

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

SMART CITIES: SISTEMA INTELIGENTE PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS

MOGUS, Adrián Gustavo – LU: 108028

Ingeniería en Telecomunicaciones

SERRUYA, Matias Javier – LU: 1038403

Ingeniería en Telecomunicaciones

Tutor:

Giaccio, Gustavo Adolfo, FUNDACION UADE

16 de octubre de 2020



**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

Agradecimientos

Quería agradecer a todas las personas que me ayudaron a realizar este proyecto, a mis familiares y amigos por tenerme paciencia y apoyarme en los momentos más críticos de mucho esfuerzo. También agradecer a mi compañero de PFI que me ayudó a construir el proyecto y no bajar los brazos en ningún momento.

Adrián Gustavo Mogus

Quiero agradecer a todas las personas que me acompañaron. A Vanesa, por ser mi compañía y mi soporte, no hubiese hecho esto sin vos, tu ayuda y paciencia me hacen mejor persona. A Ana, por haber jugado solo con mamá mientras yo me dedique a terminar mi carrera, todo siempre fue pensando en vos y fuiste mi razón para seguir. A mis hermanos, por darme su consejo cuando lo necesité y ayudarme en todo momento. A mis padres, por fomentar mi estudio y enseñarme que lo más importante es ser buena persona. A Lidia, por haberme perdido tantos asados mientras estaba estudiando. A mis compañeros de Facultad, con quienes compartí muchas horas y mucho trabajo. A mi compañero de PFI, por ayudarme a seguir adelante con este trabajo. A nuestro Tutor, por darnos su consejo. Gracias

Matias Javier Serruya

Resumen

El crecimiento demográfico de las grandes ciudades plantea nuevas problemáticas relacionadas con la calidad de vida de sus habitantes. Temas como la contaminación ambiental y sonora, resultan de vital interés para la administración pública.

Bajo el concepto de Smart Cities, se busca resolver las causas que las generan mediante avances tecnológicos y políticas con conciencia ambiental. Una de ellas es la recolección de residuos, ya que intervienen vehículos de combustión fósil que generan emisión de gases a la atmosfera, ruidos molestos y congestionamiento de tránsito.

Nuestro aporte será la proposición de un sistema inteligente que optimizará las rutas de recolección de residuos y disminuirá el recorrido innecesario de los camiones, generando beneficios no solo para la empresa de recolección y el municipio sino también para la calidad de vida de los habitantes.

Este proyecto comprende una solución que integra distintas tecnologías con un enfoque en el cuidado al medio ambiente y la optimización de los recursos.

Mediante la utilización de dispositivos de bajo consumo ubicados en los contenedores de residuos en la ciudad, el sistema será capaz de conocer su nivel de llenado, información que utilizará para diseñar la ruta óptima del camión recolector en cada recorrido.

Abstract

Big Cities population growth brings new problems related to life quality. Environmental pollution and noise pollution are of vital interest to the public administration.

Under Smart Cities concept, we are looking solve what causes it, using technologies and environmental policies.

One of them is the collection of solid waste, since fossil combustion vehicles are involved that generate gas emissions into the atmosphere, annoying noise, and traffic congestion.

Our contribution will be the proposal of an intelligent system for the optimization of waste collection routes, which will reduce the unnecessary travel of trucks, generating benefits not only for the collection company and the municipality but also for the quality of life of the habitants.

This project comprises a solution that integrates different technologies with a focus on caring for the environment and optimizing resources.

Through the use of low consumption Smart devices located in waste containers in the city, the system will be able to know their status, information that it will use to design the optimal route for the collection truck on each route.

Índice:

Agradecimientos	2
Resumen	3
Abstract	4
Índice:	5
1. Introducción	9
1.1. Descripción del proyecto	9
1.2. Objetivos	9
1.3. Alcance y Limitaciones	9
2. Ciudades Inteligentes	11
2.1. Ciudades Inteligentes desde el punto de vista del ciudadano común	12
2.2. Tráfico de datos masivo	12
2.3. Pros y contras a nivel estructural	13
3. Ejemplos y antecedentes	14
3.1. Top 10 de Smart Cities	14
3.2. Indicadores tomados en los rankings	14
3.2.1. Capital Humano.	15
3.2.2. Cohesión social	15
3.2.3. Economía	16
3.2.4. Gobernanza	17
3.2.5. Medio Ambiente	18
3.2.6. Movilidad y transporte	19
3.2.7. Planificación urbana	20
3.2.8. Proyección internacional	21
3.2.9. Tecnología	22
3.3. Posicionamiento de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en el mundo.	23

3.3.1. Posición de La Ciudad Autónoma de Buenos Aires en América Latina	23
3.3.2. Concentración poblacional en el Área Metropolitana de Buenos Aires	24
4. El Sistema de recolección de residuos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires	25
4.1. Contenedores	26
4.1.1. Contenedor lateral	27
4.1.2. Contenedor bilateral	28
4.2. Camiones de recolección de residuos	28
4.2.2. Capacidad de carga	29
4.2.3. Recorrido	29
4.2.3. Rutas	29
5. Solución Técnica	31
5.1. Marco Técnico Legal	31
5.2. Descripción general de la solución	31
5.3. Desarrollo del Hardware	32
5.3.1. Componentes analizados	33
5.3.1.1. Sensor de ultrasonido Hc-sr04	33
5.3.1.2. Unidad central de procesamiento – Modulo Arduino	35
5.3.1.3. Fuente de alimentación	37
5.3.1.4. Modulo Reloj	38
5.3.1.5. Modulo GPS UBLOX NEO6	38
5.3.1.5. Comunicación Inalámbrica	39
5.3.2. Pruebas	43
5.3.2.1. Prueba técnica con modulo RF NRF24L01	43
5.3.2.2. Prueba técnica con modulo GSM	48
5.3.3. Conclusiones de las pruebas y definición de Tecnología	52
5.3.4. Esquema definitivo dispositivo en el contenedor	54

5.3.5. Autonomía del dispositivo en el contenedor.	55
5.4. Software	57
5.4.1. Análisis camino óptimo	57
5.4.2. Desarrollo	58
5.4.2.1. Requisitos básicos (Requerimiento de negocio)	58
5.4.2.2. Especificación técnica	58
5.4.2.2.1. Cliente on-premises	59
5.4.2.2.2. Servicios cloud	59
5.4.2.2.3. Aplicación Mobile	64
5.4.3. Detalle de funcionamiento	65
6. Estudio de campo y Simulación	67
6.1. Desarrollo	68
7. Análisis FODA	73
8. Análisis económico – Financiero	76
8.1. Enfoque del negocio	76
8.2. Valores mensuales empresas de recolección:	76
8.2.1. Zona 1, AESA Aseo y Ecología.	77
8.2.2. Zona 2, CLIBA Ingeniería Urbana.	77
8.2.3. Zona 3, INDUSTRIAS METALURGICAS PESCARMONA S.A. y F/Solbayres S.A.	78
8.2.4. Zona 4, Ecohabitat S.A. y EMEPA S.A.- U.T.E.	79
8.2.5. Zona 6, Ashira Martín y Martín S.A.-UTE.	80
8.2.6. Zona 7, Transportes Olivos SACIYF-Urbaser Argentina S.A. UTE.	81
8.2.7. Resumen	82
8.3. Costos	83
8.3.1. Costos asumidos por la ciudad	84

8.3.1.1 Equipamiento de contenedor Unitario.	84
8.3.1.2. Equipamiento en concentrador unitario.	84
8.3.1.3. Servidor concentrador	85
8.3.1.4. Total inicial asumido por la ciudad	85
8.3.2 Costos asumidos por la empresa.	85
8.3.2.1. Desarrollo del software	85
8.3.2.2. Costos variables directos.	86
8.3.2.3. Servicios Cloud.	86
8.3.2.4. Gastos Fijos indirectos.	86
8.4. Análisis Económico-Financiero	87
8.4.1. Resultado mensual	87
8.4.2. Flujo de Fondos anual – periodo 5 años	87
8.4.3. VAN Y TIR	88
9. Conclusiones	89
Bibliografía	90
Índice de Tablas	95
Índice de Figuras	96
ANEXO A: Ranking de Smart Cities IESE 2019	98
ANEXO B: relevamiento de contenedores	103
Anexo C: Código de programación módulo de RF	105
ANEXO D: Código de programación modulo GSM.	108

1. Introducción

Es en las grandes ciudades donde se ve el mayor progreso del hombre, la tecnología, la economía y las infraestructuras se destacan por sobre otros tipos de entornos.

Pero ese progreso viene acompañado de consecuencias que juegan un papel contraproducente para nuestra salud y calidad de vida.

En este proyecto trataremos uno de los principales problemas que presenta una gran ciudad y cómo podemos contribuir para hacerla más dinámica y eficiente.

1.1. Descripción del proyecto

Propondremos la idea general del sistema, justificaremos su necesidad y describiremos sus beneficios.

Realizaremos un análisis de los distintos componentes necesarios para integrar el sistema.

Luego analizaremos los requisitos técnicos de cada uno de los componentes. Entre ellos: los sensores necesarios, la forma de transmisión de los datos y el procesamiento de estos.

Una vez que dispongamos de la información anterior, estaremos en condiciones de determinar la solución técnica correspondiente.

1.2. Objetivos

Este trabajo tendrá como objetivo principal analizar la factibilidad de integrar un sistema inteligente para optimizar el recorrido de los camiones de recolección de residuos, bajo el concepto de Smart City.

1.3. Alcance y Limitaciones

El alcance de este trabajo incluirá:

- Estudio y relevamiento de las ciudades inteligentes.
- Justificación de la necesidad de la implementación de un sistema inteligente y proposición de las mejoras que aportará.
- Análisis de los distintos componentes necesarios y sus características.
- Elección de los componentes según las necesidades y las tecnologías actuales.
- Determinación de la factibilidad de llevar a cabo la solución propuesta con las condiciones tecnológicas actuales.

- Propuesta de una solución técnica.
- Análisis económico - financiero.

2. Ciudades Inteligentes

Una ciudad inteligente se destaca del resto por su tecnología aplicada a las cosas, la infraestructura desarrollada para su funcionamiento y la innovación, ante todo. Se trata de desarrollar con tecnología existente una idea innovadora simplificando las actividades de una ciudad, donde cada ciudadano puede aportar y mejorar el medio ambiente y la calidad de vida de sus habitantes.

La ciudad inteligente es la que evoluciona las infraestructuras técnicas y legales para que los ciudadanos tomemos el control de nuestros datos, creyendo en el beneficio individual pero también en un beneficio colectivo. Algunas de las características de Smart city son las aplicaciones autónomas, pero también hay muchas otras que se alimentan de información y estadísticas que no son ni más ni menos que datos de personas.

Mucha gente no sabe que vive en una ciudad inteligente o desconoce de su existencia y de su potencial. Esto es debido a que las características de una ciudad inteligente permanecen ocultas y el ciudadano solo aprecia el resultado de convivir con ellas.

Los objetos conectados a Internet son los que nos brindan información y nos alertan para tomar decisiones. Prevenir accidentes, eliminar trabajos repetitivos o enfocarse en el medio ambiente son algunas de las ventajas que destacan.

Pero una ciudad inteligente no se trata solo de evolucionar tecnológicamente, hay otros aspectos que la catalogan y la diferencian de otras y hacen la que vida comunitaria sea más práctica.

2.1. Ciudades Inteligentes desde el punto de vista del ciudadano común

Las ciudades hasta donde las conocemos tienen problemas que nos afectan a todos, en este proyecto pensamos esencialmente en los malestares que puede provocar una ciudad al estar mal organizada.

El 70% de la población habitará en centros urbanos para el 2050, según la previsión de las Naciones Unidas. El crecimiento demográfico genera que las ciudades se vuelvan poco dinámicas y entorpezcan la movilidad de quienes la recorren a diario. Generando malestar en la gente que vive en ella incluso en situaciones cotidianas como por ejemplo el simple traslado de casa al trabajo.

Normalmente el incremento de personas que conviven en una ciudad es exponencial, y como resultado tenemos una ciudad cada vez más congestionada y reducida.

Una ciudad que busque reducir la contaminación tendrá como principal foco mejorar la sustentabilidad, donde el ahorro en consumo de energía será primordial para conservar los recursos naturales y el medio ambiente.

Utilizando el control de los datos podemos hacer que la tecnología esté de nuestro lado, y una comunidad o varias crezcan a raíz de la información.

Se deberá plantear objetivos para enfrentar la superpoblación en ciudades, poniendo principal énfasis en soluciones que utilicen energías renovables para disminuir los gases de efecto invernadero.

2.2. Tráfico de datos masivo

Se podría decir que estamos viviendo una revolución de datos, los dispositivos ya son parte de nuestras vidas y dependemos de ellos y brindamos información que será compartida.

Todos los dispositivos se conectan entre sí dentro de un ecosistema, y la agrupación de gran cantidad de datos nos brinda información muy valiosa.

Muchos de estos datos son absorbidos por un sistema con inteligencia artificial, que le proporciona un valor agregado, cuyo objetivo es sumar información útil para accionar de manera eficaz perfeccionando las actividades que se desarrollan en una ciudad. Nos referimos a actividades que tengan participación dentro del ámbito de la salud, seguridad vial, iluminación, o cualquiera que forme parte de la infraestructura tecnológica de la información y la comunicación.

2.3. Pros y contras a nivel estructural

Pros

Cambia el ámbito de aplicación, aparecen nuevos negocios y también nuevos servicios que responden según las necesidades de la gente y en tiempos considerablemente reducidos según la tarea.

Muchas de las infraestructuras urbanas presentan una administración automática que las hace a su vez más eficiente, reduciendo el tiempo de respuesta y hasta muchas veces resolviendo el problema del ahorro energético.

Una nación que contenga ciudades inteligentes puede lograr un mercado más competitivo y eficiente.

Es una inversión a largo plazo, ya que una ciudad que ahorra energía es más sustentable y se vuelve más eficiente en un futuro. El beneficio no es solo para un estado sino también para el consumidor, el usuario final quien también optimiza sus tiempos y ahorra dinero en consumo energético.

No solo se prioriza la urbanización organizada, también se tiene foco sobre el medio ambiente y los espacios verdes, reducción de emisiones de dióxido de carbono.

“Los datos son la materia prima del siglo 21”, Angela Merkel

Contras

Las ciudades inteligentes necesitan de gran inversión inicial, podríamos decir que es una inversión destinada a tecnología de largo plazo.

Los beneficios que brindan ciudades inteligentes pueden ser ofrecidos por empresas de los sectores tanto privado como público, podría depender de la situación económica del país.

Las personas pierden cierto grado de intimidad, ya que las aplicaciones que requiere una ciudad inteligente necesitan datos específicos de cada individuo para funcionar efectivamente, datos referentes a la ubicación, lugares que frecuenta y en qué horarios. Se observarán hábitos del consumidor constantemente para satisfacer sus necesidades.

Otro punto para destacar es el desecho electrónico que generaría una ciudad inteligente al cabo de un cierto tiempo. Deshacernos de los desechos electrónicos requiere de una gran espalda monetaria, es algo que tal vez no se contempla en el corto plazo y puede traer dificultades a largo plazo.

3. Ejemplos y antecedentes

En la actualidad contamos con distintos ejemplos de ciudades inteligentes y desde hace varios años se realizan distintos rankings. Entre ellos podemos encontrar el ranking anual de la IESE (Instituto de Estudios Superiores de la Empresa) de la Universidad de Navarra, que analiza las principales 174 ciudades del mundo, en 80 países. En su sexta edición publicada en 2019, posiciona a la ciudad de Londres como la principal Smart City, mientras que la Ciudad Autónoma de Buenos Aires se encuentra en la posición número 77.

3.1. Top 10 de Smart Cities

Las 10 principales Smart Cities según este ranking son:

- 1_ Londres, Reino Unido.
- 2_ Nueva York, Estados Unidos.
- 3_ Ámsterdam, Países Bajos.
- 4_ París, Francia.
- 5_ Reikiavik, Islandia.
- 6_ Tokio, Japón.
- 7_ Singapur, Singapur.
- 8_ Copenhague, Dinamarca.
- 9_ Berlín, Alemania.
- 10_ Viena, Austria.

En el Anexo “Ranking de Smart Cities IESE 2019”, podemos encontrar el listado completo.

3.2. Indicadores tomados en los rankings

Para poder entender este ranking veremos los distintos indicadores que se utilizan. Mejorarlos nos posibilitaría posicionar en un lugar más alto a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

3.2.1. Capital Humano.

Estos indicadores incluyen ciertos aspectos de los habitantes y su acceso a la educación primaria, secundaria y universitaria, al ocio, a los teatros, museos y galerías.

Una ciudad inteligente debe ser capaz de atraer el talento, de retenerlo y de impulsar las investigaciones y los avances tecnológicos.

La tabla a continuación contiene los indicadores contemplados y su descripción.

Tabla I: Indicadores de Capital Humano.

Nro.	INDICADOR	DESCRIPCIÓN/UNIDAD DE MEDIDA
1	Educación superior	Proporción de población con educación secundaria y superior.
2	Escuelas de negocios	Número de escuelas de negocios (TOP 100).
3	Movimiento de estudiantes	Movimiento internacional de estudiantes de nivel superior. Número de estudiantes.
4	Universidades	Numero de universidades de la ciudad que están en el top 500.
5	Museos y galerías de arte	Número de museos y galerías de arte por ciudad.
6	Escuelas	Número de escuelas públicas o privadas por ciudad.
7	Teatros	Numero de Teatros por ciudad.
8	Gasto en ocio y recreación	Gasto en ocio y recreación per cápita.
9	Gasto en ocio y recreación	Gasto en Ocio y reacción. Expresado en millones de dólares.
10	Gasto en educación	Gasto en educación per cápita

Fuente: Índice IESE Cities in Motion 2019, IESE business School, Universidad de Navarra.

3.2.2. Cohesión social

La cohesión social determina como una sociedad se siente parte de un grupo o posee una percepción de pertenencia. Dentro de una ciudad nos da una media de la interacción social y el nivel de convivencia.

Para poder realizar un índice de cohesión social se analiza la inmigración, el sistema de salud y la inclusión de los ciudadanos, el desempleo y la sanidad, entre otros.

La tabla a continuación contiene los indicadores contemplados y su descripción.

Tabla II: Indicadores de Cohesión social

Nro.	INDICADOR	DESCRIPCIÓN/UNIDAD DE MEDIDA
11	Mortalidad	Ratio de fallecimientos cada 100.000 habitantes
12	Criminalidad	Índice de criminalidad
13	Sanidad	Índice de sanidad
14	Desempleo	Tasa de desempleo (número de desempleados/Población activa)
15	Índice de Gini	Medición de la desigualdad social. Varía de 0 a 100 donde 0 es la situación de perfecta igualdad y 100 de perfecta desigualdad
16	Precio de la propiedad	Precio de la propiedad como porcentaje de ingreso
17	Mujeres trabajadoras	Ratio de mujeres trabajadoras en la administración pública
18	Índice de paz Global	Índice que mida el nivel de paz y la ausencia de violencia de un país o región. Los últimos puestos del ranking corresponden a países con alto nivel de violencia.
19	Hospitales	Numero de hospitales públicos y privados y centros de salud por ciudad.
20	Índice de felicidad	Índice que mide el nivel de felicidad de un país. Los valores más altos se corresponden con los países que tienen un mayor grado de felicidad global.
21	Proporción de esclavitud	Ranking que considera la proporción de personas en situación de esclavitud que hay en el país. Los países que ocupan las primeras posiciones son aquellos con mayor proporción.
22	Respuesta del gobierno ante situaciones de esclavitud	La variable mide cómo aborda el gobierno las situaciones de esclavitud en el país. Los primeros puestos del ranking se corresponden con países que tienen una respuesta más efectiva y exhaustiva.
23	Terrorismo	Numero de altercados vandálicos terroristas por ciudad en los últimos tres años.
24	Amigable para las Mujeres.	La variable pretende medir si una ciudad brinda un entorno amigable para la mujer en una escala de 1 a 5. Las ciudades con valor 1 presentan un entorno más hostil, mientras que aquellas que tienen valor 5 son ciudades muy amigables.
25	Suicidios	Ratio de suicidios por ciudad.
26	Homicidios	Ratio de homicidios por ciudad.

Fuente: Índice IESE Cities in Motion 2019, IESE business School, Universidad de Navarra.

3.2.3. Economía

Se incluyen aquí los aspectos que tienen relación con el desarrollo económico. Tales como la productividad, la facilidad para comenzar un negocio y la proyección del PBI, entre otras.

La tabla a continuación contiene los indicadores contemplados y su descripción.

Tabla III: Indicadores de Economía

Nro.	INDICADOR	DESCRIPCIÓN/UNIDAD DE MEDIDA
27	Productividad	Productividad laboral calculada como PIB / población ocupada (en miles).
28	Tiempo requerido para iniciar un negocio	Número de días naturales necesarios para hacer legalmente operable un negocio.
29	Facilidad para comenzar un negocio	Las primeras posiciones en el ranking indican un entorno regulatorio más favorable para la creación y el desarrollo de una empresa local.
30	Empresas matrices	Número de empresas matrices (headquarters) que cotizan en bolsa.
31	Motivación para iniciarse en TEA (total early-stage entrepreneurial activity)	Porcentaje de personas involucradas en TEA (es decir, emprendedores noveles y propietarios o gestores de un nuevo negocio) impulsadas por una oportunidad de mejora / porcentaje de TEA motivado por la necesidad.
32	Proyección del PIB	Proyección anual de crecimiento del PIB.
33	PIB	PIB en millones de dólares según los precios de 2016.
34	PIB per cápita	PIB per cápita según los precios de 2016.
35	Hipoteca	Hipoteca como porcentaje del ingreso. Se calcula como una proporción del costo mensual real de la hipoteca con respecto a los ingresos de la familia (estimados a través del salario mensual promedio). Cuanto menor sea ese porcentaje, mejor.
36	Glovo	La variable asume el valor 1 si la ciudad cuenta con el servicio de Glovo y 0 en caso contrario.
37	Uber	La variable asume el valor 1 si la ciudad cuenta con el servicio de Uber y 0 en caso contrario.
38	Salario	Salario por hora en la ciudad.
39	Poder de compra	Poder adquisitivo (determinado por el salario promedio) en la compra de bienes y servicios en la ciudad comparado con el poder adquisitivo en la ciudad de Nueva York.

Fuente: Índice IESE Cities in Motion 2019, IESE business School, Universidad de Navarra.

3.2.4. Gobernanza

Se utilizan para determinar la eficacia y la eficiencia de la administración, incluye las reservas, las embajadas, los edificios gubernamentales y el índice de percepción de corrupción.

Las cuentas públicas son de vital importancia en la gobernanza, ya que tienen incidencia en la calidad de vida de las personas. Van a determinar cómo se hace frente a los requisitos urbanos y a los ciclos económicos cambiantes.

La tabla a continuación contiene los indicadores contemplados y su descripción.

Tabla IV: Indicadores de Economía

Nro.	INDICADOR	DESCRIPCIÓN/UNIDAD DE MEDIDA
40	Reservas	Reservas totales en millones de dólares corrientes. Estimación a nivel urbano según la población.
41	Reservas por cápita	Reservas per cápita en millones de dólares corrientes.
42	Embajadas	Número de embajadas y consulados por ciudad.
43	Certificación ISO 37120	Establece si la ciudad posee o no la certificación ISO 37120. Las ciudades certificadas están comprometidas con la mejora de los servicios de la ciudad y la calidad de vida. Es una variable codificada de 0 a 6. El máximo valor lo poseen las ciudades que están certificadas desde hace más tiempo. El valor 0 es para aquellas sin certificación.
44	Oficinas de investigación	Número de oficinas de investigación y tecnología por ciudad.
45	Edificios Gubernamentales	Número de edificios y puestos gubernamentales en la ciudad.
46	Índice de fortaleza de los derechos legales	El índice de fortaleza de los derechos legales mide el grado en el que las leyes de garantía y quiebra protegen los derechos de los prestatarios y prestamistas, y, de ese modo, facilitan el otorgamiento de préstamos. Los valores van de 0 (bajo) a 12 (alto), donde las calificaciones más altas indican que las leyes están mejor diseñadas para expandir el acceso al crédito.
47	Índice de percepción de la corrupción	Los países con valores cercanos a 0 son percibidos como muy corruptos y los que tienen un índice cercano a 100, como muy transparentes.
48	Plataforma de datos abiertos	Describe si la ciudad tiene un sistema de datos abiertos.
49	Índice de desarrollo electrónicos (EDGI, por sus siglas en inglés)	El EGDI refleja cómo utiliza un país las tecnologías de la información para promover el acceso y la inclusión de sus ciudadanos.
50	Ranking de democracia	Ranking donde los países situados en los primeros puestos son aquellos considerados más democráticos.
51	Empleo en la administración pública	Porcentaje de población ocupada en Administración pública y defensa; educación; salud; actividades de servicio comunitario, social y personal; y otras actividades.

Fuente: Índice IESE Cities in Motion 2019, IESE business School, Universidad de Navarra.

3.2.5. Medio Ambiente

Una ciudad inteligente debe tener un crecimiento sostenible, es decir que debe satisfacer los requisitos presentes, sin poner en peligro las capacidades futuras para atender sus propias

necesidades. Por lo que se debe hacer hincapié en minimizar las emisiones de CO₂, mejorar la calidad del agua mediante métodos no invasivos, disminuir otras contaminaciones como la acústica y disminuir drásticamente los residuos, entre otras medidas.

La tabla a continuación contiene los indicadores contemplados y su descripción.

Tabla V: Indicadores de Medio Ambiente

Nro.	INDICADOR	DESCRIPCIÓN/UNIDAD DE MEDIDA
52	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂ por la quema de combustibles fósiles y la fabricación de cemento. Medido en kilotoneladas (kt).
53	Índice de emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂ por la quema de combustibles fósiles y la fabricación de cemento. Medido en kilotoneladas (kt).
54	Emisiones de metano	Emisiones de metano que surgen de actividades humanas como la agricultura y de su producción industrial. Medido en kt de CO ₂ equivalentes.
55	Acceso al suministro de agua	Porcentaje de la población con acceso razonable a una cantidad adecuada de agua proveniente de una mejora en su suministro.
56	PM _{2,5}	El indicador PM _{2,5} mide la cantidad de partículas en el aire cuyo diámetro es menor a 2,5 micrómetros (µm). Media anual.
57	PM ₁₀	El indicador PM ₁₀ mide la cantidad de partículas en el aire cuyo diámetro es menor a 10 µm. Media anual.
58	Polución	Índice de polución.
59	Índice de desempeño medioambiental (EPU, por sus siglas en ingles)	Mide la salud medioambiental y la vitalidad del ecosistema. Escala de 1 (malo) a 100 (bueno).
60	Recursos hídricos renovables	Fuentes de agua renovables totales per cápita.
61	Clima futuro	Porcentaje de aumento de la temperatura en la ciudad durante el verano previsto para el año 2100 si la contaminación por emisiones de carbono sigue incrementándose.
62	Residuos	Promedio de residuos municipales (basura) generados anualmente por persona (kg/año).

Fuente: Índice IESE Cities in Motion 2019, IESE business School, Universidad de Navarra.

3.2.6. Movilidad y transporte

La movilidad y el transporte afecta la calidad de vida de los ciudadanos.

Este es un problema recurrente en las urbes que crecen rápidamente. La sobrepoblación de automóviles, un sistema de transporte público deficiente o caro y la falta de calles, genera un impacto negativo en la población. Entre los indicadores que intervienen en esta medición

podemos encontrar el índice de tráfico, las estaciones de servicio, la longitud del sistema de subterráneo, entre otros.

La tabla a continuación contiene los indicadores contemplados y su descripción.

Tabla VI: Indicadores de Movilidad y Transporte

Nro.	INDICADOR	DESCRIPCIÓN/UNIDAD DE MEDIDA
63	Índice de tráfico	Consideración del tiempo consumido en el tráfico, la insatisfacción que genera, el consumo de CO ₂ y otras ineficiencias del sistema de tráfico.
64	Índice de ineficiencia	Estimación de las ineficiencias en el tráfico (como tiempos de viaje largos). Los valores elevados representan altas ineficiencias en conducción.
65	Índice de tráfico para desplazarse al trabajo	Índice de tiempo que considera la cantidad de minutos de viaje hacia el trabajo.
66	Bicicletas compartidas.	Este sistema muestra los servicios automatizados de uso público de bicicletas compartidas que ofrecen transporte de un sitio a otro dentro de una ciudad. El indicador varía entre 0 y 8, según el grado de desarrollo del sistema.
67	Longitud del sistema de metro	Longitud del sistema de metro por ciudad.
68	Estaciones de metro	Número de estaciones de metro por ciudad.
69	Vuelos	Número de vuelos de entrada (rutas aéreas) en una ciudad.
70	Tren de alta velocidad	Variable binaria que muestra si la ciudad tiene o no tren de alta velocidad.
71	Vehículos	Cantidad de vehículos comerciales en la ciudad (en miles).
72	Bicicletas por hogar	Porcentaje de bicicletas por hogar.

Fuente: Índice IESE Cities in Motion 2019, IESE business School, Universidad de Navarra.

3.2.7. Planificación urbana

Estos indicadores nos dan una medida de cómo se planifica el crecimiento urbano de una ciudad, está relacionado con la situación habitacional y es por ello por lo que se utilizan indicadores tales como el número de habitantes por hogar y la cantidad de edificios. De esta manera podemos tener una medida del hacinamiento de los habitantes.

La tabla a continuación contiene los indicadores contemplados y su descripción.

Tabla VII: Indicadores de Planificación urbana

Nro.	INDICADOR	DESCRIPCIÓN/UNIDAD DE MEDIDA
------	-----------	------------------------------

73	Bicicletas de alquiler	Número de puntos de alquiler o uso compartido de bicicletas, basado en lugares de estacionamiento donde se pueden recoger y dejar.
74	Porcentaje de población urbana con instalaciones sanitarias adecuadas	Porcentaje de población urbana que utiliza al menos servicios de saneamiento básico, es decir, instalaciones de saneamiento mejoradas que no se comparten con otros hogares.
75	Número de personas por hogar	Número de personas por hogar. Se considera la ocupación por hogar en torno a la media. De esta forma se puede estimar si una ciudad posee hogares sobreocupados o subocupados.
76	Rascacielos	Porcentaje de edificios considerados rascacielos (highrises). Un highrise es un edificio de al menos 12 pisos o 35 metros de altura (115 pies).
77	Edificios	Esta variable es un recuento del número de edificios terminados en la ciudad. Incluye estructuras tales como rascacielos, torres y edificios de baja altura, pero excluye otras diversas, así como edificios en diferentes estados (en construcción, en proyecto, etc.).

Fuente: Índice IESE Cities in Motion 2019, IESE business School, Universidad de Navarra.

3.2.8. Proyección internacional

Estos indicadores nos dan una medida de la apertura internacional que puede tener una ciudad. Si bien a priori no parecería tener un impacto en la calidad de vida de sus habitantes, debemos tener en cuenta que el turismo es uno de los principales ingresos de muchas ciudades y a medida que la ciudad se posiciona globalmente atrae a más turistas. Por lo que ciertos indicadores como la cantidad de aeropuertos y la cantidad de hoteles disponibles nos dan una medida de la apertura de una ciudad. Por otro lado, también se tienen en cuenta menciones en Internet y el número de congresos internacionales.

La tabla a continuación contiene los indicadores contemplados y su descripción.

Tabla VIII: Indicadores de Proyección internacional

Nro.	INDICADOR	DESCRIPCIÓN/UNIDAD DE MEDIDA
78	Mc Donald ´s	Número de establecimientos de la cadena McDonald´s por ciudad.
79	Número de pasajeros por aeropuerto	Número de pasajeros por aeropuerto en miles.
80	Fotos subidas Panoramio.	Ranking de ciudades según el número de fotos tomadas en ellas y subidas a Panoramio (comunidad donde se compartían fotografías en línea). Las primeras posiciones corresponden a las ciudades con más fotografías.
81	Número de congresos y reuniones	Número de congresos y reuniones internacionales que se celebran en una ciudad.

82	Hoteles	Número de hoteles per cápita.
83	Índice de restaurantes	El índice muestra los precios de comidas y bebidas en restaurantes y bares en comparación con la ciudad de Nueva York.

Fuente: Índice IESE Cities in Motion 2019, IESE business School, Universidad de Navarra.

3.2.9. Tecnología

Estos índices se refieren principalmente a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

Mejora la calidad de vida presente de sus habitantes y permite el crecimiento de las ciudades a nivel competitivo.

Existen otros aspectos que mejoran con el desarrollo de las TIC en distintos ámbitos, como la seguridad en la vía pública utilizando cámaras de video y alarmas monitoreadas que utilizan Internet.

La tabla a continuación contiene los indicadores contemplados y su descripción.

Tabla IX: Indicadores de Tecnología

Nro.	INDICADOR	DESCRIPCIÓN/UNIDAD DE MEDIDA
84	Twitter	Usuarios de Twitter registrados en la ciudad. Forma parte de la variable de redes sociales.
85	LinkedIn	Número de miembros en la ciudad. Forma parte de la variable de redes sociales.
86	Móviles	Número de teléfonos móviles en la ciudad a través de estimaciones según datos a nivel del país.
87	WIFI Hotspot	Número de puntos de acceso wifi globales. Representan las opciones para conectarse a Internet en la ciudad.
88	índice de innovación	Índice de innovación de la ciudad. Valoración de 0 (sin innovación) a 60 (mucho innovación).
89	Suscripciones a telefonía fija	Número de suscripciones a servicios de telefonía fija por cada 100 habitantes.
90	Suscripciones a banda ancha	Suscripciones a servicios de banda ancha por cada 100 habitantes.
91	Internet	Porcentaje de hogares con acceso a Internet en la ciudad.
92	Telefonía móvil	Porcentaje de hogares con teléfono móvil en la ciudad.
93	Web index	El índice web pretende medir el beneficio económico, social y político que los países obtienen de Internet.
94	Telefonía móvil	Porcentaje de hogares con algún tipo de telefonía.
95	Velocidad de Internet	Velocidad de Internet en la ciudad.

96	Computadoras	Porcentaje de hogares con Computadoras personales/PC en la ciudad.
----	--------------	--

Fuente: Índice IESE Cities in Motion 2019, IESE business School, Universidad de Navarra.

Como podemos ver en los listados anteriores, muchos indicadores se encuentran relacionados y muchos tienen puntos en común y todos hacen hincapié en la calidad de vida de sus habitantes. Por lo que una ciudad solo será inteligente en la medida en que sus ciudadanos tengan mayor calidad de vida.

3.3. Posicionamiento de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en el mundo.

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires se encuentra en la posición 77 del ranking IESE, sin embargo, podemos desglosar cada uno de los conjuntos de índices, esto nos ayuda a entender en qué se debe mejorar para lograr una mejor posición y por ende una mejor calidad de vida para los habitantes:

- Economía: Puesto Nro. 132.
- Capital Humano: Puesto Nro. 66.
- Cohesión social: Puesto Nro. 113.
- Medioambiente: Puesto Nro. 29.
- Gobernanza: Puesto Nro. 30.
- Planificación urbana: Puesto Nro. 19.
- Proyección internacional: Puesto Nro. 29.
- Tecnología: Puesto Nro. 110.
- Movilidad y transporte: Puesto Nro. 133

3.3.1. Posición de La Ciudad Autónoma de Buenos Aires en América Latina

El ranking de Smart Cities en Latinoamérica, según IESE, posiciona a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en el segundo lugar por detrás de Santiago de Chile. En el tercer puesto se ubica Montevideo, en el cuarto puesto San José de Costa Rica y en el quinto puesto Ciudad de Panamá.

3.3.2. Concentración poblacional en el Área Metropolitana de Buenos Aires

La República Argentina, al igual que la mayoría de los países de Latinoamérica, presenta una gran concentración poblacional en áreas urbanas.

Según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010, publicado por el INDEC, la ciudad de Ciudad Autónoma de Buenos Aires en conjunto con AMBA (Área metropolitana de Buenos Aires), conocida como “Gran Buenos Aires”, concentra 12.806.866 habitantes de un total de 40.117.096 habitantes.

Por otro lado, si analizamos las superficies, Argentina cuenta con una superficie total de 2.78 millones de Km², mientras que el gran Buenos Aires cuenta con una superficie total de 3.830 Km².

De esta manera, la República Argentina posee una concentración de 31,92% de habitantes en la zona de AMBA.

4. El Sistema de recolección de residuos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Se calcula que la población diurna de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, es decir la población propia de la ciudad más la gente que ingresa a trabajar desde A.M.B.A. (Área Metropolitana de Buenos Aires), genera 1,5 Kg de basura al día en promedio, completando un aproximadamente un total de 5000 toneladas.

Para dicha recolección, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires utiliza empresas privadas, divididas en 7 zonas, 6 zonas a cargo de empresas privada y una zona a cargo de la administración del Gobierno de la Ciudad.

En la figura a continuación, se puede observar un mapa de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, obtenido de la página del “Ente regulador de servicios públicos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires”. En el mismo se encuentran las divisiones territoriales de la prestación del servicio de recolección de residuos de cada empresa concesionaria.

Estas zonas también limitan los recorridos de los camiones de residuos.



Figura 1: División de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires para la recolección de residuos.

Las empresas que operan en cada zona son:

- AESA Aseo y ecología S.A.: Zona 1; comuna 1.
- CLIBA Ingeniería urbana S.A.: Zona 2; Comuna 2, Comuna 13 y Comuna 14.
- INDUSTRIAS METALURGICAS PESCARMONA SAI.C. y F: Zona 3: Comuna 11, Comuna 12 y Comuna 15.
- Ecohabitat S.A. y EMEPA S.A.- U.T.E: Zona 4; Comuna 9 y Comuna 10.
- Ashira Martín y Martín S.A.-UTE: Zona 6; Comuna 5, Comuna 6 y Comuna 7.
- Transportes Olivos SACIYF-Urbaser Argentina S.A. UTE: Zona 7; Comuna 3 y Comuna 4.

Estas empresas se adjudicaron en la “Licitación pública nacional e internacional n° 997-SIGAF/2013”, publicada en 2013 por la resolución 1262 2013 del Ministerio de ambiente y espacio público, por el periodo de 10 años.

Luego existe la Zona 5, operada por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

- Ente de Higiene Urbana: Zona 5. Comuna 8.

4.1. Contenedores

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires se encuentran dispuestos contenedores, aproximadamente cada 100 metros. Los cuales se utilizan para que los vecinos de la cuadra depositen los residuos. Los mismos se vacían una vez por día durante el recorrido de los camiones recolectores.

Hay distintos tipos de contenedores siendo los más comunes:

- Lateral
- Bilateral

Según lo informado oficialmente por el Gobierno de la Ciudad, actualmente la Ciudad Autónoma de Buenos Aires cuenta con 28.447 contenedores, divididos por zonas según la tabla siguiente:

Tabla X: Cantidad de contenedores según zona y comuna

zona	comuna	contenedor
3	11, 12 y 15	7097
4	9 y 10	4248
5	8	1300
6	5, 6 y 7	4079
1	1	2530
7	3 y 4	4105
2	2, 13 y 14	5088
	Total	28447

Fuente: data.buenosaires.gob.ar

4.1.1. Contenedor lateral

El contenedor más común en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Tiene una capacidad de carga de 3200 Litros.

Se opera por un lateral, de esta manera se requiere que la ubicación de los contenedores que recolecta un camión se encuentre del mismo lado. En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires se encuentran del lado derecho.



Figura 2: Contenedores de residuos laterales.

4.1.2. Contenedor bilateral

Tiene una capacidad de carga de 3200 Litros.

Estos contenedores se operan desde la parte superior y pueden ser elevados desde la izquierda o la derecha, para ser descargados en el camión.



Figura 3: Contenedores de residuos bilaterales.

En la actualidad se estima que en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires aproximadamente el 26% de los contenedores son bilaterales, pero hay planes de recambio de los contenedores laterales por bilaterales a futuro.

La ciudad también se cuenta con 18 contenedores “inteligentes”, los cuales tienen como diferencial, que se necesita una tarjeta para habilitar la apertura, evitando que se manipulen los residuos luego de ser depositados.

4.2. Camiones de recolección de residuos

Las empresas concesionarias poseen camiones adaptados a los distintos tipos de contenedores.

Siendo el camión más utilizado el Scania P250, equipados con un motor de 5 cilindros de 250 CV, con caja automatizada Opticruise.



Figura 4: Scania P250.

4.2.2. Capacidad de carga

La capacidad de carga de los camiones es de 25m^3 y poseen una capacidad de compresión de 1 a 5, permitiendo cargar hasta 5 veces su capacidad. De esta manera, cada camión puede recolectar aproximadamente 40 Contenedores.

4.2.3. Recorrido

Actualmente los recorridos de los camiones de recolección de residuos de sólidos urbanos son fijos y estáticos, realizando todos los días el mismo recorrido, independientemente del nivel de llenado de los contenedores.

4.2.3. Rutas

Según los datos oficiales obtenidos de la base de datos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, esta se divide en 113 rutas de recolección de residuos identificadas con un código de ruta. Estas rutas contienen varias empresas, abarcan distintas zonas y su longitud total representa el total recorrido por los camiones diariamente.

En e

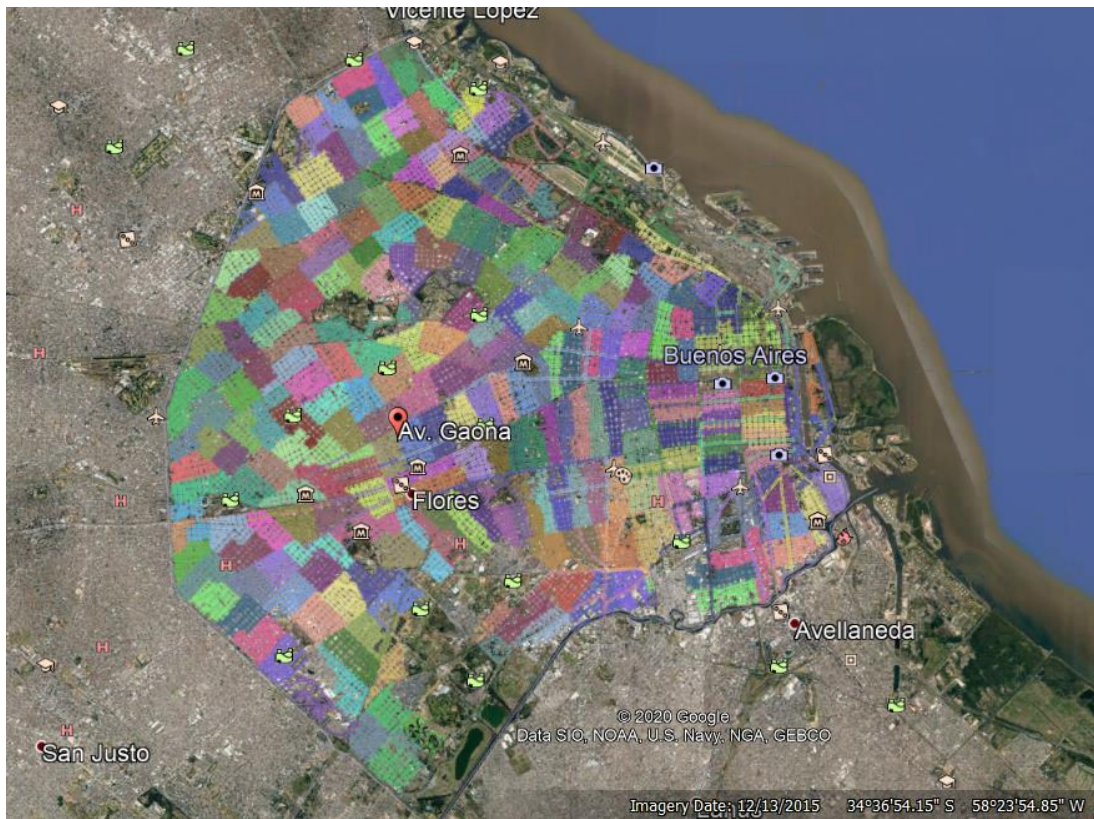


Figura 5: división territorial de las rutas de recolección

5. Solución Técnica

5.1. Marco Técnico Legal

Las Telecomunicaciones en Argentina son regulada por el Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM), quien regula el espectro radioeléctrico y sus limitaciones y que funciona en el ámbito de la Jefatura de Gabinete de Ministros de la Nación.

El GSM utiliza las frecuencias descritas en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Región 2 (RR UIT-R2), utilizando las frecuencias 850Mhz y 1900 MHz para Argentina y la mayoría de los países de América.

En la ciudad el Ente Único Regulador de Servicios Públicos es el que fiscaliza, regula y controla los servicios de la recolección de basura de contenedores entre otras cosas. Todo el residuo es enviado diariamente al sanitario CEAMSE.

El Ente único Regulador de Servicios Públicos controla que el servicio de recolección se haga en tiempo y forma, cumpliendo con una serie de protocolos establecidos. Estos controles se realizan con un sistema de monitoreo o por reclamo de usuarios. En caso de que se incumpla con la normativa, se aplican sanciones al prestador de servicios.

Según el marco regulatorio controlan el cumplimiento de las Leyes 4120, 1854 y su Decreto reglamentario 639/07 que constituyen el marco regulatorio del Servicio Público de Higiene Urbana (SPHU) de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

5.2. Descripción general de la solución

El sistema propuesto consta de varias etapas que iremos desarrollando a lo largo del capítulo, la descripción general de la solución integral es la siguiente:

En los contenedores se colocarán dispositivos con la capacidad de detectar el nivel de llenado. Estos dispositivos se conectan a la red GSM, mediante la cual informaran su estado.

Esta información llegará a un receptor ubicado en un servidor concentrador. Este servidor poseerá un software que recibirá la información, la clasificará y luego se conectará a servicios en la nube de Amazon donde almacenará la información de los contenedores llenos en una base de datos.

Cuando el conductor del camión recolector de residuos va a comenzar su recorrido, se loguea en la aplicación Mobile y ésta obtiene los datos de los contenedores llenos correspondientes a su recorrido desde la base de datos. Una vez obtenidos estos datos, se conecta con Google Maps para obtener el recorrido óptimo y lo muestra en pantalla, junto con la posibilidad de realizar la navegación.

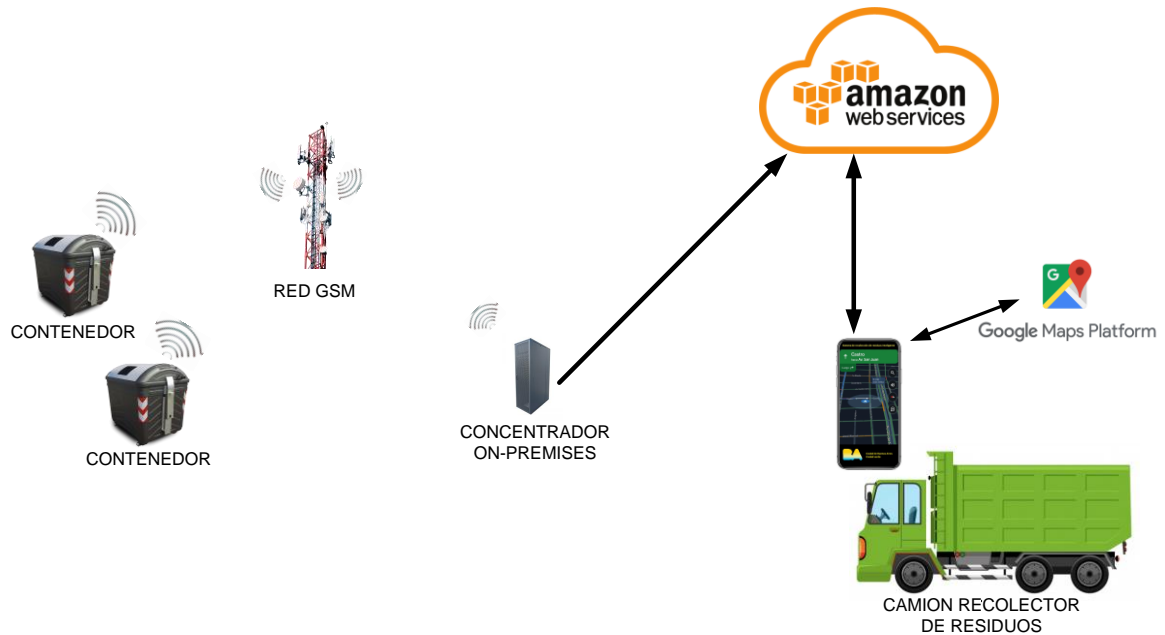


Figura 6: Esquema del sistema

5.3. Desarrollo del Hardware

Vamos a realizar un análisis técnico sobre los dispositivos utilizados para el desarrollo del producto final y mostraremos el proceso de análisis para dar con la solución definitiva y más conveniente.

Los dispositivos dentro de los contenedores reportarán información a un nodo central, creando un sistema unilateral de comunicaciones.

Durante todo el análisis, se trató de minimizar los niveles de jerarquía dentro de la red, debido a que al incrementarlos tendríamos que implementar una solución más compleja incluyendo más dispositivos o nodos intermedios aumentando los costos y dificultando la implementación y el mantenimiento.

5.3.1. Componentes analizados

5.3.1.1. Sensor de ultrasonido Hc-sr04

Consiste en la parte más sensible del sistema, que nos brindará información detallada del estado actual del contenedor, es decir el llenado de este. Por tal motivo es muy importante elegir un sensor que nos de información con un cierto grado de precisión, la necesaria para saber si debemos cambiar la ruta del camión.

Además de la precisión y eficiencia del sensor es importante ubicarlo de manera estratégica dentro del contenedor para que la información que brinde sea confiable.

En este proyecto utilizaremos sensores de ultrasonido. Son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y detectan objetos a distancias de hasta 8 m.

El sensor emite impulsos ultrasónicos, estos se reflejan en un objeto produciendo un eco que el sensor recibe y convierte en señales eléctricas, las cuales son procesadas por un chip que las traduce a tiempo. Estos sensores trabajan solamente en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, superficies y de diferentes materiales, solidos o líquidos.

El tiempo calculado es el que tarda el sonido en viajar del sensor al objeto y de nuevo al sensor.

La ventaja que presenta este tipo de sensor es que al no necesitar el contacto físico ofrece la posibilidad de detectar todo tipo de objetos, como los que se pueden encontrar en un contenedor de residuos.

Entre las posibles fallas podrían encontrarse las “zonas ciegas” y debido a ellos las “falsas alarmas”. La zona ciega es la zona comprendida entre el lado sensible del detector y el alcance mínimo en el que ningún objeto puede detectarse de forma fiable. Pero para la utilidad que presenta dentro de un contenedor no será un problema ya que detectaremos objetos a una distancia mayor a esa zona ciega.

En el mercado nacional encontramos dos tipos de sensores con sensibilidad de 2 y 3 mm que podrían aplicar a nuestro sistema, por lo tanto, priorizando el dispositivo más económico, elegimos el sensor de menor precisión ya que nos sobra eficiencia para su cumplir con su objetivo.



Figura 7: Sensor de ultrasonido

Funcionamiento:

Por lo general en estos tipos de sensores se transmiten frecuencias de 40Khz con un estrecho ancho de banda, entre 2 y 3 kHz.

La plaqueta tiene 4 pines, 2 para alimentación, Vcc y GND; uno para transmitir sonido y el otro para la recepción del Eco. El tiempo entre la emisión de sonido de alta frecuencia y la recepción del eco es fundamental para calcular la distancia que existe a un objeto.

$$Distancia = \frac{Vel.Sonido * Tiempo}{2} \tag{1}$$

Velocidad del Sonido = 343,2 m/s

Tiempo = T1 - T2

T1 = emisión ultrasonido

T2 = recepción ultrasonido

Si invertimos la división de la velocidad del sonido obtenemos el tiempo recorrido por cm:

$$\frac{1 \text{ segundo}}{343,2 \text{ m}} \tag{2}$$

$$\frac{1000000 \text{ u seg}}{34320 \text{ cm}} = 29,13 \text{ u seg/cm} \tag{3}$$

Entonces aplicando regla de 3:

$$29,13 \text{ u seg} = 1 \text{ cm} \tag{4}$$

$$Tiempo \text{ total (u seg)} = Distancia \text{ total}$$

La variable tiempo es calculada por el microcontrolador es decir que la variable Distancia total es la única incógnita y se calcula con una simple cuenta matemática.

Nuestro resultado final va a ser la distancia en centímetros, desde el sensor al objeto encontrado, es decir la mitad de la distancia total sabiendo que la onda de sonido recorre ida y vuelta.

$$T(uS) \times 1(cm) / 29,13(uS) = 2 \times D(cm) \quad (5)$$

$$D(cm) = T(uS) / (2 \times 29,13(uS)) \quad (6)$$

5.3.1.2. Unidad central de procesamiento – Modulo Arduino

Será la unidad pensante del sistema dentro del contenedor. Este módulo será el encargado de conectar todos los sensores y periféricos y correr el programa principal para su interpretación.

La lectura del sensor será interpretada por la unidad central y está a su vez se comunicará con el servidor central informando su estado.

Arduino es conocido por ser una plataforma para crear prototipos electrónicos que utilizan código abierto, una de sus mejores características es la relación con hardware y software flexibles y fáciles de usar.

Está pensado para cualquier rubro, no solo dentro del marco ingenieril, también es utilizado por cualquier interesado en crear objetos o entornos interactivos. Arduino puede detectar lo que sucede en su entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y controlar diversos componentes conectados.

El microcontrolador de la placa se programa usando un lenguaje propio de Arduino llamado APL (Arduino Programming Language), también pueden usarse librerías del lenguaje C++.

Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software conectados a una computadora, laptop o servidor.

Las placas se pueden ensamblar a mano o encargarlas preensambladas y utilizar un protoboard para realizar pruebas de ejecución, por otro lado, el software se puede descargar gratuitamente.

Los diseños diversos del hardware están disponibles bajo licencia open-source y se pueden adaptar según las necesidades.

A continuación, se muestran las dos placas más usadas de Arduino, el UNO con un tamaño estándar y el NANO con un tamaño reducido. Ambas tienen prestaciones similares, cambiando su conector de entrada de alimentación.



Figura 8: Placa Arduino UNO

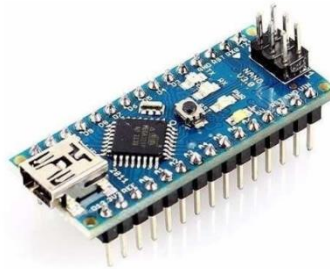


Figura 9 Placa Arduino NANO

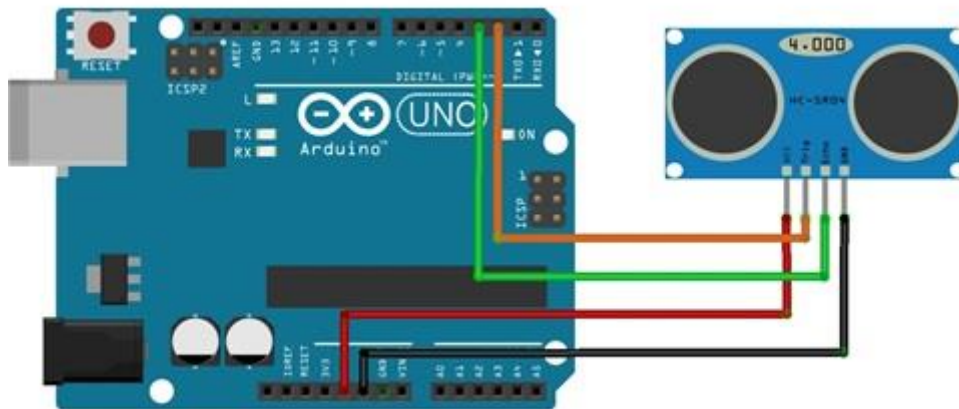


Figura 10: interconexión entre el Arduino UNO y el sensor de ultrasonido.

5.3.1.3. Fuente de alimentación

El sistema de alimentación deberá utilizar una batería para alimentar el Arduino y otra exclusivamente para el módulo GSM.

La decisión de alimentar al módulo GSM con una batería distinta a la del Arduino se debe a la alta variación de consumo que representa el encendido, en dicha instancia, su principal función es el de encontrar una antena móvil cercana para entablar un enlace.

Ambas baterías utilizadas serán de autonomía elevada pensando en reducir lo más posible las visitas de un técnico al contenedor. Para cumplir con este objetivo se utilizarán baterías de iones de litio y recargables.

Para alimentar el Arduino elegimos una batería con un voltaje de trabajo de 9 Volts, ya que la placa tiene entrada de tensión de entre 7 y 12Volts.

La placa Arduino tiene una salida de tensión de 5V capaz de proveer alimentación tanto al sensor de ultrasonido como al módulo GPS.



Figura 11: Batería 9V

Para alimentar el módulo GSM se utilizará una batería con tensión de 3.7V de tecnología Li-Ion.



Figura 12: Batería de Li-Po 3.7v

5.3.1.4. Modulo Reloj

El Arduino por cuenta propia solo procesa la variable “tiempo” en milisegundos, pero no sabe de fechas, por lo que necesitamos adicionar un módulo que trabaja en conjunto.

Para nuestro proyecto, este módulo cumplirá con un objetivo fundamental que es el ahorro de recursos mientras el sistema no es requerido.

El módulo Reloj DS3231 brindará información día y hora para determinar el momento preciso en el que se activará el proceso programado en Arduino. De esta manera, el sistema quedará en modo reposo hasta un cierto horario, en ese momento recibe un pulso analógico enviado por el Módulo reloj para activarlo y correr el programa principal. Luego de unos minutos, el sistema vuelve a reposo.



Figura 13: módulo DS3231.

5.3.1.5. Modulo GPS UBLOX NEO6

El módulo GPS permite obtener las coordenadas de ubicación y ser leídas por el programa principal corriendo en el Arduino.

Es un módulo de bajo consumo y tamaño reducido, ideal para aplicaciones de baja potencia y gran autonomía.

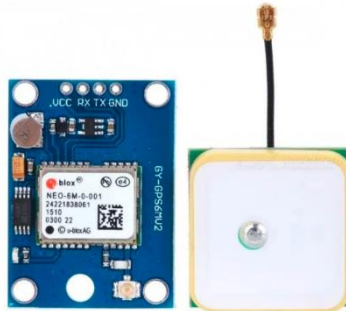


Figura 14: módulo GPS con Antena

5.3.1.5. Comunicación Inalámbrica

Haciendo un estudio minucioso de los componentes disponibles en el mercado, analizamos módulos que se ajustaran a nuestras necesidades.

Nos enfocaremos en módulos de baja transmisión de datos y bajo consumo.

Para cada tecnología detallamos los puntos favorables y sus desventajas como parte del análisis antes de la elección final.

Modulo RF (NRF24L01)

Hay varios modelos de módulos del NRF24L01 en el mercado, todos operan en la banda de 2.4GHz y son muy usados por su funcionalidad, bajo consumo y bajo costo. Los más populares son los que se muestran en la imagen siguiente, también es él más económico y de menor alcance. Aunque podemos utilizar la versión con antena omnidireccional solo alcanzaremos 100 mts en condiciones ideales.

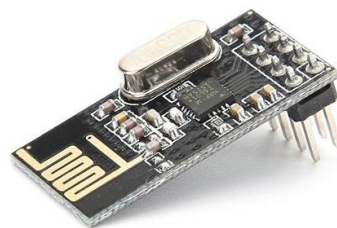


Figura 15: Modulo RF (NRF24L01)

Pros:

- Bajo costo
- No dependemos de una red de comunicaciones externa.

Contras:

- Rango de alcance muy limitado.
- Dependemos de colocar nodos intermedios cercanos a los contenedores, aumentando el costo total, la complejidad y los posibles puntos de falla.

Transceptor Lora

Muy relacionado a dispositivos IoT, es un módulo de chip integrado que utiliza técnica de modulación de espectro expandido con la capacidad de transmitir y recibir a largo alcance. Se utiliza para enviar datos de tamaño acotado, pero a mayor distancia ya que trabaja con frecuencias bajas de uso libre.

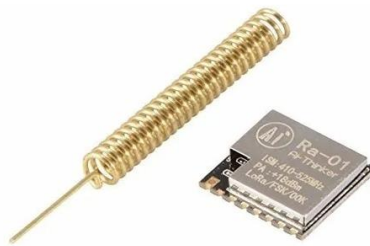


Figura 16: Transceptor Lora

Pros:

- Red independiente
- Mayor alcance que otros de sus competidores

Contras:

- Depende de un nodo intermedio.
- Costo elevado
- Alto consumo

Modulo Wifi (Esp8266)

Se trata de un chip integrado con antena Wifi y compatible con el protocolo TCP/IP. El objetivo principal es dar acceso de cualquier microcontrolador a una red.

La gran ventaja del ESP8266 es su bajo consumo. Es el producto ideal para dispositivos del IoT.



Figura 17: Modulo Wifi (Esp8266)

Pros:

- Mejor desempeño de comunicación
- No depende de nodos intermedios.
- Alta compatibilidad con las redes WIFI públicas.

Contras:

- Depende del área de cobertura WIFI en la ciudad
- Consumo alto y variable. Dependerá de factores como el modo en el que esté trabajando, de los protocolos que se estén utilizando, de la calidad de la señal Wifi y si transmite o envía información.

Modulo GSM (SIM800L)

Es un módulo que al igual que el anterior transmite y recibe información, pero utilizando la red GSM, válido también para la utilización de dispositivos IoT, muy utilizado como sistema de alarma o rastreador de ubicación.



Figura 18: Modulo GSM (SIM800L)

Pros:

- Utiliza la red GSM con muy amplia cobertura.
- No depende de un nodo intermedio.
- Eficiencia en la transmisión de datos

Contras:

- Pago de tarifa para el servicio móvil
- Depende de una red externa de comunicaciones y su mantención.

Módulo Sigfox

Es un operador de red global que implementa redes inalámbricas, pensado para conectar dispositivos de bajo consumo que necesitan estar continuamente funcionando con baja transferencia de datos.

Requiere un operador móvil para gestionar el tráfico. En Argentina es gestionado por la operadora WND Group.



Figura 19: Modulo Sigfox

Pros:

- Amplia cobertura
- Posibilidad de realizar conexiones entre dispositivos sin utilizar un nodo intermedio.

Contras:

- Costo alto.
- Servicio licenciado y gestionado por un tercero.

5.3.2. Pruebas

Con motivo de verificar el funcionamiento de los componentes propuestos realizamos varias pruebas de laboratorio que incluirán los componentes elegidos según las características nombradas anteriormente.

Para la comunicación, realizamos primero un análisis teórico basado en las comparativas anteriores, concluyendo que los que más se adaptan a nuestro proyecto son: el módulo de RF NRF24L01 y el módulo GSM, los cuales utilizamos para las pruebas de laboratorio detalladas a continuación.

5.3.2.1. Prueba técnica con modulo RF NRF24L01

La prueba consistió en la comunicación entre un transmisor (TX) y receptor (RX) , con un módulo de Radio Frecuencia de corto alcance en cada uno, realizando una conexión punto a punto.

Una vez realizada la conexión entre ambos puntos, fuimos separando el emisor del receptor con motivo de comprobar el alcance.

Cabe destacar que esta prueba la realizamos en condiciones ideales de temperatura y obstáculos, minimizando la interferencia de otras redes de 2,4Ghz.

También incluimos un sensor de ultrasonido en el emisor que mide distancias para simular el nivel de llenado del contenedor. Para ello colocamos objetos delante del sensor con distancias similares a las dimensiones del contenedor.

Para el emisor y el receptor realizamos las conexiones cableadas entre Arduino y módulo RF según el siguiente gráfico.

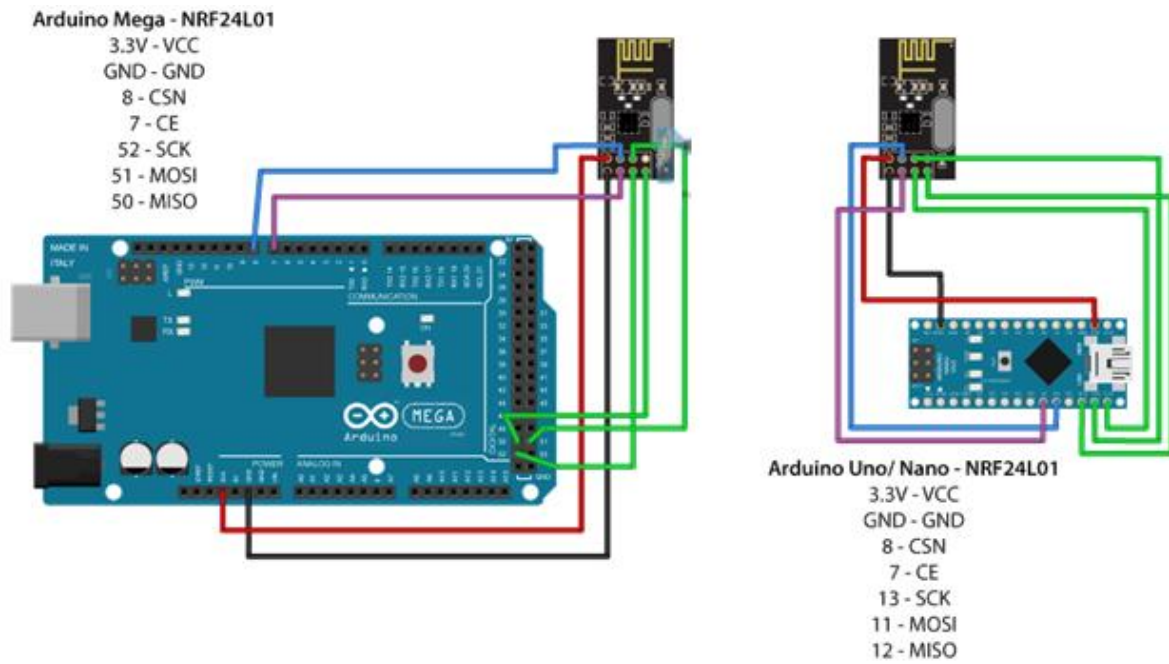


Figura 20: emisor y receptor con módulo RF

En la figura 20, se aprecia la conexión entre el modulo RF y el Arduino Mega del lado izquierdo (Emisor) y la conexión entre el modulo RF y el Arduino nano del lado derecho (Receptor). La figura ademas nos muestra que pines se utilizan para su correcta conexión y sus funciones.

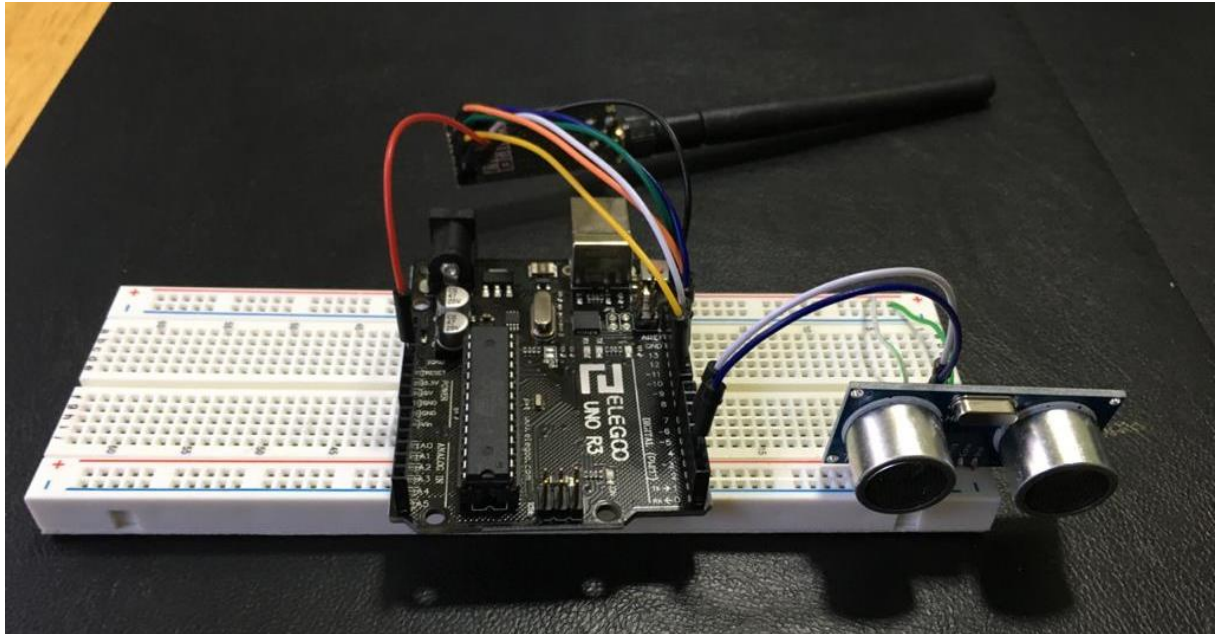


Figura 21: Simulación del Emisor conectado en el protoboard incluyendo el sensor de ultrasonido

En la figura 21 se observa una imagen de nuestras pruebas con el módulo RF y el sensor de Ultrasonido conectadas y funcionando. En este caso vemos el emisor encargado de informar el nivel de llenado del contenedor simulado y enviar la información al receptor.

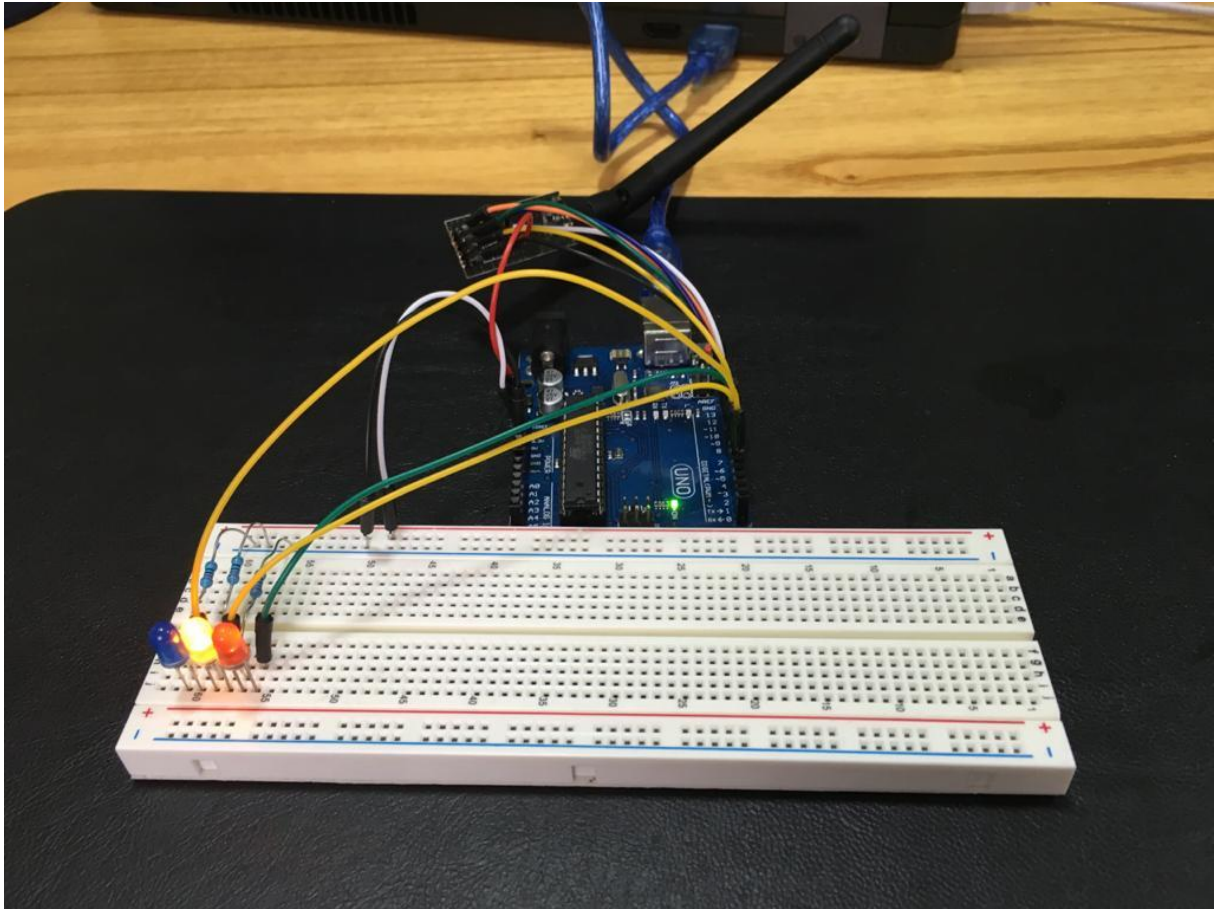


Figura 22: Simulación del Receptor conectado al protoboard y a una laptop vía USB

En la figura 22 se aprecia una imagen de la prueba del lado receptor quien recibe la información del llenado del contenedor y la representa localmente con leds de distintos colores. Azul si está vacío, amarillo si está parcialmente lleno y rojo si está lleno.

Utilizamos el software de Arduino para trasladar las funcionalidades que requeríamos al dispositivo. El lenguaje de programación es un derivado del C++, pero con herramientas que nos brindan simpleza en su escritura y declaración de variables.

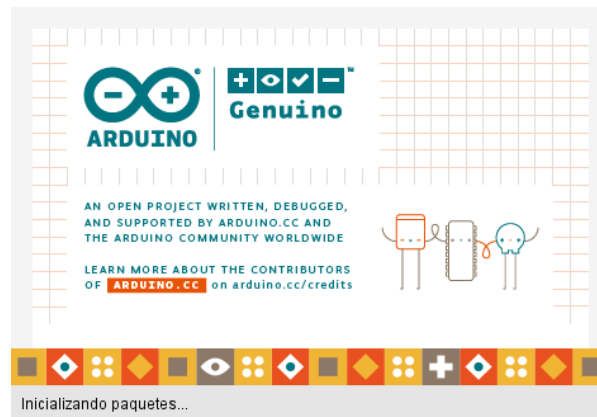


Figura 23: Software Arduino

Instalamos un código de programación distinto para cada módulo Arduino, uno de transmisión y otro de recepción, siendo el objetivo entablar una conexión entre el emisor y el receptor.

El código del programa principal para el Trasmisor y el receptor se encuentra en el Anexo C.

El sensor del emisor detecta el nivel de llenado y este nivel es tomado por la placa Arduino, que utiliza el módulo RF para traducir estos datos en Radio frecuencia modulada en 2,4GHZ.

En el receptor, esta señal es recibida por el módulo RF, la cual es tomada por el Arduino y mostrada en los leds y la pantalla de la laptop.

La programación en cada Arduino del Transmisor está pensada para obtener el menor consumo de energía en cada sitio remoto, por lo tanto, la mayor parte del procesamiento la realiza el Receptor, es decir el Arduino que utilizará la central ya que no tendrá restricciones de energía.

A continuación, podemos ver la imagen que obtuvimos de la pantalla del programa Arduino, donde visualizamos el tiempo de respuesta, datos de la distancia simulada de los residuos al sensor y estados del contenedor.

En la figura 24, se puede apreciar la comunicación entre el emisor (en la ventana izquierda se observan datos de la distancia entre el sensor y un objeto) y el receptor (en la ventana derecha se observa la información simulada del nivel de llenado del contenedor).

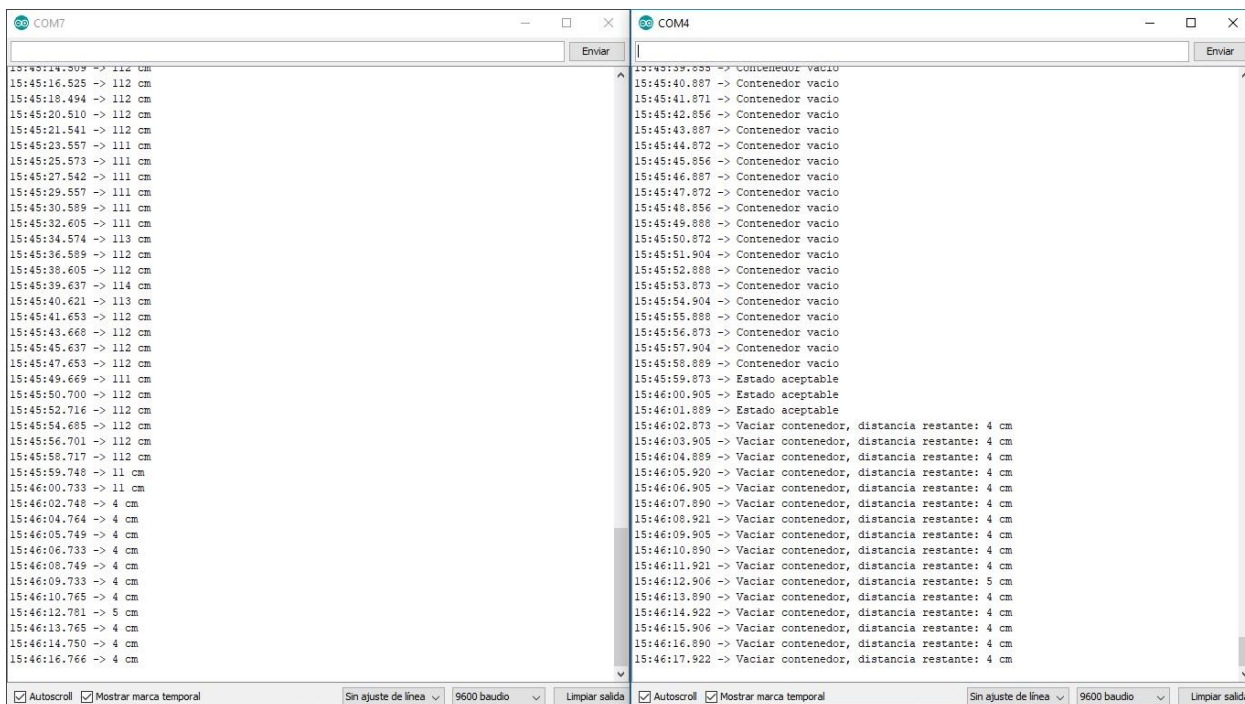


Figura 24: Devolución por pantalla del nivel de llenado informado

El resultado de las pruebas de conexión fue que casi no obtuvimos perdida de datos hasta los 100mts de distancia, siendo la comunicación aceptable hasta los 150mts.

5.3.2.2. Prueba técnica con modulo GSM

Para esta prueba, incorporamos un módulo GSM con antena, el cual se conecta a la red móvil que dispone la ciudad de amplia cobertura y de costo reducido.

La prueba consistió en el envío de un SMS desde un Transmisor, el cual contenía la información del nivel de llenado simulado con el sensor de ultrasonido.

Ese mensaje fue recibido utilizando un teléfono celular, el cual simuló módulo receptor.

Para el transmisor realizamos las conexiones que se pueden observar en la figura siguiente.

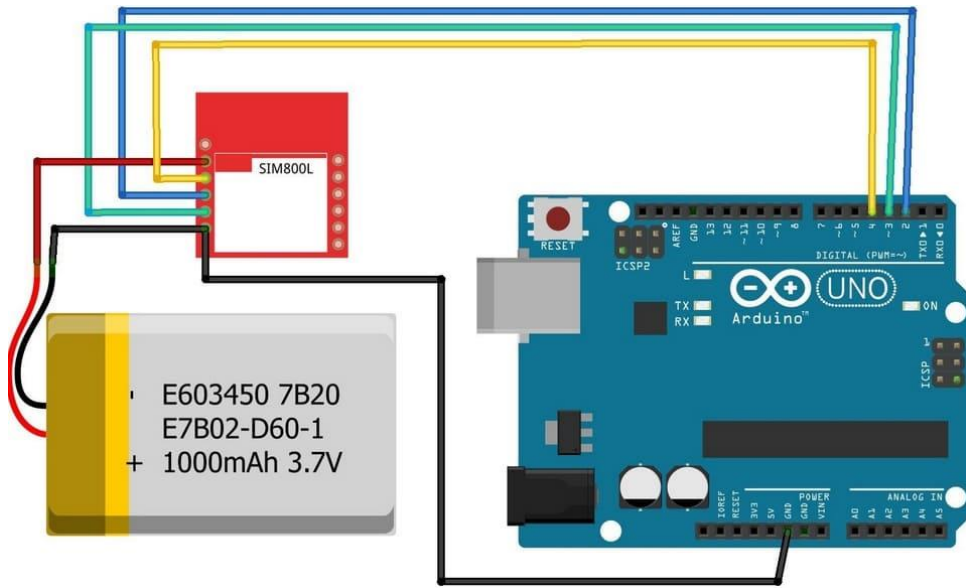


Figura 25: sistema emisor/receptor con módulo RF

En la figura 25 se puede observar la placa GSM alimentada por una batería de 3,7V y a su vez conectada al Arduino Uno. Se pueden apreciar los pines que se utilizaron en ambas placas para conectarlas y programar el código.

En la imagen siguiente se puede ver el circuito del emisor conectado en el protoboard. Incluyendo el incluye el sensor de proximidad (ultrasonido), placa SIM800L y el Arduino Uno.

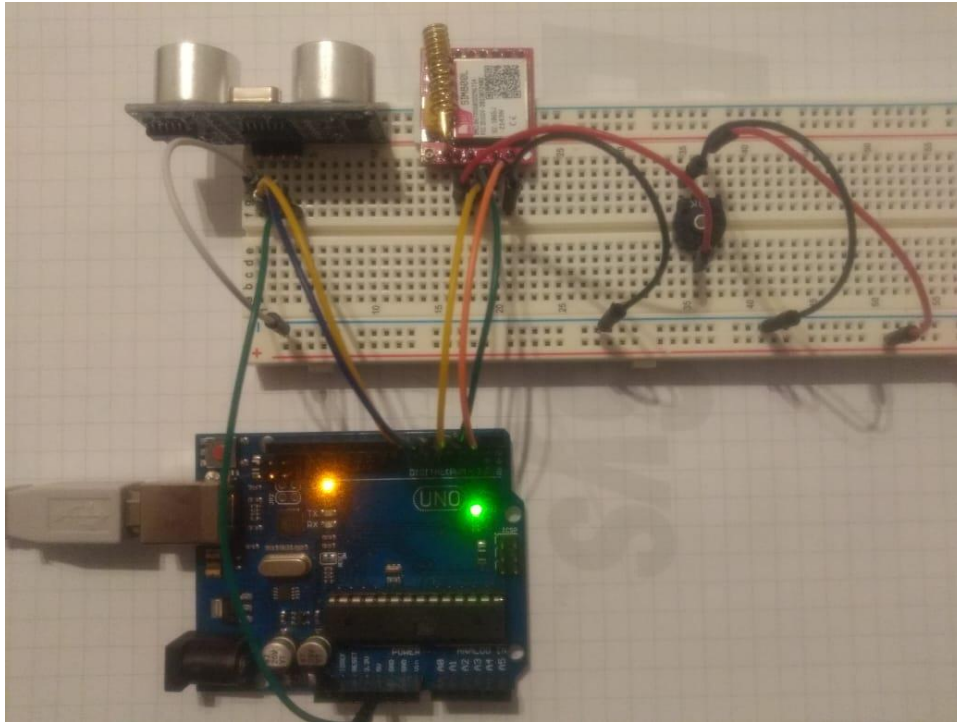


Figura 26: Circuito Emisor conectado al protoboard.

Para las pruebas realizadas se utilizó un protoboard, donde se montó la placa GSM y el sensor de Ultrasonido. Además se agregó un regulador de tensión para la entrada de la placa GSM necesaria para funcionar sin interrupciones. En la figura 26 se puede apreciar la placa Arduino conectada a los periféricos antes nombrados y corriendo el código.

Una vez construida la conexión cargamos el nuevo código a la placa Arduino, ya que ahora utilizaremos un módulo de comunicación distinto al anterior.

La placa SIM800L se configura en modo mensaje de texto a través del código cargado en la memoria de la placa Arduino. Luego escribimos el mensaje deseado para enviarlo. En este caso incluye las mediciones del sensor.

El código completo del programa principal se encuentra en el Anexo D.

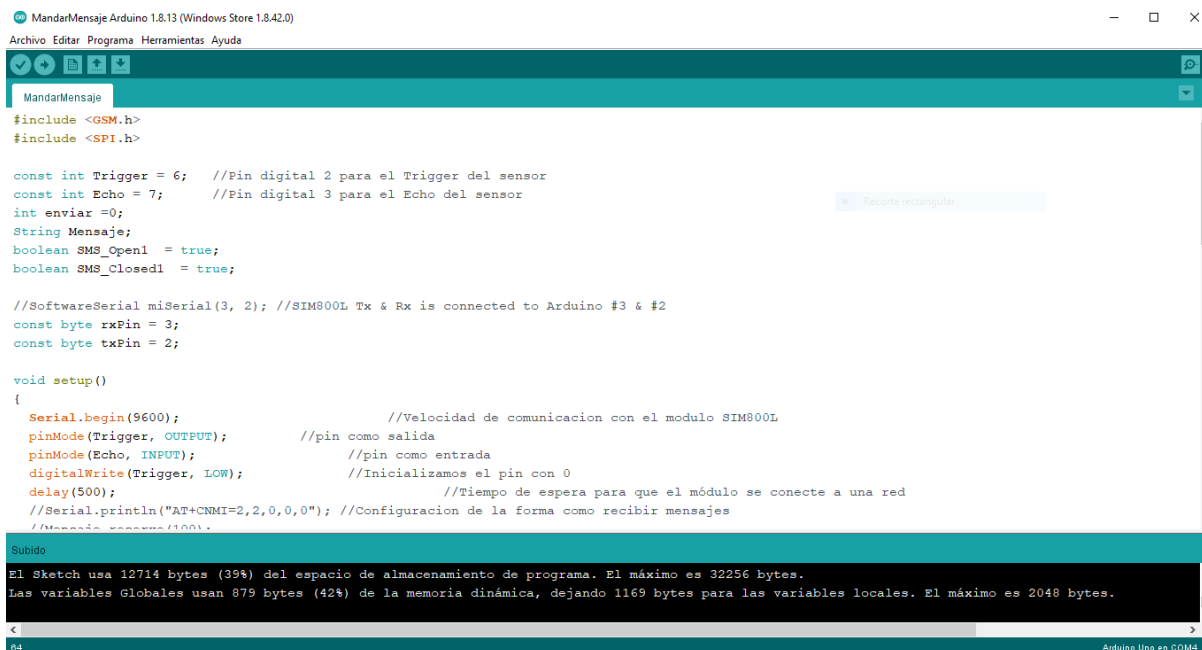


Figura 27: vista del código en el software de Arduino

En la figura 28, podemos ver la información que obtenemos localmente, la cual incluye la distancia entre los residuos y la base de la tapa del contenedor, comando para configurar la placa SIM en modo mensaje de texto, comando para indicar el número telefónico destino, información que contendrá el mensaje.

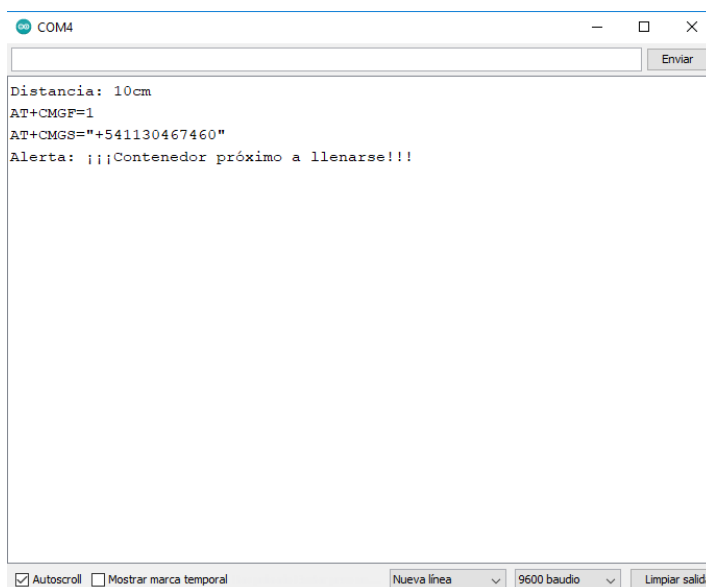


Figura 28: Mensaje obtenido localmente

Según las pruebas realizadas, se obtuvo el mensaje completo en varios sitios, demostrando una gran cobertura de la red y sin la necesidad de entablar una comunicación bidireccional entre el emisor y el receptor.

5.3.3. Conclusiones de las pruebas y definición de Tecnología

Durante la instancia de pruebas, tuvimos un buen acercamiento con el código de programación utilizando el software de Arduino y pudimos analizar la flexibilidad de los componentes propuestos.

En ambas pruebas pudimos comprobar la eficiencia del sensor de proximidad, conocer su sensibilidad y velocidad de reconocimiento y quedamos muy conformes con su funcionamiento.

En cuanto a los módulos de comunicación, realizamos las dos pruebas y concluimos que:

Si bien el módulo de RF funcionó correctamente, y sin fallas de datos, posee un muy corto alcance y nos vemos obligados a contemplar nodos intermedios, estos nodos agregan puntos posibles de falla y encarecen la solución. Por lo tanto, elegimos tecnología definitiva el módulo GSM, que, aunque necesita de una red externa para funcionar y mayor energía que los módulos RF, no requiere la instalación de nodos intermedios para funcionar correctamente, haciendo que la solución sea más económica y con menos posibles puntos de falla.

Aunque no pudimos realizar pruebas con todas las tecnologías antes nombradas destacamos y analizamos a Lora y Sigfox por sus condiciones técnicas y popularidad en el mercado. Ambas tecnologías no cumplían los objetivos de desarrollarlo en un ámbito urbano.

Con tecnología Lora, al igual que con el módulo RF, el alcance limitado de señal nos obliga a incorporar nodos encareciendo el sistema y aumentando la posibilidad de interrupciones en el servicio.

Sigfox tiene un sistema de servicio pago no muy confiable en áreas urbanas por su baja densidad de cobertura. Fue creado para conexiones de dispositivos de bajo consumo y en continuo funcionamiento, transmitiendo baja densidad de datos. Pero nuestro sistema no necesitará estar conectado las 24 horas del día, por lo que estaríamos desaprovechando energía la mayor parte del tiempo.

Debido a que solo necesitamos una comunicación unidireccional y que responda al menor gasto monetario posible, optamos por utilizar SMS para la comunicación de los dispositivos en los contenedores con el concentrador. Esto nos permite obtener la mayor compatibilidad posible con las redes instaladas en el país y en el resto del mundo, maximizando la posibilidad del sistema de ser utilizado en otras ciudades.

En figura 29, se muestra la conexión de los componentes en un sistema unidireccional entre los contenedores y el concentrador.

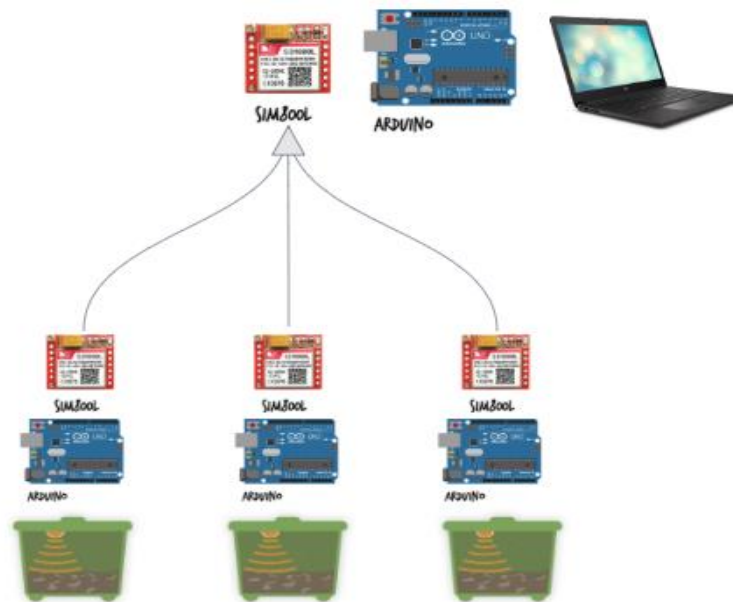


Figura 29: Conexión unidireccional mediante GSM.

5.3.4. Esquema definitivo dispositivo en el contenedor

Según el análisis realizado, el esquema definitivo para el dispositivo en el contenedor será el siguiente:

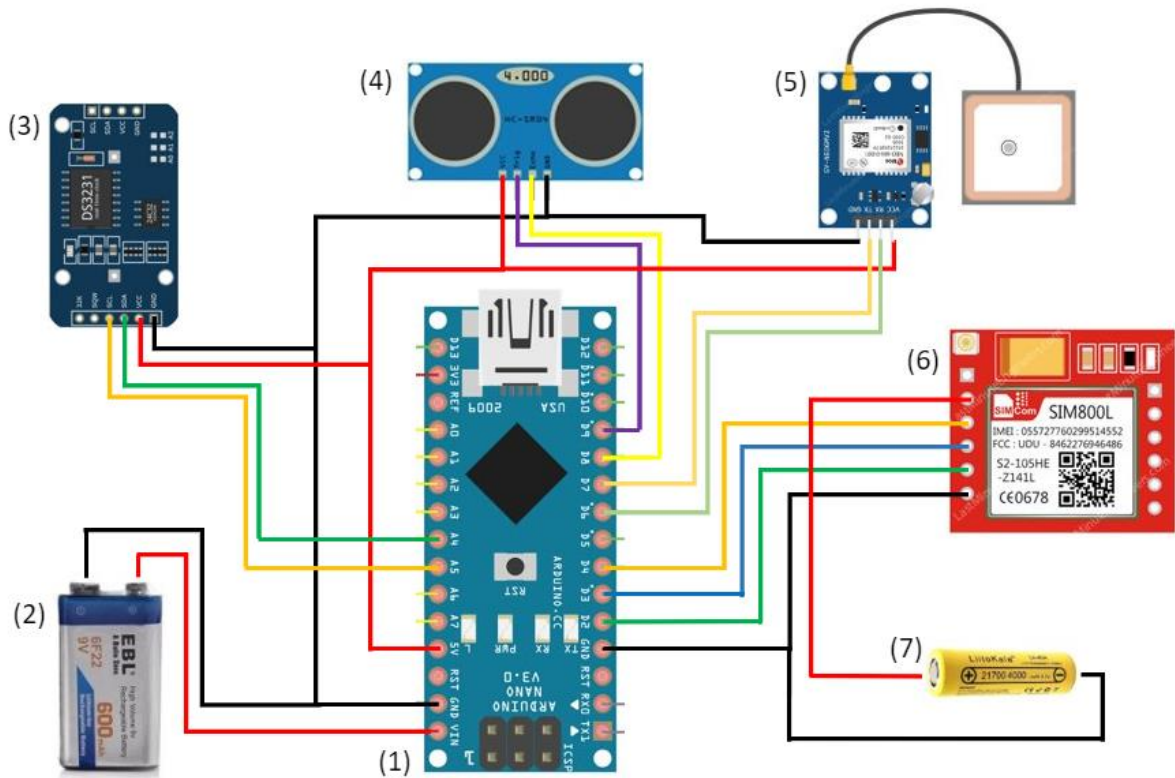


Figura 30: Conexión unidireccional mediante GSM.

La unidad central (1) comandada por Arduino Nano será alimentada por la batería de mayor voltaje (9V) (2), mientras que la placa GSM (6) por una batería de menor tensión (3.7V) (7).

El sensor de ultrasonido (4) brindará la información del nivel llenado del contenedor, la cual será leída e interpretada por la unidad central (1).

El código programado tomará los datos brindados por el sensor de ultrasonido (4) y el módulo GPS (5) en el momento que corra, luego los convertirá en formato de SMS para ser enviados por la placa GSM (6).

Las actividades nombradas transcurrirán solo en un horario especificado por el Clock (3), el resto del tiempo todo el sistema permanecerá en estado de reposo para el ahorro de energía.

5.3.5. Autonomía del dispositivo en el contenedor.

La autonomía del módulo en el contenedor nos indica el tiempo que podrá funcionar sin intervención en caso de que no sufra fallas.

Para calcular la autonomía tendremos en cuenta el consumo de cada componente y la capacidad de las baterías.

Dentro del código de Arduino usaremos una función que pone en modo de reposo tanto al microcontrolador interno como también a la placa GSM, obteniendo un consumo mínimo, despreciable con respecto al consumo de un orden 100 veces menor al consumo promedio.

A continuación, se puede observar los módulos conectados a cada batería con su consumo promedio y su duración en horas.

Tabla XI: Autonomía batería 9V

Batería 9V	
Modulo	Consumo promedio (mA)
Arduino nano V3.0	15
Sensor Ultrasonido HC-SR04	15
Reloj Tiempo Real RTC DS3231	15
Modulo GPS	11
TOTAL consumo	56
Capacidad batería (mAh)	600
Horas de duración	10,71428571

Tabla XII: Autonomía batería 3,7V

Batería 3.7V	
Modulo	Consumo promedio (mA)
Modulo GSM	350
TOTAL	350
Capacidad batería (mAh)	4000
Horas de duración	11,42857143

Teniendo en cuenta que el dispositivo en el contenedor se encenderá durante 3 minutos por día, tiempo suficiente para correr el programa e informar su estado, la autonomía en días puede ser calculada como:

$$\mathbf{Autonomia (días) = \frac{(Horas * 60 \left(\frac{mintos}{Horas}\right))}{3 (mintos/días)}} \quad (8)$$

$$\mathbf{Autonomia (días) = \frac{(10,71 * 60 \left(\frac{mintos}{Horas}\right))}{3 (mintos/días)} = 214,2 \text{ días}} \quad (9)$$

De la formula anterior podemos definir una autonomía de 7 meses.

Para el cálculo anterior se tomó en cuenta la autonomía menor dada por la batería de 9V.

5.4. Software

5.4.1. Análisis camino óptimo

Problema del Viajante. Descripción general.

Nos enfrentamos al conocido problema del viajante o TSP por sus siglas en inglés (Travelling Salesman Problem).

El postulado nos dice que deberemos encontrar el circuito más corto que un viajante deberá realizar para visitar n ciudades, cada cual se visita una vez.

Este es un problema computacional ampliamente estudiado, muy complejo de resolver, pero existen varias estrategias sobre cómo resolverlo.

Supongamos que tenemos un viajante que desea recorrer N cantidad de ciudades y ello presenta “ $N!$ ” caminos distintos. Es decir $N*(N-1)*(N-2)....$

Si tuviéramos que recorrer 3 ciudades, estaríamos analizando la posibilidad de 6 caminos distintos. Si tuviéramos que recorrer 4 ciudades, estaríamos analizando la posibilidad de 24 caminos distintos. Si tuviéramos que recorrer 5 ciudades, este número ascendería a 120 caminos distintos.

Como podemos ver, el problema presenta un incremento de caminos posibles de manera exponencial al aumentar las ciudades. Este tipo de problema se conocen como NP-Complejos.

Debido a esta característica se desarrollaron distintos algoritmos Heurísticos, es decir, algoritmos que utilizan técnicas determinadas para resolver el problema en el cual los métodos clásicos son lentos.

La analogía del TSP con nuestro sistema es que el camión recolector de residuos (nuestro viajante), debe recorrer una cantidad determinada de contenedores, buscando el camino óptimo entre ellos.

En la actualidad existen distintas APIs (Application Programming Interface/Interfaz de programación de aplicaciones), las cuales son conjuntos de subrutinas o funciones para ser utilizadas en el desarrollo de aplicaciones de software, que calculan la solución al problema del viajante sin necesidad de programar uno mismo el algoritmo. Siendo la más utilizada para los caminos urbanos y el tránsito “Google directions”, la cual utiliza Google maps como plataforma.

5.4.2. Desarrollo

El software será desarrollado bajo la modalidad llave en mano, es decir contrataremos a una empresa que lo desarrollará a medida y luego nos cobrará un mantenimiento mensual durante el tiempo de contrato. El costo de mantenimiento deberá incluir todos los sistemas cloud y APIs que utilicen.

5.4.2.1. Requisitos básicos (Requerimiento de negocio)

Dentro de la solución de hardware, utilizaremos un servidor on-premises al que denominamos “concentrador” (Descrito en la sección 5), el cual recolecta la información de los contenedores. El software deberá conectarse con el concentrador y obtener dicha información para luego calcular el camino óptimo.

Además, deberá incluir una aplicación móvil que posea una interfaz gráfica para mostrar el recorrido óptimo al conductor del camión recolector.

5.4.2.2. Especificación técnica

Luego de varias reuniones con los desarrolladores realizamos la especificación funcional técnica, esto es un detalle de la arquitectura de la solución de software, con la cual nos realizaron la cotización del desarrollo y mantenimiento.

La solución de software debe incluir:

- Cliente on-premises: Alojado en el concentrador, se conectará mediante una VPN Segura a los servicios cloud.
- Servicios cloud y serverless para la recepción y el resguardo de los datos
- Cliente Mobile.

5.4.2.2.1. Cliente on-premises

Será un software instalado en el servidor al que llamamos concentrador, el cual recibe los mensajes de todos los contenedores y se conecta con los servicios de AWS a través de Internet.

5.4.2.2.2. Servicios cloud

Se trata de servicios que se ofrecen a través de una red, generalmente a través de Internet, entre los cuales destacan: Servidores virtuales, servicios de almacenamiento, Bases de datos, redes virtuales, servicios de cómputo, servicios para desarrolladores, servicios de analíticos y machine learning entre otros.

Existen muchas compañías que brindan estos servicios, siendo las más populares AWS (Amazon Web Services), Microsoft AZURE y Google Cloud Services.



Figura 31: Servicios Cloud más populares

Los servicios cloud nos eximen de ocuparnos del hardware necesario y disponer de menor cantidad de personal de IT o personal calificado para su mantenimiento, ya que el hardware se encontrará en los datacenters del proveedor del servicio y será su exclusiva responsabilidad el mantenimiento, reemplazo de componentes dañados, ampliación y cualquier otro inconveniente.

Beneficios de los servicios Cloud

Entre los beneficios se encuentran:

- **Alta disponibilidad:** Es la habilidad de mantener los servicios corriendo, con poco tiempo de caída.
- **Escalabilidad:** Es la habilidad de ampliar o disminuir los recursos para una carga de trabajo específica (conocido como scaling out) o de agregar capacidades adicionales a un recurso existente para manejar un incremento en la demanda de dicho recurso.
- **Elasticidad:** Es la habilidad de ampliar o disminuir los recursos a medida que sea necesario. La diferencia con la escalabilidad es que la elasticidad se realiza automáticamente.
- **Tolerancia a fallos:** La habilidad de permanecer funcionando aun cuando un componente o servicio deja de funcionar.
- **Alcance global:** En líneas generales, los servicios web pueden ser utilizados desde cualquier lugar del mundo, salvo en los casos en los que las legislaciones no lo permiten.

Tipos de servicios Cloud

- **IaaS (infrastructure as a service):** Se trata de servicios virtualizados generalmente de networking e infraestructura, tales como Servidores virtuales y almacenamiento. Será responsabilidad del contratante de estos servicios administrar las capas superiores a dichos servicios, tales como sistemas operativos aplicaciones, acceso y datos.
- **PaaS (Plataform as a service):** Ofrece un mayor nivel de abstracción que IaaS, ya que quien contrata estos servicios, no necesitará preocuparse por la infraestructura como hardware y sistemas operativos, permitiendo concentrarse en desarrollo y administración de las aplicaciones.
- **SaaS (Software as a Service):** Ofrece un servicio de software que es suministrado y mantenido completamente por el proveedor. Quien contrata este tipo de servicios puede utilizarlos sin preocuparse por ninguna de las capas por debajo.

Un ejemplo de este tipo de servicios es Office 365, la suite de oficina de Microsoft que permite correr los programas directamente desde la nube y en explorador de Internet.



Figura 32: nivel de responsabilidad del proveedor del servicio cloud

Servicios Serverless

Un servicio Serverless nos permite correr el código de nuestra aplicación sin crear, configurar o mantener un servidor. Se encuentran englobados entre los PaaS. La idea de este tipo de servicio es dividir la aplicación en distintas funciones que se disparan con una acción específica.

Por este tipo de servicios se paga solamente por el tiempo de cómputo mientras se ejecutan.

Elección de los servicios Cloud para este proyecto.

La suite de servicios cloud elegida para proyecto es AWS (Amazon Web Services)

Dentro de esta Suite los servicios que utilizaremos son los siguientes:

AWS Lambda



Figura 33: Logo AWS Lambda

AWS Lambda permite la ejecución de código sin administrar ni aprovisionar servidores, pagando solo por el tiempo en el que se ejecute.

Luego cada Lambda puede ser ejecutado desde una aplicación o servicio con un fin específico.

Amazon Api Gateway



Figura 34: Logo Amazon Api Gateway

Este servicio permite simplificar la tarea de conectar aplicaciones a datos, ya que permite crear una Api que funcione como Gateway de acceso y egreso para que las aplicaciones puedan acceder a servicios o funcionalidades.

Desde este Gateway se administran todas las tareas de aceptación como: Administración del tráfico, monitorización y control de acceso y autorización.

Este tipo de servicios se paga durante el tiempo en el que es usado.

Amazon DynamoDB



Figura 35: Logo Amazon DynamoDB

Es una base de datos NoSQL en la nube, que cuenta con copia de seguridad, restauración automática en caso de desastres y seguridad integrada.

Permite escalar automáticamente en caso de mayor demanda y sincronizar los datos casi inmediatamente.

Amazon Cloud watch



Figura 36: Logo Amazon CloudWatch

Amazon Cloud Watch es un servicio de monitoreo para desarrolladores, el cual permite obtener información del funcionamiento de los servicios de AWS, permitiendo obtener informes de cambios de rendimientos, alarmas y otros datos necesarios para el correcto mantenimiento del sistema.

5.4.3.2.3. Aplicación Mobile

La aplicación Mobile es la aplicación que se instalará en los teléfonos de los choferes, esta aplicación será la encargada de mostrarles el camino optimo entre los contenedores llenos.

Se desarrollará para teléfonos Android.

La aplicación dispondrá de una interfaz de usuario que utilizará Google maps embebido para mostrar el camino a recorrer y utilizará la API Google Directions para realizar cálculo del camino óptimo.



Figura 37: Primer diseño conceptual

Google Directions API

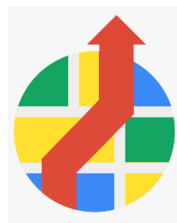


Figura 38: Logo Google Directions API

Esta API utiliza la base de Google maps para realizar los cálculos de camino optimo, solucionando el problema del viajero. Esta API simplifica el cálculo ya que funciona con solo cargarle las coordenadas.

5.4.3. Detalle de funcionamiento

Durante el día, en una cierta ventana de tiempo, el concentrador (1) obtendrá datos de los contenedores con el detalle de cuales están llenos o vacíos y sus coordenadas. Luego, el concentrador utilizará el software on-premises para conectarse a la nube de AWS (2) y enviará la información de los contenedores llenos. Dentro de AWS se utilizará un Lambda (3) con el fin de guardar la información en un servicio Amazon DynamoDB (4).

Cuando el chofer del camión va a comenzar su recorrido, se loguérá en la aplicación Mobile (5) con sus credenciales. En este momento, la aplicación realizará la consulta a la a la base de datos a través de un lambda (6), de esta manera obtendrá la información de los contenedores llenos correspondientes a la empresa y el área de trabajo de dicho chofer.

Una vez obtenidos estos datos, la aplicación utilizará la API de Google (7) para armar el recorrido optimo y mostrárselo al conductor del camión.

En la figura 39 siguiente podemos observar el esquema de la solución de software.

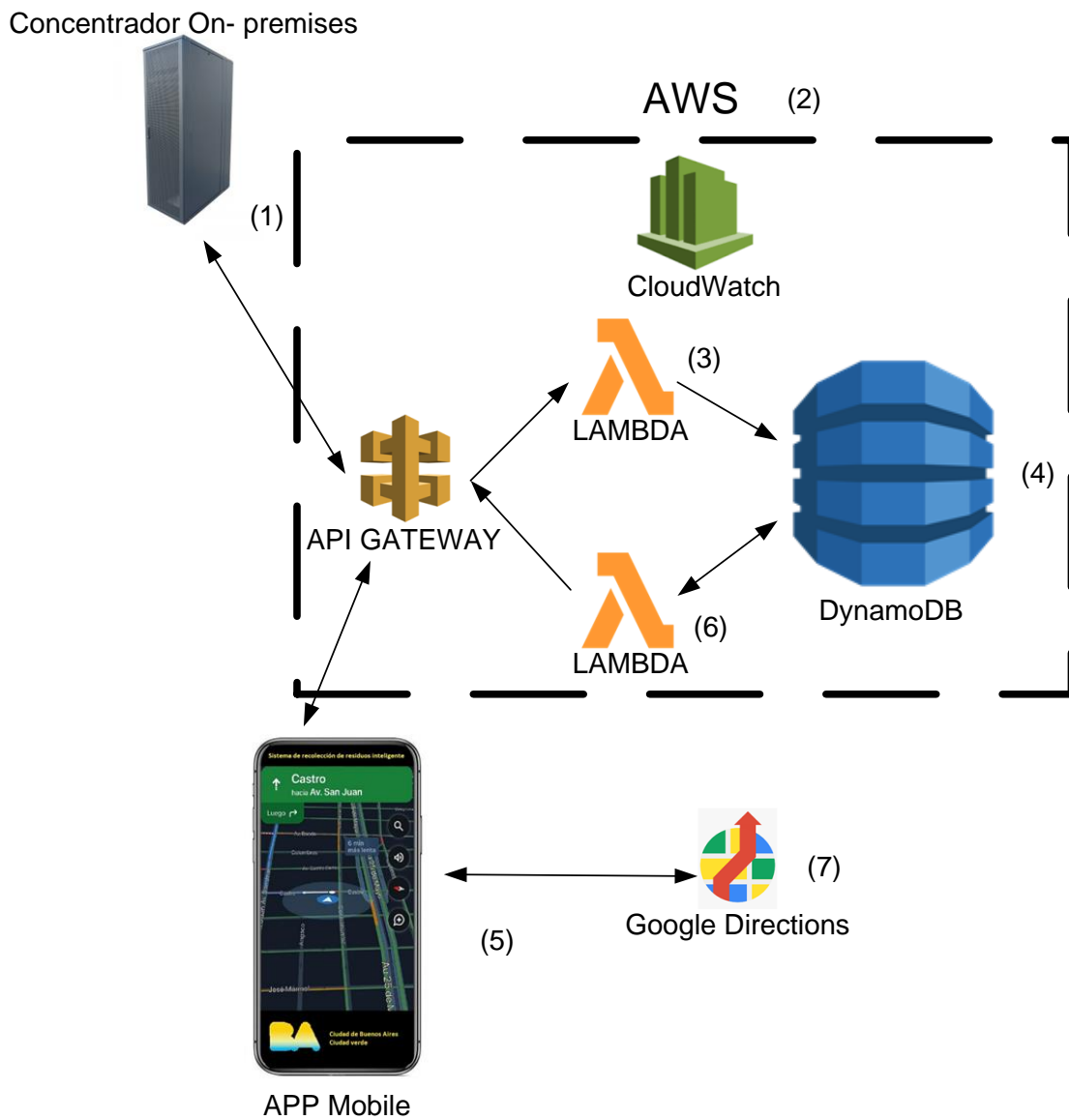


Figura 39: Esquema software

6. Estudio de campo y Simulación

Con motivo de analizar la efectividad del sistema, realizamos una simulación. La misma nos permitió obtener resultados sobre el ahorro obtenido al recorrer solo los contenedores llenos.

Recorrimos una zona elegida durante 30 días y revisamos el nivel de llenado de los contenedores de dicha zona. Documentando estos recorridos y los contenedores que cumplen con el criterio de “contenedor lleno”, luego utilizamos un software de escritorio, para obtener el camino óptimo entre los contenedores llenos, evitando de ser posible, el camino de los contenedores vacíos.

El software elegido fue WINQSB.

El objetivo fue obtener un resultado porcentual sobre el ahorro en comparación al camino óptimo para los contenedores de la zona elegida medido en distancia recorrida.

El ahorro en la distancia recorrida será la diferencia entre la distancia total y la distancia que nos devuelva el software para cada iteración.

El estudio constó de las siguientes etapas:

- 1) Elección de la zona de estudio.
- 2) Determinación de la ubicación y cantidad de contenedores.
- 3) Análisis del nivel de llenado de los contenedores y determinación de los puntos objetivo.
- 4) Resolución del camino óptimo utilizando el software WinQSB.
- 5) Análisis de los resultados.

6.1. Desarrollo

1) Elección de la zona de estudio.

Por motivos de logística elegimos una zona cercana a nuestros domicilios para poder realizar los recorridos.

También tomamos una zona que presente cierta regularidad de grillas de calles para simplificar los análisis en una etapa temprana.

La zona elegida se encuentra en el barrio de Boedo, Ciudad autónoma de Buenos Aires, entre las calles: Cochabamba, Muñiz, Castro Barros e Independencia.



Figura 40: Zona elegida

2) Determinación de la ubicación y cantidad de contenedores

Para determinar la posición de los contenedores realizamos un recorrido por la zona.

Encontramos que había 50 contenedores, nombrados según la calle en la que se encuentran en orden ascendente de acuerdo con el sentido de circulación de dicha calle.

La posición de dichos contenedores puede observarse en la siguiente imagen.

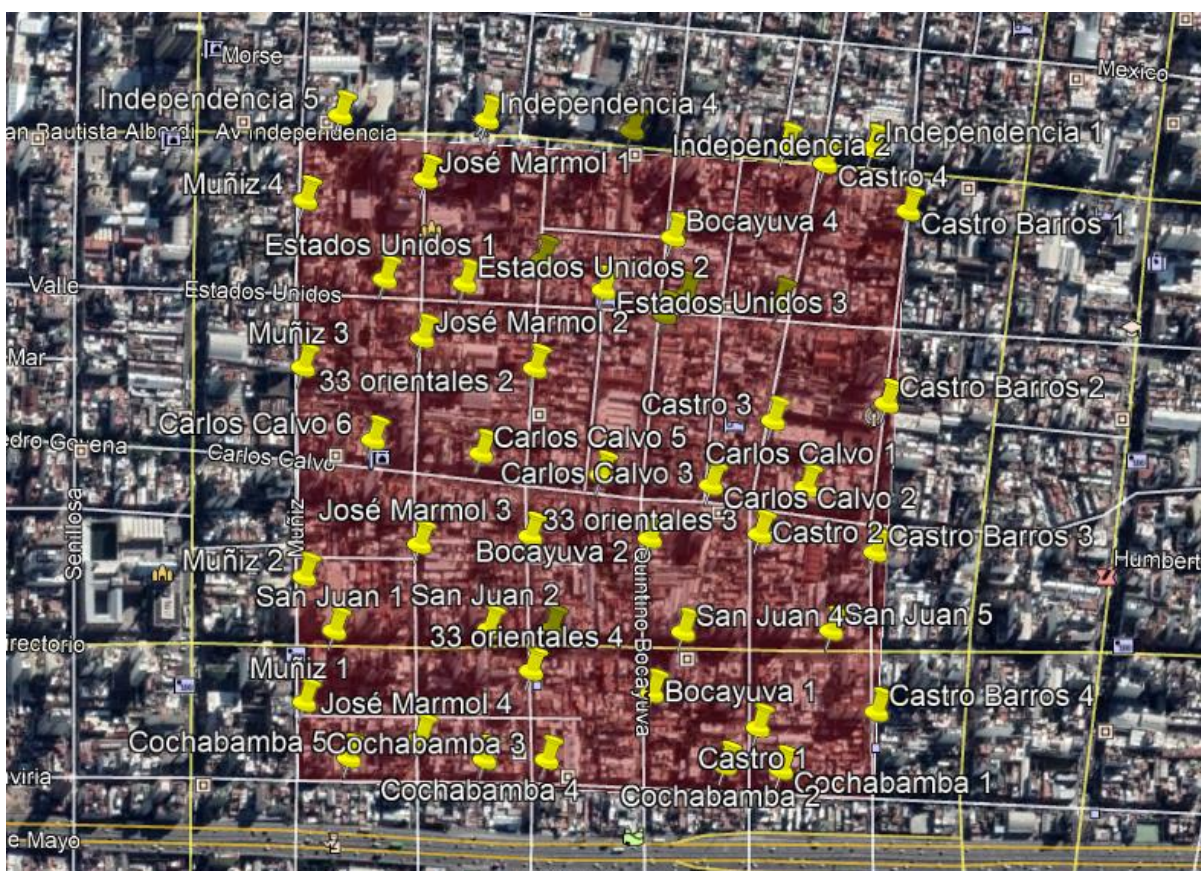


Figura 41: Ubicación de los contenedores en la zona elegida

3) Análisis del nivel de llenado de los contenedores y determinación de los puntos objetivo.

Durante 30 días realizamos recorridos relevando los contenedores de la zona elegida.

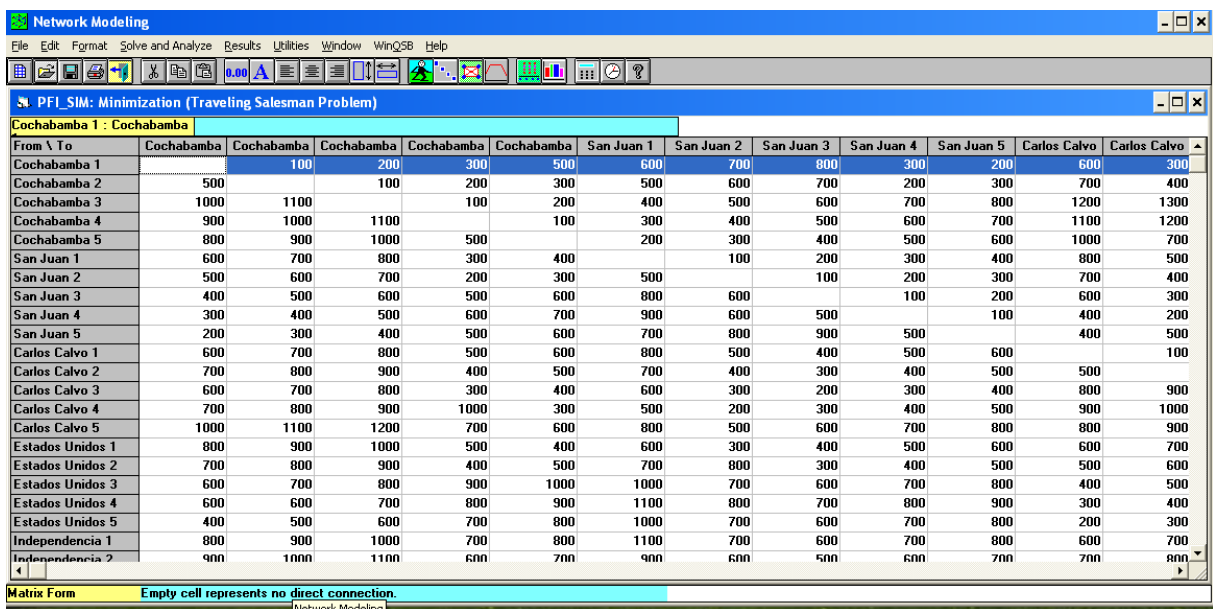
En el Anexo: “relevamiento de contenedores”, se puede observar el detalle del relevamiento realizado.

4) Resolución del camino óptimo utilizando el software WinQSB.

Para poder encontrar la solución al problema del viajero realizamos la carga en el software winQSB, colocando en cada celda la distancia entre cada contenedor y el resto de los contenedores, siempre teniendo en cuenta el sentido de las calles. De esta manera el software fue capaz de analizar el recorrido óptimo entre cada uno de los contenedores llenos utilizando el algoritmo del vecino más próximo.

En primer lugar, realizamos el estudio del camino óptimo para los 50 contenedores. El motivo de esta determinación fue calcular el camino óptimo con todos los contenedores para determinar el camino máximo, para luego realizar el camino óptimo solo con los contenedores llenos de cada día y calcular la diferencia.

Nos basamos en un estudio porcentual y para simplificar los cálculos tomamos 100 metros de distancia entre un contenedor y sus contiguos.



From \ To	Cochabamba	Cochabamba	Cochabamba	Cochabamba	Cochabamba	San Juan 1	San Juan 2	San Juan 3	San Juan 4	San Juan 5	Carlos Calvo	Carlos Calvo
Cochabamba 1		100										
Cochabamba 2	500		100									
Cochabamba 3	1000	1100		100								
Cochabamba 4	900	1000	1100		100							
Cochabamba 5	800	900	1000	500		200						
San Juan 1	600	700	800	300	400		100		200		300	400
San Juan 2	500	600	700	200	300	500		100	200		300	400
San Juan 3	400	500	600	500	600	800	600		100	200	300	400
San Juan 4	300	400	500	600	700	900	600	500		100	400	200
San Juan 5	200	300	400	500	600	700	800	900	500		400	500
Carlos Calvo 1	600	700	800	500	600	800	500	400	500	600		100
Carlos Calvo 2	700	800	900	400	500	700	400	300	400	500	500	
Carlos Calvo 3	600	700	800	300	400	600	300	200	300	400	800	900
Carlos Calvo 4	700	800	900	1000	300	500	200	300	400	500	900	1000
Carlos Calvo 5	1000	1100	1200	700	600	800	500	600	700	800	900	900
Estados Unidos 1	800	900	1000	500	400	600	300	400	500	600	600	700
Estados Unidos 2	700	800	900	400	500	700	800	300	400	500	500	600
Estados Unidos 3	600	700	800	900	1000	1000	700	600	700	800	400	500
Estados Unidos 4	600	600	700	800	900	1100	800	700	800	900	300	400
Estados Unidos 5	400	500	600	700	800	1000	700	600	700	800	200	300
Independencia 1	800	900	1000	700	800	1100	700	600	700	800	600	700
Independencia 2	900	1000	1100	600	700	900	600	500	600	700	700	800

Figura 42: Carga del software WinQSB

En la figura 42, se aprecia una de tabla de dos entradas cargada en WinQSB con las distancias entre los contenedores, siempre teniendo en cuenta la el sentido de circulación de las calles. En caso de cruzar informacion entre el mismo contenedor dicha celda se deja vacia.

En la tabla a continuación podemos observar los resultados para el camino con los 50 contenedores y luego para los siguientes días tomando solo los contenedores llenos.

En los días siguientes también podemos ver el resultado del camino óptimo en metros y los resultados diferenciales con respecto al recorrido para los 50 contenedores, en cantidad de metros y porcentuales. De estos resultados se obtiene un promedio que tomaremos como valor de análisis.

Tabla XIII: Resultados diarios de la simulación

	Distancia Recorrida (m)	Ahorro (m)	Ahorro (%)
Camino óptimo con los 50 contenedores	9100		
Dia 1	7700	1400	15.38%
Dia 2	7900	1200	13.19%
Dia 3	7100	2000	21.98%
Dia 4	9100	0	0.00%
Dia 5	7900	1200	13.19%
Dia 6	7900	1200	13.19%
Dia 7	7200	1900	20.88%
Dia 8	8800	300	3.30%
Dia 9	8200	900	9.89%
Dia 10	8400	700	7.69%
Dia 11	8500	600	6.59%
Dia 12	9100	0	0.00%
Dia 13	9100	0	0.00%
Dia 14	7700	1400	15.38%
Dia 15	8700	400	4.40%
Dia 16	9100	0	0.00%
Dia 17	8400	700	7.69%
Dia 18	7200	1900	20.88%
Dia 19	7900	1200	13.19%
Dia 20	9100	0	0.00%
Dia 21	6900	2200	24.18%
Dia 22	7700	1400	15.38%
Dia 23	8200	900	9.89%
Dia 24	7900	1200	13.19%
Dia 25	9100	0	0.00%
Dia 26	8000	1100	12.09%

Dia 27	9100	0	0.00%
Dia 28	9100	0	0.00%
Dia 29	8500	600	6.59%
Dia 30	7200	1900	20.88%
Promedio		876.67	9.63%

5) Análisis de los resultados.

Analizando la tabla anterior, podemos observar una gran variación en los resultados, esto tiene una correlación con la cantidad de contenedores que se encontraron llenos y con la posición de dichos contenedores ya que al tener en cuenta el sentido de la calle, en muchas ocasiones se deberá realizar un recorrido que tenga en su camino a un contenedor que no se encuentre lleno.

El resultado promedio sin embargo nos muestra un **9,63%** de ahorro diario.

Este resultado es el que utilizaremos para realizar los cálculos de ahorro del sistema.

7. Análisis FODA

El análisis FODA, es una herramienta de estudio que nos permitirá determinar si nuestro proyecto es lo suficientemente apto para ser implementado.

Basándonos en las características internas (Fortalezas y Debilidades) y la situación externa (Oportunidades y Amenazas), conoceremos detalles puntuales que subirán nuestras expectativas, pero a su vez tendremos que aceptar los defectos e implementar nuevas estrategias para amortiguar el posible impacto negativo.

Tabla XIV: Análisis FODA

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Información precisa y rápida • Ahorro de recursos y reducción de costos • Amigable con el medio ambiente • Sistema automatizado. • Sistema adaptable a cualquier ciudad con recolección de residuos por contenedor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado de mantenimiento. • Dispositivos con posibilidad de fallas. • Autonomía acotada a las baterías.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de un sistema de optimación de rutas. • Poca claridad en los recorridos de los camiones. • Necesidad del cuidado del medio ambiente. • Posicionamiento mundial como Smart City. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos similares con interés en insertarse en el país • Importación de repuestos limitada. • Vandalismo/ rotura. • Posible área sin señal / servicio. • Posible apagado de la red GSM.

A continuación se detallan las estrategias para eliminar las debilidades y para minimizar las Amenazas externas:

Debilidades:

- Costo elevado de mantenimiento: entre los costos de mantenimiento se encuentran el pago del servicio GSM para la transmisión de los SMS, El

recambio de baterías y otros repuestos, los costos de los servicios cloud y los costos de movilidad. La estrategia para afrontar esta debilidad, será negociar con los proveedores menores costos de los productos y los servicios utilizando la gran cantidad de equipos conectados.

- **Dispositivos con posibilidad de fallas:** Si bien los dispositivos que utilizaremos están ampliamente probados y utilizados internacionalmente, al estar compuestos de muchos módulos y sensores distintos, podemos tener fallas en alguno de ellos. La estrategia para afrontar esta debilidad, será la investigación constante de nuevas tecnologías, módulos o actualizaciones que nos permitan mejorar el rendimiento y la vida útil.
- **Autonomía acotada de las baterías:** La autonomía de los dispositivos colocados en los contenedores, es de vital importancia para el mantenimiento y determina por lo tanto la cantidad de personal abocado a dicha tareas. Mejorar la autonomía nos va a permitir reducir los costos de operación. La estrategia para afrontar esta debilidad será la de investigar nuevas tecnologías y tipos de baterías que nos permitan mejorar la autonomía.
- **Posible área sin señal / servicio:** dependiendo de la operadora de servicio puede ocurrir que justo el área donde se instale el contenedor de residuos no tenga cobertura móvil. También sería un posible problema si consideramos que la solución puede aplicarse a otras ciudades o pueblos alejados a la urbe.

Amenazas

- **Proyectos similares con interés en insertarse en el país:** con el avance de la tecnología, cada vez veremos más empresas que vuelquen su objetivo de negocio en el Internet de las cosas y la automatización. Posiblemente tendremos varios competidores y a lo largo del tiempo la tecnología siga mejorando, haciendo más eficiente el sistema de recolección. Para minimizar esta amenaza, deberemos posicionarnos rápidamente en el mercado y ofrecer soluciones adaptables a la infraestructura actual y que posean la capacidad de ser actualizables a tecnologías más modernas y masivas en el futuro.

- Importación de repuestos limitada: Actualmente muchos dispositivos y repuestos tecnológicos no son de fácil acceso y debemos esperar mucho tiempo para obtenerlos. La importación es un punto importante para la implementación a gran escala del proyecto y el mantenimiento rutinario del sistema. Para minimizar esta amenaza trataremos de anticipar las compras, teniendo en cuenta posibles atrasos en la entrega.
- Vandalismo/roturas: Actualmente, los contenedores son manipulados por muchas personas, desde los recicladores urbanos hasta indigentes o personas en situación de calle, comprometiendo la integridad del dispositivo y la eficiencia del sistema. Además el dispositivo podría sufrir vandalismo si se encuentra muy accesible. Para minimizar esta amenaza, investigaremos nuevos diseños para mayor protección y discreción del dispositivo.
- Posible área sin señal / servicio: Si bien para este sistema estamos considerando la red que más cobertura posee, algunos sectores podrían no tenerla. Para hacer frente a esta amenaza nuestro sistema será compatible con todas las operadoras disponibles.
- Posible apagado de la red GSM: Si bien no hay ningún indicio de las empresas o una iniciativa internacionales que indiquen el apagado de la red GSM, debemos estar preparados ya que es una red con muchos años de servicio. Para minimizar esta amenaza, nuestro sistema estará preparado para realizar el recambio del módulo de comunicación por tecnologías vigentes.

8. Análisis económico – Financiero

8.1. Enfoque del negocio

Nuestro sistema lo pensamos para ser ofrecido en primera instancia a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, con posibilidad de ampliarlo a otras ciudades con sistema de recolección de residuos similares.

En el año 2013 se adjudicó la “Licitación pública nacional e internacional n° 997-SIGAF/2013”, por la resolución 1262 2013 del Ministerio de ambiente y espacio público, que otorga a las empresas concesionarias un contrato por 10 años. Teniendo en cuenta los presupuestos actuales que se detallan a continuación, se plantea el ahorro de dinero que representaría la implementación del sistema.

La propuesta de este análisis es que la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, pueda destinar parte del presupuesto de la próxima licitación para contratar el servicio sin invertir dinero extra. Se espera que, en un plazo determinado, disminuya el gasto y le permita posicionarse como una ciudad más verde e inteligente.

Para nuestro modelo, la ciudad deberá invertir el monto correspondiente a todo el equipamiento que impacte directamente en la solución, es decir: los equipos que se van a instalar en los contenedores de residuos, los equipos que van a funcionar de concentradores de mensajes y los servidores.

La inversión necesaria en software, la realizaríamos nosotros con el fin de ser los propietarios. Por lo tanto, con el abono mensual, la ciudad estaría adquiriendo el licenciamiento para el uso de la aplicación mientras dure el contrato.

Nuestro servicio incluirá el mantenimiento del hardware y el software.

8.2. Valores mensuales empresas de recolección:

A continuación, se detalla por empresa los precios actuales que abona la ciudad por el servicio de recolección de residuos, informados por el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, mediante el Ministerio de Espacio público e Higiene Urbana correspondientes a las últimas redeterminaciones de precios.

Cada uno de ellos corresponde a la última actualización disponible en la Base de datos del boletín oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

8.2.1. Zona 1, AESA Aseo y Ecología.

La empresa AESA Aseo y Ecología, realizó en conjunto con el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires la 11° redeterminación de precios, con Acta el día 26 de Agosto de 2020. Los precios mensuales redeterminados retroactivos a Mayo de 2018 para la recolección domiciliaria expresados en Pesos, se detallan en la figura siguiente:

SERVICIO	VALORES MENSUALES AL MES DE ENERO DE 2018	11° REDETERMINACIÓN (MAYO 2018)
Recolección domiciliaria	53.166.989,17	57.695.382,32

Figura 43: Precio mensual recolección domiciliaria Servicio AESA Aseo y Tecnología.

Recolección domiciliaria			COEFICIENTE ANEXO II	OFERTA BASICA A VALORES DE 05/2018
COMPONENTE	INCIDENCIA	OFERTA BASICA A VALORES DE 01/2018		
Mano de Obra	54,21%	28.823.166,34	1,0530	30.350.969,75
Vehiculos y Repuestos	21,32%	11.335.763,32	1,1438	12.965.774,56
Combustibles y Lubricantes	3,48%	1.848.108,33	1,1472	2.120.073,75
Bolsas	0,00%	0,00	1,1892	0,00
Neumaticos	0,36%	192.037,60	1,1892	228.365,82
Ropa para Personal	0,24%	130.245,32	1,0365	134.994,52
Generales	3,03%	1.610.339,57	1,1687	1.881.954,73
SUBTOTAL		43.939.660,47		47.682.134,15
IVA	17,36%	9.227.328,70		10.013.248,17
TOTAL MENSUAL	100,00%	53.166.989,17		57.695.382,32

Figura 44: Precio mensual por Componente AESA Aseo y Tecnología, recolección Domiciliaria

8.2.2. Zona 2, CLIBA Ingeniería Urbana.

La empresa CLIBA Ingeniería urbana S.A, realizó en conjunto con el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires la 10MA redeterminación de precios, con Acta el 5 de Agosto de 2020. Los precios mensuales redeterminados retroactivos a de Mayo de 2018 para la recolección domiciliaria expresados en Pesos, se detallan en la figura siguiente:

SERVICIO	VALORES MENSUALES AL MES DE ENERO DE 2018	11° REDETERMINACIÓN (MAYO DE 2018)
Recolección domiciliaria	50.482.753,02	55.248.257,75

Figura 45: Precio mensual recolección domiciliaria CLIBA Ingeniería Urbana

Recolección domiciliaria				
COMPONENTE	INCIDENCIA	OFERTA BASICA A VALORES DE 01/2018	COEFICIENTE ANEXO II	OFERTA BASICA A VALORES DE 05/2018
Mano de Obra	47,93%	24.193.933,08	1,0542	25.506.094,95
Vehiculos y Repuestos	23,25%	11.738.238,27	1,1438	13.426.122,88
Combustibles y Lubricantes	3,87%	1.951.654,90	1,1472	2.238.858,11
Bolsas	0,01%	5.870,92	1,1892	6.981,57
Neumaticos	1,20%	603.679,50	1,1892	717.882,16
Ropa para Personal	0,13%	64.889,30	1,0365	67.255,39
Generales	6,27%	3.163.017,52	1,1687	3.696.522,09
SUBTOTAL		41.721.283,48		45.659.717,15
IVA	17,36%	8.761.469,53		9.588.540,60
TOTAL MENSUAL	100,00%	50.482.753,02		55.248.257,75

Figura 46: Precio mensual por Componente CLIBA, Recolección domiciliaria

8.2.3. Zona 3, INDUSTRIAS METALURGICAS PESCARMONA SAI.C. y F/Solbayres S.A.

La empresa SOLBAYRES (Anteriormente IMPSA S.A., cambio de denominación social aceptado mediante la Disposición Nro. 134-GCBA-DGLIM/20), realizó en conjunto con el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la 11° redeterminación de precios, con Acta el día 16 de Julio de 2020. Los nuevos precios mensuales para la recolección domiciliarias redeterminados retroactivos a de Mayo de 2018 expresados en Pesos, se detallan en la figura siguiente:

SERVICIO	VALORES MENSUALES AL MES DE ENERO DE 2018	11° REDETERMINACIÓN (MAYO 2018)
Recolección domiciliaria fracción húmeda	67.309.818,58	73.242.456,15

Figura 47: Precio mensual recolección domiciliaria IMPSA/SOLBAYRES.

Recolección domiciliaria fracción húmeda				
COMPONENTE	INCIDENCIA	OFERTA BASICA A VALORES DE 01/2018	COEFICIENTE ANEXO II	OFERTA BASICA A VALORES DE 05/2018
Mano de Obra	51,51%	34.672.045,23	1,0530	36.510.151,10
Vehiculos y Repuestos	23,64%	15.912.980,99	1,1438	18.201.167,27
Combustibles y Lubricantes	2,66%	1.792.103,01	1,1472	2.055.826,77
Bolsas	0,00%	0,00	1,1892	0,00
Neumaticos	0,43%	287.064,89	1,1892	341.371,15
Ropa para Personal	0,46%	311.717,98	1,0365	323.084,31
Generales	3,94%	2.652.037,13	1,1687	3.099.354,90
SUBTOTAL		55.627.949,24		60.530.955,49
IVA	17,36%	11.681.869,34		12.711.500,65
TOTAL MENSUAL	100,00%	67.309.818,58		73.242.456,15

Figura 48: Precio mensual por Componente IMPSA/SOLBAYRES., Recolección domiciliaria

8.2.4. Zona 4, Ecohabitat S.A. y EMEPA S.A.- U.T.E.

La empresa Ecohabitat S.A. y EMEPA S.A.- U.T.E, realizó en conjunto con el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la 11° redeterminación de precios, con Acta el 17 de Julio de 2020. Los nuevos precios mensuales para la recolección domiciliaria redeterminados retroactivos a de Mayo de 2018 expresados en Pesos, se detallan en la figura siguiente:

SERVICIO	VALORES MENSUALES AL MES DE ENERO DE 2018	11° REDETERMINACIÓN (MAYO DE 2018)
Recolección domiciliaria fracción húmedos	44.339.054,57	48.621.893,51

Figura 49: Precio mensual Recolección domiciliaria Ecohabitat S.A. y EMEPA S.A.- U.T.E.

Recolección domiciliaria fracción húmedos				
COMPONENTE	INCIDENCIA	OFERTA BASICA A VALORES DE 01/2018	COEFICIENTE ANEXO II	OFERTA BASICA A VALORES DE 05/2018
Mano de Obra	44,34%	19.658.712,57	1,0535	20.710.465,07
Vehiculos y Repuestos	32,35%	14.342.256,79	1,1438	16.404.582,83
Combustibles y Lubricantes	1,86%	825.949,03	1,1472	947.494,71
Bolsas	0,00%	0,00	1,1892	0,00
Neumaticos	0,41%	180.894,28	1,1892	215.115,44
Ropa para Personal	0,11%	47.335,97	1,0365	49.062,01
Generales	3,58%	1.588.698,11	1,1687	1.856.663,02
SUBTOTAL		36.643.846,76		40.183.383,07
IVA	17,36%	7.695.207,82		8.438.510,44
TOTAL MENSUAL	100,00%	44.339.054,57		48.621.893,51

Figura 50: Precio mensual por Componente Ecohabitat S.A. y EMEPA S.A.- U.T.E, Recolección domiciliaria

8.2.5. Zona 6, Ashira Martín y Martín S.A.-UTE.

La empresa Ashira Martín y Martín S.A.-UTE, realizó en conjunto con el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la 11° redeterminación de precios, con Acta el 7 de Septiembre de 2020. Los nuevos precios mensuales para la recolección domiciliaria redeterminados retroactivos a de Mayo de 2018 expresados en Pesos, se detallan en la figura siguiente:

SERVICIO	VALORES MENSUALES AL MES DE ENERO DE 2018	11° REDETERMINACIÓN (MAYO DE 2018)
Recolección domiciliaria	38.657.243,06	41.967.405,07

Figura 51: Precio mensual recolección domiciliaria Ashira Martín y Martín S.A.-UTE

Recolección domiciliaria			COEFICIENTE ANEXO II	OFERTA BASICA A VALORES DE 05/2018
COMPONENTE	INCIDENCIA	OFERTA BASICA A VALORES DE 01/2018		
Mano de Obra	50,39%	19.479.827,66	1,0526	20.505.063,13
Mano de Obra Peón General Barido	3,18%	1.229.097,36	1,0526	1.293.690,78
Vehiculos y Repuestos	18,00%	6.957.506,57	1,1438	7.957.952,12
Combustibles y Lubricantes	4,18%	1.614.624,15	1,1472	1.852.230,32
Bolsas	0,00%	0,00	1,1892	0,00
Neumaticos	1,72%	662.979,94	1,1892	788.400,92
Ropa para Personal	1,09%	421.812,10	1,0365	437.192,86
Generales	4,09%	1.582.376,98	1,1687	1.849.275,71
SUBTOTAL		31.948.134,76		34.683.805,84
IVA	17,36%	6.709.108,30		7.283.599,23
TOTAL MENSUAL	100,00%	38.657.243,06		41.967.405,07

Figura 52: Precio mensual por Componente Ashira Martín y Martín S.A.-UTE, Recolección domiciliaria

8.2.6. Zona 7, Transportes Olivos SACIYF-Urbaser Argentina S.A. UTE.

La empresa Transportes Olivos SACIYF-Urbaser Argentina S.A. UTE, realizó en conjunto con el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la 11° redeterminación de precios, con Acta el 17 de Julio de 2020. Los nuevos precios mensuales para la recolección domiciliaria redeterminados retroactivos a de Mayo de 2018 expresados en Pesos, se detallan en la figura siguiente:

SERVICIO	VALORES MENSUALES AL MES DE ENERO DE 2018	11° REDETERMINACIÓN (MAYO 2018)
Recolección domiciliaria	49.101.997,40	53.448.161,64

Figura 53: Precio mensual recolección domiciliaria Transportes Olivos SACIYF-Urbaser Argentina S.A. UTE

Recolección domiciliaria				
COMPONENTE	INCIDENCIA	OFERTA BASICA A VALORES DE 01/2018	COEFICIENTE ANEXO II	OFERTA BASICA A VALORES DE 05/2018
Mano de Obra	52,04%	25.551.725,38	1,0538	26.927.000,48
Vehículos y Repuestos	22,21%	10.905.444,82	1,1438	12.473.578,99
Combustibles y Lubricantes	3,25%	1.595.934,26	1,1472	1.830.790,05
Bolsas	0,15%	74.945,19	1,1892	89.123,14
Neumáticos	1,70%	835.491,45	1,1892	993.547,75
Ropa para Personal	0,48%	236.773,48	1,0365	245.407,08
Generales	2,81%	1.379.848,56	1,1687	1.612.586,93
SUBTOTAL		40.580.163,14		44.172.034,41
IVA	17,36%	8.521.834,26		9.276.127,23
TOTAL MENSUAL	100,00%	49.101.997,40		53.448.161,64

Figura 54: Precio mensual por Componente Transportes Olivos SACIYF-Urbaser Argentina S.A. UTE, Recolección domiciliaria

8.2.7. Resumen

De cada uno de los precios redeterminados, tomaremos para el análisis financiero los componentes que posean incidencia directa con los gastos de movilidad, dado que son los que más peso tendrán en el nivel de ahorro propuesto por la implementación del sistema.

Estos componentes son:

- Vehículos y repuestos.
- Combustibles y lubricantes.
- Neumáticos.

Cabe destacar que el ahorro propuesto del sistema tendrá incidencia en menor medida en los demás componentes, sin embargo, no serán considerados para el estudio financiero.

El porcentaje de ahorro determinado por el sistema, estimado en el punto 6 mediante el estudio de campo y la simulación fue de 9,63%.

En la tabla siguiente se pueden observar estos ítems con sus respectivos valores mensuales, expresados en Pesos y el ahorro total mensual propuesto por el sistema.

Tabla XV: cálculo de ahorro mensual para el sistema propuesto

Empresa	Componente	Valor Mensual
---------	------------	---------------

AESA Asero y Tecnología	Vehículos y repuestos	\$12.965.774,56
	Combustibles y lubricantes	\$2.120.073,75
	Neumáticos	\$228.366,82
SUBTOTAL		\$15.314.215,13
CLIBA Ingeniería urbana	Vehículos y repuestos	\$13.426.122,88
	Combustibles y lubricantes	\$2.238.858,11
	Neumáticos	\$717.882,16
SUBTOTAL		\$16.382.863,15
IMPSAT/SOLBAYRE	Vehículos y repuestos	\$18.201.167,27
	Combustibles y lubricantes	\$2.055.826,77
	Neumáticos	\$341.371,15
SUBTOTAL		\$20.598.365,19
Ecohabitat S.A. y EMEPA S.A.	Vehículos y repuestos	\$16.404.582,83
	Combustibles y lubricantes	\$947.491,71
	Neumáticos	\$215.115,44
SUBTOTAL		\$17.567.189,98
ASHIRA MARTIN Y MARTIN S.A.	Vehículos y repuestos	\$7.957.952,12
	Combustibles y lubricantes	\$1.852.230,32
	Neumáticos	\$788.400,92
SUBTOTAL		\$10.598.583,36
Transportes OLIVOS SACIYF- Urbaser Argentina S.A.	Vehículos y repuestos	\$12.473.578,99
	Combustibles y lubricantes	\$1.830.790,05
	Neumáticos	\$993.547,75
SUBTOTAL		\$15.297.916,79
TOTAL		\$95.759.133,60
Porcentaje de ahorro mensual		9,63%
Total, de Ahorro mensual		\$9.221.604,57

Fuente: <https://boletinoficial.buenosaires.gob.ar/>

Según el cuadro anterior, el ahorro mensual planteado por el sistema para las zonas controladas por empresas concesionarias es de \$9.221.604,57.

Este análisis excluye a la zona 5 controlada por el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, debido a que no se encuentran discriminados los costos en el boletín oficial.

8.3. Costos

Con el fin de poder realizar el análisis económico, se detallan a continuación los costos de todo el sistema.

Como detallamos en el punto 8.1: hay dos tipos de costos, en primer lugar están los costos asumidos por la ciudad y que significarán la inversión inicial y los costos asumidos por nosotros, que se utilizarán para el estudio financiero de la compañía.

8.3.1. Costos asumidos por la ciudad

8.3.1.1 Equipamiento de contenedor Unitario.

Tabla XVI: Costo Equipamiento de contenedor Unitario

Equipamiento de contenedor	
Elemento	Costo
Arduino nano V3.0	590,77
Sensor Ultrasonido HC-SR04	227,37
Reloj Tiempo Real RTC DS3231	286,31
Modulo GPS	1.331,51
Modulo GSM	998,62
Batería 9V recargable 600mAh	2.490,00
Batería 3,7V recargable 4000mAh	1.590,00
Carcaza - Caja estanca	1.000,00
Tarjeta SIM	79,00
Total \$	8.593,58
Total sin IVA \$	7.102,13
Total USD	78,91

8.3.1.2. Equipamiento en concentrador unitario.

Tabla XVII: Costos Equipamiento en concentrador unitario

Equipamiento de concentrador	
Elemento	Costo
Arduino nano V3.0	590,77
Modulo GSM	998,62
Carcaza - Caja estanca	1.000,00
Tarjeta SIM	79,00
Total \$	2.668,39
Total sin IVA \$	2.205,28
Total USD	24,50

8.3.1.3. Servidor concentrador

Tabla XVIII: Costos Servidor concentrador

Servidor concentrador	
Elemento	Costo
Dell T40	98.806,00
Windows Server	116.800,00
Total \$	215.606,00
Total sin IVA \$	178.186,78
Total USD	1.979,85

8.3.1.4. Total inicial asumido por la ciudad

Tabla XIX: Costos total inicial asumido por la ciudad

Costos total inicial Ciudad	Total USD
Equipamiento Contenedor	USD 2.601.274
Equipamiento Concentrador	USD 735
Servidor Concentrador	USD 1.980
Costo inicial Total	USD 2.603.989

8.3.2 Costos asumidos por la empresa.

8.3.2.1. Desarrollo del software

Tabla XX: Costos Desarrollo del software

	líder de Proyecto	Analista	líder de Desarrollo	Desarrollador	QA	Horas totales	Costo de Fase
HOURLY RATE	USD 60,00	USD 40,00	USD 55,00	USD 45,00	USD 30,00		
Requerimientos de negocio	12	12	12	0	0	36	USD 1.860,00
especificación Funcional Técnica	12	36	36	16	8	108	USD 5.100,00
implementación de Software	280	280	560	560	400	2080	USD 96.000,00
Testeo de sistemas	160	120	160	160	160	760	USD 35.200,00

Testeo de aceptación de usuario.	120	40	120	80	120	480	USD 22.600,00
						Costo Total Proyecto (USD)	USD 160.760,00

8.3.2.2. Costos variables directos.

Tabla XXI: Costos variables directos

Servicio	Costo			
	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL	USD
Mano de obra	8	\$75.000,00	\$600.000,00	USD 6.667
Baterías para recambio	1	\$90.000,00	\$90.000,00	USD 1.000
SMS	814410	\$1,78	\$1.447.092,15	USD 16.079
Combustible, lubricantes y repuestos	1	\$10.000,00	\$10.000,00	USD 111
Leasing autos	6	\$27.675,16	\$166.050,94	USD 1.845
Costo Total Mantenimiento			\$2.313.143,09	USD 25.702

8.3.2.3. Servicios Cloud.

Tabla XXII: Costos Servicios Cloud

Servicio	Costo
API Gateway	USD 7,00
Lambdas	USD 2,85
DynamoDB	USD 404,48
Google Directions API	USD 600,00
CloudWatch	USD 8,33
Auth	USD 0,14
Total Servicios Cloud	USD 1.022,80

8.3.2.4. Gastos Fijos indirectos.

Tabla XXIII: Gastos Fijos indirectos

1	Gastos de Administración	\$ 204.000	USD 2.267
1.1	Empleado administrativo	\$ 68.000	USD 756
1.2	Honorarios Contadores	\$ 68.000	USD 756
1.3	Honorarios RRHH	\$ 68.000	USD 756
2	Otros Gastos Generales	\$ 72.342	USD 804
2.1	Soporte software	\$ 72.342	USD 804
Total			USD 3.070

8.4. Análisis Económico-Financiero

A continuación, se detalla el análisis financiero, el cual incluye todos los flujos de dinero relacionados con los costos.

Tomaremos como marco un periodo de 5 años.

8.4.1. Resultado mensual

Tabla XXIV: Resultado mensual

ítem	Concepto	Flujo - mes	Detalle
1,1	Ventas	USD 42.759	Abono mensual por servicio
1,2	Costo Variable directo	-USD 26.724	Mano de obra; SMS; Leasing autos y Combustible, lubricantes y repuestos, servicios cloud.
1	Utilidad Bruta	USD 16.035	
2,1	Gastos de Administración	-USD 2.267	Incluye Empleado administrativo-Honorarios contables
2,2	Otros Gastos Fijos	-USD 804	Incluye soporte software
2	Gastos fijos indirectos	-USD 3.070	
3	EBITDA	USD 12.964	
3,1	Amortización Software	-USD 2.679	Recupero Inversión Software
4	EBIT	USD 10.285	
5	Impuestos	-USD 3.600	Impuesto a las ganancias 35%
6	RESULTADO MENSUAL	USD 6.685	

8.4.2. Flujo de Fondos anual – periodo 5 años

Tabla XXV: Flujo de Fondos anual – periodo 5 años

	Momento0	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5
Software	-USD 160.760					
EBITDA-Anual		USD 155.570	USD 155.570	USD 155.570	USD 155.570	USD 155.570
Impuestos		-USD 43.196	-USD 43.196	-USD 43.196	-USD 43.196	-USD 43.196
Flujo Total	-USD 160.760	USD 112.374	USD 112.374	USD 112.374	USD 112.374	USD 112.374

ROI 1,441

8.4.3. VAN Y TIR

VAN (Valor Actual Neto) y el **TIR** (Tasa Interna de Retorno) son dos conceptos utilizados para calcular la viabilidad de un proyecto y se basan en la estimación de flujos de fondos.

Podemos decir que si el VAN es mayor que cero, el proyecto es rentable.

Por otro lado el TIR deberá ser mayor al TNA para ser rentable.

Tabla XXVI: VAN y TIR

TNA Plazo fijo en USD (BNA)	0,75%
Cantidad de Años	5
TIR	64%
VAN	USD 388.684

De la tabla anterior se deduce que el proyecto es rentable dato que el TIR es 64% y el VAN es USD 388,684.

También calculamos que el retorno de la inversión será de 1,4 años.

Por último, calculamos que el retorno de la inversión para el Gobierno de la Ciudad, en caso de que incluya este servicio sería de 3,6 años, potenciando la posibilidad de compra del sistema.

9. Conclusiones

Desde el punto de vista internacional, una Smart City es una ciudad que utiliza distintos medios para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Ante el avance de la concentración poblacional en las grandes urbes, es imperativo comenzar a utilizar la tecnología para aumentar la eficiencia en el uso de los recursos disponibles. También es de enorme importancia el cuidado del medio ambiente.

Bajo estas premisas, una de las problemáticas es la gestión de los residuos. Realizamos un análisis de factibilidad para implementar un sistema inteligente que optimice las rutas en la recolección.

En primer instancia relevamos el servicio de recolección de residuos actual, incluyendo la logística, cada una de las partes involucradas y su costo, para diseñar una posible solución técnica.

Una vez diseñado el sistema, analizamos el ahorro en el que incurriría en caso de implementarlo. Con estos datos realizamos un análisis económico-financiero para ver la viabilidad del proyecto y su rentabilidad.

De estos análisis concluimos que el sistema es viable y rentable para nuestra empresa, y el nivel de ahorro que plantea, permitiría que ciudad recupere la inversión en el mediano plazo.

Cabe destacar que además de los beneficios económicos, existen beneficios ambientales, ya que la disminución de los recorridos de los camiones reduce la emisión de gases a la atmosfera y la contaminación sonora, mejorando la calidad de vida de los habitantes. Esto permitiría a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires posicionarse más alto en los rankings internacionales de Smart Cities y ciudades verdes.

La perspectiva a futuro es presentar este proyecto a otras ciudades con sistemas de residuos similares ampliando el alcance del negocio.

Bibliografía

Admin, (2015), Tutorial DS1307 Tiny RTC con Arduino, [ONLINE], <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/ds1307-en-tinyrtc-con-arduino/>

Admin, (2017), Programación de Eventos con Arduino y RTC, [ONLINE], <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/programacion-de-eventos-con-arduino/>

Admin, (2018), Enviar SMS con Arduino y modulo GSM SIM800L, [ONLINE], <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/enviar-sms-con-arduino-y-sim800l/>

AESA Buenos Aires, 2020, Quienes Somos [ONLINE], <https://www.aesabsas.com.ar/quienes-somos/aesa-buenos-aires-trabajamos-diario-por-una-ciudad-limpia>

Ashira, 2020, Servicios [ONLINE], <http://www.ashira.com.ar/index.php#servicios>

Auditoría General de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2018, SERVICIOS DE HIGIENE URBANA – RECOLECCIÓN Y LIMPIEZA POR TERCEROS Auditoría Legal y Financiera [ONLINE],

AWS, 2020, Api Gateway [ONLINE], <https://aws.amazon.com/es/api-gateway/>

AWS, 2020, AWS Lambda [ONLINE], <https://aws.amazon.com/es/lambda/>

AWS, 2020, DynamoDB [ONLINE], https://aws.amazon.com/es/dynamodb/?nc2=type_a

Banco Ciudad, 2020, Tasas de Interés activas [Online], <https://www.bancociudad.com.ar/cms/archivo/institucional/menu/institucional/Normativa/Tasas%20y%20comisiones/solapasPersonalizadas/OTRAS%20TASAS%20Y%20COMISIONES/archivos/20201009%20TasasComercialeseIndividuos.pdf>

Banco Nación, 2020, Simulador plazo fijo en dolares [ONLINE], <https://www.bna.com.ar/SimuladorPlazoFijo/SubInterna/PlazoFijo?subInterna=SimuladorPlazoFijoDolares>

Boletín oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2020, Anexo Acta de redeterminación de precios [ONLINE], <https://documentosboletinoficial.buenosaires.gob.ar/publico/PE-RES-MEPHUGC-MEPHUGC-568-20-ANX.pdf>

Boletín oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2020, Anexo Acta de redeterminación de precios [ONLINE], <https://documentosboletinoficial.buenosaires.gob.ar/publico/PE-RES-MEPHUGC-MEPHUGC-589-20-ANX.pdf>

Boletín oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2020, Anexo Acta de redeterminación de precios [ONLINE], <https://documentosboletinoficial.buenosaires.gob.ar/publico/PE-RES-MEPHUGC-MEPHUGC-609-20-ANX.pdf>

Boletín oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2020, Anexo Acta de redeterminación de precios [ONLINE], <https://documentosboletinoficial.buenosaires.gob.ar/publico/PE-RES-MEPHUGC-MEPHUGC-611-20-ANX.pdf>

Boletín oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2020, Anexo Acta de redeterminación de precios [ONLINE], <https://documentosboletinoficial.buenosaires.gob.ar/publico/PE-RES-MEPHUGC-MEPHUGC-643-20-ANX.pdf>

Boletín oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2020, Anexo Acta de redeterminación de precios [ONLINE], <https://documentosboletinoficial.buenosaires.gob.ar/publico/PE-RES-MEPHUGC-MEPHUGC-651-20-ANX.pdf>

Bra Ambiental, 2020, Servicios urbanos [ONLINE], <https://www.bra.com.ar/servicios-urbanos>

Buenos Aires Ciudad, Zonas de recolección, [ONLINE], https://www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/higiene_urbana/info_gral/zonas_recoleccion.php?menu_id=22685

Buenos Aires Data, 2019, Rutas de recolección de residuos húmedos [ONLINE], <https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/rutas-recoleccion-residuos-humedos>

Calcular sueldo, 2020, Resultado: Costo laboral en Argentina 2020 [ONLINE], <https://calcularsueldo.com.ar/costo-laboral-50000-3.html>

Camara Alejandro, 2020, Enviar Recibir SMS y llamar con el módulo SIM800L GSM y Arduino [ONLINE], Tecnologías innovadoras e inteligentes para la gestión de residuos

[ONLINE], <https://www.ecoticias.com/especial-residuos-reciclaje-2017/175246/Tecnologias-innovadoras-e-inteligentes-para-la-gestion-de-residuos>

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2020, ¿Sabés como usar los nuevos contenedores?

[ONLINE], <https://www.buenosaires.gob.ar/noticias/ya-sabes-como-se-usan-los-nuevos-contenedores>

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2020, Nuevos contenedores de basura en Recoleta

[ONLINE], <https://www.buenosaires.gob.ar/noticias/nuevos-contenedores-de-basura-en-recoleta>

Cook Willian, 2019, The Traveling Salesman Problem [ONLINE],

<http://www.math.uwaterloo.ca/tsp/index.html>

Economía.gob.ar, 2020, INSTRUCCIONES PARA EL PROCEDIMIENTO DE VALUACION APLICABLE AL RELEVAMIENTO DE BIENES INMUEBLES, MUEBLES, DE CAMBIO Y ACTIVOS FINANCIEROS. [ONLINE],

<https://www.economia.gob.ar/digesto/resoluciones/sh/1997/aresolsh047.htm>

El día, 2016, Evalúan usar contenedores con sensores de capacidad [ONLINE],

<https://www.eldia.com/nota/2016-2-24-evaluan-usar-contenedores-con-sensores-de-capacidad>

Electropro, 2020, SIM800L [ONLINE],

<http://electropro.pe/image/data/imgProductos/140.%20M%C3%B3dulo%20GSM%20SIM800/SIM800L.pdf>

Eliar Elvis, (2017), Modulo GSM SIM800L, [ONLINE],

<http://electropro.pe/image/data/imgProductos/140.%20M%C3%B3dulo%20GSM%20SIM800/SIM800L.pdf>

Elías Puente, 2012, Ciudades Inteligentes [ONLINE],

<https://www.youtube.com/watch?v=QXFg0qm6Wt8>

ENACOM, Atribución del espectro [ONLINE],

https://www.ENACOM.gob.ar/atribucion-del-espectro_p409

ENACOM, Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias de la República Argentina

[ONLINE], https://www.ENACOM.gob.ar/cuadro-de-atribucion-de-bandas-de-frecuencias-de-la-republica-argentina-cabfra-_p1588

Ente Regulador de servicios publicos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2020,

Higiene Urbana, <http://www.entedelaciudad.gov.ar/higiene-urbana/>

Ente Único Regulador de Servicios Públicos de la Ciudad Autónoma de Bs.As., [ONLINE], <http://www.entedelaciudad.gov.ar/higiene-urbana/>

Firtec, Electrónica y programación para Microcontroladores, [ONLINE], <https://www.firtec.com.ar/cms/65-arduino-bajo-consumo#:~:text=El%20programa%20lo%20que%20hace,bot%C3%B3n%20conectado%20en%20ese%20pin.>

Geek Factory, 2018, Enviar SMS con Arduino y módulo GSM SIM800L [ONLINE], <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/enviar-sms-con-arduino-y-sim800l/>

Geo tutoriales, 2015, Solución del Problema del Vendedor Viajero [ONLINE], <https://www.gestiondeoperaciones.net/programacion-entera/solucion-del-problema-del-vendedor-viajero/>

Google Cloud Services, 2020, Maps plataforma [ONLINE], <https://cloud.google.com/maps-platform?hl=es-419>

http://www.agcba.gov.ar/web/hacemos/busqueda_informes/

INDEC, 2012, Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 [ONLINE], https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2010_tomo1.pdf

Microsoft Azure, 2020, ¿Que es SaaS? [ONLINE], <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-saas/>

Personal, 2020, Tarifas [ONLINE], <https://personal.com.ar/tienda/planes/tarifas/option-1.html#:~:text=SMS%20Pa%C3%ADses%20Lim%C3%ADtrofes%20%242%2C15,Fijo%20y%20Personal%20con%20Factura.>

Pujar Ravi, (2017), SIM800 Sleep mode AT Commands, [ONLINE], <http://www.raviyp.com/sim900-sim800-sleep-mode-at-commands/>

Redacción, Como funciona el módulo SIM800L GSM, [ONLINE], <https://descubrearduino.com/sim800l-gsm/>

Redacción, Enviar recibir SMS y llamar con el módulo SIM800L GSM y Arduino, [ONLINE], <https://descubrearduino.com/sim800l-gsm/>

[red-de-servicio-nos-proporcionan-el-costo-de-operacion-mas-bajo/](https://descubrearduino.com/sim800l-gsm/red-de-servicio-nos-proporcionan-el-costo-de-operacion-mas-bajo/)

Romero Jonathan, 2018, CLIBA:"Los nuevos Scania y su red de servicio nos proporcionan el costo mas bajo" [ONLINE], <https://www.16valvulas.com.ar/cliba-los-vehiculos-scania-y-su->

Sandwatch Studios, 2016, Sensorización en la gestión de residuos de las ciudades [ONLINE], <https://www.sandwatchstudio.com/2016/10/12/sensorizacion-en-la-gestion-de-residuos-de-las-ciudades/>

Seguí Pau, 2015, Smart City. Ventajas y desventajas de un sistema en teoría sostenible [ONLINE], <https://www.cienciasambientales.com/es/noticias-ambientales/smart-city-ventajas-y-desventajas-de-un-sistema-en-teoria-sostenible-10536>

Sevilla Arias Andrés, 2020, EBITDA [ONLINE], <https://economipedia.com/definiciones/ebitda.html>

Síntesis Porteña, 2014, Información general, servicio de Higiene urbana [ONLINE], http://www.xn--sintesisportea-2nb.com.ar/amplia-nota.php?id_n=26696

Wikipedia, 2016, Bandas de frecuencias GSM [ONLINE], https://es.wikipedia.org/wiki/Bandas_de_frecuencia_GSM

Wikipedia, 2020, Problema del viajante [ONLINE], https://es.wikipedia.org/wiki/Problema_del_viajante

Índice de Tablas

Tabla I: Indicadores de Capital Humano	15
Tabla II: Indicadores de Cohesión social	16
Tabla III: Indicadores de Economía	17
Tabla IV: Indicadores de Economía	18
Tabla V: Indicadores de Medio Ambiente	19
Tabla VI: Indicadores de Movilidad y Transporte	20
Tabla VII: Indicadores de Planificación urbana	20
Tabla VIII: Indicadores de Proyección internacional	21
Tabla IX: Indicadores de Tecnología	22
Tabla X: Cantidad de contenedores según zona y comuna	27
Tabla XI: Autonomía batería 9V	55
Tabla XII: Autonomía batería 3,7V	55
Tabla XIII: Resultados diarios de la simulación	71
Tabla XIV: Análisis FODA	73
Tabla XV: cálculo de ahorro mensual para el sistema propuesto	82
Tabla XVI: Costo Equipamiento de contenedor Unitario	84
Tabla XVII: Costos Equipamiento en concentrador unitario	84
Tabla XVIII: Costos Servidor concentrador	85
Tabla XIX: Costos total inicial asumido por la ciudad	85
Tabla XX: Costos Desarrollo del software	85
Tabla XXI: Costos variables directos	86
Tabla XXII: Costos Servicios Cloud	86
Tabla XXIII: Gastos Fijos indirectos	86
Tabla XXIV: Resultado mensual	87
Tabla XXV: Flujo de Fondos anual – periodo 5 años	87
Tabla XXVI: VAN y TIR	88

Índice de Figuras

Figura 1: División de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires para la recolección de residuos.	25
Figura 2: Contenedores de residuos laterales.	27
Figura 3: Contenedores de residuos bilaterales.	28
Figura 4: Scania P250.	29
Figura 5: división territorial de las rutas de recolección.	30
Figura 6: Esquema del sistema.	32
Figura 7: Sensor de ultrasonido.	34
Figura 8: Placa Arduino UNO.	36
Figura 9 Placa Arduino NANO.	36
Figura 10: interconexión entre el Arduino UNO y el sensor de ultrasonido.	36
Figura 11: Batería 9V.	37
Figura 12: Batería de Li-Po 3.7v.	37
Figura 13: módulo DS3231.	38
Figura 14: módulo GPS con Antena.	39
Figura 15: Modulo RF (NRF24L01).	39
Figura 16: Transceptor Lora.	40
Figura 17: Modulo Wifi (Esp8266).	41
Figura 18: Modulo GSM (SIM800L).	41
Figura 19: Modulo Sigfox.	42
Figura 20: emisor y receptor con módulo RF.	44
Figura 21: Simulación del Emisor conectado en el protoboard incluyendo el sensor de ultrasonido.	45
Figura 22: Simulación del Receptor conectado al protoboard y a una laptop vía USB.	46
Figura 23: Software Arduino.	47
Figura 24: Devolución por pantalla del nivel de llenado informado.	48
Figura 25: sistema emisor/receptor con módulo RF.	49
Figura 26: Circuito Emisor conectado al protoboard.	50
Figura 27: vista del código en el software de Arduino.	51
Figura 28: Mensaje obtenido localmente.	51
Figura 29: Conexión unidireccional mediante GSM.	53
Figura 30: Conexión unidireccional mediante GSM.	54
Figura 31: Servicios Cloud más populares.	59
Figura 32: nivel de responsabilidad del proveedor del servicio cloud.	61
Figura 33: Logo AWS Lambda.	62
Figura 34: Logo Amazon Api Gateway.	62
Figura 35: Logo Amazon DynamoDB.	63

Figura 36: Logo Amazon DynamoDB.....	63
Figura 37: Primer diseño conceptual	64
Figura 38: Logo Google Directions API.....	64
Figura 39: Esquema software.....	66
Figura 40: Zona elegida	68
Figura 41: Ubicación de los contenedores en la zona elegida.....	69
Figura 42: Carga del software WinQSB	70
Figura 43: Precio mensual recolección domiciliaria Servicio AESA Aseo y Tecnología.	77
Figura 44: Precio mensual por Componente AESA Aseo y Tecnología, recolección Domiciliaria	77
Figura 45: Precio mensual recolección domiciliaria CLIBA Ingeniería Urbana	78
Figura 46: Precio mensual por Componente CLIBA, Recolección domiciliaria	78
Figura 47: Precio mensual recolección domiciliaria IMPSA/SOLBAYRES.....	79
Figura 48: Precio mensual por Componente IMPSA/SOLBAYRES., Recolección domiciliaria.....	79
Figura 49: Precio mensual Recolección domiciliaria Ecohabitat S.A. y EMEPA S.A.- U.T.E.	79
Figura 50: Precio mensual por Componente Ecohabitat S.A. y EMEPA S.A.- U.T.E, Recolección domiciliaria.	80
Figura 51: Precio mensual recolección domiciliaria Ashira Martín y Martín S.A.-UTE.....	80
Figura 52: Precio mensual por Componente Ashira Martín y Martín S.A.-UTE, Recolección domiciliaria.....	81
Figura 53: Precio mensual recolección domiciliaria Transportes Olivos SACIYF-Urbaser Argentina S.A. UTE	81
Figura 54: Precio mensual por Componente Transportes Olivos SACIYF-Urbaser Argentina S.A. UTE, Recolección domiciliaria	82

ANEXO A: Ranking de Smart Cities IESE 2019

Ranking	Ciudad	País	Desempeño	ICIM
1	Londres	Reino Unido	A	100,00
2	Nueva York	Estados Unidos	A	94,63
3	Ámsterdam	Países Bajos	RA	86,70
4	París	Francia	RA	86,23
5	Reikiavik	Islandia	RA	85,35
6	Tokio	Japón	RA	84,11
7	Singapur	Singapur	RA	82,73
8	Copenhague	Dinamarca	RA	81,80
9	Berlín	Alemania	RA	80,88
10	Viena	Austria	RA	78,85
11	Hong Kong	China	RA	78,76
12	Seúl	Corea del Sur	RA	78,13
13	Estocolmo	Suecia	RA	77,89
14	Oslo	Noruega	RA	77,45
15	Zúrich	Suiza	RA	76,66
16	Los Angeles	Estados Unidos	RA	76,04
17	Chicago	Estados Unidos	RA	75,55
18	Toronto	Canadá	RA	75,30
19	Sídney	Australia	RA	75,26
20	Melbourne	Australia	RA	75,08
21	San Francisco	Estados Unidos	RA	75,07
22	Helsinki	Finlandia	RA	74,08
23	Washington	Estados Unidos	RA	73,14
24	Madrid	España	RA	73,02
25	Boston	Estados Unidos	RA	72,91
26	Wellington	Nueva Zelanda	RA	72,82
27	Múnich	Alemania	RA	72,71
28	Barcelona	España	RA	72,25
29	Basilea	Suiza	RA	70,39
30	Taipéi	Taiwán	RA	70,04
31	Berna	Suiza	RA	70,03
32	Ginebra	Suiza	RA	69,78
33	Fráncfort	Alemania	RA	69,39
34	Hamburgo	Alemania	RA	69,23
35	Auckland	Nueva Zelanda	RA	69,10
36	Gotemburgo	Suecia	RA	68,65
37	Dublín	Irlanda	RA	68,19
38	Montreal	Canadá	RA	66,82

39	Ottawa	Canadá	RA	66,68
40	Miami	Estados Unidos	RA	66,31
41	Milán	Italia	RA	65,94
42	Fénix	Estados Unidos	RA	65,73
43	Róterdam	Países	RA	65,38
44	Lisboa	Portugal	RA	65,32
45	Dallas	Estados Unidos	RA	65,13
46	Edimburgo	Reino Unido	RA	65,06
47	Praga	República Checa	RA	64,97
48	Bruselas	Bélgica	RA	64,79
49	San Diego	Estados Unidos	RA	64,43
50	Düsseldorf	Alemania	RA	64,34
51	Colonia	Alemania	RA	64,19
52	Denver	Estados Unidos	RA	64,01
53	Stuttgart	Alemania	RA	64,01
54	Filadelfia	Estados Unidos	RA	63,27
55	Vancouver	Canadá	RA	63,15
56	Lyon	Francia	RA	62,56
57	Eindhoven	Países Bajos	RA	62,35
58	Seattle	Estados Unidos	RA	61,96
59	Shanghái	China	RA	61,78
60	Houston	Estados Unidos	RA	61,74
61	Valencia	España	RA	61,52
62	San Antonio	Estados Unidos	RA	61,33
63	Birmingham	Reino Unido	RA	61,30
64	Glasgow	Reino Unido	RA	61,23
65	Tallin	Estonia	RA	60,96
66	Santiago	Chile	RA	60,96
67	Quebec	Canadá	RA	60,64
68	Osaka	Japón	RA	60,50
69	Varsovia	Polonia	RA	60,13
70	Bratislava	Eslovaquia	M	59,92
71	Baltimore	Estados Unidos	M	59,86
72	Amberes	Bélgica	M	59,84
73	Budapest	Hungría	M	59,65
74	Vilna	Lituania	M	59,15
75	Roma	Italia	M	59,09
76	Sevilla	España	M	58,57
77	Buenos Aires	Argentina	M	58,42
78	Manchester	Reino Unido	M	58,05

79	Leeds	Reino Unido	M	57,98
80	Málaga	España	M	57,59
81	Tel Aviv	Israel	M	57,47
82	Nagoya	Japón	M	57,26
83	Pekín	China	M	56,81
84	Riga	Letonia	M	56,27
85	Niza	Francia	M	56,09
86	Moscú	Rusia	M	55,91
87	Linz	Austria	M	55,89
88	Palma de Mayorca	España	M	55,57
89	Marsella	Francia	M	55,10
90	Duisburgo	Alemania	M	54,93
91	Oporto	Portugal	M	54,76
92	Montevideo	Uruguay	M	54,75
93	Liubliana	Eslovenia	M	54,41
94	Liverpool	Reino Unido	M	53,52
95	Breslavia	Polonia	M	53,39
96	Nottingham	Reino Unido	M	53,36
97	Zagreb	Croacia	M	53,30
98	Lille	Francia	M	52,93
99	Dubái	Emiratos Arabes Unidos	M	52,92
100	Kuala Lumpur	Malasia	M	52,83
101	Zaragoza	España	M	52,53
102	La Coruña	España	M	51,85
103	Bucarest	Rumanía	M	51,49
104	Bangkok	Tailandia	M	51,35
105	Murcia	España	M	51,19
106	Atenas	Grecia	M	50,71
107	Bilbao	España	M	50,14
108	Florenia	Italia	M	49,54
109	Turín	Italia	M	49,51
110	Minsk	Bielorrusia	M	49,23
111	Kiev	Ucrania	M	49,11
112	San José	Costa Rica	M	49,01
113	Cantón	China	M	48,40
114	Panamá	Panamá	M	47,51
115	Sofía	Bulgaria	M	46,71
116	Nápoles	Italia	M	46,62
117	Bogotá	Colombia	M	46,01
118	Estambul	Turquía	M	45,85

119	Shenzhen	China	M	45,28
120	Belgrado	Serbia	B	44,86
121	San Petersburgo	Rusia	B	44,12
122	Ho Chi Minh	Vietnam	B	43,49
123	Jerusalén	Israel	B	43,27
124	Tiflis	Georgia	B	42,96
125	Rosario	Argentina	B	42,45
126	Doha	Catar	B	42,14
127	Abu Dabi	Emiratos Árabes Unidos	B	42,12
128	Rio de Janeiro	Janeiro	B	42,08
129	Almatý	Kazajistán	B	42,04
130	Brasilia	Brasil	B	41,84
131	Bakú	Azerbaiyán	B	41,24
132	São Pablo	Brasil	B	40,90
133	Ciudad de México	México	B	40,79
134	Medellín	Colombia	B	40,67
135	Ankara	Turquía	B	39,61
136	Córdoba	Argentina	B	38,38
137	Quito	Ecuador	B	38,19
138	Lima	Perú	B	38,14
139	Santo Domingo	República Dominicana	B	37,43
140	Curitiba	Brasil	B	37,33
141	Asunción	Paraguay	B	37,25
142	Yakarta	Indonesia	B	35,96
143	Ciudad de Kuwait	Kuwait	B	35,61
144	Sarajevo	Bosnia y Herzegovina	B	35,39
145	La Paz	Bolivia	B	35,12
146	Salvador	Brasil	B	34,20
147	Santa Cruz	Bolivia	B	34,16
148	Cali	Colombia	B	34,04
149	Skopie	Macedonia	B	33,88
150	Amán	Jordania	B	33,61
151	Belo Horizonte	Brasil	B	33,40
152	Guayaquil	Ecuador	B	33,10
153	Bangalore	India	B	32,65
154	Tianjin	China	B	32,62
155	Casablanca	Marruecos	B	32,31
156	Novosibirsk	Rusia	B	32,05
157	Túnez	Túnez	B	31,36
158	Ciudad del Cabo	Sudáfrica	B	30,68

159	Manama	Baréin	B	30,06
160	Guatemala	Guatemala	B	30,06
161	Bombay	India	B	28,36
162	Nairobi	Kenia	B	27,99
163	Manila	Filipinas	B	27,73
164	Riad	Arabia Saudí	B	27,71
165	El Cairo	Egipto	B	26,74
166	Nueva Delhi	India	B	26,52
167	Johannesburgo	Sudáfrica	B	25,95
168	Rabat	Marruecos	B	24,78
169	Calcuta	India	B	19,54
170	Duala	Camerún	B	17,03
171	Lagos	Nigeria	MB	10,24
172	Caracas	Venezuela	MB	6,71
173	Lahore	Pakistán	MB	6,27
174	Karachi	Pakistán	MB	4,57

ANEXO B: relevamiento de contenedores

La tabla siguiente se realizó con el relevamiento de 50 contenedores durante 30 días. A los contenedores llenos se les coloca una X y a los contenedores vacíos una O

Consideramos un contenedor lleno cuando supera el 50% de su nivel.

	DIA																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
Cochabamba 1	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	X	
Cochabamba 2	X	X	O	O	X	X	O	X	X	O	X	O	X	X	X	O	X	O	O	O	X	X	O	X	O	X	O	O	X	O	X	
Cochabamba 3	X	X	O	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	O	X	
Cochabamba 4	O	X	X	X	O	X	O	X	X	X	X	X	O	O	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	O	X	
Cochabamba 5	X	X	X	O	X	X	X	X	X	O	X	O	X	X	X	O	O	X	X	O	X	X	O	X	O	X	O	O	X	X	X	
San Juan 1	X	O	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	O	O	X	X	X	X	X	X	X	
San Juan 2	X	X	X	X	O	O	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
San Juan 3	X	X	X	O	X	X	X	X	X	O	X	O	O	X	X	O	O	X	O	O	X	X	O	X	O	X	O	O	X	X	X	
San Juan 4	O	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	
San Juan 5	X	O	X	O	X	O	X	O	X	X	X	O	X	O	X	O	X	X	X	O	X	X	X	O	O	X	O	O	X	X	X	
Carlos Calvo 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X
Carlos Calvo 2	O	X	X	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O
Carlos Calvo 3	X	X	O	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	O	X	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O	X	X	O	X	X	X	
Carlos Calvo 4	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	O	X	O	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	
Carlos Calvo 5	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	O	X	X	
Estados Unidos 1	O	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	O	X	X	X	X	O	X	X	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Estados Unidos 2	O	X	X	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	O	X	X	O	X	X	X	O	X	X	O	O	
Estados Unidos 3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	O	X
Estados Unidos 4	X	X	X	O	X	O	X	O	X	O	O	O	X	O	X	O	O	X	X	O	X	X	O	X	O	X	O	X	O	X	X	
Estados Unidos 5	X	X	X	X	X	O	O	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O
Independencia 1	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	X	X	O	X	O	X	X	X	X	
Independencia 2	X	X	X	O	O	X	X	O	X	O	X	O	X	X	X	O	O	X	O	O	X	X	O	X	O	X	O	O	X	O	X	
Independencia 3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	
Independencia 4	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	

Independencia 5	O	X	O	X	X	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O		
Muñiz 1	X	O	X	X	O	X	X	X	X	O	O	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	O	O	X	O	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	O	X		
Muñiz 2	X	X	X	O	X	X	O	X	X	O	X	O	X	X	X	O	O	O	X	X	X	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O	X		
Muñiz 3	O	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Muñiz 4	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X		
José Mármol 1	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O		
José Mármol 2	X	X	O	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	O	X	O	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	
José Mármol 3	O	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
José Mármol 4	O	X	X	O	O	X	O	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	O	X	O	X	O	X	X	O	X	O	O	X	O	O	X	O	O	X	O	O	X	O	
33 orientales 1	X	O	X	X	X	X	X	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
33 orientales 2	X	X	X	X	X	O	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
33 orientales 3	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	O	O	X	O	X	O	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	
33 orientales 4	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	O	O	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	
Bocayuva 1	O	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	
Bocayuva 2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Bocayuva 3	X	X	O	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	O	O	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	
Bocayuva 4	X	X	O	X	X	O	O	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	
Castro 1	O	X	O	X	X	O	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X
Castro 2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Castro 3	X	O	X	O	X	X	X	O	X	X	X	O	O	X	X	O	X	X	O	O	O	X	X	O	O	X	O	O	X	O	O	X	O	O	X	O	O	X	X	
Castro 4	O	O	X	X	X	X	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	X	X	O	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X
Castro Barros 1	X	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Castro Barros 2	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X
Castro Barros 3	X	X	O	X	X	O	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	O	O	X	X	O	X	O	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	
Castro Barros 4	O	X	X	O	X	O	X	X	X	O	X	O	X	X	X	O	O	X	X	O	X	O	O	X	O	O	X	O	O	X	O	O	X	O	O	X	O	O	X	X
Contenedores vacíos	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

Anexo C: Código de programación módulo de RF

Transmisor:

```
#include <SPI.h>
#include <RF24.h>
#define MEDIA_VELOCIDAD_SONIDO 0.017175 // Mitad de la velocidad del sonido a 20 °C expresada en
cm/μs
#define PIN_TRIGGER 2
#define PIN_ECHO 3
#define ESPERA_ENTRE_LLECTURAS 1000 // tiempo entre lecturas consecutivas en milisegundos
#define TIMEOUT_PULSO 25000 // la espera máxima de es 30 ms o 30000 μs
```

```
int distancia;
unsigned long tiempo;
unsigned long cronometro;
unsigned long reloj=0;
```

```
RF24 radio(9, 10); // CE, CSN
const byte identificacion[6] = "00001";
```

```
void setup() {
```

```
    radio.begin();
    radio.openWritingPipe(identificacion);
    radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
    radio.stopListening(); //Funcion de solo transmitir
```

```
    Serial.begin(9600);
    pinMode(PIN_ECHO,INPUT);
    pinMode(PIN_TRIGGER,OUTPUT);
    digitalWrite(PIN_TRIGGER,LOW); // Para «limpiar» el pulso del pin trigger del módulo
    delayMicroseconds(2);
}
```

```
void loop() {
```

```
    cronometro=millis()-reloj;
    if(cronometro>ESPERA_ENTRE_LLECTURAS)
    {
        digitalWrite(PIN_TRIGGER,HIGH); // Un pulso a nivel alto...
        delayMicroseconds(10); // ...durante 10 μs y
        digitalWrite(PIN_TRIGGER,LOW); // ...volver al nivel bajo
        tiempo=pulseIn(PIN_ECHO,HIGH,TIMEOUT_PULSO); // Medir el tiempo que tarda en llegar un pulso
        distancia=MEDIA_VELOCIDAD_SONIDO*tiempo;
        Serial.print(distancia);
        Serial.println(" cm");
        reloj=millis();
    }
}
```

```

    radio.write(&distancia, sizeof(distancia));
    /* El simbolo "&" delante del nombre de la variable
    establece un indicador que apunta a la variable
    que contiene los datos que queremos enviar y, con
    el segundo argumento, establecemos la cantidad
    de bytes que se van a usar de esa variable. En
    este caso, la funcion sizeof() nos devuelve la
    cantidad total de los bytes de la cadena "texto". */

    delay(1000); // Un segundo (1000 milisegundos) de espera entre envío y envío
}

```

Receptor:

```

void loop() {
    uint8_t numero_canal;
    //if ( radio.available(&numero_canal) )

    if ( radio.available() )
    {
        //Leemos los datos y los guardamos en la variable datos[]
        radio.read(&distancia,sizeof(distancia));

        if ( distancia <= 10)
        {
            Serial.print("Vaciar contenedor, distancia restante: ");
            Serial.print(distancia);
            Serial.print(" cm");
            digitalWrite(pinrojo,HIGH);
            Serial.println();
            delay(500); //Doble de tiempo comparado con Tx
            digitalWrite(pinamarillo,LOW);
            digitalWrite(pinazul,LOW);
        }

        if ( distancia >= 10 && distancia <= 60){
            Serial.print("Estado aceptable");
            digitalWrite(pinamarillo,HIGH);
            Serial.println();
            delay(500); //Doble de tiempo comparado con Tx
            digitalWrite(pinrojo,LOW);
            digitalWrite(pinazul,LOW);
        }

        if ( distancia >= 60 ){
            Serial.print("Contenedor vacio");
            digitalWrite(pinazul,HIGH);
            Serial.println();
        }
    }
}

```

```
    delay(500); //Doble de tiempo comparado con Tx
    digitalWrite(pinamarillo,LOW);
    digitalWrite(pinrojo,LOW);
  }
}
else
{
  Serial.println("No hay datos de radio disponibles");
  digitalWrite(pinamarillo,LOW);
  digitalWrite(pinrojo,LOW);
  digitalWrite(pinazul,LOW);
}
  delay(500); //Doble de tiempo comparado con Tx
}
```

ANEXO D: Código de programación modulo GSM.

Para el módulo del contenedor el código es el siguiente (TX)

```
#include <GSM.h>
#include <SPI.h>
#include <avr/sleep.h>
#include <Time.h>
#include <TimeAlarms.h>
#include <DS3231RTC.h>
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial gps(6,7); // pines digitales entradas datos GPS
char dato=' '; // variable dato para GPS
const int Trigger = 9; //Pin digital 6 para el Trigger del sensor
const int Echo = 8; //Pin digital 7 para el Echo del sensor
int enviar =0;
String Mensaje;
boolean SMS_Open1 = true;
boolean SMS_Closed1 = true;
const byte rxPin = 3; //Pin configurado como Rx del modulo SIM
const byte txPin = 2; //Pin configurado como Tx del modulo SIM

void setup()
{
  gps.begin(9600);
  Serial.begin(9600); //Velocidad de comunicación con el módulo SIM800L
  pinMode(Trigger, OUTPUT); //Configuramos pin como salida (Sensor)
  pinMode(Echo, INPUT); //Configuramos pin como entrada (Sensor)
  digitalWrite(Trigger, LOW); //Inicializamos el pin con 0 (Sensor)

  pinMode(12,INPUT_PULLUP); //Seteo de pines para modo sleep
  pinMode(13, OUTPUT);
  digitalWrite(13,LOW);
}

void loop()
{
  Alarm.alarmRepeat(19, 0, 0, EventoEnciendeSys()); // Evento a las 19:00 diario (despierta)
  Serial.println("AT+CSCLK=0"); //despierta modulo 800L

  delay(5000);

  long t; //tiempo que demora en llegar el eco
  long d; //distancia en centímetros
  digitalWrite(Trigger, HIGH);
  delayMicroseconds(10); //Enviamos un pulso de 10us
  digitalWrite(Trigger, LOW);
```

```

t = pulseIn(Echo, HIGH); //obtenemos el ancho del pulso
d = t/58.26; //escalamos el tiempo a una distancia en cm

if (d <= 30) //Cuando la distancia sobrepasa el valor límite (30cm)
{
  Serial.print("Distancia: ");
  Serial.print(d); //Mostramos en pantalla el valor de la distancia
  Serial.print("cm");
  Serial.println();
  if(gps.available())
  {
    dato=gps.read(); // Guardamos en la variable dato las coordenadas del contenedor
    Serial.print(dato); // Mostramos el valor de dato
  }
  EnviarSMSDIST();
}
delay(5000);

Serial.println("AT+CSCLK=1"); //modo sleep modulo 800L
Alarm.alarmRepeat(19, 0, 3, EventoSleepSys()); // Evento a las 19:03 diario (modo sleep)
}

void EnviarSMSDIST() //Funcion de alerta sobre llenado por SMS

{
  Serial.println("AT+CMGF=1"); //Preparamos la placa SIM800L para mandar SMS
  delay(200);
  Serial.println("AT+CMGS="+541130467460); //Ingrese el número de teléfono destino
  delay(200);
  Serial.print(dato); //Enviamos las coordenadas del contenedor lleno
  delay(200);
  Serial.println();
  delay(200);
  Serial.print((char) 26); //Cerramos el mensaje para enviarlo
  delay(200);
  Serial.println();
  delay(200);
}

void EventoEnciendeSys()
{
  Serial.println("Encendiendo programa");
  Despertar(); //enciende microprocesador
}

void EventoSleepSys()
{
  Serial.println("Apagando programa");
  ISR_sleep(); //duerme microprocesador
}

```

```

}

void ISR_sleep(){

    sleep_enable(); // Habilita modo sleep
    attachInterrupt( 0, Despertar, LOW); // INT0 por flanco de bajada
    set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN); // Modo extremo de sleep
    sleep_cpu(); // CPU detenida
}

void Despertar(){
    sleep_disable(); // Despierta microprocesador
    detachInterrupt(0);
}

//Para el módulo del concentrador el código es el siguiente (RX)
#include <SoftwareSerial.h>

//Declara los pines para la comunicación con SIM800L
SoftwareSerial mySerial(3, 2); //SIM800L Tx y Rx es conectado al Arduino pin #3 y #2

void setup()
{
    //Comienza la comunicación serial con Arduino y Arduino IDE (Serial Monitor)
    Serial.begin(9600);

    //Comienza una comunicación serial entre Arduino y SIM800L
    mySerial.begin(9600);

    Serial.println("Initializing...");
    delay(1000);
    mySerial.println("AT"); //comando para chequear la actividad del módulo, si es exitosa responderá con un
    OK
    updateSerial();

    mySerial.println("AT+CMGF=1"); // Se configura el módulo para SMS
    updateSerial();
    mySerial.println("AT+CNMI=1,2,0,0,0"); // Especifica cómo se deben manejar los mensajes SMS recién
    llegados
    updateSerial();
}
void loop()
{
    updateSerial();
}
void updateSerial()
{
    delay(500);
}

```

```
while (Serial.available())  
{  
mySerial.write(Serial.read());//Forward what Serial received to Software Serial Port  
}  
while(mySerial.available())  
{  
Serial.write(mySerial.read());//Forward what Software Serial received to Serial Port  
}  
}
```