



“MEDIDAS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA Y REDUCIR LOS COSTOS DE OPERACIÓN EN LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN COMAS”

**Trabajo de Investigación presentado
para optar al Grado Académico de
Magíster en Supply Chain Management**

Presentado por

**Sr. Erick Castillo Otoyá
Sr. Néstor Martínez Romero
Sr. Anatholy Torbisco Mendoza**

Asesor: Prof. Mario Chong Chong

2017

Resumen ejecutivo

En la ciudad de Lima se generan alrededor de ocho mil toneladas de residuos sólidos de forma diaria, aproximadamente 0.8 kg de residuos sólidos per cápita. Estos residuos son recolectados por las diferentes municipalidades o empresas privadas y se estima que el nivel de servicio de recolección de residuos sólidos no supera el 43% de eficiencia y tiene, además, un costo aproximado a nivel nacional de \$38 por tonelada recolectada y puesta en su disposición final.

El punto de partida del presente estudio se refiere a la creación de medidas para incrementar la eficiencia y reducir los costos de operación del servicio de recolección de residuos sólidos en el distrito de Comas, donde la demanda estará en función de la densidad poblacional actual y el incremento poblacional de una determinada zona o ciudad.

Para efectos del presente trabajo, aplicaremos la distribución inversa zonal, término introducido en el presente estudio como resultado de una metodología adaptada para este fin y soportada por las nuevas tendencias de la tecnología, como lo es el Internet de las cosas. Esta nueva cadena de valor que se propone tiene muchas similitudes con una cadena de valor comercial o tradicional; sin embargo, se diferencia fundamentalmente en la atención al ciudadano como objetivo final. Para aplicar la distribución inversa zonal, se ha empleado cuatro variables: i) perfil logístico urbano de Comas – km^2 ; ii) zonas críticas logísticas para distribución inversa zonal; iii) distribución inversa zonal, que estará en función de la densidad poblacional y comercial del km^2 seleccionado y su generación de residuos; iv) las distancias y el tiempo del recorrido: distancias entre puntos y el tiempo de ruta contratada. Para determinar la ruta ideal de la distribución inversa zonal, se ha elaborado un modelo de programación lineal basado en la demanda por km^2 , para lograr dos cosas: i) nivelar la carga inversa: carga de contenedores de acopio de residuos sólidos, y ii) minimizar la ruta de recojo: una ruta más corta para cumplir con la demanda.

El input de la demanda será el resultado de la instalación de sensores de peso y de nivel en contenedores ubicados en diferentes zonas del distrito, que estarán conectados a aplicaciones en la nube, Internet of Things (IoT). La utilización del Internet of Things para gestionar la demanda, y la optimización de las rutas para minimizar las distancias, permitirán reducir el recorrido diario de las unidades, lo cual llevará a una reducción estimada del 10% de los costos operativos, así como a un incremento de la eficiencia del servicio del 45%. El impacto en el ROI de la empresa es directamente proporcional a dicha mejora.

Por otro lado, la identificación de la nueva cadena de abastecimiento, distribución inversa zonal, invita a su aplicación a otras cadenas, como las de reciclaje, correo y desecho de materiales peligrosos, entre otras.

Resultados esperados con esta investigación:

- El sector logístico de transporte y disposición final de residuos sólidos se encuentra en crecimiento y, con este modelo, habrá una reducción de tiempos y costos, así como mejoras importantes en el nivel de servicio de recolección.
- Actualmente el servicio para el distrito de Comas es de S/. 66.50/t. Mediante la aplicación de la distribución inversa zonal, se espera reducir el 10% del costo actual
- El nivel de servicio para el distrito de Comas es del 45.7%. Mediante la implementación de la distribución inversa zonal, el nivel del servicio alcanzará entre el 85% y el 90%, ya que la demanda será atendida en línea.
- Se ha identificado una cadena de valor diferente, la misma que persigue el beneficio de los ciudadanos y, por ende, implica un alto nivel de servicio. Esta cadena de valor ha sido denominada distribución inversa zonal. Esta nueva cadena propuesta invita a su aplicación a otras cadenas, como las de reciclaje, correo urbano y otras.

Índice

Resumen ejecutivo.....	II
Índice de tablas.....	V
Índice de gráficos	VI
Índice de anexos	VII
Introducción	1
Capítulo I. Revisión de la literatura	5
Capítulo II. Identificación de la operación y situación actual.....	10
Capítulo III. Metodología.....	21
1.1 Perfil logístico urbano – Comas	22
1.2 Método de agrupamiento.....	27
Capítulo IV. Modelo propuesto: distribución inversa zonal	32
1. Modelo 1 – Balance de cargas	32
2. Modelo 2 – Ruta más corta	33
3. Demanda en línea con sensores.....	34
Capítulo V. Resultados obtenidos.....	39
1. Evaluación económica	41
2. Nivel de servicio	43
2.1 Indicadores externos.....	43
2.2 Indicadores internos	47
3. Evaluación de riesgos de la propuesta.....	50
4. Evaluación cualitativa para la tercerización del servicio	53
5. Impacto en el Costo Total para la Salud Pública	56
6. Consideraciones para la Normativa Municipal	63
Conclusiones y recomendaciones.....	64
Bibliografía	66
Anexos	70
Notas biográficas.....	77

Índice de tablas

Tabla 1: Diferencia entre SCM comercial y SCM de distribución inversa zonal	4
Tabla 2: Comparativo de uso de vertederos	6
Tabla 3: Estimado de costos a nivel mundial por capacidad de ingresos.....	7
Tabla 4: Asignación de unidades para recolección de residuos sólidos.....	13
Tabla 5: Composición de costos generales mensuales.....	16
Tabla 6: Costos unitarios por viaje.....	17
Tabla 7: Costos de mano de obra	17
Tabla 8: Costos de SOAT, GPS, seguro vehicular y otros.....	18
Tabla 9: Gastos generales.....	18
Tabla 10: Resumen de contratos actuales	19
Tabla 11: Generación por tipo de predio.....	22
Tabla 12: Cantidad de predios para otros usos en el distrito de Comas	22
Tabla 13: Generación per cápita de residuos en el distrito de Comas.....	23
Tabla 14: Número de habitantes y predios por zona de servicios	24
Tabla 15: Generación de residuos sólidos por zona de servicios	25
Tabla 16: Número de contenedores requerido por cada zona de servicio.....	25
Tabla 17: Valor promedio del número de habitantes/otros predios por km ²	26
Tabla 18: Valores normalizados del número de habitantes/otros predios por km ²	27
Tabla 19: Costo por tonelada con modelo de distribución inversa zonal propuesto	40
Tabla 20: Inversión en equipos	41
Tabla 21: Distribución de costos fijos según % de toneladas anuales por contratos	42
Tabla 22: Determinación del grado de importancia de cada factor externo.....	45
Tabla 23: Peso de cada indicador externo clave	45
Tabla 24: Peso de cada indicador externo que no clave.....	46
Tabla 25: Matriz de evaluación de indicadores externos	47
Tabla 26: Matriz QQC	48
Tabla 27: Matriz de impacto de riesgos - pérdida esperada.....	51
Tabla 28: Matriz de impacto de riesgos - pérdida esperada luego de aplicada DIZ	51
Tabla 29: Rol de la participación pública y de la educación comunitaria.....	52
Tabla 30: Detalle de los pasos para lograr la participación pública verdadera	53
Tabla 31: Inversión en unidades por ejecutor	54
Tabla 32: Inversión en unidades por ejecutor	54
Tabla 33: Impacto del CAS de la Municipalidad.....	55
Tabla 34: Enfermedades asociadas a recolección de residuos sólidos transmitida por vectores ..	57
Tabla 35: Probabilidad de asegurados atendidos con enfermedad asociada - IRA.....	58
Tabla 36: Costo total por factor de producción de consultas médicas no especializadas	59
Tabla 37: Costo de NO Hacer – Resultados de Salud.....	60
Tabla 38: Escenario estimado para próximos 4 años	61
Tabla 39: Los beneficios de HACER – “Best Buy” Interventions.....	62
Tabla 40: Los beneficios de HACER – Proyección a 4 años (periodo municipal).....	62

Índice de gráficos

Gráfico 1: Cadena Valor - SCM - Distribución Inversa Zonal	3
Gráfico 2: Diagrama de flujo de logística y operaciones	11
Gráfico 3: Planificación de ruta – municipalidades	12
Gráfico 4: Rutas autorizadas para el distrito de Comas	12
Gráfico 5: Diagrama de flujo de operación en ruta	13
Gráfico 6: Recolección y transporte de residuos	14
Gráfico 7: Recolección casa por casa	15
Gráfico 8: Frecuencia de recojo de residuos	19
Gráfico 9: Densidad poblacional en Comas	23
Gráfico 10: Perfil Logístico por zona – Comas	28
Gráfico 11: Perfil zona 6	28
Gráfico 12: Movimiento perfil zona 6	29
Gráfico 13: Comercio tipo en zona 6	29
Gráfico 14: Ubicación geográfica 11°57'1.03"S - 77° 3'51.24"O que muestra zona de influencia del contenedor	30
Gráfico 15: Ubicación del contenedor de basura, en la dirección de los jirones Carlos López Aldana con Anselmo Andia	30
Gráfico 16: Alternativa de diseño de zona de contenedor	31
Gráfico 17: Aplicaciones de sensores para IoT	35
Gráfico 18: Sensores tipo - OpenSAP	35
Gráfico 19: Funcionamiento sensor wireless	35
Gráfico 20: Descripción técnica de sensor de nivel	36
Gráfico 21: Modalidad de operación de sensores para modelo	36
Gráfico 22: Programación de Arduino UNO	37
Gráfico 23: Modelo propuesto – optimización de ruta con demanda en línea	38
Gráfico 24: Estructura de la solución tecnológica para demanda en línea	38
Gráfico 25: Cash Flow distribución inversa zonal - Comas, costo fijo 100%	42
Gráfico 26: Cash flow distribución inversa zonal – Comas, costo fijo distribuido	43
Gráfico 27: Análisis de factores externos	44
Gráfico 28: Prototipo de monitoreo para Connected Goods-contenedor de residuos sólidos	49
Gráfico 29: Mapa de factores de riesgo en la SCM	50
Gráfico 30: Matriz de enfrentamiento de riesgos	50
Gráfico 31: Pasos para lograr la participación pública verdadera	53
Gráfico 32: Residuos sólidos en Comas	57
Gráfico 33: Residuos sólidos en Villa María del Triunfo	58

Índice de anexos

Anexo 1 – Resumen de rutas situación actual.....	71
Anexo 2 – Toneladas de residuos sólidos recogidas, situación actual	72
Anexo 3 – Costo por tonelada de residuo sólido en soles, situación actual	73
Anexo 4 - Manual de georeferenciación – MapInfo Profesional Pro 16.0.....	74
Anexo 5 – Perfiles logísticos	75
Anexo 6 – Tabla de distancias	76
Anexo 7 – Ubicación de contenedores zona 6 – Distrito de Comas	77
Anexo 8 – Simulación de generación de residuos sólidos Zona 6 – Comas	78
Anexo 9 – Resumen de cotizaciones.....	68
Anexo 10 – Resumen de resultados de balance de carga y asignación de rutas	69
Anexo 11 – Evaluación económica: flujo de asignación 100%	71
Anexo 12 – Evaluación económica: flujo de asignación distribuida	72
Anexo 13 – Fichas de indicadores	73

Introducción

En el distrito de Comas, para el 2014, se produjeron 157.763 t de residuos sólidos (Ministerio del Ambiente, 2016), cantidad equivalente a 0.8 kg/hab/día de residuos sólidos (Ministerio del Ambiente, 2016), con un costo operacional de recolección de residuos sólidos a nivel nacional aproximado de \$38 por tonelada (Ministerio del Ambiente - Perú Limpio, 2015). Con estos datos, el nivel de servicio de recolección de residuos sólidos esperado debería estar por el orden del 68%, según el costo por tonelada, el nivel de ingresos según país y el nivel de generación de residuos (The World Bank, 2012). Sin embargo, dicho nivel de servicio no supera el 43% actualmente (PWI - Peru Waste Innovation, 2011).

Esta situación condujo a orientar el objetivo del presente estudio en la búsqueda de medidas para incrementar la eficiencia y reducir los costos de operación del servicio de recolección de residuos sólidos en el distrito de Comas. Específicamente, llevó a plantear medidas de reducción de costos operativos e incremento del nivel de servicio de la recolección de residuos sólidos, con base en el perfil logístico (Merchán, 2015) del distrito de Comas por km² (Merchán, 2015), en la que la demanda estará en función de los puntos de referencia con mayor densidad poblacional (Merchán, 2015), el apoyo de la tecnología y la generación de residuos sólidos (Congreso de la República, 2000).

Para efectos del presente trabajo, aplicaremos la distribución inversa zonal, término introducido en el presente estudio como resultado de una metodología adaptada para este fin y soportada por las nuevas tendencias de la tecnología, como lo es el Internet de las cosas. Esta nueva cadena de valor propuesta tiene muchas similitudes con una cadena de valor comercial o tradicional; sin embargo, se diferencia fundamentalmente en la atención al ciudadano como objetivo final.

Para aplicar la cadena de valor propuesta, se han dimensionado cuatro variables: i) perfil logístico urbano de Comas – km²; ii) zonas críticas logísticas para distribución inversa zonal; iii) distribución inversa zonal, que estará en función de la densidad poblacional y comercial del km² seleccionado y su generación de residuos; iv) las distancias y el tiempo del recorrido: distancias entre puntos y el tiempo de ruta contratada (Chopra & Meindl, 2013). Para determinar la ruta ideal (Barry Render & Ralph M. Stair, 2012) de la distribución inversa zonal, se ha elaborado un modelo de programación lineal, basado en la demanda por km², para lograr dos cosas: i) nivelar la carga inversa – carga de contenedores de acopio de residuos sólidos y ii) minimizar ruta de recojo – ruta más corta para cumplir la demanda (Caplice, 2017).

Un factor fundamental para el éxito de la aplicación de este modelo es la planificación de la demanda, para la cual nos basaremos en la utilización de Internet of Things (DHL Trend Research, 2016) para gestionar la demanda en tiempo real (DHL Trend Research, 2016). Esto se aplicará mediante la instalación de sensores de peso y de nivel (Caswell, 2017) en contenedores ubicados en diferentes zonas del distrito, conectados a aplicaciones en la nube vía Internet of Things - IoT (Caswell, 2017), según el resultado de la aplicación de las variables antes descritas (i, ii y iii). Para efectos prácticos del presente estudio, solo se realizarán las simulaciones para el km² seleccionado. En este caso, el sector 6.

La optimización de las rutas buscará minimizar las distancias y permitirá reducir el recorrido diario de las unidades, que llevará a una reducción superior al 10% de los costos operativos, así como a un incremento de la eficiencia del servicio del 45% al 85% (Ecubelabs, 2017), que incluye un control en línea del servicio por parte de la autoridad. Se estima, además, que el impacto en el margen bruto por tonelada se incrementará mínimo en un 8%, lo cual hará de la aplicación de este modelo una herramienta interesante de gestión para los municipios.

Luego, en el capítulo I, revisaremos la literatura sobre el servicio de recolección de residuos sólidos, básicamente para brindar un marco global de su infraestructura en nuestro país, en comparación con otros países. En el capítulo II se detallará la operación actual para dicho servicio en el distrito de Comas. La metodología aplicada se explicará en el capítulo III, donde se caracterizarán los perfiles logísticos, las zonas críticas para la distribución inversa zonal. En el capítulo IV se presentarán los modelos de optimización (cargas y rutas), se definirán los sensores y modelos de operación on-line, para luego cuantificar las mejoras obtenidas con el modelo en el capítulo V. Finalmente se procederá con las conclusiones del estudio.

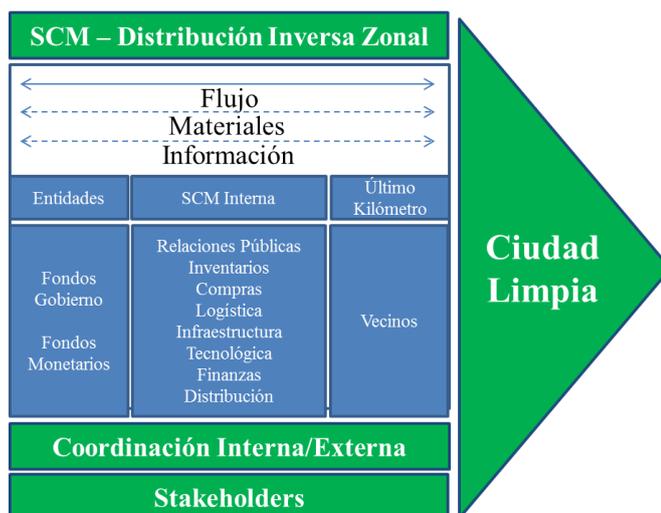
Motivación y objetivos del estudio

Los objetivos del estudio son reducir los costos operativos de la operación de recolección de residuos sólidos del distrito de Comas y definir una operación eficiente para la mejora del servicio al ciudadano.

El nivel del servicio estará en función del nivel de eficiencia de recolección de los residuos sólidos en costo, tiempo y cantidad. Para efectos del presente trabajo, se aplicará una distribución inversa zonal y, si bien es un término ya utilizado en otro contexto (Chamorro, 2004), consideramos pertinente hacerlo notar, ya que la cadena de valor de este Modelo de Negocio (Porter) posee

varias diferencias con respecto de una cadena tradicional comercial, según la conocemos. La distribución inversa zonal buscará enfocarse en los ciudadanos (Yu & Yaclin, 2015), intentando brindar un beneficio a la sociedad que, en este caso, se trata de una ciudad más limpia, aplicando un perfil logístico de la zona, en función de la densidad poblacional de la misma (Megacity Logistic Lab, 2013), para definir una eficiente operación de recolección.

Gráfico 1: Cadena de valor - SCM - distribución inversa zonal



Fuente: Elaboración propia

Si bien existen muchas similitudes a nivel de flujo (materiales, efectivo e información) con una cadena de valor comercial o tradicional, según la conocemos actualmente, una de las diferencias fundamentales para nosotros tiene que ver con la atención al ciudadano. La finalidad de la cadena será, en la municipalidad o gobiernos regionales, minimizar los riesgos sanitarios, concepto que se traducirá en vecinos más felices por calles más limpias = municipalidad eficiente, de manera que la cadena busque llegar, en el mejor de los casos, a 9 millones 111 mil vecinos (Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, 2017), que es la población que tiene la capital del Perú.

Persiguiendo el objetivo principal de la distribución inversa zonal con respecto de una cadena comercial, se muestra a continuación una tabla comparativa del tratamiento de inventarios y la distribución de la cadena propuesta (Yu & Yaclin, 2015).

Tabla 1: Diferencia entre SCM comercial y SCM de distribución inversa zonal

	SCM - Distribución Inversa Zonal	SCM - Comercial
Desarrollo e investigación	Limitado Enfoques no desarrollados	Extensivo Mayor grado de madurez Enfoques ya desarrollados e implementados
Objetivo	Eficiencia, efectividad y salud de sociedades	Maximización de ganancias
Almacenes e inventarios	Extremo de incertidumbre de demanda Sin almacenes e inventarios Información del inventario no integrada Obsolescencia definida por el residuo sólido No se aplica sistema <i>pull</i>	Pocas demandas pico desconocidas Almacenes e inventarios son decisiones del negocio Existe información para controlar vencimientos Obsolescencia definida por el negocio Sistema <i>pull</i>
Distribución	Muy poca teoría para guiar las decisiones Roles dimensionales involucran puntos de acopio, recolección y transferencia Necesidad de transporte especial Viajes de ida y vuelta con destinos regulados	Teoría disponible para cuantificación Roles dimensionales incluyen fábricas, centros de distribución y clientes Utilización de transporte comercial Viajes de ida y vuelta, además de entregas de flujo continuo

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que, dadas las características de la nueva cadena de valor mencionada, las diferencias que existen y el alto potencial del sector, plantearemos las medidas para incrementar la eficiencia y reducir los costos de operación del servicio de recolección de residuos sólidos en el distrito de Comas. Es importante recordar en todo momento que el flujo será inverso al regular conocido para la distribución de productos a los diferentes canales.

Por otro lado, la identificación de la cadena de abastecimiento–distribución inversa zonal invita a su aplicación a otras cadenas como las de reciclaje, correo urbano, desecho de materiales peligrosos, medicamentos (Chamorro, 2004), pilas y baterías (Chamorro, 2004), entre otras.

Capítulo I. Revisión de la literatura

El porcentaje de habitantes en las áreas urbanas está proyectado a crecer del 47% al 64% en regiones en desarrollo (Blanco, Urban Freight and Port Cities, 2014). Esta información es relevante en el análisis que se realizará del perfil logístico (Megacity Logistic Lab, 2013) del distrito de la Municipalidad Distrital de Comas, para luego estudiar el modelo de recojo de residuos sólidos y así plantear una solución para la reducción de costos operativos que incrementen el nivel de servicio brindado. El servicio de recolección de residuos sólidos representó el 4.1% en promedio del PBI para el año 2012 (Ministerio del Ambiente, 2016), con un costo promedio general de recolección de residuos sólidos a nivel país de \$38 por tonelada (Ministerio del Ambiente - Perú Limpio, 2015).

En el Perú, la recolección de residuos sólidos se realiza mediante un ineficiente sistema de operación hacia escasos lugares de disposición final autorizados, ya que, según el Plan Nacional de Acción del Ambiente, solo existen once rellenos sanitarios autorizados a nivel nacional (cuatro de ellos están en Lima). En el 2012, el 38% de residuos sólidos (Vice Ministerio de Gestión del Ambiente, 2012) municipales fueron dispuestos en rellenos sanitarios, siendo nuevamente insuficiente la cantidad de rellenos sanitarios en el Perú, para tratar los más de 7.1 millones de toneladas anuales (Vice Ministerio de Gestión del Ambiente, 2012). La información obtenida del Sistema de Gestión de residuos sólidos (SIGERSOL) indica que para el año 2012 solo el 36.2% de distritos reportaron actividad en el manejo de residuos sólidos (Ministerio del Ambiente, 2016); es decir, que de un total de 1.834 municipalidades distritales existentes (Instituto Nacional de Estadística e Información - INEI, 2008), solo se registraron datos de 664 municipalidades en el SIGERSOL.

Las tendencias del servicio de recolección a nivel mundial, la cultura de ciudadanos en otras ciudades, la utilización de vertederos y los costos de servicio nos indica que, por ejemplo, en Alemania la alta variabilidad de desechos ha impulsado una industria que ya no solamente recolecta de forma eficiente los residuos sólidos, sino que además, en muchos casos, ya se encuentra en la transformación de dichos residuos en energía o en productos finales para la venta (Clients People Performance, 2009). En ese país, la utilización de compost (material obtenido de la mezcla de residuos sólidos orgánicos) para la agricultura está prohibida por ley. En Francia piensan completamente distinto, pues creen que el material recolectado puede ser refinado y así utilizado en la agricultura. Hoy en día existen varias plantas de tratamiento de este tipo de desecho en dicho país (Clients People Performance, 2009).

Por otro lado, en los Estados Unidos, la industria del desperdicio generó en el año 2000 ingresos por US\$ 39.4 miles de millones, para llegar al año 2015 a US\$ 57.9 miles de millones (Statista: The Statistics Portal, 2017). Esta industria se encarga de aproximadamente el 61.8% del servicio de recolección de residuos (U.S. Securities and Exchange Commission, 2017). Los servicios en ese país se encuentran debidamente identificados y cada uno tiene precio promedio por servicio:

- Residuos sólidos: este servicio engloba los residuos y el costo de recolección para el 2016 fue de US\$ 119 al mes (Statista: The Statistics Portal, 2017).
- Reciclaje: se brinda servicios de una sola frecuencia, que permite que los vecinos acumulen plásticos, metales y papel en contenedores diferentes, lo cual permite recuperar mayor cantidad de material reciclado (Waste Management, 2017).
- Residuos orgánicos: el servicio busca recolectar residuos orgánicos para la generación de energía y compost (Waste Management, 2017).

El cobro del servicio es responsabilidad del condado y la negociación la realiza el ciudadano con la empresa prestadora del mismo y esta deriva el pago a los arbitrios regulares. En esos casos, los controles y las reglas se cumplen, y los documentos impagos pasan directamente a cobro judicial a los sesenta días de pasado el plazo (Waste Management, 2017).

Es importante dimensionar el mercado de esta industria a nivel global, el mismo que se estima llegará a los US\$ 1.296,04 miles de millones hacia el año 2025 (Nasdaq: GlobeNewswire, 2017), siendo un sector sumamente atractivo y a tomar en cuenta. A continuación, se muestra el comparativo del nivel de utilización de los vertederos a nivel mundial:

Tabla 2: Comparativo de uso de vertederos

	Generación de basura		Residuos destinados a:		
	Total por año (millones t)	Generación por persona (libras)	Convertido a energía	Enviado a vertedero	Reciclado
Singapur	7.5	3.8	38%	2%	60%
EE.UU.	254	4.4	13%	53%	34%
Europa	922	4.9	26%	31%	43%

Fuente: The Wall Street Journal, 2015.

La siguiente tabla muestra el comparativo de costos de los servicios que se brindan, según la capacidad adquisitiva en las diferentes regiones del mundo. Es importante mencionar que nosotros, como país, nos situaríamos en la primera categoría. Las diferencias no solo se encuentran en los costos, sino también en las eficiencias.

Tabla 3: Estimado de costos a nivel mundial por capacidad de ingresos

	Países de bajos ingresos	Países de medianos ingresos	Países de altos ingresos	Países de elevados ingresos
Ingresos (Per cápita)	<\$876	\$876 - 3,465	\$3,466 - 10,725	>\$10,725
Generación de residuos (t per cápita por año)	0.22	0.29	0.42	0.78
Eficiencia de recolección (Porcentaje de Recolec.)	43%	68%	85%	98%
Costo de Recolección y disposición (US\$ / t)				
Recolección	20-50	35-75	40-90	85-250
Relleno sanitario	10-30	15-40	25-65	40-100
Vertederos abiertos	2-8	3-10	NA	NA
Composta	5-30	10-40	20-75	35-90
Residuos para generación de energía	NA	40-100	60-150	70-200
Digestión anaeróbica	NA	20-80	50-100	65-150

Fuente: The World Bank, 2012

Es importante indicar que al 94.7% de los pobladores del distrito de Comas le interesaría un servicio mejorado de recolección de residuos sólidos (PWI - Peru Waste Innovation, 2011) y que el 46% de ellos también estaría dispuesto a pagar por el servicio (PWI - Peru Waste Innovation, 2011). Estas cifras muestran que el habitante del distrito de Comas desea un mejor servicio y que inclusive estaría dispuesto a pagar por él, haciendo de la aplicación de esta propuesta una interesante alternativa de servicio a los vecinos y un importante factor de cambio en la gestión municipal.

Por otro lado, el hecho de no utilizar depósitos o contenedores de residuos adecuados incrementa los costos, dado que el 60.7% de los habitantes utiliza bolsas plásticas (PWI - Peru Waste Innovation, 2011) para almacenar sus residuos en casa y no contenedores, donde el 35% son sobras de alimentos (PWI - Peru Waste Innovation, 2011). Ello afecta la operatividad durante el recojo, ya que las bolsas no necesariamente son estándares y pueden romperse al momento del recojo por el personal del servicio (Ministerio del Ambiente, 2009). Este mal almacenamiento genera demoras que se convertirán en mayor costo (tiempo) y bajo nivel de servicio o baja

aceptación del servicio actual, recordemos que el 45.7% de los pobladores no está de acuerdo con la calidad del servicio (PWI - Peru Waste Innovation, 2011).

Según lo indicado en la presentación ‘Implementación de proyectos de residuos sólidos municipales’, hecha durante la XV Reunión Anual para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, una de las principales causas que impiden a las municipalidades mejorar la gestión de residuos sólidos y contratar servicios con mejores estándares de calidad es el alto nivel de morosidad. Esta asciende al 70%, en promedio, lo que origina un bajo nivel de recaudación (Ministerio del Ambiente - Perú Limpio, 2015). Con la finalidad de actualizar algunos datos, brindamos información del 2015 sobre los índices de morosidades de algunos distritos limeños. Estos fueron los siguientes: Comas (80%), La Victoria (20%), Villa María del Triunfo (73%) y Ate Vitarte (90%)¹. Definitivamente el factor económico afecta la continuidad del servicio de recojo de residuos, ya que la deuda a los proveedores de recojo de residuos de la Municipalidad de Comas ascendía a 70 millones de soles en el 2014². Por otro lado, se tiene información que indica que el distrito de Comas desea aumentar entre 17% a 18% sus arbitrios con respecto del año 2015, a pesar de tener una alta tasa de morosidad (80%) y habiendo estado a punto de ser declarado distrito con peligro ambiental en el año 2014³.

En el caso particular de las empresas que se dedican a la recolección de residuos sólidos, a diferencia de otras ciudades del primer mundo en donde se respetan las normas, horarios y los ciudadanos hacen un uso adecuado de los activos que las empresas utilizan para prestar su servicio, en el Perú estas empresas usualmente incurren en sobrecostos, básicamente porque los ciudadanos no tienen un comportamiento adecuado (49.6%) y no sacan sus residuos a la hora establecida (PWI - Peru Waste Innovation, 2011), lo cual origina que las unidades de transporte tengan que hacer un doble o triple recorrido para completar el peso contratado o ser eficientes en la operación.

El alto porcentaje de comportamiento inadecuado es de alguna forma explicado por un Estado en crisis que no tiene la capacidad de responder a las necesidades de la sociedad, y con un serio vacío de poder (Matos Mar, 1986), y como consecuencia de ello entendemos que se produce la

¹ Diario La República, Edición impresa del 16 de diciembre de 2016, artículo: Tasa de morosidad en municipios de Lima se reduce, pero aún es alta.

² Diario El Comercio, Edición impresa del 14 de noviembre del 2014, artículo: Alcalde de Comas deja gestión con deuda de S/. 70 millones: <https://elcomercio.pe/lima/alcalde-comas-deja-gestion-deuda-s-70-millones-305979>.

³ Diario Gestión del 12 de noviembre de 2014, artículo: “OEFA exige a la Municipalidad de Comas erradicar basura de vía pública”: <https://gestion.pe/politica/oeфа-exige-municipalidad-comas-erradicar-basura-via-publica-2113674>

desobediencia civil, que lleva al ciudadano a rebasar las reglas y las normas establecidas por las autoridades, y a no cumplirlas (Matos Mar, 1986). Se puede considerar que vivimos en una sociedad en donde se prioriza el beneficio personal sobre el bien común, de manera que el limeño es leal a la familia y a los amigos, más no a la patria (Machuca Castillo, 2014). Este se encuentra divorciado del civismo y la criollada aparece para sacarle la vuelta a las reglas y las normas establecidas (Yamamoto, 2014).

En la actualidad, cuando una organización, sea local o extranjera, tiene una iniciativa o una solución para mejorar sus operaciones, debe considerar dentro de la balanza el factor social (Gregory & Keeley, 1994). Básicamente se deberá evaluar si su operación puede verse afectada por la participación de los ciudadanos. Muchos proyectos que traían consigo grandes ahorros para las empresas, tanto públicas como privadas, y beneficios para la sociedad han fracasado o no se han ejecutado correctamente debido a que la ciudadanía no ha puesto de su parte ni ha colaborado para que estos tengan éxito (Blanco & Merchán, La Movilidad de Carga en Zonas de Alta Congestión: Revisión de Políticas Existentes y Recomendaciones, 2017).

Capítulo II. Identificación de la operación y situación actual

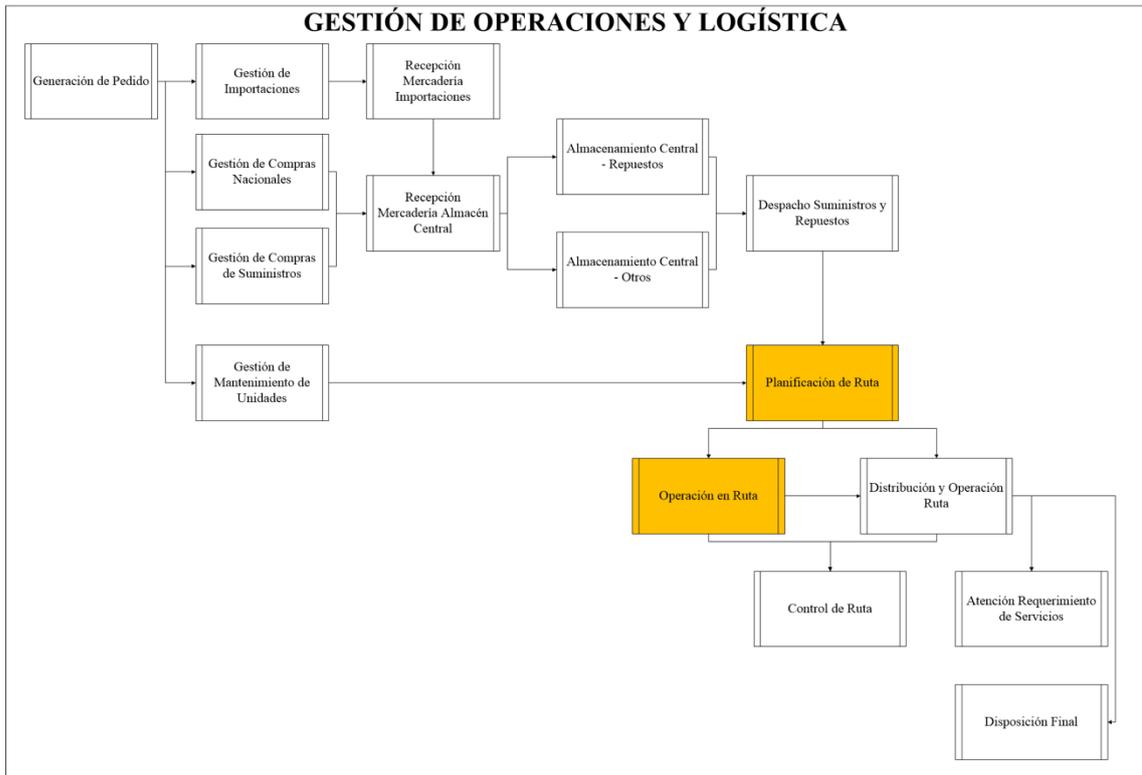
En el país, el servicio de recojo, transporte y disposición final de residuos sólidos no peligrosos es realizado básicamente por empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos (EPS-RS), a solicitud principalmente de las municipalidades y los gobiernos regionales. Generalmente los contratos suscritos entre estas entidades gubernamentales y las EPS-RS tienen una vigencia de cuatro años.

En dichos contratos, se estima una cantidad de toneladas a recoger durante ese periodo y además se fijan precios por tonelada de residuos recogidos o viajes realizados. En dicho contexto, existen dos tipos de contratos: i) precio contratado por tonelada (Ministerio del Ambiente, 2009), que se refiere a un precio fijo por tonelada recogida para llevar el control y la valorización de los residuos recogidos y ii) precio por viaje (Ministerio del Ambiente, 2009), que se refiere al control y la valorización, en función de los viajes realizados, sin importar la cantidad de residuos recogidos.

El contrato pactado entre la empresa y la Municipalidad de Comas es de 540.000 toneladas de residuos a ser recogidos en un periodo de tres años. Ello se debe realizar bajo la modalidad de recojo de residuos puerta a puerta y los camiones a ser utilizados en la prestación del servicio recorrerán rutas definidas previamente por la propia municipalidad.

Para analizar la cadena de abastecimiento (Chopra & Meindl, 2013), primero se describirá el proceso de recolección de residuos sólidos. Con este motivo, se han considerado solo los procesos: i) planificación de ruta y ii) operación en ruta. Se ha procedido así para identificar todos aquellos cuellos de botella (Cuatrecasas, 2011) que puedan estar generando costos adicionales sin agregar valor a la operación. Se presenta, a continuación, el análisis del flujo de logística y operaciones:

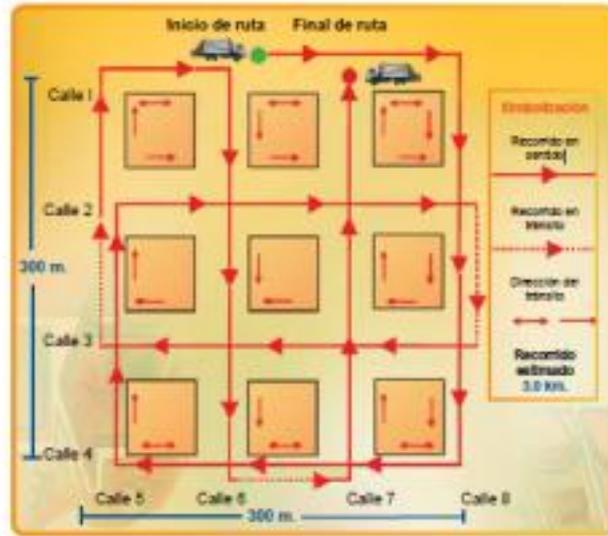
Gráfico 2: Diagrama de flujo de logística y operaciones



Fuente: Elaboración propia

En el primer proceso, Planificación de Ruta, al margen de quien lo realice, interesa la modalidad de ejecución de la ruta en sí, de manera que a pesar de que sean las municipalidades las responsables de generar las rutas, estas siguen el siguiente patrón preestablecido:

Gráfico 3: Planificación de ruta – municipalidades



Fuente: Manual para Municipios Ecoeficientes - 2009

La unidad sale de su base con dirección a la municipalidad, para recibir instrucciones de la ruta a seguir y, una vez finalizada la misma, deberá regresar a la municipalidad para recibir su segunda o tercera ruta del día. Actualmente la Municipalidad de Comas tiene 42 rutas definidas, como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 4: Rutas autorizadas para el distrito de Comas



Fuente: Anuario de Estadísticas Ambientales, 2015

El detalle de las rutas se adjunta en el anexo 1.

Las unidades asignadas (Comas, 2016) para realizar el servicio se encuentran definidas y distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 4: Asignación de unidades para recolección de residuos sólidos

Recolección de Residuos Sólidos		
Responsable	Empresa Tercera (EPS)	Municipalidad
N° de Vehículos	47	5
Toneladas Diarias (Aprox.)	418.02	46.16

Fuente: Elaboración propia con base en Contrato del Servicio de Recolección, Transporte y Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales

Según hemos mencionado antes, las rutas se encuentran establecidas por la municipalidad, de manera que los costos por tonelada estarán en función de la distancia recorrida por la unidad, el tiempo destinado para la recolección y la capacidad de traslado. En total hay 52 camiones que recogen 464 t/día (Comas, 2016). El detalle de las cantidades recogidas se adjunta en el anexo 2.

Con referencia al proceso Operación en Ruta, el mayor porcentaje de costo es de índole variable, como se verá más adelante. Este proceso está conformado por varias operaciones, los mismos que procederemos a detallar a continuación:

Gráfico 5: Diagrama de flujo de operación en ruta



Fuente: Elaboración propia

- Manejo de unidad: se refiere a la operación propia bajo la responsabilidad del chofer en cuanto a la conducción apropiada del camión, que se denomina compactador, a lo largo de toda la ruta (Ministerio del Ambiente, 2009).

- Retorno a punto: se refiere al retorno a base luego de haber finalizado su ruta.
- Recojo de residuo sólido: es el recojo de residuos sólidos, ya sea de recipientes municipales, recipientes privados o limpieza pública, entre otros.

Gráfico 6: Recolección y transporte de residuos



Fuente: Elaboración propia

La recolección puede darse también en camiones de todo tipo y dependerá de las características del contrato firmado. Esta modalidad estará muy ligada a la empresa de servicios y del presupuesto asignado. El proceso de recolección tiene tres variantes o modalidades:

- Recolección por punto fijo (Ministerio del Ambiente, 2009): se refiere a que el camión recolector permanece estacionado en un punto fijo, con el motor encendido, por algunos minutos mientras espera que los vecinos o personal de carga viertan los residuos dentro del camión.
- Recolección casa por casa (Ministerio del Ambiente, 2009): se refiere a cuando el personal del compactador recoge los residuos sólidos de cada predio. Para ello, los pobladores habrán colocado previamente los residuos fuera de sus casas. Esta modalidad es la más utilizada en las ciudades y, si bien los pobladores sacan previamente sus residuos, existen muchos que no lo hacen en el horario establecido, generando así revisitas por punto, como se ha mencionado antes, lo cual constituye uno de los mayores problemas.

Gráfico 7: Recolección casa por casa



Fuente. Elaboración propia

Recolección convencional (Ministerio del Ambiente, 2009) se refiere a sistemas alternativos propios de cada localidad que distan mucho de estas modalidades, debido a una geografía difícil o a la poca accesibilidad de pistas para el camión compactador.

El tipo de recolección utilizado por la Municipalidad de Comas consiste en emplear compactadores donde se depositan los residuos, se prensan o compactan para reducir volumen y luego se trasladan a su disposición final. Los camiones tienen una capacidad de carga de 12.35 toneladas. Estos camiones, en promedio, realizan al día tres viajes o rutas (Municipalidad de Comas, 2015).

- Prensado de residuo sólido: se refiere al prensado de los residuos sólidos provenientes del recojo casa a casa, limpieza pública o recolección convencional en la unidad recolectora.
- Falsa parada: se refiere a las paradas que realizan las unidades en puntos indistintos de la ruta, pero donde no recogen residuos, ya que estos no han sido puestos a disposición para su recojo.
- Mantenimiento: se refiere al mantenimiento correctivo y preventivo de las unidades recolectoras.
- Seguridad: engloba la seguridad de los trabajadores en la ruta, así como la seguridad de los ciudadanos que circulan en los momentos en que se da la recolección.
- Siniestros: se refiere al proceso de atención y procedimiento ante un siniestro.
- Cambio de ruta: se refiere al cambio de ruta. Esto ocurre a pedido de la municipalidad, de los vecinos o de la base propia, por algún desperfecto de alguna unidad.

Los procesos antes mencionados impactarán directamente en el costo del servicio. En ese sentido, la estructura del costo tiene un alto componente variable, según se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5: Composición de costos generales mensuales

Descripción	Total	%
Directo		73.27%
Maquinaria	S/. 248,496.33	45%
Mano de obra	S/. 132,141.10	24%
Herramientas/otros	S/. 12,590.39	2%
Relleno sanitario	S/. 161,910.00	29%
<u>Total directo</u>	S/. 555,137.82	
Indirecto		26.73%
Gastos generales	S/. 202,564.00	100%
<u>Total indirecto</u>	S/. 202,564.00	
Total mensual	S/. 757,701.82	

Fuente: Elaboración propia

Para darnos una idea general de costos por tonelada, el costo promedio ponderado para el distrito de Comas asciende a S/. 66.50 + IGV (Municipalidad de Comas, 2015). La información de los costos asociados a la maquinaria, mano de obra, materiales, relleno sanitario y gastos generales ha sido trabajada con información de la empresa que actualmente se encuentra realizando el servicio.

Para la partida de maquinaria, se consideran camiones recolectores de basura, cuyo valor asciende a S/. 323.430 (US\$ 98.009; t.c.3.3) por un camión nuevo. Se estima que cada camión realizaría seis viajes o 330 kilómetros al día. Tomando como premisa que cada contrato de servicios tiene una vigencia de treinta y seis meses, el costo unitario de kilómetro recorrido se calcula dividiendo el costo total de la flota entre la cantidad estimada de kilómetros recorridos por toda la flota en los treinta y seis meses. Según la necesidad de camiones, se calcula el costo de toda la flota y se asume que la ruta promedio es de 69.07 km, ver anexo 1.

Es importante mencionar que para cada contrato se asumen unidades nuevas que serán depreciadas a lo largo de todo el contrato. Una vez finalizado el mismo, las unidades son dadas de baja o asignadas a contratos sin restricciones de antigüedad de unidades. En lo que se refiere al combustible, el rendimiento de cada camión es de 9 kilómetros por galón (Taquia, 2013) y el costo del galón de diésel es de S/. 8.50 + IGV en promedio (Osinergmin).

Por otro lado, para el presente estudio se ha definido que por medidas de seguridad deben cambiarse los neumáticos del camión cada 80.000 kilómetros, los cuales son recorridos cada doce meses, en promedio. Cada camión utiliza diez neumáticos, dos delanteros y ocho posteriores, los cuales tienen un costo promedio de S/. 2.500 por neumático. Por último, en lo que respecta el mantenimiento de los camiones, se tiene presupuestado alrededor de S/. 35.000 por este concepto. A continuación, se muestra un resumen de los costos unitarios de un viaje:

Tabla 6: Costos unitarios por viaje

Descripción	UM	Cantidad	Costo unitario	Total
Camión recolector	Km	69.07	S/. 1.45	S/. 99.82
Combustible	Gal	7.67	S/. 8.50	S/. 65.23
Neumáticos	ud.	10.00	S/. 2.16	S/. 21.58
Mantenimiento	Km	69.07	S/. 0.15	S/. 10.58
Subtotal maquinaria				S/. 197.22

Fuente: Elaboración propia

Respecto de la mano de obra, cada unidad de trabajo está conformada por un chofer y tres ayudantes. El costo unitario asignado a cada viaje se calcula dividiendo el sueldo mensual de cada trabajador entre el número de viajes a realizar durante el mes para cada unidad de trabajo (camión + chofer + ayudantes). Cabe precisar que los costos que se muestran a continuación consideran el sueldo mensual de cada trabajador y sus beneficios de ley.

Tabla 7: Costos de mano de obra

Descripción	UM	Cantidad	Costo unitario	Total
Chofer	ud.	1.00	S/. 32.27	S/. 32.27
Ayudante	ud.	3.00	S/. 24.20	S/. 72.61
Subtotal mano de obra				S/. 104.87

Fuente: Elaboración propia

En lo que se refiere a la partida 'otros', se consideran los costos de SOAT, GPS, seguro vehicular, implementos de seguridad y peajes que se deben tomar en cuenta dentro de la unidad de trabajo. El costo unitario de cada ítem se calcula en función de su vida útil y se prorroga en función de la cantidad de viajes entre los que se usarán. A continuación, se presenta un resumen de los mismos.

Tabla 8: Costos de SOAT, GPS, seguro vehicular y otros

Descripción	UM	Cantidad	Costo unitario	Total
Chalecos	ud.	4.00	S/. 0.08	S/. 0.31
Conos de seguridad	ud.	3.00	S/. 0.03	S/. 0.10
Triángulos de seguridad	ud.	1.00	S/. 0.11	S/. 0.11
GPS	ud.	1.00	S/. 0.69	S/. 0.69
SOAT	ud.	1.00	S/. 0.23	S/. 0.23
Seguro vehicular	ud.	1.00	S/. 2.77	S/. 2.77
Botiquín	ud.	1.00	S/. 0.22	S/. 0.22
Extintor	ud.	1.00	S/. 0.56	S/. 0.56
Peajes	Glb	1.00	S/. 5.00	S/. 5.00
Subtotal otros				S/. 9.99

Fuente: Elaboración propia

En el caso del relleno sanitario, el costo promedio de disponer de una tonelada de residuos sólidos es de S/. 12.50. El costo total se calcula en función de las toneladas recogidas durante el viaje. Los gastos generales o fijos están conformados por los sueldos de todos los empleados requeridos, así como el costo de los servicios, como luz, agua, teléfono, vigilancia y alquiler de las instalaciones.

Tabla 9: Gastos generales

Descripción	UM	Cantidad	Costo unitario	Total
Gerente General	ud.	1.00	S/. 17.29	S/. 17.29
Subgerente	ud.	1.00	S/. 11.52	S/. 11.52
Contador	ud.	1.00	S/. 6.91	S/. 6.91
Asistente de Gerencia	ud.	1.00	S/. 3.46	S/. 3.46
Secretaria	ud.	1.00	S/. 2.30	S/. 2.30
Administrador	ud.	1.00	S/. 6.91	S/. 6.91
Supervisor Operaciones	ud.	1.00	S/. 8.64	S/. 8.64
Analista Operaciones	ud.	4.00	S/. 5.19	S/. 20.74
Asistente TI	ud.	1.00	S/. 3.46	S/. 3.46
Coordinador de Almacén	ud.	2.00	S/. 3.46	S/. 6.91
Mecánico	ud.	3.00	S/. 2.88	S/. 8.64
Alquileres	Glb	1.00	S/. 19.84	S/. 19.84
Descripción	UM	Cantidad	Costo unitario	Total
Vigilancia	ud.	6.00	S/. 1.15	S/. 6.91
Energía eléctrica	ud.	1.00	S/. 11.90	S/. 11.90
Agua	ud.	1.00	S/. 11.90	S/. 11.90
Telefonía	ud.	1.00	S/. 11.90	S/. 11.90
Computadoras	ud.	15.00	S/. 0.10	S/. 1.49
Subtotal gastos generales				S/. 160.77

Fuente: Elaboración propia

Por último, el costo por tonelada para un viaje se calcula dividiendo el total de costos incurridos en un viaje entre la cantidad de toneladas recogidas en dicho viaje. El detalle de costos reales de quince días, trabajados con la empresa Industrias Arguelles y Servicios Generales SAC, se adjunta en el anexo 3. Es importante mencionar además que la empresa cuenta actualmente con cuatro contratos, según la siguiente distribución.

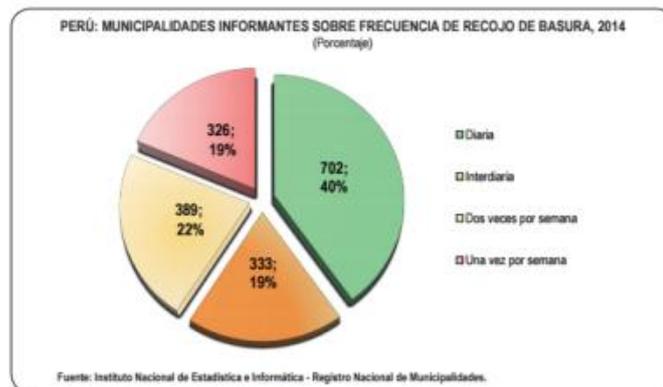
Tabla 10: Resumen de contratos actuales

Distritos	Duración del Contrato	Precio del Contrato	Unidad de Medida por Mes	Mínimo Diario
Comas	36 meses	Por tonelada	15,000 t	500 t
Lince	48 meses	Por tonelada	2,220 t	74 t
Pueblo Libre	36 meses	Por viaje	213 viajes	6 viajes
Santa Anita	45 meses	Por viaje	566 viajes	13 viajes

Fuente: Empresa-Industrias Argüelles y Servicios Generales S.A.C

Un punto a tener en cuenta, además, es que la frecuencia de recojo, según contrato, es diurno y diario para el caso de Comas (Municipalidad de Comas, 2015). La información a nivel país bajo esta modalidad asciende al 40% de las municipalidades.

Gráfico 8: Frecuencia de recojo de residuos



Fuente: Informe Anual Residuos Sólidos Municipales - 2012

La frecuencia de recojo es un dato a tener en cuenta, ya que el 83.6% de los vecinos de Comas indica que sus recipientes de basura se llenan en un máximo dos días (PWI - Peru Waste Innovation, 2011). Esta información promueve un factor importante que afectaría el eficiente recojo de residuos, y es el incumplimiento por parte de los vecinos del horario de recojo (PWI - Peru Waste Innovation, 2011), de manera que los camiones deben regresar a los puntos ya visitados, incrementando las distancias, los tiempos y, por ende, los costos, como ya se ha indicado anteriormente.

Dada esta coyuntura, no se debe perder de vista el tráfico que se genera con este tipo de recolección diurna, ya que, basándonos en que las ciudades en desarrollo, como es la ciudad de Lima, generan alrededor de 300 a 400 viajes de camiones cada 1.000 personas por día, y que este

movimiento representa alrededor del 10% al 15% del total de km recorridos en calles urbanas (3%-5% del área urbana), se generaría una insatisfacción dentro de la comunidad, de no brindarse un servicio óptimo. (Blanco, Urban Logistics: A Latin American Perspective)

Capítulo III. Metodología

En el laboratorio de Logística de Mega-Ciudades de MIT, se plantea una metodología denominada Mejores Ciudades para la Logística (Merchán, 2015), que incluye tres niveles distintos de análisis para poder identificar los perfiles logísticos de las ciudades, con base en las distintas necesidades de las zonas dentro de la ciudad. En ella se identifica el perfil de un km² de un centro poblado (Megacity Logistic Lab, 2013) a través de tres variables o análisis específicos. En nuestro caso, hemos adaptado dicha metodología para aplicarla a esta nueva cadena de valor, distribución inversa zonal, bajo los siguientes conceptos:

Perfil logístico urbano (Megacity Logistic Lab, 2013): el perfil nos permite agrupar las distintas zonas de un distrito por sus diferentes características, por ejemplo, en función de su densidad poblacional, la cantidad de comercio y los residuos sólidos generados por persona. Por medio de estas variables, se determinará un kilómetro cuadrado de mayor densidad poblacional, de comercios y otros tipos de establecimientos (mercados mayoristas, mercados minoristas y establecimientos públicos y privados). Con ello, determinaremos ciertas características similares que se pueden dar en el distrito, y obtener así el perfil de distribución inversa zonal del distrito con respecto de la generación de residuos sólidos.

Zonas críticas para distribución inversa zonal: Como resultado del perfil logístico, se determinará los diferentes clústers que se encuentran en una zona. El siguiente paso es determinar el tamaño de cada negocio, mercado, y personas (Megacity Logistic Lab, 2013). Este análisis permitirá determinar los niveles de residuos sólidos generados por cada zona del distrito, con base en su perfil logístico.

Distribución inversa zonal: este punto determinará la manera en la cual se debe realizar la recolección de residuos sólidos por zona, considerando la cantidad de residuos sólidos generados, las distancias a recorrer y la demanda real de unidades para completar eficientemente el servicio de recolección de residuos sólidos.

Para el presente estudio se ha tomado como base la metodología de Megacity Logistic Lab, con las adecuaciones y las modificaciones para ser aplicadas a residuos sólidos, con

la finalidad de identificar y determinar el perfil de un km² del distrito de Comas, y así determinar la ruta óptima para la distribución inversa zonal.

1.1 Perfil logístico urbano – Comas

1.1 Análisis de componentes principales

En este primer análisis del perfil se busca agrupar diferentes zonas del distrito con características similares en densidad de población por zonas, comercios y predios varios.

Tabla 11: Generación por tipo de predio

Generación por tipo de predio			
	Domicilios (casa/habitación)	Otros usos	Total
Generación por tipo de predio	305.34 t/día	158.84 t/día	464.18 t/día
Cantidad de predios	87.840	15.825	103.665

Fuente: Elaboración propia, PWI – Peru Waste Innovations, 2011

La cantidad de predios asciende a 103.665 (Comas, 2016). Recordemos que la producción de residuos sólidos está directamente relacionada con la densidad poblacional de dicha área. El detalle de usos por predio también se ha podido conseguir con la finalidad de conocer el grado de dispersión de los diferentes tipos de predios, según se muestra a continuación:

Tabla 12: Cantidad de predios para otros usos en el distrito de Comas

Predios para otros usos	Número de predios	Generación diaria en Kg x predio	Cantidad total (t)
Comercio y similares	13,591	2.21	30.04
Restaurantes, pollerías, chifas y similares	762	31.20	23.77
Hoteles, hospedajes y hostales	240	6.11	1.47
Supermercados	6	342.37	2.05
Mercado vecinal	41	450.17	18.46
Mercado minorista	10	3,471.00	34.71
Mercado mayorista	2	6,710.00	13.42
Instituciones educativas	920	22.90	21.07
Instituciones estatales	49	102.70	5.03
Industrias	204	43.22	8.82
Total	15,825		158.84

Fuente: PWI – Peru Waste Innovations, 2011

Asimismo, la generación per cápita de residuos se detalla a continuación:

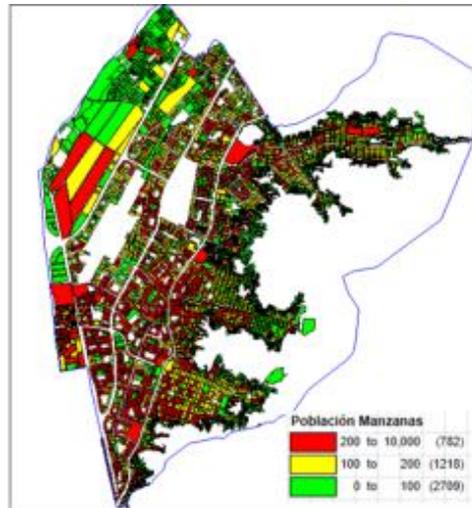
Tabla 13: Generación per cápita de residuos en el distrito de Comas

Proyección de la población al 2017	Sectores	Categorías	%	Población (hab.)	GPC por sectores (2016) (kg/hab/día)	Generación (t/día)	Generación domiciliar total (t/día)
531,032	Estrato A	Medio	10	53,103	0.584	31.012	305.343
	Estrato B	Medio - Bajo	33	175,241	0.579	101.464	
	Estrato C	Bajo	57	302,688	0.561	170.11	
GPC ponderada					0.575		

Fuente: PWI – Peru Waste Innovations, 2011

Mediante la información de generación de residuos por tipo de predio (Comas, 2016) y la aplicación de herramientas tecnológicas, Sistema MapInfo., que persiguen identificar el nivel de concentración de personas por manzana dentro del distrito de Comas, se pudo elaborar el siguiente cuadro, según información del último censo disponible (Instituto Nacional de Estadística e Información - INEI, 2008):

Gráfico 9: Densidad poblacional en Comas



Fuente: Elaboración propia, Sistema MapInfo.

Ahora bien, con esta información y con el informe técnico financiero de los arbitrios municipales de barrido de vías, recolección de residuos sólidos, parques y jardines y serenazgo del ejercicio fiscal del año 2017 de la Municipalidad de Comas (Comas, 2016), y considerando que el distrito de Comas está dividido en catorce zonas, se pudo definir una clasificación de los predios según su uso, para lo cual se elaboró la siguiente tabla en donde se muestra la cantidad de habitantes y predios por zona y, en la siguiente, la generación de residuos en cada zona. El detalle de la metodología utilizada en el sistema MapInfo se adjunta en el Anexo 4.

Tabla 14: Número de habitantes y predios por zona de servicios

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13	Zona 14	Total	
Habitantes	35,421	44,778	37,026	37,500	36,065	62,465	34,347	37,185	44,436	38,251	42,041	27,510	39,852	14,155	531,032	
Predios y otros usos	Comercio y similares	1,097	1,089	818	960	761	1,373	712	1,003	1,059	1,080	1,323	475	1,404	437	13,591
	Restaurantes, pollerías, chifas y similares	46	45	42	62	54	92	45	49	45	43	89	45	51	54	762
	Hoteles, hospedajes y hostales	26	4	5	6	4	36	34	15	24	19	37	3	11	16	240
	Supermercados	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0	6
	Mercado vecinal	2	4	3	4	3	2	2	4	3	2	4	2	4	2	41
	Mercado minorista	0	0	0	1	1	1	1	2	1	0	0	0	2	1	10
	Mercado mayorista	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2
	Instituciones educativas	51	55	56	49	37	79	72	79	162	86	66	36	47	45	920
	Instituciones estatales	5	5	0	2	1	3	3	3	4	6	8	0	9	0	49
	Industrias	12	12	6	6	8	7	8	4	9	4	16	5	10	97	204

Fuente: Elaboración propia, PWI – Peru Waste Innovations, 2011

Tabla 15: Generación de residuos sólidos por zona de servicios (t)

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13	Zona 14	Total
Habitantes	20.37	25.75	21.29	21.56	20.74	35.92	19.75	21.38	25.55	21.99	24.17	15.82	22.91	8.14	305.34
Comercio y similares	2.42	2.41	1.81	2.12	1.68	3.03	1.57	2.22	2.34	2.39	2.92	1.05	3.10	0.97	30.04
Restaurantes, pollerías, chifas y similares	1.44	1.40	1.31	1.93	1.68	2.87	1.40	1.53	1.40	1.34	2.78	1.40	1.59	1.68	23.77
Hoteles, hospedajes y hostales	0.16	0.02	0.03	0.04	0.02	0.22	0.21	0.09	0.15	0.12	0.23	0.02	0.07	0.10	1.47
Supermercados	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.34	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	2.05
Mercado vecinal	0.90	1.80	1.35	1.80	1.35	0.90	0.90	1.80	1.35	0.90	1.80	0.90	1.80	0.90	18.46
Mercado minorista	0.00	0.00	0.00	3.47	3.47	3.47	3.47	6.94	3.47	0.00	0.00	0.00	6.94	3.47	34.71
Mercado mayorista	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.00	13.42
Instituciones educativas	1.17	1.26	1.28	1.12	0.85	1.81	1.65	1.81	3.71	1.97	1.51	0.82	1.08	1.03	21.07
Instituciones estatales	0.51	0.51	0.00	0.21	0.10	0.31	0.31	0.31	0.41	0.62	0.82	0.00	0.92	0.00	5.03
Industrias	0.52	0.52	0.26	0.26	0.35	0.30	0.35	0.17	0.39	0.17	0.69	0.22	0.43	4.19	8.82
Total	27.49	33.67	27.33	32.86	30.25	55.89	29.95	36.25	38.77	29.50	34.93	20.23	46.59	20.48	464.18

Fuente: Elaboración propia, PWI – Peru Waste Innovations, 2011

Como se ve en la tabla 15, considerando que se utilizarán contenedores con una capacidad de 15m³ y, según el último estudio de caracterización de residuos sólidos del distrito de Comas, los residuos sólidos tienen una densidad de 0.134 t/m³ (Municipalidad de Comas, 2015), cada contenedor podrá almacenar como máximo dos toneladas. A continuación, se muestra una tabla de cuántos contenedores se requiere en cada zona:

Tabla 16: Número de contenedores requerido por cada zona de servicio

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13	Zona 14	Total
N° Contenedores	14	17	14	17	16	28	15	19	20	15	18	11	24	11	239

Fuente: Elaboración propia, PWI – Peru Waste Innovations, 2011

Tabla 17: Valor promedio del número de habitantes/otros predios por km²

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13	Zona 14	
Valores promedio por km ²	Habitantes	26,632.33	42,243.40	33,968.81	12,886.60	19,183.51	11,440.48	12,674.17	14,357.14	18,670.59	18,842.86	17,590.38	15,368.72	18,798.11	7,185.28
	Comercio y similares	824.81	1,027.36	750.46	329.90	404.79	251.47	262.73	387.26	444.96	532.02	553.56	265.36	662.26	221.83
	Restaurantes, pollerías, chifas y similares	34.59	42.45	38.53	21.31	28.72	16.85	16.61	18.92	18.91	21.18	37.24	25.14	24.06	27.41
	Hoteles, hospedajes y hostales	19.55	3.77	4.59	2.06	2.13	6.59	12.55	5.79	10.08	9.36	15.48	1.68	5.19	8.12
	Supermercados	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.18	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.42	0.00
	Mercado vecinal	1.50	3.77	2.75	1.37	1.60	0.37	0.74	1.54	1.26	0.99	1.67	1.12	1.89	1.02
	Mercado minorista	0.00	0.00	0.00	0.34	0.53	0.18	0.37	0.77	0.42	0.00	0.00	0.00	0.94	0.51
	Mercado mayorista	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00
	Instituciones educativas	38.35	51.89	51.38	16.84	19.68	14.47	26.57	30.50	68.07	42.36	27.62	20.11	22.17	22.84
	Instituciones estatales	3.76	4.72	0.00	0.69	0.53	0.55	1.11	1.16	1.68	2.96	3.35	0.00	4.25	0.00
	Industrias	9.02	11.32	5.50	2.06	4.26	1.28	2.95	1.54	3.78	1.97	6.69	2.79	4.72	49.24

Fuente: Elaboración propia, PWI – Peru Waste Innovations, 2011

Una vez identificada la cantidad de habitantes, los km² por cada zona y los predios por zona, se procedió a dividir dichos valores entre el área de cada zona para conocer los valores promedios por km² de habitantes y del número de predio según su uso.

1.2 Método de agrupamiento

Con los valores, se procedió, según el uso de predio, a dividir el valor asignado a cada zona entre el mayor valor para poder obtener valores entre 0 y 1, donde 1 se le asigna a la zona que tiene el mayor valor.

Tabla 18: Valores normalizados del número de habitantes/otros predios por km²

		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13	Zona 14
Valores promedio por km ²	Habitantes	15.31	24.29	19.53	7.41	11.03	6.58	7.29	8.26	10.74	10.83	10.11	8.84	10.81	4.13
	Comercio y similares	1.82	2.27	1.66	0.73	0.89	0.56	0.58	0.86	0.98	1.18	1.22	0.59	1.46	0.49
	Restaurantes, pollerías, chifas y similares	1.08	1.32	1.20	0.66	0.90	0.53	0.52	0.59	0.59	0.66	1.16	0.78	0.75	0.86
	Hoteles, hospedajes y hostales	0.12	0.02	0.03	0.01	0.01	0.04	0.08	0.04	0.06	0.06	0.09	0.01	0.03	0.05
	Supermercados	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.06	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00
	Mercado vecinal	0.68	1.70	1.24	0.62	0.72	0.16	0.33	0.70	0.57	0.44	0.75	0.50	0.85	0.46
	Mercado minorista	0.00	0.00	0.00	1.19	1.85	0.64	1.28	2.68	1.46	0.00	0.00	0.00	3.27	1.76
	Mercado mayorista	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.17	0.00
	Instituciones educativas	0.88	1.19	1.18	0.39	0.45	0.33	0.61	0.70	1.56	0.97	0.63	0.46	0.51	0.52
	Instituciones estatales	0.39	0.48	0.00	0.07	0.05	0.06	0.11	0.12	0.17	0.30	0.34	0.00	0.44	0.00
	Industrias	0.39	0.49	0.24	0.09	0.18	0.06	0.13	0.07	0.16	0.09	0.29	0.12	0.20	2.13
Total	20.67	31.77	25.07	11.29	16.09	10.24	11.05	14.00	16.29	14.53	14.61	11.30	21.98	10.40	

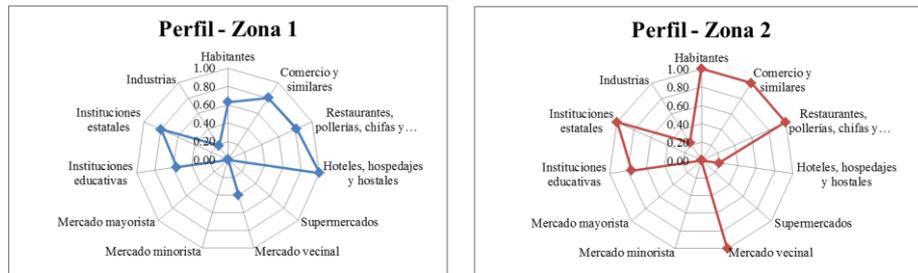
Fuente: Elaboración propia, PWI – Peru Waste Innovations, 2011

Con esta información, se pasaría a determinar los perfiles con base en la generación de residuos generados, la selección de la zona de estudio y proseguir con el planteamiento del modelo de operación.

Zonas críticas para distribución inversa zonal

Una vez obtenidos los resultados del perfil logístico de Comas, se pueden graficar los resultados para conocer el perfil de cada zona y poder hacer una comparación entre las diferentes zonas y agruparlas por perfiles semejantes. Se muestran algunos ejemplos:

Gráfico 10: Perfil Logístico por zona – Comas

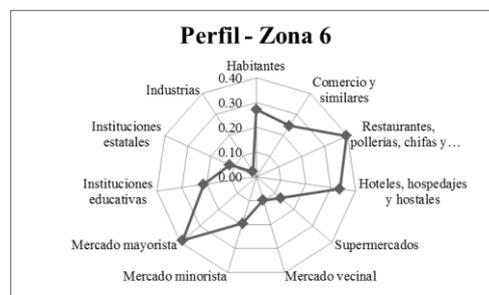


Fuente: Elaboración propia

Este ejercicio se realizará para conocer la generación estimada diaria de residuos sólidos por zona y por tipo de predio, ya que se conoce la generación per cápita de los habitantes y la generación por tipo de predio. Los catorce perfiles se presentan en el anexo 5.

Con los resultados obtenidos, se puede estimar el número de contenedores a asignar a cada zona y la ubicación de los mismos. Se ha seleccionado la zona 6, debido a la gran concentración de población, la generación de residuos sólidos que posee y por la presencia de uno de los mercados mayoristas del distrito. En dicha zona se aplicará la metodología propuesta de distribución inversa zonal planteada.

Gráfico 11: Perfil zona 6



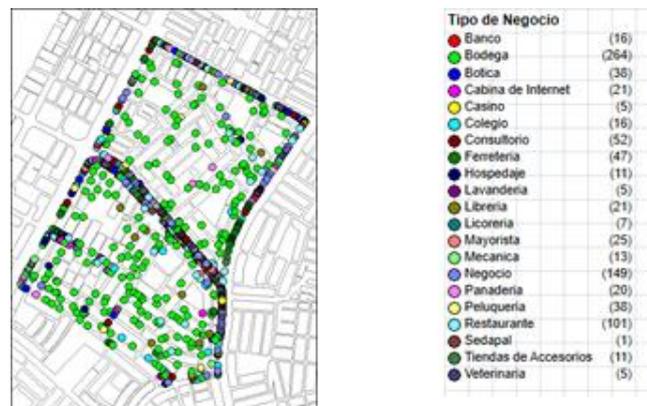
Fuente: Elaboración propia

La metodología utilizada para poder determinar la cantidad de negocios (restaurantes, comercios, hoteles, mercados y negocios mayoristas, entre otros) en un km² fue la de buscar aquella que pudiese considerarse como la zona más densa.

La zona elegida, zona 6, es la siguiente: Av. Universitaria, Prolongación Los ángeles, Av. Carbayllo, Jr. Francisco Bolognesi, Av. Túpac Amaru y Av. Micaela Bastidas. El km² designado se encuentra entre las avenidas Belaúnde Oeste, Túpac Amaru y Universitaria. En este km² se han identificado los tipos de negocios típicos que se pueden encontrar en el distrito, con la finalidad de caracterizarlos y dimensionar su impacto en la generación de residuos.

Para poder trabajar el sector, se utilizó el software MapInfo Profesional 12.5, con el cual delimitamos geográficamente la zona a estudiar y, con un trabajo de campo, se pudo georeferenciar los tipos de negocios que se encuentran ubicados en el km², determinando así la zona más comercial del distrito.

Gráfico 12: Movimiento perfil zona 6



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13: Comercio tipo en zona 6



Fuente: Elaboración propia

Ubicación piloto de contenedores

La ubicación piloto de los contenedores, para las diferentes zonas del distrito de Comas, se ubicaron con base en los residuos generados (perfil logístico zona 6) y mediante el software MapInfo Professional, que ayudó a determinar las zonas geográficas para cada contenedor. La ubicación, para este contenedor piloto, se encuentra en la dirección Jr. Carlos López Aldana cruce con Jr. Anselmo Andía ($11^{\circ}57'1.03''S$ - $77^{\circ} 3'51.24''O$).

Gráfico 14: Ubicación geográfica $11^{\circ}57'1.03''S$ - $77^{\circ} 3'51.24''O$ que muestra zona de influencia del contenedor



Fuente: <https://www.google.es/maps/>

Gráfico 15: Ubicación del contenedor de basura, en la dirección de los jirones Carlos López Aldana con Anselmo Andía

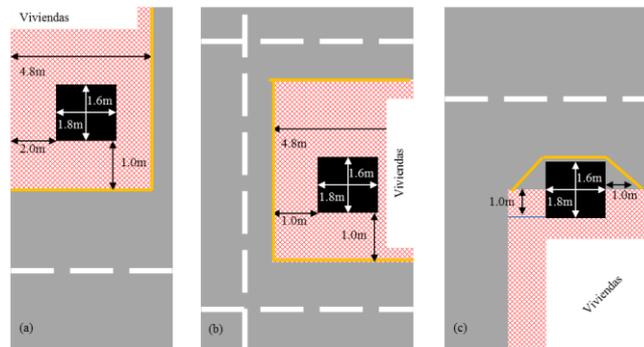


Fuente: <https://www.google.es/maps/>

La designación para las ubicaciones físicas de cada contenedor se ha realizado con base en el punto de gravedad entre las densidades poblacionales de cada uno de los km^2 y las capacidades de los contenedores. Si bien es cierto que toda esta designación contiene un alto componente teórico, en la realidad no necesariamente se puede cumplir, ya que calles, veredas y esquinas no se ajustan necesariamente a la teoría. Para ello, se ha desarrollado una alternativa de posicionamiento para los contenedores, los mismos que ocupan 2.88 m^2 de área ($1.6\text{m} \times 1.8\text{m}$: ver anexo 9). Dicha área, en algunas ocasiones, estará en la vereda; en otras deberá tener una isla

ocupando una pequeña área de la calle. Se muestra a continuación las alternativas para colocar un contenedor:

Gráfico 16: Alternativa de diseño de zona de contenedor



Fuente: Elaboración propia

El planteamiento de alternativas se ha basado en dos iniciativas: i) Bahía de carga-descarga para la ciudad de Buenos Aires (Winchelbach & Merchán, 2015) y ii) Cajones Azules, lanzado por el Ministerio de Desarrollo de la ciudad de Buenos Aires (Blanco, Urban Logistics: A Latin American Perspective).

Es importante mencionar que el 42.7% de los vecinos del distrito lleva su desperdicio al botadero más cercano y solo el 8.5% indicó que dejaba los desperdicios en la calle (PWI - Peru Waste Innovation, 2011). La intención de las iniciativas antes descritas estarían alineadas con el 42.7% de la población del distrito, de forma que un posible rechazo a la iniciativa de colocar contenedores sería mínimo.

Las distancias entre contenedores se muestran en el anexo 6, y las ubicaciones propuestas de los contenedores en el anexo 7.

Capítulo IV. Modelo propuesto: distribución inversa zonal

En este punto se desarrollarán los modelos de programación lineal, indicadores del nivel de servicio y sensores necesarios para modelar el nuevo proceso. El propósito de los dos modelos de programación entera no lineal (Render, 2012) utilizados es, en primer lugar, la minimización de la suma de los cuadrados de la diferencia de la capacidad (t) del camión compactador utilizado y la suma de las toneladas de residuos sólidos disponibles a recoger en cada contenedor, balanceando así la carga a transportar en cada uno de los viajes, para que el costo por tonelada por viaje tenga la mínima variación posible. En segundo lugar, tomando como base el problema del flujo máximo (Render, 2012) y el problema del vendedor viajero (TSP) (Lin–Kernighan, 1973), se buscará minimizar la suma de las distancias entre los contenedores, identificados para cada viaje en el primer modelo, seleccionando la ruta más corta y minimizando el costo por tonelada a transportar. Cabe precisar que en ambos modelos se utilizaron variables binarias.

1. Modelo 1 – Balance de cargas

A continuación, el detalle del modelo 1:

SETS:

CAMION;
CONTENEDOR: PESO;
TESIS(CAMION,CONTENEDOR): X;
ENDSETS

DATA:

VIAJES =@OLE();
CONT= 28;
CAMION= 1..VIAJES;
CONTENEDOR= 1..CONT;
CAPACIDAD= 12.35;
PESO= @OLE();
ENDDATA

!Función Objetivo;

MIN = @SUM(CAMION(I):(CAPACIDAD - @SUM(CONTENEDOR(J):PESO(J) * X(I,J)))^2);

!Restricciones;

@FOR(CAMION(I):
@SUM (CONTENEDOR(J): PESO(J) * X(I,J)) < CAPACIDAD); (1)

@FOR(CONTENEDOR(J):
@SUM (CAMION(I): X (I,J)) =@IF(PESO(J) #EQ# 0 ,0,1)); (2)

@FOR (TESIS(I,J): @BIN (X(I,J))); (3)

La restricción (1) limita que la suma de los pesos j del contenedor j no exceda la capacidad del camión compactador a utilizar en el viaje i. La restricción (2) establece que la suma

de las variables binarias de los viajes i para un mismo contenedor j sea igual a 1 para que un contenedor j solo pueda ser asignado a un viaje i . La restricción (3) establece que la variable $X(i, j)$ solo puede tomar valores binarios.

2. Modelo 2 – Ruta más corta

A continuación el detalle del modelo 2

SETS:

NODOS: Q;

TESIS (NODOS, NODOS): X, CDIST;

ENDSETS

DATA:

CONT = 30;

NODOS = 1...CONT;

CDIST= @OLE ();

ENDDATA

!Función Objetivo;

MIN = @SUM (TESIS (I, J): CDIST (I, J)*X (I, J));

!Restricciones;

@FOR (NODOS (I)| I #EQ# 1:

@SUM (NODOS (J)| J #NE# CONT: X (I, J)) = 1); (1)

@FOR (NODOS (I)| I #NE# 1):

@SUM (NODOS (J): X (I, J)) = @IF (CDIST (I, CONT) #NE# 0, 1, 0); (2)

@FOR (NODOS (J)| J #EQ# CONT:

@SUM (NODOS (I): X (I, J)) = 1); (3)

@FOR (NODOS (J):

X (J, CONT) = @IF(X (I, J) #EQ# 1, 0, X (J, CONT)); (4)

@FOR (NODOS (I):

@FOR (NODOS (J):

X(I, J)= @IF(CDIST(I, J) #EQ# 0, 0, X(I, J)); (5)

@FOR (NODOS (I) | (I #NE# 1) #AND# (I #NE# CONT):

@SUM (NODOS (J): X (I, J) - X (J, I)) = 0); (6)

@FOR (NODOS (I)| (I #NE# 1) #AND# (I #NE# CONT):

@FOR (NODOS (J)| (J #NE# 1) #AND# (J #NE# CONT):

X (J, I) = @IF(X (I, J) #EQ# 1, 0, X (J, I)); (7)

@FOR (NODOS (I):

@FOR (NODOS (J) |J#NE#1 #AND# J#NE#I: (Q (I) + X (I, J) - (CONT-2)*(1-X (I, J)) + (CONT-3)*X (J, I)) <= Q (J)); (8)

@FOR (TESIS (I, J): @BIN (X (I, J)); (9)

La restricción (1) establece que la suma de los flujos que salen del nodo 1 a los demás nodos j , sin considerar el nodo C, debe ser igual a 1. La restricción (2) establece que si según la tabla de distancias, en donde las distancias entre los nodos o contenedores toman un valor 0, si dichos contenedores no están asignados al viaje que se está analizando, la distancia entre el nodo j , sin considerar el nodo 1, y el nodo C, es diferente a 0; la suma de los flujos que ingresan al nodo j es igual a 1; caso contrario, la suma de los flujos que ingresan al nodo j es igual a 0. La restricción

(3) establece que la suma de los flujos que ingresan al nodo C es igual a 1. La restricción (4) establece que, si el flujo que sale del nodo 1 al nodo j es igual a 1, el flujo que sale del nodo j al nodo C es igual a 0. La restricción (5) establece que, si según la tabla de distancias la distancia entre el nodo i y el nodo j es igual a 0, la variable $X(i,j)$ toma el valor de 0. La restricción (6) establece que, para todos aquellos nodos diferentes al nodo 1 y al nodo C, la suma de los flujos que ingresan a un nodo determinado es igual a la suma de los flujos que salen de dicho nodo. La restricción (7) establece que si el flujo del nodo i al nodo j es igual a 1, entonces el flujo del nodo j al nodo i es igual a 0. La restricción (8) elimina que se formen los llamados *subtours* que impiden que haya una sola ruta que pase por todos los nodos. La restricción (9) establece que la variable $X(i, j)$ solo puede tomar valores binarios.

Para efectos del estudio, se asume que los contenedores se llenan de forma diaria y el ejercicio de correr el modelo se realiza dos veces al día con la finalidad de siempre recoger los residuos sólidos y así cumplir con el contrato que obliga el recojo diario (Municipalidad de Comas, 2015).

3. Demanda en línea con sensores

La tecnología está cambiando el ritmo de las cosas, y nos encontramos cada vez más en un cambio de era más que en una era de cambios (Iñaki Ortega Cachón, 2016). En este sentido, se está afectando la forma de nuestro mundo como hoy lo conocemos. En el mundo de la recolección de residuos sólidos, este cambio no debería ser esquivo a dicha transformación tecnológica, de manera que consideramos que el uso de las tecnologías de información y aplicaciones tecnológicas traerá consigo beneficios importantes para la sociedad, con una mejora en la gestión de la demanda y la optimización de las rutas que conllevará la reducción de costos, la designación de los puntos de acopio y una mejora en el nivel de servicio.

En este sentido, los expertos indican que se tendrá cerca de 100 trillones de sensores hacia el 2030 (openSAP SE, 2017), lo cual permitirá que las imágenes y el reconocimiento de voz lleguen con el 100% de exactitud hacia el 2025 (openSAP SE, 2017) y los sensores estarán en alrededor de 111 millones de autos nuevos que serán comprados en el 2020 (openSAP SE, 2017). El mercado global de sensores inteligentes puede llegar a US\$ 6.7 mil millones en 2017 (Comstor Americas, 2017). Las aplicaciones con sensores para IoT tienen distintas aplicaciones, según mostramos a continuación:

Gráfico 17: Aplicaciones de sensores para IoT

SAP Connected Goods

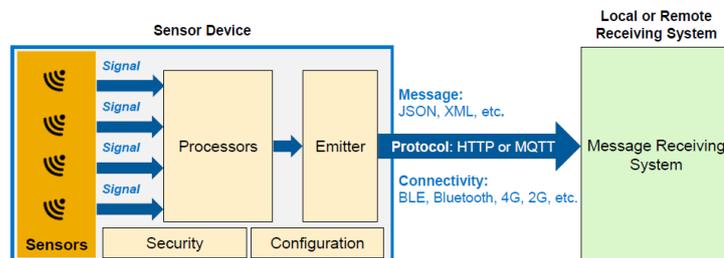
Sample scenarios



Fuente: Open SAP- Touch IoT with SAP Leonardo

Para el presente estudio, se trabajará bajo la premisa de uno de los ejemplos planteados por SAP Connected Goods (openSAP SE, 2017) mostrado en la ilustración anterior. Se trata de la utilización de sensores con la finalidad de obtener información del nivel de llenado de los contenedores y así poder brindar la información de la demanda real de la futura ruta (puntos de acopio definidos). El sensor funcionaría mediante un sistema de comunicaciones, tal como se muestra a continuación:

Gráfico 18: Sensores tipo - OpenSAP



Fuente: Open SAP- Touch IoT with SAP Leonardo

Para ello, el concepto básico de funcionamiento será el de instalar un sensor, denominado Clean Cab - Plus Model (Ecubelabs, 2017), el mismo que es un sensor *wireless* de ultrasonido (Ecubelabs, 2017), que operará dentro del contenedor de la siguiente manera:

Gráfico 19: Funcionamiento sensor wireless



Fuente: www.ecubelabs.com

Las características técnicas del sensor se describen como sigue:

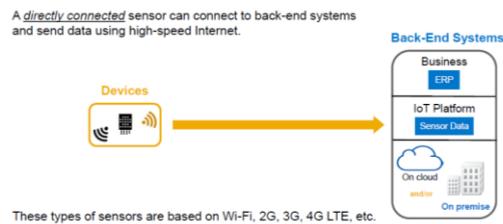
Gráfico 20: Descripción técnica de sensor de nivel

	Clean CAP Plus	Clean CAP Flex
Power	3.6V high performance lithium battery	3.6V high performance lithium battery
Size (H x W x L)	95mm x 96mm (3.74in. x 3.8in.)	80mm x 85mm x 52mm (3.15in. x 3.35in. x 2.05in.)
Net weight	470g (1.04 lbs.)	300g (0.66 lbs.)
Battery life	Up to 10 years	Up to 5 years (replaceable)

Fuente: www.ecubelabs.com

El envío de la información del sensor al sistema Back-End (openSAP SE, 2017) se deberá realizar, en este caso, de manera directa, según el gráfico siguiente:

Gráfico 21: Modalidad de operación de sensores para modelo



Fuente: Open SAP- Touch IoT with SAP Leonardo

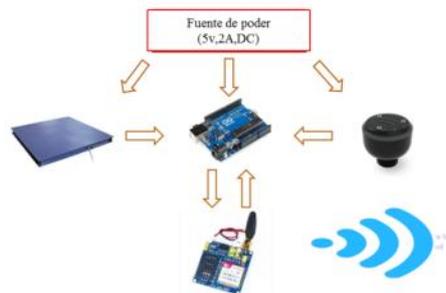
El sensor de cada contenedor indicará si este ya está listo para recojo, bajo ciertos parámetros de llenado de contenedor (todo el volumen). Recordemos que se desea recoger un contenedor completo, y no que esté acumulado solo por uno de sus lados.

Deberá tenerse en cuenta que cada uno de los sensores se conectará en línea mediante un sistema Back-End (openSAP SE, 2017), según se muestra en la figura anterior. Además del sensor de nivel, se trabajará utilizando sensores de peso, los cuales se conectarán a una tarjeta Arduino UNO (Arduino, 2017) (usuario: BITEK) y la data será enviada a un servidor mediante un módulo GPRS / GSM. Para ello, se instalarán en el piso del contenedor las básculas electrónicas marca Mettler Toledo, modelo 2256, que tienen una capacidad máxima de dos toneladas y un puerto de comunicación RS-242 (COM). En lo que se refiere al Arduino Uno⁴, el sensor se programará para

⁴ Blog Teubi: <http://fuenteabierta.teubi.co/2013/11/arduino-y-peticiones-http-con-el-sim900.html>

que a horas específicas capture la información de los sensores y esta sea posteriormente transmitida a un sistema Back-End (openSAP SE, 2017). Para la transmisión de datos, se conectará el Arduino Uno a un módulo GPRS / GSM Board Sim900 (Arduino, 2017), que puede enviar la data vía llamada, SMS y data, mediante el uso de una Sim Card. En este caso particular, la información será enviada a un sistema Back-End (openSAP SE, 2017) . El esquema de cómo se conectan estos elementos se muestra a continuación:

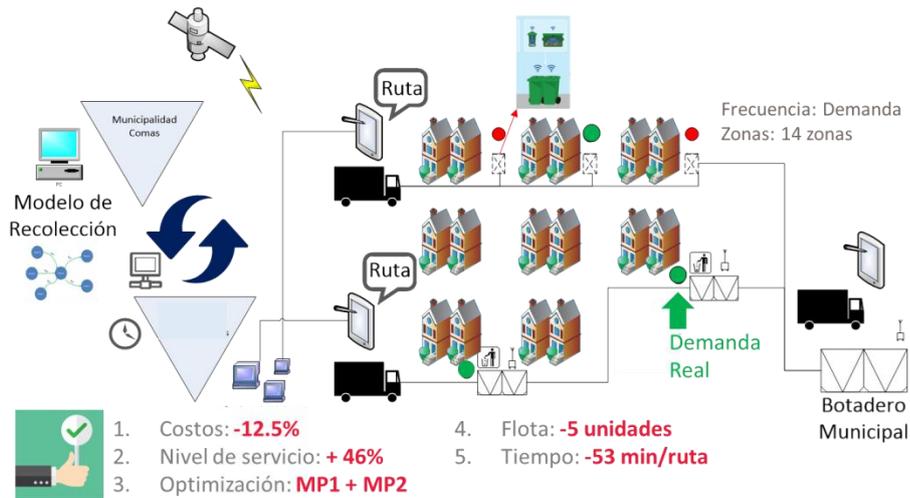
Gráfico 22: Programación de Arduino UNO



Fuente: Elaboración propia

El modelo de operación propuesto contempla la selección de la zona según su perfil logístico de km^2 – zona 6, la ubicación de los contenedores en puntos designados y la optimización de la ruta mediante herramientas de optimizaciones descritas en los modelos anteriores (balance de cargas y ruta más corta, con la finalidad de reducir los costos operativos actuales). El concepto del modelo propuesto de la distribución inversa zonal es como sigue:

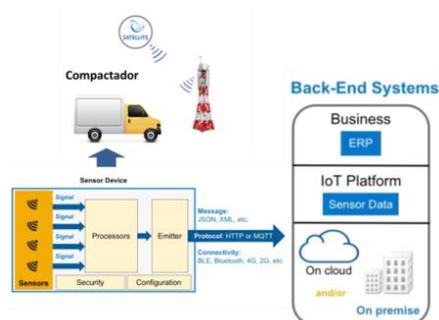
Gráfico 23: Modelo propuesto – optimización de ruta con demanda en línea



Fuente: Elaboración propia

Una vez implementados los sensores y obtenidos los datos de contenedores, se alimentará la información del Modelo Lineal 1 para correr el proceso. Asimismo, se procederá a obtener los resultados finales de la ruta óptima con demanda en línea, según el Modelo Lineal 2. Con esta solución, se buscaría eliminar el recorrido diario de la unidad (el tramo entre la base y la municipalidad), permitiéndole así iniciar las rutas desde su base, reduciendo costos desde la planificación inicial de la ruta y a lo largo de toda ella. Para definir la estructura tecnológica para contar con la demanda en línea, es importante tener la estructura de TI para ello. Por este motivo, se ha estructurado la solución tecnológica adecuada al modelo de distribución inversa zonal de la siguiente manera:

Gráfico 24: Estructura de la solución tecnológica para demanda en línea



Fuente: Elaboración propia, con base Open SAP- Touch IoT with SAP Leonardo

Capítulo V. Resultados obtenidos

En muchas de las secciones anteriores se ha hablado de operaciones ineficientes, tiempos muertos, reprocesos y falta de cultura vecinal, entre otros factores. Es por ello que todo lo antes expuesto no tendría sentido si no se viese reflejado en una reducción de costos importante que ayude a mejorar el nivel del servicio. Hay que tener en cuenta que las ciudades pierden cerca del 4% de su GDP por ineficiencia en tiempos y en combustible (Coren, 2017), que se traducirá en mayores costos. De esta forma, hemos elaborado un análisis con referencia a las variables más importantes para poder costear una ruta a nivel de costos, que son las distancias y el tiempo estimado por ruta entre contenedores previamente ubicados, según se ha explicado anteriormente, con la finalidad de realizar un parámetro comparativo que sea directamente proporcional al costo. Las rutas, distancias, duración estimada, peso recogido y costo por tonelada para los treinta días se detallan en el anexo 8.

Es importante mencionar que las distancias son las presentadas en el contrato firmado con la municipalidad y el costo por tonelada ascendía a S/. 66.50 + IGV (Municipalidad de Comas, 2015). Las rutas anteriores comprendían los siguientes tramos:

- Base → Municipalidad
- Municipalidad → Inicio de Ruta *N*
- Inicio Ruta *N* → Fin de Ruta *N*
- Fin de Ruta *N* → Relleno sanitario (Ministerio del Ambiente, 2009)
- Relleno Sanitario (Ministerio del Ambiente, 2009) → Municipalidad

Recordemos que, según contrato, el camión debe ir obligatoriamente de la base a la municipalidad, para que el supervisor de dicho organismo defina la ruta a seguir en ese día. Inicialmente, se obtiene que el costo promedio por tonelada recogida asciende a S/. 66.50+IGV (Municipalidad de Comas, 2015).

Nuestra propuesta, incluye las siguientes rutas:

- Inicio Ruta *N* → Fin de Ruta *N*
- Fin de Ruta *N* → Relleno sanitario (Ministerio del Ambiente, 2009)

En ese sentido, y tomando como referencia que cada contrato de servicios tiene una vigencia de treinta y seis meses, el costo unitario asignado a cada viaje se calcula

dividiendo el costo total del parque de contenedores entre la cantidad estimada de viajes a realizar durante los treinta y seis meses de contrato.

El costo de cada contenedor de 15 m³ o dos toneladas de residuos sólidos asciende a S/. 2.145 (US\$ 650). El costo total del parque de contenedores se calculará en función de la cantidad necesaria de contenedores para cubrir la generación de residuos diaria del distrito. El sistema de comunicación tiene un costo de S/. 1.227 (US\$ 372) y comprende una tarjeta Arduino Uno, un Módulo GSM/GPRS y el costo de treinta y seis meses de una simcard. Asimismo, este sistema de comunicación transmite la información generada por los sensores de nivel y peso, los cuales tienen un costo unitario de S/. 693+IGV (US\$ 210) y S/. 17.490 (US\$ 5.300); el costo unitario para cada viaje, al igual que en el caso de los contenedores, se calcula dividiendo el costo total de los sensores necesarios a ser instalados en el parque de contenedores entre la cantidad de viajes estimados a realizar durante los treinta y seis meses de contrato. Las cotizaciones se encuentran en el anexo 9. Una vez ingresados los costos de los contenedores, los equipos de GPS y habiendo pasado por la ejecución de los modelos lineales, se obtiene, para atender una ruta determinada para la zona 6, el siguiente costo:

Tabla 19: Costo por tonelada con modelo de distribución inversa zonal propuesto

Distancia promedio (km)	50.11
Tiempo promedio (min)	103.40
Peso promedio (t)	10.60
% utilización promedio	86%
Costo promedio (t)	S/. 58.21

Horario de trabajo	6 p.m. a 6 a.m.
Viajes camión/día	6
Tamaño flota Comas	7

Fuente: Elaboración propia

El detalle de los resultados de la simulación se presenta en el anexo 10.

De esta manera se determina que se ha conseguido un nivel de ahorro del orden del 12.5% por tonelada. Con esta información, y con los datos originales del precio cobrado por la empresa a la municipalidad por tonelada recogida –S/84.74+IGV (S/100.00 inc. IGV) (Municipalidad de Comas, 2015)- Podemos obtener que el margen inicial, calculado a costo promedio por ruta (S/. 66.50) es del 21.5%. De manera que, con esta mejora propuesta, un costo de S/. 58.21 puede

alcanzar un margen bruto de 31.3%. Con ello podríamos adelantar que el impacto de margen bruto es de +9.8% para la empresa.

Es muy importante citar algunos casos de éxito de dichos sensores IoT que han permitido mejoras sustanciales en las operaciones de recolección de residuos sólidos. Por ejemplo, en la ciudad de Melbourne, Australia, donde se instalaron 47 de estos dispositivos (contenedores con sensores Clean Cap), se incrementó la eficiencia hasta en 25%, reduciéndose el tiempo de respuesta en 85%, inclusive por recojo punto a punto (Ecubelabs, 2017). Por otro lado, en la ciudad de Shanghái, China, se redujo la recogida de un mismo punto de 4.6 a 0.6 veces al día (Ecubelabs, 2017). Asimismo, en la ciudad de Seúl, el conocimiento del peso a través del IoT permite una asignación de recursos eficiente para el recojo de residuos (Insung Hong, 2014).

1. Evaluación económica

Para el estudio se ha realizado la evaluación económica, que se refiere a la viabilidad del proyecto. Con ello se piensa demostrar que el proyecto es rentable y autosostenible, para un solo contrato inclusive. Las premisas con las que se ha trabajado la inversión inicial, es decir, los equipos necesarios para el distrito de Comas (Ver anexo 9), son las siguientes:

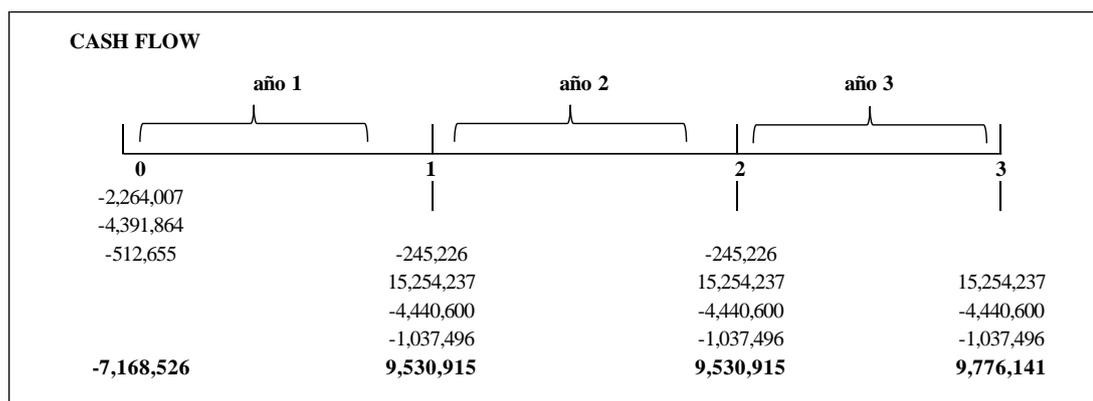
Tabla 20: Inversión en equipos

		Zona 6	Comas
<u>Camiones</u>		2	7
Costo Unitario	S/.	323,430	
Total Inversión Inicial	S/.	646,859	S/. 2,264,007
<u>Contenedores</u>		28	239
Costo Unitario	S/.	2,145	
Total Inversión Inicial	S/.	60,060	S/. 512,655
<u>Sensores de Nivel</u>			
Costo Unitario	S/.	693	
Total Inversión Inicial	S/.	19,404	S/. 165,627
<u>Sensores de Peso</u>			
Costo Unitario	S/.	17,683	
Total Inversión Inicial	S/.	495,124	S/. 4,226,237
Total Inversión Equipos	S/.	1,221,447	S/. 7,168,526

Fuente: Elaboración propia

Con esta inversión, los ingresos por recolectar las toneladas según el contrato, los gastos operativos que no incluyen inversiones ni costos fijos, así como los costos fijos asignados al 100% a este contrato, procederemos a calcular los flujos de efectivo y evaluar la rentabilidad del proyecto. Recordemos que la empresa actualmente tiene en cartera cuatro contratos (ver tabla 10). Con los datos mencionados, se obtiene el siguiente flujo económico:

Gráfico 25: Cash Flow distribución inversa zonal - Comas, costo fijo 100%



Fuente: Elaboración propia

Para este modelo, el TIR obtenido es de 101.2%. Por su parte, y asumiendo un WACC del 25%, rentabilidad mínima deseada por el gerente general actual, el VAN ascendería a S/. 11.5 MM, haciendo totalmente atractivo el proyecto. Los flujos del escenario en detalle se presentan en el anexo 11. Haciendo un escenario más real, la empresa actualmente tiene cuatro proyectos en cartera, de manera que también se ha evaluado la viabilidad del proyecto bajo un escenario con los costos fijos distribuidos con base en las toneladas anuales totales, según cada uno de los contratos. De esta manera, obtenemos la siguiente distribución de costos fijos:

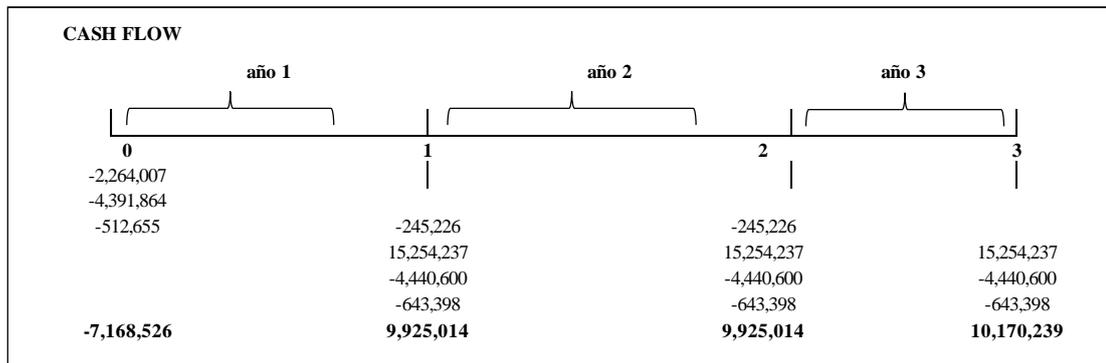
Tabla 21: Distribución de costos fijos según % de toneladas anuales por contratos

Distritos	Duración del contrato	Unidad de medida	Cantidad residuo sólido por año	% a distribuir
Comas	36 meses	Tonelada/año	180,000 t	62%
Lince	48 meses	Tonelada/año	26,645 t	9%
Pueblo Libre	36 meses	Tonelada/año	20,461 t	7%
Santa Anita	45 meses	Tonelada/año	63,149 t	22%
			290,255 t	

Fuente: Elaboración propia

Con los datos mencionados, se obtiene el siguiente flujo económico:

Gráfico 26: Cash flow distribución inversa zonal – Comas, costo fijo distribuido



Fuente: Elaboración propia

Para este modelo, el TIR obtenido es de 126.99%. Por su parte, y asumiendo un WACC del 25%, rentabilidad mínima deseada por el gerente general actual, el VAN ascendería a S/. 12.3 MM, haciendo totalmente atractivo el proyecto. Los flujos del escenario en detalle se presentan en el anexo 12.

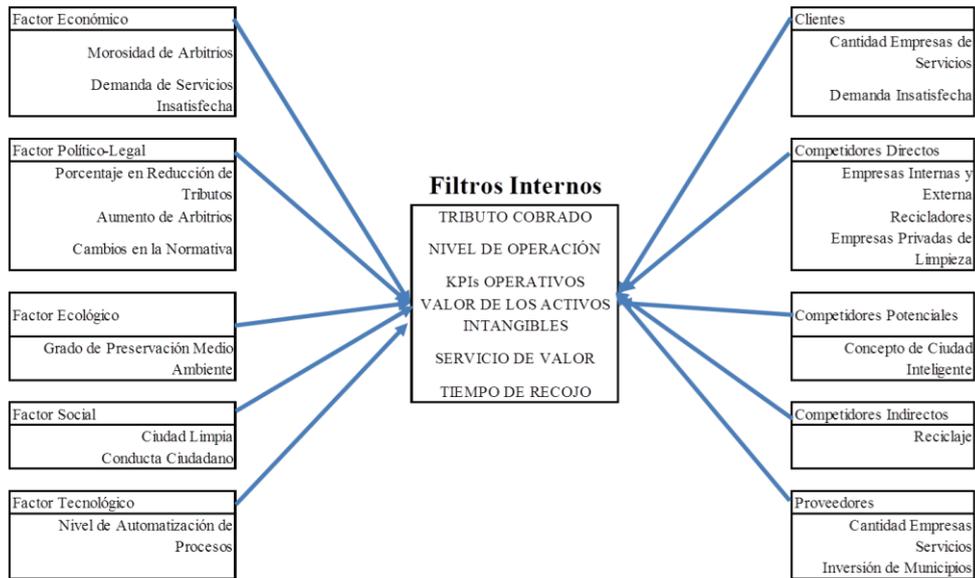
2. Nivel de servicio

Luego de conocer la operación, habiendo determinado los perfiles para cada zona logística, las zonas críticas para distribución inversa zonal y el proceso de distribución inversa zonal, como tal, se llega al punto en tener que determinar y medir los resultados obtenidos, no necesariamente en costos, sino fundamentalmente respecto del nivel del servicio brindado. Recordemos que la operación de recolección de residuos sólidos es un servicio brindado a la comunidad y este fin debe ser medido y controlado. Como sabemos, el nivel de servicio también forma parte de los objetivos del presente estudio y, si bien es cierto hoy en día se mide a nivel de cantidad recogida, consideramos que este debe además tener otros factores que deben ser medidos. Para ello, es necesario dividir el análisis en dos partes: indicadores externos e indicadores internos (Villajuana, 2013).

2.1 Indicadores externos

Hemos identificado factores externos que deben ser analizados, con la finalidad de definir el nivel de servicio de recolección, lo que permitirá conocer si el sector de recolección de residuos sólidos es atractivo o no (Villajuana, 2013), identificando a su vez aquellos factores que puedan generar una amenaza a la distribución inversa zonal.

Gráfico 27: Análisis de factores externos



Fuente: Elaboración propia

Dentro de los indicadores externos, podemos identificar el índice de morosidad de los contribuyentes de cada municipalidad, lo cual influye en la capacidad de pago de los municipios a las empresas prestadoras del servicio de recojo de residuos sólidos.

El análisis externo se ha elaborado según la deducción de indicadores externos clave, bajo el modo racional (25-75) (Villajuana, 2013), y se ha obtenido el siguiente resultado, a nivel de tendencias e impactos:

Tabla 22: Determinación del grado de importancia de cada factor externo

Factor e Indicador	Tendencia al 2018 (Aumente, Mantiene, Reduce)	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	Ranking
Factor Político-Legal							
Porcentaje de Reducción de Tributos	Mantiene	0.5					0.5
Aumento de Arbitrios	Aumente			2.5			2.5
Cambios en Normativas	Mantiene				3.5		3.5
Factor Económico							
Morosidad Arbitrios	Mantiene	0.5					0.5
Demanda de Servicios Insatisfechos	Aumente		1				1
Costo Laboral Nacional	Aumente			2			2
Nivel de Comercio en Distrito	Aumente				3.5		3.5
Cobro de Multas por Limpieza	Aumente				3.5		3.5
Factor Social							
Ciudad Limpia	Reduce					4.5	4.5
Conducta del Ciudadano	Reduce				3.2		3.2
Factor Ecológico							
Grado de Preservación del Medio Ambiente	Mantiene		1.5				1.5
Factor Tecnológico							
Nivel de Automatización de Procesos de Recolección	Aumente				3.5		3.5
Clientes							
Cantidad de empresas de Servicios	Mantiene	0.5					0.5
Costos de Cambiar de Proveedor	Aumente		1				1
Tasa de Crecimiento Poblacional	Aumente			2			2
Competidores Directos							
Empresas de Limpieza	Mantiene	0.5					0.5
Empresas Recolectoras	Aumente	0.5					0.5
Incentivos para Recolección y Reciclaje	Aumente			2.5			2.5
Proveedores							
Periodo de Cobro de Insumos y Sensores	Mantiene		1.5				1.5
Costo de Combustible	Mantiene			2.5			2.5
Competidores Indirectos							
Reciclaje Formal e Informal	Aumente				3		3
Competidores Potenciales							
Concepto de Ciudad Inteligente	Aumente				3		3

0 a 1 Altamente Negativo; 1 a 2 Negativo; 2 a 3 Moderado; 3 a 4 Positivo; 4 a 5 Altamente Positivo

Fuente: Elaboración propia

Con ello, y mediante el modo racional: 25-75 (Villajuana, 2013), podremos obtener los indicadores externos con impactos positivos, determinados como clave para el sector de recolección de residuos sólidos:

Tabla 23: Peso de cada indicador externo clave

Indicador	Ranking	Peso Parcial (%)	Peso Acumulado (%)
Ciudad Limpia	1	21.50	21.5
Cambios en Normativa	2	18.50	40
Nivel de Comercio en Distritos	3	14.50	54.5
Cobro de Multas por Limpieza	4	10.00	64.5
Nivel de Automatización de Procesos de Recolección	5	7.50	72
Conducta del Ciudadano	6	3.50	75.5
		75.50	

Fuente: Elaboración propia

Para completar el 100%, están los demás indicadores no clave:

Tabla 24: Peso de cada indicador externo que no clave

Indicador	Ranking	Peso Parcial (%)	Peso Acumulado (%)
Reciclaje Formal e Informal	7	3.15	3.15
Concepto de Ciudad Inteligente	8	3.05	6.2
Aumento de Arbitrios	9	2.85	9.05
Incentivos para Recolección y Reciclaje	10	2.80	11.85
Costo de Combustible	11	2.25	14.1
Costo Laboral Nacional	12	2.00	16.1
Tasa de Crecimiento Poblacional	13	1.85	17.95
Grado de Preservación del Medio Ambiente	14	1.35	19.3
Periodo de Cobro de Insumos y Sensores	15	1.30	20.6
Costos de Cambiar de Proveedor	16	1.20	21.8
Demanda de Servicios Insatisfechos	17	1.15	22.95
Porcentaje de Reducción de Tributos	18	0.55	23.5
Morosidad Arbitrios	19	0.40	23.9
Cantidad de Empresas de Servicios	20	0.30	24.2
Empresas de Limpieza	21	0.20	24.4
Empresas Recolectoras	22	0.10	24.5
		24.5	

Fuente: Elaboración propia

Mediante los pesos obtenidos en el análisis anterior, las calificaciones otorgadas por cada factor y sus pesos ponderados, podremos determinar si nos encontramos frente a un sector hostil (entre 0 y 1) o noble (entre 4 y 5), que formará parte del análisis externo del sector de recolección de residuos sólidos:

Tabla 25: Matriz de evaluación de indicadores externos

Indicador Externo	Tendencia al 2018 (Aumente, Mantiene, Reduce)	Peso	Calificación (0 a 5)	Puntaje Ponderado
Factor Político-Legal				
Porcentaje de Reducción de Tributos	Mantenga	0.55	0.5	0.00
Aumento de Arbitrios	Aumente	2.85	2.5	0.07
Cambios en Normativas	Mantenga	18.50	3.5	0.65
Factor Económico				
Morosidad Arbitrios	Mantenga	0.5	0.5	0.00
Demanda de Servicios Insatisfechos	Aumente	1.15	1	0.01
Costo Laboral Nacional	Aumente	2.00	2	0.04
Nivel de Comercio en Distrito	Aumente	14.50	3.5	0.51
Cobro de Multas por Limpieza	Aumente	10.00	3.5	0.35
Factor Social				
Ciudad Limpia	Reduce	21.50	4.5	0.97
Conducta del Ciudadano	Reduce	3.50	3.2	0.11
Factor Ecológico				
Grado de Preservación del Medio Ambiente	Mantenga	1.35	1.5	0.02
Factor Tecnológico				
Nivel de Automatización de Procesos de Recolección	Aumente	7.50	3.5	0.26
Cientes				
Cantidad de empresas de Servicios	Mantenga	0.30	0.5	0.00
Costos de Cambiar de Proveedor	Aumente	1.20	1	0.01
Tasa de Crecimiento Poblacional	Aumente	1.85	2	0.04
Competidores Directos				
Empresas de Limpieza	Mantenga	0.20	0.5	0.00
Empresas Recolectoras	Aumente	0.10	0.5	0.00
Incentivos para Recolección y Reciclaje	Aumente	2.80	2.5	0.07
Proveedores				
Periodo de Cobro de Insumos y Sensores	Mantenga	1.30	1.5	0.02
Costo de Combustible	Mantenga	2.25	2.5	0.06
Competidores Indirectos				
Reciclaje Formal e Informal	Aumente	3.15	3	0.09
Competidores Potenciales				
Concepto de Ciudad Inteligente	Aumente	3.05	3	0.09
Total				3.379

0 a 1 Amenaza Importante; 1 a 2 Amenaza; 2 a 3 Moderado; 3 a 4 Genera Oportunidad; 4 a 5 Genera Oportunidad Importante

Fuente: Elaboración propia

Con el resultado ponderado de 3.79 se puede confirmar que estamos frente a un sector que genera oportunidades, como antes lo habíamos mencionado.

2.2 Indicadores internos

Para analizar y definir los indicadores internos para el proceso de recolección de residuos sólidos, debemos tener un indicador tangible que permita medir el nivel de servicio hoy realizado. Se ha diseñado una matriz, aplicando la metodología QQC (Villajuana, 2013), con la finalidad de identificar los clientes internos, determinar qué desean y hallar los indicadores que nos permitan medir la satisfacción de sus necesidades. Para evaluar el proceso de recolección de residuos

sólidos a nivel de servicio prestado por terceros frente a las municipalidades, ciudadanos y ministerios, se ha definido la siguiente matriz:

Tabla 26: Matriz QQC

Proceso:	Recolección de residuos sólidos		
¿Quiénes son los clientes?	¿Qué desean tales clientes?	¿Con qué marcador medir lo que desean los clientes?	
		Indicador	UM
Municipalidades	Calles limpias	Nivel de cobertura	Unidades
	Ciudadanos felices - Ciudad limpia	Tiempo de recojo de residuos sólidos	Horas
	Cobranza de servicio	Nivel de morosidad	%
	Cálculo de la demanda	Tiempo de llenado de contenedores diario y zonas críticas	Horas
Ciudadano	Ciudad limpia	Nivel de servicio (*)	%
	Costos bajos	Precio por t (*)	Soles

Fuente: Elaboración propia

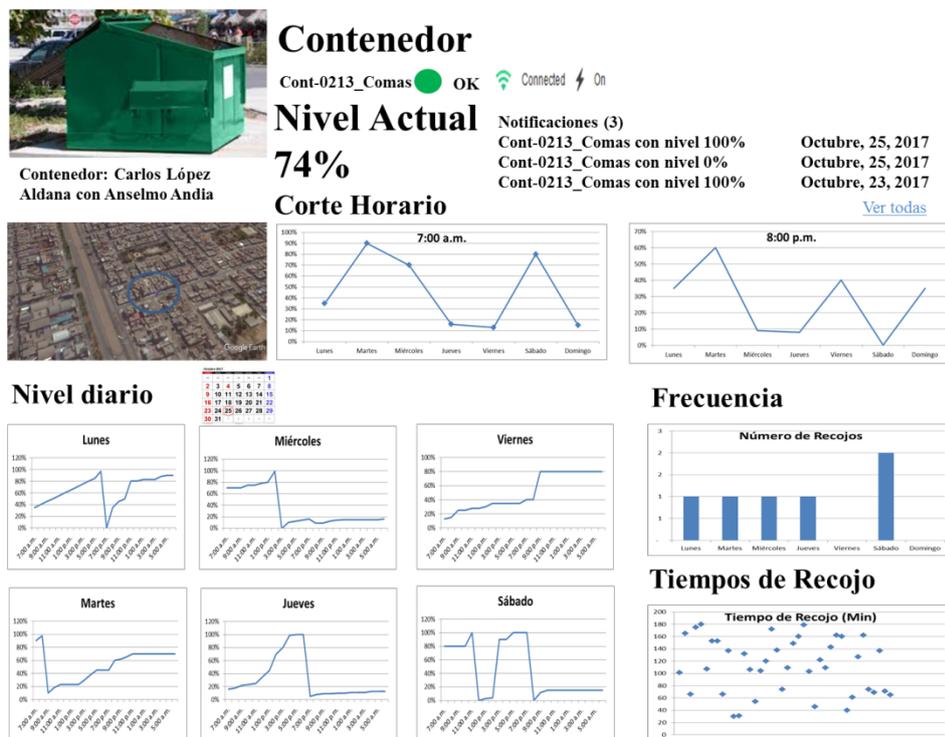
Para efectos del presente trabajo, los indicadores trabajados serán de índole tácticos y operativos (Chopra & Meindl, 2013) y se centrarán básicamente en la eficiencia y la eficacia del servicio (Villajuana, 2013). Para ello, los siguientes indicadores internos serán trabajados a nivel de detalle:

- a. Nivel de cobertura: se refiere al nivel de cumplimiento de las cantidades de residuo sólido contratado. Si bien es probable que se tenga que recoger más, se deberá identificar las cantidades diarias recolectadas.
- b. Tiempo de recojo de residuos sólidos: se refiere al tiempo que toma el servicio de recolección de un contenedor una vez que este haya enviado la alerta de que ya está listo para el recojo; es decir, que se encuentra al 100% de su nivel o capacidad.
- c. Tiempo de llenado de contenedores: se refiere al tiempo promedio de llenado al nivel máximo del 100% de cada contenedor, según hora y día. Asimismo, se podrá identificar las zonas que tienen un llenado mayor. Con ello, las acciones y las estrategias podrían variar por subzonas.
- d. Nivel de servicio: este indicador engloba el servicio en su totalidad, de forma tal que aquí se evaluará el nivel de cobertura (cumplimiento) y el tiempo de recojo o atención.

Para los casos antes mencionados, se ha elaborado las fichas correspondientes, que se adjuntan en el anexo 13.

Mediante el modelo descrito en el capítulo 4 punto 3, se ha elaborado el prototipo de Connected Goods (openSAP SE, 2017) de la herramienta de SAP, denominada Build (openSAP SE, 2017) para los contenedores en línea, que brindará la siguiente información que permitirán monitorear los KPI antes descritos:

Gráfico 28: Prototipo de monitoreo para Connected Goods-contenedor de residuos sólidos

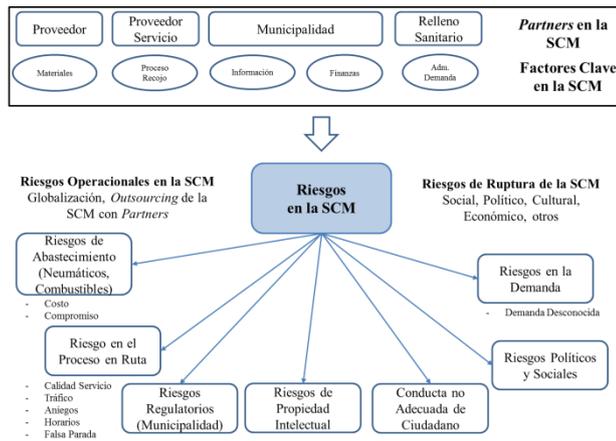


Fuente: <https://sap.build.me/gallery/api/private/v1/artifact/contenedor>

3. Evaluación de riesgos de la propuesta

En el presente análisis se ha dispuesto identificar aquellos factores de riesgo que puedan estar presentes en la propuesta para la recolección de residuos sólidos. Para ello, hemos desarrollado un diagrama que identifica a los *partners* de la distribución inversa zonal y sus posibles factores de riesgo. Por factores se entiende el abastecimiento y la propiedad intelectual, entre otros.

Gráfico 29: Mapa de factores de riesgo en la SCM



Fuente: Elaboración propia

Una vez que se han identificado los riesgos para cada uno de los factores, a modo general, hemos creído importante priorizarlos y ponderarlos para poder conocer cuál de ellos es el más importante a tener en cuenta para esta distribución inversa zonal.

Gráfico 30: Matriz de enfrentamiento de riesgos

		Riesgos										
		Abastecimiento de Combustible	Abastecimiento de Neumáticos	Servicio de Mantenimiento de Unidades	Operación en Ruta	Regulaciones de Municipalidad	Conducta no Adecuada del Ciudadano	Políticos y Sociales del Distrito	Demanda Incierta	Perfil de Choferes - Multas	Salud y Seguridad	
Riesgos	Abastecimiento de Combustible	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	Abastecimiento de Neumáticos	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
	Servicio de Mantenimiento de Unidades	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	Operación en Ruta	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
	Regulaciones de Municipalidad	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
	Conducta no Adecuada del Ciudadano	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
	Políticos y Sociales del Distrito	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Demanda Incierta	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
	Perfil de Choferes - Multas	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
	Salud y Seguridad	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
Marcas		6	4	6	4	8	5	6	7	4	6	
Prioridad		VI	VIII	V	IX	I	VII	III	II	X	IV	

Fuente: Elaboración propia

En la matriz de enfrentamiento de riesgos (Newell & Grashina, 2004) se ha obtenido que el riesgo más importante es el cambio en las regulaciones municipales, seguida por la demanda incierta de recojo, que impide ser eficiente en tiempos y costos. Sin embargo, esta información obtenida no basta, de manera tal que proponemos ponderar cada uno de los riesgos, con la finalidad de medir realmente el impacto de cada uno de ellos (Simth & Merritt, 2002).

Tabla 27: Matriz de impacto de riesgos - pérdida esperada

Riesgos Potenciales Identificados	Probabilidad Riesgo	Probabilidad Impacto	Indicador Riesgo	Días Perdidos	Pérdida Esperada
Demanda Incierta	90%	50%	45%	30 Días	13.5
Salud y Seguridad	70%	30%	21%	15 Días	3.15
Servicio de Mantenimiento de Unidades	50%	90%	45%	7 Días	3.15
Conducta no Adecuada del Ciudadano	90%	50%	45%	5 Días	2.25
Regulaciones de Municipalidad	10%	50%	5%	30 Días	1.5
Políticos y Sociales del Distrito	30%	30%	9%	15 Días	1.35
Operación en Ruta	50%	70%	35%	3 Días	1.05
Abastecimiento de Neumáticos	10%	90%	9%	5 Días	0.45
Perfil de Choferes - Multas	30%	30%	9%	5 Días	0.45
Abastecimiento de Combustible	10%	90%	9%	1 Días	0.09

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, podemos concluir que el riesgo que puede tener mayor impacto es el riesgo de la demanda incierta, con 13.5 de valor en la pérdida esperada, es decir, de esto derivan no solamente planes y acciones, sino también oportunidades de mejora que se alinean justamente con la propuesta resuelta por la distribución inversa zonal. Una vez implementada la Distribución inversa zonal (DIZ), los riesgos se modificarán, teniendo como resultado de ello nuevos frentes para la elaboración de futuros planes de acción:

Tabla 28: Matriz de impacto de riesgos - pérdida esperada luego de aplicada DIZ

Riesgos potenciales identificados	Probabilidad riesgo	Probabilidad impacto	Indicador riesgo	Días perdidos	Pérdida esperada
Regulaciones de municipalidad	25%	50%	13%	30 Días	3.75
Conducta no adecuada del ciudadano	90%	50%	45%	5 Días	2.25
Políticos y sociales del distrito	30%	30%	9%	15 Días	1.35
Servicio de mantenimiento de unidades	40%	40%	16%	7 Días	1.12
Operación en ruta	50%	70%	35%	3 Días	1.05
Salud y seguridad	14%	30%	4%	15 Días	0.63
Abastecimiento de neumáticos	10%	90%	9%	5 Días	0.45
Perfil de choferes – multas	30%	30%	9%	5 Días	0.45
Demanda incierta	10%	10%	1%	30 Días	0.3
Abastecimiento de combustible	10%	90%	9%	1 Días	0.09

Fuente: Elaboración propia

Según se puede apreciar en la tabla anterior, ahora los riesgos más representativos son las regulaciones de la municipalidad y la conducta no adecuada del ciudadano que si bien forman parte del proceso, deberá desarrollarse de manera conjunta con la comunidad con objetivos claros y una participación de los actores sincera. Para ello, se propone desarrollar una participación pública y educación comunitaria donde el éxito del manejo de residuos sólidos sea responsabilidad de todos los actores en la cadena (Brown, 2003), según sus roles y metas:

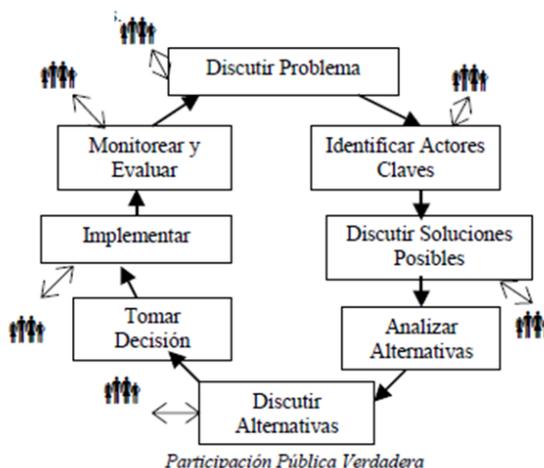
Tabla 29: Rol de la participación pública y de la educación comunitaria

Resultado meta	Cambios necesarios	Tipo de relación con el público
Apoyo público El público apoya a las decisiones y soluciones del problema promocionadas por el municipio.	El público entiende el problema y las soluciones alternativas. El público se involucra en el proceso de toma de decisiones desde el inicio.	Participación pública y educación comunitaria
Participación Actores claves como las ONG, grupos civiles y asociaciones desempeñan un rol activo y organizado en el manejo para un buen servicio.	El público se involucra en el proceso de análisis de actores claves y de soluciones alternativas.	Participación pública
Cultura de pago El público y los negocios pagan responsablemente tarifas adecuadas para un buen servicio.	El público entiende la importancia de las soluciones y su costo. El público se involucra en el proceso de toma de decisiones.	Participación pública, educación comunitaria y transparencia y calidad de servicio
Cambio de comportamiento El público cambia su comportamiento, implementa los principios de las "R" y mantiene el municipio limpio.	El público entiende y practica los principios de las "R"	Educación del público

Fuente: Guía para gestión de residuos municipales

Una vez definidos los roles se debería proceder a aplicar el modelo adaptado de Issue-Evolution-Educational-Intervention: IEEI (United States Environmental Protection Agency, 1995), “participación pública verdadera”, la misma que persigue el involucramiento de los grupos clave afectados en el proceso, según la siguiente imagen y cuadro:

Gráfico 31: Pasos para lograr la participación pública verdadera



Fuente: Guía para gestión de residuos municipales

Tabla 30: Detalle de los pasos para lograr la participación pública verdadera

Paso	Relación del municipio con el público
Discutir el problema	Ayudar al público a entender mejor el problema, sus impactos y posibles soluciones. Estimular la discusión sobre las metas e intereses del público
Identificar a los actores clave	Por medio de la discusión, identificar líderes, actores clave y grupos afectados. Considerar el rol del género.
Discutir soluciones posibles	Estimular la discusión sobre alternativas, incluido el "hacer nada". Discutir las consecuencias potenciales para los diferentes grupos.
Analizar las alternativas	Después de la discusión pública se hace un análisis técnico de los costos e implicancias de las alternativas realistas.
Discutir las alternativas	Presentar y dar oportunidades para discutir sobre los resultados del análisis de alternativas
Tomar decisiones	Explicar dónde, cuándo, y quiénes tomarán las decisiones. Explicar los criterios y consideraciones de la toma de decisiones.
Implementar	Coordinar la participación del sector público en la implementación de soluciones.
Monitorear y evaluar	Establecer procesos formales de evaluación con oportunidades para que participen los actores clave y el público.

Fuente: Guía para gestión de residuos municipales

Finalmente debemos tener claro que antes de iniciar cualquier campaña de educación comunitaria se deben tener las metas claras para crear una comunidad limpia, eliminando las descargas en la vía pública, de manera que se puedan comunicar los planes de acción municipal del manejo de residuos sólidos sin perder de vista la promoción del pago de arbitrios.

4. Evaluación cualitativa para la tercerización del servicio

El servicio de recolección de residuos sólidos vía la distribución inversa zonal intenta volver más eficiente la operación, para ello, el nivel de inversión en equipos se ha indicado en el capítulo 5 en el punto número 1 del presente estudio. Sin embargo para finalizar con dicho análisis es

importante realizar un comparativo tanto a nivel de inversiones como a nivel de estructura organizacional para definir una futura operación de una posible tercerización del servicio. Con la finalidad de analizar ésta última, se ha elaborado un comparativo en costos e inversiones para tener una idea del impacto económico en los activos de la municipalidad y el impacto de la futura estructura en caso la municipalidad realice el servicio de recolección de residuos sólidos mediante la distribución inversa zonal directamente.

Tabla 31: Inversión en unidades por ejecutor

	Costo de recolección (Soles/t) sin IGV	Unidades para 100% operación	Unidades adicionales requeridas	Inversión en unidades	Adicionales
Municipalidad Comas	S/. 69.00	52 unidades	49 unidades	S/. 15,848,049	S/. -
Servicio de tercero	S/. 85.00	52 unidades	0 unidades	S/. -	
Distribución inversa zonal	S/. 58.00	7 unidades	4 unidades	S/. 1,293,718	S/. 4,904,519

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, el costo de recolección de la Municipalidad de Comas ha sido calculado considerando el total de toneladas recogidas durante el año 2016, el costo de los camiones recolectores utilizados en el modelo de distribución inversa zonal y los costos publicados por la misma municipalidad (Comas, 2016). Por otro lado el costo de servicio de tercero también ha sido publicado por la municipalidad (Comas, 2016) y el costo de distribución inversa zonal ha sido calculado una vez aplicada la distribución inversa zonal. Como podemos apreciar, el costo de operación por parte de la municipalidad es menor al pagado a la empresa actual, sin embargo existe un incremento de 1633.33% en sus activos corrientes, relacionados a la operación de recojo de residuos, que podría desestimar la iniciativa de que el servicio lo realice la propia municipalidad, según se muestra en la siguiente tabla. Es importante mencionar que no se está realizando la comparación con el total de activos corrientes de la municipalidad debido a que no se ha podido acceder a dicha información.

Tabla 32: Inversión en unidades por ejecutor

	Activos corrientes Municipalidad Comas – 2016 (recojo residuos)	Impacto en activos corrientes
Municipalidad Comas	S/. 970,288.714	1633%
Servicio de tercero	S/. 970,288.714	0%
Distribución inversa zonal	S/. 970,288.714	638%

Fuente: Elaboración propia

Ahora procederemos a evaluar el impacto a nivel de estructura organizacional que la municipalidad tendría que absorber o contratar para llevar a cabo el servicio.

Tabla 33: Impacto del CAS de la Municipalidad

	Personas totales Municipalidad	Personas adicionales por servicio de recolección de residuos sólidos	CAS Municipalidad Comas -2017	Impacto en estructura
Municipalidad Comas	57 personas	34 personas	23 personas	147%
Servicio de tercero	23 personas	0 personas	23 personas	0%
Distribución inversa zonal	38 personas	15 personas	23 personas	65%

Fuente: Elaboración propia

Según hemos analizado con los cuadros anteriores, el incremento en activos corrientes 1,633 % y de estructura organizacional 147 % limitaría a nuestro entender la posibilidad que la municipalidad realice la operación directamente.

5. Impacto en el Costo Total para la Salud Pública

La salud es el segundo gasto a nivel público a nivel mundial para muchos países (World Health Organization - Europe, 2014). En esta parte de nuestra investigación, hemos creído conveniente indicar los impactos que nuestra solución puede tener frente a la salud pública, meta nuclear (Villajuana, 2013) de la cadena de abastecimiento identificada. Para ello, se han revisado múltiples documentos relacionados al sector salud, de donde se desprenden algunos conceptos que tienen relación directa con una mejora en el servicio de recolección de residuos de la ciudad, ya que se entiende que al contar con un 86% de nivel de servicio, el ratio de cumplimiento (NC) es bastante cercano al 100%. Recordemos que el concepto planteado en el nivel de servicio futuro se refiere a:

$$NS = (NC) \times \left(\frac{TR}{T(\max)} \right) \times \left(\frac{TL}{(V_{\max} - V_{\min}) / 2} \right) \times 100$$

Donde NC: Nivel de cobertura; TR: Tiempo de recojo de residuos sólidos (horas); T(max): Tmax (teoría): 8 horas; TL: Tiempo de llenado de contenedores (horas); Vmax: Vmax (modelo): 12 horas y Vmin: Vmin (modelo): 6 horas.

En este escenario, se entiende que las calles estarán más limpias, sin residuos sólidos durante varias horas del día en las calles y concentradas en contenedores adecuados para su almacenamiento provisional. De esta manera, las poblaciones expuestas a los agentes físicos, químicos y biológicos que conlleva una acumulación de residuos sólidos en las calles, se verían reducidas a casi mínimas. Hoy como se sabe, los principales factores de riesgo sanitario en lo que a esta situación son la poca atención de las autoridades relacionadas con el sector, la poca atracción de los principales profesionales e investigadores, el descuido de las autoridades públicas de la salud relacionados y la deficiente calidad de los servicios de recolección de residuos sólidos (Banco Interamericano de Desarrollo, 1998). El impacto sobre el medio ambiente se debe a la contaminación de los recursos hídricos, del aire, del suelo y del paisaje, donde los puntos de riesgo serán aquellos relacionados con la recolección, como son los puntos de acopio, plantas de tratamiento y estaciones de transferencia (Banco Interamericano de Desarrollo, 1998).

Gráfico 32: Residuos sólidos en Comas



Fuente: Diario el Comercio, Octubre, 2014

Cuando se desea evaluar el impacto real en la salud pública por un deficiente proceso de recojo de residuos sólidos, se presenta un problema de calidad y vigencia de la información, ya que si bien una deficiente recolección de residuos genera problemas a la población y las autoridades están de acuerdo con ello, no es trazable una estadística directa o actualizada para cuantificar la población expuesta afectada por este deficiente proceso o al menos no ha sido ubicada por el grupo investigador. De manera que vamos a brindar sólo un acercamiento del impacto en la salud pública tomando como base las enfermedades que están relacionadas con los residuos sólidos municipales transmitidos por vectores (Acurio, Rossin, Teixeira, & Zepeda, 1997).

Tabla 34: Enfermedades asociadas a recolección de residuos sólidos transmitida por vectores

Vectores	Forma de trasmisión	Principales enfermedades
Ratas	A través de mordiscos, orina y heces A través de las pulgas que vienen en el cuerpo de la rata	Peste Bubónica, Tifus murino, Leptospirosis
Moscas	Por vía mecánica (a través de las alas, patas y cuerpo) A través de las heces y saliva	Fiebre tifoidea, Salmonelosis, Cólera, Amebiasis, Disentería, Giardiasis
Mosquitos	A través de picazón del mosquito hembra	Malaria, Leshmaniasis, Fiebre amarilla, Dengue, Filariasis
Cucarachas	Por vía mecánica (a través de alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifodica, Cólera, Giardiasis
Cerdos	Por ingestión de carne contaminada	Costicercosis, Toxoplasmosis, Triquinosis, Teniasis
Aves	A través de las heces	Toxoplasmosis

Fuente: Manual de saneamiento e proteção ambiental para os municípios.

En base a las enfermedades mostradas en el cuadro anterior, se realizará un análisis puntual de aquellas enfermedades con las que se puede contar con información y/o se puede asumir como enfermedad asociada para las poblaciones expuestas. Podemos apreciar en el siguiente gráfico que este problema no sólo afecta al distrito de Comas, sino que últimamente a otros distritos de la ciudad, como es el caso de Villa María del Triunfo, exponiendo la facilidad con la que los vectores pueden transmitir enfermedades.

Gráfico 33: Residuos sólidos en Villa María del Triunfo



Fuente: Diario el Comercio, Diciembre, 2017

Para el análisis se tomarán las enfermedades infecciosas en las vías respiratorias agudas y leves (IRA). Nos basaremos en la probabilidad estimada en que un peruano asegurado asista a un centro de salud, sea atendido y se pueda asociar dicha atención a la enfermedad asociada - IRA. Nuevamente es importante comentar que nos estamos basando en información estadística dispersa que ha sido consolidada para estimar el impacto del costo total de la salud pública en Comas debido a un deficiente sistema de recolección de residuos, de manera que asumiremos lo siguiente:

Tabla 35: Probabilidad de asegurados atendidos con enfermedad asociada - IRA

Probabilidad para atenciones de enfermedades relacionadas - IRA			
	Perú 2016	Ratio enfermedad asociada	Comas
Total población (habitantes) ⁵	31,488,625		531,032
Total asegurados SIS (habitantes) ⁶	17,092,691	54%	288,255
Total de atenciones (atenciones) ⁷	75,474,091		
Atenciones por enfermedad, síntomas y recaída ⁸		89%	
IRA (infección respiratoria leve y grave) ⁹		34%	
Probabilidad de asegurados atendidos con enfermedad asociada		16%	
Atenciones por enfermedad asociada	12,397,199		87,226

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la población expuesta afectada por un deficiente servicio de recolección de residuos sólidos estimada, se ha tomado como base el estudio que se realizó a un grupo de recicladores el año 1993 en la ciudad de Bogotá. En dicho estudio se identificó que el 34% de los

⁵ Población estimada y proyectada por sexo y tasa de crecimiento, según años calendarios, 2000 – 2050, INEI, Noviembre 2017

⁶ Boletín estadístico del Seguro Integral de Salud (SIS), Enero 2017, Lima

⁷ Boletín estadístico del Seguro Integral de Salud (SIS), Enero 2017, Lima

⁸ Ministerio de Salud, Análisis de situación de Salud en el Perú, Septiembre 2013

⁹ OPS. Análisis sectorial de residuos sólidos en Colombia. OPS, 1996

recicladores que se acercaron a un centro de salud, se les diagnosticaron enfermedades IRA entre agudas y leves (Acurio, Rossin, Teixeira, & Zepeda, 1997). Hemos tomado dicho estudio como válido debido a que las personas que se encuentran en el distrito de Comas, se encuentran en condiciones expuestas a enfermedades asociadas, como se ha podido apreciar en las fotografías mostradas anteriormente. De esta manera, se ha determinado que la probabilidad de peruanos asegurados que podrían asistir a un centro de salud y presentar la enfermedad asociada IRA, debido a una deficiente recolección de residuos es del 16%. Si bien esta probabilidad es algo alta, se entiende que deberá tener un factor de corrección en estudios posteriores, que puedan proveer mayor información y trazabilidad del origen de una atención externa, es decir un caso atendido por un centro de salud.

Se entiende que cada caso atendido se refiere a una consulta ambulatoria, donde se estima una evaluación y manejo del paciente nuevo o reincidente donde se analiza la historia enfocada al problema, un examen enfocado al problema y una decisión médica simple e inmediata. Usualmente este procedimiento es auto limitado o menor y el tiempo de contacto es de aproximadamente 10 minutos con el paciente y/o su familia (US AID PERU - PRAES, 2007). Para ello, existe un costo estándar con el costeo respectivo por cada atención. Es importante mencionar que dicha información data del año 2009 y posiblemente está desfasada con respecto al costo actual (Ministerio de Salud, 2009). Sin embargo nos servirá como estimado inicial que podrá ser ajustado con cifras de estudios más recientes al respecto.

Tabla 36: Costo total por factor de producción de consultas médicas no especializadas

Costo total por Factor de Producción	Costo total S/
Costo estándar de recursos humanos (Rh)	S/. 9.45
Costo estándar de insumos (I)	S/. 0.55
Costo estándar de Servicios Básicos (Sb)	S/. 0.39
Costo estándar del equipamiento básico (Eq)	S/. 0.10
Costo estándar de infraestructura (If)	S/. 0.09
Costo estándar de los servicios administrativos (Sa)	S/. 5.40
Costo estándar de los servicios generales (Sg)	S/. 7.58
Costo estándar de la consulta médica no especializada	S/. 23.56

Fuente: Resolución Ministerial, #195/2009 MINSa

$$\text{Costo estándar de procedimiento médico (Ct)} = \text{Rh} + \text{I} + \text{Sb} + \text{Eq} + \text{If} + \text{Sa} + \text{Sg}$$

Dónde:

Ct = Costo total estándar del procedimiento médico

Rh = Recurso humano estándar del procedimiento médico

I = Insumos estándar del procedimiento médico
 Sb = Servicios básicos
 Eq = Equipamiento básico estándar del procedimiento médico
 If = Infraestructura estándar del procedimiento médico
 Sa = servicios administrativos estándar del procedimiento médico
 Sg = Servicios generales estándar del procedimiento médico

El costo en Salud puede ser evitado o reducido si se trabaja en invertir en la prevención de aquellas enfermedades asociadas a una deficiente recolección de residuos sólidos, eliminando el riesgo de exposición y/o controlando los factores externos que puedan afectar o incrementar dichas enfermedades, creando de esta manera un incentivo en la prevención de enfermedades. De esta forma, es que aplicaremos el Costo de NO Hacer versus el Costo de HACER (World Health Organization - Europe, 2014), ya que de esta manera que en Europa se ha logrado mejorar bastante en el último siglo con respecto a las causas de las enfermedades como la nutrición y tuberculosis, que descendió en el Reino Unido de 13% en 1855 a 0,1% para 1990. (World Health Organization - Europe, 2014)

Tabla 37: Costo de NO Hacer – Resultados de Salud

Salud	Gasto Nacional en Millones Dólares	Costo a nivel individual	Costo a nivel de sectores	Costo de Sociedad y Gobierno
Enfermedades Respiratorias Agudas y Leves (IRA)	<p>US\$2,963¹⁰ es el costo per cápita en Salud Pública (Población x dato)</p> <p>Se han realizado 75'474,091 atenciones a nivel nacional para el 2016¹¹</p> <p>Representan el 24.9% de las atenciones externas en centros de salud a nivel nacional¹²</p>	<p>US\$93.1 per cápita¹³</p> <p>El costo estándar por consulta asciende a S/.23.56¹⁴</p> <p>El costo de recolección de residuos sólidos es de S/.85 + IGV en Comas</p>	<p>El gasto en Salud Pública asciende al 4.41% del PNB¹⁵</p> <p>Existen 7,000 establecimientos de salud, donde el 70% son puestos de salud¹⁶</p> <p>El costo de recolección sólidos es de US\$38 por tonelada a nivel nacional</p> <p>El nivel de servicio (cumplimiento del contrato de recolección) promedio es del 43% a nivel nacional</p>	<p>19,454 peruanos han muerto por enfermedades respiratorias leves¹⁷</p> <p>El 40% del Gasto en Salud proviene de las familias peruanas¹⁸</p> <p>El 19.5% de mortalidad se refiere a enfermedades infecto parasitarias¹⁹</p> <p>El gasto nacional en recolección de residuos sólidos a nivel nacional es de S/930 millones de soles para el 2013²⁰</p>

Fuente: Elaboración propia

¹⁰ APOYO Consultoría, Análisis del sector Salud – SEPS, 2001

¹¹ Boletín estadístico del Seguro Integral de Salud (SIS), Enero 2017, Lima

¹² Ministerio de Salud, Análisis de situación de Salud en el Perú, Septiembre 2013

¹³ APOYO Consultoría, Análisis del sector Salud – SEPS, 2001

¹⁴ Resolución Ministerial, #195/2009 MINSA

¹⁵ APOYO Consultoría, Análisis del sector Salud – SEPS, 2001

¹⁶ APOYO Consultoría, Análisis del sector Salud – SEPS, 2001

¹⁷ Ministerio de Salud, Análisis de situación de Salud en el Perú, Septiembre 2013

¹⁸ APOYO Consultoría, Análisis del sector Salud – SEPS, 2001

¹⁹ Ministerio de Salud, Análisis de situación de Salud en el Perú, Septiembre 2013

²⁰ Portal de transparencia del ministerio de economía y finanzas-MEF, 2014.

Mediante la información relevada en el cuadro anterior y haciendo una simulación de probabilidad – 16% para la población de Comas, de 531,032 habitantes, se obtendrá la cantidad de personas asociadas que se acercarán al centro de salud para atenderse por un caso de IRA (atenciones estimadas), el mismo que asciende a 87,226 al año. Con ello, y con el costo estándar de consulta podremos obtener un costo estimado en salud pública para el distrito de Comas.

Este costo estimado, se deberá sumar al costo actual de recolección de residuos sólidos para así obtener el costo total en salud pública (con impacto sólo IRA). En el cuadro siguiente compararemos el costo de HACER versus el NO Hacer, que no es nada más que realizar un comparativo de situaciones: i) NO Hacer, se refiere a que las cosas siguen como hasta ahora y ii) Costo de HACER, se refiere a la implementación de la Distribución inversa zonal y su impacto sobre la reducción de los residuos sólidos en las calles (mejor nivel de servicio) y por ende la reducción de atenciones por IRA, que dependan de dicho ineficiente proceso.

Para ello, se tiene un costo directo y otro indirecto, el directo obedece al costo por tonelada por la cantidad generada; el fijo se refiere al costo actual fijo que incurre la municipalidad en administrar dicho servicio.

Podremos apreciar que el Costo de NO Hacer acarrea un costo total anual 24% mayor al costo total anual de HACER. Se ha trabajado además un horizonte de 4 años, los mismos que corresponden al periodo de gobierno municipal. Se ha trabajado con datos de inflación y crecimiento poblacional por años para estimar la generación de residuos sólidos y el incremento de los costos de atención y de recolección para ambos escenarios (Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, 2017).

En esta proyección podremos observar que la diferencia entre el HACER y el NO Hacer, es aproximadamente 21% inferior, resultado que incentivaría y brindaría una justificación de la aplicación y/o análisis de la iniciativa de Distribución inversa zonal a nivel nacional.

Tabla 38: Escenario estimado para próximos 4 años

	2017	2018	2019	2020	2021
Inflación		4.20%	4.20%	4.20%	4.20%
Crecimiento Poblacional		1.06%	1.04%	1.01%	0.99%
Población Comas	531,032	536,661	542,242	547,719	553,141
Atenciones F(pob) - NH	87,226	88,151	89,067	89,967	90,858
Atenciones F(pob) - H	12,212	12,341	12,469	12,595	12,720
Ratio (t/día)	464.18 t/día	469.10 t/día	473.98 t/día	478.77 t/día	483.51 t/día
Generación residuos sólidos (t)	168,733	171,222	173,002	174,750	176,480

Fuente: Elaboración propia

A continuación el costo total de Salud Pública estimada y su proyección:

Tabla 39: Los beneficios de HACER – “Best Buy” Interventions

Riesgo: Deficiente servicio de recolección de residuos sólidos	Servicio de recolección				Costo de Salud Pública - IRA			Costo Total Anual
	Población Comas (hab.)	Nivel de servicio (%)	Costo operación (Soles/t)	Costo recolección de residuos sólidos	Costo atención por salud pública (Soles)	Atenciones por enfermedad asociada	Costo Salud Pública Asociada	Costo Total - Salud Pública con enfermedad asociada (IRA)
Costo de NO hacer	531,032	45.7%	S/. 66.50	S/. 14,519,971	S/. 23.56	87,226	S/. 2,055,046	S/. 16,575,017
Directo (servicio recolección)				S/. 11,220,721				
Indirecto (fijo)				S/. 3,299,250				
Costo de HACER	531,032	86%	S/. 58.21	S/. 13,121,177	S/. 23.56	12,212	S/. 287,707	S/. 13,408,884
Directo (servicio recolección)				S/. 9,821,928				
Indirecto (fijo)				S/. 3,299,250				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Los beneficios de HACER – Proyección a 4 años (periodo municipal)

	Año 0 TCCS - Recolección residuos sólidos	Año 1 TCCS - Recolección residuos sólidos	Año 2 TCCS - Recolección residuos sólidos	Año 3 TCCS - Recolección residuos sólidos	Año 4 TCCS - Recolección residuos sólidos	Total acumulado al 4to año
Costo de NO hacer	S/. 16,575,017	S/. 16,988,112	S/. 17,273,424	S/. 17,562,158	S/. 17,855,841	S/. 86,254,553
Directo	S/. 11,220,721	S/. 11,386,237	S/. 11,504,654	S/. 11,620,851	S/. 11,735,898	
Indirecto	S/. 3,299,250	S/. 3,437,818	S/. 3,582,207	S/. 3,732,659	S/. 3,889,431	
Costo de HACER	S/. 13,408,884	S/. 13,569,028	S/. 13,675,833	S/. 13,780,637	S/. 13,884,403	S/. 68,318,785
Directo	S/. 9,821,928	S/. 9,966,810	S/. 10,070,465	S/. 10,172,177	S/. 10,272,881	
Indirecto	S/. 3,299,250					

Fuente: Elaboración propia

6. Consideraciones para la Normativa Municipal

En el Perú el 24 de julio del 2004 se promulgó la ley general de residuos sólidos (Ley Nro. 27314), donde en título III de la referida ley en el artículo 22° nos dice que las municipalidades son los responsables de los desechos que se generan de los hogares y comercios, hasta la entrega de la mismo en los lugares destinados para su disposición final. Dentro del mismo título III dentro del artículo 38° las municipalidades pueden diseñar recipientes para la segregación de los residuos considerando las disposiciones emitidas para evitar contaminación ambiental.

La ley 27314 lo que hace es establecer derechos, ámbito de responsabilidad y obligaciones municipales en favor de la sociedad, con lo cual debe de manejar un adecuado sistema de gestión de los residuos sólidos generados diariamente por los habitantes de cada hogar y comercio. Donde las municipalidades deben de diseñar los mejores procesos e infraestructura para una adecuada recolección de residuos sólidos.

Dentro de la ley se debe incorporar en el Título III de la ley 27314 (Manejo de residuos sólidos) un artículo que incorpore los depósitos que se debería usar para el acopio de los residuos sólidos considerando especificaciones de ubicación y medidas de seguridad para los mismos.

Conclusiones y recomendaciones

1. Como resultado de haber analizado el sector de recolección, transporte y disposición de residuos sólidos en su total magnitud, hemos concluido que se trata de un mercado en crecimiento. Esto se da básicamente por dos factores: i) el aumento de la población, que se traduce en aumento de generación de residuos sólidos, y ii) la disposición del poblador del distrito de Comas por pagar por el servicio de recolección. Ambos factores sustentan además el resultado obtenido de los factores externos analizados, los mismos que concluyen que se trata de un sector con oportunidades – 3.79, como resultado del análisis modo racional (25-75)
2. Actualmente en el Perú el costo del servicio es de US\$38/t, y para el distrito de Comas es de S/66.50/t. Mediante la aplicación de la distribución inversa zonal, el costo por tonelada desciende a S/58.21/t. La reducción del costo operativo es de 12.5%, superando nuestro objetivo inicial de 10%. Esta reducción conlleva a una mejora en el margen bruto por tonelada del 9.8%.
3. En el Perú, el nivel de servicio es de 43% aproximadamente, para el distrito de Comas es del 45.7%, dado que el proceso de recolección se dará en base a la demanda, mediante el balanceo de cargas y la ruta más corta, se espera que una vez implementada la distribución inversa zonal, se logre al menos una mejora de 45%, llegando a un nivel de servicio más aceptable del 85%-90% como mínimo.
4. En el análisis de riesgos externos, el factor más importante identificado se refiere a la incertidumbre de la demanda, que conlleva a mayor trabajo operativo y por ende mayor costo. Debido a dicha incertidumbre de la demanda, ésta será minimizada mediante el modelo de distribución inversa zonal planteado, ya que con los sensores de nivel y peso, la demanda será totalmente controlada en tiempo real, brindando la posibilidad de programar el recojo con mejores tiempos de respuesta.
5. Ante la evaluación financiera del proyecto, concluimos que a pesar de la inversión de 7.168 Millones de soles para todo el distrito, el proyecto es enteramente rentable y viable, tanto para los escenarios de asignación 100% y participación distribuida de los costos fijos, el VAN sale positivo y el TIR por encima del 100%.

6. Se ha identificado una cadena de valor diferente, la misma que persigue el beneficio de los ciudadanos, y por ende un alto nivel de servicio, la misma que ha sido denominada: distribución inversa zonal. Esta cadena propuesta elimina las constantes paradas casa a casa e ineficiencias de horas muertas por rutas, partiendo de un perfil logístico y zonas críticas a operar, que conlleva a reducir considerablemente los costos operativos: -12.5%, incrementando el nivel de servicio: +45%. Definitivamente este modelo se debe a la utilización de tecnologías de información IoT y la optimización de las rutas. De la misma manera, esta nueva cadena propuesta invita a su aplicación a otras cadenas como las de reciclaje, correo urbano u otros.

Bibliografía

- Arduino. (2017). *www.arduino.cc*, Fecha de consulta: 01/08/2017. <<https://www.arduino.cc/index.php>>
- Barry Render & Ralph M. Stair, J. &. (2012). *Métodos cuantitativos para los negocios*. Mexico: Pearson Educación.
- Blanco, E. (2014). *Urban Freight and Port Cities*. World Bank.
- Blanco, E. (s.f.). *Urban Logistics: A Latin American Perspective*. Cambridge, MA, USA.
- Blanco, E., & Merchán, D. (2017). *La Movilidad de Carga en Zonas de Alta Congestión: Revisión de Políticas Existentes y Recomendaciones*. Massachusetts: MIT Center for Transportation and Logistics.
- Caplice, C. (2017). *Graduate Certificate Program in Logistics and Supply Chain Management – GCLOG*, Massachusetts, Boston, Estados Unidos.
- Chamorro, A. & Rubio, Sergio. (2004). “Los Sistemas de Distribución Inversa para la Recuperación de Residuos: su desarrollo en España”. *Revista Distribución y Consumo*, Julio – Agosto 2004, Edición N° 76, págs. 59-73.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la Cadena de Suministro*. México: Pearson Educación.
- Clients People Performance. (2009). *Waste Technology and Innovation Study - Final Report*. Australia: Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts.
- Comas, M. (2016). “Informe técnico financiero de costos de los arbitrios municipales de barrido de vías, recolección de residuos sólidos, parques y jardines y serenazgo del Ejercicio Fiscal 2017”, *Municipalidad de Comas*.
- Comstor Americas. “6 tipos de sensores para aplicación en la internet de las cosas”. *blogmexico.comstor.com*, 2017, Fecha de consulta 01/08/2017. <<http://blogmexico.comstor.com/6-tipos-de-sensores-para-aplicacion-en-la-internet-de-las-cosas>>
- Congreso de la República. (2000). “Ley General de Residuos Sólidos”. Lima, Perú.
- Coren, M. J. “Sorry, Drones and Self-Driving Cars Won’t Be Delivering Your Amazon Packages Anytime Soon”. *m.nextgov.com*. 2017, Fecha de consulta: 18/09/2017. <<http://m.nextgov.com/emerging-tech/2017/09/sorry-drones-and-self-driving-cars-wont-be-delivering-your-amazon-packages-anytime-soon/141082/>>
- Cuatrecasas, L. (2011). *Organización de la Producción y Dirección de Operaciones*. España: Diaz de Santos.

- DHL Trend Research. (2016). *Logistics Trend Radar*. Alemania: DHL Customer Solutions & Innovation.
- Ecubelabs. “Clean Cap: Wireless Ultrasonic Fill-Level”, 2017, Fecha de consulta: 14/08/2017. <<http://ecubelabs.com/integrated-waste-management/ultrasonic-fill-level-sensor/>>
- Gregory, R., & Keeley, R. L. “Creating Policy Alternatives Using Stakeholders Values”. *www.researchgate.net*. 1994. Fecha de consulta: 10/08/2017. <https://www.researchgate.net/publication/227446675_Creating_Policy_Alternatives_Using_Stakeholder_Values>
- Gridwaste. “A Marketplace for Waste and Recycling Services”. *www.gridwaste.com*. 2017, Fecha de consulta: 11/08/2017. <<https://www.gridwaste.com/>>
- Instituto Nacional de Estadística e Información – “Censo 2007”, INEI. (2008).
- Insung Hong, S. P. (2014). IoT – “Based Smart Garbage for Efficient Food Waste Management”. *The Scientific World Journal*, Article ID 646953.
- Iñaki Ortega Cachón, e. i. (2016). *No es una era de cambios, es un cambio de era*. (J. F. t., Entrevistador – entrevista realizada el 19 de Diciembre 2016 en: “El Colombiano.com”
- Machuca Castillo, G. (2014). *Cómo somos los limeños*. El Comercio, 18 de Enero de 2014, pág. 1.
- Matos Mar, J. (1986). *Desborde Popular y Crisis del Estado*. Lima, Perú: IEP Ediciones.
- Blanco, Edgar.” Megacity Logistic Lab: better logistics for cities. Better cities for logistics”. *ilp.mit.edu*. 2013. Fecha de consulta: 11/08/2017. <<http://ilp.mit.edu/images/conferences/2013/rd/presentations/blanco.pdf>>
- Merchán, D. “El Perfil Logístico de Quito”. *www.researchgate.net*. 2015. Fecha de consulta: 15/08/2017.<https://www.researchgate.net/publication/312576702_El_Perfil_Logistico_de_Quito>
- Ministerio del Ambiente - “Perú Limpio 2015. XV Reunión Anual para la Gestión Integral de Residuos Sólidos - Implementación de Proyectos de Residuos Sólidos Municipales”. *sinia.minam.gob.pe*. 2015. Fecha de consulta: 05/08/2017. <<http://sinia.minam.gob.pe/contenido/libertad-xv-reunion-anual-gestion-integral-residuos-solidos-0>>
- Ministerio del Ambiente. (2009). “Manual para Municipios Ecoeficientes”. Lima, Enotria.
- Ministerio del Ambiente. (2016). “Anuario de Estadísticas Ambientales – 2015”. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2016). “Plan nacional de gestión de residuos sólidos 2016-2024”. Lima.

- Municipalidad de Comas. (2015). “Contrato del Servicio de Recolección, Transporte y Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales”. Lima.
- Nasdaq: GlobeNewswire. (2017). “Research and Market: The World’s largest Market Research Store”. *globenewswire.com*, Fecha de consulta: 10/08/2017. <<https://globenewswire.com/news-release/2017/03/10/934258/0/en/Global-1296-04-Billion-Solid-Waste-Management-Market-Analysis-and-Forecasts-2017-2022.html>>
- Newell, M., & Grashina, M. (2004). Preguntas y Respuestas sobre la Gestión de Proyectos. Primera edición. Madrid. Gestión 2000.
- Caswell, Bob. “Touch IoT with SAP Leonardo”. *open.sap.com*. 2017. Fecha de consulta: 10/08/2017. <<https://open.sap.com/courses/iot3>>
- Osinergmin. (s.f.). “Facilito”. *www.facilito.gob.pe*, Fecha de consulta: 28/09/2017. <<http://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosCombustibleAutomotorAction.do>>
- PWI - Peru Waste Innovation. “Estudio de caracterización de residuos sólidos del distrito de comas”. *www.municomas.gob.pe*. 2011. Fecha de consulta: 25/07/2017. <<http://www.municomas.gob.pe/anuncios/ESTUDIO%20DE%20CARACTERIZACION%202011.pdf>>
- Simth, P., & Merritt, G. (2002). *Proactive Risk Management: Controlling uncertainty in product development*. Portland: OR: Productivity.
- Statista: The Statistics Portal. “Revenue of the U.S. solid waste industry from 2000 to 2015 (in billion U.S. dollars)”. *www.statista.com*. 2017. Fecha de consulta: 15/08/2017. <<https://www.statista.com/statistics/192829/revenue-of-the-us-solid-waste-management-industry-since-2000/>>
- Taquia, J. “Optimización de rutas en una empresa de recojo de residuos sólidos en el distrito de los Olivos”. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial en la PUCP*. Mayo 2013.
- The Wall Street Journal. “Singapore’s Innovative Waste-Disposal System”. *www.wsj.com*, 2015. Fecha de consulta: 16/08/2017. <<https://www.wsj.com/articles/singapores-innovative-waste-disposal-system-1442197715>>
- The World Bank. (2012). *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. Washington, DC: Urban Development & Local Government Unit.
- U.S. Securities and Exchange Commission. (2017). “Market Size”. *www.sec.gov*, Fecha de consulta: 03/08/2017. <<https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1442236/000119312513409823/d617139dex991.htm>>

- Villajuana, C. (2013). *Estratejiendo: plan Estratégico y Balance Scorecard*. ESAN Ediciones, Lima.

Anexos

Anexo 1 – Resumen de rutas situación actual

Distancia promedio (km)	69.07
Tiempo promedio (min)	159.92

	Ruta	Distancia (km)	Tiempo (min)
Zona 1	1A	74.91	262.85
	1B	63.05	148.96
Zona 2	2A	70.23	164.02
	2B	69.63	161.74
	2C	70.48	182.02
Zona 3	3A	69.06	147.09
	3B	64.72	118.36
	3C	66.22	138.19
	3D	65.42	137.73
Zona 4	3E	64.35	123.57
	4A	67.45	139.61
	4B	65.91	141.42
	4C	63.93	124.15
Zona 5	4D	68.77	155.78
	5A	73.08	166.92
	5B	70.47	161.12
	5C	66.13	112.23
Zona 6	6A	72.36	208.01
	6B	71.84	201.04
	6C	66.48	160.16
Zona 7	7A	64.51	140.13
	7B	68.16	167.22
	7C	68.32	157.73
Zona 8	8A	70.94	159.65
	8B	75.06	184.96
	8C	69.33	140.08
Zona 9	9A	75.84	201.83
	9B	69.62	163.11
	9C	71.12	174.61
Zona 10	10A	66.15	150.87
	10B	66.1	152.67
Zona 11	11A	70.78	170.95
	11B	62.38	123.53
Zona 12	12A	75.98	167.59
	12B	71.07	150.81
	12C	71.53	133.27
Zona 13	13A	62.92	107.64
	13B	64.73	128.26
	13C	66.86	159.68
	13D	65.71	147.50
Zona 14	14A	79.01	221.46
	14B	80.33	258.25

Fuente: Municipalidad de Comas, 2012

Anexo 2 – Toneladas de residuos sólidos recogidas, situación actual

	01/10/16	02/10/16	03/10/16	04/10/16	05/10/16	06/10/16	07/10/16	08/10/16	09/10/16	10/10/16	11/10/16	12/10/16	13/10/16	14/10/16	15/10/16
Viaje 1	10.28	8.78	11.26	11.76	10.63	11.33	7.97	7.61	7.19	7.90	6.46	8.01	7.95	8.64	9.05
Viaje 2	8.88	10.15	6.12	7.83	13.76	9.29	13.95	9.40	11.99	11.13	11.27	7.71	9.79	9.84	11.32
Viaje 3	8.75	11.15	11.41	7.02	12.82	6.51	9.27	5.94	11.96	14.53	10.28	5.48	8.86	10.34	8.51
Viaje 4	7.28	5.77	18.40	8.06	9.13	6.37	6.51	12.48	8.74	15.01	12.11	6.55	7.66	11.75	9.06
Viaje 5	11.80	7.56	13.26	8.16	8.71	12.75	11.41	9.25	11.13	9.38	7.02	11.36	7.64	13.50	12.10
Viaje 6	8.48	11.53	12.89	13.13	11.96	7.52	8.85	7.36	8.43	6.65	8.57	7.01	7.91	12.34	10.49
Viaje 7	10.14	8.48	6.54	8.56	8.09	11.39	9.87	10.28	9.18	10.98	11.81	10.95	11.06	11.88	7.25
Viaje 8	9.70	8.49	9.33	10.09	10.16	7.05	7.70	7.04	8.84	7.24	9.37	10.37	8.40	7.46	8.86
Viaje 9	11.42	10.60	11.26	8.03	11.33	7.89	7.54	7.45	8.32	8.88	11.86	12.42	11.49	15.14	24.74
Viaje 10	5.93	8.38	14.00	7.36	7.87	9.20	6.01	9.12	6.61	15.23	8.41	7.93	9.29	5.47	8.68
Viaje 11	8.48	10.69	10.85	9.96	8.45	6.50	8.11	10.05	9.45	11.76	7.55	10.18	5.91	14.31	6.35
Viaje 12	6.74	8.84	13.38	6.89	8.64	11.54	9.58	9.32	7.40	9.69	7.97	11.14	7.25	14.31	10.87
Viaje 13	8.21	10.35	11.08	8.38	17.22	10.20	8.47	10.93	11.18	11.70	7.55	9.98	9.62	11.48	9.96
Viaje 14	11.08	8.78	8.49	8.04	8.93	8.69	8.07	8.13	9.76	9.55	11.08	10.09	9.35	9.79	9.80
Viaje 15	9.57	12.72	8.39	7.54	9.17	13.31	14.71	8.33	9.04	11.82	14.86	7.16	8.64	9.59	7.98
Viaje 16	9.72	7.87	10.61	10.46	10.75	9.38	12.48	7.30	16.20	10.27	10.67	9.09	9.79	8.62	12.37
Viaje 17	10.73	9.81	9.51	8.63	8.46	10.73	9.49	13.20	8.66	13.16	7.75	9.81	9.34	8.30	12.15
Viaje 18	9.33	11.53	10.35	7.41	12.24	10.03	8.44	9.87	8.27	7.70	11.23	9.29	8.61	9.17	6.94
Viaje 19	7.47	8.12	10.52	6.95	9.86	10.15	9.81	12.94	7.72	7.71	5.78	8.65	16.83	7.63	12.60
Viaje 20	10.17	7.87	11.41	12.79	9.53	7.90	8.83	8.92	10.11	8.97	6.69	10.44	5.38	7.54	9.38
Viaje 21	8.34	7.98	8.86	10.07	10.07	10.40	7.37	9.10	8.04	11.47	8.62	17.73	11.75	11.23	12.33
Viaje 22	9.40	12.90	10.04	14.10	13.06	8.52	13.14	7.72	8.92	13.08	10.33	8.20	9.55	11.50	8.58
Viaje 23	11.71	9.89	10.97	9.13	8.31	7.28	9.52	10.55	8.67	13.68	10.43	9.78	8.57	7.34	9.51
Viaje 24	7.28	6.69	12.58	6.20	6.19	12.89	9.08	11.16	8.53	11.45	11.23	7.81	6.06	8.89	11.36
Viaje 25	7.92	9.13	11.99	9.91	6.19	11.41	8.26	9.97	8.01	10.46	7.23	7.82	12.81	9.77	9.55
Viaje 26	9.49	8.57	5.70	8.60	10.95	7.81	8.47	7.78	10.11	8.73	13.20	9.00	11.08	12.03	7.28
Viaje 27	9.93	9.08	8.09	5.19	7.32	10.06	5.64	7.95	9.05	7.29	6.06	10.63	9.63	7.95	13.40
Viaje 28	6.08	9.63	4.91	4.24	6.73	14.67	8.19	24.71	8.32	8.12	9.91	11.01	9.05	15.63	5.92
Viaje 29	12.29	7.19	10.26	7.68	6.07	4.48	8.69	9.18	10.89	7.40	9.27	7.43	7.23	9.55	11.47
Viaje 30	9.64	8.36	11.32	8.78	4.99	7.62	8.72	12.65	12.15	9.43	9.15	8.99	8.70	8.34	11.08

Fuente: Industrias Arguelles y Servicios Generales SAC

Anexo 3 – Costo por tonelada de residuo sólido en soles, situación actual

	01/10/16	02/10/16	03/10/16	04/10/16	05/10/16	06/10/16	07/10/16	08/10/16	09/10/16	10/10/16	11/10/16	12/10/16	13/10/16	14/10/16	15/10/16
Viaje 1	S/. 58.50	S/. 66.36	S/. 54.49	S/. 52.71	S/. 56.98	S/. 54.23	S/. 71.83	S/. 74.64	S/. 78.27	S/. 72.35	S/. 85.70	S/. 71.53	S/. 71.98	S/. 67.23	S/. 64.75
Viaje 2	S/. 65.75	S/. 59.09	S/. 89.76	S/. 72.89	S/. 46.86	S/. 63.40	S/. 46.40	S/. 62.80	S/. 51.94	S/. 54.98	S/. 54.46	S/. 73.83	S/. 60.80	S/. 60.55	S/. 54.27
Viaje 3	S/. 66.54	S/. 54.91	S/. 53.94	S/. 79.86	S/. 49.38	S/. 85.13	S/. 63.51	S/. 92.10	S/. 52.04	S/. 45.04	S/. 58.50	S/. 98.79	S/. 65.87	S/. 58.23	S/. 68.06
Viaje 4	S/. 77.45	S/. 94.45	S/. 38.20	S/. 71.17	S/. 64.29	S/. 86.73	S/. 85.13	S/. 50.39	S/. 66.60	S/. 44.00	S/. 51.55	S/. 84.69	S/. 74.23	S/. 52.74	S/. 64.69
Viaje 5	S/. 52.57	S/. 75.05	S/. 48.16	S/. 70.45	S/. 66.79	S/. 49.59	S/. 53.94	S/. 63.62	S/. 54.98	S/. 62.91	S/. 79.86	S/. 54.12	S/. 74.39	S/. 47.53	S/. 51.58
Viaje 6	S/. 68.26	S/. 53.51	S/. 49.18	S/. 48.51	S/. 52.04	S/. 75.38	S/. 65.93	S/. 76.75	S/. 68.59	S/. 83.61	S/. 67.68	S/. 79.95	S/. 72.28	S/. 50.82	S/. 57.58
Viaje 7	S/. 59.13	S/. 68.26	S/. 84.80	S/. 67.74	S/. 70.95	S/. 54.01	S/. 60.41	S/. 58.50	S/. 64.01	S/. 55.56	S/. 52.54	S/. 55.68	S/. 55.25	S/. 52.30	S/. 77.72
Viaje 8	S/. 61.25	S/. 68.20	S/. 63.18	S/. 59.36	S/. 59.04	S/. 79.57	S/. 73.91	S/. 79.67	S/. 65.99	S/. 77.81	S/. 62.96	S/. 58.10	S/. 68.79	S/. 75.88	S/. 65.87
Viaje 9	S/. 53.91	S/. 57.11	S/. 54.49	S/. 71.39	S/. 54.23	S/. 72.43	S/. 75.21	S/. 75.97	S/. 69.33	S/. 65.75	S/. 52.37	S/. 50.57	S/. 53.65	S/. 43.73	S/. 31.61
Viaje 10	S/. 92.24	S/. 68.93	S/. 46.28	S/. 76.75	S/. 72.58	S/. 63.90	S/. 91.18	S/. 64.35	S/. 84.04	S/. 43.55	S/. 68.72	S/. 72.13	S/. 63.40	S/. 98.94	S/. 66.98
Viaje 11	S/. 68.26	S/. 56.73	S/. 56.08	S/. 59.98	S/. 68.46	S/. 85.25	S/. 70.80	S/. 59.55	S/. 62.54	S/. 52.71	S/. 75.13	S/. 58.95	S/. 92.51	S/. 45.54	S/. 86.96
Viaje 12	S/. 82.66	S/. 65.99	S/. 47.84	S/. 81.13	S/. 67.23	S/. 53.47	S/. 61.86	S/. 63.24	S/. 76.40	S/. 61.30	S/. 71.83	S/. 54.95	S/. 77.72	S/. 45.54	S/. 56.00
Viaje 13	S/. 70.09	S/. 58.19	S/. 55.18	S/. 68.93	S/. 39.96	S/. 58.86	S/. 68.33	S/. 55.76	S/. 54.79	S/. 52.91	S/. 75.13	S/. 59.88	S/. 61.65	S/. 53.69	S/. 59.98
Viaje 14	S/. 55.18	S/. 66.36	S/. 68.20	S/. 71.31	S/. 65.45	S/. 66.91	S/. 71.09	S/. 70.66	S/. 60.95	S/. 62.01	S/. 55.18	S/. 59.36	S/. 63.07	S/. 60.80	S/. 60.75
Viaje 15	S/. 61.91	S/. 49.67	S/. 68.86	S/. 75.21	S/. 64.06	S/. 48.03	S/. 44.64	S/. 69.26	S/. 64.81	S/. 52.50	S/. 44.32	S/. 78.54	S/. 67.23	S/. 61.81	S/. 71.75
Viaje 16	S/. 61.15	S/. 72.58	S/. 57.07	S/. 57.71	S/. 56.49	S/. 62.91	S/. 50.39	S/. 77.27	S/. 41.69	S/. 58.54	S/. 56.82	S/. 64.52	S/. 60.80	S/. 67.36	S/. 50.73
Viaje 17	S/. 56.57	S/. 60.70	S/. 62.22	S/. 67.29	S/. 68.39	S/. 56.57	S/. 62.33	S/. 48.32	S/. 67.10	S/. 48.43	S/. 73.51	S/. 60.70	S/. 63.13	S/. 69.47	S/. 51.42
Viaje 18	S/. 63.18	S/. 53.51	S/. 58.19	S/. 76.31	S/. 51.13	S/. 59.64	S/. 68.53	S/. 60.41	S/. 69.68	S/. 73.91	S/. 54.61	S/. 63.40	S/. 67.42	S/. 64.06	S/. 80.63
Viaje 19	S/. 75.80	S/. 70.73	S/. 57.45	S/. 80.54	S/. 60.46	S/. 59.09	S/. 60.70	S/. 49.04	S/. 7.72	S/. 73.83	S/. 94.31	S/. 67.16	S/. 40.60	S/. 74.47	S/. 50.03
Viaje 20	S/. 58.99	S/. 72.58	S/. 53.94	S/. 49.47	S/. 62.12	S/. 72.35	S/. 66.05	S/. 65.51	S/. 59.27	S/. 65.21	S/. 83.18	S/. 57.79	S/. 100.39	S/. 75.21	S/. 62.91
Viaje 21	S/. 69.20	S/. 71.75	S/. 65.87	S/. 59.46	S/. 59.46	S/. 57.97	S/. 76.66	S/. 64.46	S/. 71.31	S/. 53.73	S/. 67.36	S/. 39.17	S/. 52.74	S/. 54.61	S/. 50.85
Viaje 22	S/. 62.80	S/. 49.16	S/. 59.60	S/. 46.04	S/. 48.71	S/. 68.00	S/. 48.49	S/. 73.75	S/. 65.51	S/. 48.65	S/. 58.27	S/. 70.16	S/. 62.01	S/. 53.62	S/. 67.61
Viaje 23	S/. 52.88	S/. 60.31	S/. 55.60	S/. 64.29	S/. 69.40	S/. 77.45	S/. 62.17	S/. 57.32	S/. 67.04	S/. 47.07	S/. 57.84	S/. 60.85	S/. 67.68	S/. 76.92	S/. 62.22
Viaje 24	S/. 77.45	S/. 83.18	S/. 50.09	S/. 88.77	S/. 88.89	S/. 49.18	S/. 64.58	S/. 54.87	S/. 67.93	S/. 53.80	S/. 54.61	S/. 73.04	S/. 90.53	S/. 65.69	S/. 54.12
Viaje 25	S/. 72.20	S/. 64.29	S/. 51.94	S/. 60.21	S/. 88.89	S/. 53.94	S/. 69.75	S/. 59.93	S/. 71.53	S/. 57.71	S/. 77.90	S/. 72.97	S/. 49.41	S/. 60.90	S/. 62.01
Viaje 26	S/. 62.33	S/. 67.68	S/. 95.46	S/. 67.48	S/. 55.68	S/. 73.04	S/. 68.33	S/. 73.28	S/. 59.27	S/. 66.66	S/. 48.32	S/. 65.04	S/. 55.18	S/. 51.81	S/. 77.45
Viaje 27	S/. 60.12	S/. 64.58	S/. 70.95	S/. 103.61	S/. 77.10	S/. 59.50	S/. 59.50	S/. 71.98	S/. 64.75	S/. 77.36	S/. 90.53	S/. 56.98	S/. 61.60	S/. 71.98	S/. 47.79
Viaje 28	S/. 90.27	S/. 61.60	S/. 108.80	S/. 124.02	S/. 82.76	S/. 44.73	S/. 70.24	S/. 31.64	S/. 69.33	S/. 70.73	S/. 60.21	S/. 55.45	S/. 64.75	S/. 42.75	S/. 92.37
Viaje 29	S/. 50.97	S/. 78.27	S/. 58.59	S/. 74.07	S/. 90.40	S/. 118.05	S/. 66.91	S/. 64.01	S/. 55.92	S/. 76.40	S/. 63.51	S/. 76.14	S/. 77.90	S/. 9.55	S/. 53.73
Viaje 30	S/. 61.55	S/. 69.06	S/. 54.27	S/. 66.36	S/. 107.26	S/. 74.55	S/. 66.73	S/. 49.88	S/. 51.42	S/. 62.64	S/. 64.18	S/. 65.10	S/. 66.85	S/. 69.20	S/. 55.18

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4 - Manual de georeferenciación – MapInfo Profesional Pro 16.0.

En este manual veremos los pasos para la georeferencia de puntos y la creación de zonas geográficas que ayuden a determinar las zonas de reparto y de los contenedores, para lo cual usaremos el software MapInfo Profesional Pro 16.0. Para poder lograr la ubicación, se hace uso de tablas de manzanas (cartografía) del Distrito de Comas que nos ayude a identificar el lugar dónde nos encontramos, para poder trabajar las ubicaciones de los negocios en cada manzana, considerando que cada manzana contiene datos del censo 2007, en referencia al número de habitantes y viviendas.

Paso 1 y 2: En la pestaña *Spatial* se selecciona el ícono de *Style* para poder determinar el formato de la imagen a usar, para ubicar. Después de seleccionar el estilo, dentro de la misma pestaña, se usa el comando *Insert* y se ubica el primer punto en la manzana donde se encuentra. Esto es con la finalidad de identificar los diferentes locales que hay en esa zona. En la misma pestaña *Spatial*, se selecciona *Insert* y se escoge el símbolo de *Polygon*, con la finalidad de crear zonas geográficas basadas en las toneladas que genera cada manzana, más cada tipo de negocio en ella y, en función de ello, se agrupan las manzanas en zonas geográficas, que serían las zonas determinadas para cada contenedor.



Fuente: Elaboración propia – MapInfo Profesional Pro 16.0

Paso 3: En la pestaña *Style* se usa el comando *Show Centroids*, que ayudará a ubicar el centro de gravedad de cada región previamente dibujada. Esto permitirá determinar la ubicación de los contenedores que cubrirían la recolección de las manzanas próximas.



Fuente: Elaboración propia – MapInfo Profesional Pro 16.0

Paso 4: En la pestaña *Home* se le da clic en el ícono de *Tool Windows* y se busca el comando *Ruler*, que permite calcular la distancia entre los distintos contenedores que ubiquemos y, además, la distancia respecto del relleno sanitario.

Anexo 6 – Tabla de distancias

	Empresa	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	Relleno
Empresa	0.00	2.03	2.24	2.60	2.22	2.72	2.47	2.77	2.88	3.17	3.25	3.89	3.71	3.35	3.87	3.90	3.50	3.58	3.23	3.37	3.18	2.83	2.84	3.02	2.41	2.41	1.55	1.55	1.55	0.00
C1	0.00	0.00	0.35	0.63	0.58	0.74	0.81	1.12	1.23	1.38	1.66	2.25	2.04	1.71	2.02	2.11	1.71	1.86	1.26	1.42	1.62	1.26	0.86	1.20	0.46	0.46	0.43	0.43	0.43	21.82
C2	0.00	0.35	0.00	0.31	0.72	0.65	1.07	0.93	1.36	1.28	1.52	2.61	2.41	2.05	1.91	2.01	1.62	1.67	1.17	1.32	1.26	0.89	0.81	1.11	0.41	0.41	0.67	0.67	0.67	22.18
C3	0.00	0.63	0.31	0.00	0.73	0.33	0.76	0.62	1.06	0.98	1.22	2.60	2.06	1.85	1.61	1.71	1.31	1.37	0.88	1.01	1.07	0.66	0.46	0.79	0.18	0.18	1.08	1.08	1.08	22.21
C4	0.00	0.58	0.72	0.73	0.00	0.83	0.47	0.56	0.86	0.94	1.04	1.88	1.68	1.33	1.65	1.73	1.32	1.39	1.05	1.51	1.71	1.35	0.95	0.81	0.53	0.53	0.65	0.65	0.65	21.49
C5	0.00	0.74	0.65	0.33	0.83	0.00	0.63	0.48	0.89	0.75	1.16	2.14	1.72	1.52	1.31	1.39	0.98	1.05	0.55	0.89	1.09	0.71	0.32	0.47	0.28	0.28	1.13	1.13	1.13	22.12
C6	0.00	0.81	1.07	0.76	0.47	0.63	0.00	0.28	0.62	0.64	0.76	1.74	1.52	1.17	1.35	1.43	1.04	1.11	0.77	1.20	1.41	1.35	0.98	0.53	0.69	0.69	0.89	0.89	0.89	21.50
C7	0.00	1.12	0.93	0.62	0.56	0.48	0.28	0.00	0.55	0.48	0.74	1.98	1.50	1.28	1.06	1.17	0.76	0.83	0.51	0.94	1.13	1.11	0.69	0.24	0.58	0.58	1.19	1.19	1.19	21.77
C8	0.00	1.23	1.36	1.06	0.86	0.89	0.62	0.55	0.00	0.37	0.38	1.28	1.07	0.75	1.05	1.14	0.75	1.14	1.10	1.52	2.11	1.72	1.31	0.86	0.99	0.99	1.31	1.31	1.31	21.88
C9	0.00	1.38	1.28	0.98	0.94	0.75	0.64	0.48	0.37	0.00	0.41	1.53	1.19	0.83	0.80	0.88	0.47	0.83	0.71	1.13	1.73	1.35	0.95	0.36	0.92	0.92	1.52	1.52	1.52	22.15
C10	0.00	1.66	1.52	1.22	1.04	1.16	0.76	0.74	0.38	0.41	0.00	1.14	0.89	0.43	0.64	0.71	0.48	0.94	1.13	1.54	1.73	1.75	1.33	0.76	0.18	1.18	1.69	1.69	1.69	22.30
C11	0.00	2.25	2.61	2.60	1.88	2.14	1.74	1.98	1.28	1.53	1.14	0.00	0.36	0.65	0.86	1.18	1.41	1.90	2.08	2.48	2.71	2.72	2.31	1.73	2.41	2.41	2.31	2.31	2.31	20.67
C12	0.00	2.04	2.41	2.06	1.68	1.72	1.52	1.50	1.07	1.19	0.89	0.36	0.00	0.45	0.46	0.78	1.02	1.44	1.67	1.83	2.12	2.33	1.91	1.34	2.01	2.01	2.11	2.11	2.11	21.05
C13	0.00	1.71	2.05	1.85	1.33	1.52	1.17	1.28	0.75	0.83	0.43	0.65	0.45	0.00	0.53	0.72	0.79	1.27	1.43	1.88	2.07	2.13	1.73	1.15	1.78	1.78	1.77	1.77	21.29	
C14	0.00	2.02	1.91	1.61	1.65	1.31	1.35	1.06	1.05	0.80	0.64	0.86	0.46	0.53	0.00	0.31	0.56	1.06	1.21	1.61	1.80	1.88	1.44	0.89	1.54	1.54	2.23	2.23	2.23	21.21
C15	0.00	2.11	2.01	1.71	1.73	1.39	1.43	1.17	1.14	0.88	0.71	1.18	0.78	0.72	0.31	0.00	0.42	0.62	1.01	1.11	1.48	1.99	1.55	0.96	1.67	1.67	2.35	2.35	2.35	21.54
C16	0.00	1.71	1.62	1.31	1.32	0.98	1.04	0.76	0.75	0.47	0.48	1.41	1.02	0.79	0.56	0.42	0.00	0.49	0.57	1.13	1.45	1.58	1.14	0.53	1.24	1.24	1.91	1.91	1.91	21.75
C17	0.00	1.86	1.67	1.37	1.39	1.05	1.11	0.83	1.14	0.83	0.94	1.90	1.44	1.27	1.06	0.62	0.49	0.00	0.56	0.59	0.92	1.16	0.96	0.58	1.36	1.36	2.00	2.00	2.00	22.19
C18	0.00	1.26	1.17	0.88	1.05	0.55	0.77	0.51	1.10	0.71	1.13	2.08	1.67	1.43	1.21	1.01	0.57	0.56	0.00	0.51	0.72	0.59	0.45	0.35	0.85	0.85	1.69	1.69	1.69	22.26
C19	0.00	1.42	1.32	1.01	1.51	0.89	1.20	0.94	1.52	1.13	1.54	2.48	1.83	1.88	1.61	1.11	1.13	0.59	0.51	0.00	0.46	0.64	0.56	0.78	0.95	0.95	1.81	1.81	1.81	22.93
C20	0.00	1.62	1.26	1.07	1.71	1.09	1.41	1.13	2.11	1.73	1.73	2.71	2.12	2.07	1.80	1.48	1.45	0.92	0.72	0.46	0.00	0.39	0.75	1.02	1.15	1.15	2.01	2.01	2.01	23.16
C21	0.00	1.26	0.89	0.66	1.35	0.71	1.35	1.11	1.72	1.35	1.75	2.72	2.33	2.13	1.88	1.99	1.58	1.16	0.59	0.64	0.39	0.00	0.37	1.01	0.77	0.77	1.42	1.42	1.42	22.82
C22	0.00	0.86	0.81	0.46	0.95	0.32	0.98	0.69	1.31	0.95	1.33	2.31	1.91	1.73	1.44	1.55	1.14	0.96	0.45	0.56	0.75	0.37	0.00	0.62	0.40	0.40	1.23	1.23	1.23	22.40
C23	0.00	1.20	1.11	0.79	0.81	0.47	0.53	0.24	0.86	0.36	0.76	1.73	1.34	1.15	0.89	0.96	0.53	0.58	0.35	0.78	1.02	1.01	0.62	0.00	0.73	0.73	1.43	1.43	1.43	22.01
C24	0.00	0.46	0.41	0.18	0.53	0.28	0.69	0.58	0.99	0.92	0.18	2.41	2.01	1.78	1.54	1.67	1.24	1.36	0.85	0.95	1.15	0.77	0.40	0.73	0.00	0.01	0.84	0.84	0.84	22.01
C25	0.00	0.46	0.41	0.18	0.53	0.28	0.69	0.58	0.99	0.92	0.18	2.41	2.01	1.78	1.54	1.67	1.24	1.36	0.85	0.95	1.15	0.77	0.40	0.73	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	22.01
C26	0.00	0.43	0.67	1.08	0.65	1.13	0.89	1.19	1.31	1.52	1.69	2.31	2.11	1.77	2.23	2.35	1.91	2.00	1.69	1.81	2.01	1.42	1.23	1.43	0.84	0.01	0.00	0.01	0.01	21.90
C27	0.00	0.43	0.67	1.08	0.65	1.13	0.89	1.19	1.31	1.52	1.69	2.31	2.11	1.77	2.23	2.35	1.91	2.00	1.69	1.81	2.01	1.42	1.23	1.43	0.84	0.01	0.01	0.01	0.01	21.90
C28	0.00	0.43	0.67	1.08	0.65	1.13	0.89	1.19	1.31	1.52	1.69	2.31	2.11	1.77	2.23	2.35	1.91	2.00	1.69	1.81	2.01	1.42	1.23	1.43	0.84	0.01	0.01	0.01	0.01	21.90
Relleno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7 – Ubicación de contenedores zona 6 – Distrito de Comas

Contenedor	Dirección	Longitud	Latitud
C01	Jr. Hurtado Mendoza Cdra. 1	-77.065655	-11.940703
C02	Jr. Eduardo Correa / Jr. Santos Figueres	-77.06329	-11.939401
C03	Jr. Martín Aranguri / Pje. Hermilio Valdizán	-77.061593	-11.940721
C04	Jr. Alseldo Andia S/N	-77.065734	-11.943603
C05	Jr. Mateo Silva / Jr. Manual Corbacho	-77.061346	-11.943031
C06	Av. 22 de Agosto Cdra. 12	-77.064824	-11.945388
C07	Av. 22 de Agosto Cdra. 11	-77.062296	-11.945825
C08	Jr. Arguedes S/N	-77.06421	-11.948764
C09	Ca. 3 Dianderas / Jr. Morales	-77.061762	-11.948403
C10	Jr. Vicente Angulo Cdra. 2	-77.062575	-11.950966
C11	Jr. Río Chira / Jr. Río Ene	-77.062556	-11.958493
C12	Jr. Río Panchitea / Ca. Río Tambo	-77.062361	-11.955867
C13	Jr. Pensilvania / Jr. Washington	-77.063447	-11.953228
C14	Av. Universitaria Cdra. 4	-77.059736	-11.954027
C15	Ca. Mariátegui S/N	-77.05804	-11.953034
C16	Ca. 103 / Jr. Antonio Ochoa	-77.058919	-11.949825
C17	Ca. 119 / Jr. Fonseca	-77.056385	-11.948723
C18	Jr. Belisario Gutiérrez / Jr. Francisco Olazábal	-77.058724	-11.945958
C19	Jr. José María Quiroga / Jr. Ramón Trelles	-77.055339	-11.945688
C20	Ca. 147 / Jr. José De La Mar	-77.054151	-11.943332
C21	Pról. Los Ángeles / Jr. Vicente Morales	-77.056891	-11.941871
C22	Av. Guillermo de la Fuente Cdra. 6	-77.059134	-11.943059
C23	Mercado Modelo - Prolongación Olazábal S/N	-77.060162	-11.946488
C24	MCDO Santa Luzmila - Av. Guillermo de la Fuente	-77.062572	-11.941726
C25	MCDO Santa Luzmila - Av. Guillermo de la Fuente	-77.062497	-11.941745
C26	C.C. UNICACHI - Av. Metropolitana 2450	-77.067527	-11.938894
C27	C.C. UNICACHI - Av. Metropolitana 2450	-77.067514	-11.938961
C28	C.C. UNICACHI - Av. Metropolitana 2450	-77.067502	-11.93904

Fuente: Elaboración propia

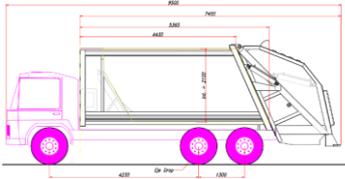
Anexo 8 – Simulación de generación de residuos sólidos Zona 6 – Comas

Día 1	N° Contenedor	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
	¿Recoger?	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
	Carga a recoger	1.57	1.92	1.73	1.91	1.96	1.73	0.00	1.69	1.76	1.80	0.00	1.60	1.88	1.91
	N° Contenedor	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28
	¿Recoger?	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0
Carga a recoger	0.00	0.00	1.94	1.51	1.75	0.00	1.68	1.55	0.00	1.97	1.62	0.00	1.89	0.00	
Día 2	N° Contenedor	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
	¿Recoger?	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	Carga a recoger	1.77	1.56	1.97	0.00	1.96	1.85	1.64	1.88	1.80	1.77	1.85	1.60	1.70	0.00
	N° Contenedor	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28
	¿Recoger?	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Carga a recoger	1.64	1.51	1.89	1.95	1.57	1.84	1.66	0.00	1.52	1.54	1.74	1.95	1.79	1.93	
Día 3	N° Contenedor	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
	¿Recoger?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	Carga a recoger	1.94	1.60	1.95	1.76	1.72	1.81	1.94	1.89	1.92	1.78	1.65	0.00	1.95	1.80
	N° Contenedor	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28
	¿Recoger?	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Carga a recoger	1.89	1.59	1.70	0.00	1.69	1.79	1.77	0.00	1.71	1.95	1.79	1.52	1.82	1.92	
Día 4	N° Contenedor	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
	¿Recoger?	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
	Carga a recoger	1.61	1.53	1.88	0.00	1.58	0.00	0.00	1.85	1.58	1.92	1.78	1.60	1.92	2.00
	N° Contenedor	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28
	¿Recoger?	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
Carga a recoger	0.00	1.96	0.00	1.98	1.83	1.74	1.55	1.82	1.85	0.00	1.61	1.97	1.92	0.00	
Día 5	N° Contenedor	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
	¿Recoger?	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
	Carga a recoger	1.95	1.88	1.92	1.78	1.85	1.82	1.75	1.92	0.00	1.93	1.89	1.82	0.00	1.61
	N° Contenedor	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28
	¿Recoger?	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Carga a recoger	1.92	1.55	1.51	1.81	1.91	1.71	1.81	1.89	0.00	1.74	1.59	1.82	1.74	1.78	

Día 6	N° Contenedor	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
	¿Recoger?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	Carga a recoger	1.95	1.99	1.92	1.51	1.95	2.00	1.89	1.62	1.80	1.68	1.68	1.67	0.00	0.00
	N° Contenedor	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28
	¿Recoger?	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
Día 7	N° Contenedor	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
	¿Recoger?	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	Carga a recoger	1.92	1.87	0.00	1.66	1.95	1.60	1.75	1.65	1.65	1.78	2.00	0.00	1.62	1.91
	N° Contenedor	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28
	¿Recoger?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Día 29	N° Contenedor	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
	¿Recoger?	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
	Carga a recoger	1.89	1.53	1.52	1.71	0.00	1.89	0.00	1.93	1.52	1.91	0.00	1.83	1.82	1.78
	N° Contenedor	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28
	¿Recoger?	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
Día 30	N° Contenedor	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
	¿Recoger?	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
	Carga a recoger	2.00	1.94	1.67	0.00	1.82	0.00	0.00	1.71	0.00	1.94	1.98	1.55	1.98	1.54
	N° Contenedor	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28
	¿Recoger?	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0
Carga a recoger	1.51	1.79	1.59	1.76	1.84	0.00	1.72	1.78	1.98	1.68	1.76	0.00	0.00	0.00	

Fuente: Elaboración propia. (La simulación se realizó para 30 días, y se muestra en el presenta anexo 1 semana - 7 días).

Anexo 9 – Resumen de cotizaciones

Camión Chasis		
Proveedor	Mitsui	
Marca / Modelo	Hino GH 12.2	
Precio sin IGV	S/. 215,199.60	
Especificaciones	Estándar (4.625)+12R22.5	
Compactador Recolector de Residuos de Carga y Descarga Posterior		
Proveedor	Incaper S.A.C.	
Marca / Modelo	S/M	
Precio sin IGV	S/. 108,230.10	
Especificaciones	Capacidad de la caja 19 m3 Densidad de basura compactada 0.650 t/m3 Peso carga útil: 12.35 t	
Contenedor de Residuos Sólidos		
Proveedor	Inpror S.A.C.	
Marca / Modelo	S/M	
Precio sin IGV	S/. 2,145.00	
Especificaciones	Capacidad 15 m3 Plancha negra Astm-36 de 1.2mm de espesor 1.60 x 1.80 x 1.90 m - Ventana y puerta corredizos	
Báscula - Sensor de Peso		
Proveedor	Precision Perú	
Marca / Modelo	Mettler Toledo / PFA220-ES3000	
Precio sin IGV		
Especificaciones	Capacidad máxima : 3 toneladas 0.10 x 1.50 x 1.50 m RS-232 (COM port) standard interface	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10 – Resumen de resultados de balance de carga y asignación de rutas

Día 1	Ruta 1	Empresa	C26	C1	C19	C18	C8	C13	C12	Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.67	Peso (Tn)	11.88	
		1.55	0.43	1.42	0.51	1.1	0.75	0.45	21.05	23.41			Tiempo (min)	107.88	Costo (Tn)	S/. 53.15
	Ruta 2	Empresa	C4	C2	C24	C5	C17	C14			Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.36	Peso (Tn)	11.61
		2.22	0.72	0.41	0.28	1.05	1.06		21.21	23.41			Tiempo (min)	104.10	Costo (Tn)	S/. 54.03
	Ruta 3	Empresa	C25	C3	C21	C22	C9	C10	C6		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.65	Peso (Tn)	11.87
		2.41	0.18	0.66	0.37	0.95	0.41	0.76	21.5	23.41			Tiempo (min)	107.39	Costo (Tn)	S/. 53.15
Día 2	Ruta 1	Empresa	C28	C27	C25	C21	C3	C8		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	49.35	Peso (Tn)	10.97	
		1.55	0.01	0.01	0.77	0.66	1.06		21.88	23.41			Tiempo (min)	101.41	Costo (Tn)	S/. 56.24
	Ruta 2	Empresa	C26	C5	C17	C9	C10	C12			Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.32	Peso (Tn)	10.97
		1.55	1.13	1.05	0.83	0.41	0.89		21.05	23.41			Tiempo (min)	104.18	Costo (Tn)	S/. 56.44
	Ruta 3	Empresa	C2	C24	C19	C7	C23	C16	C15		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.68	Peso (Tn)	10.99
		2.24	0.41	0.95	0.94	0.24	0.53	0.42	21.54	23.41			Tiempo (min)	107.41	Costo (Tn)	S/. 56.43
	Ruta 4	Empresa	C1	C20	C18	C6	C13	C11			Relleno	Empresa	Distancia (Km)	51.04	Peso (Tn)	10.97
		2.03	1.62	0.72	0.77	1.17	0.65		20.67	23.41			Tiempo (min)	106.00	Costo (Tn)	S/. 56.60
Día 3	Ruta 1	Empresa	C27	C1	C21	C9	C10	C15		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.66	Peso (Tn)	11.13	
		1.55	0.43	1.26	1.35	0.41	0.71		21.54	23.41			Tiempo (min)	104.37	Costo (Tn)	S/. 55.88
	Ruta 2	Empresa	C26	C2	C23	C19	C17	C16	C11		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.68	Peso (Tn)	11.47
		1.55	0.67	1.11	0.78	0.59	0.49	1.41	20.67	23.41			Tiempo (min)	108.28	Costo (Tn)	S/. 54.61
	Ruta 3	Empresa	C25	C3	C5	C20	C7	C13			Relleno	Empresa	Distancia (Km)	51.12	Peso (Tn)	11.13
		2.41	0.18	0.33	1.09	1.13	1.28		21.29	23.41			Tiempo (min)	105.54	Costo (Tn)	S/. 55.99
	Ruta 4	Empresa	C28	C24	C4	C6	C8	C14			Relleno	Empresa	Distancia (Km)	49.68	Peso (Tn)	11.13
		1.55	0.84	0.53	0.47	0.62	1.05		21.21	23.41			Tiempo (min)	102.74	Costo (Tn)	S/. 55.67
Día 4	Ruta 1	Empresa	C1	C2	C21	C5	C9	C12		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.38	Peso (Tn)	9.45	
		2.03	0.35	0.89	0.71	0.75	1.19		21.05	23.41			Tiempo (min)	104.30	Costo (Tn)	S/. 63.52
	Ruta 2	Empresa	C22	C19	C23	C8	C14				Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.71	Peso (Tn)	9.35
		2.84	0.56	0.78	0.86	1.05			21.21	23.41			Tiempo (min)	101.80	Costo (Tn)	S/. 64.16
	Ruta 3	Empresa	C27	C20	C18	C13	C11				Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.44	Peso (Tn)	9.34
		1.55	2.01	0.72	1.43	0.65			20.67	23.41			Tiempo (min)	101.80	Costo (Tn)	S/. 64.11
	Ruta 4	Empresa	C26	C25	C3	C10	C16				Relleno	Empresa	Distancia (Km)	48.6	Peso (Tn)	9.35
		1.55	0.01	0.18	1.22	0.48			21.75	23.41			Tiempo (min)	97.04	Costo (Tn)	S/. 63.63

Día 5	Ruta 1	Empresa	C21	C3	C7	C10	C15	C12		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.8	Peso (Tn)	11.15
		2.83	0.66	0.62	0.74	0.71	0.78		21.05	23.41			Tiempo (min)	105.14	Costo (Tn)
	Ruta 2	Empresa	C26	C22	C19	C18	C6	C11		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.44	Peso (Tn)	11.15
		1.55	1.23	0.56	0.51	0.77	1.74		20.67	23.41			Tiempo (min)	104.80	Costo (Tn)
	Ruta 3	Empresa	C28	C1	C2	C5	C8	C4		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	49.63	Peso (Tn)	11.15
		1.55	0.43	0.35	0.65	0.89	0.86		21.49	23.41			Tiempo (min)	102.36	Costo (Tn)
	Ruta 4	Empresa	C27	C25	C24	C20	C17	C16	C14	Relleno	Empresa	Distancia (Km)	49.31	Peso (Tn)	11.44
		1.55	0.01	0.01	1.15	0.92	0.49	0.56	21.21	23.41			Tiempo (min)	105.00	Costo (Tn)
Día 6	Ruta 1	Empresa	C27	C2	C5	C20	C10	C11		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.91	Peso (Tn)	10.87
		1.55	0.67	0.65	1.09	1.73	1.14		20.67	23.41			Tiempo (min)	105.74	Costo (Tn)
	Ruta 2	Empresa	C3	C19	C18	C23	C8	C6		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.86	Peso (Tn)	10.87
		2.6	1.01	0.51	0.35	0.86	0.62		21.5	23.41			Tiempo (min)	104.81	Costo (Tn)
	Ruta 3	Empresa	C26	C25	C1	C4	C9	C16		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	49.17	Peso (Tn)	10.87
		1.55	0.01	0.46	0.58	0.94	0.47		21.75	23.41			Tiempo (min)	101.18	Costo (Tn)
	Ruta 4	Empresa	C24	C22	C7	C17	C15	C12		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.19	Peso (Tn)	10.87
		2.41	0.4	0.69	0.83	0.62	0.78		21.05	23.41			Tiempo (min)	103.92	Costo (Tn)
Día 7	Ruta 1	Empresa	C1	C24	C7	C19	C17	C16		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.25	Peso (Tn)	10.89
		2.03	0.46	0.58	0.94	0.59	0.49		21.75	23.41			Tiempo (min)	103.34	Costo (Tn)
	Ruta 2	Empresa	C26	C6	C22	C21	C18	C15	C13	Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.81	Peso (Tn)	11.06
		1.55	0.89	0.98	0.37	0.59	1.01	0.72	21.29	23.41			Tiempo (min)	107.92	Costo (Tn)
	Ruta 3	Empresa	C28	C20	C23	C8	C10	C11		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	51.04	Peso (Tn)	10.89
		1.55	2.01	1.02	0.86	0.38	1.14		20.67	23.41			Tiempo (min)	106.00	Costo (Tn)
	Ruta 4	Empresa	C27	C4	C2	C5	C9	C14		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	49.74	Peso (Tn)	10.89
		1.55	0.65	0.72	0.65	0.75	0.8		21.21	23.41			Tiempo (min)	102.86	Costo (Tn)
Día 29	Ruta 1	Empresa	C4	C6	C22	C9	C15	C13	C12	Relleno	Empresa	Distancia (Km)	51.13	Peso (T)	12.07
		2.22	0.47	0.98	0.95	0.88	0.72	0.45	21.05	23.41			Tiempo (min)	108.80	Costo (T)
	Ruta 2	Empresa	C2	C21	C3	C24	C10	C16	C14	Relleno	Empresa	Distancia (Km)	49.81	Peso (T)	12.08
		2.24	0.89	0.66	0.18	0.18	0.48	0.56	21.21	23.41			Tiempo (min)	106.00	Costo (T)
	Ruta 3	Empresa	C28	C1	C25	C19	C18	C8		Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.29	Peso (T)	11.77
		1.55	0.43	0.46	0.95	0.51	1.1		21.88	23.41			Tiempo (min)	103.29	Costo (T)
Día 30	Ruta 1	Empresa	C1	C2	C20	C23	C10	C13	C11	Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.58	Peso (T)	11.80
		2.03	0.35	1.26	1.02	0.76	0.43	0.65	20.67	23.41			Tiempo (min)	108.08	Costo (T)
	Ruta 2	Empresa	C25	C24	C21	C22	C5	C14	C12	Relleno	Empresa	Distancia (Km)	50.11	Peso (T)	11.86
		2.41	0.01	0.77	0.37	0.32	1.31	0.46	21.05	23.41			Tiempo (min)	106.76	Costo (T)
	Ruta 3	Empresa	C3	C8	C16	C18	C19	C17	C15	Relleno	Empresa	Distancia (Km)	51.65	Peso (T)	11.85
		2.6	1.06	0.75	0.57	0.51	0.59	0.62	21.54	23.41			Tiempo (min)	109.35	Costo (T)

Fuente: Elaboración propia (La simulación se realizó para 30 días, y se muestra en el presenta anexo 1 semana - 7 días)

Anexo 11 – Evaluación económica: flujo de asignación 100%

DATOS:

INVERSIÓN INICIAL - ZONA 6

Duración de la Inversión:	3 años
Compactadores:	S/. 2,264,007
Sensores:	S/. 4,391,864
Contenedores:	S/. 512,655

INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

Momento 0:	S/. 7,168,526	
Año 1:	S/. 245,226	5% Cambio y mantenimiento de Contenedores y Sensores
Año 2:	S/. 245,226	5% Cambio y mantenimiento de Contenedores y Sensores

VENTAS PREVISTAS

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	Total Contrato
Toneladas Recolectadas	180,000	180,000	180,000	540,000
Precio de Venta:	S/. 84.75	S/. 84.75	S/. 84.75	
Ventas Totales:	15,254,237	15,254,237	15,254,237	

COSTOS

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Coste Variable:	S/. 24.67	S/. 24.67	S/. 24.67
Toneladas Recolectadas	180,000	180,000	180,000
Coste Variable Total:	4,440,600	4,440,600	4,440,600

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	Solo Contrato: Comas
Coste Fijo:	1,037,496	1,037,496	1,037,496	
Coste Fijo Total:	1,037,496	1,037,496	1,037,496	

CASH FLOW				
	año 1	año 2	año 3	
0				
-2,264,007				
-4,391,864				
-512,655				
	-245,226	-245,226		
	15,254,237	15,254,237	15,254,237	
	-4,440,600	-4,440,600	-4,440,600	
	-1,037,496	-1,037,496	-1,037,496	
-7,168,526	9,530,915	9,530,915	9,776,141	

CÁLCULO DEL VAN

R: 25%

$$VAN = -7,168,526 + \frac{9,530,915}{(1.25)} + \frac{9,530,915}{(1.25)^2} + \frac{9,776,141}{(1.25)^3}$$

$$VAN = S/. \quad 11,561,376$$

Argumento: El resultado del VAN > 0 nos indica que la inversión generará beneficios para la empresa y, por tanto, tomará la decisión de llevar a cabo la inversión para la nueva línea de negocio.

CÁLCULO DE LA TIR

$$0 = -7,168,526 + \frac{9,530,915}{(1+X)} + \frac{9,530,915}{(1+X)^2} + \frac{9,776,141}{(1+X)^3}$$

$$TIR = 121.02\%$$

Argumento: El resultado de la TIR es un valor bastante alto y nos muestra un resultado prometedor y rentable para la inversión y por tanto soporta la decisión tomada de llevar a cabo la inversión. El tipo de interés que nos representa la TIR como Tasa Interna de Retorno es casi imposible que sea equiparado por tipos de interés que proporcione el mercado.

Conclusión: Tanto el cálculo del VAN y de la TIR nos indican que debemos proceder con la inversión para abrir la nueva línea de negocios. Con referencia a cómo afectará la cuenta general de resultados de la empresa, podemos decir que afectará positivamente los resultados, ceteris paribus, podemos concluir que los resultados de la empresa se incrementarán.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12 – Evaluación económica: flujo de asignación distribuida

DATOS:

INVERSIÓN INICIAL - ZONA 6

Duración de la Inversión:		3 años
Compactadores:	S/.	2,264,007
Sensores:	S/.	4,391,864
Contenedores:	S/.	512,655

INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

Momento 0:	S/.	7,168,526	
Año 1:	S/.	245,226	5% Cambio y mantenimiento de contenedores y sensores
Año 2:	S/.	245,226	5% Cambio y mantenimiento de contenedores y sensores

VENTAS PREVISTAS

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	Total Contrato
Toneladas Recolectadas	180,000	180,000	180,000	540,000
Precio de Venta:	S/. 84.75	S/. 84.75	S/. 84.75	
Ventas Totales:	S/. 15,254,237	S/. 15,254,237	S/. 15,254,237	

COSTOS

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Coste Variable:	S/. 24.67	S/. 24.67	S/. 24.67
Toneladas Recolectadas	180,000	180,000	180,000
Coste Variable Total:	4,440,600	4,440,600	4,440,600

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	4 Contratos - Comas 62%
Coste Fijo:	1,037,496	1,037,496	1,037,496	
Coste Fijo Total:	643,398	643,398	643,398	

CASH FLOW					
	año 1		año 2		año 3
	0	1	2	3	
	-2,264,007				
	-4,391,864				
	-512,655				
		-245,226	-245,226		
		15,254,237	15,254,237	15,254,237	
		-4,440,600	-4,440,600	-4,440,600	
		-643,398	-643,398	-643,398	
Total	-7,168,526	9,925,014	9,925,014	10,170,239	

CALCULO DEL VAN

R: 25%

$$VAN = -7,168,526 + \frac{9,925,014}{(1.25)} + \frac{9,925,014}{(1.25)^2} + \frac{10,170,239}{(1.25)^3}$$

$$VAN = \$12,330,655.87$$

Argumento: El resultado del VAN > 0 nos indica que la inversión generará beneficios para la empresa y por tanto tomará la decisión de llevar a cabo la inversión para la nueva línea de negocio.

CALCULO DE LA TIR

$$0 = -7,168,526 + \frac{9,925,014}{(1+X)} + \frac{9,925,014}{(1+X)^2} + \frac{10,170,239}{(1+X)^3}$$

$$TIR = 126.99\%$$

Argumento: El resultado de la TIR es un valor bastante alto y nos muestra un resultado prometedor y rentable para la inversión y por tanto soporta la decisión tomada de llevar a cabo la inversión. El tipo de interés que nos representa la TIR como Tasa Interna de Retorno es casi imposible que sea equiparado por tipos de interés que proporcione el mercado.

Conclusión: Tanto el cálculo del VAN y de la TIR nos indican que debemos proceder con la inversión para abrir la nueva línea de negocios. Con referencia a cómo afectará la cuenta general de resultados de la empresa, podemos decir que afectará positivamente a los resultados, ceteris paribus, podemos concluir que los resultados de la empresa se incrementarán.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13 – Fichas de indicadores

FICHA TÉCNICA DEL INDICADOR									
Indicador	Nivel de cobertura	Código	DIZ-01						
INFORMACIÓN GENERAL DEL INDICADOR									
Descripción general			Nivel						
Permite determinar el grado de cumplimiento del servicio de recolección de residuos sólidos por parte de la empresa prestadora de servicios.			Estratégico						
Objetivo									
Conocer el nivel de cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos.									
Responsables									
Encargado de seguimiento del servicio									
METODO DE CÁLCULO DEL INDICADOR									
Fórmula		Rango esperado							
Nivel de cobertura: $NC = \frac{P(Rr)}{P(Rc)} \times 100$ P(Rr): Total residuos sólidos recolectados P(Rc): Total residuos sólidos contratados		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Efft - Effmin</td> <td style="text-align: center;">Effmin - Effn</td> <td style="text-align: center;">Effn - Effmax</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><0;75></td> <td style="text-align: center;"><75;90></td> <td style="text-align: center;"><90;100></td> </tr> </table>		Efft - Effmin	Effmin - Effn	Effn - Effmax	<0;75>	<75;90>	<90;100>
Efft - Effmin	Effmin - Effn	Effn - Effmax							
<0;75>	<75;90>	<90;100>							
Premisas del indicador									
<ul style="list-style-type: none"> - El ratio de cobertura se obtiene de la razón entre las cantidades de residuos sólidos recolectados y las cantidades totales contratadas. - La cantidad recolectada, a través del servicio, es la sumatoria de las recolecciones parciales diarias de cada contenedor que será llevado a su disposición final. 									
Estructura jerárquica (indicadores requeridos y variables requeridas)									
Indicador requerido		Código del indicador							
No aplica		No aplica							
Levantamiento de datos									
Inicio de la medición	Fin de la medición	Periodicidad							
Inicio de mes	Fin de mes	Diaria							
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS									
<ul style="list-style-type: none"> • Valores inferiores al 75% se encuentran con deficiencias y fallas en la operativa diaria. El nivel de cobertura como mínimo es del 75%, el avance es medido mensualmente. • Para el rango de 75% a 95%, es un ratio aceptable para el indicador, sin embargo se pueden en este caso revisar las políticas públicas para el recojo de desperdicios. • Ratios por encima del 90% son muy aceptables. 									

FICHA TÉCNICA DEL INDICADOR			
Indicador	Tiempo de recojo de residuos sólidos	Código	DIZ-02
INFORMACIÓN GENERAL DEL INDICADOR			
Descripción general			Nivel
Se refiere al tiempo de recojo de los residuos sólidos del contenedor que ha lanzado la alerta de recojo.			Táctico
Objetivo			
Mejorar la satisfacción del ciudadano con el servicio de recolección de residuos sólidos.			
Responsables			
Coordinador de programación de rutas			
METODO DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
Fórmula		Rango esperado	
Tiempo de recojo de residuos sólidos (horas): $TR = \frac{\sum (Tr - Ta)}{Qcr}$ T(r): Hora de recojo de contenedor T(a): Hora de alerta de recojo de contenedor			

FICHA TÉCNICA DEL INDICADOR				
Indicador	Tiempo de recojo de residuos sólidos		Código	DIZ-02
Q(r): Cantidad de contenedores en rango de medición Tmax (teoría): 8 horas	Recojo	Xmin-Xn	Xn-Xmax	Xmax-Xp
	Horas	<0;8>	<8;24>	<24;∞>
Premisas del indicador				
- Se deberá tener en cuenta las horas en formato de 24 horas, según prototipo de medición – gráfico 30.				
Estructura jerárquica (indicadores requeridos y variables requeridas)				
Indicador requerido		Código del indicador		
No aplica		No aplica		
Levantamiento de datos				
Inicio de la medición		Fin de la medición		Periodicidad
Inicio de mes		Fin de mes		Semanal
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS				
<ul style="list-style-type: none"> • Si el tiempo de atención del contenedor está en el rango menor a 8, nos indica que el contenedor está siguiendo un recojo de residuos sólidos normal. El recojo se realiza dentro de la jornada laboral. • En el rango de entre 8 a 24 horas, nos indica que la recolección en la zona es irregular y se deberá evaluar los motivos de la demora en el recojo. • Cuando el rango este mayor a 24 horas, esto significa que la zona no se está recogiendo en tiempos adecuados. • Esta información nos dará la visibilidad de que contenedores y las determinadas zonas que tienen demoras en el recojo. 				

FICHA TÉCNICA DEL INDICADOR				
Indicador	Tiempo de llenado de contenedores		Código	
			DIZ-03	
INFORMACIÓN GENERAL DEL INDICADOR				
Descripción general			Nivel	
Se refiere al tiempo de llenado del contenedor al 100% de su capacidad para cada uno de los contenedores de residuos sólidos. El indicador puede variar por zona de recojo.			Táctico	
Objetivo				
Conocer el tiempo promedio de llenado por zona y perfil logístico.				
Responsables				
Coordinador de operaciones				
METODO DE CÁLCULO DEL INDICADOR				
Fórmula	Rango esperado			
Tiempo de llenado de contenedores (horas) $TL = \frac{\sum (Ta - T0)}{Qcr}$				
T(a): Hora de alerta de recojo de contenedor (100%) T(0): Hora de contenedor vacío	0 – 2 horas	2 – 6 horas	6 – 12 horas	
Q(r): Cantidad de contenedores en rango de medición Vmax (modelo): 12 horas Vmin (modelo): 6 horas	Alerta	Rango medio	Ok	
Premisas del indicador				
<ul style="list-style-type: none"> - Valores de generación diaria por persona; por m³; y el dato de 2 días se llena el contenedor. - El tiempo se obtiene del promedio de generación por persona que es de 0.8 kg/día, esto en función al tiempo que toma llenar el contenedor en función a un promedio teórico de llenado de 2 días. 				
Estructura jerárquica (indicadores requeridos y variables requeridas)				
Indicador requerido		Código del indicador		
No aplica		No aplica		
Levantamiento de datos				
Inicio de la medición		Fin de la medición		Periodicidad
Inicio de mes		Fin de mes		Cada 2 horas

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- Tiempos menores a 2 horas presentan una alerta al sistema, ya que se deberán replantear los horarios y tiempos de recolección. El tiempo con el contenedor lleno crecerá y el nivel de servicio decrecerá.
- Tiempos entre 2 y 6 horas en promedio estarían dentro del rango.
- Tiempos entre 6 y 12 horas no alteran el modelo de recolección actual.
- Con estos datos lo que se puede determinar es cuáles son los contenedores que más tiempo se demoran en completar su capacidad.

FICHA TÉCNICA DEL INDICADOR

Indicador	Nivel de Servicio	Código	DIZ-04
INFORMACIÓN GENERAL DEL INDICADOR			
Descripción general			Nivel
Engloba el servicio en su totalidad, de forma tal que se evaluará en este el nivel de cobertura (cumplimiento) y el tiempo de recojo o atención.			Estratégico
Objetivo			
Determinar el grado de servicio que se realiza en referencia al recojo de los residuos en el distrito			
Responsables			
Supervisor de distribución, coordinador de programación de rutas			
METODO DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
Fórmula	Rango esperado		
<p style="text-align: center;">Nivel de Servicio: NS =</p> $(NC) \times \left(\frac{TR}{T(\max)} \right) \times \left(\frac{TL}{(V \max - V \min) / 2} \right) \times 100$ <p>NC: Nivel de cobertura TR: Tiempo de recojo de residuos sólidos (horas) T(max): Tmax (teoría): 8 horas TL: Tiempo de llenado de contenedores (horas) Vmax: Vmax (modelo): 12 horas Vmin: Vmin (modelo): 6 horas</p>			
	Efft - Eff	Eff - Effn	Eff - Effmax
	<0;75>	<75;90>	<90;100>
Premisas del indicador			
- El ratio de atención está en función de los contenedores programados para su atención por los camiones compactadores.			
Estructura jerárquica (indicadores requeridos y variables requeridas)			
Indicador requerido	Código del indicador		
NC: Nivel de cobertura TR: Tiempo de recojo de residuos sólidos (horas) TL: Tiempo de llenado de contenedores (horas)	DIZ-01 DIZ-02 DIZ-03		
Levantamiento de datos			
Inicio de la medición	Fin de la medición	Periodicidad	
Inicio de mes	Fin de mes	Diaria	

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- Valores inferiores al 75% se encuentran con deficiencias y fallas en la operativa diaria. El nivel de servicio como mínimo es del 75%, el avance es medido mensualmente.
- Para el rango de 75% a 95%, es un ratio aceptable para el indicador; sin embargo se puede, en este caso, revisar las políticas públicas para el recojo de desperdicios.
- Ratios por encima del 90% son muy aceptables.

RECOMENDACIONES

Se necesitará información de la operativa diaria con el sistema de distribución inversa zonal para poder determinar recomendaciones tangibles.

Fuente: Elaboración propia

Notas biográficas

Erick Carlos Castillo Otoyá: Candidato a Master en Supply Chain Management por la Universidad del Pacífico, Candidato a Certificación en Supply Chain Management GCLOG - MIT. Ingeniero Industrial por la Universidad de Lima. Gerente de Logística, Compras, Almacenes y Distribución de la Cia. Industrial Nuevo Mundo. Consultor de negocios en BDO Consulting.

Néstor Martínez Romero: Candidato a Master en Supply Chain Management por la Universidad del Pacífico. Ingeniero Industrial por la Universidad Nacional de Ingeniería. Comprador Senior para la empresa Orazul Energy Perú S.A.

Anatholy Torbisco Mendoza: Candidato a Master en Supply Chain Management por la Universidad del Pacífico. Ingeniero Industrial por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Supervisor de programación y atención al cliente de la empresa Precor S.A.