

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL  
BASADA EN LA TECNOLOGÍA NFC PARA ACCESO A  
INFORMACIÓN DE LAS PIEZAS DE ARTE DE UN MUSEO”**

**Tesis para optar el Título de Ingeniero de las Telecomunicaciones, que  
presenta el bachiller:**

**Jesús Jorge Herrera Mires**

**Asesor: Ing. Arturo Gustavo Díaz Rosemberg**

Lima, Diciembre del 2013

## RESUMEN

La presente tesis desarrolla el diseño e implementación de una aplicación móvil enfocado en el sistema operativo Android para agilizar y dinamizar el acceso a información de las piezas de arte de un museo. Para este propósito, se adaptará la base de datos del museo arqueológico Josefina Ramos de Cox. Además, se implementará una aplicación web en el framework Web2py para la gestión de contenidos que serán mostrados en la aplicación móvil. La aplicación móvil estará basada en la tecnología Near Field Communication para obtener el identificador de la pieza de arte de un tag NFC. Adicionalmente, se desarrolla un servicio web en Web2py para consultar a la base de datos y retornar la información en formato JSON a la aplicación móvil.

En el capítulo 1 se desarrolla el análisis de entornos y situación actual respecto a la visita a un museo, se identifica la problemática, se plantea los objetivos de la presente Tesis y se justifica su desarrollo.

En el capítulo 2 se revisan las tecnologías necesarias para la implementación de la aplicación móvil y la aplicación web, entre ellas la tecnología NFC, los sistemas operativos móviles con mayor cobertura de mercado, PhoneGap y Web2py.

En el capítulo 3 definimos el diseño de nuestras aplicaciones en base a la justificación del uso de NFC sobre otras tecnologías. Asimismo, se definen los diagramas de casos de uso, mockups de las aplicaciones y sus especificaciones.

Por último, en el capítulo 4 se indica el proceso de construcción de la aplicación móvil y la aplicación web de administración. Se explica la escritura de un tag NFC a través de una aplicación TagWriter, se muestra las aplicaciones finales con sus funcionalidades definidas y se exponen los resultados.

FACULTAD DE  
CIENCIAS E  
INGENIERÍA



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

**TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE LAS  
TELECOMUNICACIONES**

Título : Diseño e implementación de una aplicación móvil basada en la tecnología NFC para acceso a información de las piezas de arte de un museo

Área : Tecnologías flexibles # 244

Asesor : Ing. Arturo Gustavo Díaz Rosemberg

Alumno : Jesús Jorge Herrera Mires

Código : 20084664

Fecha : 02/10/13



**Descripción y Objetivos**

Las visitas a los museos actuales nacionales muestran exhibiciones sin sonido, muchas veces sin la oportunidad de tomarse una foto, presentan reseñas densas y poco claras; además, los recorridos de los ambientes suelen ser monótonos y largos; como consecuencia de todo resulta el cansancio y desinterés del público asistente.

Por otro lado, debido al desarrollo en las comunicaciones móviles y de los modelos de terminales que incorporan nuevas tecnologías, podemos disfrutar una cobertura casi global y múltiples aplicativos que nos permiten ahorrar tiempo, agilizar tareas y modernizar las formas en las que las personas acceden a la información. Entre las nuevas funcionalidades que un terminal móvil puede ofrecer se encuentra el intercambio de información a través de NFC (Near Field Communication).

El presente trabajo de Tesis tiene como objetivo principal diseñar e implementar un aplicativo móvil de uso sencillo e intuitivo basado en la tecnología NFC para el acceso a información e imágenes de las piezas artísticas de un museo, con la finalidad de mejorar la interacción de los visitantes con las piezas de arte durante su recorrido y promover el desarrollo cultural del país logrando que mayor población asista a los museos.

Para este propósito, el presente trabajo de Tesis realiza el caso de estudio del Museo de Arqueología Josefina Ramos de Cox, del cual se tomará la base de datos para motivos de análisis, diseño e implementación del aplicativo final.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU  
Especialidad de Ingeniería de las Telecomunicaciones

Ing. LUIS ANGELO VELARDE CRIADO  
Coordinador

FACULTAD DE  
CIENCIAS E  
INGENIERÍA



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE LAS  
TELECOMUNICACIONES

Título : Diseño e implementación de una aplicación móvil basada en la tecnología NFC para acceso a información de las piezas de arte de un museo

Índice

Introducción

1. Entorno y visión
2. Marco Teórico
3. Análisis y Diseño de la Aplicación
4. Implementación y Pruebas Finales

Conclusiones


Recomendaciones

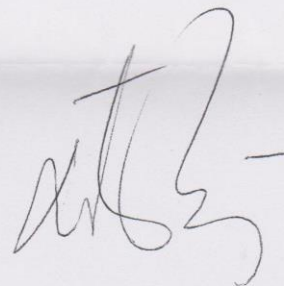
Bibliografía

Anexos

*Máximo: 100 páginas*

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ  
Especialidad de Ingeniería de las Telecomunicaciones

  
Ing. LUIS ANGELO VELARDE CRIADO  
Coordinador




## DEDICATORIA

A mi padre y madre, que me han apoyado incondicionalmente durante toda mi carrera universitaria y que siempre han procurado darnos lo mejor a mi hermano y a mí.

A mi hermano, mi compañero de juegos y deportes, con el que siempre comparto buenos momentos.



## AGRADECIMIENTOS

A mi familia en general que siempre me dio aliento y apoyo durante mi vida universitaria.

A mi grupo de amigos de colegio, a quienes los veo pocas veces al año, pero aún perdura la confianza y amistad de aquellos tiempos, y siempre que nos vemos la pasamos demasiado bien.

A mi asesor Arturo Díaz Rosemberg, en quien encontré también un buen amigo, el cual me guió para poder desarrollar la presente Tesis con éxito

A mis amigos y amigas de la universidad con quienes he pasado muy buenos momentos de diversión y formado grupos de trabajo... y amanecidas para los cursos y proyectos más complejos.

A Rosita, quien me acompañó en este último ciclo de mi vida universitaria.

A Milagritos Jiménez Moscol e Inés del Águila Ríos, curadora y jefa, respectivamente, del Museo Arqueológico Josefina Ramos de Cox, quienes se mostraron siempre dispuestas a apoyar a los alumnos de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el desarrollo de sus proyectos y Tesis en entornos relacionados a un museo.

## GLOSARIO

SQL	:	Lenguaje estructurado de consulta a base de datos.
JSON	:	Formato simple de almacenamiento e intercambio de datos.
NFC	:	Tecnología inalámbrica de corto alcance.
Framework	:	Esquema para el desarrollo e implementación de una aplicación.
PhoneGap	:	Framework para desarrollar aplicaciones móviles.
Web2py	:	Framework web en lenguaje Python.
SO	:	Sistema Operativo.
MAJRC	:	Museo Arqueológico Josefina Ramos de Cox.
MINCETUR	:	Ministerio de Comercio Exterior y Turismo.
Tag	:	etiquetas capaces de almacenar información.
ISO	:	International Organization of Standardization.
RFID	:	Sistema de almacenamiento y guardado de datos basado en tags.
ECMA	:	Organización internacional que estandariza comunicaciones.
ETSI	:	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones.
IEC	:	Comisión Electrotécnica Internacional.
JIS-X	:	Estándar japonés.
MIFARE	:	Tecnología de tags inteligentes de NXP.
FeliCa	:	Tecnología de tags inteligentes de Sony.
NDEF	:	Formato de datos.
Payload	:	Información esencial y útil de un paquete de información.
URI	:	Dirección que define la ubicación de un recurso en la red.
URL	:	Dirección que da información acerca de cómo obtener un recurso.
XAML	:	Lenguaje para inicializar los valores y objetos estructurados.
SDK	:	Conjunto de herramientas para la creación de aplicaciones.
HTTP	:	Protocolo utilizado en la web.
IDE	:	Entorno que soporta varios lenguajes de programación.
INC	:	Instituto Nacional de Cultura.
AJAX	:	Técnica de desarrollo web que funciona en un segundo plano.
CRUD	:	crear, ver, editar y eliminar, funciones básicas de base de datos.
Plugin	:	Aplicación que añade una funcionalidad adicional a un entorno.
Nube	:	Nuevo modelo de prestación de servicios a través de Internet.
JSONLint	:	validador de formatos JSON.

## ÍNDICE

Índice.....	8
Lista de Figuras.....	10
Lista de Tablas.....	12
Introducción.....	13
<b>Capítulo 1: Entorno y visión.....</b>	<b>14</b>
1.1 Situación actual.....	14
1.1.1 Análisis de Entornos.....	15
1.2 Proceso de Visita a un museo.....	17
1.2.1 Análisis y Descripción del Proceso.....	18
1.3 Formulación de la problemática.....	19
1.4 Objetivos.....	20
1.5 Fundamentación.....	20
<b>Capítulo 2: Marco teórico.....</b>	<b>22</b>
2.1 Near Field Communication.....	22
2.1.1 Estado del Arte.....	23
2.1.1.1 Presentación del asunto de estudio.....	23
2.1.1.2 Estado de la investigación.....	24
2.1.1.2.1 NFC Forum.....	24
2.1.1.2.2 Casos de uso en el mundo.....	25
2.1.1.3 Síntesis del asunto de estudio.....	28
2.1.2 Estándares NFC.....	29
2.1.3 Modos de Comunicación.....	30
2.1.4 Modos de Funcionamiento.....	33
2.1.5 Etiquetas NFC.....	33
2.1.6 Ventajas del uso de NFC.....	35
2.2 Sistemas Operativos Móviles.....	35
2.2.1 Android.....	36
2.2.2 iOS.....	36
2.2.3 Windows Phone.....	37
2.2.4 BlackBerry OS.....	37
2.2.5 Comparación entre sistemas operativos móviles.....	38
2.2.6 Distribución actual del mercado.....	38
2.3 PhoneGap.....	40
2.4 Web Services.....	41
2.4.1 Tipos de Web Service.....	42
2.4.1.1 Servicios web grandes.....	42



2.4.1.2 Servicios web RESTful.....	43
2.5 Web2py.....	43
<b>Capítulo 3: Diseño de la aplicación.....</b>	<b>45</b>
3.1 Elección de las Herramientas de Trabajo.....	45
3.1.1 Tecnologías sustitutas.....	46
3.1.1.1 NFC y Bluetooth.....	46
3.1.1.2 Tags NFC y Códigos QR.....	48
3.1.2 Sistema Operativo Móvil, Base de datos y servicio web.....	49
3.2 Estructuración de la Base de Datos.....	51
3.3 Estructuración de la Aplicación Móvil.....	53
3.3.1 Diagrama de Casos de Uso.....	53
3.3.2 Mockups y especificaciones.....	54
3.4 Aplicación web de administración.....	61
3.4.1 Necesidad de una aplicación de administración.....	61
3.4.2 Estructuración de la aplicación web.....	62
3.4.2.1 Diagrama de casos de uso.....	62
3.4.2.2 Mockups y especificaciones.....	63
3.5 Aplicación de escritura: TagWriter.....	65
<b>Capítulo 4: Implementación.....</b>	<b>67</b>
4.1 Desarrollo y construcción de la solución.....	67
4.1.1 Entornos de desarrollo.....	68
4.1.2 Instalaciones generales.....	68
4.1.3 Construcción del servicio web.....	70
4.1.4 Construcción de la aplicación móvil.....	72
4.1.5 Construcción de la aplicación web de administración.....	75
4.2 Pruebas de concepto.....	80
4.2.1 TagWriter en uso.....	81
4.2.2 Prueba del servicio web.....	82
4.2.3 Prueba de la aplicación móvil.....	83
4.2.4 Prueba de la aplicación web de administración.....	86
4.3 Resultados.....	91
Conclusiones.....	92
Recomendaciones.....	93
Trabajos Futuros.....	94
Bibliografía.....	95

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Análisis de variables externas.....	15
Figura 1.2: Proceso de visita a un museo.....	17
Figura 2.1: Diseño de la aplicación WO Smart Museum.....	27
Figura 2.2: Parámetros del registro NDEF.....	29
Figura 2.3: Modo de comunicación pasiva.....	31
Figura 2.4: Modo de comunicación activa.....	32
Figura 2.5: Etapas del establecimiento de comunicación NFC.....	32
Figura 2.6: Distribución de Mercado SO Móviles – 3er Cuarto 2012-2013.....	39
Figura 2.7: IDE de Web2py siguiendo modelo MVC.....	44
Figura 3.1: Hoja de cálculo y formularios de piezas del MAJRC.....	51
Figura 3.2: Base de datos del museo en MySQL.....	52
Figura 3.3: Diagrama de casos de uso de la aplicación móvil.....	54
Figura 3.4: Interfaz de Inicio (Mockup).....	55
Figura 3.5: Campos únicos para identificar una pieza.....	56
Figura 3.6: Interfaz de Espera (Mockup).....	57
Figura 3.7: Interfaz de Error (Mockup).....	58
Figura 3.8: Interfaz Principal (Mockup).....	59
Figura 3.9: Diagrama de flujo del funcionamiento de la aplicación móvil.....	60
Figura 3.10: Diagrama de Casos de uso de aplicación web.....	62
Figura 3.11: Interfaz de Listado de piezas (Mockup).....	63
Figura 3.12: Interfaz de Creación de pieza (Mockup).....	64
Figura 3.13: Interfaz de Edición de Pieza (Mockup).....	65
Figura 3.14: TagWriter disponible en Play Store.....	66
Figura 4.1: Declaración del plugin de NFC en el archivo “config.xml”.....	69
Figura 4.2: Proyecto con instalaciones generales en Eclipse.....	70
Figura 4.3: Web2py levantado en el puerto 8000.....	71
Figura 4.4: Interfaz administrativa del proyecto en Web2py.....	72
Figura 4.5: Librerías de la aplicación móvil “smartmuseumjrc”.....	73
Figura 4.6: Configuración de ejecución de la aplicación móvil.....	75
Figura 4.7: Base de datos MySQL en PythonAnywhere.....	76
Figura 4.8: Proyecto en Web2py de la aplicación web final.....	79
Figura 4.9: Motorola Razr D3 con aplicación instalada.....	80

Figura 4.10: Emulación de despliegue de tag NFC para pieza de arte.....	80
Figura 4.11: Escribiendo un tag NFC.....	81
Figura 4.12: Prueba de web service en Web2py.....	82
Figura 4.13: Validación de objeto JSON usando JSONLint.....	82
Figura 4.14: Pantalla inicial de la aplicación web.....	83
Figura 4.15: Lanzamiento de la aplicación con el tag NFC.....	83
Figura 4.16: Contenido de espera de la aplicación móvil.....	84
Figura 4.17: Contenido de error de la aplicación móvil.....	84
Figura 4.18: Aplicación móvil mostrando información de la pieza de arte.....	85
Figura 4.19: Contenido general de la pieza de arte.....	85
Figura 4.20: Interfaz principal de la aplicación web.....	86
Figura 4.21: Creación de nueva pieza en la interfaz web.....	87
Figura 4.22: Validación de los campos en la interfaz de creación de pieza.....	87
Figura 4.23: Edición de la pieza de arte.....	88
Figura 4.24: CRUD de tabla Bien.....	88
Figura 4.25: CRUD de tabla Material.....	89
Figura 4.26: CRUD de tabla Colección.....	89
Figura 4.27: CRUD de tabla Periodo.....	89
Figura 4.28: CRUD de tabla Cultura.....	90
Figura 4.29: CRUD de tabla Periodo_por_Cultura.....	90
Figura 4.30: CRUD de tabla Tecnica_de_Manufactura.....	90
Figura 4.31: CRUD de tabla Decoracion.....	90

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1: Problemas del proceso de visita a un museo.....	18
Tabla 2.1: Aplicaciones y usos NFC – NFC Forum.....	25
Tabla 2.2: Casos estudiados de NFC en el mundo.....	26
Tabla 2.3: Comparación entre Tags NFC.....	34
Tabla 2.4: Comparación de Sistemas Operativos Móviles.....	38
Tabla 2.5: Distribución de Mercado SO Móviles – 3er Cuarto 2012-2013.....	39
Tabla 2.6: Funcionalidades soportadas para cada Sistema Operativo.....	41
Tabla 3.1: Comparación entre NFC y Bluetooth.....	47
Tabla 3.2: Comparación entre Tags NFC y Códigos QR.....	48
Tabla 3.3: Datos considerados para aplicación web y móvil.....	51
Tabla 3.4: Agrupación de características de las piezas de arte.....	58
Tabla 4.1: Funciones en controlador y vistas asociadas de la aplicación.....	77
Tabla 4.2: Anexos de códigos de vistas de la aplicación web.....	79
Tabla 4.3: Resultados de pruebas.....	91

## Introducción

Debido al desarrollo en el campo de las comunicaciones móviles y los modernos modelos de terminales que incorporan nuevas tecnologías, podemos disfrutar no solo de una cobertura urbana casi global, sino también de una extensa lista de aplicaciones y funciones que nos permiten ahorrar tiempo, agilizar tareas y modernizar las formas en las que las personas acceden a la información. Entre las nuevas funcionalidades que un terminal móvil puede ofrecer se encuentra el intercambio de información a través de la tecnología Near Field Communication (NFC).

La integración de nuevas tecnologías en el entorno de un museo ha generado mayor asistencia de visitantes nacionales y extranjeros. No solamente generan ingresos económicos, sino que además los visitantes tienen un recorrido entretenido e interactivo. En el ámbito nacional, las visitas a los museos presentan exhibiciones sin sonido, muchas veces sin la oportunidad de tomarse una foto, y reseñas muy densas y poco claras. Asimismo, los recorridos de los ambientes son monótonos y largos. En consecuencia, resulta en el cansancio, aburrimiento y desinterés del público asistente. Para resolver estos diversos aspectos, se plantea la inclusión de nuevas tecnologías que permitan que los recorridos sean más didácticos e interactivos con los visitantes, y guíen al museo hacia la modernización.

La presente tesis tiene como objetivo principal diseñar e implementar un aplicativo móvil de uso sencillo e intuitivo basado en la tecnología NFC para el acceso a información e imágenes de piezas y obras de arte de un museo, con la finalidad de mejorar la interacción de los visitantes con las piezas durante su recorrido y promover el desarrollo cultural del país impulsando una mayor asistencia a los museos.

Para cumplir los propósitos planteados se realiza un caso de estudio para el Museo Arqueológico Josefina Ramos de Cox, del cual se adaptará la base de datos para motivos de diseño, análisis e implementación del aplicativo final.

## CAPÍTULO 1

### ENTORNO Y VISIÓN

En este capítulo se desarrollará la situación actual y análisis de entornos del acceso a información de las piezas de arte de un museo. Asimismo, se analizará el proceso de visita a un museo, se identificará la problemática y se expondrá los objetivos de la presente Tesis.

#### 1.1 Situación actual

Los museos son espacios en los cuales se conserva y exhiben los bienes culturales para el conocimiento y deleite de quienes los visitan; a través de las exhibiciones permanentes y temporales estos transmiten conocimientos, valores y promueven el fortalecimiento de la identidad local, regional y nacional [MCU2013]. Dentro de sus funciones más importantes se encuentran: coleccionar objetos de estudio relativos a su temática, investigar cada pieza adquirida, conservar y garantizar la integridad de las obras de arte, comunicar y exhibir el conocimiento alcanzado sobre las colecciones y disciplina científica [LOP2001].

El Museo Arqueológico Josefina Ramos de Cox es una entidad sin fines de lucro creado por acuerdo del Consejo Directivo del Instituto Riva-Agüero en diciembre de 1971 para difundir el valioso legado de colecciones arqueológicas documentadas [MJR2013]. Asimismo, es parte de la Red de Museos del Centro Histórico de Lima. Las piezas y obras de arte de esta entidad cuentan con una ficha de registro que detalla la información general de la pieza de arte, las técnicas de decoración empleadas y las técnicas de conservación utilizadas en su recuperación. El MAJRC inventaría esta información en archivos de Excel y en formularios desarrollados en Access, este proceso se encuentra en constante actualización.

### 1.1.1 Análisis de Entornos

Se lleva a cabo un análisis de variables externas y entornos para determinar los factores y eventos externos al museo que tienen potencial de afectar el acceso a la información de las piezas de arte.

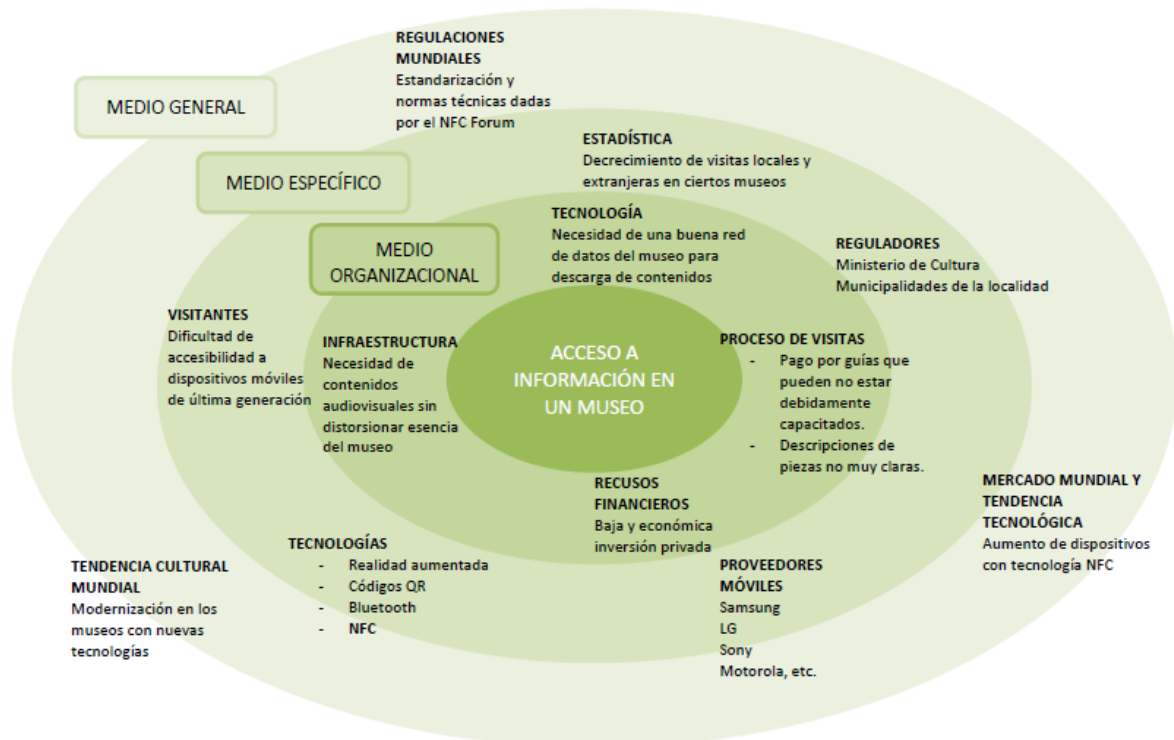


Figura 1.1: Análisis de variables externas

Fuente: Elaboración Propia

El medio general consiste en los factores tecnológicos y socioculturales que afectan indirectamente al museo. Para este caso se considera tres factores importantes: las tendencias culturales mundiales dadas por la modernización de los museos con las nuevas tecnologías, el mercado mundial y la tendencia tecnológica de aumento de dispositivos con nuevas tecnologías y aplicaciones para los distintos sistemas operativos; y las regulaciones mundiales las cuales están dadas por el NFC Forum, que realiza la normativa correspondiente al uso de la tecnología NFC.

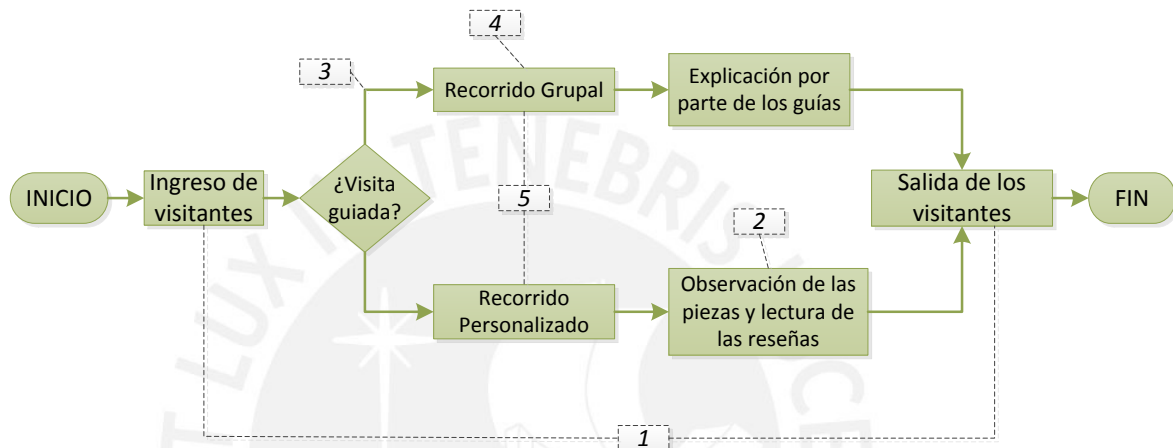
El medio específico consiste en los factores de la industria actual en relación al asunto de estudio. Se considera cinco puntos importantes para este análisis: los visitantes, los cuales manifiestan dificultad para acceder a dispositivos móviles de última generación; las tecnologías usadas para desarrollar un museo interactivo tales como Códigos QR, NFC, Bluetooth y Realidad Aumentada; los proveedores móviles tales como Samsung, Sony, Motorola, los cuales se encargan de desarrollar los terminales de última generación; la estadística anual, elaborada por MINCETUR, con respecto a la visita a ciertos museos peruanos (algunos no cuentan con un registro anual de asistencia), la interpretación de estos datos muestra decrecimiento de las visitas locales y extranjeras en los museos [MIN2013]; y por último las entidades reguladoras tales como el Ministerio de Cultura, MINCETUR y la Municipalidad del Distrito, las cuales tienen poder de decisión sobre las exhibiciones e influencia en la publicidad de los eventos del museo.

El medio organizacional se aplica a los factores y eventos dentro del museo que afecta el acceso a información de las piezas de arte. Se identificaron cuatro factores importantes: la necesidad de una infraestructura capaz de brindar contenidos audiovisuales sin distorsionar la esencia del museo; los recursos financieros con los que se cuentan; la necesidad de contar con una red de datos para la descarga de contenidos; y por último, el proceso de visita a un museo, siendo este el más relevante para la formulación de la problemática y objeto de estudio de la siguiente punto de este capítulo.



## 1.2 Proceso de Visita a un museo

Se detalla el proceso de visita a un museo y se numeran los problemas encontrados en el proceso en la siguiente figura. Los números significan el problema encontrado en cada parte del diagrama de flujo.



**Figura 1.2: Proceso de visita a un museo**

**Fuente: Elaboración Propia**

Inicia el proceso cuando el visitante llega al museo y debe elegir entre realizar un recorrido personalizado o un recorrido grupal. El recorrido grupal es efectuado por un guía a determinadas horas del día y brinda explicaciones y comentarios acerca de las piezas observadas. El recorrido personalizado consiste en el visitante observando las piezas de arte y leyendo las reseñas que se facilitan.

Los problemas encontrados en el proceso se analizan y describen por orden en el siguiente punto de este capítulo.

### 1.2.1 Análisis y Descripción del Proceso

Se identificaron, en base a la observación luego de una visita al museo arqueológico Josefina Ramos de Cox y a una reunión con la jefa y con curadora del museo, cinco problemas relevantes en el proceso. A continuación se detalla los resultados, por orden de importancia, del análisis y descripción las problemáticas del proceso expuesto anteriormente.

**Tabla 1.1: Problemas del proceso de visita a un museo**

**Fuente: Elaboración Propia**

PROBLEMAS	EXPLICACIÓN
1) Desinterés de los visitantes	Visitar un museo es una de las últimas opciones que se tienen al realizar una salida de fin de semana. Esto debido a que los ambientes actuales no se presentan muy atractivos para los visitantes, se limita a la observación y no es interactivo para despertar el interés. En consecuencia, se tiene la disminución de visitas anuales.
2) Reseñas de las piezas limitan la información	Las reseñas de las obras de arte son muy extensas y poco visibles. Solo describe las características principales y limita al visitante a la observación. Si el visitante desea mayor información no la podrá obtener inmediatamente.
3) Pago por un guía	La visita a un museo puede, dependiendo de las políticas de museo, cobrar una entrada. Además, el visitante tiene las opciones de realizar la visita de forma personalizada o realizar un pago por un guía.
4) Grupos extensos	Durante el recorrido guiado grupal por el museo los visitantes suelen comentar y murmurar, lo que ocasiona que la información brindada por el guía acerca de las piezas de arte quede poco clara.
5) Limitación de toma de imágenes	No se permite la toma de fotografías con flash en un museo, puesto que el flash emite luz la cual deteriora las obras de arte a través del tiempo. Sin embargo, en algunos museos, no se permite siquiera la toma de fotografías por políticas internas.

### 1.3 Formulación de la problemática

La visita y recorrido a los museos presentan deficiencia en las estrategias que permitan mayor atracción de visitantes. Además, los recorridos de los ambientes caen en la monotonía y suelen ser largos. Otro factor relevante es el costo de la entrada, puesto que puede aumentar si se decide la contratación de un guía. Asimismo, contratar a un guía conlleva a recorrer el museo en grupos, en donde muchas veces no se puede entender o escuchar al guía, se presenta mucha incomodidad y pérdida de atención a las explicaciones y comentarios acerca de una pieza de exposición. También, sea el caso en que se decide hacer el recorrido personalmente, las reseñas brindadas acerca de las piezas de arte limitan la información brindada al asistente; si un asistente se ve interesado y quiere tener más conocimiento acerca de una pieza, no estará en condiciones de informarse adecuadamente. Por último, las limitaciones impuestas por los museos respecto a la toma de fotografías a imágenes de las piezas de arte también suma a la problemática de los museos actuales. Los factores expuestos anteriormente tienen como consecuencia la disminución de las visitas anuales al museo. Esto ocurre también debido a la falta de interés de la población y a la falta de modernización del museo.

Actualmente, se vienen implementando varias tecnologías en museos alrededor del mundo tales como realidad aumentada, NFC y códigos QR, siendo este último el más difundido. Dichas tecnologías han cumplido la expectativa deseada de los museos: han incrementado en número de visitas y han modernizado la interacción del usuario con el museo.

Si bien los móviles con NFC recién han llegado al país el 2012, por lo que no cuentan con muchos usuarios, y es necesario el diseño de una buena red Wi-Fi en el museo para el uso de la aplicación móvil, o que el usuario esté dispuesto a gastar su plan de datos, NFC se muestra como una tecnología que innovará la forma en la que las personas acceden a información, y su uso en museos para la interacción del usuario con las obras de arte se presenta como una manera de romper la tradicional visita a un museo.

## 1.4 Objetivos

### Objetivo General

Diseñar e implementar un aplicativo móvil basado en la tecnología NFC de uso sencillo e intuitivo para el acceso a información, imágenes y temas relacionados de las piezas y obras artísticas de un museo.

### Objetivos Específicos

- Modernizar la forma en la que la gente se acerca al arte y cultura a través de un aplicativo de uso sencillo e intuitivo.
- Diseñar un aplicativo móvil compatible con diversos sistemas operativos móviles que soporten NFC.
- Profundizar los contenidos de un museo de manera inmediata y agilizar la interacción con los visitantes a través del uso de tags NFC programables.
- Asegurar que los tags NFC desplegados en el museo no distorsionen su esencia y función.
- Implementar una aplicación web de sencillo uso para administrar la base de datos de las piezas de arte del museo.

## 1.5 Fundamentación

### Fundamentación Teórico-Académica

Las nuevas tecnologías aplicadas para acceso a información y modernización están siendo usadas en los museos más visitados y destacados del mundo. Gracias a las tecnologías emergentes, tanto para móviles y software, se mejoró la forma de exhibir las piezas de arte en exposición, con lo que resultó el concepto de museos interactivos, donde los visitantes tienen recorridos entretenidos y también informativos, obteniendo una nueva visión del museo como actividad educativa y de recreación.

## **Fundamentación Social**

En un país como Perú, dueño de una riqueza cultural reconocida, podemos encontrar gran cantidad de museos destinados a distintas ramificaciones de cultura, con temáticas variadas. Sin embargo, solo un pequeño porcentaje de la población, el cual disminuye anualmente, acude a estos ambientes con el fin de conocer y obtener mayor información cultural. En consecuencia, es necesario optimizar la difusión de los museos a través de estrategias de modernización interna y publicidad externa.

## **Fundamentación Personal**

El presente estudio se considera importante por dos principales razones. Primero, por la satisfacción de desarrollar tecnologías modernas en nuestro país; de esta forma, implementar nuevas tecnología en los museos contribuye a que nuestra cultura sea un foco de investigación y desarrollo. Además, los museos actuales deben ir por delante del usuario y experimentar, no es necesario una tecnología este muy difundida y su uso sea global para que se tome la decisión de utilizarlo, es mejor que cuando los asistentes lo precisen y necesiten, no sólo ya esté ahí, sino que el museo ya tenga experiencia y lo haya optimizado. Segundo, se tendrá un modelo de ambiente didáctico que brinde la suficiente información en los recorridos del museo de tal forma que los visitantes que no puedan abordar el pago de un guía, o no lo encuentren conveniente, tengan alternativas para que su visita sea amena e informativa.

Para poder diseñar, implementar y realizar las pruebas de concepto se deben conocer las tecnologías y conceptos involucrados. Estos se desarrollan en el siguiente capítulo.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se desarrollan los conceptos más relevantes necesarios para el desarrollo, diseño e implementación de la presente Tesis.

#### 2.1 Near Field Communication

Near Field Communication (NFC) es una tecnología de comunicación inalámbrica de corto alcance que permite el flujo bidireccional de datos a una distancia teórica de 10 cm, pero en la práctica no mayor a 4 cm. El NFC Forum, entidad la cual trataremos más adelante, lo define como: “Es una tecnología que hace la vida más fácil y conveniente para todos los consumidores de todo el mundo por lo que es más fácil de realizar transacciones, intercambio de contenidos digitales y conectar dispositivos electrónicos con un pequeño acercamiento” [NFC2013]. NFC está destinado principalmente para el uso en teléfonos celulares ya que no está orientada para la transmisión masiva de datos como Wi-Fi o Bluetooth.

El desarrollo de esta tecnología empieza en el año 2002 siendo sus promotores NXP (Phillips) y Sony. En marzo del 2004, Phillips, Sony y Nokia formaron el NFC Forum, una asociación sin fines de lucro, para avanzar en el desarrollo de las especificaciones técnicas y lograr la consolidación en los dispositivos móviles [NFC2013].

NFC es parte de la tecnología RFID, y está estandarizada en el ISO 18092, ISO 21481, ECMA 340, y ETSI TS 102 190 [NIP2004]. Asimismo, es también compatible con los estándares ISO/IEC 14443 A&B, ISO 15693 y el estándar japonés JIS-X 6319-4, de esta forma es compatible con la tecnología MIFARE de Phillips y las tarjetas FeliCa de Sony. La transferencia de datos se da a una velocidad máxima de 424 Kbps, posee un ancho de banda de 14 KHz y opera a la frecuencia de 13.56 MHz, banda ISM, la cual no necesita licencia y está disponible a nivel mundial [NIP2012].

## **2.1.1 Estado del Arte**

### **2.1.1.1 Presentación del asunto de estudio**

Hace pocos años los dispositivos móviles se usaban únicamente para realizar llamadas y mandar mensajes de texto. Hoy en día, los nuevos terminales móviles han evolucionado y mejorado sus funcionalidades, nos permiten conexión a Internet, realizar videollamadas, ver televisión, e instalar un sinnúmero de aplicaciones que nos permiten ahorrar tiempo y modernizar las formas en la que accedemos a información. Entre las nuevas funcionalidades que un terminal móvil moderno puede soportar se encuentra el intercambio de información a través de NFC.

NFC se presenta últimamente como una tecnología emergente que proporciona comunicación inalámbrica de corto alcance entre dispositivos móviles. Permite el desarrollo de numerosas aplicaciones de todo tipo y funcionalidad atractivas para el usuario final; por ejemplo: compras, venta de entradas, domótica, control de asistencia, entre muchas otras más.

A continuación, el presente estudio presenta las aplicaciones que han tenido mayor relevancia en diferentes países. Además, se revisará como el mercado de los dispositivos NFC ha ido evolucionando.

Las aplicaciones y casos de uso que se explicarán referencian a trabajos realizados en universidades prestigiosas, así como entidades que vieron una oportunidad de innovación, que no pudieron realizar la investigación con el apoyo debido, pero que

lograron avances significativos e importantes que llevaron a NFC a estar siendo evaluado e implementado en grandes compañías.

### **2.1.1.2 Estado de la Investigación**

NFC es una tecnología que apareció como una opción de comunicación inalámbrica entre dispositivos móviles a inicios del presente siglo, y últimamente se ha convertido en una tecnología que se está implementando poco a poco en los nuevos modelos de celulares. Sus usos están siendo orientados a los teléfonos móviles debido a su ubicuidad y a que es un dispositivo que se ha vuelto indispensable en nuestra comunicación y vida diaria.

#### **2.1.1.2.1 NFC Forum**

NFC Forum es una asociación industrial sin fines de lucro fundada el 2004 por Phillips, Nokia y Sony con el único objetivo de promover la tecnología NFC y encargarse de su estandarización. Estudios realizados por esta entidad en los últimos años señalan que en un futuro, entre 2 a 4 años, un tercio de los teléfonos móviles contarán con NFC y nos permitirán múltiples aplicaciones, tales como hacer pagos con tan solo acercar el teléfono a un terminal de venta, obtener información, transmisión de datos sin necesidad de realizar alguna configuración, entre otros [NFC2013].

NFC Forum ilustra cómo la incorporación de la tecnología NFC traerá a nuestra vida diaria usos simples, cómodos e intuitivos. Se muestra un resumen en el siguiente cuadro:









 Aeropuerto	Paso por la puerta de embarque	Recoger información de un poster inteligente	Pago del bus/taxi	Recoger información de una tienda
 Vehículos	Uso de licencia de conducir	Pagar el costo del estacionamiento	Abrir el automóvil	Personalizar la posición del asiento
 Oficina	Entrar/salir de la oficina	Identificarse en un ordenador	Imprimir información con la impresora	Intercambiar tarjetas de presentación
 Restaurantes y tiendas	Acumular puntos de fidelización	Recoger y usar cupones de descuento y promociones	Compartir información de promociones a los usuarios	Pagar usando la tarjeta de crédito
 Teatros y estadios	Pasar por la entrada	Pagar un ticket	Recoger información de eventos	-
 Cualquier lugar	Realizar diferentes tipos de pagos	Descarga de tickets	Aplicaciones en salud	La imaginación es el límite

Tabla 2.1: Aplicaciones y usos NFC – NFC Forum

Fuente: Elaboración propia [NFC2013]

### 2.1.1.2.2 Casos de uso en el mundo

Se presentan a continuación, de manera resumida, una recopilación de casos de uso de la tecnología NFC que han tenido carácter innovador según su tipo de uso y se han enfocado en solucionar una problemática concreta.

Casos estudiados
Historia Clínico Móvil
Smart University
City Touristic Surfing
Mobile Airline Ticketing
Google Wallet
Wolfsonian Smart Museum
NFC en museos alrededor del mundo

**Tabla 2.2: Casos estudiados de NFC en el mundo**

**Fuente: Elaboración propia**

**Historial Clínico Móvil:** desarrollado en China e India. Esta aplicación propone acceso a las historia clínicas de los pacientes vía móvil. La información relacionada al paciente y sus atenciones médicas se encuentran en un servidor y están disponibles en cualquier momento. El paciente tendrá una etiqueta NFC con los datos necesarios para recuperar información de su historial médico al instante [DEV2012].

**Smart University:** desarrollado en la Universidad Politécnica de Cartagena. Debido a que las universidades europeas están enfocando su modernización en la implementación de nuevas tecnologías, se creó un ambiente inteligente en la universidad a través del desarrollo de dos proyectos innovadores: un sistema de registro de asistencia y un sistema de pago administrativo gratuito, ambos basados en la tecnología NFC [MVB2012].

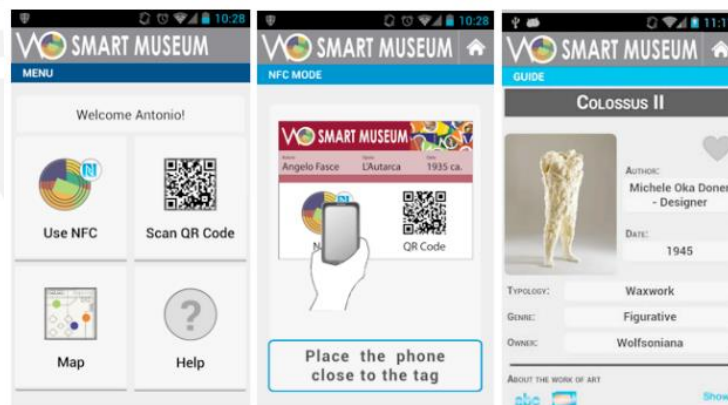
**City Touristic Surfing:** desarrollado por la Universidad de Córdoba, España. Ya que el turismo es una de las principales actividades económicas para varias ciudades y países de Europa, se diseñó e implementó un aplicativo con el único propósito de ayudar a los turistas a encontrar lugares de interés en una ciudad. El aplicativo da a conocer respecto a un lugar turístico: ¿Dónde es?, ¿Qué es?, ¿Dónde estoy?, ¿Qué lugares se encuentran alrededor mío?; todo lo anterior a través de la interacción entre un móvil y un “Smart Poster” utilizando la tecnología NFC [BOR2011].

**Mobile Airline Ticketing:** desarrollado en el Aeropuerto Internacional de Yogyakarta con la premisa de los tickets como objeto importante en el proceso de abordaje donde los pasajeros necesitan ir a sus destinos. Un celular con NFC puede ser considerado

como una tarjeta de vuelos, un ticket de un evento o hasta una tarjeta de crédito, por lo que se diseñó una aplicación basada en NFC para evaluar su uso en la venta de tickets de vuelo en un aeropuerto [SUP2012].

**Google Wallet:** se lanzó oficialmente en Septiembre del 2011. Es un sistema de pago a través del dispositivo móvil creado por Google que emplea la tecnología NFC. Actualmente, funciona con las principales tarjetas de crédito como MasterCard, Visa y American Express. Es necesario que los nuevos modelos de dispositivos móviles tengan integrado un chip NFC para permitir los pagos [THE2012].

**Wolfsoniana Smart Museum:** desarrollado en Italia bajo la consideración del turismo como una de las actividades económicas más importantes de las ciudades europeas, por lo que siempre se busca nuevas formas de modernización y de llegar a la gente que cada día se ve envuelta en un mundo más tecnológico. Considerando lo anterior, se desarrolló un aplicativo el cual interactúa con NFC y códigos QR para proveer al visitante contenidos adicionales interactivos e intuitivos [UBI2012].



**Figura 2.1: Diseño de la aplicación *WO Smart Museum***

**Fuente: [UBI2012]**

**NFC en museos alrededor del mundo:** el monasterio cisterciense de Vyssi Brod, en República Checa, utiliza desde el año 2009 guías GPS con tecnología NFC para explicar los tesoros a través de texto, imágenes y audio en diferentes idiomas. El Museo de Londres lo aplicó como un complemento a su museografía tradicional, para aportar a sus visitantes información de las piezas expuestas, pero también para descargar la banda sonora del museo, conectar con las redes sociales del centro y

acceder a cupones. El Museo Nacional de Cracovia también hizo uso de esta tecnología en un proyecto piloto llamado “Nokia viene con el arte“, el propio museo prestaba un Nokia C7 a aquellos usuarios que no pudieran utilizar las opciones de NFC en sus propios terminales. Otro museo, el Pompidou, añadió este protocolo en su galería joven, que permitía, entre otras cosas, enviar mensajes a la dirección del museo con comentarios sobre la exposición. Por último, mencionar que el Museo Nacional de Corea hizo una prueba de uso de etiquetas NFC, pero no sólo ofrece información de las piezas, sino que también utiliza acciones para que sus usuarios hagan uso de las redes sociales [MED2012].

### 2.1.1.3 Síntesis del asunto de estudio

El avance en el campo de las comunicaciones móviles y los nuevos modelos de terminales abren un universo de posibilidades respecto al desarrollo de aplicaciones. Existen diversas aplicaciones y casos de uso de la tecnología NFC alrededor del mundo, su uso depende del campo de estudio, de la problemática a resolver y de la modernización de tecnologías existentes.

Las aplicaciones investigadas interactúan con bases de datos, debido a que es un elemento que permite almacenar grandes cantidades de información de forma estructurada; además, su desarrollo requiere un lenguaje de programación soportado por los móviles.

Por otro lado, si bien no todos los dispositivos actuales cuentan con NFC, se proyecta su crecimiento en el mercado en los próximos años, y con futuras aplicaciones como Google Wallet e independientes como las investigadas anteriormente, se espera su consolidación en el mercado móvil.

Según lo investigado, tenemos a disposición una tecnología emergente que nos permite obtener y transmitir información a cortas distancias garantizándonos seguridad de información. Los tags NFC complementan esta tecnología ya que permiten el envío de datos de forma pasiva sin necesidad que el elemento que los transmite esté conectado a una fuente de alimentación. Por tal motivo, es muy útil para los centros expositivos y museos, que pueden integrar fácilmente las etiquetas/tags en su museografía, crear Smart Posters con parámetros definidos para consultar a la base

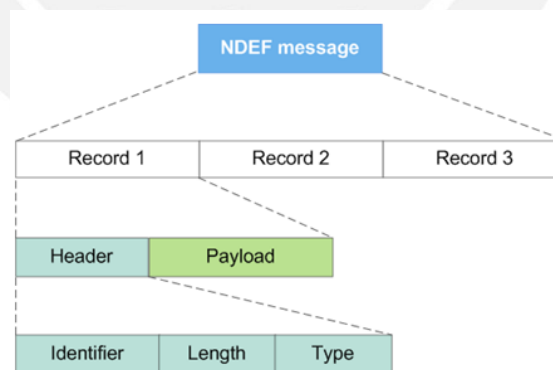
de datos y de esa forma el usuario, a través de una aplicación móvil pueda obtener mayor información.

### 2.1.2 Estándares NFC

Los estándares de transmisión de datos NFC definen un formato para el intercambio de datos entre dispositivos entre sí, están especificados por el NFC Forum y son los siguientes:

#### NFC Data Exchange Format (NDEF):

NDEF es un formato de intercambio de datos NFC, este especifica un formato de encapsulación de mensaje para el intercambio de datos entre dispositivos NFC o de un dispositivo NFC a una etiqueta NFC, las reglas para construcción de un mensaje NDEF válido y también de una cadena ordenada (arreglo) de registros NDEF. Es un formato binario que puede encapsular una o más payloads de diferente tipo y tamaño dentro de la estructura de un solo mensaje. Los tres parámetros que lo componen son: un tipo de payload, una longitud de payload y un identificador opcional, los cuales son explicados a continuación [NDE2012]:



**Figura 2.2: Parámetros del registro NDEF**

Fuente: [DEN2013]

**Tipo de payload:** indica el tipo de dato que se está transportando en el registro. Los tipos de payload soportados pueden ser una URI, MIME, texto, entre otros.

Puede ser utilizado para lanzar la aplicación indicada que trabaja con el registro de datos.

**Longitud:** indica cuanto es el número de octetos en el payload, es decir, indica el tamaño del payload encapsulado en el registro. Su longitud varía entre 0 a  $2^{32}$  bytes.

**Identificador opcional:** posee la forma de una URI y es utilizado para vincular tecnologías que soporten URI referenciadas en otros payloads.

Mayor información en el documento de especificación técnica dado por el NFC Forum: *NDEF Data Exchange Format* [NDE2012].

### **Record Type Definition (RTD):**

RTD fue desarrollado por el NFC Forum. Establece los pasos necesarios para definir los formatos de los registros de manera eficiente para tipos de registros NFC. Esto permite a las aplicaciones identificar la estructura del contenido del registro de manera específica y brinda al usuario la forma de crear sus propias aplicaciones en base a lo establecido por el NFC Forum.

Para mayor información consultar el documento de especificaciones técnicas dado por el NFC Forum: *NFC Record Type Definition* [RTD2012].

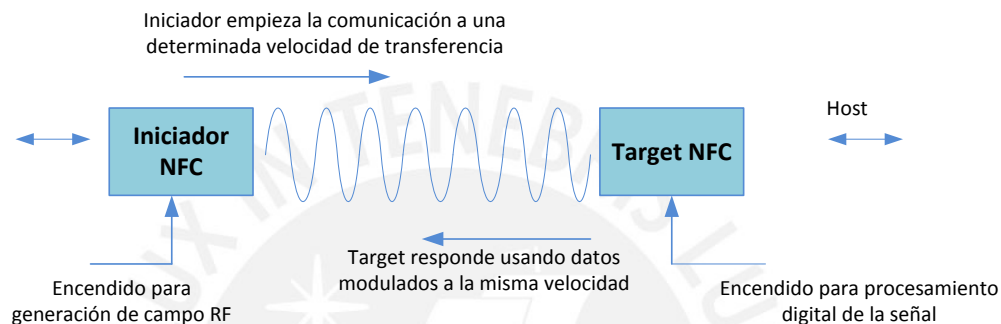
### **2.1.3 Modos de Comunicación**

NFC posee dos modos de comunicación: comunicación activa y comunicación pasiva.

#### **Modo de Comunicación Pasiva:**

En el modo de comunicación pasiva, sólo el dispositivo (iniciador) que empieza la comunicación produce el campo electromagnético con una portadora de 13.56 MHz. El otro dispositivo puede utilizar este campo para obtener energía, mas no generará un

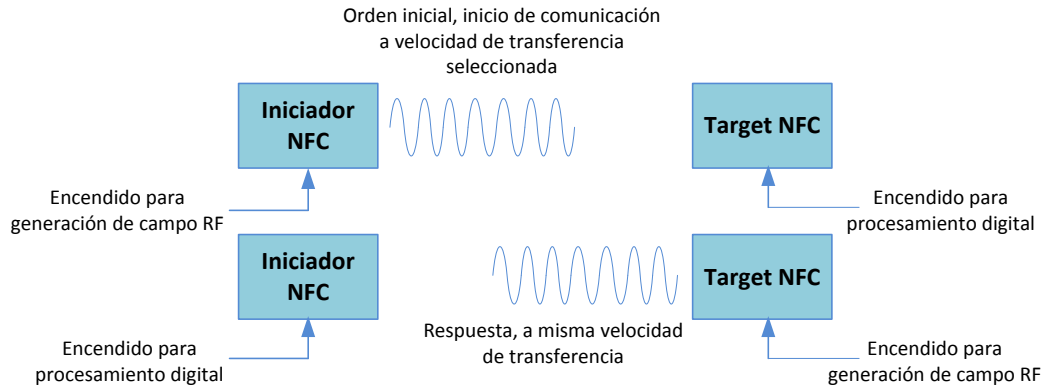
campo portador propio. Este modo permite a los dispositivos NFC comunicarse con etiquetas inteligentes (tags) mediante la modulación de carga para transferir datos. El concepto de modulación de carga describe la influencia de los cambios de amplitud en la señal portadora generada por el dispositivo iniciador. Estos cambios pueden ser percibidos como información por el iniciador. Dependiendo del tamaño de las bobinas, rangos de hasta 10 cm y velocidades de datos de 106, 212, y 424 Kbps son posibles [GON2012].



**Figura 2.3: Modo de comunicación pasiva**  
**Fuente: Elaboración Propia [GON2012]**

#### **Modo de Comunicación Activa:**

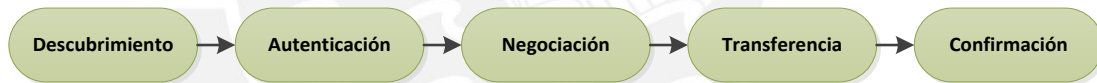
Para este modo ambos dispositivos se comunican generando su propio campo electromagnético. Asimismo, ambos dispositivos necesitan tener su propia fuente de alimentación para funcionar. Cuando el dispositivo funciona en modo de comunicación pasiva el receptor solo se utiliza para establecer la comunicación y confirmar la recepción de datos. En cambio, en modo activo, ambos nodos deben negociar el intercambio de datos.



**Figura 2.4: Modo de comunicación activa**

**Fuente: Elaboración Propia [GON2012]**

La comunicación NFC sigue los protocolos NFCIP-1 (Near Field Communication Interface and Protocol – 1) definido en el estándar ECMA 340 y NFCIP-2 definido en el estándar ECMA 352. El establecimiento de la comunicación se puede resumir en las siguientes etapas [GON2012]:



**Figura 2.5: Etapas del establecimiento de comunicación NFC**

**Fuente: Elaboración propia [GON2012]**

**Descubrimiento:** los dispositivos empiezan a detectarse el uno al otro para su posterior reconocimiento.

**Autenticación:** los dispositivos verifican si deben establecer algún tipo de cifrado en su comunicación.

**Negociación:** los dispositivos definen los parámetros de velocidad de transmisión, identificación del dispositivo, tipo de aplicación, tamaño, y en caso sea necesario definen la acción a ser solicitada.



**Transferencia:** Luego de negociar los parámetros de comunicación podemos afirmar que se realizó satisfactoriamente el establecimiento de la comunicación y se puede proceder al intercambio de datos.

**Confirmación:** el receptor confirma el establecimiento de la comunicación y la transferencia de datos.

### 2.1.4 Modos de Funcionamiento

La tecnología NFC presenta tres modos de funcionamiento distintos que la dotan de versatilidad para diferentes escenarios y aplicaciones [NIN2013]:

- **Modo lectura/escritura:** brinda al dispositivo capacidad de lectura y escritura de etiquetas NFC. En esta configuración, el dispositivo es capaz de leer los cuatro tipos de etiquetas especificados por el NFC Forum, cuando el usuario toca con su dispositivo con tecnología NFC una etiqueta, se transfiere una pequeña cantidad de información al dispositivo NFC. Esta información puede ser texto plano, una URL, un número telefónico, una acción, entre otros.
- **Modo Peer to Peer:** modo usado para el intercambio de datos o establecimiento de las comunicaciones entre dispositivos NFC en modo de operación activa. Cuando la cantidad de datos transferidos es relativamente pequeña (unos pocos kilobytes) se usa el mismo protocolo NFC. Sin embargo, cuando se transfiere mayores cantidades de datos, NFC se usa para establecer parámetros de una conexión inalámbrica como Bluetooth o Wi-Fi para el intercambio de información.
- **Modo Emulación de Tarjeta Inteligente:** modo en que el dispositivo NFC se comporta como una etiqueta NFC o una tarjeta inteligente. Es posible utilizar las características de seguridad avanzada del elemento seguro incorporado como medio de pago y para el almacenamiento y gestión de todo tipo de entradas y recibos.

### 2.1.5 Etiquetas NFC

Son pequeños dispositivos que incluyen un pequeño chip NFC en modo pasivo. No necesita batería y se puede grabar en este cualquier tipo de información, desde una

dirección web hasta una serie de órdenes que el móvil debe realizar luego de interactuar con ella.

El NFC Forum define cuatro tipos de tags operativos con NFC [NTG2013]:

- **Tag Tipo 1:** basado en el estándar ISO/EIC 14443A. Posee 96 bytes de capacidad de almacenamiento con una velocidad de transmisión de 106 Kbps [TG12012].
- **Tag Tipo 2:** basado en el estándar ISO/EIC 14443B. Posee 48 bytes de capacidad de almacenamiento con una velocidad de transmisión de 106 kbps [TG22012].
- **Tag Tipo 3:** basado en el estándar industrial japonés X6319-4, FeliCa. Posee hasta 1 Mbyte de capacidad de almacenamiento por servicio a una velocidad de 212 o 424 kbps [TG32012].
- **Tag Tipo 4:** basado en el estándar ISO/EIC 14443B. Posee hasta 32 Kbytes de capacidad de almacenamiento por servicio con una velocidad de transmisión de hasta 424 kbps [TG42012]

Se presenta a continuación un cuadro resumen de los cuatro tipos de tags NFC:

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Estándar	ISO-14443 A	ISO-14443 B	FeliCa	ISO 14443 A/ B
Identificador de usuario	✓	✓	✗	✓
Velocidad de transmisión (en óptimas condiciones)	106 Kbps	106 Kbps	212 Kbps	424 Kbps
Precio	Bajo	Bajo	Alto	Alto
Soporte anti-colisión	✗	✓	✓	✓
Capacidad de almacenamiento	96 Bytes	48 Bytes	-	-
Capacidad expandible	2 KB	2 KB	1 MB	32 KB
Lectura/Escritura	✓	✓	✓	✓
Modo activo	✗	✗	✗	✓

**Tabla 2.3: Comparación entre Tags NFC**

Fuente: Elaboración Propia

### 2.1.6 Ventajas del uso de NFC

NFC Forum le atribuye las siguientes ventajas a la tecnología NFC [NFC2012]:

- **Versátil:** NFC puede ser enfocado para distintos tipos de industrias, ambientes y usos, permite desarrollar diferentes tipos de aplicaciones ya sea para uso conjunto o personal.
- **Abierto y basado en estándares:** NFC está normado por los estándares ISO, ECMA y ETSI, lo que garantiza su confiabilidad.
- **Habilitador de tecnologías:** NFC permite la activación rápida de otras tecnologías como Wi-Fi o Bluetooth.
- **Seguridad inherente:** una de sus características más resaltantes. Las transmisiones, al ser de corto alcance (4cm o menor), garantizan la seguridad de la información ya que el atacante debería estar situado entre los dispositivos para poder captar la información, lo cual es poco probable que ocurra sin el conocimiento del usuario. Adicionalmente, toda la comunicación puede estar cifrada.
- **Intuitivo:** la premisa “Touch” hace a esta tecnología de fácil uso y manipulación.

Asimismo, existen otras ventajas de esta tecnología: es de fácil y barata implementación, está disponible en los terminales móviles actuales, es interoperable, es decir, que trabaja con otras tecnologías de tags sin contacto. Y por último, se le puede brindar la utilidad de mejorar el acceso a información de forma rápida y sencilla.

## 2.2 Sistemas Operativos Móviles

Existe un gran avance respecto a funcionalidades y aplicaciones soportadas entre los primeros teléfonos celulares y los dispositivos móviles actuales. Con las nuevas características disponibles para los terminales móviles se puede dar mucho más usos que solo hacer una llamada o mandar un mensaje de texto. En los últimos años, los móviles modernos han ido adquiriendo características que los asemejan a las computadoras que poseemos en nuestros hogares y centros de trabajo.

En este punto trataremos se describirán los cuatro sistemas operativos móviles con mayor distribución de mercado: Android, iOS, Windows Phone y BlackBerry OS. Se mostrará un cuadro comparativo entre los cuatro sistemas operativos móviles y se describirá su estado en el mercado móvil actual.

### 2.2.1 Android

Android es un sistema operativo inicialmente desarrollado por Android Inc. en el 2005 y está basado en el kernel de Linux. Actualmente, el desarrollo, enfoque y las publicaciones de este SO están a cargo de Google y del Open Handset Alliance (OHA). Es el sistema operativo con mayor presencia dentro del mercado móvil y tiene un gran respaldo por la comunidad de desarrolladores, los cuales han programado miles de aplicaciones dando un total aproximado de 975 mil aplicaciones [AND2013].

Con el uso del Android SDK (Android Software Development Toolkit) podemos desarrollar aplicaciones para este sistema operativo en lenguaje Java, el código es ejecutado mediante la máquina virtual intérprete Dalvik [ADT2013]. Con la reciente versión de Android (4.4), se incluye ART, que permite compilar la aplicación cuando es instalada, y no cada vez que accedamos a ella. Dicha característica nos permite un mejor performance de las aplicaciones y ahorrar batería del móvil a costa de un tiempo mayor de instalación [EXT2013].

### 2.2.2 iOS

iOS es el sistema operativo para los dispositivos móviles de la empresa Apple. Fue, en primera instancia, diseñado para los dispositivos iPhone para luego ser extendido para todos los dispositivos móviles que ofrece la empresa (iPod, iPad, Apple TV, entre otros) [APL2013].

Las aplicaciones en este sistema operativo se desarrollan en lenguaje Objective C utilizando Xcode y la herramientas iOS SDK [DAP2013].

### 2.2.3 Windows Phone

Windows Phone es el sistema operativo desarrollado para los terminales móviles por la empresa Microsoft. Anteriormente era conocido como Windows Mobile, está basado en el núcleo del sistema operativo Windows CE y está diseñado para ser parecido a otras versiones de Windows.

C, C++, C# y Visual Basic son lenguajes de programación pueden ser usados para desarrollar aplicaciones en este sistema operativo. Además, utiliza XAML para desarrollar la interfaz de usuario [WIN2013].

### 2.2.4 BlackBerry OS

BlackBerry OS es el sistema operativo desarrollado por la empresa Research In Motion (RIM), ha sido desarrollado para la totalidad de dispositivos móviles con los que cuenta dicha empresa. Fue lanzado en 1999 y sus dispositivos siempre estuvieron enfocados al acceso a correo electrónico y a Internet.

Las aplicaciones de este sistema operativo puede ser desarrollado en lenguaje Java, C y C++ utilizando las herramientas BlackBerry Java y Native SDK respectivamente. Además, permite soporte de aplicaciones web móvil [BLA2013].

## 2.2.5 Comparación entre sistemas operativos móviles

Hoy en día los sistemas operativos más extendidos son Android, iOS, Windows Phone y BlackBerry OS, por ello es necesario saber qué tipo de aplicaciones y funcionalidades ofrecen, qué sistema ofrece mayor facilidad de uso, y en el caso de la presente Tesis, saber cuál sistema operativo soporta la tecnología NFC. Seguidamente, se desarrolla un cuadro resumen con características relevantes de los sistemas operativos mencionados:

	Android	iOS	Windows Phone	BlackBerry OS
Familia de SO	Linux	Darwin	Windows NT	Mobile OS
Lenguaje de Desarrollo	C, C++, Java	C, C++, Objective C	XNA, .NET, C, C++, Visual Basic, C#	C, C++, Java
Tipo de Interfaz	Íconos y Widgets	Iconos	Baldosas	Baldosas e Íconos
Sincronización en Nube	Google Drive	iCloud	SkyDrive	-
Tienda de Aplicaciones	Google Play	App Store	Windows Phone Store	App World
Mensajería	Google Talk	iMessage	Skype	BBM
NFC	Soporta	No Soporta	Soporta	Soporta
Última Versión	Android 4.4	iOS 7	Windows Phone 8	BlackBerry 10

**Tabla 2.4: Comparación de Sistemas Operativos Móviles**

**Fuente: Elaboración propia**

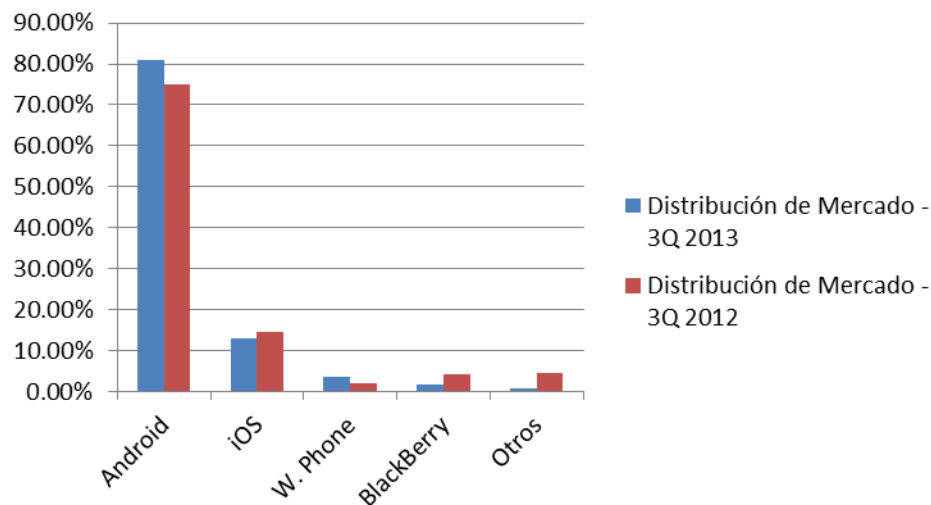
## 2.2.6 Distribución actual del mercado

Los resultados de la distribución del mercado de Sistemas Operativos Móviles para el tercer cuarto del año son:

Sistema Operativo	Distribución de Mercado 3Q 2013	Distribución de Mercado 3Q 2012
Android	81.0%	74.9%
iOS	12.9%	14.4%
Windows Phone	3.6%	2.0%
BlackBerry	1.7%	4.1%
Otros	0.8%	4.6%

**Tabla 2.5: Distribución de Mercado SO Móviles – 3er Cuarto 2012-2013**

Fuente: Elaboración Propia [IDC2013]



**Figura 2.6: Distribución de Mercado SO Móviles – 3er Cuarto 2012-2013**

Fuente: Elaboración Propia [IDC 2013]

Android, a la actualidad, abarca el 81% aproximadamente del mercado de sistemas operativos móviles, seguido por iOS y en tercer lugar Windows Phone, este último superando a BlackBerry OS en el último año; sin embargo, aún siguen ambos bastante relegados. Se observa que Windows Phone ha incrementado considerablemente su posesión en el mercado en tan solo un año, lo que significa mayores expectativas de competencia.

## 2.3 PhoneGap

PhoneGap es un framework de código abierto para el desarrollo de aplicaciones multiplataforma haciendo uso de tecnologías web como HTML5, CSS y JavaScript. Es posible desarrollar aplicaciones para los sistemas operativos Android, iOS, Windows Phone, BlackBerry OS, Web OS, Symbian y Bada. Fue desarrollado inicialmente por Nitobi, luego fue adquirido por Adobe y paso a ser una distribución de código abierto de Apache Cordova [PNG2013].

Está disponible en formato de plugin para diferentes IDE's como Eclipse o Xcode. No obstante, si lo que deseamos es evitar que tener que descargar e instalar plugins en nuestro sistema, contamos con la opción PhoneGap Build, un servicio gratuito en la "nube" [PNB2013].

**HyperText Markup Language (HTML):** es el lenguaje para el formato de Hipertextos en la World Wide Web. Es utilizado para la creación de páginas web, aplicaciones web móviles y otros tipos de documentos que serán visualizados por una navegador [HTM2013].

**JavaScript:** es un lenguaje de programación orientado a objetos, ligero e interpretado que permite crear múltiples acciones en páginas web. Puede ser incorporado a cualquier página web sin la necesidad de instalar algún software para ser ejecutado [JSC2013].

**Cascade Style Sheet (CSS):** formato encargado de dar estilo a páginas webs desarrolladas en lenguaje HTML y XHTML. Asimismo, puede dar formato a cualquier tipo de documento XML [CSS2013].

PhoneGap cuenta con una librería JavaScript que nos da una ganma de funciones con el objetivo de ofrecernos utilidades extras que mejoran lo ofrecido por el navegador. Además, cuenta con librerías nativas que enlazan el código JavaScript con cada una de las plataformas nativas. Entre las funcionalidades soportadas para cada plataforma se encuentran:



	Android	iPhone / iPhone 3G	iPhone3GS y nuevos	BlackBerry OS 6.0	BlackBerry OS 10	Windows Phone 7/8
Acelerómetro	√	√	√	√	√	√
Cámara	√	√	√	√	√	√
Brújula	√	X	√	X	√	√
Contactos	√	√	√	√	√	√
Archivos	√	√	√	√	√	√
Geolocalización	√	√	√	√	√	√
Media	√	√	√	√	√	√
Red	√	√	√	X	√	√
Notificación (Alerta)	√	√	√	√	√	√
Notificación (Sonido)	√	√	√	√	√	√
Notificación (Vibración)	√	√	√	√	√	√
Almacenamiento	√	√	√	√	√	√

**Tabla 2.6: Funcionalidades soportadas para cada Sistema Operativo**

**Fuente: Elaboración Propia [PNF2013]**

Por último, si sabemos programar con HTML5, CSS y JavaScript y, además, aprendemos a utilizar todas las funcionalidades de PhoneGap, estamos en la capacidad de crear aplicaciones nativas en diferentes sistemas operativos móviles, también llamadas aplicaciones web móviles.

## 2.4 Web Services

El consorcio W3C define los Servicios Web como sistemas basados en software diseñados para soportar una interacción interoperable máquina a máquina sobre una red. Suelen ser aplicaciones web que pueden ser accedidas dentro de una red (principalmente Internet) y son ejecutados en el sistema que los aloja [W3C2013].

Un Servicio Web es un componente de software independiente de plataforma e implementación que lleva a cabo un servicio concreto de intercambio de datos y que puede ser registrado, descubierto e invocado mediante protocolos estándares de Internet tales como XML y HTTP. Cualquier servicio web puede interactuar con

cualquier servicio web o cliente, gracias a que la comunicación entre ambos se lleva a cabo en XML vía HTTP. Un servicio web podrá estar escrito en cualquier plataforma o lenguaje que soporte estos estándares, lo cual no importará para su utilización o integración [SER2013].

## 2.4.1 Tipos de Web Service

Los Web services pueden ser implementados de muchas formas y tener distintas arquitecturas. No obstante, se pueden ser clasificados en dos tipos: Servicios Web Grandes ('big' web services) y Servicios Web RESTful, que serán abarcados en los siguientes puntos de la presente Tesis.

### 2.4.1.1 Servicios Web Grandes

Los Servicios Web grandes utilizan mensajes XML, están basados en el estándar SOAP y contienen a menudo un WSDL para describir la interfaz que el servicio web ofrece. Dentro de las aplicaciones complejas que puede desarrollar se encuentran: transacciones, seguridad, direccionamiento, autenticación, coordinación y procesamiento asíncrono. Se definen los conceptos más importantes a continuación:

- **eXtensible Markup Language (XML):** es un lenguaje similar a HTML; sin embargo, su función principal es describir datos y no mostrarlos. Permite la lectura de datos a través de diferentes aplicaciones [XML2013].
- **Simple Object Access Protocol (SOAP):** es un protocolo de comunicación estándar para el intercambio de mensajes basados en XML, JMS y SMTP. Simplifica el acceso a los objetos, permitiendo a las aplicaciones invocar métodos o funciones que residen en sistemas remotos [SOA2013].
- **Web Service Description Language (WSDL):** estándar propuesto para la descripción de Servicios Web, el cual consiste en un lenguaje de definición de interfaz de servicio basado en XML, que define las características de implementación de la interfaz de servicio [WSD2013].

### 2.4.1.2 Servicios Web RESTful

Los servicios web RESTful son aplicaciones y diseños que cumplen una serie de limitaciones y principios arquitectónicos de REST. REST define una colección de principios para el diseño de arquitecturas en red basada en recursos. Estos servicios están enfocados a la integración con HTTP, por lo que no requiere mensajes XML ni definiciones WSDL.

Una de sus características más importantes es el uso explícito de los métodos HTTP. Los métodos soportados más importantes son: GET, POST, PUT y DELETE. GET permite obtener un recurso, POST se usa para crear un recurso en el servidor, PUT es utilizado para cambiar algún recurso o actualizarlo y DELETE para eliminar recursos. Estos métodos son comparables con el CRUD (Create, Read, Update, Delete) usado para bases de datos [RES2009]

El contenido de los recursos recuperados puede ser accedido en varios formatos tales como HTML, texto plano, XML, JSON, entre otros. La presente Tesis obtendrá datos en formato JSON; seguidamente, se brinda una breve definición.

**JavaScript Object Notation (JSON):** es un formato de intercambio de datos ligero, es fácil de leer y escribir de usar para los seres humanos, y es fácil para las máquinas parsear y generar. Está basado en lenguaje JavaScript [JSO2013].

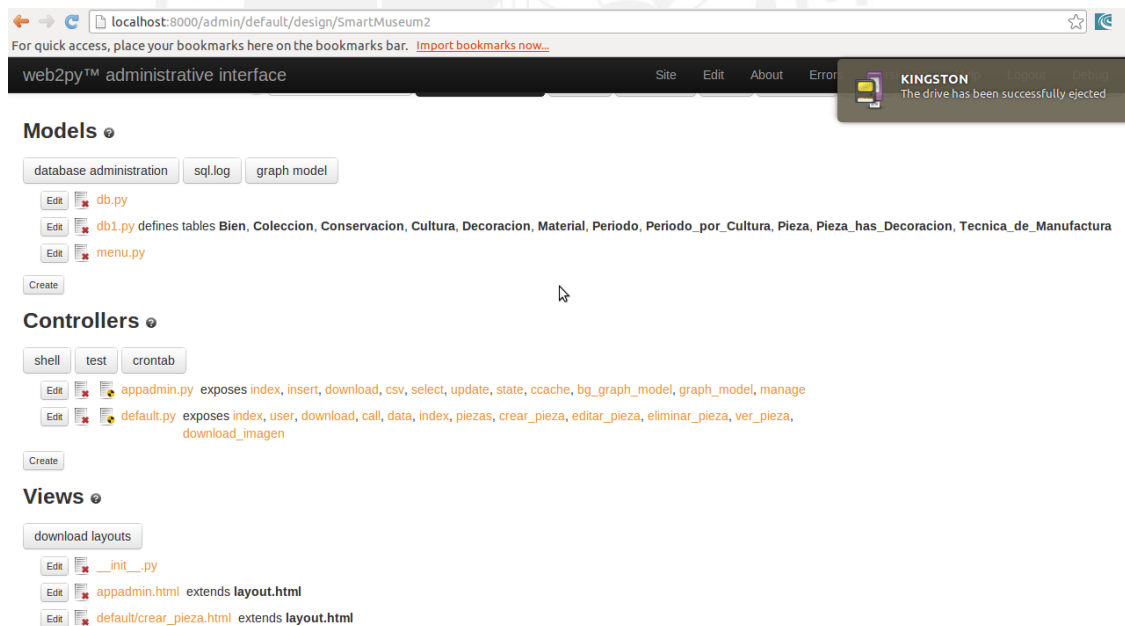
## 2.5 Web2py

Web2py es un framework gratuito de código abierto escrito y programable en Python para el desarrollo de aplicaciones web de manera rápida, escalable, segura y portátil de base de datos. Contiene todos los componentes necesarios para desarrollar aplicaciones web completamente funcionales y está basado en el patrón Modelo – Vista - Controlador (MVC) [W2P2013].

Web2py se lanzó en el 2007, y tiene como características principales: **facilidad de uso**, ya que no requiere instalación ni ningún tipo de configuración previa, todo se encuentra listo para ser utilizado, incluyendo un servidor web, base de datos y un IDE

web para acceder y modificar todas las características principales; **desarrollo rápido**, donde cada función tiene un comportamiento por defecto, con la posibilidad de modificarse, los controladores tendrán vistas por defecto y permite la creación rápida de formularios y presentación de datos a los usuarios en HTML, JSON, XML, RSS, entre otros. Además, web2py también genera automáticamente formularios para sus datos. Y por último, **seguridad**, esto significa que web2py sigue prácticas bien establecidas para resolver las vulnerabilidades de seguridad; por ejemplo, la eliminación de inyecciones SQL, validación de todas las entradas, cambio de nombre de archivos cargados, contraseñas encriptadas [WPB2013].

Web2py viene con una capa de abstracción de base de datos (DAL), la cual mapea objetos Python en objetos de base de datos tales como queries, consultas, tablas y registros. DAL genera un modelo de base de datos en tiempo real utilizando el lenguaje especificado, de esta forma, no debemos escribir diferentes dialectos SQL para generar nuestra base de datos. Entre las bases de datos soportadas se encuentran: SQLite, PostgreSQL, MySQL, Oracle, MongoDB, entre otros [DAL2013].



**Figura 2.7: IDE de Web2py siguiendo modelo MVC**

**Fuente: Elaboración propia**



## CAPÍTULO 3

# DISEÑO DE LA APLICACIÓN

En el actual capítulo se abarca el análisis y elección de las tecnología, base de datos, web service y sistema operativo móvil para desarrollar la aplicación móvil propuesta, así como la aplicación web de administración.

### 3.1 Elección de las Herramientas de Trabajo

El propósito de la presente Tesis es acceder a mayor información de las piezas de arte contenida en la base de datos del museo utilizando el terminal móvil de los visitantes y tags NFC desplegados por cada pieza en exhibición. Estos tags poseen un elemento que será necesario para la consulta a la base de datos. Además, se consideró la necesidad de una aplicación web de administración de las piezas de arte, la cual será utilizada por la curadora para la gestión del contenido de las piezas en la base de datos. En los siguientes puntos se analizan y justifican las tecnologías y herramientas para lograr los objetivos propuestos.

### 3.1.1 Tecnologías Sustitutas

Se dice que dos o más tecnologías son sustitutas cuando satisfacen la misma necesidad. Con el avance tecnológico puede ocurrir que la tecnología sustituta se vaya posicionando sobre la otra hasta conseguir que sea considerada tecnología obsoleta; sin embargo, también puede suceder que ambas tecnologías se vuelvan complementarias y se enfoquen en cubrir la misma necesidad dependiendo de los requerimientos del usuario.

Se considera tecnologías sustitutas a NFC a la tecnología Bluetooth y a los códigos QR. El primero por ser una tecnología de comunicación inalámbrica de corto alcance entre dispositivos. En el caso de los códigos QR, por ser utilizadas como objetos pasivos para interacción con el móvil. Además, esta última ya se viene usando en los museos para ofrecer contenidos multimedia a los visitantes. A continuación, se definen las tecnologías sustitutas y se comparan con NFC.

#### 3.1.1.1 NFC y Bluetooth

Bluetooth es una tecnología que define un estándar (IEEE 802.15.1) para redes inalámbrica de área personal (WPAN) que permite el intercambio de voz y datos entre diferentes dispositivos. Fue desarrollado con los objetivos de facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos, eliminar los cables y conectores entre estos, y ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización entre dispositivos.

Un pequeño microchip, que incorpora un radio transmisor, es introducido en los dispositivos digitales para habilitar la tecnología Bluetooth. Opera en una banda de frecuencias que va desde 2400 MHz hasta 2483 MHz, y su alcance es normalmente de 10 metros; sin embargo, es ampliable a 100 aumentando la potencia transmitida con un amplificador adecuado [BLU2013].

A continuación se muestra un cuadro comparativo entre NFC y Bluetooth especificando sus principales parámetros:

	NFC	Bluetooth
Estandarización	ISO/ECMA/ETSI	IEEE
Tipo de red	P2P	WPAN
Alcance (metros)	<0.4	10
Frecuencia (MHz)	13.56	2400-2483
Velocidad de bits	424 Kbps	26 Mbps
Tiempo de establecimiento de conexión (segundos)	<0.1	<6
Cifrado	Disponible	Disponible
Consumo de batería	Ligero	Mayor que NFC
Accesibilidad	Premisa "Touch"	Búsqueda de dispositivo
Facilidad de uso	Intuitivo	Más complicado que NFC
Seguridad	Inherente	Encriptación
Operaciones de pago	Sí	No

**Tabla 3.1: Comparación entre NFC y Bluetooth**

**Fuente: Elaboración Propia**

NFC cuenta con un menor rango de alcance; sin embargo, lo compensa con un mejor tiempo de establecimiento de conexión de datos. Dentro de las especificaciones de la aplicación se requiere el menor tiempo de establecimiento de conexión para una mejor experiencia del usuario que quiere obtener información aplicada acerca de las piezas de arte. Asimismo, el corto rango de alcance de NFC sumado a la característica de accesibilidad lo hace ideal para la implementación en el museo, ya que este es visitado por personas de todas las edades y necesitan una aplicación intuitiva y sencilla para su primera experiencia de NFC en un museo.

Respecto a la velocidad de transmisión, Bluetooth es bastante superior a NFC. No obstante, solo se requiere que los tags contengan un identificador, el cual se tratará más adelante, para acceder al contenido de la base de datos a través de la aplicación, lo cual no representa una capacidad de almacenamiento alta, por lo que NFC a 424 Kbps será suficiente para la transmisión instantánea de información.

Por las razones expuestas anteriormente, y por la capacidad de habilitar múltiples tecnologías, las transacciones y el consumo de batería, es que se elige a NFC como tecnología óptima para el museo y para la implementación de la presente Tesis.

### 3.1.1.2 Tags NFC y Códigos QR

Un código QR es un formato matricial bidimensional diseñado en 1994 por la compañía japonesa Denso – Wave. Esta matriz es capturada por un lector en nuestro dispositivo móvil y de forma inmediata nos lleva hacia alguna aplicación definida. El término QR significa Quick Response y se deriva de la respuesta inmediata que ofrece a través de su lectura [QRC2013]. Están compuestos por tres cuadrados en las esquinas que permiten detectar al lector la posición del código QR y una serie de cuadrados dispersos que codifican el alineamiento y la sincronización. Pueden ser leídos desde cualquier ángulo debido a los patrones de alineamiento que sirven para detectar la posición del código [QRC2013].

Se muestra un cuadro comparativo entre Tags NFC y códigos QR según parámetros relevantes para el desarrollo de la presente Tesis.

	Tags NFC	Códigos QR
Interacción	Premisa Touch	Escaneo con cámara del móvil
Capacidad de almacenamiento	Hasta 1 MB	Hasta 3 KB
Funcionamiento	Campo electromagnético generado por dispositivo	Lector traduce código en datos
Lectura	Dispositivos con NFC soportado	Cámara y aplicación de lectura
Escritura	Dispositivos con NFC soportado	Software generador
Apariencia	Discreto / Agregado a SmartPosters	Desordenada
Costo	Bajo	Gratis

**Tabla 3.2: Comparación entre Tags NFC y Códigos QR**

**Fuente: Elaboración propia**



Para seleccionar la tecnología a utilizar en este punto es necesario conocer la definición de dos conceptos importantes en relación con un museo: museología y museografía. Museología se define como la ciencia del museo, la cual estudia la historia y razón de ser de los museos, su función en la sociedad, sus sistemas de investigación y la clasificación de los diferentes tipos de museos. En cambio, la museografía es la técnica que expresa los conocimientos museológicos en el museo. Es decir, trata especialmente sobre la arquitectura y ordenamiento de las instalaciones científicas de los museos [ICO2012].

Si bien ambas tecnologías poseen una capacidad de almacenamiento suficiente para los datos que se escribirán y su costo es mínimo, la premisa Touch de NFC lo hace intuitivo y de sencilla aplicación en un museo, basta pasar el terminal móvil encima del tag para la transmisión instantánea de información; en cambio, con los códigos QR requerimos descargar una aplicación y activar la cámara para poder escanear el código, lo cual resulta pesado para los visitantes del museo. Además, respecto al tema de la apariencia, utilizar NFC no tiene un impacto considerable en la museografía como sí lo tendría utilizar códigos QR al ser discreto y tener la posibilidad de incorporarse en SmartPosters por todo el museo.

Por las razones expuestas anteriormente es que se elige la utilización de tags NFC sobre códigos QR para el desarrollo de la presente Tesis.

### **3.1.2 Sistema operativo móvil, entorno de trabajo, base de datos y servicio web**

Es necesario enfocarnos en un sistema operativo móvil para el desarrollo de nuestra aplicación. Ya se justificó en el punto anterior el uso de NFC y los tags como tecnología para el acceso a información de las piezas de arte de un museo; sin embargo, debemos considerar, según lo analizado en la comparación de sistemas operativos móviles del capítulo 2 que iOS, de Apple y que cuenta con aproximadamente 13% del mercado móvil, no soporta NFC.

Aun así, Android, BlackBerry OS y Windows Phone sí soportan NFC y cuentan con una distribución de mercado de aproximadamente 86%, siendo Android el que posee mayor distribución de mercado en el último cuarto de este año con 81%, y Windows

Phone, superando en el último año a BlackBerry OS y proyectándose con mejores números en futuros años.

Respecto al entorno del museo, estamos considerando el desarrollo de la presente Tesis en el museo arqueológico Josefina Ramos de Cox, el cual es una entidad sin fines de lucro y no cuenta con los recursos necesarios para obtener smartphones y tablets con un determinado sistema operativo para los asistentes durante su visita. Además, el museo es visitado por personas de toda edad y cultura, desde escolares y profesores, eruditos y conocedores de piezas de arte, hasta personas que están de paso por el lugar. Es por esta razón que se decide usar PhoneGap, para realizar una aplicación multiplataforma. Cabe resaltar que PhoneGap soporta NFC mediante un plugin para los sistemas operativos Android y BlackBerry OS.

Respecto al entorno de trabajo, se utilizará Eclipse y para el desarrollo de la aplicación se utilizará el Android SDK, para enfocar nuestra aplicación en el sistema móvil con mayor parte del mercado para pruebas de concepto; sin embargo, esto no quita que la aplicación no sea enfocada en otras plataformas, aún se puede compilar la aplicación con PhoneGap en WebWorks para su desarrollo en BlackBerry OS.

Para la aplicación tanto móvil como web, existe la necesidad de comunicarnos con la base de datos del museo. La aplicación móvil hará peticiones simples GET; para la aplicación web requerimos una interfaz web capaz de crear, editar, ver y eliminar una pieza de arte. Para los requerimientos anteriores, se utilizará como herramientas a Web2py, el cual tiene la capacidad de implementar diferentes web services ya sean grandes o RESTful [W2S2013], y nos brinda un modelo MVC para el desarrollo rápido y sencillo de aplicaciones web.

Por último, la base de datos a utilizar será MySQL, el cual es un sistema de gestión de base de datos relacional [MYS2013]. Se elige MySQL ya que es de código abierto, gratuito y tiene un rendimiento óptimo para realizar operaciones y consultas.

### 3.2 Estructuración de la Base de Datos

El museo arqueológico Josefina Ramos de Cox realiza la catalogación de las piezas de arte en hojas de cálculo de Excel; además, para complementar su información y presentarla al INC utiliza formularios de registro en Microsoft Access. También realiza una tarea de fotografiado a todas las piezas registradas y las almacena en un directorio localizado en la computadora asignada a la curadora. El museo cuenta con aproximadamente 3000 piezas de arte catalogadas.

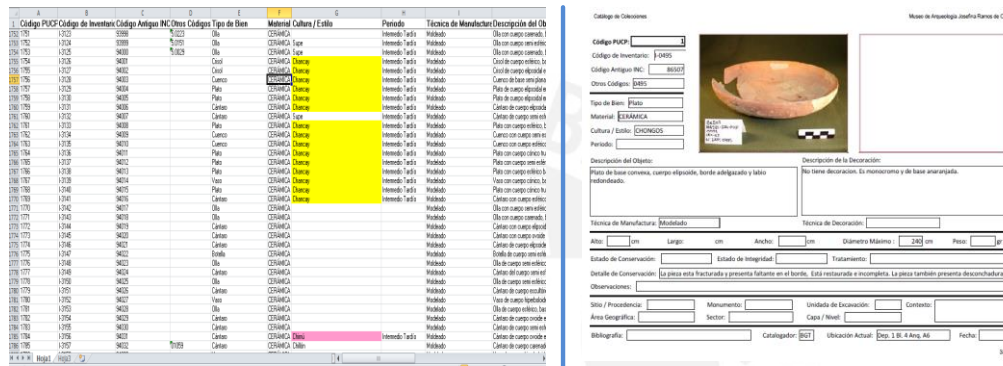


Figura 3.1: Hoja de Cálculo de piezas de MAJRC

Fuente: [MJR2013]

En base a las hojas de cálculo de Excel y a los formularios en Access, se identificó los campos de datos que el museo considera en su catalogación, y se eligió los campos necesarios para desarrollar la aplicación web y que se mostrarán al visitante a través de la aplicación móvil. Los datos considerados se muestran a continuación.

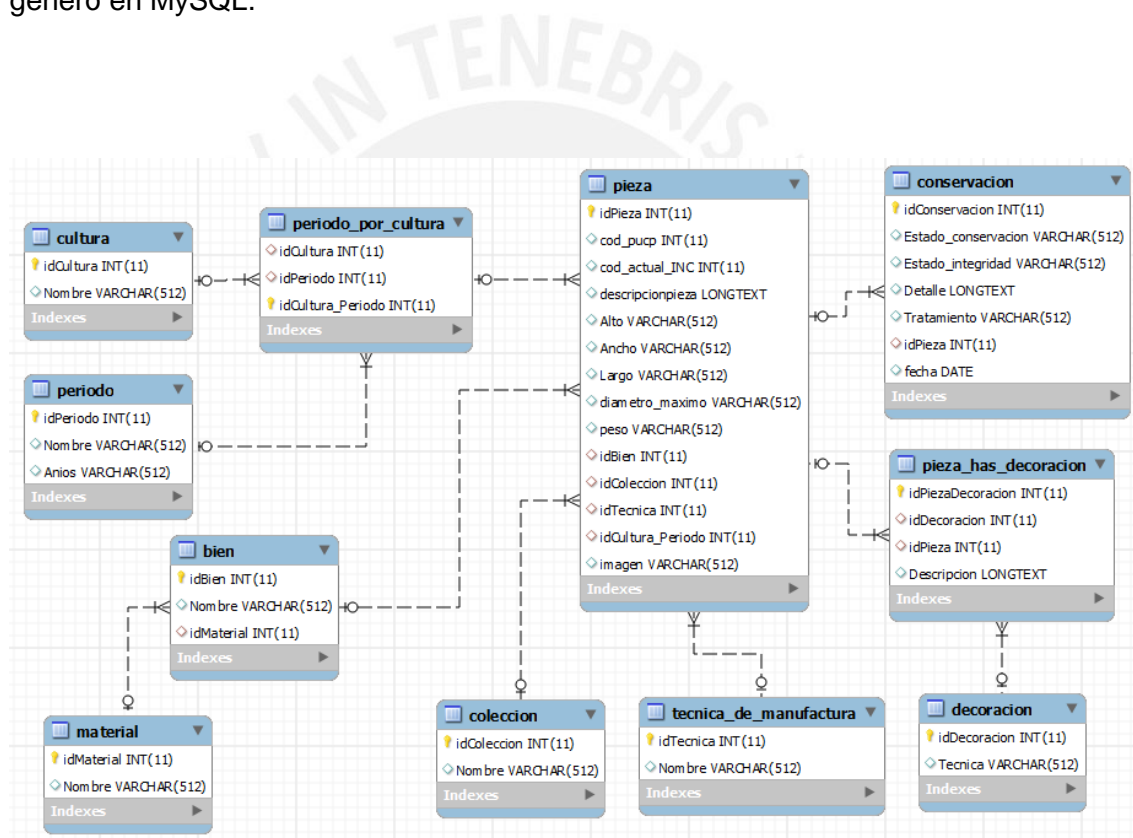
Datos Considerados	Datos a mostrar	Datos Considerados	Datos a mostrar
Código PUCP	Sí	Estado de Conservación	Sí
Código de Inventario	No	Estado de Integridad	Sí
Código Actual INC	Sí	Detalle de Conservación	Sí
Otros Códigos	No	Tratamiento	Sí
Tipo de Bien	Sí	Observaciones	No
Material	Sí	Sitio / Procedencia	No
Cultura / Estilo	Sí	Área Geográfica	No
Periodo	Sí	Monumento	No
Técnica de Manufactura	Sí	Sector	No
Descripción del Objeto	Sí	Unidad de Excavación	No
Técnica de Decoración	Sí	Capa / Nivel	No
Descripción de la Decoración	Sí	Contexto	No
Alto (en mm)	Sí	Colección	Sí

Largo (en mm)	Sí	Bibliografía	No
Ancho (en mm)	Sí	Catalogador	No
Diámetro Máximo (en mm)	Sí	Fecha	No
Peso (en gr)	Sí	Ubicación Actual	No

**Tabla 3.3: Datos considerados para aplicación web y móvil**

**Fuente: Elaboración propia**

Los datos descritos anteriormente se procesaron y se definió el siguiente modelo entidad – relación de base de datos elaborado en Web2py (DAL) [DAL2013], el cual lo generó en MySQL.



**Figura 3.2: Base de datos del museo en MySQL**

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.3 Estructuración de la Aplicación Móvil

La aplicación que se está desarrollando tiene el propósito de acceder información de las piezas de arte del museo en base a la lectura de un tag el cual lanzará la aplicación para luego consultar a la base de datos. Para abarcar el asunto de la estructuración de la aplicación móvil se desarrolla los diagramas de casos de uso, los Mockups y las especificaciones de la aplicación.

El diagrama de casos de uso describe el comportamiento de un sistema desde el punto de vista del usuario. Su función principal es determinar las características generales del sistema y representar la totalidad de funciones que el sistema puede ejecutar. No representa ningún orden de ejecución [DCU2013].

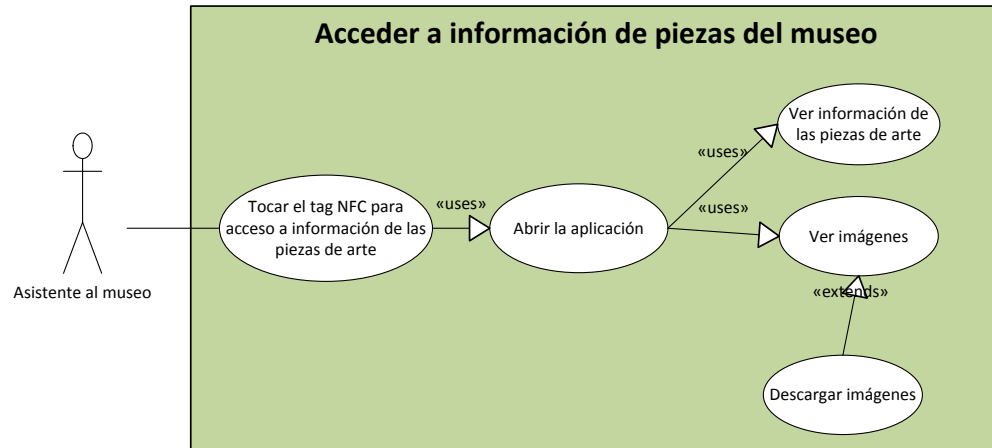
Por último, los Mockups son representaciones gráficas de la planificación de las vistas de una aplicación. Ayuda a tener un marco de referencia al momento de programar las interfaces y darles funcionalidad.

#### 3.3.1 Diagrama de Casos de Uso

El propósito de la aplicación de lectura e accede a información de las piezas de arte en base a la lectura de un tag NFC con información previamente grabada y útil para consultar a la base de datos, y además, lanzar la aplicación.

Para este proceso identificamos a los actores, los cuales serían el público asistente (visitantes) al museo, tales como niños, adultos, estudiantes, científicos, etc. Cualquier persona que asista al museo y que cuente con un Smartphone con el aplicativo móvil instalado puede ser considerado actor y podrá acceder a imágenes e información acerca de la pieza de arte a través de su plan de datos o de la red Wi-Fi del museo.

La aplicación adoptará el nombre de “*SmartMuseumJRC*” y el diagrama de caso de uso es el siguiente:



**Figura 3.3: Diagrama de casos de uso de la aplicación móvil**

**Fuente: Elaboración propia**

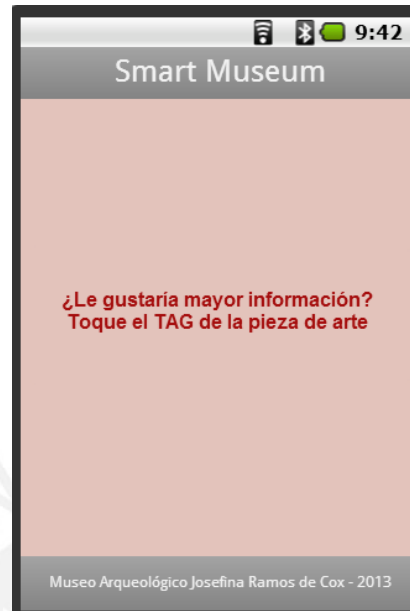
### 3.3.2 Mockups y Especificaciones

La aplicación móvil a desarrollar puede ser accedida manualmente, ubicando el aplicativo instalado en el dispositivo móvil; sin embargo, el tag NFC también tendrá el requerimiento de lanzar la aplicación al momento de contacto con el lector.

Para motivos de diseño, se han elaborado cuatro interfaces que describen las especificaciones y funcionalidades que la aplicación tendrá:

- Interfaz de Inicio
- Interfaz de Espera
- Interfaz de Error
- Interfaz Principal

## Interfaz de Inicio



**Figura 3.4: Interfaz de Inicio (Mockup)**

**Fuente: Elaboración propia**

La interfaz de Inicio es aquella que se muestra cuando iniciamos la aplicación manualmente. La aplicación se encuentra en espera de la lectura de un tag NFC para poder realizar la consulta a la base de datos, a través del servicio web elaborado en Web2py, para mayor información de la pieza de arte.

Para realizar la búsqueda en la base de datos se necesita un dato importante, el cual es único para cada pieza de arte del museo Josefina Ramos de Cox. Sin embargo, se observa en la base de datos cuatro códigos que identifican cada pieza de forma única. El primero es el código PUCP, el cual es un identificador general para cada pieza de arte, ya sea cerámico, textil o restos humanos. El segundo es el código de inventario, el cual también es un identificador de cada pieza de arte usado en la gestión de los almacenes del museo, la diferencia con el código PUCP es el primer dígito. El código de inventario tiene como primer dígito un identificador al cual pertenece la pieza, y los siguientes dígitos no son los mismos que el código PUCP necesariamente. El tercero es el código INC (Instituto Nacional de Cultura), el cual es el identificador único brindado por dicha institución para cada pieza de arte que posee el museo. Por último,

está el campo denominado Otros Códigos, los cuales son identificadores abreviados del código de inventario o de los códigos que la aduana le asigna a cada pieza de arte.

A	B	C	D
Código PUCP	Código de Inventario	Código Antiguo INC	Otros Códigos
0001	I-0495	86507	0495
0002	I-0496	86508	0496
0003	I-0497	86509	0497
0004	I-0438	86510	0438
0005	I-0439	86511	0439
0006	I-0440	86512	0440/ 02608
0007	I-0441	86513	0441
0008	I-0442	86514	0442
0009	I-0443	86515	0443

**Figura 3.5: Campos únicos para identificar una pieza**

Fuente: [MJR2013]

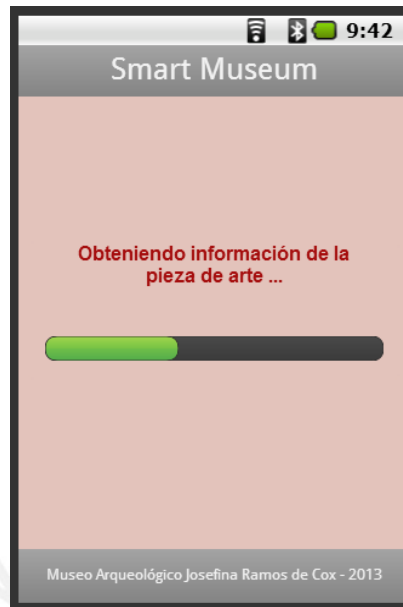
El código identificador con el que se trabajará será el código PUCP ya que es un identificador único para cada pieza de arte sin importar su clase de material. Este dato nunca puede ser campo vacío. Actualmente, este dato es un campo que consta de 4 dígitos, ya que el museo consta con aproximadamente 3500 piezas de arte. Este código será el que irá inscrito en el tag NFC y será obtenido por la aplicación para consultas a la base de datos.

Este proceso de consulta no es inmediato, suele tomar algunos segundos, por lo que se diseña la siguiente interfaz.

### Interfaz de Espera

La interfaz de espera es aquella que se genera cuando la aplicación a través del terminal móvil ha tenido contacto con algún tag NFC. Se obtienen los datos del tag y se realiza la consulta a la base de datos para detectar la existencia del campo en la base de datos. En caso sea positivo, se devuelve la información al móvil; caso contrario, de lanza la interfaz de error y se pone a la aplicación en estado de espera para la siguiente lectura de algún tag.





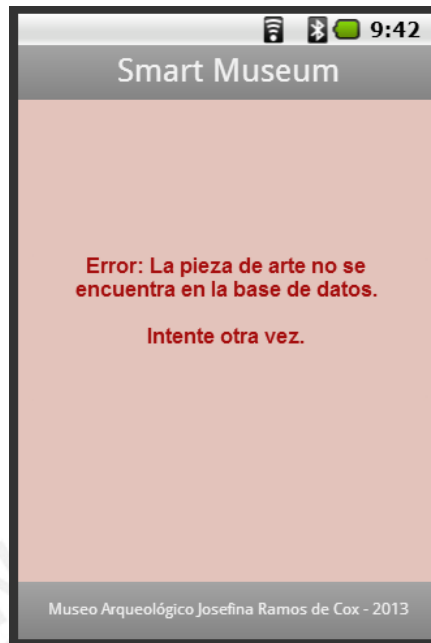
**Figura 3.6: Interfaz de Espera (Mockup)**

**Fuente: Elaboración propia**

El web service en Web2py, consultado a través de AJAX con el método GET, en caso encuentre la pieza de arte en la base de datos, devolverá un objeto JSON con el cual podremos trabajar al desencapsularlo y desplegar la información en las diferentes secciones de la interfaz principal. En caso no se encuentre el código en la base de datos se devolverá la interfaz de error.

### **Interfaz de Error**

Esta interfaz es generada ante una consulta fallida a la base de datos ya sea porque esta no se encuentra habilitada o porque la información obtenida del tag NFC no está presente en la base de datos. En esta interfaz podemos volver a escanear el tag NFC para una segunda consulta de información.



**Figura 3.7: Interfaz de Error (Mockup)**

**Fuente: Elaboración propia**

### Interfaz Principal

Los datos a mostrar por la aplicación ya han sido definidos en la estructuración de la base de datos. No obstante, por motivos de diseño se han agrupado estas características en cuatro grupos los cuales se explican en el siguiente cuadro.

DATOS	TIPO
Código PUCP	Información General
Código INC	
Descripción de la pieza	
Alto	
Ancho	
Largo	
Diámetro máximo	
Peso	
Tipo de Bien	
Material	
Técnica de Manufactura	
Colección	
Técnica de Decoración	
Descripción de la decoración	Cultura y Tiempo
Cultura	
Periodo	
Años del periodo	
Estado de conservación	

Estado de integridad	Conservación
Detalle de la conservación	
Tratamiento	

**Tabla 3.4: Agrupación de características de las piezas de arte**

**Fuente: Elaboración propia**

- **Información General:** define las consideraciones más importantes respecto a las características físicas de la pieza de arte.
- **Decoración:** define las técnicas y tipo de decoración utilizados en la construcción de la pieza de arte.
- **Cultura y Tiempo:** define la cultura y tiempo del que proviene la pieza de arte.
- **Conservación:** define el tipo de conservación que se le aplicó a cada pieza en el museo para su recuperación.



**Figura 3.8: Interfaz Principal (Mockup)**

**Fuente: Elaboración propia**

La aplicación mostrará una imagen de la pieza de arte correspondiente. Esta imagen está referenciada a un directorio de imágenes en la aplicación creada en Web2py para desarrollar la aplicación web y generar un web service en su controlador.

A continuación se muestra el diagrama de flujo de la aplicación móvil.

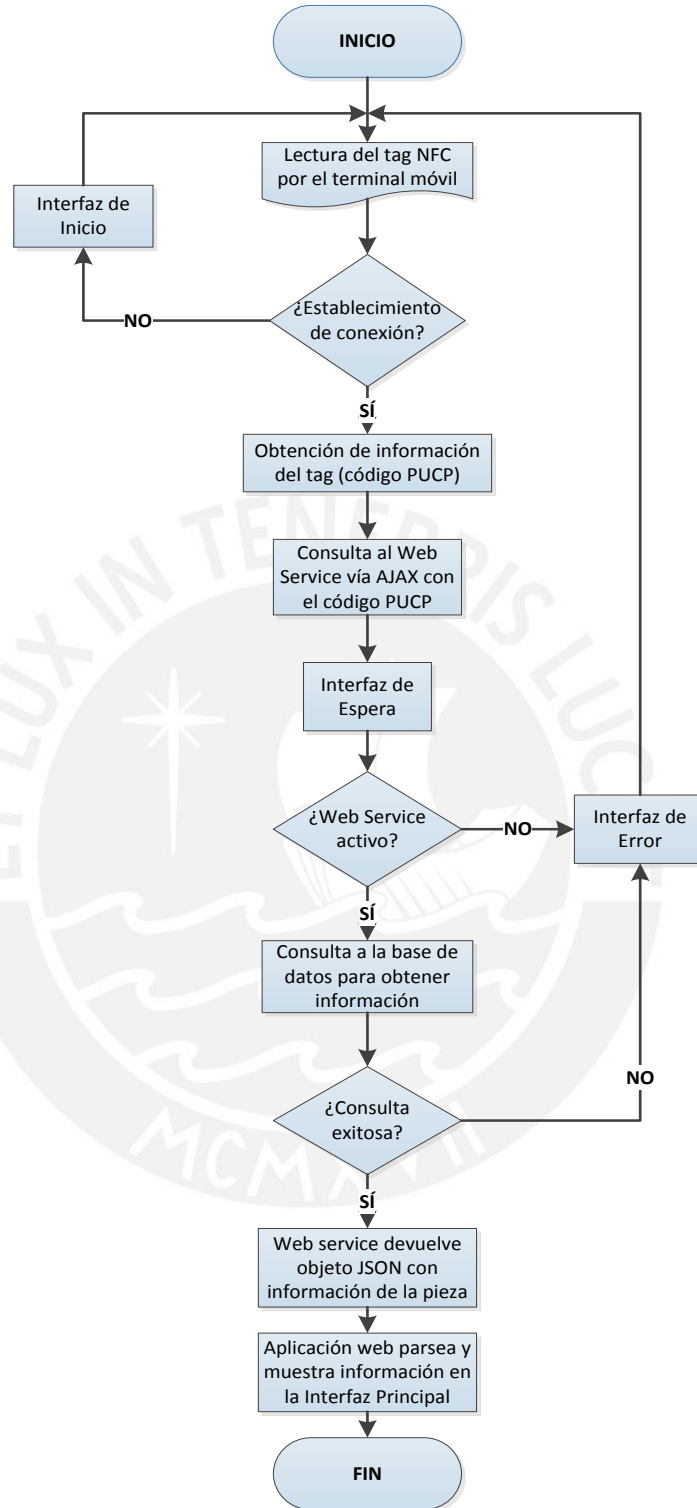


Figura 3.9: Diagrama de flujo del funcionamiento de la aplicación móvil

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Aplicación Web de Administración

Para complementar la aplicación móvil desarrollada se define una aplicación web sencilla implementada en Web2py. Su desarrollo en este framework fue justificado anteriormente. La aplicación web tendrá como objetivo el desempeño del CRUD de las piezas de arte, es decir, crear, ver, modificar y eliminar la información de una pieza de arte. En los siguientes puntos se define la necesidad de contar con esta aplicación, y se explica su estructura a través de Mockups y diagramas de casos de uso.

#### 3.4.1 Necesidad de una Aplicación de Administración

La aplicación web de administración se justifica en las siguientes dos razones:

- Primero, si bien el museo contará con un servidor de base de datos MySQL, la curadora, la cual administra las piezas de arte del museo y será la encargada del contenido en la base de datos y de la escritura del código PUCP en los tags NFC, no conoce el lenguaje usado en MySQL, por lo que no podrá realizar las acciones insert (insertar, crear), update (actualizar), select (ver, seleccionar) o delete (eliminar) respecto a una pieza de arte. Por lo que es necesario una aplicación web para que la curadora pueda realizar estas cuatro tareas importantes.
- El framework elegido fue Web2py. En esta herramienta se creará el modelo de base de datos, los controladores y las vistas de la aplicación. Si bien Web2py genera formularios automáticos una vez creada la base de datos para cada tabla, permitiendo realizar la inserción, actualización y eliminación de contenidos de forma sencilla y rápida, tenemos el requerimiento de que al crear un nuevo registro de pieza de arte se ingresen a través de un único formulario todas las características referentes a información general, cultura y tiempo, conservación y decoración de la pieza. Esto no ocurrirá ya que las tablas Decoración y Conservación dependen de la tabla Pieza, por lo que se generará una tabla de ingreso de datos para cada una de ellas por separado. Resulta incómodo e ineficiente primero ingresar la Pieza y sus características, y luego los datos de Decoración y Conservación

### 3.4.2 Estructuración de la Aplicación Web

La aplicación web a desarrollarse tiene el propósito de gestionar los contenidos de la base de datos de forma sencilla y rápida. Para eso, se implementará las funcionalidades de crear, modificar, ver y eliminar piezas de arte de la base de datos del museo.

#### 3.4.2.1 Diagrama de Casos de Uso

Se identifica a los actores, quien en este caso sería la curadora del museo, y ocasionalmente la directora. A través de su computadora personal o laptop podrá acceder a la aplicación para poder realizar las diferentes funciones que se implementarán: crear, editar, ver y eliminar pieza. Asimismo, se tendrá la funcionalidad de listar todas las piezas de arte presentes en la base de datos.

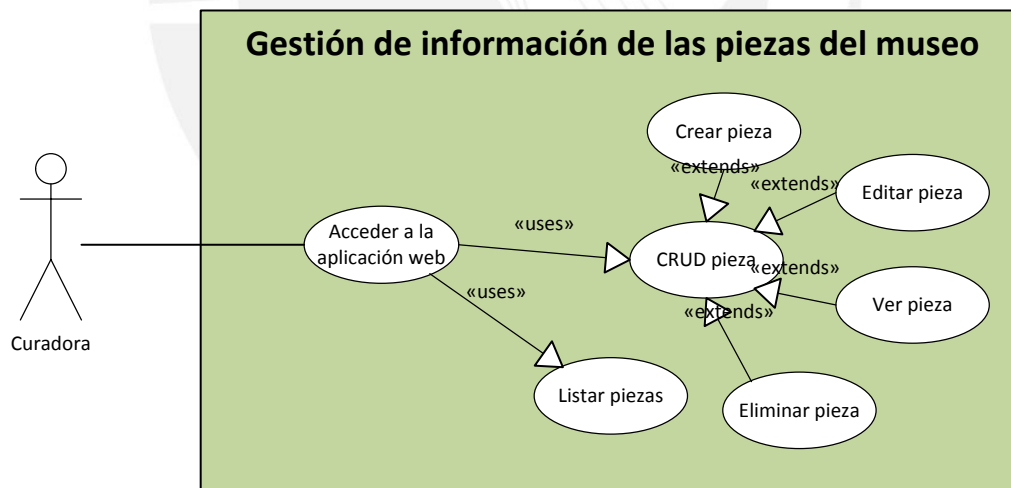


Figura 3.10: Diagrama de Casos de uso de la aplicación web

Fuente: Elaboración propia

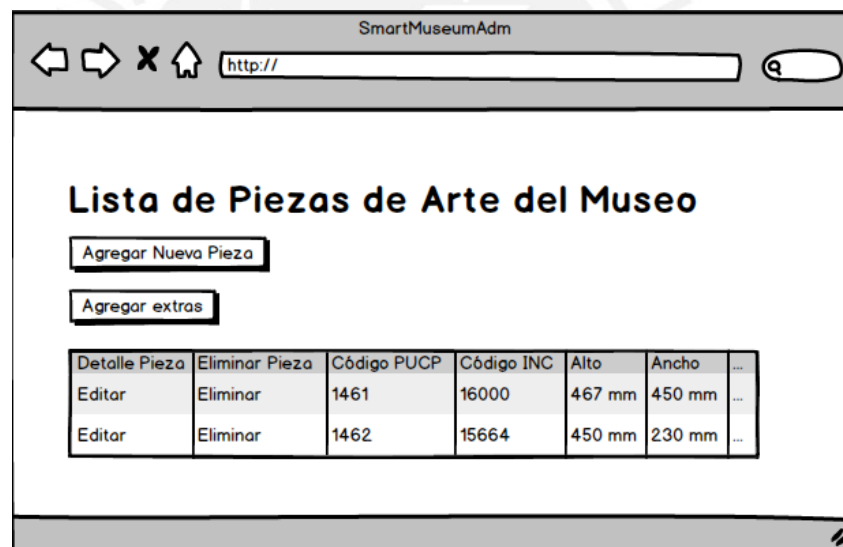
### 3.4.2.2 Mockups y Especificaciones

La aplicación web de administración de piezas será accedida algún navegador a través de una URL. Se llamará también “*SmartMuseumJRC*”, en el título de la web se especificará “Smart Museum Adm” y será desarrollada íntegramente en Web2py.

Por motivos de diseño se han elaborado tres interfaces que describen las especificaciones y funcionalidades que la aplicación web implementará:

- Interfaz de Listado de piezas
- Interfaz de Creación de pieza
- Interfaz de Edición de pieza

#### Interfaz de Listado de piezas



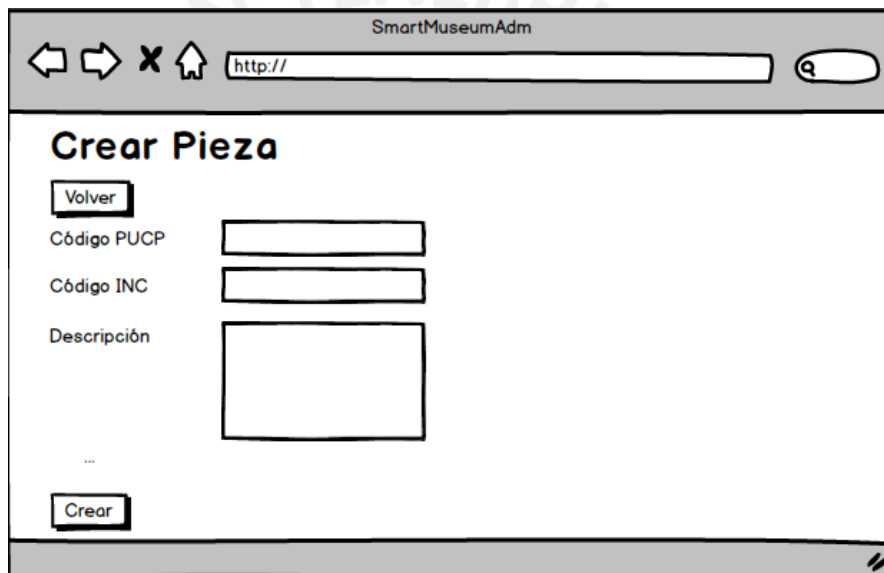
**Figura 3.11: Interfaz de Listado de piezas (Mockup)**

**Fuente: Elaboración propia**

La interfaz de listado de piezas es la primera en mostrarse cuando la curadora accede a la aplicación web. En esta interfaz se listan todas las piezas de arte existentes en la base de datos del museo según las características anteriormente definidas.

Las funcionalidades que puede ofrecer esta interfaz son: **agregar nueva pieza**, la cual redireccionará a la Interfaz de Creación de Pieza que se explicará más adelante; **agregar extras**, que permitirá la opción de gestionar las tablas: Material, Bien, Periodo, Cultura, Decoración, Técnica\_de\_Manufactura, Colección y Cultura\_por\_Periodo; **detalle de la pieza**, que será parte de la tabla que mostrará los registros de todas las piezas; y eliminar pieza, que borrará la pieza y todo su contenido asociado a su identificador único (idPieza) de la base de datos.

### Interfaz de Creación de pieza



The mockup shows a web browser window with the title "SmartMuseumAdm". The address bar contains "http://". The main content area is titled "Crear Pieza" and contains the following elements:

- A "Volver" button at the top left.
- Three input fields: "Código PUCP", "Código INC", and "Descripción".
- A "Crear" button at the bottom left.

Figura 3.12: Interfaz de Creación de pieza (Mockup)

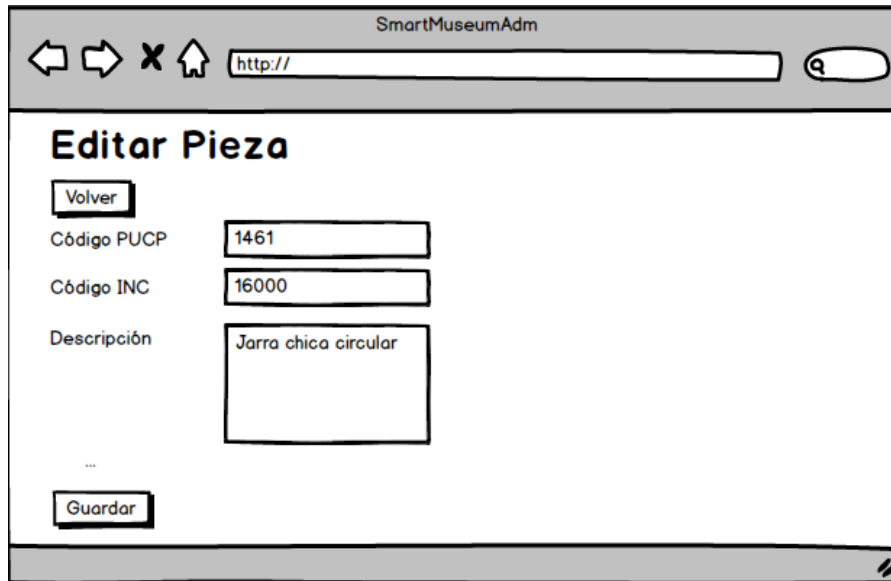
Fuente: Elaboración propia

En esta interfaz podremos ingresar los datos característicos de cada pieza de arte a la base de datos. Los datos para ingresar en este formulario están conformados por atributos de tres tablas: Pieza, Conservación y Decoración.

Además, se posee un botón para volver a la interfaz inicial.



## Interfaz de Edición de Pieza



SmartMuseumAdm

← → × ↶ http://

### Editar Pieza

Código PUCP

Código INC

Descripción

...

**Figura 3.13: Interfaz de Edición de Pieza (Mockup)**

**Fuente: Elaboración propia**

En esta interfaz podemos ver los valores que se han registrado en la base de datos respecto a una pieza de arte y editarlos en caso haya algún cambio necesario.

Las interfaces para el CRUD de las demás tablas tendrán el mismo patrón seguido para la interfaz principal de gestión de piezas.

En el siguiente punto, por último, se explicará la aplicación de escritura que se usará para grabar los datos en el tag NFC.

### 3.5 Aplicación de Escritura: TagWriter

TagWriter es una aplicación móvil desarrollada por NXP para almacenar datos y eventos ejecutables en el tag NFC tales como contactos, números telefónicos, manejo de Bluetooth, SMS, correo, texto plano, entre otros. Una vez que se almacenó los datos, la aplicación permite la lectura y visualización de los datos programados,

incluyendo las opciones para ejecutar aplicaciones automáticamente. Asimismo, la aplicación está disponible para descarga desde el Play Store y no tiene costo alguno.



**Figura 3.14: TagWriter disponible en Play Store**

**Fuente: Elaboración propia**

Se eligió esta aplicación debido a que posee una interfaz intuitiva para seleccionar las funciones soportadas y permite borrar los datos escritos previamente en un tag NFC. Se debe tener cuidado debido a que posee una opción de inscripción permanente, en donde la información grabada en el tag ya no puede ser eliminada ni modificada. Además, posee un registro de inscripciones anteriores en tags. Asimismo, soporta una función que permite la programación del tag NFC para el lanzamiento de cualquier aplicación apenas haya contacto.

TagWriter soporta la escritura y lectura de los cuatro tipos de tags normados por el NFC Forum tratados en el marco teórico.

Para nuestro caso, buscaremos escribir el código PUCP en el tag NFC para que cuando sea leído por la aplicación móvil SmartMuseumJRC pueda realizar las consultas correspondientes a la base de datos. Además, añadiremos la funcionalidad de lanzar la aplicación móvil al contacto con el tag.

En el siguiente capítulo se tratará la implementación de la aplicación web, la aplicación móvil y la escritura al tag NFC con la aplicación descargable TagWriter siguiendo las especificaciones del presente capítulo.

## CAPÍTULO 4

### IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo se tratará la construcción de la aplicación móvil usando PhoneGap en el entorno de desarrollo Android SDK en Eclipse y la aplicación web de administración en Web2py. También se explicará la construcción del web service en Web2py para consulta a la base de datos del museo. Además, se explicará el proceso de uso de la aplicación TagWriter para la inscripción del código PUCP en el tag NFC. Por último, se desarrollarán las pruebas de concepto de las aplicaciones y se expondrán los resultados.

#### 4.1 Desarrollo y construcción de la solución

En este punto se describe primero el entorno de desarrollo y las instalaciones necesarias que este debe tener para poder realizar la construcción de las aplicaciones mencionadas. Luego, se explican los procesos de construcción de cada aplicación así como del servicio web.

#### 4.1.1 Entornos de desarrollo

El desarrollo de la aplicación móvil se llevará a cabo en el entorno de programación Eclipse, versión Indigo (v. 3.7) [ECL2013]. Se descarga el Android SDK [SDK2013] e instalará. El Android SDK incluye un conjunto de herramientas de desarrollo y librerías que hacen capaz la programación de aplicaciones nativas en Android mediante el lenguaje Java. Además, permite el reconocimiento y control de dispositivos Android conectados para la prueba de las aplicaciones. La referencia [ADT2013] provee mayores detalles de instalación.

El desarrollo de la aplicación web para administración se realizará en el framework Web2py. Se programa en lenguaje Python, y también nos ofrece funcionalidades propias para desarrollo de formularios, servicios y control de base de datos de manera rápida y sencilla. Para descargar Web2py revisar la referencia [W2D2013] y para su instalación revisar [INS2012].

#### 4.1.2 Instalaciones generales

Para la aplicación móvil, creamos un nuevo proyecto en el ADT y especificamos el nombre de la aplicación, nombre del proyecto, versiones mínimas del sistema operativo y el ícono de la aplicación. NFC es soportado por dispositivos con versión de Android 4.03 o superior, por lo que esta será la versión mínima a elegir. La versión con que se compilará será la 4.3.

Después de crear el proyecto, procedemos a incorporar PhoneGap en la aplicación para implementar la aplicación en base a HTML, JavaScript y CSS, ya explicados en el capítulo 2. Descargamos PhoneGap en su última versión, la más actual es la 2.9.1 [PHO2013]. La aplicación móvil se desarrolló con la versión 2.8.1. Una vez descargado PhoneGap debemos añadir la librería (formato .jar) al proyecto. Luego, ubicamos el archivo MainActivity.java, el cual define la actividad principal que la aplicación ejecutará, e importamos la librería de PhoneGap cambiando la herencia del MainActivity a DroidGap. Asimismo, debemos cambiar la interfaz inicial de contenido hacia la dirección principal de un archivo HTML declarando la ruta: "file:///android\_asset/www/index.html".

Debemos crear la ruta previamente señalada, dentro de la carpeta “assets”, se crea una carpeta llamada “www” donde colocaremos todas las interfaces que tendrá nuestra aplicación. Además, dentro de la carpeta “assets/www” debemos incorporar el archivo “cordova.js” el cual contiene todas las funcionalidades y especificaciones del PhoneGap en JavaScript. Mayor información acerca de la integración en la referencia [POG2013]. También creamos el archivo “index.html” donde irá nuestra interfaz principal.

La aplicación móvil utilizará JQueryMobile para desarrollo de las vistas. JQueryMobile es un framework de interfaz de usuario de desarrollo web que nos permite desarrollar vistas de aplicaciones web para móvil que trabajen en los sistemas operativos iOS, Android y BlackBerry [JQM2013]. Para su uso solo es necesario añadir la URL de los archivos hospedados por el mismo JQueryMobile, revisar referencia [JQI2013].

Para poder utilizar las funciones de NFC con PhoneGap es necesario la incorporación de un plugin que las soporte. Primero debemos descargar el plugin de NFC, revisar la referencia [POG2013]. La incorporación consiste en la declaración del uso del plugin para PhoneGap en el archivo “config.xml”:

```
<plugins>  
  <plugin name="NfcPlugin" value="com.chariotsolutions.nfc.plugin.NfcPlugin"/>  
</plugins>
```

**Figura 4.1: Declaración del plugin de NFC en el archivo “config.xml”**

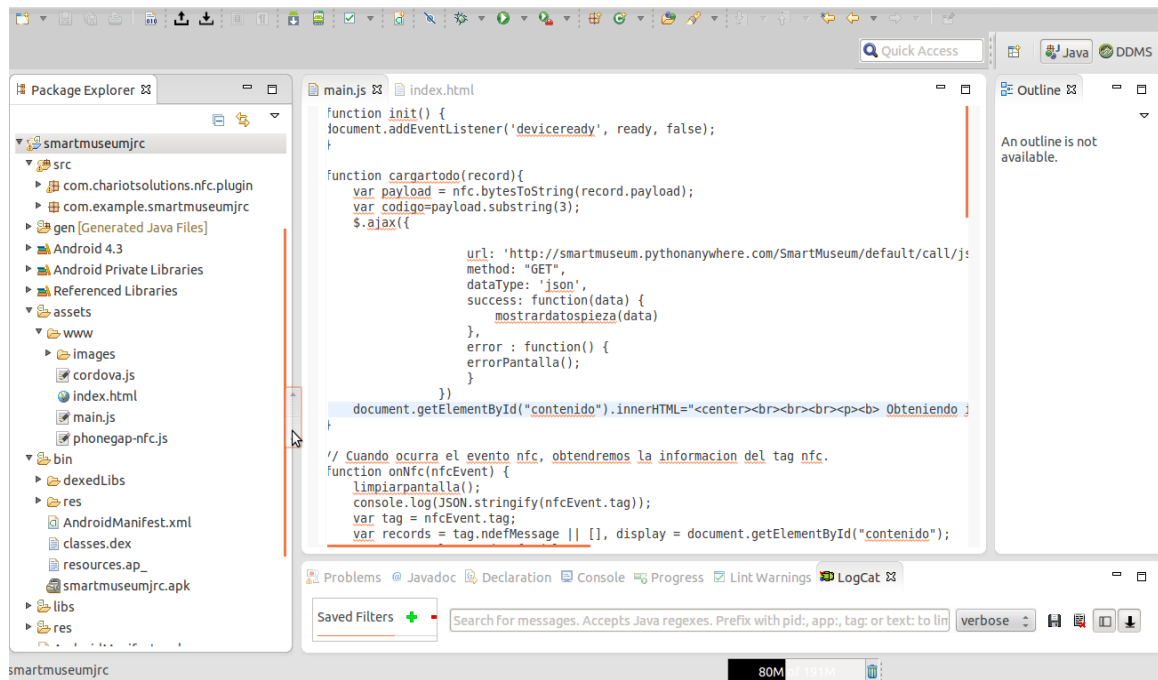
**Fuente: Elaboración propia**

Luego, copiar la carpeta “chariotsolutions” ubicada en la ruta del archivo descargado y descomprimido “src/android/src/com” en la carpeta del proyecto “src/com”. Después, añadimos el archivo JavaScript que viene con la descarga a la ruta del proyecto “assets/www”. Por último, declaramos el permiso de NFC en el archivo “AndroidManifest.xml”. Mayor información acerca de la instalación del plugin NFC en la referencia [POG2013].

El archivo AndroidManifest.xml es aquel que presenta los permisos y funcionalidades del sistema operativo a los que puede acceder nuestra aplicación. Especifica eventos, permisos, recursos y funciones con los que nuestra aplicación interactuará. Consultar

la referencia [MAN2013] para mayor información acerca de la sintaxis del archivo “AndroidManifest.xml”.

A continuación se muestra la imagen del proyecto para la aplicación móvil con todas las especificaciones instaladas.



**Figura 4.2: Proyecto con instalaciones generales en Eclipse**

**Fuente: Elaboración propia**

### 4.1.3 Construcción del servicio web

La base de datos a utilizar será MySQL, el script y modelo de esta base de datos será automáticamente generado por Web2py. Primero, lanzamos la aplicación en Web2py, esta corre automáticamente en el puerto 8000; sin embargo, da la posibilidad de correrlo en otros dominios y en otros puertos disponibles.

```

root@jesus-pc: /home/jesus-pc/Desktop/web2py
root@jesus-pc:/home/jesus-pc# cd Desktop/web2py
root@jesus-pc:/home/jesus-pc/Desktop/web2py# python web2py.py
web2py Web Framework
Created by Massimo Di Pierro, Copyright 2007-2013
Version 2.7.2-stable+timestamp.2013.10.07.13.52.24
Database drivers available: SQLite(sqlite2), SQLite(sqlite3), MySQL(pymysql), MySQL(MySQLdb), MySQL(mysqlconnector), PostgreSQL(pg8000), MSSQL(pyodbc), DB2(pyodbc), Teradata(pyodbc), Ingres(pyodbc), IMAP(imaplib)
WARNING:web2py:GUI not available because Tk library is not installed
choose a password:
please visit:
      http://127.0.0.1:8000/
use "kill -SIGTERM 2513" to shutdown the web2py server
  
```

**Figura 4.3: Web2py levantado en el puerto 8000**

**Fuente: Elaboración propia**

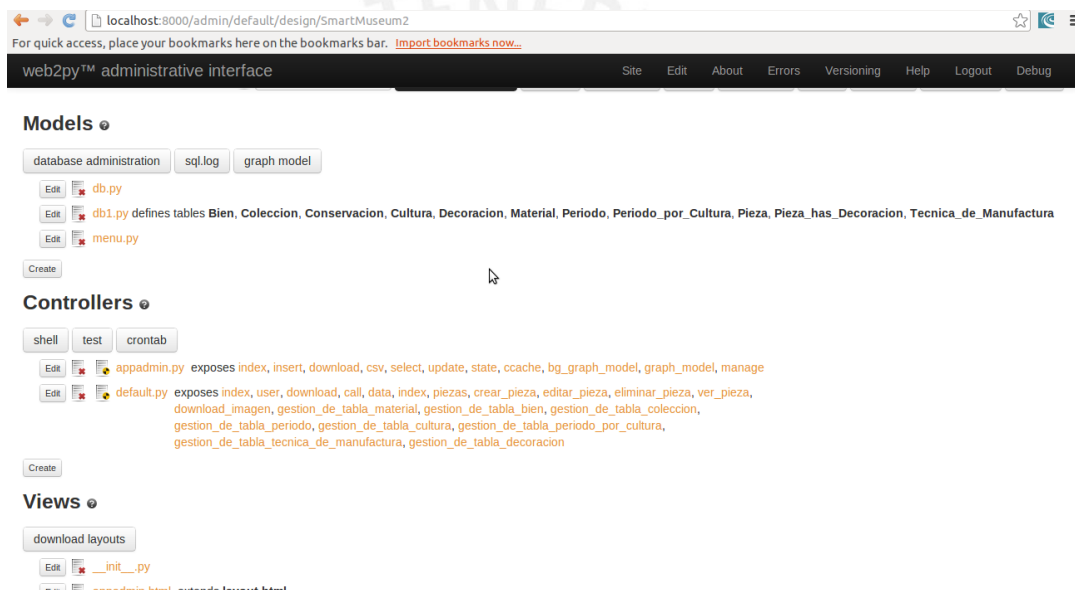
Podremos ingresar a Web2py mediante el navegador colocando la URL indicada en la imagen. Una vez hecho lo anterior, cuando ingresemos a la interfaz administrativa nos solicitará una contraseña, la cual será la misma que indicamos cuando levantamos el servicio (ver Figura2).

Una vez dentro de Web2py procedemos a crear el proyecto el cual albergará nuestro web service y la aplicación web de administración. Luego de haber accedido a la interfaz de administración del proyecto donde se muestra un patrón Modelo – Vista – Controlador procedemos a crear el modelo de base de datos, en este caso lo nombramos “db1.py”. Dentro de este archivo definimos la estructura de nuestra base de datos con comandos y funciones del mismo Web2py; además, se agrega la conexión con la base de datos MySQL. La configuración en Web2py para el archivo “db1.py” utilizada para emular el modelo de base de datos expuesto en el capítulo 3 con validaciones incluidas se ubica en el ANEXO 6. EL Script generado por MySQL luego de haber generado la base de datos en Web2py se encuentra en el ANEXO 1. Para mayor información revisar la referencia [DAL2013] donde se explica todo lo relacionado al modelo de abstracción de base de datos (DAL) que usa Web2py.

Respecto al servicio web, Web2py da la facilidad de crear servicios grandes y RESTful y definir su contenido retornado en diferentes formatos tales como JSON, XML, etc. Se define las funciones y los servicios en la sección CONTROLLERS de la interfaz administrativa del proyecto (ver siguiente figura).

Nuestro servicio web será creado en el archivo “default.py”, la función se llamará “ver\_unica\_pieza” y se le agregará la cabecera “service.json” para especificar que es un servicio web que retorna un objeto JSON. Esta función podrá ser revisada en el ANEXO 7. Para mayor información respecto a la creación de servicio web en Web2py revisar la referencia [WSR2013].

Se muestra una imagen de la interfaz de administración general del proyecto en Web2py, se observa el archivo “db1.py” creado con las tablas de base de datos definidas, en CONTROLLERS se observa las funciones implementadas en “default.py” y por último las vistas.



**Figura 4.4: Interfaz administrativa del proyecto en Web2py**

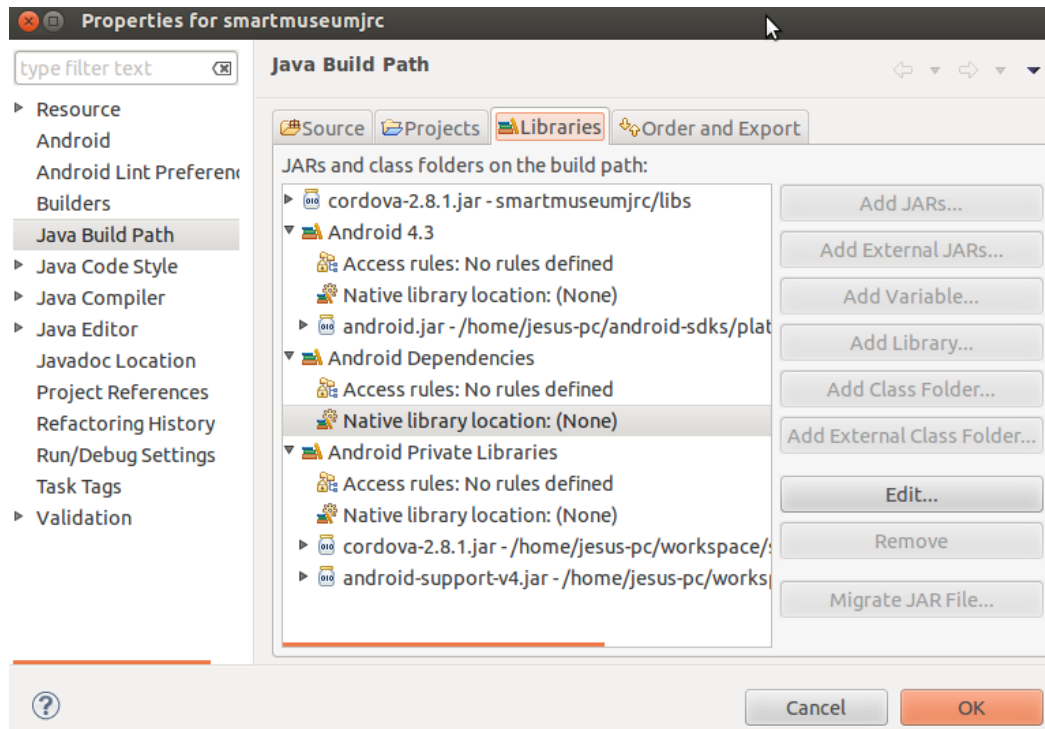
**Fuente: Elaboración Propia**

#### 4.1.4 Construcción de la aplicación móvil

La aplicación móvil para acceso a información de las piezas de arte del museo se llamará “smartmuseumjrc”. Se le asigna un icono que será mostrado cuando se corra la aplicación en el móvil o emulador.



Para esta aplicación se hará uso de las librerías por defecto de Android, la librería de PhoneGap, y la librería del plugin NFC, los dos últimos en sus versiones actualizadas. Su instalación en el PhoneGap fue explicado en puntos anteriores del presente capítulo. A continuación se muestra las librerías incorporadas al proyecto.



**Figura 4.5: Librerías de la aplicación móvil “smartmuseumjrc”**

**Fuente: Elaboración propia**

Respecto a los permisos de la aplicación, se declara en el archivo “AndroidManifest.xml” el permiso para la funcionalidad de NFC para posibilidad la lectura de tags; el permiso de vibración, que activará una vibración cuando se lea un tag, permiso de leer imágenes desde almacenamiento externo al celular para poder visualizar y descargar la imagen de la pieza de arte; y el permiso de acceso a Internet para poder acceder al web service ya sea desde la red interna del museo como la red móvil y, además, leer de los repositorios las librerías de JQueryMobile. Por último, se agregará la funcionalidad de soporte de cualquier tipo de movimiento y dirección de pantalla. Se puede ubicar el archivo “AndroidManifest.xml” de la aplicación en el ANEXO 3.

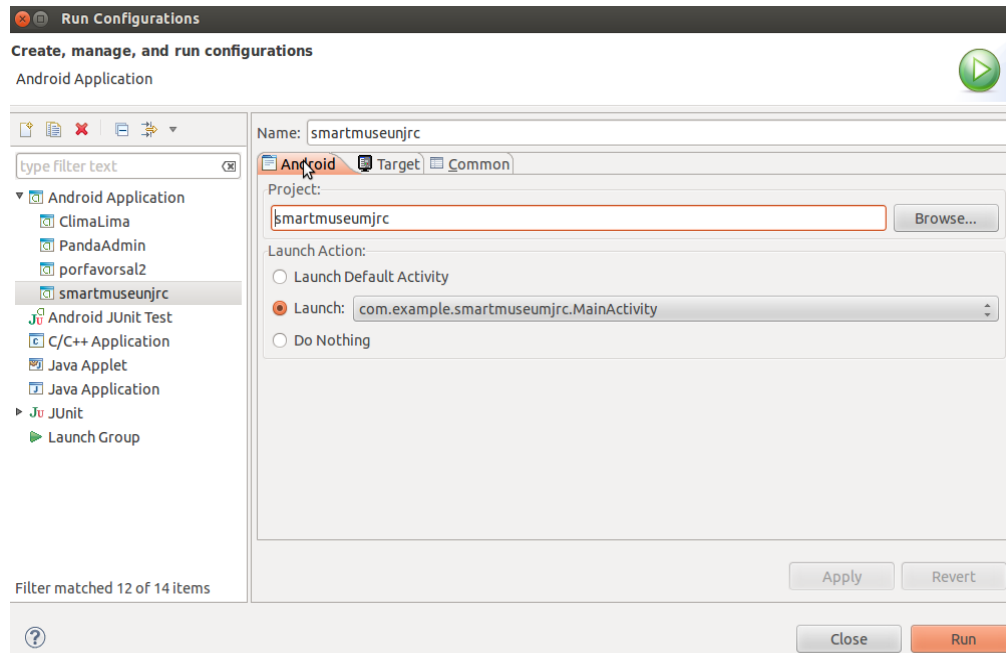
Una vez desarrollado lo anterior, la implementación de la aplicación móvil consiste en realizar la codificación necesaria en HTML y JavaScript para que la aplicación lea la información contenida en un tag NFC, realice la consulta al web service, el cual interactúa con la base de datos, para obtener toda la información relacionada con la pieza de arte así como una imagen al respecto y mostrarla en la interfaz de la aplicación. Esto se consigue logrando que el código en JavaScript utilice las funciones de NFC provistas por el plugin de NFC desplegado.

El archivo “main.js” contiene la codificación encargada de la lógica de la aplicación, tiene funciones obtenidas del plugin NFC, funciones de consulta al Web service vía AJAX y funciones para mostrar las diferentes interfaces de la aplicación dependiendo de los eventos invocados.

El archivo “index.html” contiene la interfaz de la aplicación en código HTML usando JQueryMobile que variará dependiendo de las funciones que ocurran en el archivo “main.js”.

El flujo de eventos de la aplicación móvil está descrito en el diseño de la aplicación móvil en el capítulo 3. Se sigue la lógica del diseño; sin embargo, ya no se tendrán cuatro interfaces que se desplegarán dependiendo de los eventos, sino que se tendrá una sola interfaz cuyo contenido irá variando a medida que se vayan llevando a cabo los eventos de la aplicación. Para lograr lo anterior se definió una función que “limpiará el contenido de la pantalla principal” para dar paso a la muestra de nuevos contenidos. En resumen, primero se graba los datos relevantes en la pieza de arte utilizando el TagWriter, proceso el cual se explicará más adelante. Luego, la aplicación lee el tag NFC y obtiene la información relevante para consultar al web service vía AJAX, durante este proceso se muestra en la interfaz un mensaje de espera. Después, si la consulta falla, se despliega un mensaje de error en la interfaz principal; si la consulta se muestra en contenido en la aplicación y se lee la imagen desde una URL.

La codificación del archivo “index.html” y del archivo “main.js” se encuentran en el ANEXO 4 y ANEXO 5 respectivamente. Teniendo todo debidamente instalado, codificado y habiendo verificado que no exista ningún error, se realiza la prueba del proyecto (compilación y ejecución) en el dispositivo móvil con sistema operativo y versión correspondiente.



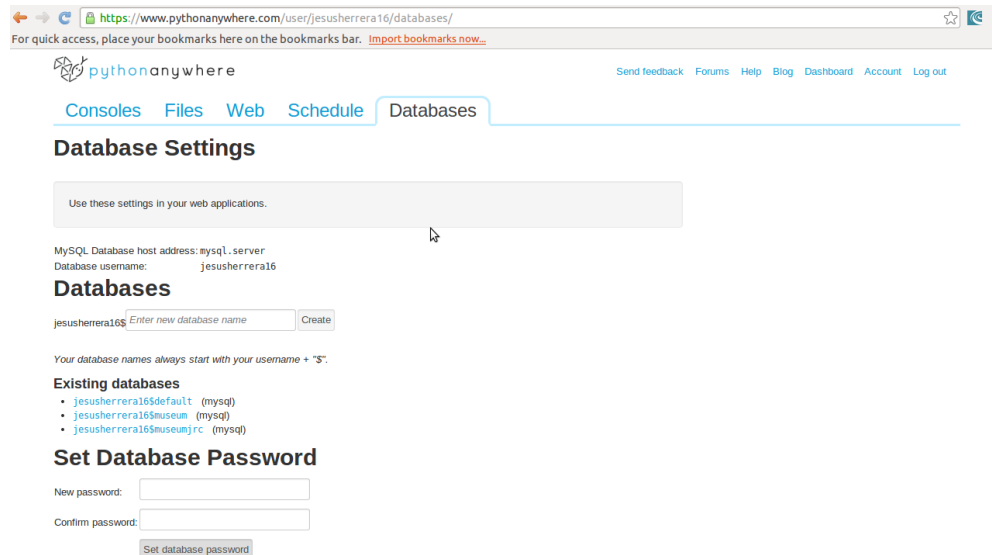
**Figura 4.6: Configuración de ejecución de la aplicación móvil**  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.5 Construcción de la aplicación web de administración

Web2py, una vez descargado y ejecutado, solo puede acceder a la interfaz administrativa de proyectos para la modificación de contenido accediendo a la loopback del ordenador a través del puerto 8000, otras conexiones serán rechazadas. Existen métodos para vulnerar esta condición de Web2py; sin embargo, se decidió utilizar un servidor de Web2py en la “nube”. Se utiliza PythonAnywhere para este propósito. PythonAnywhere es un entorno para desarrollo y alojamiento que se puede operar desde un navegador y corre servidores en la “nube”. Estos servidores ya están preconfigurados con todo lo necesario para correr Python y tienen soporte para Web2py específico. Este servicio es gratuito, solo debemos crearnos una cuenta y autenticarla. Además, permite el uso de base de datos MySQL en la “nube”. Para mayor información de registro y uso de PythonAnywhere consultar la referencia [PYN2013].

Una vez creada y autenticada la cuenta en PythonAnywhere, procedemos a crear una base de datos llamada “museumjrc”. PythonAnywhere nos provee una consola de

comando de base de datos MySQL. La figura a continuación muestra la base de datos creada así como los parámetros necesarios para el uso de la base de datos por cualquier aplicación.



**Figura 4.7: Base de datos MySQL en PythonAnywhere**

**Fuente: Elaboración propia**

Creamos un usuario de Web2py que será accedido mediante la URL: <https://smartmuseum.pythonanywhere.com>. Cabe resaltar que ya contábamos con un proyecto creado en Web2py que puede ser accedido mediante la loopback; sin embargo, para no estar copiando y pegando el modelo de base de datos “db1.py” y la función que representa al web service del archivo “default.py” del controlador en la nueva aplicación en PythonAnywhere, se procedió a generar un archivo de extensión .w2p (el mismo Web2py tiene una función de generarlo), el cual es un empaquetado de la aplicación creada anteriormente. En el Web2py de PythonAnywhere se tiene la opción de subir un proyecto con extensión .w2p; se procedió a subirlo y se le puede colocar un nombre diferente, en este caso le colocamos el nombre “SmartMuseumJRC”.

Una vez dentro del proyecto, se procede a cambiar la dirección de la base de datos a la nueva creada en PythonAnywhere, el resto de la codificación de “db1.py” queda igual. Para mayor información acerca de conexión a base de datos MySQL de PythonAnywhere con Web2py ver la referencia [PMY2013].

Para la implementación de la aplicación web de administración de base de datos, se sigue la misma lógica de los Mockups tratados en el capítulo 3. Se utiliza Bootstrap, un framework que permite crear interfaces web adaptables a cualquier tamaño con HTML5 y CSS3 [BOO2013].

Se crean los controladores en el archivo “default.py” para soportar las funciones que necesitamos en nuestra aplicación web. Estas funciones y sus vistas se muestra a continuación.

FUNCIÓN	VISTA
piezas	default/piezas.html
crear_pieza	default/crear_pieza.html
editar_pieza	default/editar_pieza.html
eliminar_pieza	-
download_imagen	-
descargar	-
gestion_de_tabla_material	default/gestion_de_tabla_material.html
gestion_de_tabla_bien	default/gestion_de_tabla_bien.html
gestion_de_tabla_coleccion	default/gestion_de_tabla_coleccion.html
gestion_de_tabla_periodo	default/gestion_de_tabla_periodo.html
gestion_de_tabla_cultura	default/gestion_de_tabla_cultura.html
gestion_de_tabla_periodo_por_cultura	default/gestion_de_tabla_periodo_por_cultura.html
gestion_de_tabla_tecnica_de_manufactura	default/gestion_de_tabla_tecnica_de_manufactura.html
gestion_de_tabla_decoracion	default/gestion_de_tabla_decoracion.html

**Tabla 4.1: Funciones en controlador y vistas asociadas de la aplicación**

**Fuente: Elaboración propia**

La vista asociada a una función necesariamente deberá tener el mismo nombre que ella y empezar por el nombre del archivo del controlador donde está alojada la función, de esta forma podemos tener los resultados de cada función a través de una simple llamada a la variable de retorno en la vista.

La interfaz principal es “default/piezas.html”, la cual consiste en una tabla en la que “piezas”, su controlador asociado” devuelve una lista a todas las piezas de arte ingresadas en la base de datos del museo para mostrarla en la interfaz; y además posee vínculos hacia otras funciones de la aplicación.

Las interfaces “default/crear\_pieza.html” y “default/editar\_pieza.html” consisten en un formulario conformado por la unión de tres tablas: Pieza, Conservación y Decoración. Esto se logra utilizando la función `SQLFORM.factory` de Web2py. La primera interfaz permite ingresar una nueva pieza de arte y su imagen; y la segunda obtiene los datos ya registrados, los muestra, y permite su modificación. Respecto a la imagen de la pieza de arte, esta, al momento de subir el formulario se graba en un directorio del proyecto en Web2py llamado “images” ubicado en la carpeta “static”, las imágenes de este directorio pueden ser consultadas a través de una URL.

La función “eliminar\_pieza” permite borrar una pieza y su imagen asociada de la base de datos. La función “descargar” y “download\_imagen” permiten mostrar una imagen y descargarla.

Las interfaces que empiezan por “gestion...” consisten en interfaces complementarias de la aplicación que permiten gestionar las otras tablas conformas la base de datos, por ejemplo, permite agregar, eliminar, editar o ver algún bien de la tabla Bien, es decir, hace un CRUD general de la tabla. Las tablas consideradas con esta característica son: Bien, Material, Coleccion, Tecnica\_de\_Manufactura, Periodo, Cultura, Periodo\_por\_Cultura y Decoración. Este CRUD al que se hace referencia puede ser generado rápidamente utilizando `SQLFORM.grid`, función propia del Web2py. Además, todas las interfaces poseen autenticación por usuario y contraseña para evitar algún ataque.

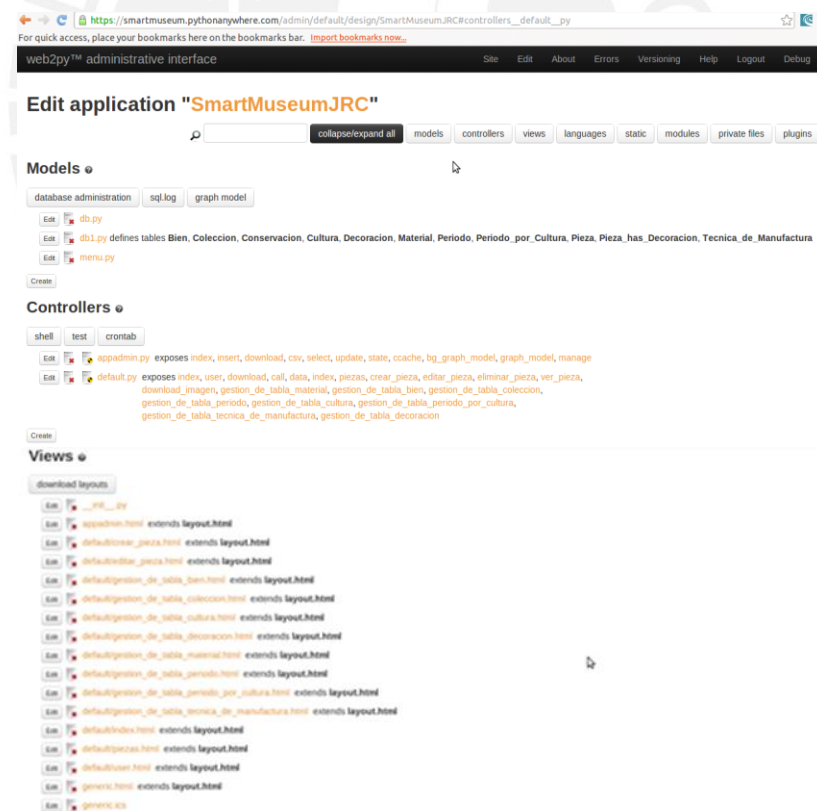
La codificación del archivo “default.py” puede ser revisado en el ANEXO 7. Para mayor información acerca del controlador y las funciones que el mismo Web2py provee, los diferentes formularios generados y las vistas, revisar las referencias [WCN2013], [WVW2013] y [FRM2013] respectivamente.

Los anexos de las codificaciones de las vistas son los siguientes:

VISTA	ANEXO
default/piezas.html	ANEXO 8
default/crear_pieza.html	ANEXO 9
default/editar_pieza.html	ANEXO 10
default/gestion_de_tabla_material.html	ANEXO 11
default/gestion_de_tabla_bien.html	ANEXO 12
default/gestion_de_tabla_coleccion.html	ANEXO 13
default/gestion_de_tabla_periodo.html	ANEXO 14
default/gestion_de_tabla_cultura.html	ANEXO 15
default/gestion_de_tabla_periodo_por_cultura.html	ANEXO 16
default/gestion_de_tabla_tecnica_de_manufactura.html	ANEXO 17
default/gestion_de_tabla_decoracion.html	ANEXO 18

**Tabla 4.2: Anexos de códigos de vistas de la aplicación web**  
Fuente: Elaboración propia

Se muestra la figura de la aplicación en Web2py final a continuación.



**Figura 4.8: Proyecto en Web2py de la aplicación web final**  
Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Pruebas de concepto

Las pruebas de la aplicación móvil se realizarán en un terminal móvil Motorola RAZR D3, el cual cuenta con sistema operativo Android en su versión 4.1.2 Jelly Bean y soporta la tecnología NFC. Este dispositivo tendrá la aplicación móvil “smartmuseumjrc” instalada.



**Figura 4.9: Motorola Razr D3 con aplicación instalada**

**Fuente: Elaboración propia**

Las etiquetas a utilizar son MiFare Classic de 1 Kb. Estas deberían ser desplegadas cerca a las reseña de las piezas de arte del museo. Para motivos de pruebas, se emula un escenario básico de cómo debería desplegarse el tag NFC en el museo, la pieza de arte a emular tendrá el código PUCP 1461.



**Figura 4.10: Emulación de despliegue de tag NFC para pieza de arte**

**Fuente: Elaboración propia**

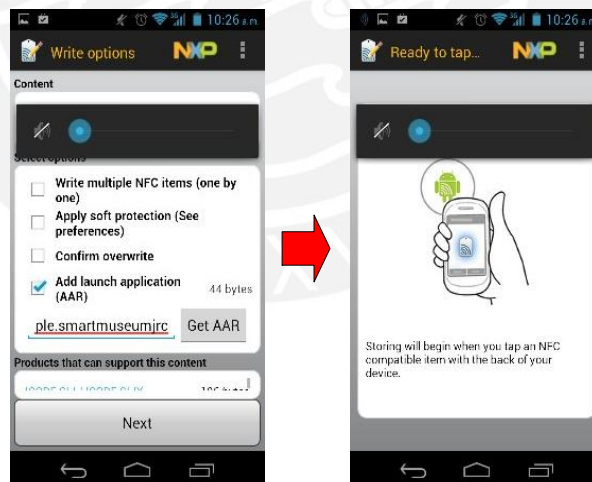


#### 4.2.1 TagWriter en uso

Ya se especificó que la información que estará escrita en el tag NFC será 1461 que hace referencia a una pieza de arte en la base de datos del museo.

Para escribir los datos en el tag NFC utilizando la aplicación TagWriter se siguen los siguientes pasos:

- Entrar a la aplicación.
- Seleccionar la opción “Create, write and store”.
- Seleccionar la opción “New”. Debajo de esta opción podemos apreciar el registro de todas las escrituras anteriores.
- Tenemos una pantalla con varias opciones, seleccionamos la opción “Plain Text” e ingresamos el código PUCP 1461.
- La siguiente pantalla nos muestra la posibilidad de añadir funcionalidades extra al tag NFC, seleccionamos la opción “Add launch application (AAR)”, luego presionamos “GET AAR” para ubicar la aplicación que queremos lanzar cuando se lea el tag NFC.



**Figura 4.11: Escribiendo un tag NFC**

**Fuente: Elaboración propia**

Cabe resaltar que es responsabilidad de la curadora colocar los datos correctos en la aplicación. Sin embargo, en caso de error, TagWriter nos permite borrar la información previamente grabada y volver a escribir nuevo contenido.

#### 4.2.2 Prueba del servicio web

La aplicación móvil necesitará un servicio web para obtener la información de la pieza de arte de un museo en base a los parámetros leídos del tag NFC. Nuestro servicio web ya se encuentra funcionando junto a la aplicación web de administración en PythonAnywhere (smartmuseum.pythonanywhere.com).

Procedemos a hacer una prueba a través de la URL de acceso al web service desplegado. Consideramos la pieza con código PUCP 1461 para esta consulta. El navegador ejecuta consultas GET al web service.

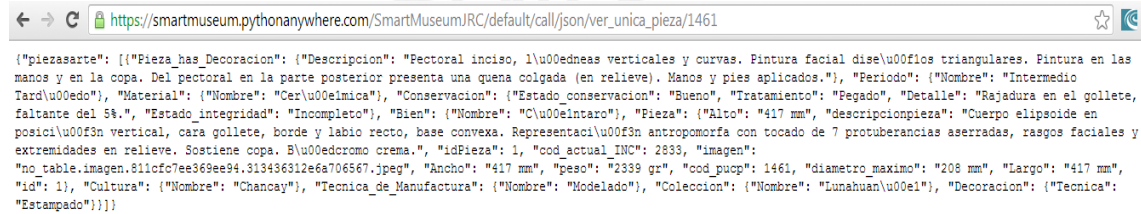


Figura 4.12: Prueba de web service en Web2py

Fuente: Elaboración propia

El web service nos devuelve toda la información relacionada a la pieza de arte en formato JSON. Para una mejor visualización podemos usar JSONLint [LIN2013] para validar el objeto JSON.

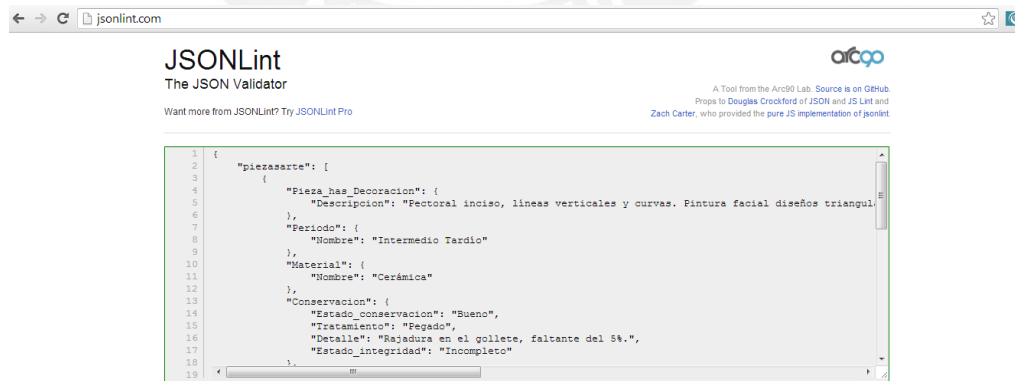
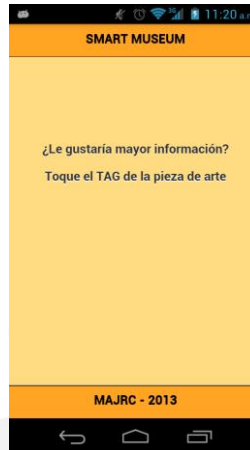


Figura 4.13: Validación de objeto JSON usando JSONLint

Fuente: Elaboración propia [LIN2013]

### 4.2.3 Prueba de la aplicación móvil

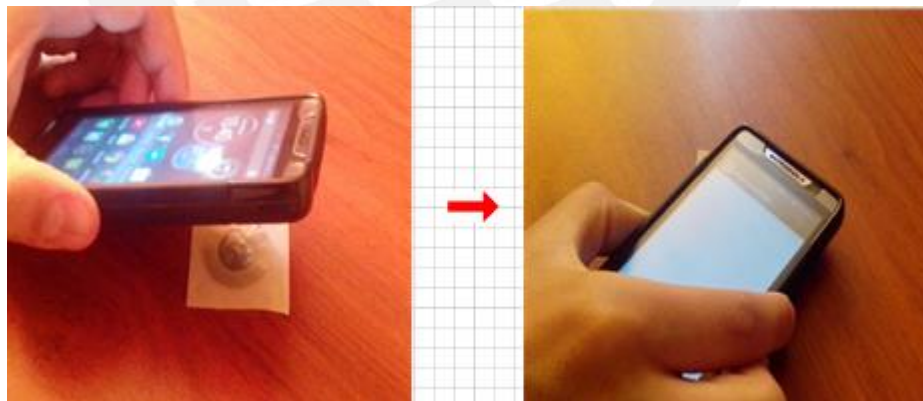
La pantalla inicial de la aplicación móvil es la que se muestra a continuación.



**Figura 4.14: Pantalla inicial de la aplicación web**

**Fuente: Elaboración propia**

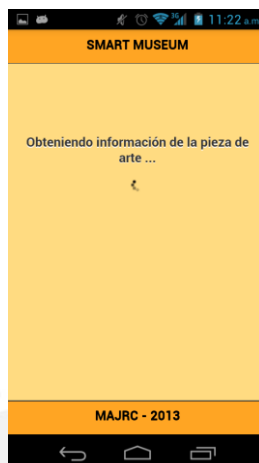
El mismo tag NFC puede abrir la aplicación, no hay necesidad de lanzar la aplicación manualmente. El acercamiento de terminal móvil al tag NFC (4 cms) lanzará automáticamente la aplicación.



**Figura 4.15: Lanzamiento de la aplicación con el tag NFC**

**Fuente: Elaboración propia**

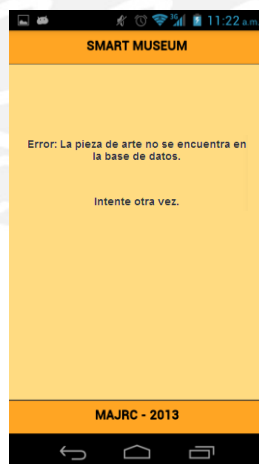
La aplicación obtendrá la información del tag NFC, en este caso, obtendrá 1461, y lanzará una consulta al web service para obtener la información de la pieza de arte. Se muestra la interfaz de espera durante este proceso.



**Figura 4.16: Contenido de espera de la aplicación móvil**

**Fuente: Elaboración propia**

En caso no se encuentre registro de la pieza de arte consultada, o haya un error en el servidor web se mostrará el contenido de error.



**Figura 4.17: Contenido de error de la aplicación móvil**

**Fuente: Elaboración propia**

En caso la consulta sea exitosa, se despliega la información de la pieza de arte en la pantalla principal de la aplicación. El contenido se puede visualizar a continuación.



Figura 4.18: Aplicación móvil mostrando información de la pieza de arte

Fuente: Elaboración propia

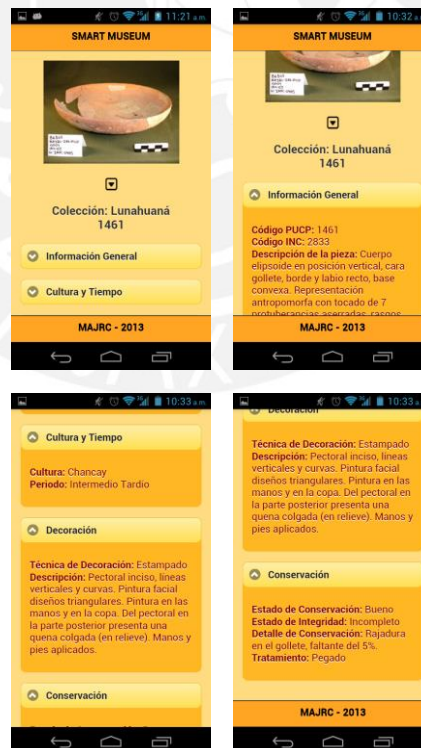


Figura: Contenido general de la pieza de arte

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4 Prueba de la aplicación web de administración

La pantalla inicial de la aplicación web es la que se muestra a continuación.



**Figura 4.20: Interfaz principal de la aplicación web**

**Fuente: Elaboración propia**

Se muestran todas las funcionalidades de la aplicación web. Primero, están las opciones para gestionar los campos adicionales para una pieza de arte como el tipo de bien, el material o la colección. Luego se muestra la opción de “Agregar nueva pieza” que permite la creación de una pieza de arte en la base de datos. Y por último se despliega la tabla una lista de las piezas de arte actualmente en la base de datos, y permite su modificación y eliminación.

Al seleccionar la opción “Agregar nueva pieza” se redirecciona a la siguiente interfaz.

smartmuseum.pythonanywhere.com/SmartMuseumJRC/default/crear\_pieza

## SMART MUSEUM JRC

### CREAR PIEZA:

[Volver a Lista de Piezas](#)

Código PUCP:

Código Actual INC:

Descripción:

Alto:

Ancho:

Largo:

Diámetro Máximo:

Peso:

Bien:

Colección:

Técnica de Manufactura:

Cultura y Periodo:

Imagen:  No se ha seleccionado ningún archivo

Decoración:

**Figura 4.21: Creación de nueva pieza en la interfaz web**

**Fuente: Elaboración propia**

En la interfaz de creación de pieza de arte la pieza de arte con código 1461, procedemos a llenar todos los datos necesarios. Además, este formulario se encuentra validado con se muestra en la imagen a continuación.

SMART MUSEUM ADM x smartmuseum.pythonanywhere.com/SmartMuseumJRC/default/crear\_pieza#

## SMART MUSEUM JRC

### CREAR PIEZA:

[Volver a Lista de Piezas](#)

Código PUCP:

Código Actual INC:

Descripción:

Alto:

Ancho:

Largo:

Diámetro Máximo:

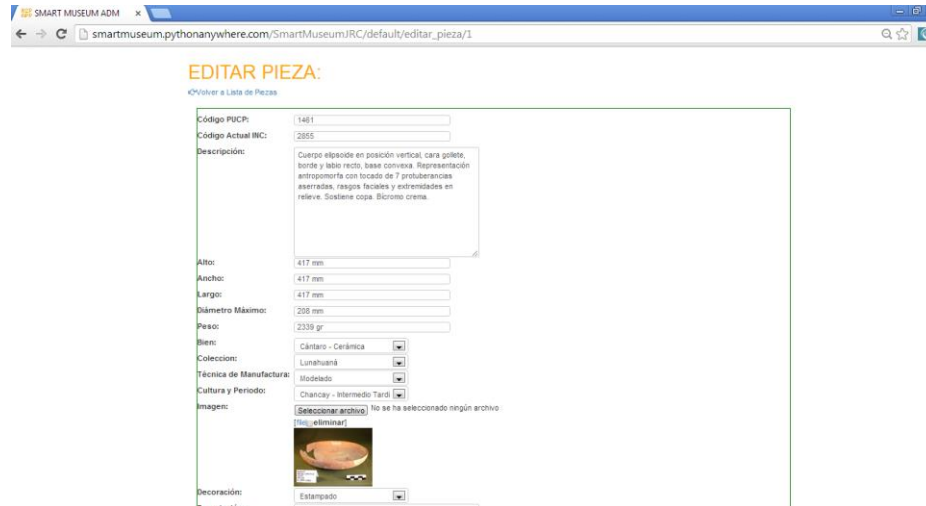
Imagen:  No se ha seleccionado ningún archivo

Decoración:

**Figura 4.22: Validación de los campos en la interfaz de creación de pieza**

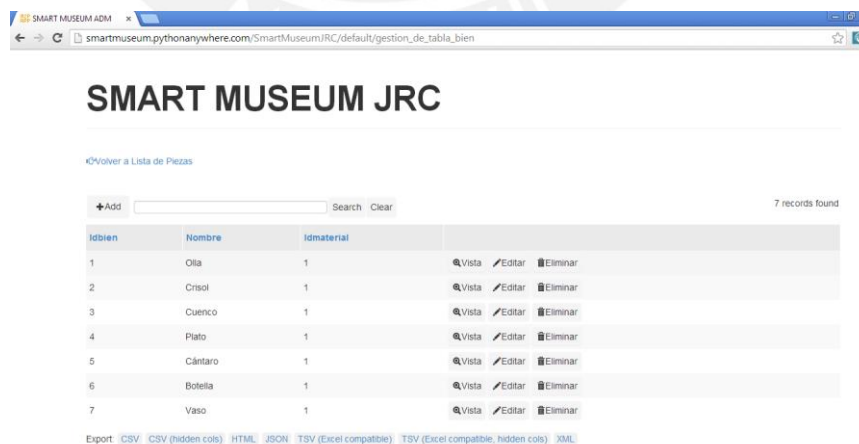
**Fuente: Elaboración propia**

Una vez creada la pieza de arte podremos observarla en la tabla de la interfaz principal inicial, procedemos a editarla para probar la funcionalidad. Asimismo, la siguiente interfaz posee las mismas validaciones que el formulario de creación de pieza.



**Figura 4.23: Edición de la pieza de arte**  
**Fuente: Elaboración propia**

Volviendo a la interfaz principal, procedemos a probar las funcionalidades de gestión de las tablas secundarias de la base de datos. Por ejemplo, seleccionamos la opción “Gestión de bienes”, y nos redireccionará hacia la interfaz de gestión de dicha tabla.



**Figura 4.24: CRUD de tabla Bien**  
**Fuente: Elaboración propia**



Se muestra el mismo patrón de visualización para cualquier opción de Gestión de tablas de base de datos. Con la opción “Add” podemos agregar un nuevo registro a la base de datos, podemos visualizar todo el contenido en formato de una tabla, y podemos, por cada registro, editarlo, verlo o eliminarlo.

Las figuras 4.25 a 4.31 muestran las interfaces para el resto de las opciones.



**Figura 4.25: CRUD de tabla Material**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.26: CRUD de tabla Colección**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.27: CRUD de tabla Periodo**  
Fuente: Elaboración propia

smartmuseum.pythonanywhere.com/SmartMuseumJRC/default/gestion\_de\_tabla\_cultura

### SMART MUSEUM JRC

«Volver a Lista de Piezas

+Add  Search Clear 4 records found

Idcultura	Nombre	
1	Chanray	Vista / Editar / Eliminar
2	Chimú	Vista / Editar / Eliminar
3	Nazca	Vista / Editar / Eliminar
4	Caral	Vista / Editar / Eliminar

Export: CSV CSV (hidden cols) HTML JSON TSV (Excel compatible) TSV (Excel compatible, hidden cols) XML

**Figura 4.28: CRUD de tabla Cultura**

Fuente: Elaboración propia

smartmuseum.pythonanywhere.com/SmartMuseumJRC/default/gestion\_de\_tabla\_periodo\_por\_cultura

### SMART MUSEUM JRC

«Volver a Lista de Piezas

+Add  Search Clear 4 records found

Idcultura	Idperiodo	Idcultura Periodo	
4	1	1	Vista / Editar / Eliminar
2	2	2	Vista / Editar / Eliminar
3	2	3	Vista / Editar / Eliminar
1	2	4	Vista / Editar / Eliminar

Export: CSV CSV (hidden cols) HTML JSON TSV (Excel compatible) TSV (Excel compatible, hidden cols) XML

**Figura 4.29: CRUD de tabla Periodo\_por\_Cultura**

Fuente: Elaboración propia

smartmuseum.pythonanywhere.com/SmartMuseumJRC/default/gestion\_de\_tabla\_tecnica\_de\_manufactura

### SMART MUSEUM JRC

«Volver a Lista de Piezas

+Add  Search Clear 2 records found

Idtecnica	Nombre	
1	Modelado	Vista / Editar / Eliminar
2	Modelado	Vista / Editar / Eliminar

Export: CSV CSV (hidden cols) HTML JSON TSV (Excel compatible) TSV (Excel compatible, hidden cols) XML

**Figura 4.30: CRUD de tabla Tecnica\_de\_Manufactura**

Fuente: Elaboración propia

smartmuseum.pythonanywhere.com/SmartMuseumJRC/default/gestion\_de\_tabla\_decoracion

### SMART MUSEUM JRC

«Volver a Lista de Piezas

+Add  Search Clear 2 records found

Iddecoracion	Tecnica	
1	Pintura Positiva	Vista / Editar / Eliminar
2	Estampado	Vista / Editar / Eliminar

Export: CSV CSV (hidden cols) HTML JSON TSV (Excel compatible) TSV (Excel compatible, hidden cols) XML

**Figura 4.31: CRUD de tabla Decoracion**

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Resultados

Las visitas a los museos se efectúan por personas de diferentes edades y características. Se identifican a los escolares y estudiantes. También se considera a los adultos, que pueden ser visitantes ocasionales guiados por la curiosidad o por su interés por la cultura; y los turistas y extranjeros que buscan atractivos turísticos y conocer la cultura exhibida.

Para el aplicativo móvil y web, las pruebas en este caso se enfocaron en veinte personas, entre escolares, estudiantes y adultos mayores. Se evaluará que el aplicativo sea de uso sencillo e intuitivo, y que profundice los contenidos del museo de manera inmediata. Los resultados se muestran a continuación.

Personas	Cantidad	Aplicación móvil			Aplicación web		
		Éxito	Fallo	Tiempo promedio (segs)	Éxito	Fallo	Tiempo promedio (min)
Escolares	5	5	0	10	5	0	4
Jóvenes y estudiantes	8	8	0	8	8	0	3.5
Adultos	4	1	3	10	4	0	5
Adultos mayores	3	1	2	15	0	3	-
	20	15	5		17	3	

Porcentaje de Éxito para la aplicación móvil (%)	75
Porcentaje de Éxito para la aplicación web (%)	85

**Tabla 4.: Resultados de pruebas**

**Fuente: Elaboración Propia**

Los resultados respecto a la aplicación móvil fueron que de las veinte personas que probaron la aplicación, quince tuvieron éxito en lograr escanear el tag NFC y desplegar la información en el celular rápidamente, el tiempo aproximado entre todo el proceso fue entre 8 a 15 segundos. Aquellos que no pudieron lograr el objetivo fueron adultos o adultos mayores que no tienen mucha experiencia con smartphones.

Respecto a la aplicación web, diecisiete personas entendieron la funcionalidad y pudieron crear una pieza de arte considerando las validaciones que esta implica. Las tres personas que no pudieron fueron adultos mayores. El tiempo de creación de una pieza de arte fue entre 3.5 a 5 minutos debido a la cantidad de información por llenar en el formulario y a la interacción con una nueva aplicación.

## CONCLUSIONES

Se obtienen las siguientes conclusiones a partir de los resultados obtenidos tras el diseño y la implementación de la aplicación web y móvil:

1. Los museos necesitan de la integración de nuevas tecnologías en sus ambientes para lograr la interacción con los visitantes. Los nuevos contenidos atraerán mayor cantidad de visitas y modernizarán la forma en la que las personas acceden a la información en los ambientes del museo
2. PythonAnywhere es la forma más rápida y simple de desplegar aplicaciones Web2py. No necesitamos contar con un servidor físico, el cual también involucra un costo, para desplegar nuestra aplicación web; basta con subirlo a la “nube” de forma gratuita para tener acceso a través de un navegador web. Cabe resaltar que también es posible realizar la implementación en un servidor propio.
3. La aplicación móvil implementada permite acceder a la información de las piezas de arte en un museo. Su uso es sencillo e intuitivo, en base a que el 75% de las personas que probaron la aplicación tuvieron éxito al utilizarla y lograron tener la información de la pieza de arte en un corto tiempo. El 25% ha tenido poca experiencia anterior con smartphones, por lo que se entiende que las personas que han utilizado anteriormente un móvil inteligente podrán utilizar la aplicación.
4. Se logró implementar una aplicación web sencilla para administrar el contenido de la base de datos. No obstante, se considera que aún se puede diseñar la aplicación web de una manera más amigable e interactiva. Esto se afirma en base a que el 85% de personas que la utilizaron pudieron de forma intuitiva crear y editar una pieza de arte del museo, el otro 15% no lo logró.

## Recomendaciones

Las recomendaciones dadas son:

- El uso de PhoneGap en la aplicación aumenta el tiempo de compilación cada vez que se ejecuta la aplicación, esto debido al uso de JavaScript y la demora que este presenta al cargar los recursos necesarios. Se recomienda realizar una aplicación nativa en Android para acceder a mayor gamma de funcionalidades del móvil y disminuir los tiempos de respuesta de la aplicación.
- Para las gestiones de las demás tablas de la base de datos (Bien, Material, Colección, etc) se propone diseñar una interfaz personalizada y no utilizar las funciones internas del Web2py, para un mejor manejo del contenido.
- Subir la aplicación móvil a la tienda de Android “Play Store” para que cualquier persona con SO Android pueda instalarla y utilizarla.

## Trabajos futuros

En base a la presente Tesis, se proponen los siguientes trabajos futuros:

- Implementar una aplicación nativa en Android con las mismas funcionalidades y objetivo de la presente Tesis.
- Se propone implementar la aplicación móvil en plataformas para BlackBerry OS y Windows Phone, ya sea utilizando PhoneGap o usando su lenguaje nativo. Esto debido a que representan 2 de los 4 sistemas operativos más importantes del mercado móvil actual.
- Se propone extender las funcionalidades de la presente aplicación móvil. Ver videos y tener cuestionarios en la aplicación aportarían mayor contenido y mejor experiencia del usuario.
- Adaptar la aplicación para los museos de la Red de Museos del Centro Histórico de Lima, y de esta forma contribuir a la expansión del uso de la tecnología NFC y a la modernización de los museos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [MCU2013] *Arte y Cultura / Museos / Presentación*. 2013. Ministerio de Cultura.  
Consulta: 04 de Diciembre de 2013.  
<<http://www.mcultura.gob.pe/arte-y-cultura-museos-presentacion>>
- [LOP2001] LÓPEZ BARBOSA, Fernando.  
*Funciones, misiones y gestión de la entidad museo*. Museo Nacional de Colombia. Bogotá, Ministerio de Cultura, 2001, pp. 29-39.
- [MJR2013] *Presentación*. Museo de Arqueología Josefina Ramos de Cox. 2013.  
Consulta: 04 de Diciembre de 2013.  
<<http://ira.pucp.edu.pe/museo-arqueologia/presentacion>>
- [MIN2013] *Llegada de Visitantes Nacionales y Extranjeros a Sitios Turísticos*. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. 2013. Consulta: 04 de Diciembre de 2013.  
<<http://www.mincetur.gob.pe/newweb/Default.aspx?tabid=3459>>
- [DEV2012] DEVENDRAN, T BHUVANESWARI, ARUN KUMAR KRISHNAN. 2012.  
*Mobile Healthcare System using NFC Technology*. International Journal of Computer Science Issues, Vol. 9, No 3.
- [MVB2012] MV BUENO, PAVÓN, DE GEA GARCÍA, DOLÓN. 2012.  
*The Smart University experience: A NFC-based ubiquitous environment*. Universidad Politécnica de Cartagena.
- [BOR2011] BORREGO, Francisco; LUQUE, Irene; GOMEZ-NIETO, Miguel. 2011.  
*A NFC-based pervasive solution for city touristic surfing. Personal and ubiquitous Computing*. Volumen 15 Número 7, October 2011. Pág 731-742.

- [SUP2012] SUPARTA, Wayan. 2012.  
*Application of Near Field Communication Technology for Mobile Airline Ticketing*. Instituto de Ciencia Espacial (ANGKASA), Universidad Kebangsaan de Malasia.
- [THE2012] The Mobile Wallet Report. Octubre 2012. NFC World.
- [UBI2012] CEIPIDOR, MEDAGLIA, MORONI, VOLPI, SPOSATO, CARBONI, CARIDI. 2012.  
*NFC technology applied to touristical-cultural field: a case study on an Italian Museum*. Departamento de Comunicaciones e Investigación Social (CORIS) – Universidad Sapienza de Roma.
- [MED2012] *Proyectos culturales con Tecnología NFC*. Media Musea. 2012.  
Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<http://mediamusea.com/tag/nfc/>>
- [NFC2013] NFC and Contactless Technologies. 2013. NFC Forum. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<http://www.nfc-forum.org/aboutnfc/>>
- [NIP2004] International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission, ISO/IEC 18092 Information technology | Telecommunications and information exchange between systems | Near Field Communication | Interface and Protocol (NFCIP-1), ISO/IEC 18092:2004. 2004.
- [NIP2012] International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission, ISO/IEC 21481 Information technology | Telecommunications and information exchange between systems | Near Field Communication Interface and Protocol -2 (NFCIP-2), ISO/IEC 21481:2012. 2012.
- [NDE2012] *NFC Data Exchange Format*. NFC Forum. 2012. Especificación Técnica.



- [DEN2013] *Understanding NFC Data Exchange Format (NDEF) message*. Nokia Developer. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013.  
<[http://developer.nokia.com/Community/Wiki/Understanding\\_NFC\\_Data\\_Exchange\\_Format\\_\(NDEF\)\\_messages](http://developer.nokia.com/Community/Wiki/Understanding_NFC_Data_Exchange_Format_(NDEF)_messages)>
- [RTD2012] *NFC Record Type Definition*. NFC Forum. 2012. Especificación técnica.
- [GON2012] GONZALES GARZON, Miguel A. 2012.  
*Diseño e implementación de un prototipo de sistema de identificación con NFC (Near Field Communication) para la verificación de información de vehículos usando smartphones con Sistema Operativo Android*. Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- [NIN2013] *NFC and Interoperability*. NFC Forum. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<http://www.nfc-forum.org/aboutnfc/interop/>>
- [NTG2013] *NFC Forum Technical Specifications*. NFC Forum. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <[http://www.nfc-forum.org/specs/spec\\_list/](http://www.nfc-forum.org/specs/spec_list/)>
- [TG12012] *Type 1 Tag Operation Specification*. NFC Forum. 2012. Especificación Técnica
- [TG22012] *Type 2 Tag Operation Specification*. NFC Forum. 2012. Especificación Técnica
- [TG32012] *Type 3 Tag Operation Specification*. NFC Forum. 2012. Especificación Técnica
- [TG42012] *Type 4 Tag Operation Specification*. NFC Forum. 2012. Especificación Técnica
- [AND2013] *Android*. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013.  
<<http://www.android.com/>>

- [ADT2013] *Developer Tools*. Android. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013.  
<<http://developer.android.com/tools/index.html>>
- [EXT2013] *Android ART: Google finally moves to replace Dalvik, to boost performance and battery life*. Extremetech. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013.  
<<http://www.extremetech.com/computing/170677-android-art-google-finally-moves-to-replace-dalvik-to-boost-performance-and-battery-life>>
- [APL2013] *iOS7*. Apple. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013.  
<<http://www.apple.com/es/ios/what-is/>>
- [DAP2013] *Start Developing iOS Apps Today*. Apple. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013.  
<<https://developer.apple.com/library/ios/referencelibrary/GettingStarted/RoadMapiOS/index.html>>
- [WIN2013] *Getting started with developing for Windows Phone*. Microsoft. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013.  
<[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windowsphone/develop/ff402529\(v=vs.105\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windowsphone/develop/ff402529(v=vs.105).aspx)>
- [BLA2013] *Develop with BlackBerry*. Blackberry. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<https://developer.blackberry.com/develop/>>
- [PNG2013] *FAQs*. PhoneGap. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013.  
<<http://phonegap.com/about/faq/>>
- [PNB2013] *Adobe® PhoneGap™ Build*. PhoneGap. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<https://build.phonegap.com/>>
- [HTM 2013] *HTML*. Mozilla. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013.  
<<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML>>

- [JSC2013] *JavaScript*. Mozilla. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>>
- [CSS2013] *CSS basics*. Mozilla. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <[https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Beginners/CSS\\_basics](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Beginners/CSS_basics)>
- [PNF2013] *Supported Features*. PhoneGap. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<http://phonegap.com/about/feature/>>
- [W3C2013] *Web Services Architecture*. W3. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<http://www.w3.org/TR/ws-arch/>>
- [SER2013] RUIZ SERVER, Marta.  
*Generación automática de servicios web a partir de modelos conceptuales*. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Mayo 2010. Universidad Politécnica de Valencia.
- [XML2013] *XML*. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<http://www.xml.com/>>
- [SOA2013] Latest SOAP versions. W3. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<http://www.w3.org/TR/soap/>>
- [WSDL2013] *Web Services Description Language (WSDL) 1.1*. W3. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<http://www.w3.org/TR/wsdl/>>
- [RES2009] *RESTful Web Services Developer's Guide*. 2009. SUN Microsystems.
- [JSO2013] *Introducing JSON*. JSON.org. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<http://www.json.org/>>
- [W2P2013] *web2py™ Web Framework*. Web2py. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<http://www.web2py.com/>>

- [WPB2013] *Chapter Table of Contents*. Web2py. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013. <<http://www.web2py.com/books/default/chapter/29/00/preface>>
- [DAL2013] *The database abstraction layer*. Web2py. 2013. Consulta: 05 de Diciembre del 2013.  
<<http://www.web2py.com/books/default/chapter/29/06/the-database-abstraction-layer>>
- [BLU2013] *Bluetooth*. 2013. Consulta: 06 de Diciembre del 2013.  
<<http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Home.aspx>>
- [QRC2013] *What is a QR Code*. QRCode. 2013. Consulta: 06 de Diciembre del 2013.  
<<http://www.qrcode.com/en/about/>>
- [ICO2012] *Museum Definition*. ICOM. 2012. Consulta: 06 de Diciembre del 2013.  
<<http://icom.museum/the-vision/museum-definition/>>
- [W2S2013] *Servicios*. Web2py. 2013. Consulta: 06 de Diciembre del 2013.  
<<http://web2py.com/books/default/chapter/36/10/servicios>>
- [MYS2013] Base de datos relacional MySQL. MySQL. 2013. Consulta: 06 de Diciembre del 2013. <<http://www.mysql.com/>>
- [DCU2013] CÁCERES TELLO, Jesús. 2013.  
*Diagrama de Casos de Uso*. Dpto. Ciencias de la Computación.  
Universidad de Alcalá.
- [ECL2011] *Eclipse Indigo*. 2013. Consulta: 08 de Diciembre del 2013.  
<<http://www.eclipse.org/indigo/>>
- [SDK2013] *Get the Android SDK* . Developer Android. 2013. Consulta: 08 de Diciembre del 2013.  
<<http://developer.android.com/sdk/index.html#ExistingIDE>>

- [ADT2013] *Installing the Eclipse Plugin*. Developer Android. 2013. Consulta: 08 de Diciembre del 2013.  
<<http://developer.android.com/sdk/installing/installing-adt.html>>
- [W2D2013] *web2pyTM Download*. Web2py. 2013. Consulta: 08 de Diciembre del 2013.  
<<http://www.web2py.com/init/default/download>>
- [INS2012] REINGART, Mariano. MULONE, Pablo. DI PIERO, Massimo. ROCHA, Bruno. GORDON, Richard. LUNDELL, Jonathan. COMITINI, Michele.  
*Web2py Application Development Cookbook*. Packt Publishing. 2012.  
Chapter 1: Deploying Web2py. Installing Web2py in Ubuntu. Pg. 10-16.
- [PHO2013] *Install PhoneGap*. PhoneGap. 2013. Consulta: 08 de Diciembre del 2013.  
<<http://phonegap.com/install/>>
- [POG2013] *PhoneGap NFC Plugin*. Github. 2013. Consulta: 08 de Diciembre del 2013. <<https://github.com/chariotsolutions/phonegap-nfc>>
- [JQM2013] *jQuery Mobile: Touch-Optimized Web Framework for Smartphones & Tablets*. JqueryMobile. 2013. Consulta: 08 de Diciembre del 2013.  
<<http://jquerymobile.com/>>
- [JQI2013] *Announcing jQuery Mobile 1.3.2*. JqueryMobile. 2013. Consulta: 08 de Diciembre del 2013.  
<<http://jquerymobile.com/blog/2013/07/19/announcing-jquery-mobile-1-3-2/>>
- [MAN2013] *The AndroidManifest.xml File*. Developer Android. 2013. Consulta: 08 de Diciembre del 2013.  
<<http://developer.android.com/guide/topics/manifest/manifest-intro.html>>
- [WSR2013] *Services*. Web2py. 2013. Consulta: 08 de Diciembre del 2013.  
<<http://www.web2py.com/books/default/chapter/29/10/services>>

- [PYN2013] *Code Python@. Anywhere.* PythonAnywhere. 2013. Consulta: 08 de Diciembre del 2013. <<https://www.pythonanywhere.com/>>
- [PMY2013] *web2py app on PythonAnywhere.* Snipt. 2013. Consulta: 09 de Diciembre del 2013.  
<<https://snipt.net/raw/e698ed7c4a045f1aa08b89ea8fe3108d/?nice>>
- [BOO2013] *Bootstrap.* 2013. Consulta: 09 de Diciembre del 2013.  
<<http://getbootstrap.com/>>
- [WCN2013] *The core.* Web2py. 2013. Consulta: 09 de Diciembre del 2013.  
<<http://www.web2py.com/books/default/chapter/29/04/the-core>>
- [WWW2013] *The views.* Web2py. 2013. Consulta: 09 de Diciembre del 2013.  
<<http://www.web2py.com/books/default/chapter/29/05/the-views>>
- [FRM2013] *Forms and validators.* Web2py. 2013. Consulta: 09 de Diciembre del 2013.  
<<http://www.web2py.com/books/default/chapter/29/07/forms-and-validators>>
- [LIN2013] *The JSON Validator.* JSONLint. 2013. Consulta: 09 de Diciembre del 2013.  
<<http://jsonlint.com/>>