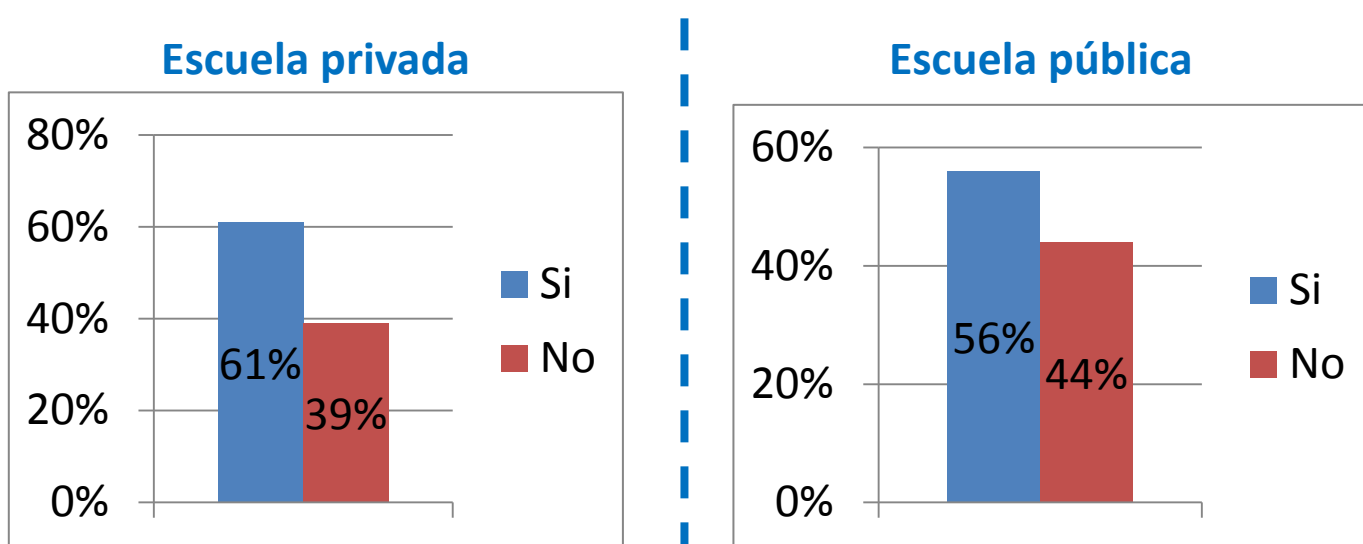
Escuela privada



Escuela pública



¿Utilizarías tu celular para manejar datos de nutrición personal?



CONCLUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS:

En base a los resultados obtenidos en las encuestas se pudo llegar a la conclusión que para ambos casos es posible la implementación de un Sistema de Salud Móvil basado en el Internet de las Cosas debido a que de la muestra poblacional tomada existe un buen porcentaje de posibles usuarios que deseen y puedan hacer uso de la plataforma.

Posteriormente, a lo largo del tercer semestre, en los meses de Noviembre/Diciembre del 2012 se colaboró con especialistas médicos del IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social) para obtener una mayor información sobre las necesidades de los usuarios para la prevención de problemas de salud causados por la obesidad y sobre peso, de las cuales se pudo obtener información sobre las raciones necesarias para los pacientes de diferentes edades, los platillos propuestos por el IMSS para mantener una dieta balanceada y además fue especificada más a detalle cual es la información nutrimental necesaria que debe ser controlada para mantener un control sobre futuros problemas de salud causados por enfermedades crónicas no transmisibles.

En base a la información proporcionada por el IMSS, se llegó a la decisión de implementar “El plato del buen comer” (Figura 2) como esquema alimenticio que nos proporciona de manera gráfica información sobre los alimentos y porciones

que se deben de cumplir para mantener una dieta balanceada y es utilizado principalmente para para la promoción y educación de la salud en materia alimentaria



Figura 2. El plato del buen comer, IMSS

En base a la investigación de campo y sus actividades establecidas para este proyecto se pudo cumplir con el primer objetivo de nuestra investigación “Realizar un análisis poblacional para conocer los requerimientos de los usuarios potenciales así como las diferentes tecnologías móviles que utilizan”.

CAPITULO V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA

En la actualidad el Internet de las Cosas está siendo aplicado en diferentes sectores de la industria, en los cuales se está redefiniendo de manera radical la forma de realizar sus procesos implementando técnicas que permiten añadir nuevas funcionalidades y aumentar la eficiencia , sin embargo en el área de la salud los avances han sido mínimos, encuestas realizadas por expertos de Futir Trends Forum [22] muestran que para tecnologías médicas, cuidado de la salud y farmacéutica la velocidad de adopción del Internet de las cosas será de un 46% del 2011 al 2015, 38% del 2016 al 2018 y del 15% del 2019 en adelante.

Tomando en cuenta dichos resultados se llegó a la decisión de que es necesario generar una Plataforma de Salud Móvil Basada en el Internet de las Cosas para la Prevención y Promoción de Salud en Niños y Adolescentes en México, posteriormente se realizaron encuestas para definir los rangos de edades en los usuarios que serán necesarios para cada arquitectura, el entorno de desarrollo en el que se pueda abarcar una mayor cantidad de usuarios, además de componentes del Internet de las Cosas que serán necesarios para dicha plataforma.

Con relación al segundo objetivo de nuestra investigación, a continuación se definen los componentes del Internet de las Cosas y las arquitecturas que serán implementadas a lo largo del proyecto de investigación.

4.3 ARQUITECTURAS PROPUESTAS

En base a la arquitectura del Internet de las Cosas compuesta por 3 capas se presentan los componentes necesarios (Figura 3) para un sistema de salud móvil tomando en cuenta las limitaciones que tienen estos dispositivos. La primera capa: percepción está basada en “Las cosas” encargadas de la identificación de objetos y captura de información, la segunda capa mejor conocida como capa de red es la encargada de definir los mecanismos y protocolos por los cuales los objetos se comunicaran con la tercera capa (aplicación) la cual en un panorama general es la encargada de dar uso a dicha información.



Figura. 3 Arquitectura basada en capas del IoT

En la siguiente imagen (Figura 4) se muestra una arquitectura básica donde se incorporaron los elementos del Internet de las Cosas que participaran en nuestra plataforma de salud móvil, en la cual posteriormente se describe los tipos de datos maneja cada una de las tecnologías y su manera de comunicación con el dispositivo móvil.

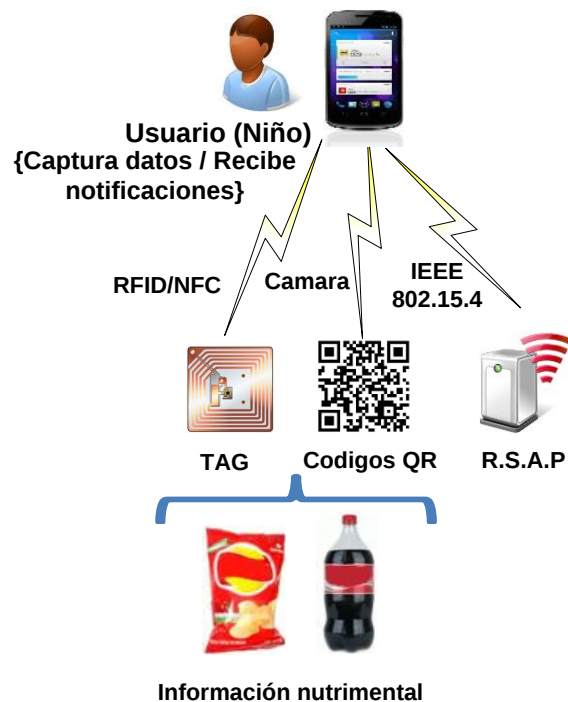


Figura. 4 Arquitectura básica de la plataforma

4.3.1 CAPA DE PERCEPCION

Como se mencionó anteriormente en la capa de percepción se busca agrupar todos los componentes y mecanismos que serán utilizados para la recopilación y procesamiento de datos del mundo físico, en este caso lo relevante para un sistema de salud móvil.

a) RFID/NFC:

Las etiquetas RFID y NFC fueron implementadas debido a que son medios de captura de información eficiente para dispositivos móviles mediante etiquetas NFC, además que permite la interacción con objetos inteligentes, NFC permite la interconexión entre dispositivos electrónicos de una manera intuitiva, sencilla y simple a un bajo precio, además de que para un futuro cercano esta tecnología aumentara su popularidad ya que compañías desarrolladoras de dispositivos móviles, Google, Apple y RIM, por mencionar algunos, han anunciado sus planes de incluir NFC en sus próximos productos.

NFC nos permitió aportar un mecanismo de captura de información nutrimental además de proveer alternativas en la captura de información de otros dispositivos (R.S.A.P) que a su vez se encarguen de la captura de datos relevantes con la salud del usuario.

Después de una comparación entre los diferentes tipos de etiquetas NFC que podrían ser implementadas, se pudo llegar a la conclusión que en base al precio, cantidad de información soportada y velocidad de lectura, las etiquetas tipo NTAG203 proveen las características necesarias para nuestra plataforma, una de las características principales para estas etiquetas es que deberán encontrarse en formato NDEF para ingresar de una manera sencilla los datos de información nutrimental que sean necesarios para cada uno de los productos que ingieran los usuarios.

Basado en el estándar ISO / IEC 18092:2004, su velocidad de datos es de hasta 424 kbps y el rango es algunos metros más corto en comparación con las redes de sensores inalámbricos.

	<u>Ultralight (UL)</u>	<u>Ultralight C (ULC)</u>	<u>NTAG203</u>	<u>1K</u>
Available Memory	48 bytes	148 bytes	144 bytes	752 bytes
URL length	41 characters	132 characters	132 characters	256 characters
Text length	39 characters	130 characters	130 characters	709 characters
NFC Type	Type 2	Type 2	Type 2	Classic
Data Examples	short url, phone number, piece of text	Long url, smart poster, short contact (i.e. name and phone number)	Long url, smart poster, short contact (i.e. name and phone number)	Full contact information
Performance	Good; fast chip and low data amount results in a quick read time	Not great; the built in encryption slows down the read time	Awesome; latest chip and antenna design and low data size results in quick read times	Slow; due to older chip design and large data size
Lockable?	Yes	Yes	Yes	Technically no, but tag locking can be simulated
Formatting	Blank, can be NDEF formatted	Blank, can be NDEF formatted	NDEF formatted	Blank, can be NDEF formatted
Cost	Cheap	Cheap	Cheap	Expensive
Tech Specs	<u>Tech Forum</u>	<u>Tech Forum</u>	<u>Tech Forum</u>	<u>Tech Forum</u>
GOTOTAGS Compatible	<u>Yes</u>	<u>Yes</u>	<u>Yes</u>	<u>Yes</u>
Our Opinion	OK, if you only need minimal data storage. If you are going to use NDEF, then it would be better to use the NTAG.	Similar to the NTAG, but performance is not that great. The additional data storage over the Ultralight is nice you aren't going to use NDEF.	The best all-around chip to use if you're using NDEF.	Only use this chip if you need the additional data storage.

Tabla1. Tabla comparativa de etiquetas NFC

b) Códigos QR:

Es necesario disponer de una alternativa para dispositivos que no cuenten con la tecnología NFC mencionada anteriormente. Los códigos QR cuentan con las características necesarias para ser implementado en un sistema de salud móvil basado en el Internet de las Cosas ya que permite la lectura de información sobre objetos cotidianos a una alta velocidad de una manera sencilla mediante la cámara de los dispositivos móviles ya que se han generado una gran variedad de aplicaciones y librerías para los diferentes sistemas operativos móviles que cuenten con esta característica.

Los tipos de códigos QR a implementar son de tipo alfanumérico el cual nos permite un máximo de 4,296 caracteres (0–9, A–Z, espacio, \$, %, *, +, -, ., /, :)

La cadena de datos propuesta para el manejo de la información nutrimental dentro de los códigos QR se basa en un esquema JSON que se muestra a continuación (Figura 5) junto con el código QR generado en base a dicho esquema con datos aleatorios.

```
{
  "id": "300124123345",
  "tipo": "golosina",
  "marca": "herheys",
  "nom": "m&m",
  "rac": "1",
  "info": {
    "ca": "299",
    "gt": "19.4",
    "gs": "11.5",
    "co": "15.4",
    "so": "sodio",
    "ch": "34",
    "az": "16",
    "pr": "4.8",
  }
}
```

Dónde:

id – Identificador del producto
 tipo – Tipo de producto
 mar – Marca del producto
 nom – Nombre del producto
 rac – Ración
 ca – Calorías
 gt – Grasas totales
 gs – Grasas saturadas
 co - Colesterol
 so - Sodio
 ch - Carbohidratos
 az - Azucares
 pr - Proteínas



Figura 5. Estructura JSON Implementada para I.N.

c) R.S.A.P.:

Uno de los puntos más importantes para esta capa es la implementación de redes de sensores de área personal que se encuentran dentro de los dispositivos móviles (cámaras, acelerómetro, giroscopio, etc.) mediante los cuales se puede capturar información específica sobre la salud, medio ambiente y otras variables necesarias para mantener informado a los especialistas médicos sobre el estado de salud del paciente.

Sin embargo también podrán ser implementados sensores externos, con los cuales se realizara la captura de información, e implementando los protocolos de comunicación IEEE 802.15.4 enviaran la información a los dispositivos móviles para almacenar y procesar los datos capturados.

d) GPS:

La implementación de un sistema de posicionamiento nos servirá para llevar un historial sobre los sitios de recreación y en algunos casos la cantidad de ejercicio que se haya realizado, además se podrán capturar los establecimientos de distribución de alimentos a los cuales han acudido los usuarios y verificar si dichos establecimientos proveen buena nutrición mediante sus productos.

Mediante el uso de Wifi o redes móviles se podrá obtener la localización actual del usuario dentro de un mapa digital en el cual estarán dados de alta los sitios de recreación y de distribución alimenticia mencionados anteriormente.

4.3.2 CAPA DE RED

En esta capa se buscó definir todos los protocolos de red que serán implementados una vez que se realice la captura de datos en la capa de percepción, se definieron los paquetes de datos asociados para cada una de las redes que se implementaran en las comunicaciones dispositivo-dispositivo o dispositivo-servidor.

a) IPv6 / 3G / Wifi:

Este tipo de redes se utilizó para la comunicación remota entre los dispositivos que intervienen en la plataforma, definen el medio de comunicación entre los servidores distribuidos y sus bases de datos donde se localizara la información de cada uno de los usuarios, además implementa protocolos de comunicaciones móviles los cuales proporcionarían funcionalidades para generar alertas y notificaciones a cada uno de los usuarios.

IPv6: Es un protocolo de capa de Internet para la conexión en red de conmutación de paquetes y proporciona una transmisión de datagramas entre los diferentes dispositivos a través de redes IP.

b) ZigBee / 802.15.4:

Ambos protocolos necesitan ser implementados a este tipo de redes para determinar el mecanismo de comunicación entre el dispositivo móvil (Celular/PDA) y los dispositivos de salud móvil adicionales a nuestra plataforma (Sensores cardíacos, acelerómetros, entre otros) de tal manera que se encuentren definidos los tipos de datos a utilizar y puedan implementarse de una manera sencilla.

Zigbee es un estándar que especifica la capa física y el control de acceso al medio para redes de área personal inalámbricas de baja velocidad

4.3.3 CAPA DE APLICACIÓN

Para la capa de aplicación, como se mencionó anteriormente, se refiere a las aplicaciones o producto final destinado para el usuario, el cual cumpla con todos los requerimientos del sistema, en este caso, como capa de aplicación se cuenta con una aplicación para dispositivos móviles destinada a la captura de información nutrimental de los usuarios, además de una API NFC que servirá principalmente para las personas encargadas de añadir la información nutrimental de los

alimentos a cada uno de los productos, generando etiquetas NFC y códigos QR respectivamente, además de un sistema web en el cual se puede acceder a la información, generar reportes del estado de salud del usuario y notificaciones para realizar medidas preventivas de salud.

ARQUITECTURAS

► Dinámica ideal:

En el siguiente diagrama (Figura 6) se muestra el comportamiento ideal para la plataforma de salud móvil, desde el momento en el que se realiza la captura de información nutrimental así como las actividades físicas realizadas por los usuarios para posteriormente almacenar dicha información automáticamente en una base de datos distribuida.

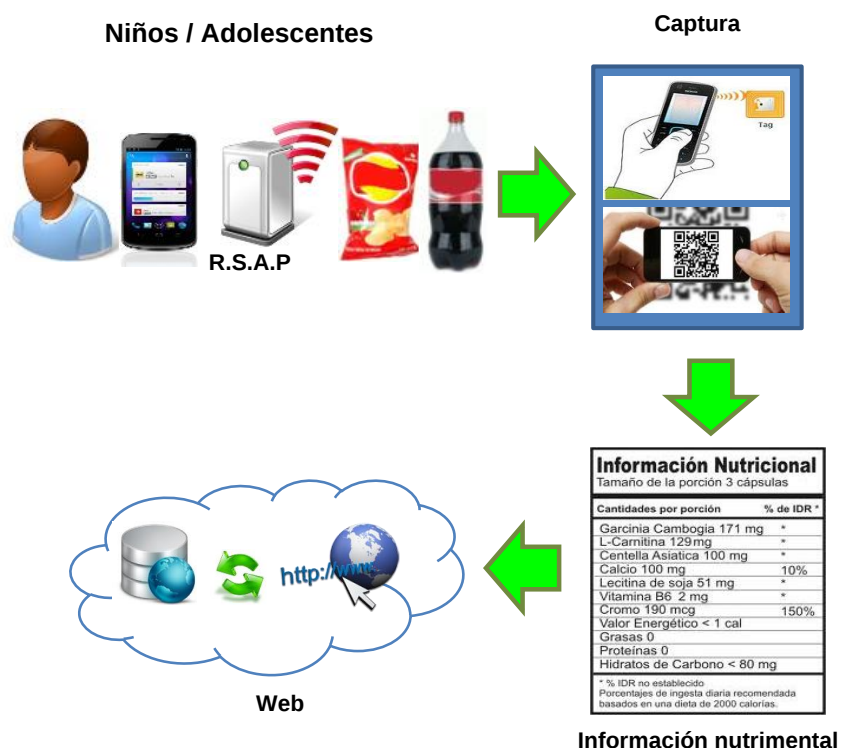


Figura 6. Dinámica ideal de la plataforma

► **Escenario I:**

Se muestra en el siguiente diagrama (Figura 7) un escenario en el cual el involucrado para la prevención de salud cuenta con un dispositivo móvil con las características necesarias para implementación del Internet de las Cosas.

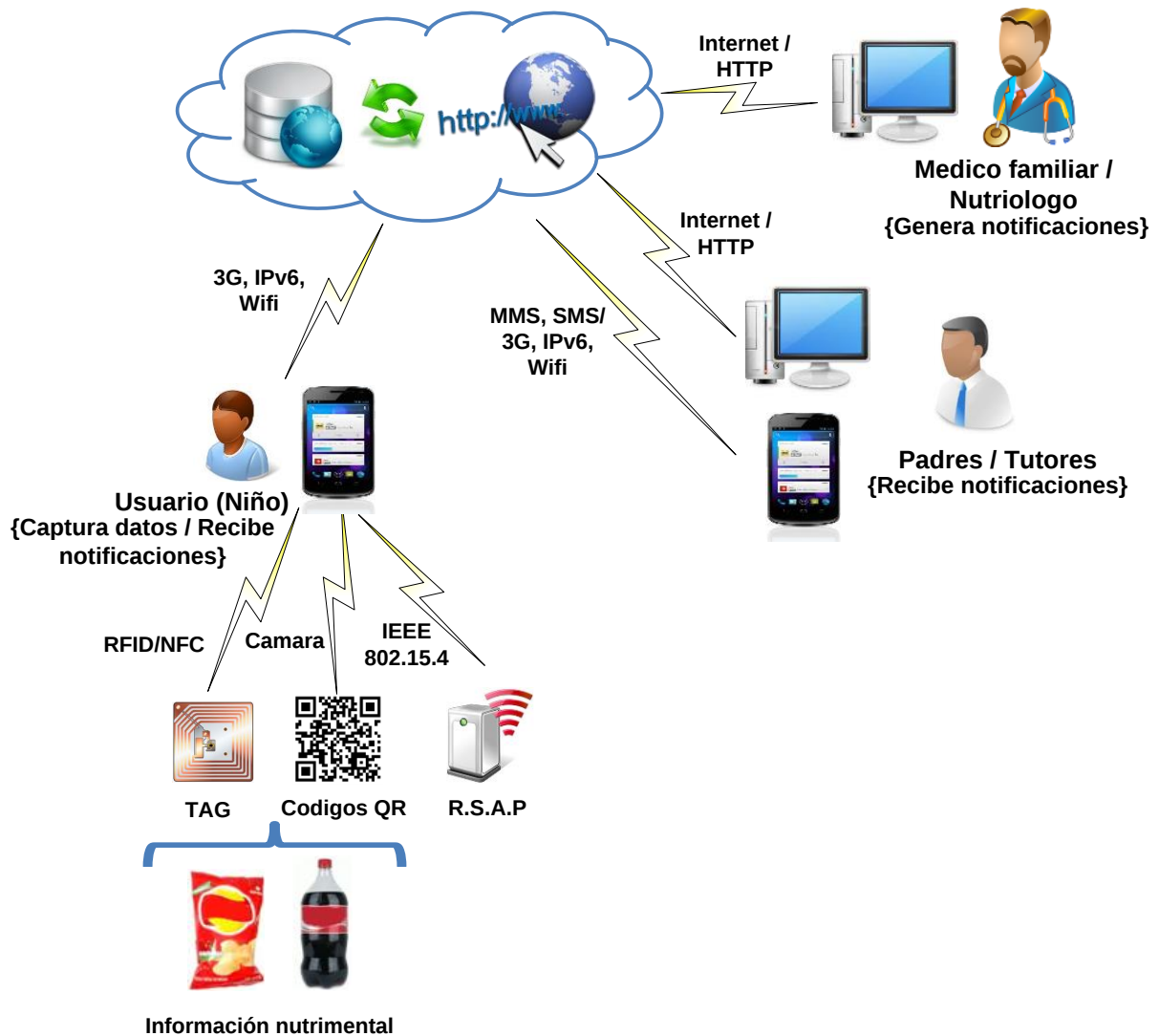


Figura 7. Primer escenario de la plataforma de salud móvil

► **Escenario II:**

Muestra un escenario (Figura 8) en el cual el involucrado con la prevención de salud NO cuenta con un dispositivo móvil con las características necesarias para implementación del Internet de las Cosas, por lo cual es necesario un usuario externo para la captura de la información, sin embargo, no sería posible la captura automática de las actividades físicas mediante R.S.A.P. y dichos datos tendrían que ser introducidos manualmente.

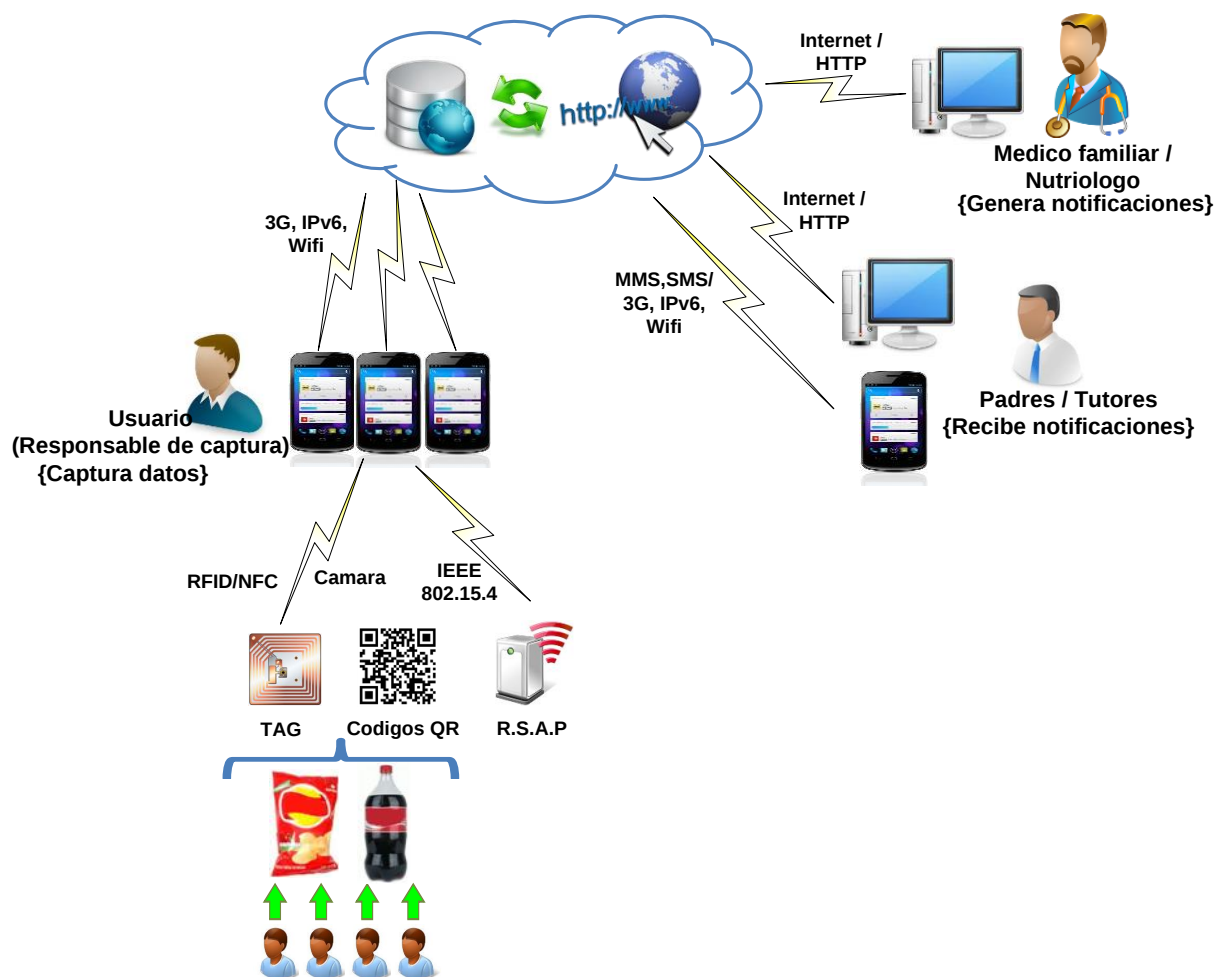


Figura 8. Segundo escenario de la plataforma de salud móvil

4.3.4 NOTIFICACIONES

Para el desarrollo de las notificaciones su investigación fue dividida en 2 secciones, para la cual fueron seleccionadas en la primera sección aquellas notificaciones generadas por parte del nutriólogo hacia el usuario de nuestra plataforma que es monitoreado y observado para la prevención y promoción de su salud (niños y adolescentes) el médico especialista realizara mediante las notificaciones observaciones medicas sobre el avance o deterioro de salud por parte del usuario, dándole a conocer “tips” que podría realizar para mejorar sus hábitos alimenticios y actividades físicas.

Por otra parte, el otro tipo de notificaciones que fueron implementadas en nuestro sistema también fueron elaboradas por parte de los médicos especialistas, sin embargo en esta ocasión serán utilizadas para informar a los padres y tutores sobre cualquier observación médica relevante acerca de sus tutorados e informarlos sobre futuras citas médicas.

Especificación técnica:

El remitente (medico) para generar cada una de estas notificaciones podrá utilizar tanto la plataforma web como aplicación móvil de nuestra plataforma dependiendo de su elección, el médico deberá seleccionar el destinatario y proporcionara el texto necesario para la notificación y además seleccionar la prioridad de lectura para dicha notificación.

La metodología que será implementada para el envío de notificaciones a los destinatarios es implementada mediante el protocolo IPv6, el cual nos garantiza la entrega segura de nuestros paquetes mediante el checksum en su capa de superior mediante el protocolo TCP, tal y como se muestra en el diagrama de envío y confirmación de paquetes implementando el protocolo TCP (Figura 9).

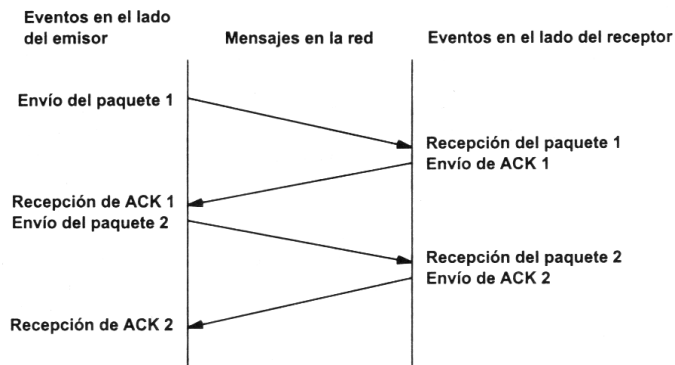


Figura 9. Diagrama de estados para envío de notificaciones

Sin embargo para el desarrollo de nuestro sistema es necesario verificar que el usuario destinatario en realidad realice la lectura literal de la notificación generada por el médico especialista, por lo cual fue elaborado un proceso de envío de notificaciones más complejo (Figura 10), en el cual los mensajes serán almacenados dentro de un servidor y se verificara que el usuario realice la lectura de la notificación mediante la solicitud de un mensaje de confirmación de lectura.

Figura 10. Secuencia de notificaciones

Tabla de prioridades

Para la lectura de cada una de las notificaciones, con la colaboración de especialistas médicos del Centro de Alto Rendimiento de Ensenada Baja California, en la siguiente tabla (Tabla 2) se muestran las 3 clasificaciones establecidas para los mensajes a cada uno de los destinatarios dependiendo de su prioridad, además fue definido un tiempo máximo para el cual los destinatarios debieron de haber realizado confirmación de la lectura para cada notificación, y en caso de no recibir dicha confirmación, proceder a otro medio de notificación más eficiente, tal como lo es una llamada telefónica.

Prioridad	Tipo	Tiempo de lectura máximo	Tipo de mensaje
0	Inmediato	Llamada inmediata	Llamada
1	Urgente	6 horas	HTTP y SMS
2	Importante	24 horas	SMS
3	Normal	72 horas – Sin llamada	HTTP

Tabla 2. Clasificación de notificaciones

4.3.5 Plataforma - Arquitectura

Para la elaboración de la arquitectura completa de nuestra plataforma es necesario definir los diferentes componentes que la conforman y su manera de interactuar con los demás componentes del resto de nuestra arquitectura (Figura 11).

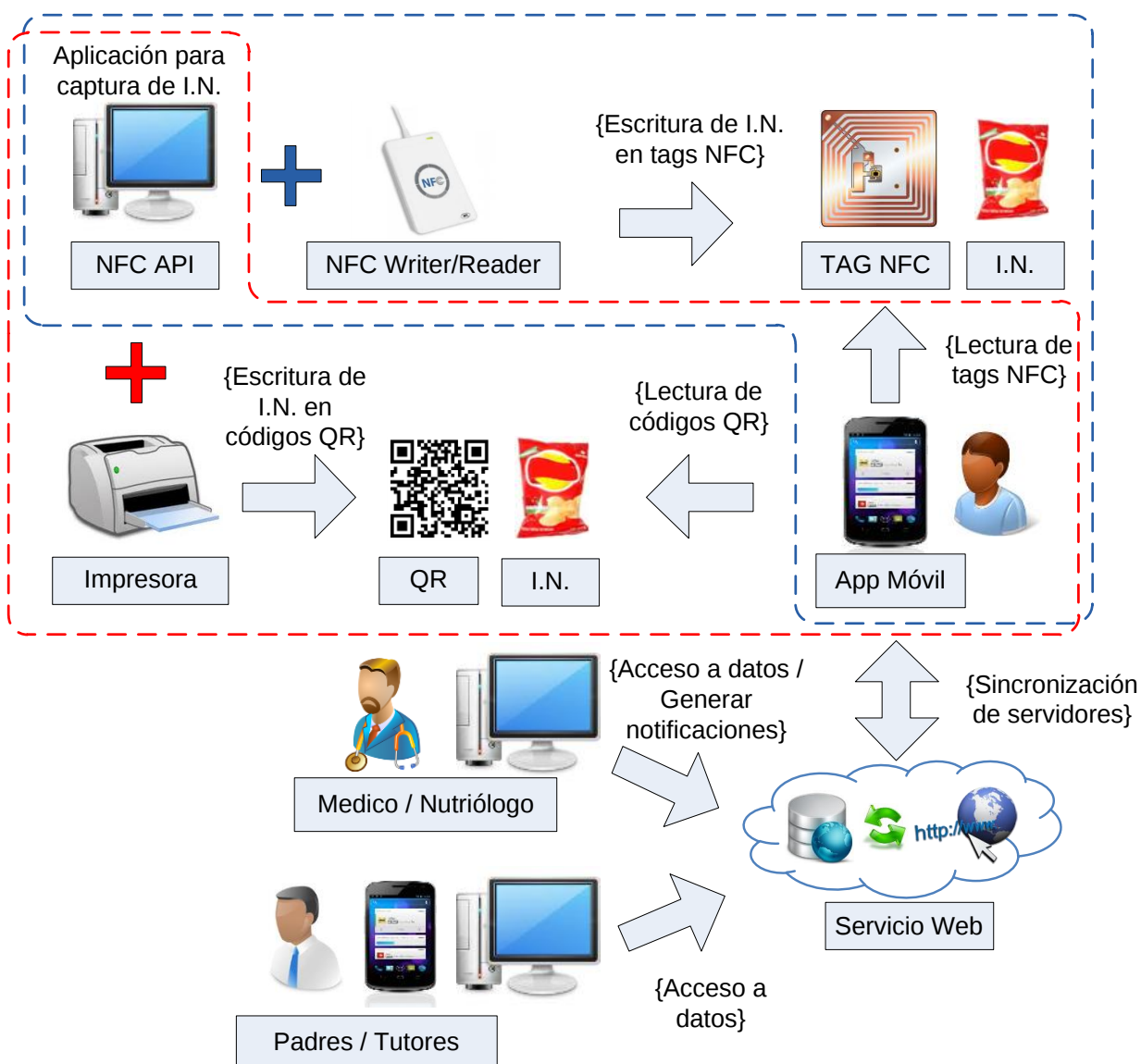


Figura 11. Diagrama de componentes para plataforma.

NFC API:

Se refiere a un sistema de captura de información nutrimental, el cual proporcionara al usuario una interfaz amigable para la captura de dicha información y a su vez generar las etiquetas NFC así como códigos QR correspondientes. Por lo cual deberá contener las librerías y comandos de lectura y escritura necesarios para la programación de las etiquetas mediante el NFC Writer/Reader. Por otra parte con la misma información nutrimental capturada el usuario tendrá la opción de imprimir dicha información en códigos QR para proporcionar un medio de captura adicional a las etiquetas NFC.

A continuación se muestra el primer prototipo generado con interfaz de usuario para la captura de la información nutrimental de los alimentos y generación de códigos QR (Figura 12).

The screenshot shows a software window titled "API NFC". On the left is a large QR code. To its right is a form with two columns of input fields. The first column has labels: ID, Marca, Tipo, Nombre, ca, gt, gs. The second column has labels: co, so, ch, az, pr. Below these is a text area containing a JSON string. At the bottom right, there are two buttons: "Generar" and "Guardar".

Field	Value
ID	1
Marca	2
Tipo	3
Nombre	4
ca	5
gt	6
gs	7
co	8
so	9
ch	10
az	11
pr	12

```
{ "IN": { "alID": "1", "tipo": "3", "marca": "2", "nombre": "4", "ca": "5", "gt": "6", "gs": "7", "co": "8", "so": "9", "ch": "10", "az": "11", "pr": "12" }}
```

QR Tipo: 10 Tamaño: 271

Generar Guardar

Figura 12. Interfaz para escritura de códigos QR y etiquetas NFC

La programación de esta herramienta fue desarrollada en el lenguaje de programación C# implementando las librerías .NET MessagingToolkit QRCode para la generación de códigos QR y la librería ProximityDevices de Windows 8 para la lectura de etiquetas NFC a continuación se muestran (Figuras 13-16) los principales métodos implantados para ambas librerías.

```
using (var writer = new DataWriter{ UnicodeEncoding =  
Windows.Storage.Streams.UnicodeEncoding.Utf16LE } )  
{  
    Debug.WriteLine("Writing message to NFC: " + Url);  
    writer.WriteString(Url);  
    long id = _proximityDevice.PublishBinaryMessage("WindowsUri:WriteTag",  
writer.DetachBuffer());  
    _proximityDevice.StopPublishingMessage(id);  
}
```

Figura 13. Método para escritura de etiquetas NFC

```
using (var reader = DataReader.FromBuffer(message.Data))  
{  
    reader.UnicodeEncoding = Windows.Storage.Streams.UnicodeEncoding.Utf16LE;  
    string receivedString = reader.ReadString(reader.UnconsumedBufferLength / 2 - 1);  
    Debug.WriteLine("Received message from NFC: " + receivedString);  
    Url = receivedString;  
}
```

Figura 14. Método para lectura de etiquetas NFC

```

private Image generateQR(string input, int qrLevel)
{
    string toenc = input;
    MessagingToolkit.QRCode.Codec.QRCodeEncoder qe = new
    MessagingToolkit.QRCode.Codec.QRCodeEncoder();
    qe.QRCodeEncodeMode = QRCodeEncoder.ENCODE_MODE.BYTE;
    qe.QRCodeErrorCorrect = QRCodeEncoder.ERROR_CORRECTION.L;
    qe.QRCodeVersion = qrLevel;
    System.Drawing.Bitmap bm = qe.Encode(toenc);
    return bm;
}

```

Figura 15. Método para escritura de códigos QR (Imagen)

```

private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    String cad = "{ \"IN\": { \"aID\": \"\" + tbID.Text + \"\", \"tipo\": \"\" + tbTipo.Text
    + \"\", \"marca\": \"\" + tbMarca.Text + \"\", \"nombre\": \"\" + tbNombre.Text
    + \"\", \"ca\": \"\" + tbCA.Text + \"\", \"gt\": \"\" + tbGT.Text + \"\", \"gs\": \"\" + tbGS.Text
    + \"\", \"co\": \"\" + tbCO.Text + \"\", \"so\": \"\" + tbSO.Text + \"\", \"ch\": \"\" + tbCH.Text
    + \"\", \"az\": \"\" + tbAZ.Text + \"\", \"pr\": \"\" + tbPR.Text + \"\" } }";
    qrtext.Text = cad;
    qr_pic.Image = QRGen(qrtext.Text, 10);
}

```

Figura 16. Método para escritura de cadena de Información nutrimental

NFC Writer/Reader:

Para el desarrollo de etiquetas NFC es imprescindible un dispositivo de lectura/escritura de etiquetas NFC, en el cual mediante nuestra NFC API se pueda almacenar la información de los diferentes productos que sean necesarios para el usuario.

En el desarrollo de la API NFC fue utilizado para pruebas el producto Alien® ALR-965 para escritura y lectura de etiquetas NFC, ya que proporciona su propio kit de desarrollo en .NET



TAG NFC:

Los TAGS NFC son las etiquetas NFC que almacenaran la información nutrimental de los productos dentro de una cadena JSON como se mencionó anteriormente, se investigaron los diferentes tipos de etiquetas que existen en el mercado y se llegó a la conclusión que las etiquetas NTAG203 proveen las características necesarias para implementarse dentro de nuestra plataforma, además que su precio accesible comparado con otras etiquetas



I.N.:

Este componente de nuestra plataforma se refiere a cualquier alimento o producto al cual se le esté generando su respectiva etiqueta NFC o código QR, deberá proporcionar toda la información calórica sobre el producto, además de su tipo, marca y un identificador de producto.

Servicio web:

Dentro de nuestra plataforma móvil es necesario tener un servidor disponible para los usuarios en el cual se almacenaran todos aquellos datos, progresos y notificaciones que se generen a lo largo del monitoreo del usuario, proveerá de una interfaz para que los usuarios puedan realizar consultas acerca de sus citas médicas, su registro de actividades físicas y sus hábitos alimenticios.

App Móvil:

Esta es la parte principal de nuestra plataforma ya que contiene la mayor parte de los elementos del Internet de las Cosas, es el encargado de la captura de Información Nutricional de cada uno de los productos mediante su lectura de etiquetas NFC, códigos QR y actividades físicas,

Actividades físicas:

En nuestra plataforma móvil como se mencionó anteriormente, es necesaria la captura de actividades físicas, para lo cual es necesaria la implementación de sensores inalámbricos para que nuestro dispositivo móvil tenga la capacidad de obtener información sobre ritmo cardíaco, distancia recorrida en determinado tiempo, aceleración, entre otros factores que mediante cálculos nos proporcionarían un aproximado sobre las calorías consumidas por el usuario.

Con el fin de lograr los objetivos 3 4 y 5 de nuestra investigación, en este capítulo pudimos concluir el análisis y diseño de los componentes del Internet de las Cosas que interactuaran con nuestro sistema así como las diferentes arquitecturas necesarias para cumplir con los requerimientos de los usuarios de diferentes edades y además implementando mecanismos de comunicación y notificaciones para los diferentes integrantes de nuestra plataforma de salud móvil basada en el Internet de las Cosas.

CAPITULO VI. CASOS DE ESTUDIO Y PRUEBAS

5.1 Casos de estudio

A continuación se describirá el caso de estudio que fue realizado en la escuela privada Maestro Luis Mejía Velasco, en la cual nos proporcionaron permiso para realizar pruebas de usabilidad de nuestra plataforma en 15 niños de cuarto grado de primaria, de los cuales 6 se encontraban en los 9 años de edad y 9 en los 10 años, estas pruebas tenían como primordial objetivo medir el desempeño de lectura de información nutrimental mediante el lector NFC del dispositivo móvil y comparar sus resultados con el obtenido mediante la lectura de la misma información en base a códigos QR.

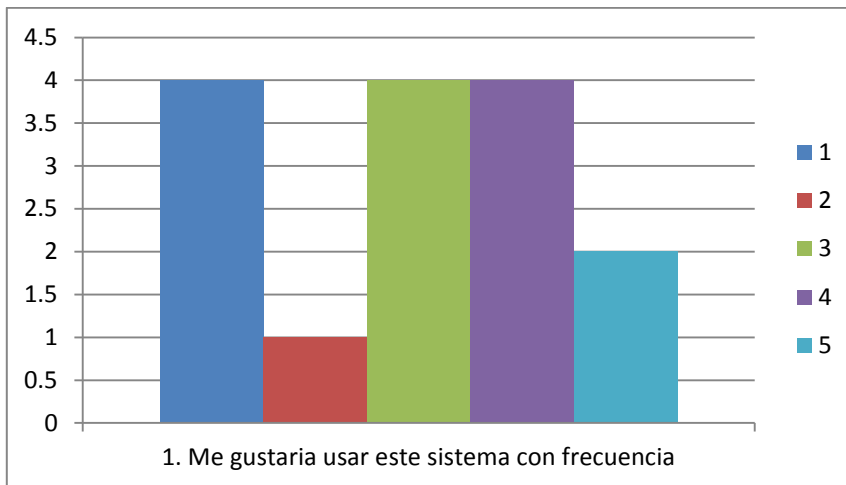
Otro de los objetivos para nuestro caso de estudio fue el verificar la usabilidad de nuestra interfaz de usuario, se les proporciono a los 15 niños un dispositivo móvil con nuestra aplicación instalada, los usuarios podrían realizar captura de información mediante las diferentes tecnologías, así como consultar información nutrimental de diferentes alimentos. Una vez realizadas dichas actividades se le proporciono a cada usuario un cuestionario de usabilidad (SUS – System Usability Scale) en el cual fueron planteadas preguntas acerca de la experiencia del usuario al utilizar nuestra aplicación, dicho cuestionario se encuentra adjunto a continuación.

La manera en la que fue elaborado este caso de estudio se concluye en los siguientes pasos:

1. Instalación de aplicación en dispositivo móvil
2. Generación de etiquetas NFC y Códigos QR con información nutrimental para alimentos y bebidas
3. A los usuarios se les otorgo el dispositivo móvil para que realizaran la captura de información nutrimental mediante las diferentes tecnologías del sistema y validaran la información capturada, además de poder visualizar la información dentro de la interfaz de usuario.
4. Se otorgó a los usuarios de un cuestionario de usabilidad SUS para evaluar el sistema.

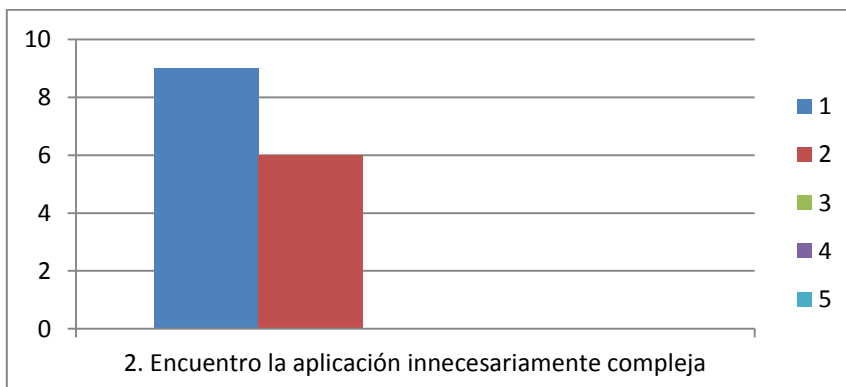
5. Por nuestra parte se observó el manejo del sistema, y la interacción con las diferentes tecnologías y se generaron notas y estadísticas sobre el comportamiento del sistema y del cuestionario de usabilidad

A continuación se mostraran los resultados estadísticos para cada una de las preguntas de nuestro cuestionario.



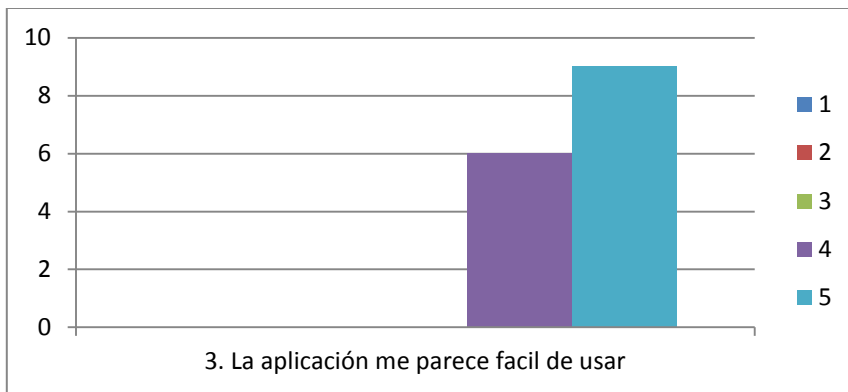
Calificación total: 29

Calificación SUS: 72.5



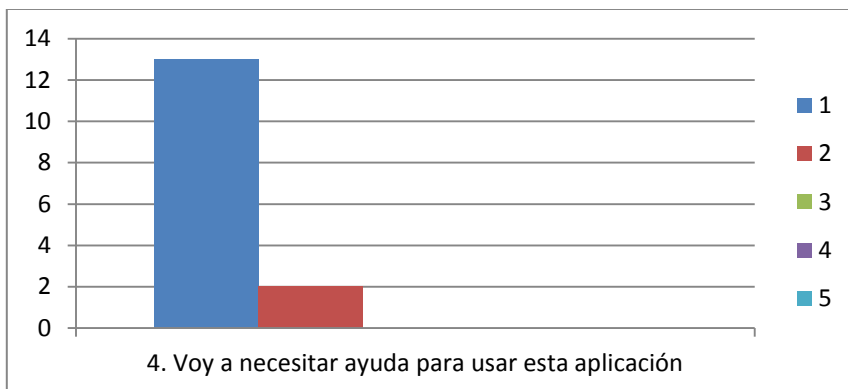
Calificación total: 53

Calificación SUS: 132.5



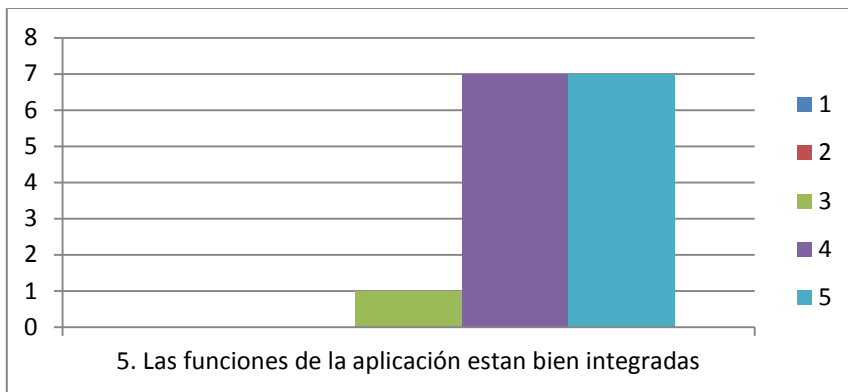
Calificación total: 54

Calificación SUS: 135



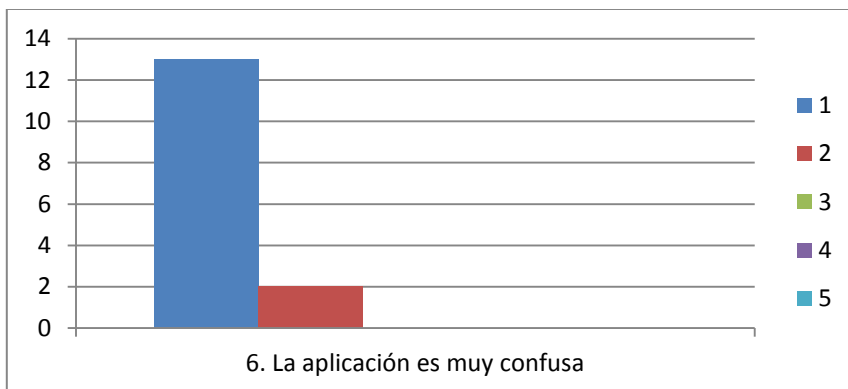
Calificación total: 58

Calificación SUS: 145



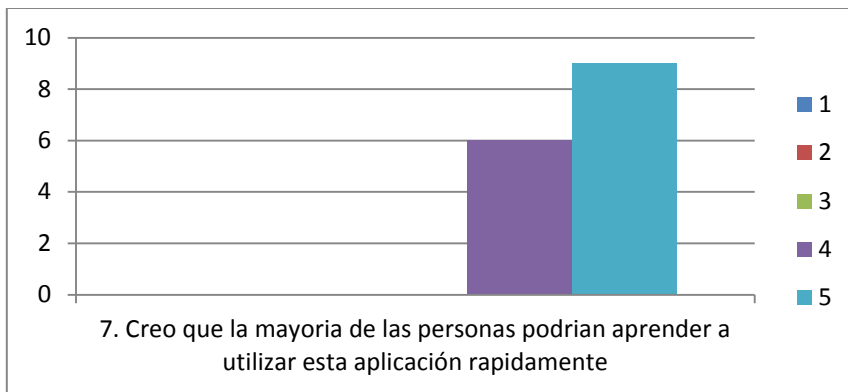
Calificación total: 51

Calificación SUS: 127.5



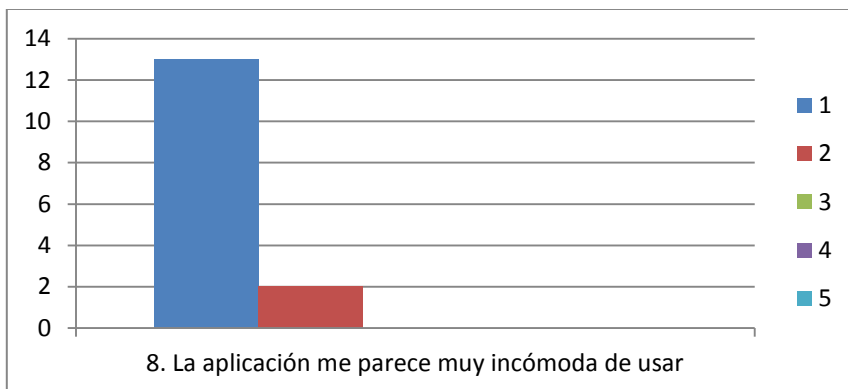
Calificación total: 59

Calificación SUS: 147.5



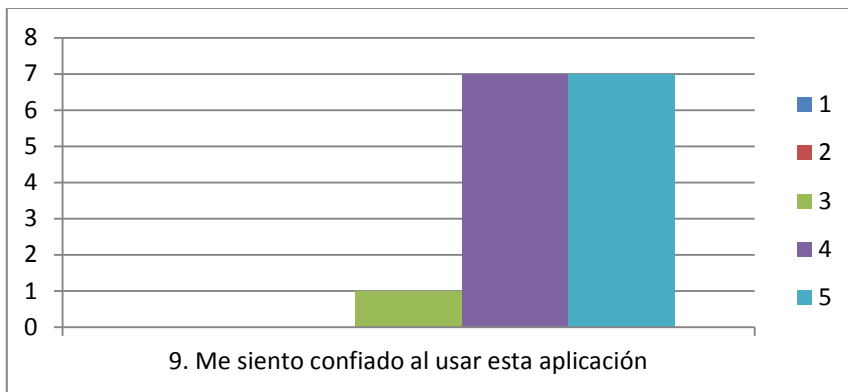
Calificación total: 53

Calificación SUS: 132.5



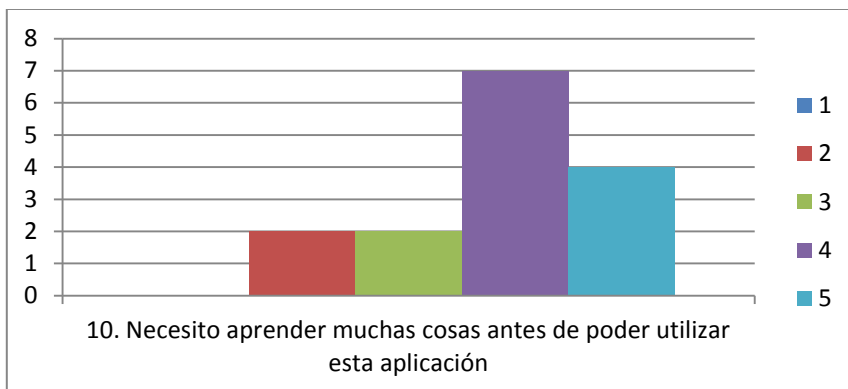
Calificación total: 58

Calificación SUS: 145



Calificación total: 51

Calificación SUS: 127.5



Calificación total: 17

Calificación SUS: 42.5

Calificación SUS TOTAL: 80.83333

Conclusión de resultados obtenidos

Una vez calculados los resultados de nuestro cuestionario de usabilidad, se obtuvo una calificación SUS Total de 80.83333, para los sujetos de estudio, y en base a las habilidades de los usuarios para el manejo de aplicaciones en dispositivos móviles los resultados nos indican que nuestra aplicación móvil tiene características de usabilidad adecuadas para los usuarios en cuestión, debido a que las funcionalidades del sistema les parecieron en su mayoría adecuadas, aportando facilidad de uso y un bajo margen de complejidad, sin embargo, un aspecto negativo que podemos tomar de esta investigación es que para la primera pregunta de nuestro cuestionario “Me gustaría usar este sistema con frecuencia” obtuvimos resultados negativos, las razones comentadas por los usuarios fueron en su mayoría que quieren usar la aplicación debido a que no quieren tener problemas de obesidad y sobrepeso, sin embargo posteriormente se le dio hincapié a que nuestra aplicación no es específicamente para usuarios con este tipo de problemas, si no para cualquier usuario que desee prevenir la problemas de esta índole.

Otro aspecto interesante obtenido como resultado de esta investigación es que en su mayoría, los usuarios no tenían la menor idea de la información que se quería proporcionar, ni de las tecnologías implementadas dentro de la aplicación (Códigos QR, NFC), lo cual se refleja principalmente en los resultados obtenidos para la pregunta número 10. “Necesito aprender muchas cosas antes de poder utilizar esta aplicación”

Por otra parte, otro punto de esta investigación que debe ser resaltado, es que se realizó una comparativa sobre las tecnologías implementadas en nuestro sistema, se pudo notar que la captura de la información nutrimental mediante códigos QR fue significativamente más lenta que con la tecnología NFC debido a que mediante códigos QR es necesaria la implementación de la cámara del dispositivo, en la cual se necesita línea de visión directa con el código, sin embargo, mediante la tecnología NFC, con el simple hecho de colocar el dispositivo móvil a una corta distancia del alimento que contiene la etiqueta puede ser realizada la lectura de la información nutrimental de dicho alimento, reduciendo el tiempo de captura de información.

Algunos de los comentarios realizados por los usuarios fueron principalmente: “Esta más rápido”, “Es más fácil” al utilizar la tecnología NFC después de realizar la captura mediante códigos QR

En base a este caso de estudio se puede concluir que el objetivo número 6 “Evaluar el prototipo con usuarios potenciales” se encuentra completo para nuestra investigación.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Después del proceso de investigación realizado se puede llegar a la conclusión que la implementación del Internet de las Cosas para una plataforma de salud móvil para la prevención de obesidad y sobre peso en niños y adolescentes en México es viable, es necesario que de alguna manera se concientice a los usuarios de los problemas que son causados mediante malos hábitos alimenticios con la colaboración de especialistas médicos y aplicaciones móviles que nos permitan ayudar a prevenir futuros problemas de salud de esta índole. Por otra parte, pudimos notar que las tecnologías implementadas basadas en la arquitectura del Internet de las cosas aportan un gran valor al momento de generar la aplicación, provee herramientas con las cuales podemos monitorizar el estado de salud de los usuarios y prevenir problemas futuros.

Sin embargo a nuestro parecer, es necesario como trabajo futuro realizar pruebas a una mayor cantidad de usuarios mediante una prueba piloto en la cual puedan colaborar especialistas médicos, usuarios y sus respectivos tutores, de tal manera que podamos ver un panorama general del alcance del Internet de las Cosas en el área de salud móvil.

Para esto, las escuelas privadas y públicas que colaboraron con nuestra investigación se encuentran dispuestas para realizar una investigación más profunda y desarrollar una prueba piloto implementando todos los componentes de la plataforma, lo cual nos proporciona un gran reto mediante el desarrollo de componentes completamente funcionales incluyendo los aspectos de transmisión y seguridad de la información que será manejada.

REFERENCIAS

- [1] Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria, Estrategia contra el sobrepeso y la obesidad, Acuerdo Nacional, Secretaria de Salud, Retrieved September 23, 2011 from
http://portal.salud.gob.mx/sites/salud/descargas/pdf/ANSA_acuerdo_original.pdf

- [2] Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria, Estrategia contra el sobrepeso y la obesidad, Acciones del gobierno federal, Secretaria de Salud, Retrieved September 23, 2011 from
http://portal.salud.gob.mx/sites/salud/descargas/pdf/ANSA_acciones_gobierno_federal.pdf

- [3] Vital Wave Consulting. mHealth for Development: The Opportunity of Mobile Technology for Healthcare in the Developing World. Washington, D.C. and Berkshire, UK: UN Foundation-Vodafone Foundation Partnership, 2009.

- [4] Mobile Technologies for Enhancing eHealth Solutions in Developing Countries Dinusha Vatsalan, Shiromi Arunatileka, Keith Chapman, Gihan Senaviratne, Saatviga Sudahar, Dulindra Wijetileka, Yvonne Wickramasingh

- [5] The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything, Cisco Internet Business Solutions Group, Dave Evans, 2011

- [6] The Internet of Things: A survey, Luigi Atzori, Antonio Lera, Giacomo Morabito DIEEE, University of Cagliari, Italy. University Mediterranea of Reggio Calabria, Italy. University of Catania, Italy

- [7] M-Health: Emerging Mobile Health Systems, Edited by R. Istepanian, S. Laxminarayan, and C. S. Pattichis. 2006 XXX, 624 p. 182 illus. 0-387-26558-9. Berlin: Springer, 2006.

- [8] La Salud Móvil y los Sistemas de Salud: Determinantes del Progreso en la Salud Global, Simposio Internacional sobre la Estrategia de Salud Móvil para América Latina, Universidad Peruana Cayetano Heredia Banco Interamericano de Desarrollo, 2011

- [9] Introducing JavaScript Object Notation, JSON Support Team, Noviembre 2013 from <http://www.json.org/>

- [10] NFC Forum, The Near Field Communication Forum Specification Status. November 2013 from http://www.nfc-forum.org/specs/spec_dashboard/

- [11] Pervasive 2D Barcodes for Camera Phone Applications ,Kato, H.;Edith Cowan Univ.,Perth ; Tan, K.T., Edith Cowan University,June 2010

- [12] SapoFitness: A Mobile Health Application for Dietary Evaluation, Bruno M. Silva, Ivo M. Lopes, Instituto de Telecomunicações, University of Beira Interior, Covilhã, Portugal

- [13] Health Support System for Diabetes Prevention using networked health-monitoring equipment , M. Sugano, M. Imaki, and Y. Yoshida , Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2010 4th International Conference, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2010.

- [14] Mobile devices used for medical applications : Insights won from a usability study with diabetes patients, A. C. Valdez, M. Ziefle, A. Horstmann, and D. Herding, International Journal of Digital Society (IJDS), vol. 2, no. 1, pp. 337–346, 2011.

- [15] An m-Health monitoring system for children with suspected arrhythmias, E. Kyriacou, C. Pattichis, M. Pattichis, A. Jossif, L. Paraskeva, A.

- Konstantinides, and D. Vogiatzis, Conference proceedings : Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference, vol. 2007, no. 1, pp. 1794–7, Jan. 2007. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18002326>
- [16] User-Generated Mobile Services for Health and Fitness, A. Chapko, M. Gräßle, A. Emrich, D. Werth, N. Laum, C. Lerche, J. Tacke, S. Flake, A. Weber, and D. auftherapiezentrum, Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA), 2011 IEEE, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2011.
- [17] Drugs interaction checker based on IoT,, A. J. Jara, a. F. Alcolea, M. a. Zamora, a. F. G. Skarmeta, and M. Alsaedy, 2010 Internet of Things (IOT), vol. 1, no. 1, pp. 1–8, Nov. 2010. [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5678458>
- [18] The potential of Internet of m-health Things m-IoT for noninvasive glucose level sensing, R. S. H. Istepanian, S. Hu, N. Y. Philip, and a. Sungoor, Conference proceedings : Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Jan. 2011. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22255525>
- [19] Need for a context-aware personalized health intervention system to ensure long-term behavior change to prevent obesity, Khan, A.M., Seok-Won Lee, Div. of Inf. & Computer. Eng., Ajou University., Suwon, South Korea, 2013 5th International Workshop on Software Engineering in Health Care (SEHC), May 20-21, 2013
- [20] Childhood obesity prediction with artificial neural networks, Novak, B, Bigec, M. , Artificial Neural Networks and Expert Systems, 1995. Proceedings., Second New Zealand International Two-Stream Conference, Faculty of

- [21] A web application for an obesity prevention system based on individual lifestyle analysis, Kato, Y , Suzuki, T. ; Kobayashi, K , Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2012 IEEE International Conference, Departament of Intelligence Interaction Technology, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan
- [22] Vital Wave Consulting. mHealth for Development: The Opportunity of Mobile Technology for Healthcare in the Developing World, Washington, D.C. and Berkshire, UK: UN Foundation-Vodafone Foundation Partnership, 2009.

ANEXOS

