



TrashQube

PEC1 Computación Ubicua

Luis Alejandro Cabanillas Prudencio
Álvaro Zamorano Ortega
Miguel Losada Fernández
Álvaro Mestre Santa

Contenido

Contenido	1
Introducción	3
Contexto	3
Misión y alcance del proyecto.....	5
Descripción de ideas descartadas	6
Sensor de temperatura	6
Sensor de humedad	6
Sensor de humo	6
Funcionalidades de la aplicación.....	6
Mapa con el estado de las papeleras.....	6
Información al correo.....	6
Comentarios de cada contenedor	6
Sonidos de recompensa	6
Compactador de basura	6
Reconocer el tipo de elemento arrojado	6
Ranking de puntuación con lectura de código QR	7
Combinación con Alexa	7
Rutas para recoger los contenedores	7
Estado del contenedor (vandalismo)	7
Tecnología a utilizar	7
ESP32	8
Sensor de distancias HC-SR04	9
Celda de carga y transmisor HX711	9
Servomotor SG90	10
Metodología de desarrollo.....	11
Metodologías de desarrollo existentes.....	11
Metodología ágil elegida: Scrumban.....	12
Realización práctica: Sprints.....	14
Arquitectura	15
Planes de producción, marketing y financiero-inversión-retorno	16
Propuesta de valor	16
Segmentos de Cliente.....	17
Canales	17
Notoriedad	17
Evaluación	18

Compra	18
Entrega	18
Postventa.....	18
Relación con clientes.....	18
Fuentes de ingresos	19
Recursos clave	19
Actividades clave	19
Socios clave	20
Estructuras de costes	20
Planificación temporal, plan de desarrollo, riesgos, plan de contingencias	20
Planificación temporal y plan de desarrollo.....	20
Riesgos y plan de contingencias.....	22
Resumen y conclusiones	23
Referencias.....	23

Introducción

En 1988, el informático americano Mark Weiser introdujo el concepto de computación ubicua y acuñó el término intentando englobar los diferentes dispositivos diseñados en función de cuatro principios:

- El propósito de un dispositivo informático es ayudarte con una tarea.
- El mejor dispositivo es aquél que pasa desapercibido.
- Los dispositivos deben extender tu inconsciente.
- La tecnología tiene que aportar calma y bienestar.



En definitiva, la computación ubicua comprende todos aquellos servicios que permiten al usuario interactuar con los sistemas digitales mediante interfaces naturales como el movimiento o la voz. La persona no piensa en el dispositivo que va a utilizar sino solamente en la actividad que realiza. Además, este tipo de computación se caracteriza por permanecer siempre en un segundo plano en nuestras vidas, aun estando presente en nuestras actividades del día a día.

De esta forma, podemos entender la computación ubicua como la integración de la informática en el entorno de la persona, de forma que los ordenadores no se perciban como objetos diferenciados, apareciendo en cualquier lugar y en cualquier momento. Se genera un espacio inteligente que puede ser aprovechado por el usuario en el desarrollo de actividades cotidianas.

Partiendo de este concepto, vamos a trabajar en una solución IoT para hacer más fácil la recogida de residuos. Nuestro proyecto se llamará TrashQube y en este documento se detallarán todos los detalles acerca de este.

Nuestro objetivo principal será obtener información a partir de los diferentes sensores utilizados y procesar esta información de forma inteligente, para que suponga una ventaja para los usuarios de nuestro sistema respecto a cómo hacían antes la recogida de basura.

Contexto

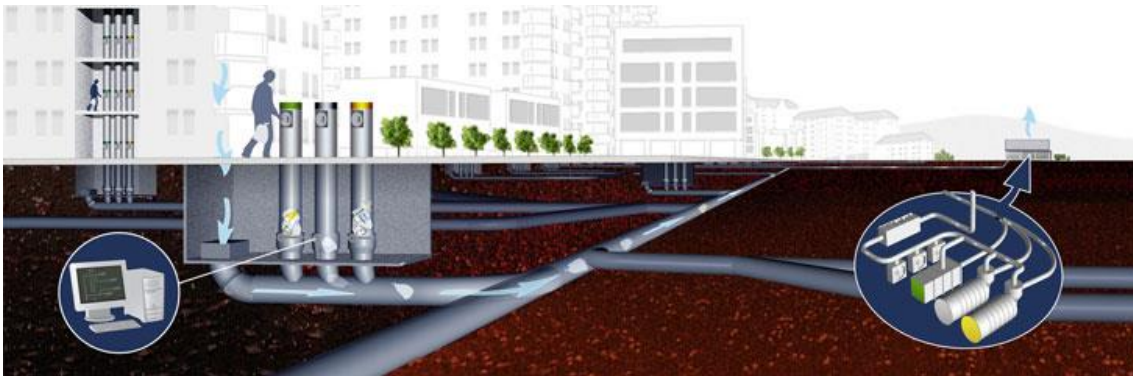
Según un estudio realizado por ANAVAM (Asociación Nacional de Auditores y Verificadores Ambientales) de media, cada ciudadano europeo genera 1.8 toneladas de residuos contaminantes al año suponiendo uno de los principales problemas de gestión que se encuentran las administraciones de las grandes ciudades europeas. Este problema se agravará con el paso de los años y con el correspondiente aumento de la población estimada en un número de 9.5 millones de habitantes dentro de tres décadas, sumado al ya existente problema de la gentrificación.

Otro factor a tener en cuenta es cómo afecta el sistema actual de recogidas de basura al **medioambiente** y a los ciudadanos de las grandes y medianas ciudades. El 50% de los residuos a nivel global provienen de núcleos urbanos los cuales son los responsables de un 60 a 80% de las emisiones de efecto invernadero. El ruido provocado en el traspaso de los residuos desde el contenedor al vehículo supera el umbral de **confort sonoro** establecido en 55dB, siendo el impacto de este proceso unos 88dB aproximadamente. Además, el propio desplazamiento de los vehículos supone una importante emisión de gases a través de su tubo de escape al aire que respiran los ciudadanos.

En definitiva, toda la energía necesaria para la recogida de residuos y su consecuente contaminación, sumado a la perturbación que genera este proceso es un gran problema. Pero no hay que alarmarse, porque gracias al uso de las tecnologías, concretamente al Internet de las Cosas (IoT) podemos reducir en gran medida el impacto negativo de esta actividad.

Una de las maneras en las que podemos llevar a cabo es el uso de sensores (ultrasonidos, geolocalizador, humos, etc.) que nos permitan determinar el estado del contenedor en tiempo real y poder actuar en función de su estado. Por ejemplo, podemos establecer rutas de recogida óptimas en función de la cantidad de basura de los contenedores en vez de realizar una ruta preestablecida sin tener en cuenta el estado de estos, pudiendo estar una gran cantidad de contenedores prácticamente vacíos y generando así una contaminación innecesaria en las ciudades. Otra situación en la que podemos ver los beneficios es la siguiente, si un contenedor se encuentra medio lleno, pero situado en una zona muy transitada no hace falta esperar a que su capacidad esté al 90% para vaciarlo, los operarios podrán acudir antes para que de esta manera no se desborde la capacidad del contenedor. También pasa lo mismo para el caso contrario, si el contenedor se encuentra en una zona poco transitada como puede ser un complejo empresarial en un fin de semana, no hará falta recoger los residuos de dicho contenedor hasta el lunes.

Una solución que está cogiendo cada vez más fuerza es la denominada **recogida neumática de residuos** que consiste en la gran parte de casos (existen variaciones de este sistema) en unos contenedores soterrados que están conectados a unas tuberías subterráneas que almacenan los residuos hasta que la central se ordene la succión de dichos residuos vaciando así los contenedores. Este sistema aunque más complejo que la recogida común de residuos, proporciona una mayor eficiencia, es menos contaminante y mejora considerablemente el aspecto de las ciudades.



Una gran parte de las grandes ciudades europeas ya se han movilizado en este aspecto, incorporando sistemas inteligentes para la recogida de residuos. En España concretamente contamos con proyectos como **eGarbage** en Sevilla, el cual a través de unos sensores remotos recogen la información en tiempo que mide la capacidad del espacio y utiliza esa información para definir una ruta optimizada. En Barcelona se ha implantado el sistema **BCN Smart City**, que cuenta con una red de contenedores con sistemas inalámbricos, los cuales mediante una red de comunicaciones móvil envían los datos a una aplicación desarrollada por **MOBA**, esta aplicación tiene un sistema de semáforos de colores para establecer la ruta.

También tenemos otros proyectos como **Smart Waste** desarrollado por **Ecoembes**, una organización sin ánimo de lucro y **Minsait**, unidad de negocio de transformación digital de Indra. Esta plataforma está basada en **Minsait IoT Sofia2** con capacidades big data y cloud que centraliza los datos recogidos de diversas fuentes como redes sociales, encuestas, satélites

además de los propios sensores. Esta plataforma es abierta e interoperable de forma que las empresas pueden aportar soluciones concretas. Esta tecnología también abre un horizonte de nuevas medidas de las que pueden hacer uso las administraciones con el fin de concienciar a los ciudadanos de una “ética verde”, como puede ser el cobro por generación de residuos, es decir, pagar en forma de impuestos en función de la cantidad de residuos generados. De esta manera, a la vez que los ciudadanos ganan más conciencia sobre el tema, la administración consigue dinero que podrán invertir en mejorar el sistema de recogidas de basura para así conseguir una ciudad limpia y sostenible.

Misión y alcance del proyecto

Las funcionalidades de **TrashQube** y sus objetivos por tanto son:

- **Reconocer el porcentaje de llenado de los cubos.** Cada cubo contará con un sensor ultrasonidos situado en la parte interior de la tapa que apuntan al fondo del mismo y que nos permiten conocer cuál es la distancia libre a la tapa, y por tanto, el porcentaje de llenado.
- **Apertura automática del cubo.** Cada cubo contará con un sensor de ultrasonidos situado en la parte superior de la tapa que será capaz de reconocer movimiento en la dirección en la que apunte. De esta manera, cuando el sensor detecte movimiento abrirá la tapa automáticamente con la ayuda de un servomotor.
- **Peso del cubo.** Cada cubo contará con un sensor de peso que nos permitirá determinar con mayor exactitud el estado en el que se encuentra el mismo. Este dato puede ser especialmente útil si se introduce un elemento demasiado pesado que pueda dañar la estructura del cubo.
- **Localización del cubo.** Gracias al microcontrolador ESP32 que incorpora cada cubo somos capaces de obtener su localización.
- **Página web.** La página web será la pieza angular del proyecto. En esta página mostraremos toda la información relativa a los cubos en tiempo real. Además, también mostraremos esquemas y diagramas que nos permitan conocer el uso que se le han dado a los cubos.
- **Aplicación móvil.** La aplicación móvil se conectará a la nuestra página web y mostrará la misma información. Es una solución rápida, pero a su vez aporta mayor comodidad a los usuarios de estos dispositivos. Posteriormente se desarrollará una aplicación desde 0 para mejorar este aspecto.
- **Análisis y visualización de los datos.** Todos los datos del cubo son almacenados en tiempo real en una base de datos que cuenta con todos los datos históricos de todos los cubos hasta la fecha. Con esta información podremos realizar un análisis estadístico para determinar en qué horas son más usados los cubos. Esta información puede ser útil para, entre otras razones vaciar con más frecuencia cuando se acerquen estas horas.

Por último, queda hablar del público al que va dirigido nuestro producto. Nosotros dirigimos nuestro producto fundamentalmente a **dos tipos de clientes**, el usuario convencional, es decir, una persona que quiere domotizar su casa y decide comprar dispositivos IoT y el segundo tipo de usuarios serán empresas, facultades, museos y un largo etcétera que quieren modernizar sus instalaciones y una forma de conseguir ese objetivo es a través de dispositivos IoT entre los que se encuentra nuestro producto. Y por último las administraciones públicas, que decidan incorporar nuestra solución en espacios abiertos como pueden ser grandes ciudades, pequeños municipios, etc.

Descripción de ideas descartadas

A continuación, expondremos y describiremos brevemente las ideas que no hemos implementado en el proyecto final.

Sensor de temperatura

Un sensor de temperatura nos podría ayudar a determinar si existe una situación anómala asociada al contenedor. Por ejemplo, el contenedor podría haber sido víctima de vandalismo callejero o simplemente algún residuo en mal estado ha provocado un fuego en el interior del mismo.

Sensor de humedad

Pensamos en añadir un sensor de humedad para tener más datos del estado del contenedor, pero realmente no nos aporta ningún tipo de información útil.

Sensor de humo

Este sensor es una complementación del sensor de temperatura, con el podríamos obtener información más precisa sobre si el contenedor se encuentra ardiendo.

Funcionalidades de la aplicación

Mapa con el estado de las papeleras

Queríamos desarrollar un apartado en la aplicación en el que pudiésemos colocar en un mapa nuestros contenedores y poder conocer su localización para así tener una manera más visual de conocer el estado en el que se encuentran los contenedores de una determinada zona.

Información al correo

Se mandaría alertas por correo electrónico a los usuarios que se suscriban al servicio, para así recibir avisos del porcentaje de la capacidad disponible, como otras posibles notificaciones.

Comentarios de cada contenedor

Dentro de la aplicación podríamos acceder a la información de cada contenedor y poner comentarios en tiempo real que se puedan utilizar para recoger aún más información. Un ejemplo sería si un ciudadano encuentra alguna irregularidad como la tapa rota, o que ha sufrido algún imperfecto, podría comunicarlo directamente.

Sonidos de recompensa

Al arrojar residuos, existiría un altavoz que reprodujese sonidos de recompensa agradables al reciclar y conseguir así una sensación de satisfacción.

Compactador de basura

Una forma de mejorar el estado del contenedor en relación a la capacidad podría ser un compactador de basura, es decir, cuando el contenedor llegue a un determinado nivel se activaría un mecanismo (una especie de prensa hidráulica) que compacte la basura y de esta manera reducir considerablemente el nivel del contenedor. Un beneficio de este mecanismo sería que nos permitiría posponer la recogida del contenedor.

Reconocer el tipo de elemento arrojado

Si pudiésemos reconocer la naturaleza del residuo que es arrojado al contenedor, éste podría lanzar un aviso, informando que se ha introducido un elemento no apropiado como puede ser vidrio en el contenedor del papel. Este sistema es muy difícil de implementar en un contenedor y además tampoco sería muy útil, puesto que no serviría para retirar ese residuo en concreto.

Ranking de puntuación con lectura de código QR

Esta es la idea más compleja de todos y es este mismo motivo por el cual la hemos descartado. Podríamos diseñar un sistema por puntos, donde el contenedor dispusiese de un lector QR con el cual reconocer al usuario que está arrojando residuos, para que de esta manera pudiésemos conocer cuanto contribuye al reciclaje. Esta información se podría usar para que en función de los puntos un usuario obtenga una serie de ventajas, por ejemplo, por cada una determinada cantidad de kilos reciclados se le otorgue un vale de descuentos.

Combinación con Alexa

En el apartado del usuario particular una funcionalidad muy atractiva sería la creación de skills de Alexa, para de esta manera aumentar el nivel de domótica de una casa.

Rutas para recoger los contenedores

Podrían diseñarse rutas óptimas para que los operarios recogiesen de una manera más inteligente los contenedores en función de su capacidad, horario, día de la semana, eventos, etc. Esta idea la hemos descartado por la complejidad que supone crear un sistema que pudiese crear esas rutas teniendo en cuenta la localización de los contenedores sumado a los demás factores que pueden afectar a la optimización de la ruta.


Estado del contenedor (vandalismo)

Si pudiésemos reconocer el estado en el que se encuentran los contenedores, podríamos mandar avisos, para que los operarios solucionen la incidencia, en vez de que el problema sea reconocido en medio de la recogida y de esta manera se ralentizase y empeorase el proceso.

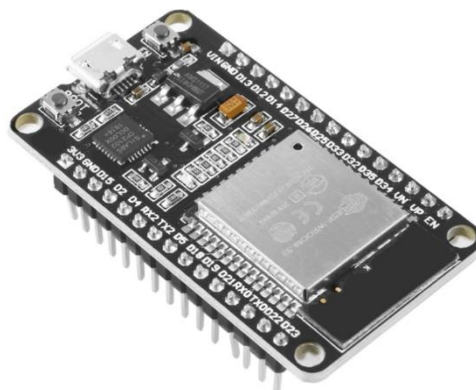
Tecnología a utilizar

Toda la tecnología a utilizar en nuestro prototipo va a ser expuesta a continuación con sus respectivas características principales y precio:

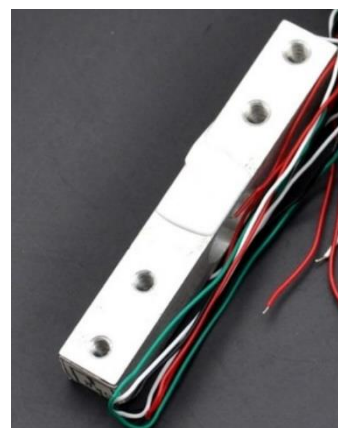
SENSOR ULTRASONIDO	
Marca	Neuftech
Modelo	HC-SR04
Características:	
<ul style="list-style-type: none">- Voltaje de funcionamiento: DC 5V- Rango de detección: 2cm-450cm- Ángulo de la inducción: no más de 15 grados	

A photograph of two HC-SR04 ultrasonic sensors mounted on a blue printed circuit board (PCB). The sensors are cylindrical with a silver-colored metal mesh at the front. The PCB has four pins extending from the bottom, labeled 'VCC', 'GND', 'Trig', and 'Echo'. The sensors are positioned side-by-side, with one slightly behind the other.

MODULO WIFI	
Marca	AOKIN
Modelo	ESP32
Características: <ul style="list-style-type: none"> - Integra antena, amplificador de potencia, amplificadores de bajo ruido, filtros y módulo de gestión de energía - Bluetooth y WIFI de 2.4 GHz - Admite tres tipos de conexiones WIFI: AP, STA y AP + STA - Voltaje de funcionamiento: DC 5V 	



SENSOR DE PESO	
Marca	SZYTF
Modelo	YZC-131
Características: <ul style="list-style-type: none"> - Soporta hasta 20 KG - Voltaje de funcionamiento: DC 5V - Protección IP65 	



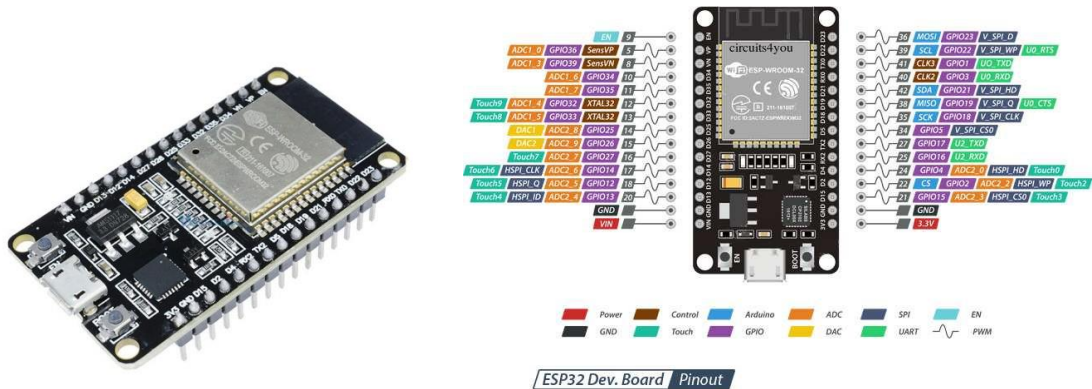
SERVO MOTOR	
Marca	QMXD
Modelo	SG90
Características: <ul style="list-style-type: none"> - Velocidad sin carga: 0.1 segundos/60 grados (4,8 V) - Torque o Par de parada de 1,2-1,4 Kg/cm (4,8 V) - Temperatura de funcionamiento: -30 a +60 grados - Punto muerto: 7 microsegundos - Voltaje de funcionamiento: 4,8 a 6 V 	



ESP32

El ESP32 es un System on Chip diseñado por la compañía china Espressif y fabricado por TSMC. Integra en un único chip un procesador Tensilica Xtensa de doble núcleo de 32bits a 160Mhz (con posibilidad de hasta 240Mhz), conectividad WiFi y Bluetooth. Asimismo, es compatible con Arduino.

El módulo específico usado es el ESP-WROOM-32, el cual dispone de 4MB de memoria flash (ampliable a 8 o 16 MB). Además, lleva el chip ESP32-D0WDQ6 y antena MIFA.



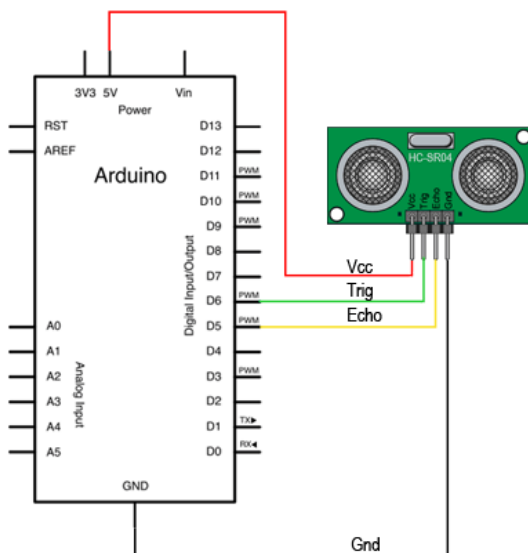
Sensor de distancias HC-SR04

Para medir las distancias de llenado y de abertura automática utilizaremos el sensor ultrasónico HC-SR04. Su funcionamiento se basa en el envío de un pulso de alta frecuencia, no audible por el ser humano. Este rebota en los objetos cercano y es reflejado hacia el sensor.

Conociendo la velocidad del sonido (343m/s) y el tiempo que tarda en rebotar el pulso, se podrá calcular la distancia entre el sensor y el objeto.

El rango de medición teórico del sensor HC-SR04 es de 2 cm a 400 cm, con una resolución de 0.3 cm. La orientación de la superficie a medir puede provocar que la onda se refleje, falseando la medición. Por tanto, se trata de un sensor de naja precisión.

A continuación, se muestra el esquema eléctrico necesario para su uso.



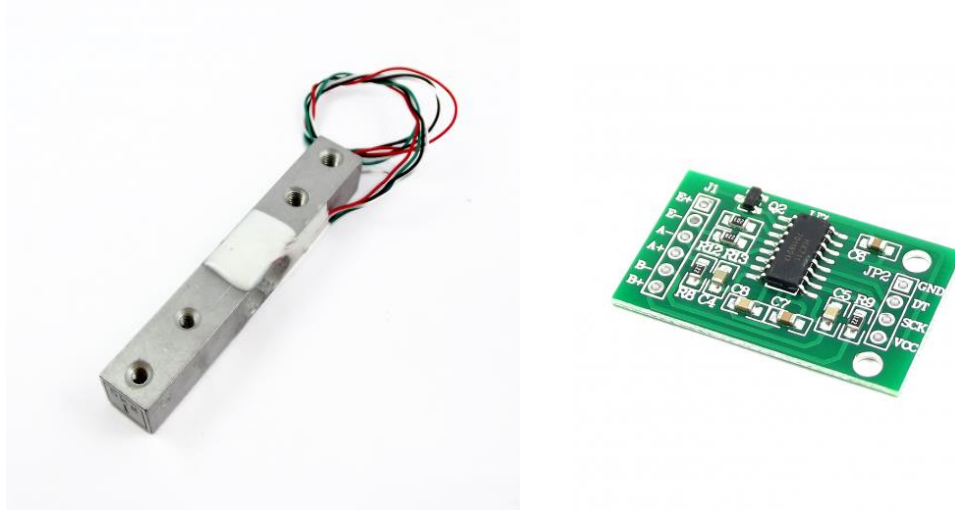
Celda de carga y transmisor HX711

Para calcular el peso de los residuos trabajaremos con el transmisor de celda de carga HX711.

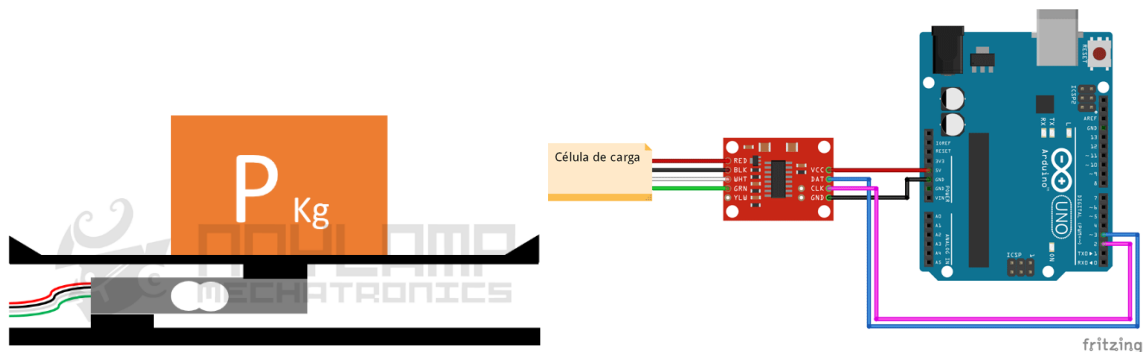
Una celda de carga es un dispositivo capaz de convertir una fuerza en una señal eléctrica. Esto lo hace a través de uno o más galgas internas que posee, configuradas en un puente Wheatstone. La celda de carga utilizada permite un máximo de 20 Kg.

El amplificador HX711 permite obtener los datos de la celda de carga para tratarlos con un microcontrolador. Internamente se encarga de la lectura del puente Wheatstone formada por la celda de carga, convirtiendo la lectura analógica a digital con su conversor A/D interno de 24 bits.

A continuación, se muestran la celda de carga y el transmisor HX711:



Para instalar la celda tenemos que hacer uso de unos separadores, los cuales deben distanciar a la base y recipiente de la celda para que quede la parte central libre. Las siguientes figuras muestran su instalación y la conexión eléctrica entre la celda de carga y el módulo HX711:



Servomotor SG90

El motor utilizado para abrir la tapa del prototipo será el servomotor SG90.

Un servomotor es un tipo de motor en el cual indicamos directamente el ángulo deseado y este se encarga de posicionarse en este ángulo. Internamente tienen una caja reductora con la que aumenta el torque y reduce la velocidad, un potenciómetro encargado de sensar la posición del eje y una tarjeta electrónica que junto al potenciómetro forman un control de lazo cerrado.

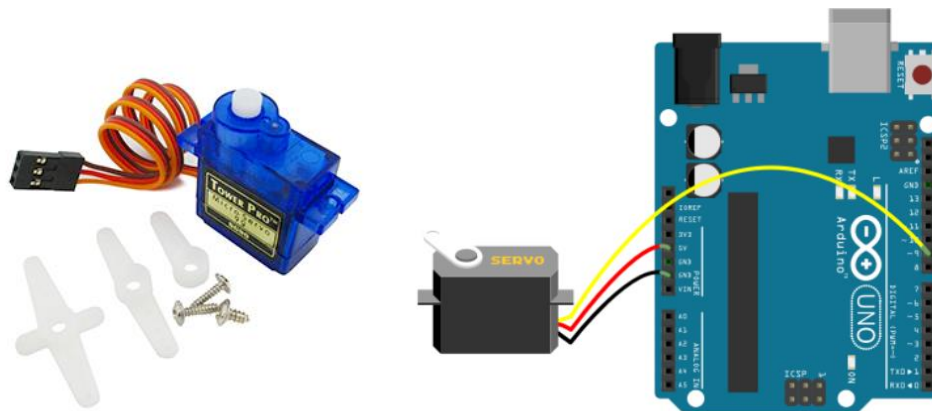
Los servos disponen de un rango de movimiento de entre 0 a 180°, proporcionando un alto grado de precisión gracias al mecanismo reductor.

El modelo utilizado es el SG90, el cual posee las siguientes características:

- Torque: 1.4 Kg/cm
- Velocidad: 0.1 seg/60° (4.8V) y 0.08 seg/60° (6V)

- Dimensiones: 21.5 x 11.8 x 22.7mm
- Peso: 9g

Las siguientes figuras muestran el servo utilizado y el esquema eléctrico.



Metodología de desarrollo

Metodologías de desarrollo existentes

En este apartado detallaremos los tipos de metodologías de desarrollo existentes y nos decantaremos por una, además de explicar cómo trabajaremos dentro de dicha metodología.

La metodología de desarrollo en ingeniería de software es un marco de trabajo usado para estructurar, planificar y controlar el proceso de desarrollo en sistemas de información.

Las metodologías de desarrollo actualmente se clasifican en dos grandes grupos:

Metodologías tradicionales	Metodologías ágiles
Basadas en normas provenientes de estándares seguidos por el entorno de desarrollo	Basadas en heurísticas provenientes de prácticas de producción de código
Cierta resistencia a los cambios, pero se espera que no ocurran cambios de gran impacto durante el proyecto	Se esperan cambios durante el proyecto
Aplicables a proyectos de gran tamaño, con equipos de trabajo dispersos	Orientada a proyectos pequeños, con el equipo de desarrollo trabajando en el mismo sitio
Se promueve que la arquitectura se defina tempranamente en el proyecto	La arquitectura se va definiendo y mejorando a lo largo del proyecto
El cliente interactúa con el equipo de desarrollo mediante reuniones	El cliente es parte del equipo de desarrollo
Énfasis en la definición del proceso: roles, actividades y artefactos	Énfasis en los aspectos humanos: el individuo y el trabajo en equipo
Existe un contrato prefijado	No existe un contrato tradicional, debe ser bastante flexible

Destacan: Modelo en cascada, Modelo incremental, Modelo en V y Modelo en espiral.	Destacan: Metodología Scrum, Kanban, Scrumban y Lean.
---	---

Como podemos ver, son dos filosofías opuestas que tratan de ayudarnos a la hora de gestionar y desarrollar proyectos software.

Nosotros hemos decidido decantarnos por elegir una metodología ágil, ya que:

- Nuestro equipo de trabajo cuenta únicamente con cuatro integrantes (grupo de trabajo pequeño) y trabajamos siempre en el mismo sitio (universidad de Alcalá o por videoconferencias).
- Podemos conocer el estado del proyecto en cada momento, por lo que nos ayuda a saber en cada momento en qué fase nos encontramos y las tareas pendientes a realizar.
- No existe un contrato prefijado, ya que la única información de la que disponemos es el problema que se ocasiona en las ciudades derivadas de la recogida de residuos urbanos.
- Valoramos activamente el trabajo en equipo y la actitud positiva del equipo de trabajo en la realización del proyecto.
- La arquitectura se va definiendo conforme desarrollamos el proyecto; ya que, al no contar con requisitos predefinidos, pueden surgir elementos nuevos que deseemos implementar, por lo que se esperan cambios durante el proyecto.
- El cliente es parte del equipo de desarrollo, ya que contamos con la ayuda de la profesora y otros compañeros en las clases de laboratorio.

Metodología ágil elegida: Scrumban

Dentro del grupo de las metodologías ágiles tenemos varios tipos y tendremos que llevar a cabo uno de ellos. Dentro de todas las opciones posibles (Scrum, Kanban, Lean...) hemos optado por seguir una Metodología Scrumban. Esta metodología nace de la combinación de principios de dos de las metodologías más influyentes: Scrum y Kanban. Los pros y contras de esta metodología son los detallados a continuación:

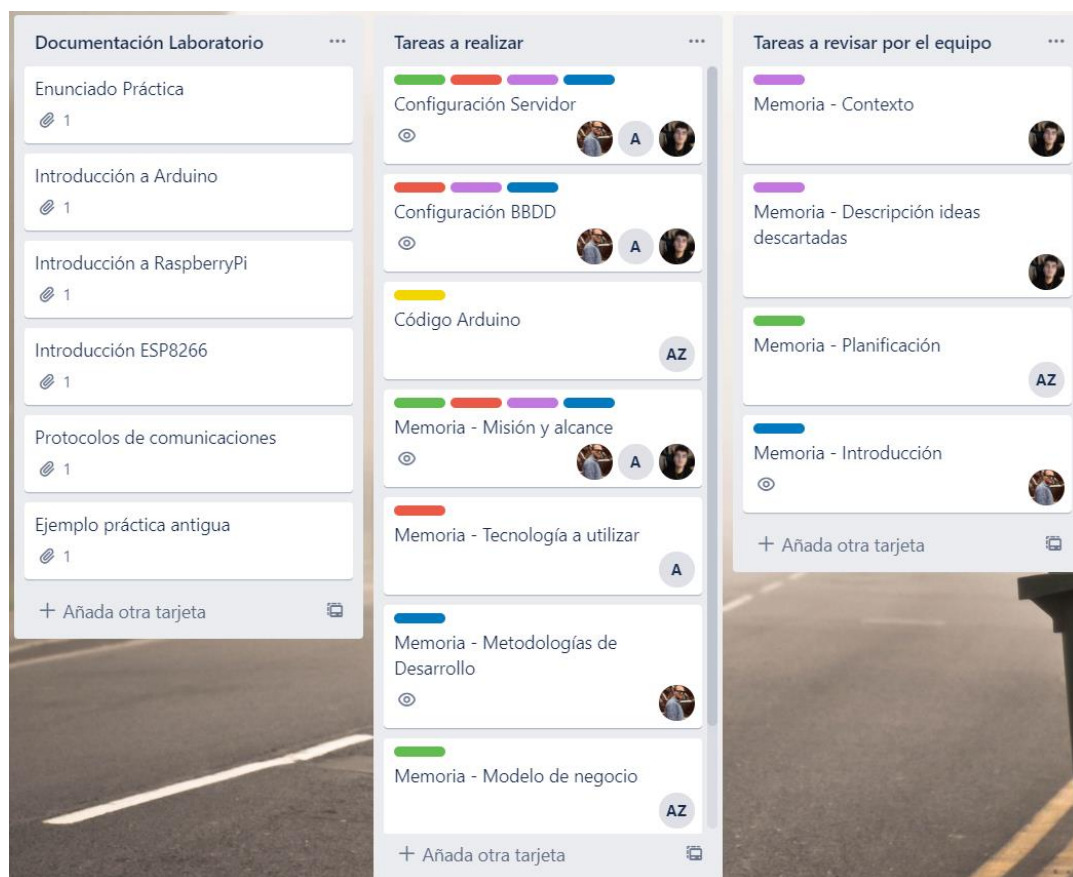
VENTAJAS	INCONVENIENTES
Permite conocer el estado del proceso de ejecución del proyecto	Difícil implantación en equipos grandes
Introduce soluciones ante errores	Requiere de una exhaustiva definición de las tareas y sus plazos
Permite un mayor análisis de las tareas realizadas	Exceso de reuniones con pocos avances
Mejora la interacción de los miembros del grupo	Problemas si el desarrollo está restringido por un plazo o precio de entrega
Aumenta la productividad de proyectos complejos	Requiere de un equipo con experiencia
Favorece la adaptabilidad de las herramientas al proyecto	Inflexible a los cambios

Nos hemos decantado por esta metodología por los siguientes motivos:

- ✓ Las ventajas se adaptan perfectamente a lo que queremos: Conocimiento del estado del proyecto en todo momento, Sprints periódicos que sirvan de ayuda a la realización del proyecto, trabajo en equipo que aumenta la motivación de los integrantes del grupo.
- ✓ Los inconvenientes no suponen una desventaja:
 - No se van a realizar implantaciones sobre equipos grandes, las únicas implantaciones serán sobre papeleras/contenedores, el servidor y la aplicación.
 - Que requiera una definición exhaustiva de las tareas y plazos no es una desventaja para nosotros, ya que tenemos muy claro qué queremos hacer y las acciones necesarias para ello.
 - El exceso de reuniones tampoco supone un problema, ya que motiva el trabajo en equipo y aumenta nuestra motivación de cara al proyecto.
 - Los problemas que puedan surgir porque el proyecto tenga una fecha de entrega tampoco son considerables, ya que pretendemos realizar el proyecto antes de la fecha de entrega.
 - Somos un equipo con experiencia, ya que somos alumnos de cuarto de carrera y hemos realizado ya varios proyectos de índole similar.
 - Que sea inflexible a los cambios lo adaptaremos a nuestro proyecto, ya que pueden surgir cambios en el desarrollo, así que seguiremos una metodología Scrumban flexible.

Esta metodología se caracteriza por el uso de posits para la definición de tareas y plazos, pero en nuestro ambiente de trabajo (laboratorio y universidad) no disponemos de ello, por lo que vamos a hacer uso de la herramienta Trello. En ella se pueden crear tareas y llevar un seguimiento de estas:

Como se puede apreciar, se ha creado un proyecto en Trello (TrasQube) en el que estamos todos los integrantes del grupo con las tareas de la memoria del proyecto asignadas. También pueden verse las tareas que necesitan revisión por parte del grupo. El último apartado relacionado con



el proceso de realización de las tareas es el de tareas finalizadas, situado a la derecha del todo. Además de las tareas, tenemos subida toda la documentación de la asignatura, tanto de teoría como de laboratorio, por si alguno de los integrantes la precisa en la realización de alguna de sus tareas.

Realización práctica: Sprints

Los sprints los hemos llevado a cabo de la siguiente manera:

Sprint 1, viernes 27 de septiembre:

- ❖ Primera reunión de equipo, presentación de todos los miembros del grupo y creación del grupo de Whatsapp, medio de comunicación principal del grupo.

Sprint 2, viernes 4 de octubre:

- ❖ Planteamiento del problema, se nos asignó el problema de recogida de residuos en ciudades, al que deberíamos ponerle solución con nuestra solución inteligente.

Sprint 3, viernes 11 de octubre:

- ❖ Primera lluvia de ideas, de cara a la solución del problema planteado. Algunas de estas ideas formarían parte del proyecto final.
- ❖ Compra de una placa de desarrollo y sensores de proximidad para tener una primera toma de contacto con las herramientas de desarrollo.

Sprint 4, jueves 17 de octubre:

- ❖ Reunión llevada a cabo a través de Skype, en la que se llevó a cabo la identificación y división de tareas del proyecto y la instalación de la herramienta utilizada en la creación del servidor.

Sprint 5, viernes 18 de octubre:

- ❖ Puesta en funcionamiento de los sensores de proximidad y primeras pruebas con éstos y la tabla Arduino.
- ❖ Creación del proyecto en Trello.

Sprint 6, viernes 25 de octubre:

- ❖ Trabajo en el desarrollo del servidor

Sprint 7, viernes 8 de noviembre:

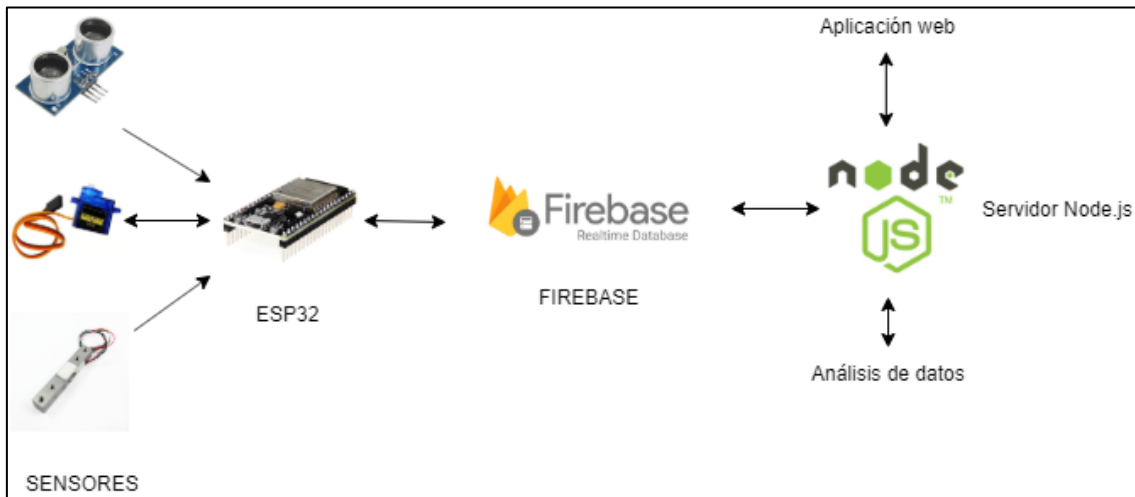
- ❖ Trabajo en la base de datos del servidor

Sprint 8 y 9, viernes 15 y viernes 22 de noviembre:

- ❖ Trabajo con Node y Firebase

Arquitectura

A continuación, describiremos la arquitectura de nuestro producto. La siguiente imagen representa los diferentes componentes y conexiones que componen la arquitectura.



En primer lugar, los diferentes sensores se conectarán a la ESP32 de la forma descrita anteriormente en el apartado de Tecnología. Al ser compatible el chip ESP32 con Arduino, éste será programado en el entorno de desarrollo de Arduino (IDE) y la comunicación con los sensores será de forma serial. La ESP32, al proporcionar un voltaje menor al necesitado por el sensor ultrasónico HC-SR04, utilizaremos una pila auxiliar que se conectará en paralelo con el pin de voltaje de la ESP32. Los sensores a utilizar serán:

- Dos sensores ultrasónicos para medir la distancia de la tapa del cubo de basura al fondo y otro para medir la distancia desde el cubo de basura a la persona que quiera abrir el cubo.
- Un servomotor para abrir la tapa del cubo de basura.
- Una celda de carga y el módulo HX711 para medir el peso de la basura dentro del cubo de basura.

Las principales acciones a programar en el entorno de desarrollo serán las siguientes:

- Cuando la distancia medida por sensor de distancia exterior sea menor de 10cm, el motor girará un ángulo de 90° con el objetivo de abrir la tapa del cubo de basura. El motor volverá a girar a su posición inicial tras un tiempo transcurrido concreto (10s).
- Cuando la tapa se cierre, se medirá el peso y la distancia de la tapa al fondo del cubo de basura y se enviará a la base de datos (se explicará a continuación).

En segundo lugar, utilizaremos una librería específica en el entorno de desarrollo de forma que mandemos la información a la base de datos en tiempo real de Firebase mediante el protocolo HTTP. Firebase es una plataforma ubicada en la nube, integrada con Google Cloud Platform que usaremos para almacenar los datos en tiempo real organizados en forma de árbol JSON. El servicio Realtime Database nos proporciona una API que permite que la información sea sincronizada y almacenada en la nube.

En tercer lugar, usaremos Node.js para la creación de nuestro servidor web. Mediante el SDK de Firebase Admin (se basa en el protocolo HTTP) crearemos la conexión entre nuestro servidor y Firebase, para obtener los datos almacenados y los mostraremos en una página Web mediante HTML, CSS y JS. La forma en la que conectamos los .html y los .js es mediante el uso de handlebars, un módulo que nos proporciona Node.js. Asimismo, podremos añadir o modificar algunos datos de la base de datos, de tal forma que la ESP32 los lea y realice acciones específicas (por ejemplo, abrir la tapa).

Planes de producción, marketing y financiero-inversión-retorno

En este apartado describiremos las diversas relaciones entre la creación del producto, su entrega al cliente y la captación del valor mediante el modelo CANVAS, para, de este modo, alcanzar las metas y objetivos estratégicos.

Propuesta de valor

Nuestro producto, TrashQube, será un dispositivo innovador que facilitará de una manera rápida la gestión de basuras. En la actualidad, existen números problemas derivados de una mala gestión de residuos:

- La presencia de residuos abandonados produce una mala imagen de suciedad en espacios públicos, así como el deterioro del paisaje.
- Los residuos orgánicos incontrolados en espacios urbanos producen malos olores y pueden ser foco de atracción de roedores e insectos que pueden provocar enfermedades y algunas contaminaciones bacterianas.
- Tanto en espacios urbanos como en espacios naturales, los residuos pueden provocar incendios, siendo peligrosos para los ciudadanos y los bosques.
- Un vertido de residuos realizado sin ningún control puede producir gases tóxicos a la atmósfera, provocando el efecto invernadero, la lluvia ácida y los daños en la capa de ozono. Asimismo, los mares, ríos y lagos pueden acumular residuos, provocando perjuicios a las especies marinas.

Por tanto, el desarrollo de nuestro producto no solo reducirá estos problemas, sino que también, mediante la colocación de sensores en los contenedores de residuos y su posterior conexión a un servidor para su monitorización proporcionará otros beneficios como:

- Visualización en tiempo real del nivel de llenado y el peso de cada contenedor.
- Adaptación a diversos tipos de depósitos de residuos.
- Producción de informes estadísticos sobre en qué momento del día las personas tiran basura a los contenedores, en qué medida se recicla, qué momento del día se llenan los contenedores...
- Ayuda a las personas con menores capacidades físicas ya que se podrán abrir los contenedores de manera automática.
- Ahorros de costes en la recogida de residuos.
- Integrabilidad en redes Smart City.

Por último, detallaremos los competidores de nuestro producto para después estudiar las diferencias entre su solución y la nuestra:

- Qube: se trata de un cubo de basura con diferentes compartimentos y contiene diversos sensores que permiten saber el peso y parámetros como la temperatura o humedad. Su uso va dirigido a particulares.

- TSwasTe: dispositivo que permite monitorizar el nivel de llenado, la temperatura o la posición del contenedor. Incluye funcionalidades como gestión de nodos, configuración, históricos, alarmas y gestión de usuarios. Se puede integrar en Smart Cities.
- Cubo de basura de Xiaomi: permite detectar cuanto se ha cargado por completo el cubo y puede sellar la bolsa por sí sola. Su uso es doméstico y no posee monitorización.
- Proyecto WASTEVOL: desarrollo de un dispositivo multisensor IoT para la monitorización de contenedores. Los sensores que posee permiten la determinación del nivel de llenado y la geolocalización. Esta solución se enfoca en ciudades y también proporciona rutas óptimas de recogida de los residuos.
- Hiriwaste: solución basada en la colocación de sensores en los contenedores de residuos en ciudades y su posterior conexión a su plataforma IoT. Informa sobre el nivel de llenado y el diseño de rutas de recogida.

Las diferencias entre nuestro dispositivo y los mencionados anteriormente son mínimas. Las más importantes las encontramos en que nuestro producto estará enfocado en clientes a nivel de instituciones públicas (ayuntamientos), así como en empresas privadas (se explicará posteriormente).

En cuanto al diseño de nuestro producto, estará fabricado de un material resistente a golpes y podrá trabajar en condiciones climatológicas extremas. En referencia a la prestación del servicio, ofreceremos una buena asistencia pre y post-venta, así como ofrecemos un servicio de mantenimiento continuo en caso de averías o futuras implementaciones.

Por último, no hemos encontrado información sobre precios de los productos con los que competiremos (solamente 25 euros el producto de Xioami), por lo que el precio de nuestro producto se ajustará al costo de los cubos de basura, los sensores y de la plataforma IoT elaborada.

Segmentos de Cliente

Los clientes a los que vamos dirigidos los dividiremos en dos grupos:

- **Instituciones públicas:** nuestro producto podrá ser adquirido por ayuntamientos que quieran mejorar la administración y la gestión de los residuos en sus espacios urbanos y naturales, haciéndola más eficiente y sostenible con un coste menor.
- **Empresas privadas:** al igual que para las instituciones públicas, empresas privadas con un gran número de empleados y un área muy grande de trabajo, podrán adquirir nuestro producto para mejorar la gestión de los residuos.

Canales

Los medios por los cuales haremos llegar nuestro producto se centrarán en 5 fases: notoriedad, evaluación, compra, entrega y postventa.

Notoriedad

Al estar nuestro producto enfocado a clientes de instituciones públicas y empresas privadas, nuestras principales vías de comunicación para que estos nos conozcan serán las siguientes:

- Publicidad: por medio de anuncios en internet, prensa, y radios locales.
- Stands: en las principales ferias en las que se oferten productos ligados únicamente a empresas privadas.
- Redes sociales: un buen uso de las redes sociales en las que, además de ofrecer nuestro catálogo, sea una vía de comunicación con los clientes.

- Concursos públicos: entrar en solicitudes de contratación de ayuntamientos, diputaciones, etc, en las que quieran contratar servicios de gestión de residuos.
- Campañas promocionales: en periodos puntuales y en determinados casos, se incluirán campañas promocionales y publicitarias específicas para fomentar el interés de nuestros servicios.
- Empezar desde abajo: ofrecer nuestra solución a pequeñas empresas y ayuntamientos de pequeños pueblos.

Evaluación

Al adquirir nuestro producto, se pondrá a disposición del cliente un documento para que se rellene en función de su conformidad o disconformidad en los aspectos relacionados con el despliegue de la solución. Asimismo, dispondremos de un buzón de sugerencias y hojas de reclamación a disposición de los clientes.

En conclusión, la opinión de nuestros clientes será de gran importancia para en un futuro mejorar y conocer las debilidades y fortalezas.

Compra

Nuestro producto se podrá adquirir de la siguiente manera: al tener una clientela restringida, en la que dependerá mucho sus necesidades (por ejemplo, el número de contenedores), se requerirá de un presupuesto, el cual podrá ser solicitado por medio de una llamada telefónica, un mensaje de correo electrónico o un mensaje a través de nuestra página web. Este presupuesto se ajustará a las necesidades de cada cliente.

Los clientes solo podrán adquirir los contenedores de basura en forma de venta, debido a que cada cliente, como hemos explicado anteriormente, tendrá necesidades diferentes, como el tamaño, tipo, etc.

Entrega

La entrega de los contenedores de residuos se realizará por medio de otras empresas especializadas en su instalación. Para ello, su precio también se indicará en el presupuesto indicado anteriormente.

Para la entrega de la plataforma web, uno de nuestros técnicos dará una explicación detallada de su manejo y uso.

Postventa

Una vez adquirido nuestro producto, se darán los siguientes servicios a nuestros clientes:

- Ayuda total: se ofrecerá un servicio de ayuda telefónica especializada en abordar los problemas que se produzcan.
- Mantenimiento: ofreceremos servicio de reparación en aquellos contenedores en los que los sensores estén averiados. A su vez, se informará a los clientes de futuras actualizaciones que sufra la plataforma web, en la que su mantenimiento correrá a nuestro cargo (pagado).

Relación con clientes

Nuestra relación con los clientes será de asistencia personal, en la que se atenderá directamente por una queja, duda o problema. Asimismo, nuestro servicio de preventa se llevará a cabo de manera personalizada, siendo la solicitud y creación de los presupuestos muy cuidadosas y con buen trato.

El objetivo será la fidelización del cliente, por lo que se les recompensará con descuentos en futuras adquisiciones, mantenimiento gratuito, etc.

Fuentes de ingresos

Nuestras principales fuentes de ingresos serán las siguientes:

- **Cobro de venta de activos.** Nuestros clientes pagarán por el producto diseñado específicamente para él: cantidad y tipo de contenedores de basura y plataforma web de gestión.
- **Cobro mensual de mantenimiento** de la página web. El precio de esta cuota también dependerá de la solución producida.
- **Cobro en el arreglo** de averías en los sensores de contenedores de residuos.
- **Cuota por publicidad:** en nuestra página web se ofrecerá un espacio publicitario para que otras empresas puedan mostrar sus productos. Asimismo, en los contenedores de basura podrán ser

El cobro será realizado por medio de transferencias bancarias, siendo la cantidad de dinero conforme a la establecida en el presupuesto elaborado.

Por tanto, los ingresos serán puntuales en el caso de la venta de producto a un cliente específico y recurrentes en el caso del mantenimiento de la plataforma web y por publicidad.

Recursos clave

Los activos de nuestra empresa serán los siguientes:

- **Físicos:** se dispondrá de un **almacén** situado estratégicamente con buenas comunicaciones en el que se guardarán los contenedores de residuos listos para enviar, así como aquellos en los que se tendrán que instalar los sensores. El almacén también dispondrá de un taller en el que se instalarán los sensores a los contenedores y su posterior programación. Este taller dispondrá de herramientas, equipos y máquinas especializadas en la instalación de los sensores y el transporte de los contenedores. Asimismo, se tendrán **oficinas centrales** con los departamentos de comercialización, ventas y desarrollo de la plataforma web.
- **Intelectuales:** **marca** TrashQube registrada, **página web** de la empresa y **redes sociales**.
- **Humanos:**
 - **Analistas**
 - **Programadores web**
 - **Técnicos de instalación de sensores**
 - **Personal de comercialización**
- **Económicos:** en el momento de creación de la empresa, dispondremos de **créditos** bancarios y **aportaciones** de los socios para poner en marcha la empresa, así como **subvenciones** por parte del estado. Posteriormente, se tendrá una **cuenta corriente** para hacer frente a los gastos.

Actividades clave

Las actividades más importantes de nuestra empresa serán las siguientes:

- **Creación de presupuestos:** se dispondrá de un departamento comercial especializado en la comunicación del cliente. Será de gran importancia un buen conocimiento de sus necesidades, así como los detalles de los productos elaborados.

- **Comunicación con proveedores:** el departamento de producción necesitará una fácil comunicación con las empresas especializadas en la creación de contenedores de residuos y de sensores.
- **Instalación de sensores:** el departamento técnico se dedicará a la instalación de los diferentes sensores en los contenedores de residuos.
- **Creación de plataforma web:** se necesitará una buena sincronización y comunicación entre las personas dedicadas a la creación de la plataforma y las personas dedicadas a la implementación de los contenedores.
- **Envío del producto:** empresas especializadas en el transporte e instalación de contenedores. En el caso de la plataforma, una persona de nuestra empresa implementará y detallará al cliente su puesto a punto.

Socios clave

Nuestros socios más importantes serán:

- Empresas especializadas en la creación de **contenedores de residuos**.
- Empresas especializadas en la creación de **sensores**.
- Empresas especializadas en el **transporte e instalación** de contenedores de residuos.

Estructuras de costes

Los costes necesarios para operar nuestro negocio serán:

- Alquiler del almacén (y maquinaria) y de oficinas.
- Dominio de la página web y del registro de la marca.
- Sueldos de Analistas, Programadores web, Técnicos de instalación de sensores, y Personal de comercialización.
- Pedidos a los proveedores: contenedores de residuos y sensores.
- Servidores de clientes.
- Impuestos.
- Envío del producto.

Los datos que se muestran a continuación corresponden a los costes de los diferentes tipos de sensores y contenedores de residuos utilizados en el prototipo:

- Sensor de distancia HC-SR04: 2€.
- Servo motor SG90: 1.20€.
- Transmisor de celda de carga y módulo HX711: 2€.
- Papelera de plástico: 10€.

Los datos anteriores sufrirán modificaciones con respecto al tipo de productos específicos de cada cliente. Los sensores podrían ser distintos, como el servo motor (se requerirán servo motores con mayor potencia) y los módulos de peso (la escala del módulo HX711 es de 20kg).

Planificación temporal, plan de desarrollo, riesgos, plan de contingencias

Planificación temporal y plan de desarrollo

Para la realización de la planificación temporal de nuestro proyecto hemos hecho uso de la herramienta Microsoft Project, software de Microsoft utilizado en muchas empresas para la gestión de proyectos.

En nuestro Project hemos introducido 5 fases principales, que abarcan desde el inicio del proyecto hasta el plan de comercialización. La explicación de las fases del proyecto se detalla a continuación:

- **Inicio del proyecto.** Abarca desde la primera recogida de ideas que tuvimos hasta la elaboración del plan de implantación. En esta fase se definirá la hoja de ruta de nuestro proyecto.
- **Elaboración del proyecto.** En esta fase diseñaremos y llevaremos a cabo el prototipo en el que se fundamenta el proyecto. Los productos resultantes de nuestro proyecto son el servidor, la aplicación web y la aplicación móvil; detalladas en este documento. Cabe destacar también que se ha introducido un hito en esta fase, el fin de la PEC 1, justo después de la definición de la arquitectura y el fin de la elaboración de la memoria.
- **Plan de pruebas.** Al finalizar el prototipo, tendremos que llevar a cabo un plan de pruebas que durará 10 días para asegurarnos que nuestro producto funciona correctamente y detectar fallos en su funcionamiento si los hubiese.
- **Plan de implantación.** Una vez estamos seguros de que nuestro producto funciona, realizaremos la puesta en marcha que durará 4 días.
- **Plan de comercialización.** Al fin, una vez que nuestro producto esté operativo, se realizará una campaña de marketing basada en varias presentaciones de nuestro producto final con una demo del mismo.

	i	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1		★	▲ Gestion de Proyecto	75 días?	vie 27/09/19	jue 09/01/20
2		➡	▲ Inicio de Proyecto	45 días	vie 27/09/19	jue 28/11/19
3		★	Recogida de Ideas	15 días	vie 27/09/19	jue 17/10/19
4		★	Identificación de Componentes	3 días	vie 11/10/19	mar 15/10/19
5		★	Elaboración del documento de la práctica	33 días	mar 15/10/19	jue 28/11/19
6		➡	▲ Elaboración del Proyecto	41 días	vie 25/10/19	vie 20/12/19
7		★	Diseño de Prototipo	10 días	mar 12/11/19	dom 24/11/19
8		★	Definición de Arquitectura	5 días	dom 24/11/19	jue 28/11/19
9		★	Fin PEC1	0 días	jue 28/11/19	jue 28/11/19
10		★	Desarrollo de servidor	23 días	vie 25/10/19	mar 26/11/19
11		★	Desarrollo de aplicación web	14 días	mié 27/11/19	lun 16/12/19
12		★	Desarrollo de aplicación móvil	5 días	lun 16/12/19	vie 20/12/19
13		➡	▲ Plan de Pruebas	10 días	vie 20/12/19	jue 02/01/20
14		★	Pruebas Unitarias	5 días	vie 20/12/19	jue 26/12/19
15		★	Pruebas Integración	6 días	jue 26/12/19	jue 02/01/20
16		➡	▲ Plan de Implantación	4 días	jue 02/01/20	mar 07/01/20
17		★	Puesta en marcha	4 días	jue 02/01/20	mar 07/01/20
18		★	▲ Plan de comercialización	3 días?	mar 07/01/20	jue 09/01/20
19		★	Campaña de Marketing	3 días	mar 07/01/20	jue 09/01/20

Todas estas fases se llevarán a cabo en un marco de 75 días, que será la duración prevista de nuestro proyecto, este tiempo no es fijo, ya que pueden surgir problemas durante cualquiera de

las fases especificadas, lo que podría conllevar un retraso de nuestro proyecto. Para evitar posibles problemas se llevará a cabo un análisis de riesgos y un plan de contingencias.

Riesgos y plan de contingencias

En esta parte vamos a exponer una serie de situaciones, que nos atrasarían el proyecto, con sus respectivas soluciones, para ver el comportamiento que tendremos ante estas:

Riesgo	Plan de contingencias
Baja de algún miembro del equipo de proyecto	Al tratarse de un proyecto de corta duración (6 meses), no podremos buscar un sustituto; por lo que todos los miembros del equipo tendremos conocimiento de lo que se está llevando a cabo en un momento determinado, para así poder suplir al compañero que se ha dado de baja
Pérdida de datos de un ordenador	Para evitar pérdidas de información, tendremos disponible en todo momento el código del proyecto en GitHub
Caída del servidor	Para evitar una posible caída del servidor, tendremos una copia de éste en una máquina virtual de Azure
Identificación del modelo de ideas	En las fases iniciales del proyecto tuvimos varias ideas y nos fue difícil decantarnos por las que forman parte hoy del proyecto. Para ello, contamos con la ayuda de la profesora en las horas de laboratorio
Identificación de los componentes utilizados en el proyecto	Como se ha expuesto anteriormente en este documento, hemos necesitado de diferentes productos tecnológicos para la realización de TrashQube. A la hora de elegir qué productos seleccionar y cuáles no nos guiamos por las prestaciones de cada uno y por su precio, escogiendo los que mejor satisfacían la relación de calidad-precio.
Mal funcionamiento o deterioro de algún producto tecnológico	Para evitar tener problemas si algún sensor nos falla o se estropea con la realización de la práctica, decidimos comprar material de más para evitar posibles problemas en el futuro
Planificación del proyecto no ajustada a la realidad	Para evitar problemas con las fechas de entrega de nuestro proyecto hemos decidido ir siempre adelantados a la planificación del proyecto vista en este mismo apartado
Falta de comunicación en el equipo de desarrollo	Para que la comunicación en nuestro equipo de proyecto no se limite únicamente a las clases de laboratorio o reuniones vía Skype, decidimos crear un grupo de Whatsapp para

así poder tener soporte entre nosotros a cualquier hora del día

Resumen y conclusiones

Los sitios limpios son los elementos más importantes dentro de nuestro proyecto, ya que nuestra idea está pensada que las personas estén constantemente informadas del estado de los cubos de basura que hay distribuidos por centros, facultades, edificios, etc. Gracias a los grandes avances de la tecnología en estos últimos años, nos permiten tener sensores y ordenadores muy pequeños, y gracias a estos avances, hemos conseguido hacer realidad nuestro proyecto, un cubo de basura inteligente, al cual, hemos llamada TRASHQUBE.

El proyecto TRASHQUBE, se basa en recoger información, gracias a los sensores que hay en cada cubo de basura, ya que están cogiendo información constantemente y guardando esa información en una base de datos, que se encargará de mandar esos datos al usuario para que pueda visualizar en cualquier momento el estado de los cubos de basura. Gracias a esto, en los establecimientos donde haya varios cubos de basura, no tendrán que ir viendo cubo por cubo si está lleno o no, ya que nuestro proyecto, les informará del estado de estos. Lo que queremos conseguir, es optimizar el tiempo de recogida ya que nuestro producto informará en qué lugar se encuentra cada contenedor. También gracias, a los sensores de ultrasonido, nos avisará cuando estén llenas al 90% para proceder a vaciarlas, así como del peso actual de cada uno de ellos.

Referencias

- [Gestión de residuos en una Smart City.](#)
- [Cómo los sistemas inteligentes reducen los costes de recogida.](#)
- [Gestión inteligente de los residuos urbanos.](#)
- [Sensores IoT para la gestión inteligente de residuos.](#)
- [Recogidas de residuos en las nuevas Smart Cities.](#)
- [Plataforma Smart Waste con IoT y Big Data.](#)
- [Recogida neumática.](#)
- [Cuándo y por qué utilizar Scrumban.](#)
- [Gestión de problemas y riesgos más comunes en proyectos.](#)
- [Tutorial transmisor de celda de carga.](#)
- [Solución IoT para recogida inteligente de residuos urbanos.](#)
- [Hiriwaste, internet de las cosas para una gestión de residuos inteligente.](#)
- [Gestión inteligente de contenedores mediante IoT.](#)
- [Cubo de basura inteligente de Xiaomi.](#)
- [Reciclaje con un cubo de basura inteligente.](#)
- [Noticia cubo de basura inteligente.](#)
- [Tutorial medir distancias con Arduino y sensor ultrasonidos.](#)
- [Tutorial medir distancias con sensor ultrasónico en Arduino.](#)
- [Amplificador HX711 con Arduino para crear una báscula digital.](#)
- [TFG de Benito Herranz \(alumno de la UAH\): Desarrollo de aplicaciones para IoT con el módulo ESP32.](#)