



**UNIVERSIDAD
DE PIURA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño de un algoritmo de clasificación de imágenes usando redes neuronales para la correcta clasificación de residuos en la I.E. 15122
El Puente Quiroz**

Trabajo de Investigación para el curso de Proyectos del Programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas

Leslie Fiorella Cabellos Román

Daniel Alexander Chapilliquen Nicolas

Dorita del Carmen Jaramillo Córdova

Bruno Mauricio Mau Niquen

Luis Alberto Sánchez Huamán

Asesor:

Dr. Ing. Dante Guerrero Chanduví

Piura, junio de 2022





Dedicatoria:

A nuestros padres, familiares y mascotas, por el apoyo y compañía durante el desarrollo de esta investigación.



Resumen

Debido a las alarmantes cifras que los datos sobre la contaminación ambiental en el mundo nos arrojan cada año, es indispensable que se implementen medidas que aletargan dicho avance, y con mayor deseo, poder revertirlo. En nuestro país, un problema de interés nacional está relacionado a la ineffectividad de los procesos de aprovechamiento de residuos sólidos de todo tipo, cuyo volumen no es nada despreciable.

Por esto, hemos detectado un problema de concientización nacional, ya que el ciudadano peruano promedio no recicla, no tiene interés por hacerlo o simplemente no tiene conocimiento sobre cuáles son las formas en cómo se debe realizar este proceso adecuadamente: qué residuos se pueden reciclar y cuáles no, cómo se deben clasificar la basura en depósitos, etc. Ante la última situación, el equipo de trabajo decidió que la mejor forma de concientización sobre temas de educación ambiental se debe realizar desde una temprana edad, especialmente a estudiantes de nivel primario, con el fin de que dichos conocimientos básicos puedan ser llevados con responsabilidad social hasta la adultez.

De esta forma, teniendo en cuenta que al 2018 el MTC dio a conocer un plan de recomendaciones para la implementación de proyectos en miras al desarrollo de Ciudades Inteligentes se ideó la propuesta SMART BIN, un prototipo basado en inteligencia artificial que permitiría a estudiantes de educación primaria a conocer y aprender sobre métodos de reciclaje a través de un sistema interactivo.

El área de estudio para este proyecto fue la institución educativa N° 15122 - El Puente Quiroz, en el distrito de Suyo, Piura; que cuenta con 53 alumnos del nivel primario; el motivo de la elección fue debido a la deficiencia en la aplicación de los conocimientos referidos a temas de reciclaje por parte de los niños que estudian en este colegio.

En relación con los objetivos del proyecto se planearon dos grupos de productos: el software que usaría un prototipo físico SMART BIN, que base su ingeniería en la clasificación de residuos; y documentos informativos que contienen las encuestas tanto a alumnos como docentes, con el fin de medir el impacto que supone la implementación del diseño en la concientización de los alumnos sobre el reciclaje de desechos.

Cabe destacar el potencial socioambiental del proyecto SMART BIN como iniciativa a otros proyectos de sostenibilidad, por lo que se ha realizado evaluaciones financieras e incluso

presupuestos estimados para programas derivados que puedan realizarse en un futuro. De esta forma se alienta al desarrollo sostenible no solo de la ciudad de Piura, sino también de todo el país.



Tabla de contenido

Lista de tablas.....	11
Lista de figuras.....	13
Introducción	15
Capítulo I Antecedentes y situación actual	17
1.1. Contaminación Ambiental	17
1.2. Educación ambiental.....	18
1.3. Gestión de residuos	18
1.3.1. Situación en el Perú	19
1.3.2. Situación en la región Piura	19
1.3.3. Situación en las instituciones educativas de Piura.....	20
1.3.4. Situación en el distrito de Suyo.....	20
1.3.5. Servicio de limpieza en la ciudad de Suyo.....	20
1.4. Características de la ciudad de Suyo.....	21
1.4.1. Historia	21
1.4.2. Análisis demográfico	21
1.4.3. Climatología	22
1.5. I.E. 15122 El Puente Quiroz.....	22
1.5.1. Descripción.....	22
1.5.2. Manejo de residuos en la I.E. 15122 El Puente Quiroz	23
Capítulo II Marco Teórico	25
2.1. Separación de residuos	25
2.2. Inteligencia artificial.....	26
2.2.1. Aplicación en la separación de residuos	26
2.3. Machine Learning.....	27
2.4. Deep learning	27

2.5. Redes neuronales.....	27
2.5.1. Aplicaciones	28
2.6. TensorFlow.....	29
Capítulo III Metodología.....	31
3.1. Planteamiento del problema	31
3.2. Justificación del proyecto.....	31
3.3. Objetivos	32
3.3.1. Objetivo general:	33
3.3.2. Objetivos específicos:	33
3.4. Materiales y métodos	33
Capitulo IV Ingeniería del proyecto.....	37
4.1. Análisis estratégico	37
4.1.1. Misión y visión.....	37
4.1.2. Análisis FODA	38
4.2. El Producto	38
4.3. El Prototipo	38
4.4. Guía para el uso del sistema	38
4.4.1. Guía de estudiante.....	38
4.4.2. Guía del docente	39
4.5. Algoritmo	39
4.5.1. Descripción del dataset.....	39
4.5.2. Hiperparámetros.....	42
4.5.3. Experimentación	43
4.5.4. Arquitectura	44
4.5.5. Funcionamiento	46
4.6. Estudio de Mercado	64
4.6.1. Segmentación.....	64
4.6.2. Encuestas	65
4.6.3. Análisis de encuestas	65
4.7. Plan económico financiero.....	69
4.7.1. Metas financieras.....	69
4.7.2. Análisis de costos	70
4.7.3. Indicador de rentabilidad.....	72
4.7.4. Presupuesto para proyectos futuros	72
Conclusiones y Recomendaciones	77
5.1. Conclusiones	77

5.2. Recomendaciones 78
Apéndices 81





Lista de tablas

Tabla 1. Población censada del Distrito de Suyo en el 2017	21
Tabla 2. Clasificación según la fuente	25
Tabla 3. Análisis FODA, SMART BIN.....	38
Tabla 4: Resultados de experimentación.....	44
Tabla 5. Precio unitario de materiales.....	70
Tabla 6. Horas de trabajo por semana del proyecto	70
Tabla 7. Costo de la mano de obra.....	70
Tabla 8. Costo del internet.....	71
Tabla 9. Costos variables	71
Tabla 10. Costos totales.....	71
Tabla 11. Costos materiales de la implementación del proyecto SMART BIN.....	73
Tabla 12. Costo de instalación de un SMART BiN	74



Lista de figuras

Figura 1. Estudiantes de la I.E. 15122 en la plataforma de formación.....	22
Figura 2. Aulas de material rústico de la I.E. 15122- El Puente Quiroz	23
Figura 3: Fotografía representativa del cartón.....	39
Figura 4: Fotografía representativa de vidrio	40
Figura 5: Fotografía representativa de metal	40
Figura 6: Fotografía representativa de papel	41
Figura 7: Fotografía representativa de plástico.....	41
Figura 8: Fotografía representativa de basura	42
Figura 9. Predicción de clasificación de cartón	53
Figura 10. Predicción de clasificación de latas	53
Figura 11. Predicción de clasificación de una hoja de cuaderno arrugada.....	54
Figura 12. Predicción de clasificación de vidrio	54
Figura 13. Predicción de clasificación de plástico	55
Figura 15. Imagen representativa de plástico	56
Figura 16. Imagen representativa de papel	57
Figura 17. Imagen representativa de residuo orgánico	57
Figura 18. Imagen de residuo de granadilla	59
Figura 19. Imagen representativa de un papel.....	59
Figura 20. Imagen representativa de un plástico	60
Figura 21. Predicción de un residuo orgánico	61
Figura 22. Predicción de un residuo orgánico (plátano).	61
Figura 23. Predicción de un residuo de papel.....	62
Figura 24. Predicción de un residuo de papel.....	62
Figura 25. Predicción de un residuo plástico	63
Figura 26. Predicción de un residuo plástico	63



Introducción

En el Perú, la gestión de los residuos sólidos representa un gran problema que hasta el momento no se ha podido solucionar, según el Sistema Nacional de Información Ambiental (2018), en el Perú se recicla solo el 1.9% del total de residuos sólidos que se pueden volver a aprovechar. 98.1% de los residuos reutilizables son desechados perdiendo una gran oportunidad de uso, dinero y generando más contaminación. Los municipios tienen esta responsabilidad, pero sus técnicas no contemplan una correcta separación. La situación se vuelve más crítica en los colegios, ya que en este lugar los niños se encuentran en formación y al no contar con tachos de diferente color con cada residuo, lo que se enseña en clase no llega a ser puesto en práctica y se pierde este conocimiento.

El presente trabajo de investigación busca ayudar a los estudiantes en su formación ambiental e implantar en ellos una cultura de clasificación de residuos; para tal propósito se desarrollará un algoritmo que sea capaz de clasificar correctamente los residuos sólidos en tres grupos: papel, plástico y orgánico; este algoritmo se realizará aplicando conceptos de inteligencia artificial y tomando en cuenta los factores culturales que rodean a la I.E. 15122 – El Puente Quiroz en la ciudad de Suyo. Se validará el cumplimiento de lo planteado haciendo uso de encuestas a los estudiantes. Durante el desarrollo de este proyecto se contará con la constante aplicación de los conceptos vistos a lo largo de la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas.



Capítulo I

Antecedentes y situación actual

El presente capítulo tiene la intención de mostrar información relevante sobre los antecedentes del proyecto y la situación actual del lugar de aplicación del proyecto desde un nivel macro a un nivel micro para conocer cuáles son sus características y cómo manejan sus residuos.

1.1. Contaminación Ambiental

La contaminación ambiental es una materia que se ha tratado desde la década de los 60, sin embargo, ha cobrado una altísima relevancia durante los últimos años. Esto debido a ser el motivo principal por el cual la temperatura media del globo terrestre ha tenido un incremento constante a lo largo de los años, lo cual tendría consecuencias catastróficas para la vida en la Tierra.

Este proceso de calentamiento que debería ser natural viene siendo acelerado por la propia obra humana, en específico por el hecho de tener que satisfacer todas sus necesidades. Por ejemplo, del año 2003 al 2025 se estimó un crecimiento de 5 mil 300 millones a 8 mil 500 millones de habitantes (Solís & López, 2003), dato que al 2022 podemos confirmar que se está cumpliendo.

Existen múltiples factores que comprenden la contaminación ambiental, como la contaminación del suelo, del aire, de las fuentes hidrobiológicas, sonora, de desechos sólidos, etc. Este último es propio de la vida citadina, y ha visto un aumento constante a través de las décadas, yendo de la mano con el aumento de la población, como ya se mencionó.

Un dato tanto interesante como preocupante, es que el hombre produjo más desechos sólidos en 30 años (de 1960 a 1990), que desde su aparición como especie hasta 1960.

Solo en Perú, al año 2021, la producción diaria de estos desechos asciende a 21 mil millones de toneladas diarias, que se traducen a 0.8 kilos de residuos en promedio por persona. (Peruano, 2016). Considerando que no existe una clasificación de basura para la totalidad de estos, se puede confirmar un estimado de 19.5 mil millones de toneladas diarias que no se llegan a aprovechar con métodos de reciclaje y terminan directamente en rellenos sanitarios o peor aún, siendo quemados generando volúmenes inmensos de gases tóxicos.

1.2. Educación ambiental

La educación en general en nuestro país ha sido un desafío que hemos tratado de resolver, por lo que, al hablar de educación ambiental, se puede considerar este como un reto que compete a la comunidad educativa, principalmente por la inadvertencia o la poca relevancia que tiene el tema de la preservación ambiental que tiene en el peruano promedio.

Como concepto, la educación ambiental engloba los siguientes temas: preservación y protección del medio ambiente, flora y fauna; y el discernimiento de la relación del hombre con su entorno. Por lo tanto, el marco educativo debe tener como blason estas concepciones para una enseñanza satisfactoria.

A pesar de que la educación ambiental no se limita a la educación primaria y secundaria, este conjunto agrupa la mayoría de los estudiantes en edad de aprender, así que el desarrollo de adultos responsables con su medio ambiente depende de la efectividad de dicha educación sobre los escolares de todo el Perú.

Por eso se han implementado leyes, normas y acuerdos en nuestro país con el fin de fomentar los objetivos planteados, dos ejemplos resaltantes son las leyes N° 28044 y la N° 28611:

- Ley N° 28044, Ley General de Educación (2003). La educación tiene a la persona como centro y agente básico del proceso educativo y se afirma, en el principio de la conciencia ambiental: el respeto, cuidado y conservación del entorno natural como garantía para el desarrollo de la vida (Art. 8°).
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente (2005). Reconoce la importancia de la tecnología y de la educación ambiental para el desarrollo. Propone elaborar políticas, proyectos y programas de Educación Ambiental (Polo, 2013).

1.3. Gestión de residuos

La gestión de residuos abarca una serie de actividades, desde la generación, minimización, recolección, separación, tratamiento y eliminación de residuos sólidos, así como la creación de políticas nacionales e internacionales que abordan la correcta gestión de residuos, la educación y las evaluaciones económica y ambientales.

Existen residuos de distintos tipos: residuos sólidos, residuos municipales (por ejemplo, residenciales, institucionales y comerciales), agrícolas y especiales (por ejemplo, la construcción y la demolición, los residuos domésticos peligrosos, los lodos depurados y los residuos industriales no peligrosos)

Un punto de inicio para entender la prevención de contaminación es el concepto de jerarquía de gestión de residuos establecida en el acta de prevención de la contaminación en los Estados Unidos en 1990. Esta jerarquía está definida de esta forma: El congreso declara por la presente que es política nacional de los estados unidos que la contaminación debe

prevenirse o reducirse en la fuente siempre que sea factible; la contaminación que no se puede prevenir debe ser reciclada de manera segura para el medio ambiente, siempre que sea factible hacerlo; la contaminación que no se puede prevenir o reciclar debe tratarse de manera segura para el medio ambiente; y la eliminación u otra liberación al medio ambiente debe emplearse sólo como último recurso y debe llevarse a cabo de manera segura para el medio ambiente (Allen & Shonnard, 2002).

1.3.1. Situación en el Perú

En el contexto nacional, la nueva ley de gestión integral de residuos sólidos D.L. N°1278 brinda el contexto general para la gestión de residuos en el Perú. Esta nueva ley se sostiene sobre tres pilares importantes: Reducir residuos como primera prioridad, la eficiencia en el uso de los materiales y los residuos vistos como recursos y no como amenaza.

La ley de gestión integral fue lanzada hace 5 años, sin embargo aún existen muchas mejoras por hacer en cuanto a la limpieza pública se refiere. En el Perú la población urbana representa el 79,3% de la población total del país y en las ciudades se produce aún más basura. En promedio un ciudadano peruano produce más de medio kilo de basura al día. El volumen de basura generado en el Perú es 18 T/día, 5 T más que hace 10 años. Se ha estimado que el 50% de estos recursos no se han dispuesto adecuadamente. (Ministerio del Ambiente, 2017)

1.3.2. Situación en la región Piura

Los municipios de cada región tienen la responsabilidad del servicio de recolección, transporte y disposición final más adecuada de los residuos sólidos. También el municipio es el encargado de la cobranza del servicio y mantener las áreas públicas limpias.

Los deberes de los municipios en cuanto a gestión de residuos actualmente deben mejorar:

- En su capacidad técnica, para planificar operar y supervisar los servicios como las rutas de recolección; sistemas de acopio, transferencia y tratamiento de residuos; valorización y reciclaje y la disposición final.
- En su organización interna: fortaleciendo sus equipos de recolección, renovándolos y profesionalizándolos.
- En cuanto a su organización comercial: encargándose del cobro justo del servicio de gestión de residuos.
- En su capacidad de educar a las comunidades con la generación y minimización de los residuos en los hogares e instituciones, sensibilizándolos.
- Piura se encuentra dentro de las 5 provincias que tienen una población entre 500,000 y 999,999 habitantes, que representa el 14% del total.

1.3.3. Situación en las instituciones educativas de Piura

Existen diversos instrumentos e iniciativas nacionales, vinculadas al manejo de residuos. Dentro de estos se encuentran los dirigidos a instituciones educativas. Uno de ellos es la estrategia “MARES” – Manejo responsable de residuos sólidos, que viene implementado por el Ministerio de Educación (MINEDU) en los colegios públicos del país. Este refuerza la promoción de las prácticas ecológicas conocidas como las 3R; Reducir, Reutilizar y reciclar. Directamente ligada al proceso de minimizar los desechos que son derivados a los botaderos (MINEDU, 2016).

Sin embargo, estas estrategias sufren graves problemas debido a que no se implementan del todo o no son aplicadas en todos los colegios. La mayoría de los colegios la basura es generada dentro de las oficinas de docentes, pasillos, salones y baños. El proceso que siguen los residuos sólidos provenientes de dichas fuentes carece de una normativa y documentación específica. Se estima que el 50% de los materiales reciclables no está siendo seleccionada adecuadamente sino por el contrario, está siendo vertida a los botaderos.

1.3.4. Situación en el distrito de Suyo

De acuerdo con la información actualmente disponible (2018) se manejaba un total de 8 toneladas de basura por día que producían los 12421 habitantes durante el 2018, los residuos llegaban al botadero conocido como Roca Rajada que tiene una extensión de 10000 metros cuadrados.

El ente encargado de la recolección y desecho de residuos es la Municipalidad Distrital de Suyo.

1.3.5. Servicio de limpieza en la ciudad de Suyo.

1.3.5.1. Descripción. El servicio de limpieza que brinda la Municipalidad Distrital de Suyo cubre el barrido y recojo de los desechos en 8 Km lineales en vías (2018) que llegarán a su destino final: El botadero Roca Rajada.

1.3.5.2. Infraestructura. Según la información recabada de (2019) se puede estructurar la infraestructura en:

Infraestructura:

- Relleno sanitario manual a cielo abierto de 10000 metros cuadrados.
- Cochera municipal de Suyo para guardar las unidades móviles de limpieza pública.
- Equipamiento:
- 01 camión de 7.5 metros cúbicos.
- 01 moto furgón.

1.3.5.3. Costo del servicio en la ciudad de Suyo. El servicio de limpieza que brinda la Municipalidad Distrital de Suyo cubre el barrido y recojo de los desechos en 8 Km lineales en vías (Ministerio del Ambiente, 2018) que llegarán a su destino final: El botadero Roca Rajada. Debido a que la municipalidad es la encargada del manejo de los residuos, los habitantes no incurren gasto alguno cuando a gestión de desechos.

Para el 2018 la Municipalidad Distrital de Suyo tenía un presupuesto planificado de S/ 212 000.00 [doscientos doce mil soles] (2018). De acuerdo con investigaciones realizadas (2019), este presupuesto es un monto reducido que solo beneficia al 8% de la población rural y al 100% de la población urbana. De acuerdo con investigaciones realizadas (2019), este presupuesto es un monto reducido que solo beneficia al 8% de la población rural y al 100% de la población urbana.

1.4. Características de la ciudad de Suyo

El distrito de Suyo se encuentra al norte del Perú a una altura de 408 m.s.n.m. y es uno de los 10 distritos que conforman la provincia de Ayabaca. Es zona fronteriza del país, pues limita con la provincia de Macará, Ecuador.

1.4.1. Historia

El distrito de Suyo fue fundado en el siglo XIX por José Félix Ojeda Jaramillo, mucho tiempo antes de que Ramón Castilla lo declare distrito de manera legal. Félix Ojeda contaba con una gran parte de las tierras que conformaban el distrito de Suyo en ese tiempo, y alrededor y dentro de esas tierras se fueron asentando los primeros pobladores del distrito. (Silupú, 2012)

El 2 de enero de 1857, el Mariscal Ramón Castilla atendiendo a la ley de Convención Nacional del 29 de noviembre de 1856, la misma que expresaba que había municipalidades en los “lugares expresados” en el documento, donde se encontraba Suyo, se determinaron los miembros de cada municipalidad. (Ley Transitoria de Municipalidades de 2 de enero de 1857, 1857)

1.4.2. Análisis demográfico

Según el Instituto Nacional De Estadística e Informática (2018), desde ahora INEI, el distrito de Suyo al 2017 contaba con una población de 11179 habitantes.

Tabla 1: Población censada del Distrito de Suyo en el 2017

Sexo, área urbana y rural	Total de habitantes
Hombres de entre 1-65+ años	5 767

Sexo, área urbana y rural	Total de habitantes
Mujeres	5 412
Población Urbana	3 476
Población Rural	7 703

Nota: Tomado de Instituto Nacional de Estadística e informática (2018)

Suyo cuenta con una alta tasa de vivienda en sectores rurales, pues cuenta con diversos caseríos dentro de los cuales encontramos El Puente Quiroz, Santa Ana de Quiroz, La Tina, Puente internacional, entre otros.

1.4.3. Climatología

Suyo presenta un clima templado y semiseco, cuyas temperaturas se encuentran entre 16 y 30°C dependiendo de la estación del año. Esta variación de temperatura hace que los días sean calurosos y las noches frías. Cuenta con una humedad relativa de 66% anual y sus precipitaciones pluviales se dan mayormente entre los meses de enero a abril (Silupú, 2012).

1.5. I.E. 15122 El Puente Quiroz

Se presentará información relevante sobre la I.E. con la que se ha elegido trabajar para poner en contexto sobre la situación demográfica en la que se sitúan y la situación frente al manejo de residuos.

1.5.1. Descripción.

La I.E 15122-El Puente Quiroz es una institución de educación primaria nacional que se encuentra ubicada en el caserío El Puente Quiroz, en la margen derecha del Rio Quiroz, lugar que pertenece al distrito de Suyo, provincia de Ayabaca- Región Piura (Zapata, 2019). Cuenta con un número aproximado de 53 alumnos y de 2 docentes, el mismo que varía de manera anual.

Figura 1. Estudiantes de la I.E. 15122 en la plataforma de formación.



Dentro de sus instalaciones cuenta con 2 aulas construidas de ladrillo, 1 espacio de cocina y 3 ambientes construidos de material rústico, adobe, donde se imparten clases, además de una plataforma de formación techada.

Figura 2. Aulas de material rústico de la I.E. 15122- El Puente Quiroz



1.5.2. Manejo de residuos en la I.E. 15122 El Puente Quiroz

La I.E. 15122 no cuenta con un sistema correcto para la separación de residuos. La docente Gladys Córdova expresó que a los niños desde cuarto de primaria ya se les enseña el tema de reciclaje, en que tachos deben ir los diferentes materiales (las transcripciones completas de las entrevistas se presentan en el Apéndice). Si bien se les enseña el tema de reciclaje y correcta separación de residuos, los alumnos no están aplicando estos conocimientos debido a una falta de práctica y familiarización con los elementos correctos para que esto sea una práctica constante y disciplinada. Gladys Córdova nos comenta que se cuentan con tachos de basura pequeños en el interior de cada aula para recolectar materiales sólidos y en el exterior de cada una para recolectar materiales orgánicos.

Hay diversas consecuencias que nacen de la incorrecta separación de residuos, que son el no saber cómo tratar a los mismo, como cuidarlos correctamente para el reciclaje y como esto afecta en el orden de los salones como expresa Gladys en su entrevista.



Capítulo II

Marco Teórico

En este capítulo se desarrollan conceptos usados alrededor de todo el trabajo para lograr entender de manera adecuada el proyecto. Estos conceptos han sido investigados y se ha obtenido su información de fuentes confiables.

2.1. Separación de residuos

Los residuos sólidos se pueden clasificar de acuerdo con su procedencia, factibilidad de manejo y disposición y según su grado de peligrosidad.

Según su procedencia se clasifican en: Residenciales, industriales, institucionales hospitalarios, de barrido; según su factibilidad de manejo y disposición se clasifican en: comunes y especiales y según su peligrosidad se pueden clasificar en comunes y peligrosos.

Tabla 2. Clasificación según la fuente.

Tipo	Fuentes de generación
Residencial o doméstico	Residencias unifamiliares y multifamiliares, edificios de apartamentos, de poca, mediana y gran altura.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas hoteles, almacenes, reparación de autos, etc.
Industrial	Construcción, fabricación, manufacturas ligeras y pesadas, refinerías, plantas químicas, madera, minería, generación de electricidad, etc.
Institucional	Escuelas, hospitales, cárceles, centros gubernamentales y otras.
Áreas libres o servicio municipales	Calles, avenidas, parque terrenos de juegos, playas, etc.

Tipo	Fuentes de generación
Sitio de plantas de tratamiento	Aguas, aguas residuales y procesos industriales de tratamiento.
Agrícolas	Cultivos, huertos, viñedos, ordeñaremos, corrales de ganado, granja.
Residuos sólidos urbanos o municipales.	Todos los anteriores.

Nota: Tomado de Gestión integral de residuos sólidos urbanos (2018)

2.2. Inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA) es una amplia rama de la informática que se ocupa de construir máquinas inteligentes capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana.

Aproximadamente diez años después de comprender la máquina de cifrado nazi Enigma y ayudar a las Fuerzas Aliadas ganar la Segunda Guerra Mundial, el matemático Alan Turing cambió la historia con una simple pregunta: “¿Es posible que las máquinas piensen?”

La investigación de Turing “Computing Machinery and Intelligence” (1950). Y posteriormente el Turing Test, establecieron la meta fundamental y la visión de la inteligencia artificial.

A inteligencia artificial es la rama de la informática que tiene como objetivo responder afirmativamente la pregunta que se hizo Turing. Esta intenta replicar o simular la inteligencia humana en las máquinas.

2.2.1. Aplicación en la separación de residuos

La inteligencia artificial ha revolucionado diversas industrias. Todos hemos oído hablar de carros autónomos y softwares de reconocimiento facial, sin embargo, también existen aplicaciones de inteligencia artificial en la gestión de residuos y el reciclaje.

Por ejemplo, ya existen empresas que utilizan los sensores de Internet de las cosas (IoT) para controlar la plenitud de los contenedores de basura en toda la ciudad. Esto permite optimizar tiempos, rutas y la frecuencia de recojo de basura.

Además, la IA se está usando en el proceso de reciclaje, utilizando sensores ópticos para detectar distintos materiales, para clasificarlos adecuadamente e incluso para conocer es un artículo está contaminado químicamente, garantizando así la pureza del flujo de residuos.

2.3. Machine Learning

Es una rama de la inteligencia artificial que consta de un conjunto de métodos que crean sistemas que aprenden de manera automática la realización de una tarea en específico. (González, s.f.) Es decir, busca que la computadora aprenda por sí misma identificando patrones dentro de un conjunto de datos procesados y luego intenta replicarlos para realizar predicciones sin necesidad de tener una programación manual o proceso definido que lo realice.

Con machine learning se desarrollan modelos que deben ser entrenados con el fin de optimizar los parámetros obtenidos para así tener una predicción más precisa.

2.4. Deep learning

Según IBM (s.f.), deep learning es un subcampo de machine learning donde las redes neuronales aprenden de grandes cantidades de datos. A diferencia del machine learning, en el deep learning las características de los datos son extraídos de forma automática.

Sus redes neuronales buscan dotar al sistema la capacidad de memorizar realizando una tarea de manera repetitiva.

La red neuronal consta como mínimo de 3 capas, la capa de entrada, la capa oculta y la capa de salida. Entre estas capas se encuentra un peso, el cual señala que tan importante es una neurona frente a las demás y permite llegar a la predicción final, este peso se autoajusta en el entrenamiento y se evalúa su precisión en la etapa de validación.

2.5. Redes neuronales

Las redes neuronales artificiales (RNA's) son un modelo basado en la idea de imitar el funcionamiento del cerebro humano. Están formadas por diferentes nodos que funcionan como neuronas, y que transmiten información entre sí. Toda esta información es procesada por niveles llamados capas, cuya cantidad depende de la programación que se le dé y la tarea que se encargue.

Dicha imitación se da comúnmente en 3 formas: la simulación, por la cual el procesamiento es simula el esquema de la estructural cerebral a través de un programa informático; la emulación, donde el modelado se basa en procesos con estructuras de cálculo paralelo; y la implementación hardware de RNA's, que consiste en la construcción de física de una arquitectura que se acerque a la de una red neuronal biológica.

2.5.1. Aplicaciones

Las redes neuronales tienen muchas aplicaciones, pueden usarse en diversos campos ya sea medicina, ingeniería, biología, militar, empresarial, medioambiental, financiero, manufactura, entre otras.

Ejemplos de aplicaciones:

Medicina:

- Detección de melanoma en la piel.
- Detección de glaucoma en el ojo con escaneos de este.
- Detección de COVID a través de radiografías
- Prevención del suicidio

Ingeniería:

- Procesamiento de imágenes
- Detección de señales de tránsito
- Detección de correcto uso de Equipos de Protección Personal (EPP)
- Procesamiento de lenguaje natural (voz)

Biología:

- Estudio del cerebro humano

Militar:

- Creación de armas inteligentes
- Detección de objetivos
- Autoconducción vehicular

Empresarial:

- Predicción de demanda
- Segmentación de consumidores
- Pronóstico de ventas

Medioambiental:

- Predicción de fenómenos naturales
- Tratamiento de agua potable
- Predicción de contaminación
- Monitoreo del aire
- Clasificación de residuos

Agricultura:

- Detección de enfermedades en plantas
- Control de calidad
- Clasificación de granos de café

Financiera:

- Predicción de precios
- Detección de transacciones fraudulentas con tarjetas de crédito

- Valoración de riesgo crediticio

Manufactura:

- Producción automatizada
- Pronóstico de demanda
- Predicción de insumos necesarios

2.5.1.1. Clasificación de imágenes. Es necesario tener clara la tarea de la red neuronal para que la programación de esta la realice de manera correcta.

La tarea de clasificación de imágenes consiste en tomar una imagen y asignarle una clase determinada para poder identificarla. Con un conjunto de imágenes correctamente etiquetadas la red neuronal sería capaz de identificar las características importantes de cada clase para poder clasificar las imágenes que se le ingresen.

Según (Mihaich, 2014), la clasificación de imágenes se puede distinguir en las siguientes fases:

- Fase de entrenamiento: Definición digital de las categorías,
- Fase de asignación o clasificación: Agrupación de los píxeles de la imagen en una de esas clases, y
- Obtención y verificación de resultados

2.6. TensorFlow

TensorFlow es una plataforma de código abierto de extremo a extremo para el aprendizaje automático. (TensorFlow, s.f.). Fue creada por Google Brain y permite crear y entrenar modelos de machine learning con facilidad en pocas líneas de código en lenguaje Python y C++, ya que las arquitecturas de redes neuronales que maneja son simples y flexibles. Además, cuentan con un gran respaldo en documentación y ejemplos que facilitan el trabajo con esta librería.



Capítulo III

Metodología

En el presente capítulo se muestra y profundiza en lo necesario para entender el porqué del proyecto, iniciando por la presentación del problema identificado y la necesidad del proyecto; en base a lo anterior se definen los objetivos que se pretenden alcanzar para una mejora significativa. También se detallan los materiales para el desarrollo del proyecto, los cuales se muestran en categorías como materiales de escritorio y los necesarios para la elaboración del algoritmo. De igual manera se muestran y explican los métodos utilizados en el desarrollo del presente trabajo de investigación y su algoritmo.

3.1. Planteamiento del problema

La problemática encontrada es la baja información y formación sobre la separación de residuos sólidos.

En el Perú no existe mucha cultura acerca de la separación de residuos y el reciclaje, pues según el Ministerio del Ambiente (2018) en este país se recicla solo el 1.9% del total de residuos sólidos que se pueden volver a aprovechar. Además, se conoce que hace falta mucha conciencia, motivación y educación sobre estos temas. Acerca de esto, Arellano (2019) menciona que no se está tomando ninguna acción frente al manejo y tratamiento de los residuos sólidos debido a la falta de información sobre la característica de estos.

Conociendo la problemática, se decidió contactar a la I.E. 15122-El Puente Quiroz ubicada en el distrito de Suyo. Al consultar con la docente del nivel primario Gladys Córdova, se llegó a conocer que el 48% de los estudiantes no sabe cómo clasificar los residuos que generan. Por lo que se considera trabajar con ellos para mejorar esta situación.

3.2. Justificación del proyecto

Queriendo cubrir la problemática encontrada, se plantea el diseño de un algoritmo de clasificación de imágenes usando redes neuronales para la correcta clasificación de residuos en la I.E. 15122 El Puente Quiroz.

La necesidad del presente proyecto se encuentra enmarcada en la actual coyuntura, debido a que el país viene impulsando la Política Nacional en Gestión de Residuos Sólidos 2016-2024, y dentro de las metas que plantea el Ministerio del Ambiente se resalta:

- Meta 06: Al 2024, el 100% de residuos sólidos reutilizables son reciclados. Esta meta se encuentra en relación con la meta del Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021.
- Meta 08: Al 2024, el 100% de los residuos sólidos no reutilizables son tratados y dispuestos adecuadamente. Esta meta se establece dado el estrecho vínculo existente entre la carencia de infraestructura para el manejo de residuos sólidos y su inadecuada disposición a nivel nacional (La Contraloría General de la República del Perú, 2019).

Según estadísticas se explica que, si la basura se separa adecuadamente antes de llegar al botadero, se podría reciclar casi el 92%. Sin embargo, si los desechos se mezclan, solamente es posible reciclar el 30% (Moyer, 2018). Es por eso por lo que es necesario darle prioridad a la economía circular promoviendo progresivamente que todo residuo puede ser utilizado en alguna otra actividad productiva.

Actualmente nos encontramos en la cuarta revolución industrial (Industria 4.0) por lo cual la tecnología estará más conectada en nuestras vidas y se reducirá la brecha entre lo digital y lo físico. Esta revolución tiene un gran alcance que permite enfrentar los problemas ambientales actuales y transformar la manera en que se gestiona al mundo. La recopilación de datos, el uso eficiente de recursos y la automatización de procesos acelerarían el camino hacia la sostenibilidad (PWC, 2018).

Además del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) Ciudades y comunicaciones sostenibles, el compromiso medioambiental de las ciudades del mundo es uno de los principales pilares de una smart city, ciudades conectadas gracias a la tecnología (IBERDROLA, s.f.).

Teniendo en cuenta el camino que tiene el país para lograr Smart cities y la llegada de la industria 4.0, es necesario desarrollar proyectos con tecnologías que sirvan para solucionar las problemáticas actuales y eduquen sobre el manejo de ella. Actualmente existen muchas técnicas de aprendizaje profundo que permiten generar algoritmos inteligentes basados en el análisis de mucha información. Considerando esto, se puede aprovechar la información de los residuos que se manejan para desarrollar una inteligencia artificial que permita facilitar y enseñar la clasificación de residuos a los alumnos de la I.E. 15122-El Puente Quiroz, y a la par aprendan del tema de clasificación correcta de residuos y se familiaricen con el uso de nuevas tecnologías.

3.3. Objetivos

Los objetivos ayudan a que se sepa lo que se quiere lograr al finalizar el proyecto, y se deben tener en cuenta alrededor de todo su desarrollo, es por eso que se se eligen objetivos medibles y que se puedan cumplir.

3.3.1. Objetivo general:

Aumentar en un 80% el conocimiento acerca de la separación correcta de los residuos en la I.E. 15122 Puente Quiroz- Suyo en la región de Piura entre los meses de mayo-junio.

3.3.2. Objetivos específicos:

- Desarrollar el Notebook ejecutable de un algoritmo que permita clasificar los residuos sólidos, desde el 18/04/2022 hasta 25/05/2022.
- Brindar charlas informativas a los estudiantes de la I.E. 15122 sobre la correcta gestión y clasificación de residuos con fecha de inicio 16/05/2022 y teniendo como fecha máxima de límite de 22/05/2022.
- Elaborar guías para el uso del clasificador de residuos que facilitarán a los alumnos en entendimiento del prototipo que serán elaboradas por los miembros del equipo con fecha límite el día 08/05/2022.
- Analizar la mejora en la gestión de desechos en la I.E. 15122 con fecha 22/05/2022, teniendo como base un análisis realizado antes de la implementación del proyecto con fecha 11/04/2022.
- Demostrar la sustentabilidad del proyecto a largo plazo.

3.4. Materiales y métodos

La metodología general de la ejecución del proyecto está centrada en una modalidad virtual. Toda labor relacionada a investigaciones, redacciones, reuniones de trabajo, consultas, etc.; será realizada por cada uno de los miembros de manera remota en sus hogares o en aquel espacio donde cuenten con los materiales correspondientes mencionados anteriormente para ejecutar las actividades de manera satisfactoria.

La única excepción a esta norma será la actividad relacionada a la investigación de los factores culturales, sociales y personales que rodean el área de estudio, en la ciudad de Suyo; así como el estudio *in situ* de la situación en la I.E. 15122 Puente Quiroz con la aplicación de encuestas. Ambas actividades involucran la presencia física de los miembros del equipo en dicha ciudad.

Los materiales necesarios para el desarrollo de este proyecto los podemos clasificar en materiales de oficina, materiales de escritorio y materiales del algoritmo.

De oficina:

De escritorio:

- Figma. Software de edición de vectores, gráficos e imágenes diseñado para elaborar prototipos y trabajos de diseño gráfico.
- Canva. Software de diseño gráfico y de trabajo colaborativo gratuito que cuenta con plantillas para realizar cualquier tipo de presentación necesarias para el proyecto

- Lettuce Meet. Software web de uso libre que permite al equipo evaluar las horas disponibles de cada uno y definir un horario de trabajo óptimo para todos.
- MS Teams. Plataforma de comunicación virtual para realizar reuniones mediante videollamada, administrar canales, equipos, tareas y calendario del equipo de proyecto
- MS Project. Programa que pone a nuestra disponibilidad herramientas para una correcta gestión de los proyectos, tales como el registro de participantes, control de tareas, administrar riesgos, entre otros.
- MS Office 365. Paquete de programas informáticos que permiten realizar diversos tipos de documentos que ayudan a la presentación de datos, informes y reportes.
- Zoom. Plataforma para realizar videollamadas de manera gratuita.
- Filmora. Software de edición de videos con diversas posibilidades de efectos para realizar videos impactantes.

Del algoritmo:

- Google Colaboratory. Entorno de programación colaborativo gratuito donde se puede escribir y ejecutar líneas de código en lenguaje Python desde el navegador. Necesario para desarrollar el algoritmo de redes neuronales del Proyecto.
- Dataset. Conjunto de imágenes de diferentes tipos de residuos sólidos etiquetadas correctamente en sus nombres y clasificadas en carpetas diferentes.

Todos estos materiales son los requeridos para poder utilizar los métodos necesarios en el desarrollo del proyecto. Estos se pueden clasificar en:

Métodos para el desarrollo del trabajo:

- Reuniones constantes. Las reuniones permiten que se puedan tomar decisiones importantes en el proyecto, y se pueda avanzar con la investigación y desarrollo de las actividades, entregables y objetivos propuestos.
- Investigación. La investigación constante de temas relacionados con nuestro proyecto permite que se mantenga informado y actualizado nuestro entorno de trabajo, para poder aplicar nuevas técnicas y mejoras. Para esta investigación, se debe hacer uso de fuentes confiables como: bases de datos bibliográficos, hemerotecas virtuales, plataformas virtuales, repositorios, buscadores especializados.
- Recojo de información. El obtener información directa de la población en la que se aplicará el proyecto, permitirá que se conozca la realidad y necesidades que presentan. Esto ayuda a que se tenga una mejor dirección y enfoque del proyecto.
- Herramientas digitales. El uso de herramientas digitales permite que la organización del equipo sea mucho más ordenada. Se puede incluir Lettuce Meet al inicio de cada semana de trabajo para organizar la disponibilidad del equipo y MS Teams para el trabajo compartido, comunicación remota, organización y almacenamiento de

documentos importantes. Por otro lado, para el desarrollo de mapas, cuadros y gráficos se debe usar Figma.

Métodos para el desarrollo del algoritmo:

- Métodos supervisados. Para el desarrollo del algoritmo se hará uso de machine learning, el cual cuenta con diversos métodos que se clasifican principalmente en supervisados y no supervisados. La tarea por desarrollar es la clasificación de imágenes, por lo cual es necesario contar con un conjunto de imágenes etiquetadas correctamente para que el algoritmo aprenda a reconocer cada categoría de imagen, es por eso por lo que se hará uso de un método supervisado.
- Deep learning. Con el método definido, con el fin de reducir la intervención manual de alguien y lograr que el algoritmo aprenda por sí solo, es necesario desarrollar un aprendizaje profundo. Este permitirá procesar datos no estructurados (el conjunto de imágenes que se obtendrá) de una manera más rápida y fácil, lo cual es necesario para un proceso rápido de clasificación en tiempo real.
- Redes neuronales convolucionales. Dado que se trabajará con imágenes, es necesario que el algoritmo las procese de la mejor manera para extraer las features más importantes y haga una correcta clasificación. Debido a esto se deben utilizar redes neuronales convolucionales, las cuales tratan de imitar la corteza visual del ojo humano y asignan un peso a ciertas features de una imagen para quedarse con la información más relevante. Según Saha (2018), el preprocesamiento requerido en ConvNet es mucho menor en comparación con otros algoritmos de clasificación, lo cual es importante para un trabajo rápido.



Capítulo IV

Ingeniería del proyecto

En el presente capítulo es el más extenso del informe y cubre todo el trabajo final realizado iniciando con un análisis estratégico del proyecto para conocer mejor al proyecto de manera interna y externa. Se detallan los prototipos elaborados, los cuales son las guías de uso y el algoritmo propuestos, presentando el diseño de cada uno y los resultados del algoritmo. Para ambos prototipos se explica su elaboración y se muestra el resultado. Además, la aplicación del proyecto requiere un estudio de mercado y un plan económico-financiero para poder desarrollarse manera óptima, es por eso por lo que se define una segmentación y el análisis de encuestas realizado a este grupo de personas. Finalmente, el plan económico-financiero muestra las metas financieras, el análisis de costos, los indicadores de rentabilidad y un planteamiento de presupuesto para proyectos futuros.

4.1. Análisis estratégico

El análisis estratégico del proyecto SMART BIN tiene como fin dar la perspectiva general de la situación actual para poder hallar posibles fallas en la orientación de las actividades y en consecuencia definir nuevos objetivos, modificar los actuales o eliminarlos.

4.1.1. Misión y visión

- Misión: “Ofrecer un producto de clasificación de residuos interactivo y fácil de utilizar gracias a la implementación de las últimas innovaciones en redes neuronales y machine learning.”
- Visión: “Convertirse en la solución estándar de clasificación de residuos en la región de Piura, que lleve poco a poco a la concientización ambiental, yendo acorde al nuevo enfoque de ciudades inteligentes.”

4.1.2. Análisis FODA

Tabla 3. Análisis FODA, SMART BIN

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>Uso de últimas tecnologías de redes neuronales.</p> <p>Conexiones de alto valor con expertos en la rama de desarrollo de software de inteligencia artificial.</p> <p>Se posee del conocimiento para realizar la ejecución del proyecto al mínimo coste y tiempo.</p>	<p>El modelo de negocio de SMART BIN es fácil de replicar.</p> <p>No se cuenta con plan de marketing.</p> <p>Margen de beneficio bajo debido a la naturaleza del proyecto (social/ambiental).</p>
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>Implementación dentro de instituciones de educación inicial, primaria y secundaria.</p> <p>Proyectos regionales de implementación a nivel urbano.</p> <p>Ser pioneros en el enfoque de “ciudad inteligente” en la región Piura.</p>	<p>Desinterés hacia el proyecto por parte del público objetivo.</p> <p>Reticencia a la transición de basureros tradicionales a módulos de clasificación inteligentes.</p>

4.2. El Producto

Para fines prácticos, los productos del proyecto serán 3: el archivo del prototipo funcional creado en la plataforma Google Collaboratory con la red neuronal ya entrenada, con el *dataset* y algoritmo subidos a un repositorio en Github para su fácil acceso; y las guías tanto de estudiante como de docente adjuntadas en el presente informe.

4.3. El Prototipo

Uno de los objetivos del proyecto es realizar un prototipo funcional que consiste en un notebook ejecutable con un algoritmo de inteligencia artificial en lenguaje Phyton que contará con una demo en forma de página web que funcione en simultáneo al script. Además, se desarrollarán 2 guías para que alumnos y docentes puedan usar el sistema sin dificultad.

4.4. Guía para el uso del sistema

Las guías didácticas que será elaboradas son una herramienta que facilitan el manejo del sistema y aprendizaje de este, por su pertinencia al permitir que cada estudiante y docente del nivel primario tenga autonomía en cuanto el uso del sistema implementado. Esta guía estará dirigida a estudiantes y alumnos de la institución educativa I.E. 15122 El Puente Quiroz.

4.4.1. Guía de estudiante

Las guías para estudiantes serán un recurso clave en la enseñanza de la importancia de separación de residuos, además se mostrará de forma didáctica el uso del sistema, para que se puedan familiarizar con este y darle un buen uso. Los objetivos que se quiere llegar a lograr

con las guías son: la orientación en el manejo del sistema, el aprendizaje de la educación ambiental, evaluar sus conocimientos con preguntas cortas, motivar en la ejecución de acciones positivas para el medio ambiente, para que posteriormente sea compartido dentro de su familia.

4.4.2. Guía del docente

Las guías docentes, al igual que la guía para estudiantes, orientará en el uso adecuado del sistema, además propondrá temas y recursos relacionados con la educación ambiental en el colegio y comunidad para que pueda ser compartido en clase o mediante talleres

4.5. Algoritmo

El algoritmo es uno de los principales productos de esta investigación, y consta de una secuencia ordenada de pasos para resolver un problema, en este caso, la correcta separación de basura.

4.5.1. Descripción del dataset

El *dataset* de con el que se entrenó el modelo es de dominio público y se encuentra alojado en los servidores de la página web *Kaggle*. Este *dataset* se compone de fotografías en varios ángulos con distinta iluminación de diversos desechos. Estas imágenes tienen unas dimensiones de 384x512 pixeles y la mayoría se encuentran sobre un fondo blanco para facilitar el entrenamiento del modelo, así como facilitan la futura clasificación al eliminar el “ruido” de la imagen.

Las imágenes están agrupadas en seis carpetas que se detallan a continuación:

- **Cardboard:** Esta carpeta contienen 403 imágenes de diversas piezas de cartón, las fotografías fueron tomadas desde diversos ángulos y distancias para hacer que el futuro reconocimiento fuese más natural.

Figura 3: Fotografía representativa del cartón



- **Glass:** Esta carpeta contiene 501 fotografías de diversas piezas fabricadas en vidrio, tales como vasos y botellas. Las fotografías muestran vidrio de diversos colores para entrenar al modelo en el reconocimiento teniendo en cuenta el color de los residuos.

Figura 4: Fotografía representativa de vidrio



- **Metal:** Esta carpeta contiene imágenes de diversas piezas fabricadas a base de metales, entre las que se encuentran latas y envolturas. Las fotografías son de diversas marcas para que el modelo tome en cuenta las tonalidades y brillos propios del material.

Figura 5: Fotografía representativa de metal



- **Paper:** En esta carpeta se encuentran 594 elementos de diversas formas y colores, ya que de esa forma el modelo aprende a tomar en cuenta las formas y colores que se pueden presentar en este material.

Figura 6: Fotografía representativa de papel



- **Plastic:** Contiene 482 fotografías de diversos tipos de piezas elaboradas a base de plástico: botellas, contenedores, bolsas, jarrones, tapas y etiquetas; las imágenes también registran piezas magulladas y compactadas para que el modelo sepa identificar las diversas presentaciones de los desechos.

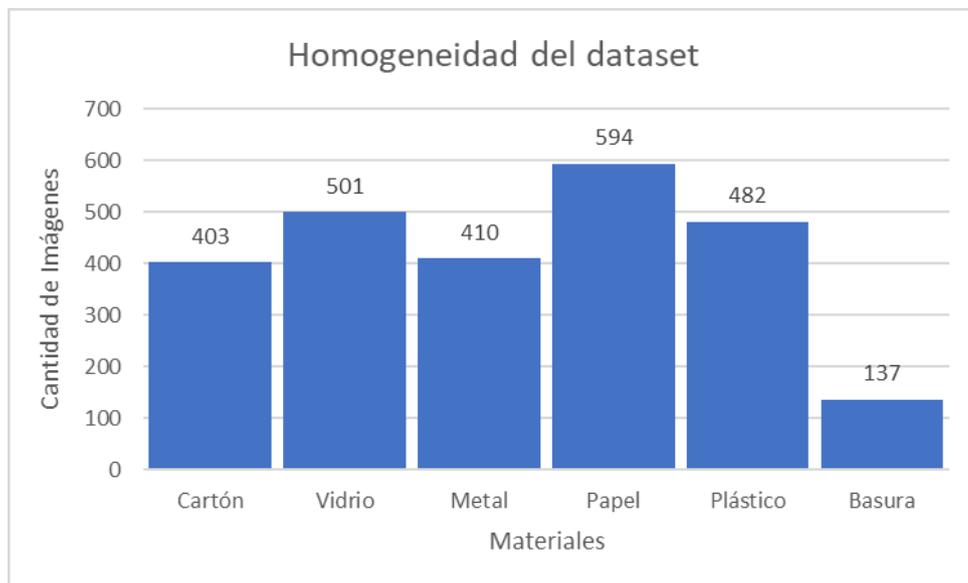
Figura 7: Fotografía representativa de plástico



- **Trash:** En esta sección se encuentran 137 fotografías de piezas que no pudieron encajar en alguna de las categorías anteriores, las piezas poseen formas que pueden resultar complejas de analizar, los materiales en los que están clasificados no tienen la cantidad suficiente para agruparse en una sola carpeta.

Figura 8: Fotografía representativa de basura

Como puede verse en el Gráfico 1: Homogeneidad del dataset las cantidades de las 5 primeras carpetas tienen una media de 478 imágenes, recordar que en la carpeta 6 se encuentran las imágenes que no pudieron ser categorizadas en las otras, por lo que es entendible y aceptable que tenga una cantidad de imágenes muy inferior a la media. Estas imágenes pueden ser enriquecidas con fotografías propias de acuerdo con el entorno en el que se usará el prototipo, por lo mismo, es importante tener una variedad de datos para facilitar la detección en un contexto de educación inicial.

Gráfico 1: Homogeneidad del dataset

4.5.2. Hiperparámetros

Los hiperparámetros están presentes en cualquier entrenamiento de una red neuronal, y son los que el programador debe de ajustar en función de cómo se vaya desarrollando el entrenamiento.

Los hiperparámetros con los que se trabajará son los siguientes:

Función de activación. Es la encargada de relacionar la información de entrada de la neurona con el siguiente estado de activación que esté dentro de la misma neurona (Montesdeoca,

2016). Existen diversos modelos de funciones de activación, dentro de los cuales se trabajará con:

- **Relu.** Según (Velo, 2020), es una función de activación de capas ocultas conocida en el ámbito de redes neuronales. Fue presentada para explicar el funcionamiento de circuitos de silicón inspirados en la interacción entre neuronas dentro de una corteza cerebral. Estas son fáciles de optimizar, son de procesamiento rápido en ordenadores y atenúan los problemas de sobreajuste.
- **Swish.** Esta función de activación tiene las características de sin límites superior o inferior, suave y no monótona. Esta es mejor que Relu en modelos más profundos, y puede mejorar la precisión de clasificación.
- **Softmax.** Esta función transforma las salidas a una presentación en forma de probabilidades, de manera tal que el sumatorio de todas las posibilidades de las salidas es de 1. Tiene un alto rendimiento en las últimas capas (Calvo, 2018).

Batchsize. Es el tamaño del lote de datos que se denomina batch, y es importante debido a que puede determinar el tiempo de ejecución de la red, pero también puede variar la calidad de las predicciones de la misma (Montesdeoca, 2016).

Epochs. También llamado ciclo, es el intervalo que comprende desde una actualización de las ponderaciones de un modelo de redes neuronales respecto de un batch hasta la actualización siguiente sobre el mismo batch. El usuario puede elegir con cuantas epochs desea que su modelo estime los parámetros (Montesdeoca, 2016).

Capas. Se pueden diferenciar tres tipos de capas en base a la posición en la que se encuentre dentro de la red la capa de input que se ocupa de introducir la información en el modelo, las capas ocultas y la capa final donde se realizan las transformaciones en la información que devuelven un resultado transformado (Montesdeoca, 2016).

Learning rates. Regula la velocidad a la que el modelo trata de optimizar su función de coste que es la medida de rendimiento.

4.5.3. Experimentación

Luego de definir los valores a controlar, se decidió realizar dos versiones con distintos hiperparámetros a fin de analizar si había una mejora significativa uno respecto de otro. A continuación, se detallan los dos procesos realizados:

a. Modelo 1:

- **Activación:** Se decidió escoger la función de activación Relu en todas sus capas a excepción de la capa de salida que era Softmax.
- **Tamaño de muestras:** Se trabajó con un “batch_size” de 16 imágenes por cada época.
- **Epoch:** Se trabajó con 15 epochs durante el entrenamiento del modelo.

b. Modelo 2:

- Activación: Se usaron de manera cruzada las funciones de activación Relu y Swish en todas sus capas para contrastar con el hiperparámetro activation del modelo 1, exceptuando la capa de salida donde se colocó la función Softmax.
- Tamaño de muestras: El batch_size que se usó fue de 32 imágenes agrupadas por cada época de entrenamiento.
- Épocas: Se decidió experimentar con 22 épocas en este modelo.

Los resultados obtenidos se pueden apreciar en la Tabla 4.

Tabla 4: Resultados de experimentación

	Modelo 1	Modelo 2
Cantidad de épocas	15	22
Tiempo de cada paso por epochs	2 s	2 s
Loss final	0.1132	0.1170
Accuracy final	0.8896	0.9640
Accuracy de validación	0.5485	0.8417
Resultado	Rechazado	Elegido

Luego de la etapa de experimentación se pudo observar como las variaciones en los hiperparámetros hicieron que los resultados del modelo fuesen distintos. Esto se puede ver con el valor del porcentaje de precisión (*Accuracy*) con el que el modelo clasifica la imagen; esto da a entender que el Modelo 2 tiene mayor porcentaje de precisión comparado con el Modelo 1. También se puede apreciar que el Modelo 1 tiene una menor desviación entre las predicciones y los valores de prueba; sin embargo, esto puede considerarse no significativo, ya que la diferencia es mínima. Sin embargo, la diferencia en el *accuracy* de validación es mayor. Según los puntos expuestos anteriormente es por lo que prevaleció la elección del Modelo 2 para el uso en el proyecto de clasificación de residuos.

4.5.4. Arquitectura

La arquitectura del modelo cuenta con 23 capas, las cuales están compuestas por:

Capa de entrada, la cual es una convolución con un Kernel de 3*3, y configurado con una función del swish. Una convolución es la imagen que es una matriz de pixeles se le pasa un Kernel, cuadrícula pequeña que tiene una función, y en base a ello te saca la información relevante.

Dentro de **las capas intermedias** se realiza la identificación de las imágenes, diferenciando entre el tipo de material haciendo uso de:

- *Maxpooling*, que sirve para sacar el máximo valor de cada capa, usado para disminuir la resolución del mapa de características mediante un muestreo descendente en un canal a la vez. Ayuda a conservar las características más importantes y mantener la invariancia traslacional. En el modelo nos ayuda a discernir entre el tipo de material de desecho.
- *Batch Normalization*. Esta es una técnica usada en redes neuronales donde la profundidad empieza a tener impacto directo en el proceso de entrenamiento. Según Montesdeoca (2016), la técnica de *batch normalization* corresponde a utilizar una capa que normaliza los valores recibidos de la capa anterior a una desviación estándar y promedio constantes, definidos en la capa de *batch normalization*.
- Convolución. Al igual que en la capa de entrada, en las capas intermedias también se realizan convoluciones variando su entrada, kernel y función de activación.
- *Dropout*. Consiste en una técnica que elimina las neuronas que no aportan información relevante o traen consigo errores para así poder regular los modelos entrenados y reducir algún sobreajuste que pueda ocurrir.

Capa de salida, la cual consiste en una capa densa en una entrada pequeña con una función de activación *softmax*.

La configuración de arquitectura final en lenguaje Python es el siguiente:

```

model = tf.keras.Sequential([
    tf.keras.layers.Conv2D(32, (3, 3), activation='swish', input_shape=(384,
512, 3)),
    tf.keras.layers.BatchNormalization(),
    tf.keras.layers.Conv2D(32, (5, 5), activation='swish'),
    tf.keras.layers.BatchNormalization(),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2, 2),
    tf.keras.layers.Dropout(0.2),

    tf.keras.layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.BatchNormalization(),
    tf.keras.layers.Conv2D(64, (5, 5), activation='swish'),
    tf.keras.layers.BatchNormalization(),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2, 2),

```

```

tf.keras.layers.Dropout(0.2),

tf.keras.layers.Conv2D(128, (3, 3), activation='relu'),
tf.keras.layers.BatchNormalization(),
tf.keras.layers.Conv2D(128, (5, 5), activation='swish'),
tf.keras.layers.BatchNormalization(),
tf.keras.layers.MaxPooling2D(2, 2),
tf.keras.layers.Dropout(0.2),

tf.keras.layers.Flatten(),
tf.keras.layers.Dense(256, activation='swish'),
tf.keras.layers.BatchNormalization(),
tf.keras.layers.Dropout(0.4),
tf.keras.layers.Dense(6, activation='softmax')
])

```

4.5.5. Funcionamiento

El algoritmo se desarrolló en la plataforma Google Collaboratory e inicia con la importación de las librerías necesarias para el desarrollo de todo el proceso. Estas están compuestas por un conjunto de archivos con códigos y datos para ser ejecutarlos de manera autónoma sin tener que programar toda la función desde esto. Esto facilita el trabajo en la programación, pero sin ellas no se podría ejecutar el algoritmo.

Dado que *Tensorflow* otorga una manera más fácil y estructurada de desarrollar modelos de redes neuronales, se importa esta biblioteca y de ella se importa la librería *keras*, de la cual se obtendrán los módulos necesarios para la construcción del modelo.

De igual manera se importan las librerías para el análisis de datos, como lo son *pandas* y *numpy*.

La librería *pickle* sirve para procesar los índices de las imágenes en una secuencia de bytes.

Matplotlib permite elaborar gráficos con los cuales se evaluará las métricas del modelo.

Con *OpenCV* se podrán leer y mostrar las imágenes para una mejor visualización.

```

import tensorflow as tf
from tensorflow import keras
from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator

```

```

from keras.models import Sequential
from keras.layers import Convolution2D
from keras.layers import MaxPool2D
from keras.layers import Flatten
from keras.layers import Dense
from keras.preprocessing import image
from keras.callbacks import ModelCheckpoint
from keras.models import load_model

import pandas as pd

import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt

import pickle as pk

import cv2

from google.colab.patches import cv2_imshow

```

Con las librerías necesarias importadas, se procede a importar el *dataset* clonándolo de un repositorio en GitHub elaborado por el equipo mediante el comando de consola *git clone*. Este se realizó con el fin de facilitar su acceso y la funcionalidad autónoma del algoritmo.

```
!git clone https://github.com/danielchapi/dataset\_PYT.git
```

Después de clonar el repositorio, se almacena la ruta de la carpeta con las imágenes del *dataset* en una variable y se pasa al preprocesamiento de las imágenes.

Se aplican transformaciones que aumenten la cantidad de datos, hacerlos más diversos para el entrenamiento y hacer el modelo más preciso, aplicándole un rango de zoom, algunos cortes a las imágenes, volteando algunas aleatorias de forma horizontal e indicando qué porcentaje de las imágenes del *dataset* se usarán para la prueba del modelo.

En el desarrollo de cualquier modelo siempre se debe partir los datos en entrenamiento y prueba, siendo el porcentaje de datos de entrenamiento mayor al de prueba.

Para el desarrollo de este modelo se definió que el 80% de las imágenes se utilicen para la etapa de entrenamiento y el 20% para la etapa de prueba.

```

trainDataGenerator = ImageDataGenerator(
    zoom_range = 0.1,
    shear_range = 0.1,
    validation_split = 0.2,
    horizontal_flip = True)

trainDataSet = trainDataGenerator.flow_from_directory(

```

```

TrainImagePath,
target_size=(384, 512),
batch_size=32,
class_mode='categorical')
testDataGenerator = ImageDataGenerator()
testDataSet = testDataGenerator.flow_from_directory(
    TrainImagePath,
    target_size=(384, 512),
    batch_size=32,
    class_mode='categorical')

```

Se configura que el *class mode* sea *categorical* ya que trabajamos con imágenes en 2D. Las clases se almacenan en una variable y se procede a definir la arquitectura del modelo a elaborar, la cual se detalló en el apartado anterior. Con el modelo configurado, se define el optimizador del modelo, la función de pérdida y la métrica a evaluar durante el entrenamiento.

```

optimizer = keras.optimizers.Adam(learning_rate = 0.001)
model.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer=optimizer,
metrics=['accuracy'])

```

Se trabaja con *categorical_crossentropy* como función de costo ya que nuestra tarea es la clasificación de diversos tipos de imágenes y esta función le asigna un valor numérico diferente a cada clase.

Un punto adicional que considerar es el de elaborar *checkpoints* que permitan almacenar en la ruta que se desee el modelo generado por cada *epoch* de entrenamiento, de esta manera se asegura que todo quede almacenado por si se cierra el entorno de ejecución y, además, se puede elegir el modelo en la *epoch* donde presente mejores métricas.

```

filepath = '/content/model_class_22.epoch{epoch:02d}.hdf5'
callback = ModelCheckpoint(filepath=filepath,
                           monitor='accuracy',
                           verbose=1,
                           save_best_only=True,
                           mode='max')

callbacks = [callback]

```

• Métricas

Para definir que el modelo entrenado es bueno y realizará una buena predicción es necesario evaluar sus métricas.

Para ello se definió con anterioridad que el *accuracy* sería la métrica del entrenamiento del modelo, además, uno de los requisitos del proyecto es obtener un *accuracy* de al menos el 80%.

Según (Barrios, 2019), el *accuracy* se refiere a lo cerca que está el resultado de una medición del valor verdadero. Este valor es representado mediante la división de los resultados correctamente predichos, tanto los que se indicaron que eran una clase como los que no, entre el total de los casos analizado.

VP = Verdaderos positivos. Resultados correctamente clasificados en una clase.

VN = Verdaderos negativos. Resultados correctamente indicados que no pertenecen a una clase.

FN = Falsos negativos. Resultados indicados erróneamente que no pertenecen a una clase cuando sí lo eran.

FP = Falsos positivos. Resultados indicados erróneamente que pertenecen a una clase cuando no lo eran.

$$accuracy = \frac{VP + VN}{VP + FP + FN + VN}$$

Además del *accuracy*, la función de pérdida nos indica el valor del *loss* obtenido del entrenamiento, el cual nos indica mide el desempeño del modelo comparando que tan cerca está la predicción del valor real, un resultado alto indica que la red neuronal tiene un desempeño pobre y un resultado bajo indica que la red neuronal está haciendo un buen trabajo (Rodríguez, 2018).

Al terminar el entrenamiento del modelo se muestran estas métricas, las cuales fueron:

$$Loss = 0.1107$$

$$Accuracy = 0.9640$$

El *loss* es bastante bajo y el *accuracy* es bastante alto, además, supera el requisito del 80%, pero también se evaluaron estas métricas con la data de prueba para estar seguros de que no se memorizó los datos y por eso da valores tan buenos.

```
score = model.evaluate(testDataSet)
print("Loss: ", score[0])
print("Accuracy: {:.2f}%".format(score[1] * 100))
```

Los resultados fueron:

$$Loss = 0.457582026720047$$

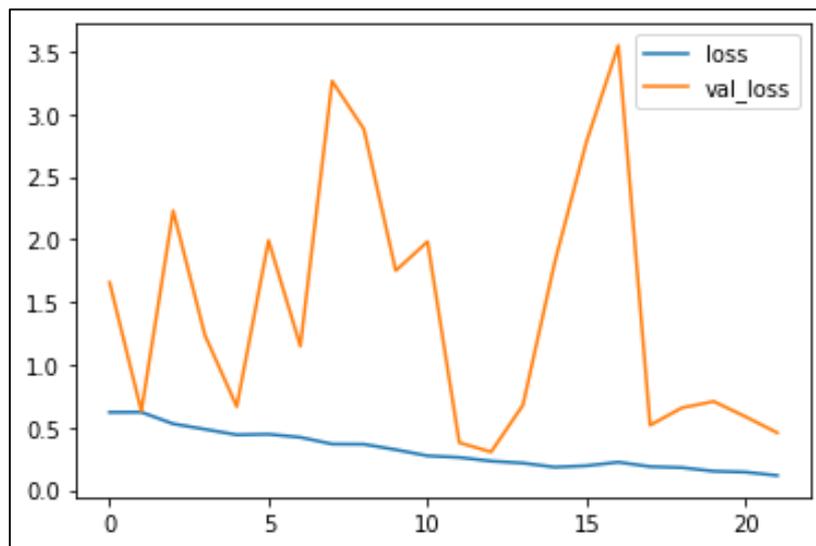
$$Accuracy = 84.17\%$$

Estos valores también son bastante buenos, la pérdida es baja y el *accuracy* es alto y supera el requisito del 80%, con lo cual se concluye que se acepta el modelo desarrollado.

Para visualizar las métricas de una mejor manera se realizaron gráficos lineales que reflejen su evolución por *epoch*.

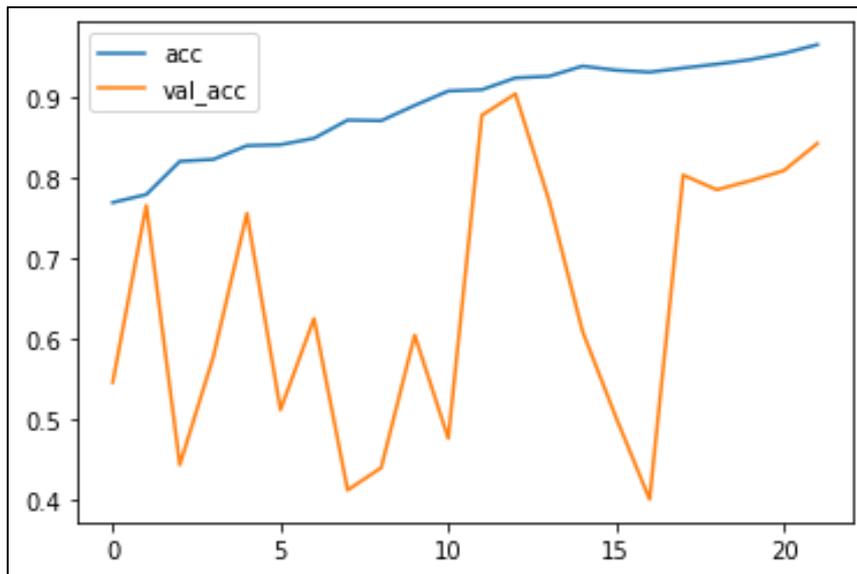
```
plt.plot(history.history['loss'], label='loss')
plt.plot(history.history['val_loss'], label='val_loss')
plt.legend()
plt.show()
```

Gráfico 2: Evolución del loss por epoch de entrenamiento



Aunque el valor de *loss* es bastante variable con la data de prueba, se logra minimizar tanto en entrenamiento (*loss*) como en prueba (*val_loss*), lo cual indica que el desempeño del modelo es bueno.

```
plt.plot(history.history['accuracy'], label='acc')
plt.plot(history.history['val_accuracy'], label='val_acc')
plt.legend()
plt.show()
```

Gráfico 3: Evolución del accuracy por epoch de entrenamiento

El valor de accuracy se logra maximizar en el entrenamiento, al comprobar con la data de prueba se observa bastante variabilidad, pero en la última *epoch* se obtiene un valor alto mayor a 80%.

La variabilidad en las líneas evaluadas con la data de prueba se debe a que se evalúa con datos desconocidos, lo evaluado con la data de entrenamiento es más preciso ya que con esos datos se entrenó el modelo y se realiza una evaluación con los resultados, en cambio la data de prueba es completamente desconocida para el modelo. Es necesario observar ambos tipos de métricas maximizando el *accuracy* y minimizando el *loss* para obtener un buen modelo.

- Predicción

Concluida la elaboración del modelo se procede a evaluarlo con una predicción. Dada que la aplicación del algoritmo está dirigida a un colegio primario del Perú, se elaboró un método que arroje los resultados en un idioma claro para los niños del colegio. Además, en este método se indicaba en qué tacho se debe arrojar la basura procesada.

```
def spanish_output(resultado):
    if resultado == 'cardboard':
        detect = 'Cartón'
        trash = 'Tacho azul (Papel y cartón)'
    elif resultado == 'glass':
        detect = 'Vidrio'
        trash = 'Tacho blanco (Plástico y vidrio)'
    elif resultado == 'metal':
```

```

detect = 'Metal'

trash = 'Tacho amarillo (Amarillo)'

elif resultado == 'paper':

    detect = 'Papel'

    trash = 'Tacho azul (Papel y cartón)'

elif resultado == 'plastic':

    detect = 'Plástico'

    trash = 'Tacho blanco (Plástico y vidrio)'

elif resultado == 'trash':

    detect = 'Otros'

    trash = 'Tacho negro (Residuos comunes)'

return detect, trash

```

Con las configuraciones definidas, se procede a realizar las predicciones con imágenes aleatorias del *dataset*.

Para ello se almacena la ruta de la imagen a evaluar en una variable, en este caso evaluaremos qué tal predice la imagen de un cartón. Se carga la imagen ajustando sus dimensiones y se ingresa al modelo en forma de array. Con la salida predicha se llama al método definido anteriormente para mostrar los resultados obtenidos y la imagen procesada. En la parte inferior de la imagen se mostrará la predicción.

```

ImagePath = '/content/dataset_PYT/dataset/Garbage_classification/Garbage_classification/cardboard/cardboard208.jpg'

img_show = cv2.imread(ImagePath)

test_image = image.load_img(ImagePath,target_size=(384, 512))

test_image = image.img_to_array(test_image)

test_image = np.expand_dims(test_image,axis=0)

result = model.predict(test_image,verbose=0)

detect,trash = spanish_output(table[np.argmax(result)])

cv2_imshow(img_show)

print('----'*17)

print('Tipo de residuo: ', detect)

print('Arrojar en ', trash)

```

```
print('-----'*17)
```

Figura 9. Predicción de clasificación de cartón



Tipo de residuo: Cartón
Arrojar en Tacho azul (Papel y cartón)

También se realizaron predicciones de los demás tipos de basura contenidos en el dataset. Los resultados fueron los siguientes:

Figura 10. Predicción de clasificación de latas



Tipo de residuo: Metal
Arrojar en Tacho amarillo (Amarillo)

Figura 12. Predicción de clasificación de vidrio



Tipo de residuo: Vidrio
Arrojar en Tacho blanco (Plástico y vidrio)

Figura 11. Predicción de clasificación de una hoja de cuaderno arrugada.



Tipo de residuo: Papel
Arrojar en Tacho azul (Papel y cartón)

Figura 13. Predicción de clasificación de plástico

Tipo de residuo: Plástico
Arrojar en Tacho blanco (Plástico y vidrio)

Figura 14. Predicción de clasificación de una manzana

Tipo de residuo: Otros
Arrojar en Tacho negro (Residuos comunes)

- Mejora implementada y resultados

Los resultados obtenidos fueron bastante buenos, sin embargo, una de las expectativas del interesado del proyecto Omar Hurtado era que la base de datos usada para el desarrollo del algoritmo sea representativa del lugar. Si bien las imágenes utilizadas entregaron buenas predicciones, es necesario mejorar este *dataset* para cumplir con todas las expectativas de nuestros interesados, además, esta implementación daría mejores resultados en las predicciones.

Por esta razón se conversó con la profesora Gladys Córdova sobre los residuos que suele observar que desechan sus alumnos. De esta reunión se concluyó que los alumnos suelen desear papeles, plásticos y frutas, siendo los plásticos los que desechan en mayor proporción, en segundo lugar, los papeles y por último las cáscaras de fruta.

Con esta información se elaboró un *dataset* clasificando las imágenes de residuos en plásticos (*plastic*), papeles (*paper*) y residuos orgánicos (*organic*), manteniendo la proporción que nos indicó la docente de la I.E. 15122 – El Puente Quiroz. Estas imágenes seguían la misma proporción del anterior *dataset* (384x512 píxeles).

Recopilando todos los comentarios de la profesora se organizaron las siguientes carpetas:

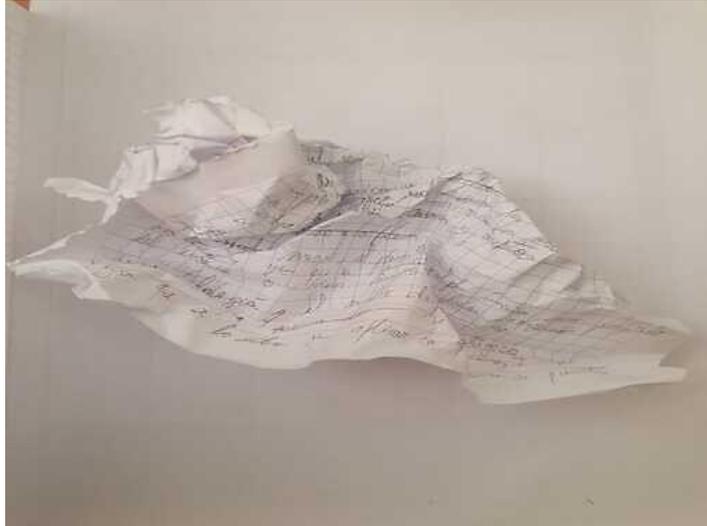
- **Plastic:** Esta carpeta contiene 30 imágenes de diversos residuos de plástico. Las fotografías fueron tomadas desde una vista superior con diferentes iluminaciones. Para este tipo de residuos se definió que el tacho de basura correspondiente será el de color azul.

Figura 15. Imagen representativa de plástico



- **Paper:** Esta carpeta contiene 28 imágenes de diversos residuos de papel. Las fotografías fueron tomadas desde una vista superior con diferentes iluminaciones. Para este tipo de residuos se definió que el tacho de basura correspondiente será el de color blanco.

Figura 16. Imagen representativa de papel



- **Organic:** Esta carpeta contiene 21 imágenes de diversos residuos de plástico, las fotografías fueron tomadas desde una vista superior con diferentes iluminaciones. Para este tipo de residuos se consideraron las frutas que son más consumidas en la I.E. 15122 – El Puente Quiroz. Para este tipo de residuos se definió que el tacho de basura correspondiente será el de color naranja.

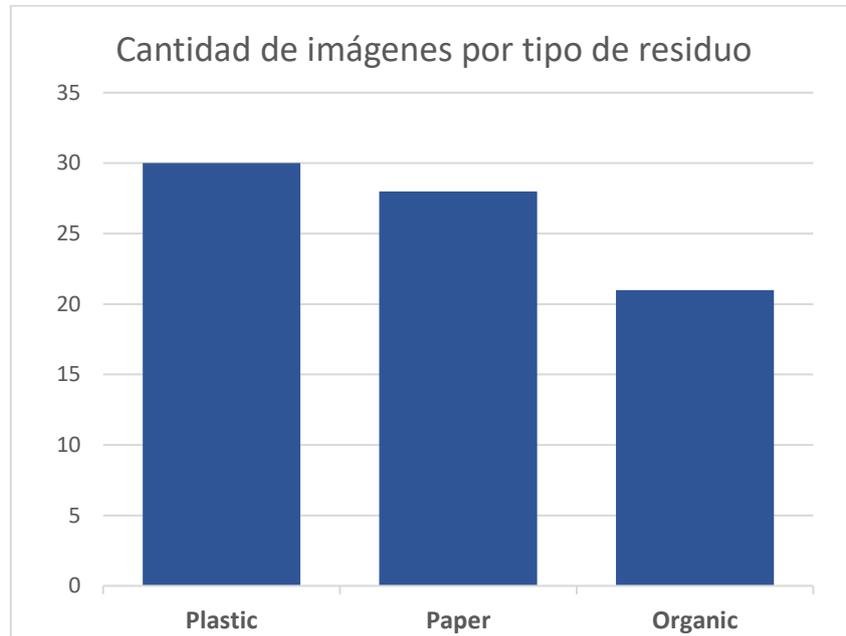
Figura 17. Imagen representativa de residuo orgánico



La unión de estas 3 carpetas da un total de 79 imágenes. Si bien la cantidad es muy inferior al *dataset*, este número es más representativo al contexto de la I.E. 15122 – El Puente

Quiroz, además, al no contar con tantas imágenes en el *dataset* serán necesarias más *epoch* de entrenamiento para lograr resultados similares o mejores que el modelo anterior.

Gráfico 4. Cantidad de imágenes por tipo de residuos



Para el entrenamiento de este nuevo modelo se trabajó con la misma arquitectura desarrollada para el anterior modelo, la única diferencia son el número de *batchsize* y de *epochs*, para este nuevo entrenamiento se consideró un *batchsize* de 8 y 98 *epochs*.

Al completar las 98 *epochs* de entrenamiento se obtuvo un *loss* de 0.2413 y un *accuracy* de 0.9747, determinando estos valores con los datos de prueba se obtuvo un *loss* de 1.76294 y un *accuracy* de 63.29%. Al realizar una predicción de una imagen de un residuo orgánico se obtuvo una predicción errónea.

Figura 18. Imagen de residuo de granadilla



Tipo de residuo: Plástico
Arrojar en Tacho blanco (Plástico y vidrio)

De igual manera al intentar reconocer la imagen de un papel la predicción indicó que el residuo era un plástico.

Figura 19. Imagen representativa de un papel



Tipo de residuo: Plástico
Arrojar en Tacho blanco (Plástico y vidrio)

Al ingresar un plástico este sí fue reconocido correctamente.

Figura 20. Imagen representativa de un plástico



Tipo de residuo: Plástico
Arrojar en Tacho blanco (Plástico y vidrio)

Estas predicciones nos indican que el modelo aprendió mal y memorizó el residuo de mayor cantidad de imágenes, plástico.

Con estos resultados, pese a cumplir con el requisito de tener un *accuracy* mayor al 80%, era necesario obtener otro modelo con mejor performance. Al entrenar este modelo se configuró una función que almacene los modelos por *epoch* con menor valor de *loss*, de esta manera, al completar el entrenamiento el último modelo almacenado era el de la *epoch* 80 cuyo valor de *loss* fue de 0.0022 y *accuracy* de 1.0000. Además, determinando estos valores con los datos de prueba se obtuvo un *60s* de 0.5850 y un *accuracy* de 88.61%. Estas métricas son bastante buenas ya que, dado que el proyecto es educativo, es necesario un alto grado de precisión para que los alumnos aprendan de manera correcta y no se confundan.

Con este nuevo modelo se realizaron predicciones para cada tipo de residuo y se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 21. Predicción de un residuo orgánico



Tipo de residuo: Residuos orgánicos
Arrojar en Tacho naranja (Residuos comunes)

Figura 22. Predicción de un residuo orgánico (plátano).



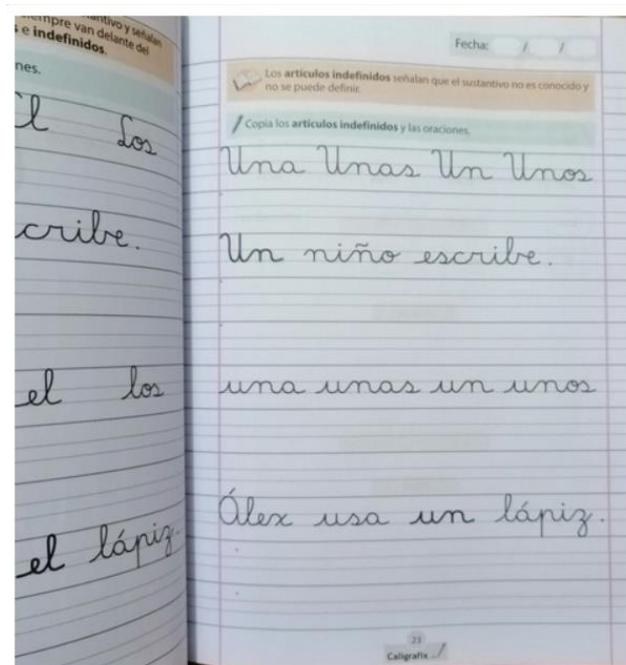
Tipo de residuo: Residuos orgánicos
Arrojar en Tacho naranja (Residuos comunes)

Figura 23. Predicción de un residuo de papel



Tipo de residuo: Papel
Arrojar en Tacho blanco (Papel y cartón)

Figura 24. Predicción de un residuo de papel



Tipo de residuo: Papel
Arrojar en Tacho blanco (Papel y cartón)

Figura 25. Predicción de un residuo plástico



Tipo de residuo: Plástico
Arrojar en Tacho azul (Plástico y vidrio)

Figura 26. Predicción de un residuo plástico



Tipo de residuo: Plástico
Arrojar en Tacho azul (Plástico y vidrio)

4.6. Estudio de Mercado

Realizado con el fin de identificar claramente la población con la que se trabaja, el estudio de mercado ayuda a que se conozca el estado actual del público objetivo, y saber a quienes se les aplicarán las encuestas y se les mostrarán los productos finales.

4.6.1. Segmentación

Para comprender el contexto en el que se llevará a cabo el proyecto se necesita conocer el entorno en el que se trabaja, es por esto se utiliza la segmentación de mercado; con este estudio se espera tener un mejor panorama del público objetivo.

El público objetivo está conformado por estudiantes de la I.E. 15122-El Puente Quiroz que cursan del cuarto al sexto grado de educación primaria; con edades que van desde los 8 hasta los 12 años. Se realiza esta agrupación considerando que los estudiantes de estos grados tienen mayor madurez emocional y mayor capacidad de aprendizaje frente a nuevos retos, estas características se traducen en un entendimiento más rápido y eficiente en cuanto al manejo del prototipo de clasificación de residuos.

4.6.1.1. Factores culturales. La docente Gladys Córdova, manifiesta que a partir del cuarto grado de educación inicial a los estudiantes se les enseña temas de reciclaje y clasificación de residuos; por lo que se considera que los estudiantes tienen la capacidad para detectar y clasificar residuos, pero no tienen la práctica o la costumbre realizando dichas actividades. Este testimonio concuerda con lo expresado por la prensa, que detalla que “Si bien los ciudadanos ya son muy conscientes en la importancia y manejo de los desechos reciclables, la mayor parte del material termina en rellenos sanitarios...” (Revista Economía, 2022). Por lo tanto, durante la implementación del prototipo, es congruente esperar que los estudiantes entiendan la finalidad del modelo, ya que tienen los conocimientos base del tema.

4.6.1.2. Factores sociales. En los factores sociales se toma en cuenta la influencia de las políticas públicas de la ciudad de Suyo en cuanto a temas de clasificación de residuos. La información presente en informes anteriores indica que no existen políticas locales para la correcta clasificación de residuos, la información indica que solo se realiza el recojo general de desechos, y todos terminan en el botadero conocido como Roca Rajada. Por lo que concluimos que el entorno social no manifiesta un interés en clasificar correctamente los desechos, esto influye negativamente en la percepción de los estudiantes y resulta en dificultades durante la implementación del prototipo.

4.6.1.3. Factores personales. Para los factores personales se trabaja en base a la clasificación de desarrollo cognitivo de Jean Piaget, que menciona que entre los 7 y 12 años se da la etapa de operaciones concretas (Ruiz, 2018) es en esta etapa en la que el pensamiento se convierte en lógico, una de las características clave que se menciona es la de clasificación, ya que se menciona que es en esta etapa donde se agrupan objetos según jerarquía o similitudes; el equipo de proyecto encuentra esta característica

especialmente importante para el entendimiento del modelo que se planea implementar en la institución educativa.

4.6.2. Encuestas

Se realiza una encuesta para obtener información sobre el conocimiento que poseen los alumnos de la I.E. 15122- El Puente Quiroz. De esta encuesta se puede sacar información necesaria que ayudará en el desarrollo del proyecto, tal como el conocimiento acerca de la correcta separación de residuos, como manejan el tema en la escuela, si los alumnos están dispuestos a realizar una mejora, si entienden las guías del estudiante y finalmente si están dispuestos a hacer uso de un prototipo final.

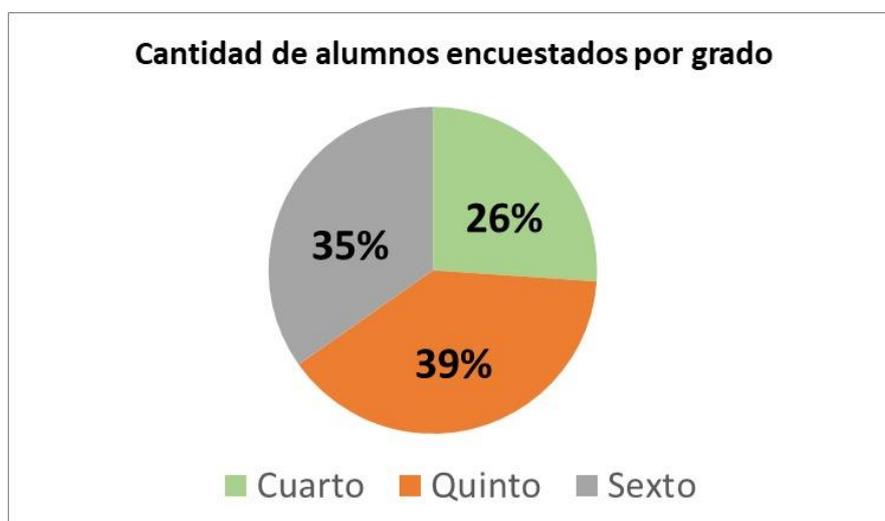
La encuesta final se presenta en el Apéndice B.

4.6.3. Análisis de encuestas

En el análisis de encuesta se observan diferentes datos que debemos tomar en cuenta para mejorar el proyecto en su producto final.

Se aplicó a estudiantes de 4to, 5to y sexto de primaria que representan el 31%,39% y 30% de la población respectivamente, una población de un total de 23 estudiantes.

Gráfico 5. Cantidad de alumnos encuestados por grado



Se preguntó a cada alumno si sabe separar de manera correcta los residuos, por tachos y colores, y dentro de la I.E.15122 – El Puente Quiroz, el 30% de los alumnos no conoce la manera correcta de la separación de residuos. Esto se da debido a que se puede haber olvidado la información brindada en la escuela, o no se ha enseñado de manera correcta.

Gráfico 6. Porcentaje de alumnos que sabe separar los residuos de manera correcta



A pesar de que el 70% conoce la correcta separación de basura, solo el 26% de los alumnos realiza la separación de residuos en su escuela u hogar. Una de las causas es que no se cuenta con los implementos necesarios para una correcta separación, y el poco conocimiento.

Gráfico 7. Porcentaje de alumnos que separa sus residuos en su hogar y escuela



Todos los alumnos consideran que pueden hacer algo al respecto para llegar a conocer y realizar una correcta separación de residuos, y consideran que su colegio puede aportar a que ese objetivo se logre.

Dentro de los problemas que encuentran para que se realice una correcta separación de residuos en su escuela se pueden encontrar la falta de recipientes para depositar los desechos por clasificación, si bien se cuenta con cartones para depositar la basura no los encuentran adecuados porque no tienen una rotulación correcta y es de desechos comunes, todo en uno solo.

Los alumnos confirman que la tecnología podría lograr un cambio significativo en la correcta separación de residuos dentro de su escuela. Además, luego de conocer la propuesta que presenta SMART BIN, creen que la solución que se muestra sí ayudaría a solucionar la problemática que viven e iniciaría y complementaría su educación en separación de residuos de una manera práctica.

Se presentó también la guía de uso del estudiante, y con base en esto se realizaron preguntas de donde se obtuvo la siguiente información.

El total de alumnos cree que sí se necesita hacer uso de una guía para lograr entender el prototipo de clasificación y la presentada les parece útil, sin embargo, la guía no pudo cubrir la función de describir completamente cómo funciona el prototipo ser entendida con el 100% de los alumnos, solo por un 70%. Según este último resultado, se necesita realizar una mejora en las guías de uso del estudiante para que más del 80% logre entender el prototipo a través de las guías.

Gráfico 8. Porcentaje de alumnos que entendió el uso de la guía



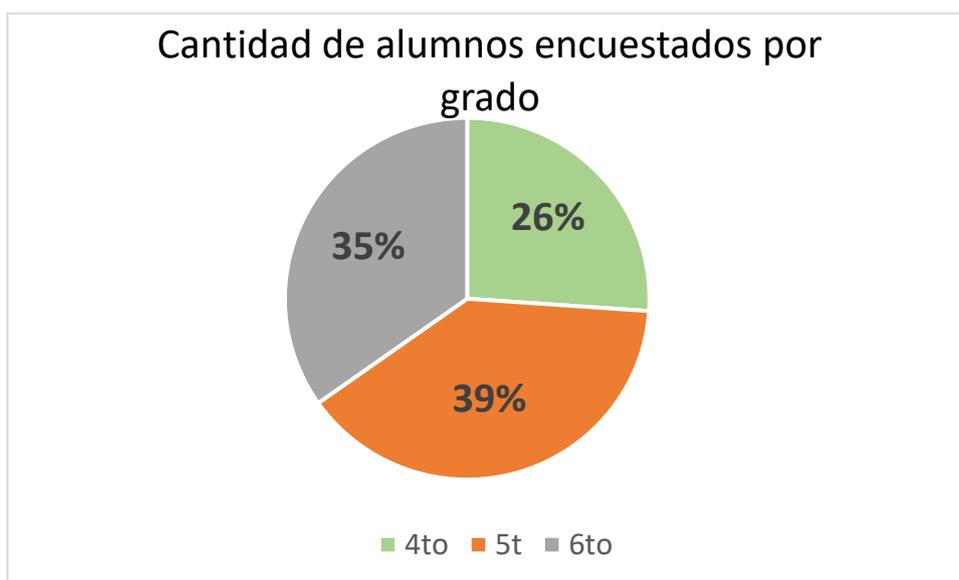
Para finalizar, al consultar si los alumnos estarían dispuestos a usar el prototipo el 100% del total respondió que sí.

• Mejora implementada y resultados

Se realizó una mejora dentro de las guías de uso con el fin de aumentar el 70% de aprobación a un 80% como se planteaba en los objetivos del proyecto. Es por eso que se aplicó una nueva encuesta que se encuentra en el Apéndice d. El análisis de datos de estos nuevos resultados se presenta a continuación.

El análisis busca determinar el entendimiento de las guías por parte de los estudiantes, las encuestas se aplicaron a los estudiantes de cuarto, quinto y sexto de primaria de la I.E. 15122 – El Puente Quiroz. La población total abarcó 23 alumnos, el 26% pertenece al cuarto grado, el 39% pertenece al quinto grado, el 35% restante corresponde a sexto grado. La encuesta fue enfocada al correcto entendimiento de la clasificación de residuos.

Gráfico 9. Número de alumnos encuestados por grado



La primera pregunta que se realizó fue referente a la claridad de la guía, se preguntó si los estudiantes habían entendido la correcta clasificación de residuos; se obtuvo que el 100% de los estudiantes considera que sí entendió la guía. Para poder validar el entendimiento se realizaron preguntas relacionadas a la correcta clasificación de los residuos, los resultados que se obtuvieron indican que el 100% de los alumnos supieron entender la parte teórica de la encuesta, es decir, entendieron los colores con los que se relacionan cada tipo de residuo.

Para la parte práctica de la encuesta, se pidió a los alumnos que identifiquen en qué contenedor debería ir algún residuo, los resultados indican que el 98% de los estudiantes pudieron asignar el residuo al tacho correcto.

Finalmente, todos los alumnos indican que la guía mostrada les ayudó a entender los temas de clasificación, el 91% indicó que la guía les pareció muy útil. De la misma manera, la totalidad de los estudiantes encuestados considera que sus aumentaron sus conocimientos en cuánto a clasificación de residuos. Se obtuvo que el 100% de estudiantes usarían el producto en su colegio.

Los resultados de esta cuenta indican que los alumnos fueron capaces de entender la correcta clasificación de los residuos, pudieron entender que los colores de los tachos indican un tipo de residuo, además de que la gran mayoría fue capaz de asignar correctamente un residuo al tacho correcto. Este análisis ayudó a concluir que los estudiantes aceptaron y entendieron las nuevas guías de clasificación de residuos.

4.7. Plan económico financiero

4.7.1. Metas financieras

Las metas financieras del proyecto SMART BIN se pueden generalizar como un grupo de hitos clasificados que señalan eventos positivos que aseguran la sostenibilidad a largo plazo. Pueden considerarse también objetivos enfocados en el progreso económico del proyecto, y pueden ser cuantificables. Cabe resaltar que para que sean metas adecuadas, estas deben calificar como específicas, mejorables, tangibles, alcanzables y superables (Acion Opportunity Fund, s.f.).

Actualmente se han logrado las siguientes metas financieras:

- Cumplir con el presupuesto del proyecto de S/ 1 739.00, cuyo monto fue establecido en el plan de gestión de los costos.
- Contar con una reserva de gestión de 10% del total de la línea base del proyecto (S/ 158.11).
- Desarrollar el presupuesto del proyecto detallado por actividades por semana para un mejor control de este.
- Presentar una proyección de presupuesto para futuros proyectos.
- Además de lo logrado, se plantea tener las siguientes metas para un futuro del proyecto:
- Lograr la inclusión de al menos un *stakeholder* de origen público con alta capacidad de inversión a 6 meses de la implementación en la I.E. 15122 El Puente Quiroz, a través del desarrollo y gestión de un plan de negociación.
- Ello con el fin de lograr la sostenibilidad económica del proyecto a largo plazo, a su vez que da lugar a la aparición de nuevas oportunidades.
- Mantener el margen de variación del presupuesto para la implementación material del proyecto SMART BIN dentro del rango del 10% a un año de la presentación del producto final.

4.7.2. Análisis de costos

La estructura de costos del presente proyecto se divide en costos directos e indirectos y reúne inversiones y gastos considerando que se está implementando el proyecto desde 0:

Entre los costos directos tenemos:

- Materia prima y materiales. El material de principal uso es la laptop, la cual es de vital importancia para la investigación y documentación en el proyecto, además de servir para realizar reuniones y comunicaciones. Una laptop simple que cumple con lo necesario para el proyecto tiene un costo de S/ 1 499.00.

Tabla 5. Precio unitario de materiales

Material	Precio unitario	Cantidad	Total
Laptop	S/ 1 499.00	5	S/ 7 495.00

- Mano de obra. El proyecto cuenta con 5 integrantes, y según el cronograma y las actividades del proyecto, se trabajaría un total de 222 horas. Cada semana con diferente distribución de carga de trabajo, ya sean tareas en paralelo o con dependencia.

Tabla 6. Horas de trabajo por semana del proyecto

Semana	Horas de trabajo
Semana 0	56 h
Semana 1	22 h
Semana 2	78 h
Semana 3	0 h
Semana 4	24.5 h
Semana 5	3 h
Semana 6	9.5 h
Semana 7	3 h
Semana 8	18 h
Semana 9	8h
TOTAL	222 h

Actualmente la remuneración mínima en Perú es de S/ 1 025.00 para un trabajo de 8 horas laborables por día al mes. Esto nos da un valor de S/ 4.26 para el cálculo del costo de mano de obra:

Tabla 7. Costo de la mano de obra

Mano de obra	Monto unitario	Horas de trabajo	N° de trabajadores	Total
Remuneraciones	S/ 6.41	222h	5	S/ 7 115.10

Entre los costos indirectos tenemos:

- **Costos Fijos.** El principal y único costo fijo presente en esta investigación es el internet. Un plan de internet fijo de 100mbps con router Wi-Fi de 2.4 GHz y 5 GHz de la empresa Claro tiene un precio de S/ 90 mensuales. Dado que el proyecto tiene una duración de 10 semanas y cada integrante del equipo debe contar con un plan de internet, se obtiene lo siguiente:

Tabla 8. Costo del internet

Costo Fijo	Costo mensual	Tiempo	Cantidad	Total
Internet	S/ 90	3 meses	5	S/ 1 350.00

- **Costos Variables.** Los servicios básicos de luz y agua constituyen los costos variables presentes en el proyecto. Considerando la información anterior y que según el consumo de agua en un hogar, el costo unitario de agua y luz es: Luz: S/ 4.02 por kWh y Agua: S/ 2.35 por 1000 litros. Además, según Osinergmin (2017), la mediana del consumo eléctrico mensual residencial es de 106 kWh, eso quiere decir que es: $106/30 = 3.53\text{kWh} \times \text{día}$. También, según Sedapal (2018), un peruano consume hasta 163 litros de agua; por ende, el costo total de luz de S/ 14.19 por día y el de agua sería de S/ 0.38 por día.

Tabla 9. Costos variables

Costo Variable	Costo por día	Días por semana	N° Semanas	N° Trabajadores	Total
Servicios básicos (agua y luz)	S/ 14.57	7 días	10	5	S/ 5 099.50

Por último, la estructura de costos quedaría de la siguiente manera:

Tabla 10. Costos totales

Tipo de costo	Costo	Monto	
Costo directo	Material	Laptops	S/ 7 495.00
	Mano de obra	Remuneraciones	S/ 7 115.10
Costo indirecto	Costo Fijo	Internet	S/ 1 350.00
	Costo Variable	Servicios básicos	S/ 5 099.50
	Total		S/ 21 059.60

4.7.3. Indicador de rentabilidad

El proyecto presentado es un proyecto social sin fines de lucro, es por eso su principal indicador de rentabilidad es la rentabilidad social, el cual, según Jeri (2014), es el valor que los proyectos aportan a la sociedad como beneficios a adquirir una vez que se ejecuten y se pongan en marcha. Tomando esto como base, la rentabilidad del proyecto no se mediría en unidades monetarias, sino en cuantificación del impacto social en los beneficiarios del proyecto.

Para medir la aceptación del proyecto se realizaron encuestas a los alumnos de la I.E. 115122 – El Puente Quiroz, todos contestaron que usarían el producto, por lo tanto, el proyecto tiene una aceptación del 100%.

El impacto del proyecto se midió mediante el entendimiento de los alumnos sobre el uso del prototipo. Dado que en las guías de uso se encuentra explicada la separación de residuos por colores, se consultó si entendieron esta guía y 16 alumnos de 23 contestaron que sí, lo cual nos indica que el impacto del proyecto fue positivo en el 70% de la población beneficiaria.

Los beneficios tangibles, y en consecuencia la posibilidad de generar indicadores de rentabilidad fiables, podrían llegar a largo plazo, existiendo la posibilidad de compra del producto del proyecto por parte de alguna institución interesada en su aplicación masiva. Considerar que para el 2017 el mercado formal de reciclaje logró cifras de 606 millones de soles (Valdillo, 2018) por lo que un sistema novedoso y automático sería muy atractivo para los inversionistas de este rubro.

Se está buscando opciones de financiamiento, entre las cuales resalta:

- Fundación Rufford: Ofrece subvenciones para proyectos de conservación de la naturaleza en países en desarrollo (Comunicaciones Profonanpe, 2022).
- MINAM: Promueven la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, la puesta en valor de la diversidad biológica y la calidad ambiental en beneficio de las personas y el entorno de manera, descentralizada y articulada con las organizaciones públicas, privadas y la sociedad civil, en el marco del crecimiento verde y la gobernanza ambiental (MINAM, s.f.).
- Becas Prociencia- CONCYTEC. Ofrece financiamientos en calidad de recursos monetarios de hasta S/ 500 000.00 (CONCYTEC, s.f)

4.7.4. Presupuesto para proyectos futuros

Futuros proyectos que involucren la compra, ensamblaje de estaciones de SMART BIN, logística y gestión en general, tienen como base el costo de materiales definidos en el proyecto original.

COSTO DE MATERIALES

La Tabla 11 muestra el costo base inicialmente planteado para la suposición de un proyecto que contemplase la implementación de 30 unidades del prototipo funcional SMART BIN.

Tabla 11. Costos materiales de la implementación del proyecto SMART BIN.

MATERIAL	COSTO	MARGEN DE ERROR	FUENTE DE COSTO UNITARIO
Cámara para toma de imágenes: ESP32-CAM con cámara OV2640 (1 Unidad) x 30u	S/ 2 250.00	10%	https://bit.ly/3j264ql
Soporte para cámara (1 unidad) x 30u	S/ 1 500.00	10%	https://bit.ly/3DGxtrH
Socket de foco para intemperie x 90u	S/ 351.00	10%	https://bit.ly/36Ybe4x
Foco LED EcoHome 4 W PHILIPS x 90u	S/ 801.00	10%	https://bit.ly/3uT5FfQ
Raspberry Pi 4B de 1GB x 30u	S/ 5 325.00	10%	https://bit.ly/3jmvYWo
Depósito de basura x 90u	S/ 12 141.00	10%	https://bit.ly/37ftxBY
TOTAL	S/ 22 368	10%	

Conociendo el costo de materiales para 30 unidades del prototipo SMART BIN, se puede generar una base de costo unitario para cada estación implementada.

$$\text{Costo material unitario para 1 prototipo SMART BIN} = 22\,368 \text{ soles} \div 30$$

$$\text{Costo material unitario para 1 prototipo SMART BIN} = 745.6 \text{ soles}$$

COSTO DE INSTALACIÓN/MANO DE OBRA

La base de valor monetario para el cálculo del costo de mano de obra es el sueldo mínimo en Perú tras el establecimiento del Decreto Supremo 003-2022-TR, que lo instaura en S/ 1 025, y es la misma base utilizada para el valor del trabajo de cada uno de los integrantes del equipo.

Para la instalación del prototipo SMART BIN se sugiere el trabajo dos personas capacitadas para una sola estación, y de una persona con conocimientos especializados para la supervisión del proyecto. La media salarial para un ingeniero supervisor es de S/ 3 707.

Se estima que el tiempo de la instalación de una estación es de 4 horas. Se suponen 8 horas de trabajo diarios por 5 días a la semana.

Tomando como suposición la instalación de un único prototipo SMART BIN, se tiene:

$$\text{Costo hora de operario} = \frac{1\,025 \frac{\text{soles}}{\text{mes}}}{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \cdot 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} \cdot 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}}} = 6.41 \frac{\text{soles}}{\text{hora}}$$

$$\text{Costo hora supervisor} = \frac{3\,707 \frac{\text{soles}}{\text{mes}}}{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \cdot 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} \cdot 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}}} = 23.17 \frac{\text{soles}}{\text{hora}}$$

Con esto, se tiene que el costo de instalación, para operarios y supervisor, es:

$$\text{Costo instalación por operarios, un prototipo} = 6.41 \frac{\text{soles}}{\text{hora}} \cdot 4 \text{ horas} \cdot 2$$

$$\text{Costo instalación por operarios, un prototipo} = 51.28 \text{ soles}$$

$$\text{Costo instalación por supervisor, un prototipo} = 23.17 \frac{\text{soles}}{\text{hora}} \cdot 4 \text{ horas} = 92.68 \text{ soles}$$

Cabe resaltar que estos costos son referenciales y no contemplan objetivos de cronograma de proyectos futuros, costos adicionales de contratación, pérdidas, costos de gestión, etc.

Finalmente, se genera la base de costo para la instalación de 1 unidad de SMART BIN, que puede multiplicarse por el factor deseado que indica la cantidad de unidades totales.

Tabla 12. Costo de instalación de un SMART BIN

REQUERIMIENTO	COSTO	MARGEN DE ERROR
Materiales	S/ 745.60	10%
Trabajo de operarios	S/ 51.28	10%
Trabajo de supervisor	S/ 92.68	10%
TOTAL	S/ 889.56	10%

Por ejemplo, un proyecto que contemple la instalación de 30 unidades del prototipo SMART BIN, tiene como costo estimado 26,686.8 soles.





Conclusiones y Recomendaciones

En este capítulo final se desarrollarán las conclusiones y recomendaciones acerca del proyecto.

5.1. Conclusiones

- El algoritmo elaborado tuvo buena aceptación en el público objetivo e incluso mostraron su interés en saber más de este.
- Las imágenes (con las que se entrena el modelo) deben ser representativas del entorno en el cual se planea implementar el prototipo funcional, de esta manera el algoritmo puede mostrar mejores resultados.
- El entrenamiento del modelo requiere más *epochs* cuando el *dataset* es pequeño.
- Es necesario ajustar las dimensiones de las imágenes del *dataset* para poder procesarlas sin tener problemas con su carga.
- Para una tarea educativa es necesario tener un alto nivel de precisión ya que un error podría hacer que un alumno aprenda mal o se desanime de usar el producto.
- La clasificación del modelo no será 100% efectiva en ninguna situación, pero sí se espera que tenga un elevado porcentaje de acierto en la clasificación; se esperan valores mínimos de un 80% *accuracy* de certeza durante el entrenamiento.
- La información existente de ciudades pequeñas es escasa y la mayoría de las veces desactualizada, por lo que se debe tener en cuenta y contrastar con la situación real observada durante la implementación del prototipo.
- Las costumbres y características del entorno no deben ser dejadas de lado, ya que influyen en las actitudes que tienen los estudiantes.
- Los resultados de las predicciones del algoritmo indican que el modelo aprendió a reconocer los 3 tipos de residuos sin memorizárselos, fue puesto a prueba con imágenes ajenas al *dataset* y tuvo un buen desempeño.
- Presentar una guía que no solo fue de agrado de los alumnos, sino también de los profesores, hizo que una docente guarde una de las guías para usarlas como material de clase con sus alumnos y seguir impartiendo esta cultura de separación de residuos.
- Las guías de uso se realizaron de una manera comprensible para los estudiantes, y se logró el objetivo del completo entendimiento de la correcta separación de los residuos, lo mismo que se comprobó a través de las encuestas.

5.2. Recomendaciones

- Monitorear los valores de entrenamiento.
- Tener un *dataset* representativo de la zona.
- Realizar visitas a la zona para constatar la información obtenida.
- Tener comunicación constante con los interesados del proyecto.
- Realizar actualizaciones y modificaciones en el cronograma según se requiera.
- Si el tiempo de cronograma es corto, se recomienda trabajar con un *dataset* no tan poblado para reducir el tiempo de entrenamiento y experimentación.
- El encargado de supervisar la encuesta no debe influir en los alumnos respondiendo dudas que generen algún sesgo en las respuestas de los encuestados.



Referencias bibliográficas

- (2018). Recuperado el 20 de Abril de 2022, de <https://sigersolreporte.minam.gob.pe/sigersolreporte//vieww/mntUsuariosInvitados.xhtml>
- (2018).
- (2019). Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/2118/CIV-ARE-NEI-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Accion Opportunity Fund. (s.f.). *aofund.org*. Obtenido de <https://aofund.org/es/resource/establezca-sus-metas-financieras/#:~:text=Las%20metas%20financieras%20son%20simplemente,%242%2C000%20para%20finales%20del%20a%C3%B1o>.
- Allen, D. T., & Shonnard, D. (2002). *Green Engineering Environmentally Conscious Design of Chemical Processes*. Texas: Prentice Hall PTR.
- Barrios, J. (26 de julio de 2019). *Health Big Data*. Recuperado el 25 de mayo de 2022, de Health Big Data: <https://www.juanbarrios.com/la-matriz-de-confusion-y-sus-metricas/>
- Espinoza, D. P. (2018). *Gestión integral de residuos solidos urbanos*. Ciudad de México: Proper Mx.
- González, A. (s.f.). *cleverdata*. Recuperado el 22 de abril de 2022, de <https://cleverdata.io/que-es-machine-learning-big-data/>
- IBERDROLA. (s.f.). *IBERDROLA*. Obtenido de IBERDROLA: <https://www.iberdrola.com/innovacion/smart-cities>
- IBM. (s.f.). Obtenido de <https://www.ibm.com/pe-es/cloud/deep-learning>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Departamento de Piura: Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017*. Recuperado el 21 de abril de 2022, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1553/
- La Contraloría General de la República del Perú. (2019). *Informe consolidado del operativo "Por una ciudad limpia y saludable-a la prestación del servicio de limpieza pública a cargo de municipalidades"*. Lima. Recuperado el 13 de abril de 2022, de <https://apps5.contraloria.gob.pe/sroc/doc/historicos/resumen/2019-05.pdf>
- Ley Transitoria de Municipalidades de 2 de enero de 1857. (2 de enero de 1857). pág. 9. Recuperado el 21 de Abril de 2022, de http://www.transparencia.gob.pe/Documentos/11016/Acta-de-Fundacion-deECHARATI_COVENCION_1855.pdf

- Mihaich, F. (2014). *Aplicación de redes neuronales en la clasificación de imágenes*. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba. Obtenido de <https://lc.fie.umich.mx/~a1039048f/ST/bueno%20para%20basarce.pdf>
- MINEDU. (04 de Octubre de 2016). *MINEDU.GOB.PE*. Obtenido de <http://www.minedu.gob.pe/n/noticia.php?id=39939>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *MINAM.GOB.PE*. Lima: Sistema Peruano de Información Jurídica. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/06/Decreto-Legislativo-N%c2%b0-1278.pdf>
- Montesdeoca, B. (2016). *Estudio de predicción en series temporales de datos meteorológicos utilizando redes neuronales recurrentes*. Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Escuela de Ingeniería Informática.
- Moyer, E. (17 de mayo de 2018). *NRDC*. Obtenido de NRDC: <https://www.nrdc.org/es/experts/erika-moyer/dia-reciclaje-tanto-recicla-america-latina>
- Peruano, E. (16 de Mayo de 2016). Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura. *El Peruano*.
- Polo, J. (2013). *El Estado y la Educación Ambiental Comunitaria en el Perú*. . Acta médica peruana, Lima.
- PWC. (24 de octubre de 2018). *Desafíos PWC*. Recuperado el 5 de mayo de 2022, de Desafíos PWC: <https://desafios.pwc.pe/industria-4-0-como-puede-beneficiar-al-medio-ambiente/>
- Rodríguez, V. (30 de octubre de 2018). *Vicente Rodríguez*. Recuperado el 26 de mayo de 2022, de Vicente Rodríguez: <https://vincentblog.xyz/posts/conceptos-basicos-sobre-redes-neuronales>
- Saha, S. (15 de diciembre de 2018). *towards data science*. Recuperado el 6 de mayo de 2022, de towards data science: <https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53>
- Silupú, M. (2012). *Monografía del Distrito de Suyo*. Monografía, Suyo, Ayabaca.
- Sistema Nacional de información Ambiental . (1 de Mayo de 2018). *Ministerio del Ambiente - MINAM*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/peru-solo-se-recicla-19-total-residuos-solidos-reaprovechables>
- Solis, L., & López, J. (2003). *Principios básicos de contaminación ambiental*. Toluca: UAEM.
- TensorFlow*. (s.f.). Obtenido de <https://www.tensorflow.org/?hl=es-419>
- THREEPOINTS*. (26 de enero de 2021). Recuperado el 22 de abril de 2022, de <https://www.threepoints.com/blog/redes-neuronales-definici%C3%B3n-caracter%C3%ADsticas>
- Zapata, N. (2019). *Uso de estrategias de lectura en los alumnos de la I.E. 15122 El Puente Quiroz-Suyo-Piura, 2019*. ULADECH, Escuela Profesional de educación. . Obtenido de http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/20467/ESTRATEGIAS_DE_LECTURA_MOMENTOS_DE_LECTURA_CAMACHO_ZAPATA_NIXON.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Apéndices

Apéndice a. Entrevista a docente de la I.E. 15122 – El Puente Quiroz

Objetivo: Lograr reconocer como se está realizando en la actualidad el manejo de residuos en la I.E. 15122 – El Puente Quiroz.

Institución: I.E. 15122 – El Puente Quiroz.

Nombre: María Gladys Córdova Bermeo

Cargo: Docente

Fecha: 19 de abril del 2022

1. ¿En su escuela enseñan acerca del correcto manejo de residuos?

Si enseñamos, desde cuarto de primaria ya se les enseña el tema de reciclaje, en que tachos deben ir los diferentes materiales, y también a los más pequeños de primero a tercero de primaria se les inculca el conocimiento y la práctica de saber diferencias los residuos y colocarlos en los tachos de basura.

2. ¿En su escuela cuentan con tachos de basura diferenciados o solo con tachos comunes?

Contamos con un basurero pequeño en cada aula (3 aulas) para todos los residuos sólidos como papeles, cartones y plásticos. Los desechos orgánicos los recolectamos en tachos que se encuentran en el exterior de las aulas, frente a cada una y posteriormente sirven de abono para las plantas que se encuentran dentro de la institución educativa.

3. ¿Ha notado que sus alumnos, a pesar de las enseñanzas, aún tienen dificultades para discernir que tipo de residuo están colocando en la basura?

Se les complica mucho el diferenciar entre residuos, y también el no contar con los diferentes tachos con colores para colocar los residuos lo complica aún más.

4. ¿Cuáles cree usted que son las consecuencias del mal manejo de residuos en su I.E.?

Pues ellos no tienen una práctica sostenible de separación de residuos y eso influye mucho en que el aula no esté ordenada y limpia, y que se complique mucho más el reciclaje de las botellas de plástico pues se mezclan con residuos orgánicos.



Apéndice b. Formato de encuesta aplicada a alumnos de la I. E. El Puente Quiroz.

ENCUESTA – SMART BIN

Hola, gracias por tu tiempo. Somos un grupo de estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad de Piura.

Necesitamos tu opinión para saber si nuestro proyecto enfocado en la correcta separación de residuos haciendo uso de inteligencia artificial es adecuado para ti.

1. ¿Cuál es tu nombre?

2. ¿En qué grado de primaria estás?

3. ¿Cuántos años tienes?

4. ¿Sabes cómo separar de manera correcta los residuos por tachos y colores? ¿Cómo lo haces?

5. ¿Lo haces en tu escuela u hogar? Marca con una X

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| <input type="radio"/> Siempre | <input type="radio"/> A veces |
| <input type="radio"/> Casi nunca | <input type="radio"/> Nunca |

A diario se desperdician muchos residuos que se pueden volver a usar debido a que se mezcla la basura y hace que terminen inutilizables.

6. ¿Consideras que puedes hacer algo al respecto?

7. ¿Crees que tu colegio te puede ayudar?

8. ¿Qué hace falta para que se pueda separar de manera correcta la basura en tu colegio?

9. ¿Crees que la tecnología ayudaría a solucionar este problema? ¿Cómo?

Mediante la aplicación de Inteligencia Artificial, este equipo está desarrollando un prototipo que permita ayudarte a clasificar correctamente los residuos en tu escuela.

El prototipo consiste en un sistema donde puedas acercar tu desecho frente a una cámara y este te indicará de manera automática, mediante un foco de color, en qué tacho arrojar tu residuo.

10. ¿Crees que esto ayudaría a solucionar el problema?

- Sí No

11. ¿Crees que aprenderías con esto a separar correctamente tus residuos?

- Sí No

12. ¿Crees que necesitarías de una guía para aprender a usarlo?

- Sí No

13. ¿Qué tan útil te pareció la guía mostrada? (1 = no es útil y 5 = muy útil)

- 1 2 3 4 5

14. ¿Entendiste cómo usar el prototipo según la guía?

- Sí No

15. ¿Usarías este producto en tu colegio?

- Sí No

¡Gracias por tu tiempo!



SMART BIN

Apéndice c. Guía para estudiantes y docentes



Suyo, Piura



PROYECTO **SMART BIN**

El proyecto Smart Bin se encuentra implementando un sistema en el que, por medio de basureros inteligentes que sepan diferenciar los tipos de residuos, se pueda separar la basura de forma correcta para su mejor aprovechamiento.

Para implementar este proyecto, el equipo Smart Bin trabaja en conjunto con los docentes de la institución educativa



¿QUÉ DEBEMOS HACER EN LA ESCUELA

Como primer paso, en la escuela se debe consumir de manera responsable, esto significa ser conscientes del impacto ambiental de los productos que elegimos posteriormente ubicar los desechos en su lugar.

También debemos separar los residuos y aplicar las 3 Rs: **Reducir**, **Reutilizar** y **Reciclar**.



Reducir: Significa disminuir la cantidad de desechos que generamos.



Reutilizar: Significa darle un uso nuevo antes de desecharlo, sin modificar su estructura



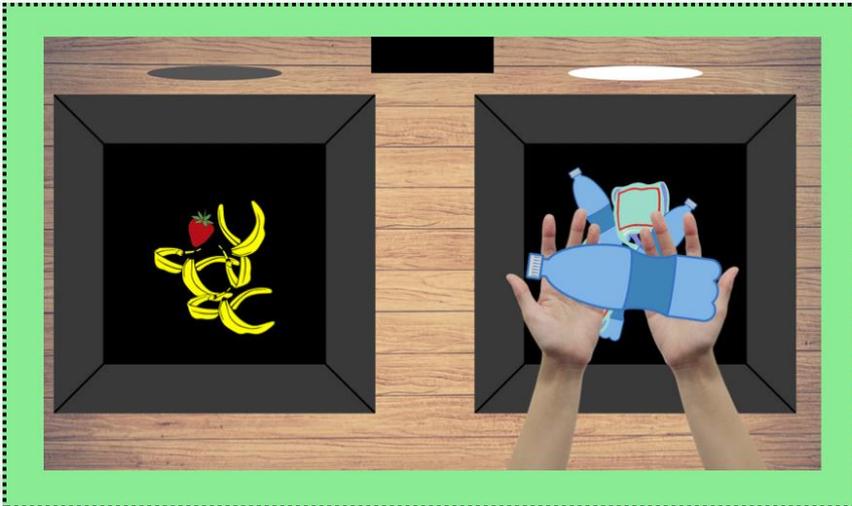
Reciclar: Se refiere al proceso de transformar un residuo para crear otro producto



¡Recuerda!
para que la basura
pueda ser
reciclada, debe ser
separada de forma
correcta.

MANERA CORRECTA DE DESECHAR TUS RESIDUOS CON SMART BIN

1. Acerca tu desecho de manera individual a la cámara ubicada sobre los tachos a una distancia de 30 centímetros aproximadamente (ni tan cerca ni tan lejos de la cámara).
2. Smart Bin procesará tu desecho y te indicará en que tacho arrojarlo.
3. Espera que se encienda la luz sobre el tacho correcto y arroja tu residuo.



Si tienes más de un desecho por arrojar, recuerda mostrarlo a la cámara uno por uno.

CORRECTA SEPARACIÓN DE RESIDUOS

La basura que se recolectará en la escuela se colocará en contenedores de colores, esto se realizará de manera adecuada con la ayuda de las luces que se encenderán indicando el basurero adecuado para los residuos.

**COLOR
DE LUZ**

**TIPOS DE
DESECHOS**

**RECICLABLES
RESIDUOS SECOS**



Botellas y bidones,
tapitas, bolsas
plásticas,
envolturas.



Hojas de cuadernos,
periódicos, revistas,
papelotes.



Restos de
comidas, residuos
orgánicos: restos
de frutas.



Guía para docentes



SMART BIN

PROYECTO

SMART BIN

Institución educativa
15122 El Puente Quiroz

Suyo, Piura



PROYECTO **SMART BIN**

El proyecto Smart Bin se encuentra implementando un sistema en el que, por medio de basureros inteligentes que sepan diferenciar los tipos de residuos, se pueda separar la basura de forma correcta para su mejor aprovechamiento.

Para implementar este proyecto, el equipo Smart Bin trabaja en conjunto con los docentes de la institución educativa



ACCIONES ESPECÍFICAS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA

- Presentación del proyecto Smart Bin frente a autoridades de la institución educativa.
- Designación de un encargado ambiental en la institución.
- Capacitación a estudiantes y maestros a través de material educativo.
- Entrega de guías.
- Instalación de sistema
- Recolección diferenciada haciendo uso del sistema.
- Seguimiento, evaluación y perfeccionamiento del proceso.



ACTIVIDAD LÚDICA

1. JUGANDO A SELECCIONAR CORRECTAMENTE LOS DESECHOS

- Con esta actividad fomentaremos el compromiso y conciencia ambiental de los estudiantes de forma lúdica.

Desarrollo:

1. La actividad se debe realizar luego del recreo, todos los estudiantes que tengan desperdicios lo pondrán en un cesto
2. El estudiante que empiece deberá manipular la basura con cuidado y decir de qué color se prenderá la luz
3. Luego deberá acercar el residuo a la cámara y obtener la respuesta



Apéndice d. Formato de segunda encuesta aplicada a alumnos de la I. E. El Puente Quiroz.

ENCUESTA – SMART BIN

Hola, gracias por tu tiempo. Somos un grupo de estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad de Piura.

Necesitamos tu opinión para saber si nuestro proyecto enfocado en la correcta separación de residuos haciendo uso de inteligencia artificial es adecuado para ti.

1. ¿Cuál es tu nombre?

2. ¿En qué grado de primaria estás?

3. ¿Cuántos años tienes?

Mediante una secuencia de pasos definidos en una computadora para que esta aprenda de manera automática, este equipo está desarrollando un prototipo que permita ayudarte a clasificar correctamente los residuos en tu escuela.

El prototipo consiste en un sistema donde puedas acercar tu desecho frente a una cámara y este te indicará de manera automática, mediante un foco de color, en qué tacho arrojar tu residuo.

4. ¿Entendiste cómo usar el prototipo según la guía?

- Sí No

5. ¿Qué tan útil te pareció la guía mostrada?
(1 = no es útil y 5 = muy útil)

- 1 2 3 4 5

6. ¿De qué color es el tacho para residuos de plástico?

- Azul Blanco Naranja

7. ¿De qué color es el tacho para residuos de papel?

- Azul Blanco Naranja

8. ¿De qué color es el tacho para residuos orgánicos (frutas y verduras)?

- Azul Blanco Naranja

9. ¿A qué color de tacho deberías arrojar una cáscara de plátano?

- Azul Blanco Naranja

10. ¿A qué color de tacho deberías arrojar una botella de agua de plástico?

- Azul Blanco Naranja

11. ¿A qué color de tacho deberías arrojar una hoja de cuaderno?

- Azul Blanco Naranja

12. ¿Sientes que tus conocimientos sobre separación de basura han aumentado?

- Sí No

13. ¿Qué le añadirías a la guía?

14. ¿Usarías este producto en tu colegio?

- Si No

¡Gracias por tu tiempo!

