



**SISTEMA DE  
INFORMACIÓN PARA  
LA TOMA DE DECISIONES  
SOBRE LA GESTIÓN  
DE RESIDUOS SÓLIDOS  
URBANOS EN LA CIUDAD  
DE MÉXICO**

**IDÓNEA COMUNICACIÓN  
DE RESULTADOS**





# **SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES SOBRE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO**

**IDÓNEA COMUNICACIÓN  
DE RESULTADOS**

## **ALUMNOS**

Ester Calderón Casanova  
Patricia Galán Lara  
Mariana López Ortíz  
Maria Elena Sánchez Vilchis

## **ASESORES**

Mtra. Brenda García Parra  
Dr. Raúl Roydeen García Aguilar  
Dr. Esaú Villatoro Tello

## **LECTOR INTERNO**

Dra. Gloria Angélica Martínez de la Peña

## **LECTOR EXTERNO**

Dr. Adrián Fernández Bremauntz

## **AGRADEZCO CON TODO MI CORAZÓN A LEÓN**

por acompañarme; a Luis por el amor, gracias por cumplir tus promesas; y a Esaú por la confianza en mí, la disposición y tiempo para guiarme.

A mi equipo por el incontable aprendizaje.

Las quiero chicas.

– ***Ester Calderón***

## **AGRADEZCO CON TODO MI AMOR A ALEJANDRO.**

Por su sabia compañía antes,  
durante y después de este trayecto.

Por todo el cariño con el que me  
esperaste cada día, mientras concluía.

Gracias por estar en mi vida  
y ser parte de este momento.

A mi papá y a mi hermano,  
por su apoyo a mis decisiones.

A mis maestros, asesores, lectores,  
compañeros y compañeras de equipo  
y de generación, por los aprendizajes.

– **Patricia Galán**

## **A MI MADRE,**

gracias por el ejemplo y por enseñarme  
que todo se puede. A mi papá, por el apoyo  
incondicional que me trajo hasta aquí.  
Gracias a ambos por soñar conmigo.

A la UAM, a la MADIC y a mis profesores  
por su calidad académica y sacar lo  
mejor de mi.

A Ester, gracias por los consejos.

Al equipo, por aceptar el reto  
de aprender juntas.

A los que ya no están, gracias.

– ***Mariana López***

**ESTE PROYECTO SE LO  
DEDICO A MIS PADRES,**

quienes han caminado a mi lado con su incansable  
apoyo y por siempre incentivarme a superarme  
personal y profesionalmente.

Agradezco a la MADIC y los profesores por darme la  
oportunidad de formarme en este posgrado y por los  
conocimientos y experiencia adquiridos.

A nuestros asesores, por su guía, retroalimentación  
e incansable apoyo durante la realización de este  
proyecto. A nuestros lectores por su gran atención y  
acompañamiento durante este proceso.

A The International Solid Waste Association (ISWA) por darle la oportunidad al Proyecto RSUCDMX de ser parte del ISWA World Congress 2018, y por permitirme ser un agente de cambio a través de este proyecto.

A mis compañeras de equipo, por todo lo que aprendí de ellas y de sus campos del conocimiento y por permitirme trabajar de forma interdisciplinaria en un tema tan importante.

A todos, muchas gracias.

– ***María Elena Sánchez Vilchis***

## **GRACIAS**

al Dr. Adrián Fernández Bremauntz por acercarnos  
al tema y compartirnos su conocimiento sobre  
sustentabilidad y medio ambiente.

Gracias a las conversaciones con los expertos como:  
el Ing. Arturo Dávila, el Ing. Víctor Gutiérrez Avedoy,  
el Dr. Héctor Castillo Berthier y la Dra. Araceli Parra.

Agradecemos a SEDEMA por abrirnos las puertas,  
especialmente a la Mtra. Crystal B. Ayala Hernández,  
a la Biol. Estefanía Arriaga, a la IBT. Zentli Rodríguez  
y al Ing. Jorge Emigdio Sánchez.

También a quienes nos apoyaron en la evaluación  
del sistema. Al Dr. Arturo Flores Martínez,  
Director General de Estadística e Información Ambiental  
en SEMARNAT; y al personal de la Dirección General de  
Servicios Públicos de Tláhuac.

Nuestro agradecimiento para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo para la generación de este proyecto terminal.

A la Coordinación de la MADIC y a todos los profesores y compañeros de la quinta generación.

Y en especial, agradecemos a nuestros asesores y lectores por su acompañamiento constante, por sus atinados comentarios, por su pasión y por la disciplina que nos transmitieron.

**GRACIAS A TODOS POR HABER  
SIDO PARTE DE ESTE PROYECTO**

– *El equipo*

# ÍNDICE

<b>16</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>
<b>20</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>
<b>25</b>	<b>CAPÍTULO 1. LA PROBLEMÁTICA DE LOS RSU Y LA NECESIDAD DE UNA GESTIÓN BASADA EN INFORMACIÓN</b>
<b>36</b>	<b>CAPÍTULO 2. GENERACIÓN Y DIMENSIÓN NORMATIVA DE LA GESTIÓN DE LOS RSU EN MÉXICO Y EN LA CDMX</b>
<b>37</b>	2.1 Generación de Residuos Sólidos Urbanos
<b>38</b>	2.2 Gestión integral de RSU
<b>40</b>	2.3 Gestión ecológicamente racional
<b>40</b>	2.4 Sistemas de Información identificados en México
<b>42</b>	2.5 Dimensión normativa de la gestión de RSU en México y en la CDMX
<b>50</b>	<b>CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN</b>
<b>51</b>	3.1 Sistema de información (SI)
<b>53</b>	3.2 Sistema de información basado en computadora (SIBC)
<b>53</b>	3.3 El SIBC como producto mediático
<b>54</b>	3.4 La máquina mediática
<b>62</b>	3.5 RSUCDMX en la máquina mediática. Conclusión
<b>65</b>	<b>CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE SOLUCIÓN</b>
<b>66</b>	4.1 Requerimientos del sistema de información
<b>78</b>	4.2 Diseño del sistema
<b>118</b>	4.3 Evaluación del prototipo

## **134 CAPÍTULO 5. IMPLEMENTACIÓN**

**135** 5.1 Marco de trabajo

**142** 5.2 Implementación

## **148 CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES**

## **161 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS**

## **168 ANEXOS**

I. Inventario de datos

II. Mapeo de entrevistas

III. Manual de estilo

IV. Mockups

V. Instrumento etapa iterativa 1 (CD)

VI. Instrumento etapa iterativa 2 (CD)

VII. Inventario observaciones etapa iterativa 2 (CD)

VIII. Test de guerrilla

IX. Inventario observaciones etapa iterativa 3 (CD)

X. Manual de instalación y configuración de la aplicación

XI. Casos de uso (CD)

XII. Prueba funcional en computadora (CD)

XIII. Prueba funcional móvil (CD)

XIV. Base de datos. Diccionario de datos. (CD)

# RESUMEN EJECUTIVO

La Ciudad de México genera más de 12 mil toneladas por día de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y no cuenta con sitios de disposición final. Una gestión racional de estos residuos es útil para enfrentar los desafíos en el tema, ya que la generación de residuos representa un problema ambiental grave en la actualidad, por lo que tomar decisiones con base en información es importante para mejorar su gestión.

Al respecto, el presente proyecto tiene como resultado el diseño de RSUCDMX, un Sistema de Información Basado en Computadora (SIBC) para apoyar la toma de decisiones sobre la gestión de RSU en la CDMX, mismo que conforma un espacio donde la Comunicación, el Diseño y la Computación se integran a efecto de abonar en el abordaje de un problema medioambiental.

Este proyecto consistió en desarrollar un sistema de información que se convierte en un producto mediático para facilitar el análisis y la toma de decisiones sobre la gestión de RSU y está disponible para los funcionarios e interesados en el tema. El sistema RSUCDMX presenta visualizaciones para extraer datos complejos, lo que facilita la comprensión del problema.

Además, se utilizan técnicas de inteligencia artificial para predecir la generación de RSU a nivel alcaldía. Para lograrlo nos propusimos: analizar la gestión de los RSU a través de su dimensión normativa, recolectar y ordenar la información relativa a los RSU para identificar su relación con la gestión desde dicha dimensión, proponer el sistema de información para posteriormente ponerlo a prueba y desarrollarlo.

En este trabajo se presenta la Idónea Comunicación de Resultados (ICR) del proyecto “Sistema de Información para la toma de decisiones sobre la gestión de Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de México” (RSUCDMX), para obtener el grado de la Maestría en Diseño, Información y Comunicación. Ahondaremos en el análisis de la gestión de los RSU y de la información disponible. Después se expone el acercamiento teórico metodológico interdisciplinario para el diseño del sistema y finalizamos con la evaluación e implementación del sistema, así como las conclusiones del presente proyecto de investigación.

## **CAPÍTULO 1**

Presenta el problema de investigación, mismo que apunta a la búsqueda y vinculación de información existente respecto a los RSU, el marco internacional que lo cobija, así como datos sobre la generación de RSU tanto a nivel nacional como internacional. Se hace referencia a la información que en México se ha generado sobre el tema. Termina con la pregunta de investigación, el objetivo general y objetivos específicos.

## **CAPÍTULO 2**

Habla sobre la generación de residuos y los elementos que inciden en ésta. Ahonda en conceptos como gestión integral y gestión ecológicamente racional. Se presentan los primeros datos generados sobre el tema y se describen los indicadores y variables encontrados. Se presenta el marco legal mexicano que regula la gestión.

## **CAPÍTULO 3**

Describe la propuesta de solución. Se presenta el concepto de sistema de información y sistema de información basado en computadora. Se argumenta cómo el sistema puede ser considerado un producto mediático. Se hace referencia a la máquina mediática de Charaudeau (2013) y a otros autores.

## **CAPÍTULO 4**

Presenta los elementos para diseñar el sistema, desde la propuesta de visualización de información y el uso de Inteligencia Artificial para estimar la generación de residuos, hasta la construcción del prototipo. El primer apartado presenta cómo se identificaron los requerimientos funcionales; el segundo describe los elementos en los que se basa el diseño del sistema; el tercero expone las tres etapas de evaluación iterativa.

## **CAPÍTULO 5**

Describe la metodología de desarrollo de software utilizada para implementar la propuesta de solución, de qué forma ésta se sustenta en las definiciones descritas en el capítulo 4 y cómo responde a las necesidades del contexto normativo que regula la gestión en la CDMX.

## **CAPÍTULO 6**

Refiere a la construcción y abordaje interdisciplinario del problema de investigación. Se presentan conclusiones por área y sobre cómo en conjunto se respondió a la pregunta de investigación planteada. También expresa limitaciones y escalabilidad de la propuesta de solución, así como nuevas líneas de investigación y aportaciones generales del proyecto.

# INTRODUCCIÓN

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son aquellos que se generan en las casas habitación y que resultan de la eliminación de los materiales utilizados en actividades domésticas (envases, embalajes o empaques)<sup>11</sup>. La generación de este tipo de residuos en Ciudad de México (CDMX) afecta la salud pública, la sostenibilidad ambiental y el derecho al medio ambiente sano.

Diversos organismos internacionales han insistido en la instrumentación de acciones orientadas a la gestión integral de los residuos, es decir, aquella que no sólo procura la disposición del servicio de recolección, sino la minimización, reutilización y disposición final controlada. En el caso de la CDMX este tipo de gestión es necesaria ya que la Ciudad no cuenta con sitios de disposición final en su propio territorio. La gestión integral implica el desarrollo de instrumentos que permitan la recolección de información para monitorear y dar seguimiento a dichas acciones.

La gestión de residuos sólidos es una de las más importantes funciones de los gobiernos de las ciudades (...) proveer información a quienes toman decisiones permite hacer mejoras en la gestión, así como monitorear cambios a través del tiempo. (Wilson, et al., 2014, p. 239)

Acorde a ello diversas instituciones tanto nacionales como locales han generado datos sobre RSU, lo que ha derivado en información que es susceptible de aprovecharse para una gestión integral. Sin embargo, esta información no se presenta vinculada ni concentrada en un espacio común, lo que dificulta su entendimiento y, consecuentemente, su aprovechamiento.

---

1. Los residuos sólidos urbanos son "los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias..."(LGPGIR, 2003. artículo 5, fracción XXXIII).

Para contribuir a la atención de este problema, se diseñó el sistema de información llamado RSUCDMX. Este trabajo de investigación vincula información que se ha generado sobre RSU a través del diseño, desarrollo y publicación de un Sistema de Información Basado en Computadora (SIBC). Este sistema de información, por sus características como objeto mediático, computacionales y de visualización de información, puede apoyar la toma de decisiones en la gestión de los RSU en la Ciudad de México. RSUCDMX facilita la consulta de información para el usuario a través de recursos como la visualización de información y técnicas de inteligencia artificial.

Este documento consta de seis capítulos. El primero, La problemática de los RSU y la necesidad de una gestión basada en información, presenta el planteamiento del problema. Aquí se describe la emergencia de la problemática de los residuos sólidos en la agenda internacional y cómo esto fue vinculante para México, lo que derivó en el establecimiento de acuerdos para la generación de información para la toma de decisiones en la gestión de los RSU. Este apartado culmina con el establecimiento formal de los objetivos de investigación.

En el segundo capítulo, Generación de RSU y la dimensión normativa de la Gestión de los RSU en México y en la Ciudad de México, se mencionan los elementos que explican la generación de residuos. Posteriormente se refiere a la gestión integral y la “gestión ecológicamente racional” (ONU, 1992)<sup>2</sup>. Aquí también se presentan los sistemas de información y datos identificados. Además se explica la dimensión normativa de la gestión de RSU en México y en la CDMX.

El tercer capítulo presenta la propuesta de solución. Se presentan conceptos como Sistema de Información (SI) y Sistema de Información Basado en Computadora (SIBC), éste último tiene como finalidad

---

**2.** Se habla de este tipo de gestión en ONU (1992). Programa 21: Capítulo 21. Éste hace referencia a una serie de acciones de gestión integral acompañadas de la generación de información para el seguimiento a dichas acciones.

almacenar y distribuir información soportada en tecnología de software y hardware que sirven para apoyar decisiones (Vieites, A. y Rey, C, 2009). Posteriormente se plantea a RSUCDMX como un producto mediático, por lo que se hace referencia al modelo de análisis de los medios de comunicación que propone Charaudeau, la máquina mediática (Charaudeau, 2013) . Este modelo tiene tres momentos: el lugar de las condiciones de producción, el lugar de la construcción del discurso y el lugar de la recepción.

En el cuarto capítulo, Diseño y evaluación del RSUCDMX, se muestra el proceso que se llevó a cabo para diseñar el sistema y se conforma por tres apartados:

**Requerimientos del sistema de información.** Aquí se expone cómo se arribó a los requerimientos de diseño del sistema (Cooper, Reimann, Cronin y Noessel, 2014). El desarrollo de este proceso implicó diversos elementos técnicos y conceptuales que fueron utilizados desde el prototipado, como visualización de información (Berinato, 2016), estimación de la generación de residuos (Inteligencia Artificial, IA), Arquitectura de la Información (AI), hasta la propuesta de contenido y leyes de experiencia de usuario.

**Diseño del sistema.** Para el abordaje de los requerimientos del sistema se llevó a cabo un proceso de visualización de información, lo que hizo necesaria la categorización de grupos de datos sobre RSU, el análisis de las características de cada variable y la identificación del gráfico pertinente. Por otro lado, se desarrolló un proceso de estimación de la generación de RSU. Esto implicó la definición y evaluación de técnicas de IA, el preprocesamiento de datos, métodos de regresión, evaluación, experimentación y resultados. En la AI del sistema se recuperó la categorización de los grupos de datos y se enfocó en tres puntos estratégicos: organización, etiquetado y navegación (Tárano, 2007). En este punto también se desarrolló una propuesta de contenido y se tomaron en cuenta las leyes de experiencia de usuario (UX, por sus siglas en inglés). La integración de los elementos expuestos en este apartado dio como resultado el diseño del prototipo.

**Evaluación del prototipo.** La evaluación constó de tres etapas iterativas, para cada una se realizaron instrumentos de evaluación. Los resultados de cada etapa iterativa se presentan en este apartado. El prototipo se validó en la última etapa y se inició la implementación.

En el capítulo 5, Implementación del Sistema RSUCDMX, se describe cómo se desarrolló el sistema funcional (Sommerville, 2001). Dado que la etapa de implementación implica los procesos de diseño y la programación de software, esta sección tiene como objetivo describir cómo se construyó la herramienta tecnológica, de qué forma se sustentó a partir de las definiciones previas y cómo responde a una serie de necesidades detectadas a partir del análisis del contexto normativo y los usuarios finales involucrados en la gestión de los RSU en la CDMX.

Las conclusiones de esta Idónea Comunicación de Resultados se encuentran en el Capítulo 6. Ahí se concluye respecto a las aportaciones de cada área de estudio de la MADIC y cómo cada una de éstas contribuyó durante el proceso de abordaje y solución del problema identificado. Se hace referencia a los resultados del proceso de evaluación iterativa y se presentan líneas de trabajo a futuro para enriquecer y optimizar la funcionalidad del sistema.

Al final se pueden ubicar las referencias, bibliografía y los anexos. En éstos se encuentra disponible el inventario de datos usados en el sistema, un mapeo de las entrevistas realizadas, los instrumentos para realizar la evaluación del sistema y los inventarios de las observaciones resultantes de la misma. Se presenta también el manual de estilo de RSUCDMX, el manual de instalación, las maquetas (mockups) que apoyaron la propuesta de contenido, así como los casos de uso y las pruebas funcionales.



## CAPÍTULO 1

# LA PROBLEMÁTICA DE LOS RSU Y LA NECESIDAD DE UNA GESTIÓN BASADA EN INFORMACIÓN

Los RSU como problemática de interés público surgió entre los años sesenta y setenta del siglo pasado. Durante aquellos años la preocupación por la prosperidad económica, el crecimiento poblacional y la creciente demanda de recursos naturales (Rodríguez, 2007) llevó a la agenda internacional a emitir acuerdos con énfasis en la procuración de un ambiente sano y en la generación de información.





Algunos de los acuerdos internacionales fundamentales para la protección del medio ambiente son: la Declaración de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano, firmada en el marco de la Cumbre de Estocolmo (1972). En ésta se establecen principios para la utilización racional de recursos, para no afectar a generaciones presentes y futuras; la Carta Mundial de la Naturaleza (1982), en donde se establece la necesidad de promover la protección de la naturaleza a nivel internacional; y la Conferencia sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que se realizó en Río de Janeiro (1992) y fue convocada por la Asamblea de las Naciones Unidas.

A la Conferencia realizada en Río se le conoció como la Cumbre de la Tierra y en ésta se suscribió la Declaración de Río, donde entre otros puntos se estableció el derecho a una vida saludable<sup>3</sup>. También como resultado de la Cumbre de la Tierra surgió la Agenda 21, misma que presenta acciones y políticas concretas en materia de medio ambiente. La Agenda fue vinculante para México y ésta hizo hincapié en la “integración entre medio ambiente y desarrollo” (ONU, 1992, p. 3).

Otro de los momentos imprescindibles para enmarcar la evolución de la problemática medio ambiental como un asunto de interés público es el acuerdo alcanzado en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (Río + 20) y que se conoce como Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), o Agenda 30.

Los ODS son el resultado de la historia que comenzó en la Cumbre de Estocolmo pero que a diferencia de documentos que le anteceden, son los primeros que comprometen a todos los países del mundo en una “ambiciosa nueva agenda universal” (ONU, 2015, p.1<sup>4</sup>).

<sup>3</sup> ONU (1992). Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Principio 1: Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza. Disponible en: <https://bit.ly/2KaSZfa>

<sup>4</sup> ONU (2015). Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015.



El Objetivo número 12 hace referencia a la producción y consumo responsable, así como al reciclaje y reducción de desechos. Específicamente en la cuarta meta de este objetivo, se establece que es preciso gestionar los residuos “de conformidad con los marcos internacionales convenidos” (ONU, 2015, p. 26) .

Dentro de los “marcos internacionales convenidos” señalados en la meta número 4 se resalta lo estipulado en la mencionada Agenda 21. Ésta establece cuatro acciones concretas a emprender para la realización de una “gestión ecológicamente racional de los residuos<sup>5</sup>” (ONU. Agenda 21, 1992, p. 241): reducir la generación de residuos; aumentar su reutilización y reciclado; promover la eliminación y el tratamiento de éstos; y ampliar el alcance de los servicios que se ocupan de los desechos<sup>6</sup>.

A su vez la Agenda 21 hace hincapié en que cada acción debe estar acompañada del levantamiento de datos e información para dar seguimiento a la cantidad, calidad y consecuencias de la generación de residuos. “Los gobiernos deben establecer la recopilación y difusión de información a nivel nacional y regional” (ONU, 1992, p. 244).

De esta forma la gestión ecológicamente racional señalada en la Agenda implica no sólo una gestión orientada a la minimización, reutilización y eliminación de residuos, así como la ampliación de servicios de recolección, sino también la generación de información que facilite el monitoreo y la toma de decisiones basadas en datos<sup>7</sup>.

La vinculación de México en este marco de acuerdos internacionales derivó no únicamente en la armonización legal de los diferentes

---

**5** ONU (1992). Agenda 21. La Agenda hace referencia en el punto 21 a la “Gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos y cuestiones relacionadas con las aguas cloacales”. El apartado considera que el tema de residuos “se encontraba entre las cuestiones que más importancia tenían para mantener la calidad del medio ambiente de la Tierra y, sobre todo, para lograr un desarrollo sostenible y ecológicamente racional en todos los países”. Consultado en: <https://bit.ly/1EjqrTs>El día 17 de agosto de 2018.

**6** La gestión, como se plantea en la Agenda 21, no es sólo el manejo controlado de los residuos reciclaje, disposición final, eliminación, disposición final, sino también implica la minimización de la generación de éstos.

**7** Otro instrumento que marcó la integración del tema de residuos a la agenda internacional y nacional, específicamente desde los derechos humanos, fue el Protocolo de San Salvador. OEA (1988). El artículo 11 del Protocolo señala que toda persona tiene derecho a vivir en un medio ambiente sano y a contar con servicios públicos básicos. Disponible en: <https://www.cidh.oas.org/basicos/basicos4.html>

instrumentos jurídicos relativos a la gestión de residuos<sup>8</sup>, sino a que diversas instituciones nacionales participen en la generación de indicadores y en el levantamiento de información sobre residuos sólidos.

Los esfuerzos institucionales originaron un capital informacional producido por instancias como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA). Sin embargo, la información generada no está vinculada entre instituciones, lo que limita su aprovechamiento en las decisiones públicas.

En diversas latitudes se han realizado sistemas de información para vincular información generada sobre residuos. Al respecto se identificó que países como China, Malasia, Canadá, Taiwán y Grecia han propuesto la generación de instrumentos tecnológicos denominados sistemas para el soporte de las decisiones, enfocados a la mejora de la gestión de RSU (Vitorino de Sousa, Montenegro, Facelli, y Casadei, 2017).

Algunos de los ejemplos identificados están orientados a distintas etapas del proceso de manejo de los RSU, tales como recolección, ruta, transporte y monitoreo de contenedores; o bien para el reciclaje y determinación de sitios de eliminación de residuos, por mencionar algunos ámbitos. También se identificó que las tecnologías adoptadas van desde sistemas de información geográfica, la incorporación de infraestructura de identificación por radio frecuencia y sistemas de posicionamiento global, hasta técnicas para predicción, simulación y minería de datos (Vitorino de Sousa, et al. 2017).

En México, dentro del estado del arte en los sistemas de información, se observó la existencia de sistemas como el Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales (SNIARN). El SNIARN contiene a su vez el Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA). Por su parte el INEGI tiene a su cargo el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG), que presenta el Catálogo Nacional de Indicadores (CNI), estos sistemas se describirán más adelante.

Los sistemas de información procesan datos mediante recursos de hardware y software para responder a las consultas de información

---

<sup>8</sup> Se ahonda en el marco legal en el capítulo 2 Generación y dimensión normativa de la Gestión de los RSU en México y en la CDMX.



específicas de los usuarios, quienes actúan bajo un propósito concreto. Por lo anterior, los usuarios son elemento clave y complementario para una interacción, además el sistema se diseña previamente para responder a las necesidades de información de estos. Para ello la interfaz gráfica de usuario resulta la última frontera del sistema que ha de conducir a una forma de interacción y apropiación de la información de los usuarios.

### **SOBRE LA GENERACIÓN DE RSU**

La generación y consumo de bienes, así como la urbanización creciente derivan en un aumento de residuos que, de no tener una gestión racional, se constituyen como una amenaza a la salud pública, la sostenibilidad ambiental y el derecho a un medio ambiente sano<sup>9</sup>.

La clasificación de los residuos puede ser dada por su naturaleza y/o por la fuente de generación. Una clasificación consensuada de éstos se presenta en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2003), donde se establecen tres grupos: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP). Siendo los RSU los de mayor generación en los conglomerados urbanos.

Los RSU son aquellos que se producen en las casas habitación como resultado de las actividades domésticas (por ejemplo, residuos de los productos de consumo y sus envases, embalajes o empaques, o residuos orgánicos); o los que provienen también de cualquier otra actividad que se realiza en establecimientos o en la vía pública, pero que cuenta con características domiciliarias (LGPGIR, 2003. artículo 5, fracción XXXIII).

Respecto a la generación de RSU, y de acuerdo con el reporte 2015 The International Solid Waste Association (ISWA, 2015), la generación global anual de este tipo de residuos supone entre 7 y 10 mil millones de toneladas en total<sup>10</sup> (ISWA Report, 2015). Específicamente en México,

---

<sup>9</sup> "Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar..." Constitución. Art. 4, Párrafo 5.

<sup>10</sup> Reporte ISWA (2015). Los tipos y porcentajes de residuos que son generados a nivel mundial son: residuos de construcción y demolición 36%; RSU, 24%; residuos industriales, 21%; residuos comerciales, 11%; residuos procedentes del abastecimiento de agua, aguas

según el Informe de la Situación del Medio Ambiente en México (SEMARNAT, 2012)<sup>11</sup>, se generan aproximadamente 42.1 millones de toneladas anuales de RSU, y aunque se cuenta con un alto índice de recolección, 93.4 por ciento, sólo el 22.34 por ciento de éstos llega a sitios de disposición final controlados (INEGI, SNIEG, 2014)<sup>12</sup>. Es decir, la recolección es amplia pero se observan deficiencias en la gestión integral de los residuos.

En cuanto a las cifras de generación por estado se ubica al Estado de México como la entidad que más residuos genera y a la Ciudad de México (CDMX) como la segunda. La generación diaria de RSU en la CDMX, de acuerdo con el Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México (SEDEMA, 2016), es de 12,920 toneladas por día. Esta cantidad es generada por 8,918,653 habitantes que producen entre 0.86 y 2.44 kilogramos de RSU al día<sup>13</sup>.

De acuerdo con SEDEMA (2016) la generación de residuos se vincula a factores relacionados con los niveles y patrones de consumo, el establecimiento de comercios e industrias, la urbanización y el aumento de la densidad poblacional, sin embargo, la medición de la generación en un espacio territorial concreto se realiza a través de procedimientos como el cuarteo, el muestreo estadístico aleatorio<sup>14</sup> o la estimación por pesaje

Generación anual  
en el mundo:

**7 - 10**  
**MIL MILLONES**  
**DE TONELADAS**

---

residuales, manejo y remediación de sitios de disposición final, 5%; derivada de la producción de energía, 3%. Consultado el: 8 de diciembre de 2017. Disponible en: <https://goo.gl/yt4P84>

**11** SEMARNAT (2012) El medio ambiente en México (2013-2014). Disponible en <https://goo.gl/Rr76CL>

**12** INEGI. SNIEG, (2014) Catálogo Nacional de Indicadores. Indicador: Proporción de la población con acceso a la recolección de residuos. Disponible en: <http://www.snieg.mx>

**13** SEDEMA (2016). Inventario de Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de México 2016. "Las delegaciones con mayor generación de residuos son Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Cuauhtémoc, con el 18%, 13% y 10%, respectivamente; mientras que Cuajimalpa de Morelos, la Magdalena Contreras y Milpa Alta, aportaron sólo el 4% de la generación total" (SEDEMA, 2016, p. 07).

**14** El procedimiento por cuarteo se describe en la Norma Mexicana NMX-AA-15-1985. El muestreo estadístico aleatorio en la NMX-AA-61-1985.



México:  
**42.1**  
 MIL MILLONES  
 DE TONELADAS  
 ANUALES

CDMX:  
**12.9**  
 TONELADAS  
 DIARIAS

de camiones en los sitios de transferencia de residuos o en las plantas de tratamiento.

De esta forma los datos sobre generación que presenta la SEDEMA se determinan “con la información proporcionada por las instituciones involucradas en el manejo y gestión de los residuos, de acuerdo a sus atribuciones” (SEDEMA, 2016, 12). La Secretaría de Obras y Servicios aporta los datos de los residuos generados respecto al flujo de éstos en las diferentes etapas. Y a su vez cada alcaldía reporta información relacionada con la logística y operación de las actividades de gestión (SEDEMA, 2016).

Los residuos de la CDMX pasan por un proceso de gestión que busca reincorporar los desechos a procesos productivos, el 33% de los residuos al no ser aprovechables son transportados a sitios de disposición final. La Ciudad no cuenta con un espacio para disponer los residuos desde el cierre del Relleno Sanitario Bordo Poniente, por lo que se usan cuatro rellenos ubicados en el Estado de México: Chicoloapan, Cuautitlán, Milagro y Cañada, y uno en Morelos: Cuautla (SEDEMA, 2016, p. 36).

Como resultado de esta carencia, la gestión de los RSU en la CDMX ha establecido algunas líneas estratégicas como: prevención y minimización, separación, recolección, transferencia, aprovechamiento y valorización de residuos. Mismas que precisan de la generación de datos que puedan ser monitoreados.

### **ESTADO DE LA INFORMACIÓN SOBRE RSU EN MÉXICO Y EN LA CIUDAD DE MÉXICO**

En México se ha generado una vasta cantidad de datos en el tema de RSU, algunos de cobertura nacional y otros de cobertura local. Las variables de cobertura nacional que provienen del INEGI se encuentran a nivel municipal y corresponden a la gestión y servicios de los RSU, como la cantidad de población que tiene servicio de recolección, disposición final, cantidad de RSU recolectados y vehículos. Otro tipo de variables relacionadas con la generación de los

RSU son las de carácter sociodemográfico tales como vivienda, educación, economía, índice de marginación<sup>15</sup> e índice de Desarrollo Humano (IDH)<sup>16</sup>. Estos datos están disponibles en periodos que van de 2009 a 2016.

Sin embargo, una de las limitaciones que estos datos presentan es su periodicidad, ya que hay información de temporalidad no continua. Lo que dificulta su comparación y por lo tanto la visualización de las mismas, razón por la que estas variables no fueron consideradas para fines de este proyecto (se puede consultar el inventario de datos a nivel nacional realizado para este proyecto, en: Indicadores de RSU en México. Inventario de fuentes de información al 27 de enero, 2018, disponible en: <http://rsucdmx.com/indicadores/diagnostico/>).

Por otro lado la Secretaría del Medio Ambiente de la CDMX (SEDEMA), a la fecha de realización de esta investigación, ha realizado nueve Inventarios de Residuos Sólidos (2006-2016). La información que éstos presentan se relaciona con: generación de residuos, infraestructura para la cobertura del servicio de recolección y limpia, así como planes de manejo. A partir del Inventario 2012 se observa la incorporación de datos relativos a los programas de retorno, aprovechamiento y reciclaje, así como de participación ciudadana.

Una vez revisado el estado de la información, tanto en lo nacional como en lo local, se determinó que la información

**CDMX**  
no cuenta  
con un espacio  
para disponer  
los residuos.

<sup>15</sup> De acuerdo con la CONAPO (2016). El índice de Marginación (IM) es una medida-resumen que permite diferenciar estados y municipios de acuerdo con las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas. Se consideró este indicador ya que se presentan variables educativas y de percepción que podrían explicar la generación de residuos en ciertos espacios geográficos.

<sup>16</sup> El índice de desarrollo humano es un indicador de las Naciones Unidas para el Desarrollo y hace referencia a salud, riqueza y educación, elementos que, de acuerdo con la bibliografía, pueden estar relacionadas con la generación de RSU.



potencialmente vinculable pertenece a la CDMX ya que se observa mayor consistencia, disponibilidad y periodicidad en sus variables. Estas características permiten hacer una mejor explotación de la información para su consulta y visualización.

Los Inventarios de Residuos Sólidos de la CDMX publicados por SEDEMA, son resultado del análisis de información en colaboración con la Secretaría de Obras y Servicios y las 16 alcaldías de la CDMX. Los inventarios por objetivo ser un instrumento de información para la toma de decisiones en la gestión de los residuos de la CDMX.

Una vez identificado el contexto de la CDMX en relación con el estado que guarda la información se planteó y delimitó el alcance de la propuesta de solución. La cual consiste en el diseño de un Sistema de Información para la toma de decisiones en la gestión de Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de México. Esta propuesta es pertinente debido al lugar que ocupa la Ciudad en cuanto a la generación de residuos en el país y por el capital de información identificado.

Como se verá más adelante, el sistema de información propuesto tiene como propósitos la vinculación de los datos para ofrecer a los tomadores de decisiones la posibilidad de apoyarse en un producto mediático, con aportes significativos que van desde la visualización de información, hasta la integración de inteligencia artificial, como instrumentos que potencializan el valor de la información para la toma de decisiones en la gestión de los RSU. Una gestión que, basada en información, deberá apuntalar a la prevención y minimización de los residuos, sobre todo en un territorio como la CDMX, que se caracteriza por su alta densidad poblacional, su alta generación de residuos y su carencia de sitios de disposición final controlados. Un sistema de información que como medio de comunicación se inscribe en los esfuerzos para aproximarnos al ideal de la sociedad del conocimiento.

Por lo tanto, nos damos a la tarea de responder a la pregunta de investigación: **¿qué características debería tener un Sistema de Información que apoye la toma de decisiones en la gestión de Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de México?**

Se planteó como objetivo general diseñar un Sistema de Información que facilite la toma de decisiones en la gestión de RSU en la CDMX. Para alcanzar este objetivo se establecieron tres objetivos particulares:

1. Comprender la gestión a través de la dimensión normativa a efecto de realizar una propuesta de solución.
2. Realizar una propuesta de sistema de información en relación con sus propiedades digitales.
3. Desarrollar el sistema de información.

**TABLA 1** Síntesis del problema de investigación

<b>Pregunta de investigación</b>	¿Qué características debería tener un Sistema de Información que apoye la toma de decisiones en la gestión de Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de México?
<b>Problema de investigación</b>	Búsqueda, identificación y vinculación de información existente respecto a los RSU.
<b>Objetivo principal</b>	Diseñar un Sistema de Información que facilite la toma de decisiones en la gestión de RSU en la CDMX.
<b>Objetivos particulares</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprender la gestión a través de la dimensión normativa a efecto de realizar una propuesta de solución.</li> <li>2. Realizar una propuesta de sistema de información en relación con sus propiedades digitales.</li> <li>3. Desarrollar el sistema de información.</li> </ol>
<b>Propósito</b>	Posibilitar la toma de decisiones basadas en información, para la procuración de un medio ambiente sano.

## CAPÍTULO 2

# GENERACIÓN Y DIMENSIÓN NORMATIVA DE LA GESTIÓN DE LOS RSU EN MÉXICO Y EN LA CDMX

En este capítulo se desarrolla el tema de la generación de los residuos y los elementos que inciden en ésta, posteriormente se aclaran conceptos como gestión integral y gestión ecológicamente racional de los residuos. Este último concepto refiere a la procuración de una gestión basada en información. Por ello se alude a los primeros datos generados sobre el tema desde los años 80, para finalizar con el estado actual observado en cuanto a la generación de indicadores y variables.

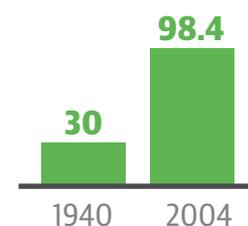
En la segunda parte de este capítulo se expone el marco legal que da control a la gestión en México y en la Ciudad de México. El abordaje de esta dimensión dio paso a la identificación de actores y procesos que se establecen para realizar una gestión integral de los residuos.

## 2.1 GENERACIÓN DE RSU

De acuerdo con la Agencia de Cooperación Técnica Alemana y la Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental (2003) en la publicación *La Basura en el Limbo: Desempeño de Gobiernos Locales y Participación Privada en el Manejo de Residuos Urbanos* se hace mención a la generación de RSU y su relación con distintas variables como patrones de consumo y crecimiento de la población. En el mismo documento se expone que en 1950 el Distrito Federal generaba el 5% de la basura inorgánica a nivel nacional, mientras que para finales de los ochenta el porcentaje aumentó 41%. Dicho aumento se relaciona con cambios en el estilo de vida y consumo como la inclusión en los hogares de productos como insecticidas, aerosoles, pilas, solventes, entre otros productos antes no consumidos (GTZ-COMIA, 2003<sup>17</sup>).

Aunado a la modificación de los patrones de consumo se observa una relación entre el crecimiento poblacional y la generación de RSU. Por ejemplo, en el año de 1940 México tenía una población de 20 millones de habitantes y se estima que se generaban aproximadamente 30,000 toneladas diarias. Para el 2004 la población creció a 105.3 millones (CONAPO, 2004<sup>18</sup>), lo que representó de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC<sup>19</sup>), una generación estimada de 94,800 toneladas diarias de residuos. Es decir, respecto al 1940 la población creció

De 1940 a 2004  
se triplicó  
la generación  
de residuos



\*miles de toneladas diarias

<sup>17</sup> GTZ-COMIA (2003). Agencia de Cooperación Técnica Alemana, Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental. *La basura en el limbo: Desempeño de los Gobierno Locales y Participación Privada en el Manejo de Residuos Urbanos*. Consultado el 8 de diciembre de 2017. Disponible en: <https://bit.ly/2WtaU7D>.

<sup>18</sup> CONAPO (2004). La situación demográfica de México. "La población de México ascendía, a mediados de 2004, a 105.3 millones de habitantes, de acuerdo con las proyecciones demográficas vigentes del CONAPO". Disponible en: <https://bit.ly/2Z9z5ES> Consultado el 1 de junio de 2018.

<sup>19</sup> INECC (2007). *Residuos Sólidos Urbanos Capítulo 4*. El documento presenta una proyección de la generación de RSU total y per cápita de 2004 a 2020. Al respecto señala que se identifica una variación significativa en la generación de RSU derivada del "propio desarrollo así como del incremento poblacional y los cambios en los patrones de urbanización" Disponible en: <https://bit.ly/2XIkKig> Consultado el 1 de junio de 2018.

aproximadamente cinco veces, mientras que los residuos se triplicaron.

## 2.2 GESTIÓN INTEGRAL DE RSU

La gestión integral de los RSU implica, no sólo administrar los recursos para atender las necesidades de recolección y disposición final de los residuos, sino incorporar otros elementos que faciliten los procesos de planeación. De acuerdo con la definición de la Agencia de Cooperación Alemana:

La gestión de residuos no se debe entender únicamente como la recolección y disposición, sino como un proceso más complejo por el que se logra una disminución de los residuos que llegan a su disposición final de manera tal que se depositen en forma menos peligrosa para el ambiente. (GTZ-COMIA, 2003, p. 23)

Como antecedentes de la gestión, Bautista (2012) señala que se ha transitado por diferentes esquemas. De acuerdo con el autor, “la visión que se tiene del problema ha ido cambiando con los años, pasando de un problema de estética a uno de salud y finalmente a uno ambiental” (Bautista, J. 2012, 13).

Durante los primeros asentamientos humanos hasta el siglo XVII se presenta una gestión inexistente o básica centrada en limitar el impacto estético de los residuos en el entorno<sup>20</sup>. Posteriormente, del siglo XVIII al XIX, con la revolución industrial y el crecimiento acelerado de las urbes, se instauran tiraderos específicos y aparecen instituciones encargadas del manejo de los residuos<sup>21</sup>. Este esquema de gestión se centra en lo procedimental y busca limitar los impactos a la salud.

Para el siglo XX, ya en una economía basada en el consumo, la alta generación de residuos implica un impacto creciente al medio ambiente

---

<sup>20</sup> Desde Bautista el impacto estético de los RSU está relacionado con “quemar y/o enterrar residuos (...) que se dejan en el terreno” (Bautista, 2012, p. 28), es decir, acciones limitadas a eliminar los residuos del espacio visible.

<sup>21</sup> El manejo de residuos implica la transferencia, selección y disposición final. La gestión de éstos refiere no sólo al manejo, sino también a los procesos que le acompañan, tales como la normalización, financiamiento, administración, etc.

por lo que se hace necesaria la implementación de un esquema de gestión integral<sup>22</sup>. De esta manera se observa el tránsito de una gestión que buscaba reducir el impacto estético y el impacto a la salud, para posteriormente, y desde el esquema integral, reducir el impacto al medio ambiente. (Bautista J., 2012<sup>23</sup>). Es decir, a la búsqueda de un esquema integral.

En nuestro país el esquema de gestión está inscrito en la LGPGIR, decretada en el 2003 y renovada en el 2015, misma que describe a la gestión como:

Un conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales. (LGPGIR, 2003, Artículo 5, fracción X)

En la LGPGIR se ve a la gestión desde una perspectiva integral que no sólo procura el aspecto estético o de recolección, sino que observa diversos aspectos encaminados a cubrir las necesidades y circunstancias del medio ambiente en un espacio específico.

El concepto de gestión que establece la LGPGIR está encaminado a evitar o reducir la generación de RSU. Este enfoque presenta una visión holística del problema y es pertinente a la situación de la Ciudad de México que no cuenta con sitios de disposición final en su territorio.

«La visión que se tiene del problema ha ido cambiando con los años, pasando de un problema de estética a uno de salud y finalmente a uno ambiental»

(Bautista, J. 2012, 13).

<sup>22</sup> La visión integral también "instaura el principio de prevención (no generar residuos)" (Bautista, 2012, 28)

<sup>23</sup> Bautista J. (2012) presenta un cuadro resumen con los diferentes modelos de gestión de residuos de acuerdo a los datos de Sánchez, F. (2010). Guía para la definición estratégica de modelos de gestión de residuos sólidos urbanos en países en vías de desarrollo; y de Mendoza C., José F., Izquierdo, G. y Antonio (2007). Tratamiento y gestión de residuos sólidos. Editorial Limusa. (Bautista, 2012, 28).



### 2.3 GESTIÓN ECOLÓGICAMENTE RACIONAL

Otro de los conceptos relacionados a la gestión integral de los RSU, es el de la gestión ecológicamente racional de los residuos. Este concepto se menciona en la Agenda 21 y hace referencia a la implementación de estrategias que busquen el desarrollo sustentable y su monitoreo. Para ello, recomienda generar información sobre la gestión de los residuos. Esta recomendación implica la necesaria reunión y análisis de datos, para evaluar las políticas nacionales y tomar decisiones al respecto.

Sobre el levantamiento de datos e información de RSU, Wilson (2014) en el artículo “Wasteaware” benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities, hace hincapié en la necesidad de contar con información de calidad para que los “hacedores de decisiones” (Wilson, et al., 2014, p. 329) puedan analizar e incidir en la situación.

Wilson (2014) dice que la gestión de residuos sólidos es una de las funciones más importantes de los gobiernos de las ciudades, también resalta que “proveer información a quienes toman decisiones permite hacer mejoras en la gestión, así como monitorear cambios a través del tiempo” (Wilson, et al., 2014, 329).

### 2.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN, INDICADORES Y VARIABLES

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), los primeros datos confiables en materia de RSU se generaron en los años 80 del siglo XX y fueron levantados por instituciones como la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente de la entonces Secretaría de Salubridad y Asistencia, la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y el Departamento del Distrito Federal, entre otras (INECC, 2007<sup>24</sup>).

Posteriormente, hacia los años 90 del siglo XX tanto la SEDESOL y el Gobierno del Distrito Federal, como la Agencia de Cooperación Alemana y la Agencia de Cooperación Japonesa, así como el Banco Nacional de Obras y Servicios y los gobiernos de algunos estados y municipios, comenzaron

---

<sup>24</sup> INECC (2007). Capítulo 4. Residuos Sólidos Urbanos. Página del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Consultado en: <https://bit.ly/2X1kKig>. El 11 de julio de 2018

a reunir información. Es hasta 2017 que se identificaron instituciones que generan sistemas de información a nivel nacional y local, tales como la SEMARNAT, el INEGI (INECC, 2007) y SEDEMA .

La información de SEMARNAT se concentra en el Sistema de Información Ambiental y Recursos Naturales (SNIARN). El SNIARN contiene a su vez el Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA), mismo que “ofrece, a través de distintos conjuntos de indicadores, una visión breve de los cambios y la situación actual del medio ambiente y los recursos naturales del país, así como de las presiones y las respuestas institucionales...” (SEMARNAT, 2016).

Dentro del SNIA se encuentra el Conjunto Básico de Desempeño Ambiental, mismo que documenta alrededor de 115 indicadores que cubren temas ambientales (SEMARNAT, 2018). Sobre RSU, el sistema presenta 5 indicadores: gasto del consumo final privado, generación total y per cápita de residuos sólidos urbanos; disposición final de residuos sólidos urbanos; rellenos sanitarios en el país; y materiales valorizables recolectados según tipo de material<sup>25</sup>.

El SNIA compila información de tres fuentes principales: Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas, SEDESOL (2013); INEGI. Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos (INEGI, 2015); y la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas.

Por su parte, el INEGI publica en su sitio web oficial un catálogo que contempla 6,867 indicadores (Banco de Indicadores)<sup>26</sup>. De éstos los relativos a RSU hacen referencia a cuatro temáticas: generación, servicios de recolección y

**2017**  
hasta este año  
se identificaron  
sistemas de  
información

<sup>25</sup> SEMARNAT (2018) Conjunto Básico de Desempeño Ambiental. Esquema presión-estado-respuesta. <https://bit.ly/2ML9KZE> Consultado el 1º de septiembre de 2018.

<sup>26</sup> INEGI (2018). Banco de Indicadores. Disponible en: [www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/](http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/) Consultado el 1 de septiembre de 2018.

disposición final, materiales valorizables e infraestructura. Por otro lado, INEGI tiene a su cargo el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (INEGI, SNIEG), que presenta el Catálogo Nacional de Indicadores (CNI). Este catálogo presenta dos indicadores relacionados con RSU: proporción de la población con acceso a la recolección de residuos y porcentaje de municipios con disposición adecuada de residuos sólidos urbanos<sup>27</sup>. Los indicadores presentan una periodicidad quinquenal y tienen como una de sus fuentes a los Censos Nacionales de Gobiernos Municipales y Delegacionales<sup>28</sup>.

A nivel Ciudad de México, la SEDEMA desarrolló un sistema de información al que llamaron Sistema de Información de Residuos Sólidos (SIRS), mismo que buscó el resguardo, manejo y consulta de datos (SEDEMA, 2006), sin embargo, éste no se encuentra en línea<sup>29</sup>. Otra sistematización de información es la que presentan los Inventarios (SEDEMA, 2006-2016), los cuales muestran datos a nivel alcaldía sobre la generación de residuos, infraestructura, equipamiento, planes de manejo, estrategias de participación ciudadana, entre otros elementos. En los Inventarios se identificaron variables constantes de 2007 a 2016 (Ver Anexo I). Cabe mencionar SEDEMA hace un levantamiento anual y directo con cada una de las 16 alcaldías de la Ciudad.

## **2.5 DIMENSIÓN NORMATIVA DE LA GESTIÓN DE LOS RSU EN MÉXICO Y EN LA CIUDAD DE MÉXICO**

La dimensión normativa resulta estratégica para comprender la acción coordinada entre los diversos órdenes de gobierno a efecto de atender las necesidades y demandas de la sociedad en relación con la procuración de un medio ambiente sano (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Art. 4. Párrafo 5). Asimismo, el abordaje de esta dimensión es una forma para identificar a los actores y procesos que intervienen en la gestión integral de los residuos.

La normatividad sobre la gestión de RSU comienza con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y pasa por la Ley General de

---

<sup>27</sup> INEGI. SNIEG (2018). Catálogo Nacional de Indicadores. Disponible en: [www.snieg.mx/cni/](http://www.snieg.mx/cni/) Consultado el 1 de septiembre de 2018.

<sup>28</sup> Los censos municipales de INEGI se realizaron en los años 2011, 2013, 2015 y 2017.

<sup>29</sup> SEDEMA (2018). Residuos sólidos. Disponible en: <https://bit.ly/2pSxaVD> Consultado el 1 de septiembre de 2018. Periodo de inventarios recuperados: 2007 al 2016.

Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), y por la LGPGIR; para continuar con documentos jurídicos de carácter estatal y por alcaldía, como lo es el Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) (SEDEMA, 2016) y los Lineamientos para la Generación del Programa para la Prestación del Servicio Público de Limpia (SEDEMA, 2017).

A partir del recorrido por esta jerarquía normativa se identificó bajo qué principios se realiza la gestión de RSU en México y en la CDMX, así como los instrumentos jurídicos que facultan a las autoridades locales, jefe de gobierno y alcaldías, para la instrumentación de acciones para la gestión integral de residuos sólidos urbanos.

### **JERARQUÍA NORMATIVA**

De acuerdo con Alanis (2013) el derecho al medio ambiente sano pertenece a los llamados “derechos de tercera generación o nuevos derechos” (Alanis, 2013, 636). Este derecho es el resultado de diversos procesos iniciados en la Conferencia de Estocolmo (1972), el informe Brundtland (1987), donde se utilizó por primera vez el término desarrollo sostenible, la Cumbre de la Tierra (1992) y el Protocolo de San Salvador (OEA, 1988) que establece en su artículo 11 el “derecho a un medio ambiente sano” (Alanis, 2013, p. 6).

En concordancia con la vinculación de dichos acuerdos internacionales, México reformó el artículo 1 constitucional. Lo que implica que, en materia de derechos humanos, los tratados internacionales y acuerdos firmados por México estén a la misma altura que la Constitución.

En los Estados Unidos Mexicanos todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en esta Constitución y en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte, así como de las garantías para su protección...  
(Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Art. 1<sup>30</sup>)

A esto se le conoce como un bloque de constitucionalidad. Derivado de ello se generaron procedimientos a favor de la armonización legal (Cantú,

---

**30** SEGOB (2011). Decreto por el que se modifica la denominación del Capítulo 1 del título primero y se modifican diversos artículos. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: <https://bit.ly/1q84GFF>.

s.f. 2). El 8 de febrero de 2012 se reformó el artículo 4to. Con ello se integró el derecho medioambiental como derecho constitucional.

Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar. El estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en los términos dispuestos por la Ley.  
(Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Art. 4. Párrafo 5)

Por otro lado, la Constitución establece elementos para garantizar este derecho a través de los distintos órdenes de gobierno.

En el Artículo 8 constitucional, fracción VI, se establece que corresponde a los estados la regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, mientras que a los municipios les corresponde aplicar las disposiciones jurídicas sobre la prevención y el control de los efectos ambientales ocasionados por el manejo de los residuos sólidos (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Art. 8. Fracción IV). Es así que la carta magna marca a lo estatal como el orden de gobierno que dictamina la regulación en materia de RSU y al municipio como aquel que vigila la aplicación de las disposiciones establecidas.

Derivado del ordenamiento constitucional se implementan la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, 1988) y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR, 2003). La LGEEPA es una ley general que se complementa con la LGPGIR, ésta última tiene como fundamento la prevención y minimización de los residuos.

En la LGPGIR (2003<sup>31</sup>) se establecen los principios que rigen la gestión de los RSU, prevención y minimización<sup>32</sup>; y la clasificación de éstos en: residuos sólidos urbanos (no peligrosos), peligrosos y residuos de

---

**31** La LGPGIR fue promulgada el 8 de octubre de 2003 durante la presidencia de Vicente Fox Quezada y cuenta con 10 decretos de reforma. Cámara de diputados (2017). Consultado en: <https://bit.ly/2QX3CD6>, el 18 de septiembre 2017.

**32** Se describen también los instrumentos de la política de prevención y la gestión integral de los mismos, los planes de manejo y los esquemas de participación social y denuncia popular, así como la responsabilidad acerca de la contaminación y la remediación de sitios contaminados (LGPGIR, 2003, Artículo 1. Fracción 1).

manejo especial. Asimismo, establece la política de manejo, los instrumentos para la prevención y gestión integral de los RSU, así como esquemas de participación social. Respecto a las políticas de manejo establece en su artículo 26 que:

Las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias y en coordinación con la Federación, deberán elaborar e instrumentar los programas locales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos. (LGPGIR, 2003, Artículo 26)

Los programas locales deberán presentar un diagnóstico básico para la gestión integral de residuos; la definición de objetivos y metas locales para la prevención de la generación y el mejoramiento de la gestión de los RSU y de manejo especial, entre otros elementos que se describen (LGPGIR, 2003, Artículo 26, Fracción I a VI).

## CIUDAD DE MÉXICO

La CDMX se rige por la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (LRSDF 2015)<sup>33</sup>, una Ley reglamentaria que tiene por objeto “regular la gestión integral de los residuos sólidos considerados como no peligrosos así como la prestación del servicio público de limpia” (LRSDF, 2015, Artículo 1). Las funciones entre las diferentes instituciones y actores responsables se describen en los artículos que van del 5 al 10, donde se definen las competencias del Jefe (a) de Gobierno del Distrito Federal, la SEDEMA, Secretaría de Obras y Servicios (SOBSE); la Secretaría de Salud; la Procuraduría; y las 16 alcaldías.

En la LRSDF se establece que las alcaldías tienen la obligación de “Formular, ejecutar, vigilar y evaluar el programa delegacional de prestación del servicio público de limpia de su competencia con base en los lineamientos establecidos en el Programa de Gestión Integral de los

«Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar. El estado garantizará el respeto a este derecho.»

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

<sup>33</sup> La Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal fue publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 22 de abril de 2003 y reformada en el 2015. Recuperado en: <https://bit.ly/2kRH2N2>. Consultado el 6 de junio de 2018.

Residuos Sólidos” (LRSDF, 2015, Artículo 10, Fracción I). Así como “Prestar el servicio público de limpia en sus etapas de barrido de las áreas comunes y vialidades secundarias, la recolección de los residuos sólidos, su transporte a las estaciones de transferencia, plantas de tratamiento y selección o a sitios de disposición final” (LRSDF, 2015, Artículo 10, Fracción II).

De la LRSDF se desprende el PGIRS (SEDEMA, 2016), el cual establece las directrices para que la CDMX alcance un manejo adecuado de los residuos sólidos a través de líneas estratégicas y acciones medibles (SEDEMA, 2016, p. 2). Dentro de los principios rectores del programa<sup>34</sup> se encuentran el desarrollo sostenible, tecnológico y de generación de información, así como la armonización de políticas para la correcta operación y eliminación de impactos ambientales negativos. El programa cuenta con ocho líneas estratégicas que establecen lo necesario para una gestión ideal de los RSU en la CDMX, los cuales son:

1. Prevención y minimización de residuos
2. Separación
3. Recolección
4. Transferencia
5. Aprovechamiento y valorización de residuos
6. Disposición final (intención de disminuir la cantidad de residuos enviados a estos sitios)
7. Instrumentos normativos y administrativos (fortalecimiento institucional para que los objetivos del programa se cumplan satisfactoriamente)
8. Protección ambiental. Hace especial énfasis en la prevención de la contaminación del suelo, relacionada con la disposición formal e informal de los residuos.

---

**34** Los principios rectores del PGIRS se fundamentan en lo establecido en la LGEEPA, la LGPGIR, Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal, la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal y su reglamento, Plan General de Desarrollo del Distrito Federal 2013-2018, el Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2014-2020 (PACCM), Talleres de Planeación Participativa para la elaboración del PGIRS 2015 (SEDEMA, 2016, p.2).

**FIGURA 1****Jerarquía normativa en materia de residuos****1. CONSTITUCIÓN Y TRATADOS INTERNACIONALES**

Bloque constitucional en materia de derechos humanos

**2. LGEEPA**

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente

**3. LRSDF**

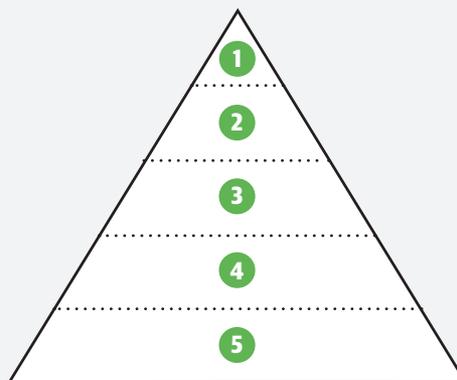
Ley General de Residuos Sólidos del Distrito Federal

**4. PGRIS**

Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos

**5. PPSPL**

Programa para Prestación del Servicio Público de Limpia



*Elaboración propia.* La pirámide consta de 6 niveles, el primer nivel corresponde al lugar más alto dentro de la jerarquía normativa. Este nivel corresponde al bloque constitucional conformado por la Constitución y los tratados. A partir de la reforma del 2011 se transitó de la supremacía Constitucional al bloque de constitucionalidad en materia de derechos humanos. Después se ubican dos Leyes generales. Posteriormente la Ley para el Distrito Federal y su Programa, para llegar al nivel más operativo, el Lineamiento para la elaboración del PPSPL.

En la línea estratégica número 7 se establece la elaboración de un Programa de Prestación del Servicio Público de Limpia (PPSPL) (SEDEMA, 2017) que cumpla con el alcance de las metas establecidas en el PGIRS para la CDMX y por lo tanto a las de las Leyes, como se observa en la figura 1<sup>35</sup>.

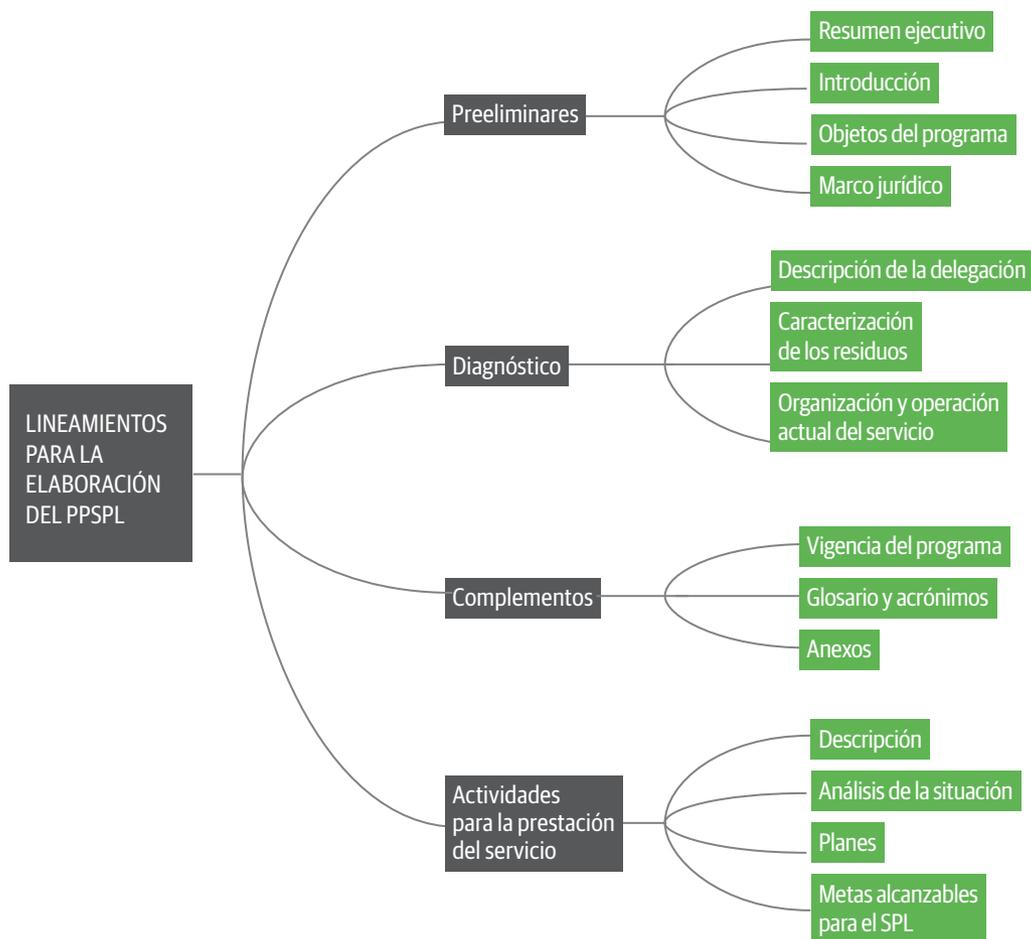
**35** La propuesta de solución descrita en el capítulo 3, RSUCDMX, responde a lo establecido en el principio de información del PGIRS. Principio que dentro de sus objetivos plantea la sistematización, análisis, intercambio y difusión de información sobre la generación, manejo, tratamiento y disposición final de residuos. Así mismo, busca apoyar la rendición de cuentas y el libre acceso de los ciudadanos a la información disponible sobre la gestión de los residuos en la CDMX.

Los Lineamientos para la elaboración del programa para la prestación de servicio público de limpia (SEDEMA, 2017) tienen por objetivo orientar y apoyar a las autoridades delegacionales en la elaboración del programa, mismo que se basa en el diagnóstico básico de la situación actual de cada alcaldía y que consiste en cuatro apartados: preliminares, diagnóstico, actividades para la prestación del servicio público de limpia y complementos (figura 2).

Cumplir con lo establecido en el marco legal de la gestión de los RSU requiere de la acción coordinada entre los diferentes órdenes de gobierno, sin embargo, es el nivel municipal (alcaldía) donde se localiza a los responsables directos de instrumentar e implementar los servicios de manejo y gestión de los RSU, por lo que el PPSPL es el espacio decisional de gestión de residuos para el que se concibe la realización de un sistema de información que facilite la toma de decisiones, basadas en información, para la gestión de los RSU en la CDMX.

**FIGURA 2 Síntesis de los Lineamientos para la elaboración del PPSPL**

*Elaboración propia con base en documento SEDEMA (2017). Aquí se representan de manera sintética los apartados principales y el contenido general de cada uno.*



## CAPÍTULO 3

# PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Una vez que se analizó el marco legal de la gestión integral de la Ciudad de México, y el estado que guarda la información generada al respecto, se estableció y delimitó una propuesta de solución. Misma que se identificó como un Sistema de Información para la toma de decisiones en la gestión de Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de México.

La propuesta denominada RSUCDMX vincula los datos para apoyar la toma de decisiones a nivel alcaldía, a través de una tecnología digital. RSUCDMX surge del acrónimo Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y de su delimitación territorial que corresponde a la Ciudad de México (CDMX).

A continuación se exponen los conceptos que caracterizan a la propuesta de solución, tales como Sistema de Información (SI) y Sistema de Información Basado en Computadora (SIBC). Posteriormente se habla del sistema como un producto mediático. En este punto se ahonda en la propuesta de análisis discursivo que presenta Patrick Charaudeau en *El discurso de la información* (2013) y que sintetiza en un modelo de análisis al que llama máquina mediática, que implica tres lugares de construcción.

El primero está relacionado con los marcos referenciales y legales que fueron expuestos en el capítulo 2. El segundo pertenece al espacio en el que convergen el “enunciador y el enunciatario” (Scolari, 2004) a través de una interfaz gráfica de usuario. El tercer lugar hace referencia a la recepción del producto mediático lo que implicó probar y evaluar un SI como RSUCDMX.

La integración de los tres espacios de construcción permitieron concebir al sistema RSUCDMX como un producto que materializa un acto comunicativo.

Todo acto comunicativo es un objeto de intercambio entre dos instancias, una de enunciación y otra de recepción, cuyo sentido depende de la relación de intencionalidad que se instaura entre ellas. (Charaudeau, 2013, p. 22).

En este caso la relación de intencionalidad está configurada desde que el problema de los RSU se inscribe como un problema público de carácter medioambiental, lo que subyace a los mecanismos de construcción de sentido<sup>36</sup>.

### **3.1 SISTEMA DE INFORMACIÓN (SI)**

Un SI es aquel que “ tiene la capacidad de transmitir y comunicar datos, información, y el conocimiento almacenado” (Sánchez, 2005, p. 2). Debido a la emergencia de la problemática de los RSU, fue identificada la necesidad de generar información para la toma de decisiones en la

---

**36** Para Charaudeau todo órgano de información “debe considerarse como una máquina productora de signos (es decir, de formas y sentidos), que se originan en la parte de la actividad humana dedicada a construir sentido social”

gestión de los mismos, por lo que se identificó la pertinencia de diseñar un producto mediático que cumpla con ciertas funciones.

Una de las funciones principales de los sistemas de información es proporcionar el servicio de recuperación de información. Mientras que las tareas de dichas funciones son reunir, concentrar, ordenar y almacenar la información y posteriormente ponerla a disposición de los usuarios que la soliciten, persiguiendo como objetivo final, brindar información. (Sánchez, 2005, p. 3)

RSUCDMX tiene por objetivo procesar, ordenar, almacenar y transmitir información para la toma de decisiones sobre la gestión de RSU y ponerla a disposición de los usuarios, lo que lo constituye como un Sistema de Información, que en este caso está basado en computadora.

### **3.2 SISTEMA DE INFORMACIÓN BASADO EN COMPUTADORA (SIBC)**

Los SIBC son aquellos que se soportan en la tecnología del software y el hardware de las computadoras para procesar y distribuir información. La finalidad del SIBC es captar, almacenar, procesar y distribuir información del entorno para apoyar la toma de decisiones, la comunicación, la gestión, etc. (Vieites y Rey, 2009). Por lo que un sistema con estas características se adecua a los objetivos del presente proyecto.

Los SIBC se dividen en transaccionales e informacionales. Los transaccionales recopilan información y sirven para realizar de manera automatizada tareas repetitivas. Los informacionales usan los datos almacenados para generar información e incorporan datos provenientes de fuentes externas (Vieites y Rey, 2009). El sistema que aquí se propone es un SIBC de tipo informacional debido a que plantea la recuperación de información.

Un sistema con estas características puede ser útil para la toma de decisiones en la gestión de RSU, si se constituye como un producto mediático que haga posible la transcodificación.

La transcodificación se logra a través de la integración de dos capas, la capa técnica y la cultural. La capa técnica se entiende como una serie de operaciones fundamentales que hay tras todo programa informático o producto mediático, mientras que la capa cultural corresponde a todos

aquellos significados humanos, como el valor otorgado a la información y la conformación de bases de datos para la toma de decisiones en el terreno de la gestión medioambiental. La transcodificación se presenta cuando la capa técnica y la capa cultural se influyen mutuamente (Manovich, 2005).

La construcción de RSUCDMX cuenta con una serie de consideraciones extraídas de la capa cultural, como el valor otorgado a la información y la conformación de bases de datos para la toma de decisiones en el terreno de la gestión medioambiental. Una base de datos es un ejemplo de transcodificación, ya que si bien, en un principio era una tecnología informática para organizar datos y acceder a ellos, se está convirtiendo en una “nueva forma cultural por derecho propio” (Manovich, 2005, p. 94).

Por lo tanto un SIBC es “una mezcla de significados informáticos y humanos” (Manovich, 2005, p. 94), que da al usuario la posibilidad de incidir en su contexto, en este caso el de la gestión integral de los RSU.

### **3.3 EL SIBC RSUCDMX COMO PRODUCTO MEDIÁTICO**

RSUCDMX se constituye como un producto que se inscribe en la sociedad red (Castells, 2000<sup>37</sup>), misma que otorga valor al procesamiento de información, la generación de conocimiento y las tecnologías de la información para producir un “círculo virtuoso de mejora en la economía, la tecnología, la sociedad y la cultura” (Castells, 2001, p.221). Un SIBC, al insertarse en este tipo de sociedad, apoya la toma de decisiones basadas en información.

El sistema está inserto en el ideal de la sociedad del conocimiento ya que está centrado en el procesamiento de información, la generación de conocimiento y las tecnologías de la información (Castells,2000). Además es un producto<sup>38</sup> que requiere un diseño estratégico. Este diseño

---

**37** Para Castells la sociedad red implica una forma de organización que es resultado de la revolución tecnológica de la información, lo que proporciona “la base material indispensable para su constitución” (Castells, 2000, p. 121).

**38** Un producto mediático es el resultado de las condiciones de producción y del contexto sociocultural en el que se encuentra la instancia de interpretación (el usuario), “lo que hace factible el funcionamiento de la máquina mediática” (Charaudeau,2013, p. 27).

estratégico se realiza desde la consideración de tres momentos que plantea Charaudeau (2013) en la máquina mediática: el lugar de las condiciones de producción, el lugar de construcción del discurso y el lugar de interpretación.

### **3.4 LA MÁQUINA MEDIÁTICA**

La máquina mediática a la que hace referencia el lingüista francés, constituye un modelo de análisis con aplicación a todo “acto de comunicación” (Charaudeau, 2013, p. 22), y plantea en un sentido macro la identificación de relaciones de intencionalidad y pertinencia que se enlazan para producir sentido.

De esta forma, la pertinencia de la creación de un producto mediático como el RSUCDMX, emerge desde la agenda internacional y se concreta hacia diversos niveles de la jerarquía normativa referente a la gestión de RSU en la Ciudad de México. Podemos decir que este marco es el que subyace a la producción de sentido. Para analizar este proceso Charaudeau (2013) menciona tres lugares que se sintetizan en lo que llama la máquina mediática. (Figura 3)

A continuación se buscará ubicar al SIBC RSUCDMX como un producto (lugar de construcción del discurso) que se dimensiona desde el marco de la máquina que plantea Charaudeau.

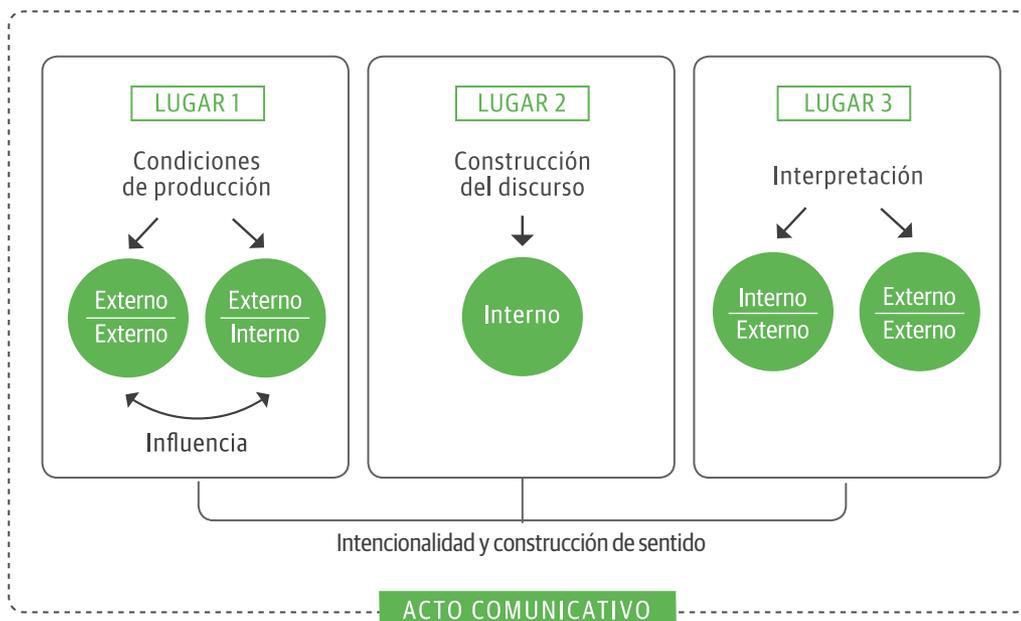
#### **EL LUGAR DE LA PRODUCCIÓN**

El lugar de las condiciones de producción es el espacio donde se encuentra la instancia de enunciación y se compone de dos espacios “externo-externo” y “externo-interno” (Charaudeau, 2013, p. 23).

El espacio externo-externo busca identificar prácticas “más o menos institucionalizadas y cuyos actores poseen estatutos y funciones relacionadas con ellas” (Charaudeau, 2013, p.22). Estos actores justifican prácticas produciendo discursos de representación. En los medios de comunicación este punto también implica la identificación del mercado para “colocar el producto de información al alcance de un mayor número de receptores y provocar en ellos un acto de apropiación” (Charaudeau, 2013, p. 24).

### FIGURA 3 Los tres lugares de la máquina mediática

*Elaboración propia con base en Charaudeau (2013).* En esta figura se pueden observar los tres lugares de la máquina mediática: el lugar de las condiciones de producción, el de la construcción del discurso y el de interpretación. Cada uno de los lugares tiene un espacio externo o interno según los elementos que lo constituyen. Los tres lugares posibilitan el acto comunicativo al compartir una intencionalidad y construcción de sentido.



Para el sistema de información RSUCDMX, como producto mediático, el espacio externo-externo se puede ubicar en:

1. Los acuerdos internacionales que dan pie a la emergencia de la problemática medioambiental en la agenda pública.
2. La generación de datos sobre RSU que emergen a propósito de los acuerdos.
3. La promulgación de diversos instrumentos legales que controlan la gestión de RSU en México y en la Ciudad de México.

Elementos que implican a diversos actores que cumplen estatutos y funciones que dan pie a la justificación de ciertas prácticas. Por ejemplo, la generación de un PPSPL (Capítulo 2, jerarquía normativa de los RSU).

El espacio externo-interno abarca las condiciones semiológicas<sup>39</sup> de la producción que rigen la propia realización del producto mediático. En este espacio quienes participan en el lugar de producción movilizan los medios técnicos de que disponen. Este espacio debe estar en correspondencia con los efectos propuestos que intentan estar en correspondencia con los efectos posibles a través de una práctica de producción concreta (Charaudeau, 2013).

Para el sistema RSUCDMX el espacio externo-interno se presenta en:

1. Las condiciones semiológicas de producción que representa un producto digital como lo es el SIBC. Es decir en las características técnico-conceptuales que rigen la propia realización de un sistema de información basado en computadora y que se soportan en la tecnología del software y el hardware de las computadoras para procesar y distribuir información. Desde la perspectiva de Charaudeau (2013) podríamos considerar que estas características son las que le subyacen a una semiología de producción propia al medio digital<sup>40</sup>.
2. La elección de los elementos de los que se dispone para la producción son el producto de la evolución misma del medio. Por ejemplo para el diseño de interfaz, como evolución de las primeras interfaces digitales, ha dado pie a la creación de “su propia técnica, sus propias posibilidades de conservación, de comparación y mejoramiento” (Luhmann, 1988, p.157). Entre dichas técnicas se encuentran las condiciones relativas al diseño de la interfaz gráfica de usuario y al diseño de la interacción, así como las de visualización de información.
3. Por otro lado, el espacio externo-interno se manifiesta al existir una cantidad considerable de la información disponible: variables,

---

**39** Cuando el autor habla de las condiciones semiológicas de producción hace referencia a las que rigen la realización del producto mediático. Pone de ejemplo las formas que rigen la realización técnica de un artículo periodístico, una paginación, un telediario, un programa de radio (Charaudeau, 2013, p. 24)

**40** Los medios digitales son aquellos que cumplen con las características de los nuevos medios que Manovich (2005) y los describe como los que les son propios la: representación numérica, modularidad, variabilidad, automatización y transcodificación. Los cinco principios de Manovich se encuentran presentes en todos los medios digitales en mayor o menor medida, tal es el caso de RSUCDMX (véase Anexo III en el que se presenta el instrumento de evaluación correspondiente a la primera etapa iterativa del prototipo del sistema).

indicadores, bases de datos, que con sus condiciones particulares de producción, dan la posibilidad de ser analizadas para ponerlas en un lugar común, así como de visualizar complementos funcionales que dan al sistema la posibilidad de cumplir su objetivo: apoyar la toma de decisiones en la gestión de RSU en la CDMX<sup>41</sup>.

Cabe mencionar que se observa una relación entre lo externo-externo y lo externo-interno, ya que en ambas se recuperan prácticas institucionales basadas en una dimensión normativa tanto de carácter internacional, como nacional del problema; así como en la generación y usos del capital informacional que esto conlleva.

Los datos generados son los recursos semiológicos que se convertirán en insumos para cubrir los requerimientos funcionales a los que debe responder el sistema de información, mismos que se “ponen en discurso” para que se lleven a cabo los “efectos supuestos”. En este caso una gestión basada en información.

### **EL LUGAR DE LA CONSTRUCCIÓN DEL DISCURSO**

El segundo elemento de la máquina mediática es el lugar de construcción del discurso. La organización estructural de ésta producción se realiza según la hipótesis sobre la cointencionalidad (Charaudeau, 2013) es decir, según la hipótesis sobre “los efectos posibles” (Charaudeau, 2013, p. 23), misma que, de acuerdo con la Figura 3, el enunciador hará sobre el destinatario<sup>42</sup>.

La construcción de este discurso en sí misma está integrada por el espacio interno. Éste hace referencia a los elementos sociosemióticos que un entorno mediático provee, los elementos técnico conceptuales necesarios para construir un discurso. En el caso de RSUCDMX este espacio corresponde a las herramientas y elementos para la construcción de la interfaz gráfica de usuario (gráficas, visualizaciones, texto, etc). A continuación se aborda lo referente al concepto de interfaz y a la construcción de ésta como un discurso.

---

<sup>41</sup> En este caso se utilizaron recursos como la visualización de información y técnicas de inteligencia artificial, además se buscó diseñar una interfaz de usuario apta para los objetivos de comunicación del sistema. También existen una serie de “efectos supuestos” a partir de la identificación de las necesidades de información para la gestión, mismas que permitieron determinar los requerimientos funcionales del sistema.

<sup>42</sup> Tercer elemento de la máquina mediática el lugar de las condiciones de interpretación.

### La interfaz gráfica de usuario

Cuando aparecieron las primeras computadoras personales el término interfaz designaba “un dispositivo capaz de asegurar el intercambio de datos entre dos sistemas o entre el sistema informático y una red de comunicación” (Scolari, 2004, p. 39)<sup>43</sup>, sin embargo, el término se desplazó de la informática a otros territorios como el diseño, el marketing y recientemente al diseño de experiencia de usuario.

Al respecto Scolari (2004) hace una exposición sobre los desarrollos teóricos que, como metáforas<sup>44</sup>, han buscado explicar la interfaz digital desde la relación que plantea entre el hombre y la computadora.

La interfaz ya no es considerada un dispositivo *hardware* sino un conjunto de procesos, reglas y convenciones que permiten la comunicación entre el hombre y las máquinas digitales (...) una gramática entre el hombre y la computadora. (Scolari, 2004, p. 42)

Para ello el autor expone cuatro metáforas que explican esta relación: la metáfora instrumental, donde la interfaz es como una prótesis del hombre; la metáfora de la piel, donde el diseño de la interfaz se constituye como un proceso cosmético; la metáfora espacial, donde ésta se construye como un “utensilio-artefacto u objeto arquitectónico, más que como un artefacto comunicativo” (Scolari, 2004, p. 42); y la metáfora conversacional, que plantea una metáfora de diálogo entre un sujeto enunciador y un sujeto enunciatario desde la interfaz.

Desde la metáfora conversacional podemos entender a la interfaz gráfica de usuario como el espacio en el que se configura un proyecto de relación comunicativa (Scolari, 2004)<sup>45</sup>, o, en otras palabras, un “producto mediático” (Charaudeau, 2013, p. 23) que se instala dentro de

---

**43** Aquí se hace referencia a la interfaz que se da para el intercambio entre el sistema informático, los aparatos periféricos y la red de comunicación. Aquella interfaz que permite el “el intercambio de datos” (Scolari, 2004, p. 39) entre sistemas informáticos diferentes (ordenador a impresora por ejemplo) o entre un sistema informático y una red de comunicación, servidores, telecomunicación, por ejemplo.

**44** Scolari (2004) recurre a la metáfora como recurso para hacer un recorrido por las diferentes formas en que se ha buscado comprender la interfaz.

**45** Scolari hace referencia a Bettetini (1984) quien, desde la semiótica-pragmática y teniendo como génesis el ámbito de la teoría del lenguaje audiovisual, elabora un modelo de la conversación textual. Posteriormente extiende su modelo hacia los entornos digitales.

un acto comunicativo. Para Charaudeau “todo acto comunicativo es un objeto de intercambio entre dos instancias, una de enunciación y otra de recepción” (Charaudeau, 2013, p. 22), es decir, lo plantea como una metáfora conversacional.

En esta conversación el enunciador construye un espacio que se convierte en el repositorio de una articulación que haría posible establecer un diálogo, es el “lugar de construcción del discurso” (Charaudeau, 2013, p. 25).

Para la construcción de este discurso en producto mediático es preciso:

- Contar con un enunciador que realice selecciones estratégicas entre diversos elementos sociosemióticos (imagen, gráficos, texto, etc.) y que den al destinatario la posibilidad de descubrir insumos que faciliten la recreación de sentido.
- Considerar a un enunciatario que active “competencias perceptivas e interpretativas” (Scolari, 2014, p. 36. Lo que implica construir una “hipótesis sobre la cointencionalidad” (Charaudeau, 2013, p. 25).

En ese sentido la enunciación que presente la interfaz gráfica de usuario deberá considerar los efectos supuestos en el usuario para arribar a los efectos posibles en la instancia de recepción.

### **La interfaz gráfica de usuario del SIBC RSUCDMX**

Cuando se menciona la interfaz del RSUCDMX se refiere no sólo a los elementos de su hardware, sino a los procesos, reglas y convenciones que permiten su factibilidad para establecer una relación entre el discurso que propone y el receptor del sistema. Es por ello que el término correcto para referirnos a la interfaz del SIBC será: interfaz gráfica de usuario, misma que reside en cada elemento visual que se presenta a nivel pantalla, con el que un usuario puede interactuar.

La metáfora que describe a la interfaz gráfica de usuario del sistema será la metáfora conversacional de la que habla Scolari haciendo referencia a Bettetini (1984) y que se articula con el modelo de análisis planteado por Charaudeau (2013), específicamente en lo que refiere al enunciador que participa de la construcción de un discurso en el producto mediático a propósito de ubicarlo como parte de una máquina mediática que participa de la creación de sentido.

Para ello el enunciador elige elementos gráficos, textuales, de visualización de información, etc. que se describirán en la segunda parte del capítulo 4 y que resultan fundamentales para diseñar el primer prototipo del sistema, mismo que se constituye como el medio digital que moviliza elementos, en este caso información, para la toma de decisiones a nivel alcaldía (CDMX). A partir de la integración de los tres elementos planteados en la máquina mediática se hace posible la transcodificación para la toma de decisiones basadas en información. Lo que constituye la “hipótesis de cointencionalidad” (Charaudeau, 2003, p. 25) que sustenta al Sistema.

A continuación se muestra un esquema de representación de la metáfora conversacional que se define desde el lugar de construcción del discurso de la máquina mediática.

El diseño de la interfaz gráfica de usuario del sistema RSUCDMX como propuesta de solución implicó la integración de la computación y la ciencia de datos, hasta la visualización de la información como recursos sociosemióticos (lugar externo-interno). Así como el establecimiento de pruebas con el usuario para comprobar que la propuesta de relación discursiva fuera exitosa, es decir, el lugar de la recepción.

### EL LUGAR DE LA RECEPCIÓN

El lugar de las condiciones de interpretación es dónde se encuentra la instancia de recepción y también se constituye de dos espacios: “interno-externo” y “externo-externo” (Charaudeau, 2013, p. 23).

**FIGURA 4** Metáfora conversacional

*Elaboración propia con base en Scolari, 2004. SIBC en el que se soporta la interfaz gráfica de usuario y la conversación entre el enunciador y el enunciatario (Scolari, 2004). La relación entre el enunciador y enunciatario está dada por la cointencionalidad (Charaudeau, 2013). Todo el proceso se enmarca en un contexto que facilita la transcodificación (Manovich, 2005).*



De acuerdo con Charaudeau (2013) el primer espacio constituye el lugar del destinatario ideal. Es el lugar de los efectos esperados, donde el receptor es imaginado por la instancia mediática como alguien capaz de percibir los resultados previstos. El segundo espacio es el del destinatario real, es el lugar de los efectos producidos, en el que se compara al usuario ideal con el usuario real, a través de un proceso de evaluación.

El destinatario ideal del producto mediático que se propone se ubica en el espacio interno-externo de la máquina mediática, en el caso de RSUCDMX el lugar ideal de la recepción está personalizado por el encargado del servicio público de limpia en las alcaldías de la Ciudad de México. Los encargados son los sujetos señalados por el marco legal que da orden a la gestión de RSU, como los responsables de la gestión de RSU.

Se arribó a la identificación de este usuario ideal a través de la exploración de la esfera normativa y se utilizó la metodología de persona que plantean Cooper, Reimann, Cronin y Noessel (2014) para caracterizar a este receptor ideal. A partir del diseño de la persona ideal se identificaron las necesidades de información y los requerimientos del sistema. Este proceso es descrito en la primera parte del capítulo 4.

En el espacio externo-externo se encuentra el receptor real, al que se denomina público, la instancia de consumo de la información mediática, el lugar de los efectos producidos en el consumidor, en función de lo que es (Charaudeau, 2013). En este caso el espacio externo-externo se refleja en el usuario final del sistema, el alcalde.

Sin embargo, si bien se diseñó una persona (Cooper et al. 2014) o usuario ideal del sistema (espacio interno-externo), se necesita conocer las conductas y los juicios del destinatario real para “medir el éxito” (Charaudeau, 2013, p. 107) del producto mediático.

Por lo tanto el sistema RSUCDMX, precisa de una fase de evaluación de su interfaz gráfica para verificar que el acto comunicativo entre el enunciador y el enunciatario, se ha realizado. Así como identificar la posibilidad de transcodificación en el usuario real, es decir que el Sistema se comprende y que puede ser utilizado como herramienta que apoya la toma de decisiones en la gestión de RSU en la CDMX.

La comparación entre el destinatario ideal y el destinatario real se realizó a través de un esquema que integró la metodología pruebas de usabilidad

con el usuario final (UX<sup>46</sup>). Este proceso se describe en la tercera parte del capítulo 4.

### 3.5 RSUCDMX EN LA MÁQUINA MEDIÁTICA. CONCLUSIÓN

Los tres lugares de la máquina mediática (el lugar de las condiciones de producción, el de la construcción del discurso y el de interpretación) están inmersos en todo el desarrollo de RSUCDMX. La integración de éstos hace viable no sólo un acto comunicativo, sino la transcodificación prevista.

En la figura 5 se describen los tres lugares de la máquina mediática (Charaudeau, 2013) en el presente proyecto, donde se muestra la aplicación de los tres lugares que reflejan el acto comunicativo entre la instancia de enunciación y la instancia de recepción.

El lugar de las condiciones de producción consta de dos lugares: el lugar externo-externo y externo-interno. Para el sistema de información RSUCDMX el lugar de las condiciones de producción, en su nivel externo-externo, deviene del análisis de problema que se presenta en el capítulo 1 y que mostró la necesidad de generar información para la toma de decisiones, la información existente para su posterior abordaje y el marco legal que rige el control de la gestión en la CDMX. Este punto también dio pie a delimitar el espacio decisional en el que se instaura el sistema. Es decir, el de gestión local, específicamente la de las alcaldías.

En el nivel externo-interno de las condiciones de producción del sistema están dadas desde la convergencia interdisciplinaria, ya que a partir de la Comunicación, la Computación y el Diseño, se identificaron los requerimientos técnicos y conceptuales a integrarse para desarrollar la propuesta de solución. Un sistema que apoye la toma de decisiones para la gestión de RSU en la CDMX. En este punto resultó estratégica la recopilación y análisis de información generada sobre el tema.

En el lugar de la construcción del discurso se presentan los elementos necesarios para diseñar la interfaz gráfica de usuario. En este espacio se integró una propuesta de contenido, visualización de información, inteligencia artificial, arquitectura de la información, identidad gráfica y prototipado. En este lugar se encuentra el “producto mediático en

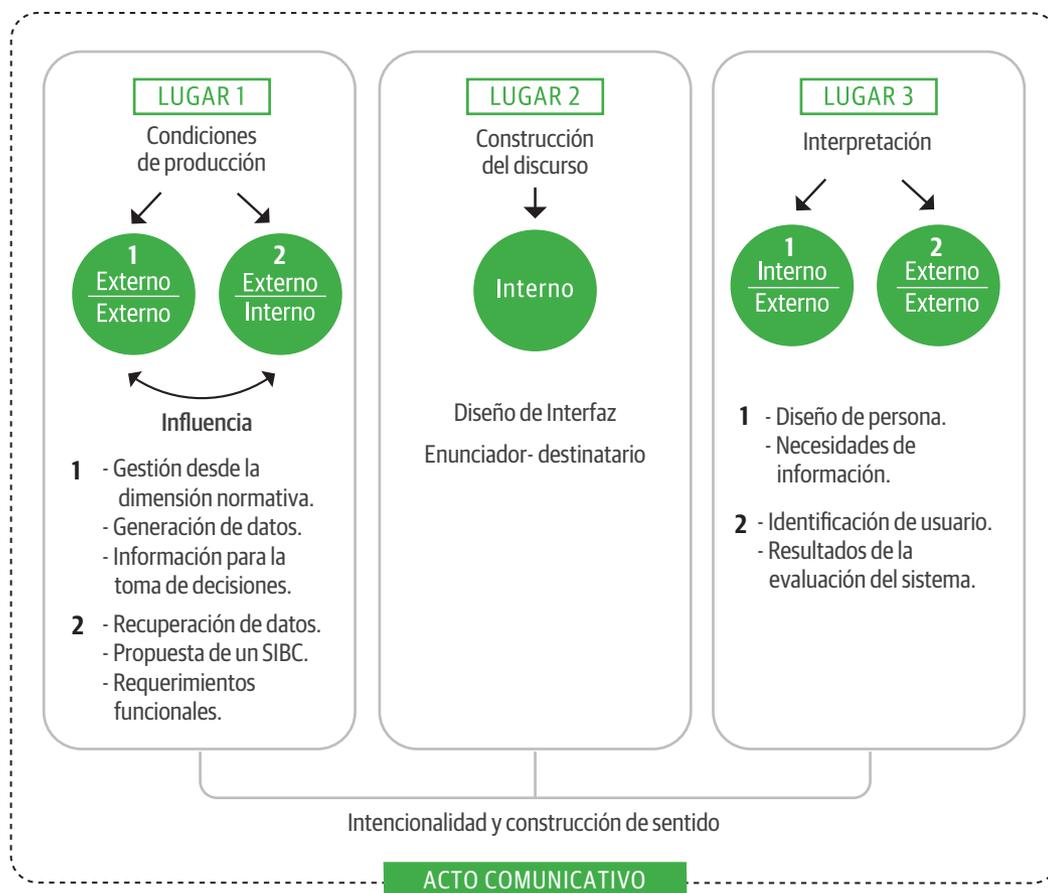
---

<sup>46</sup> *User Experience*, por sus siglas en inglés.

## FIGURA 5 Los 3 lugares de la máquina mediática desde el RSUCDMX

*Elaboración propia con base en Charaudeau (2013).* En esta figura se pueden observar los tres lugares de la máquina mediática aplicados al sistema RSUCDMX: el lugar de las condiciones de producción está dado por la normatividad que cubre la gestión de los RSU y la generación de información en el tema (espacio externo-externo) y por el SIBC y sus requerimientos funcionales a través de una metodología interdisciplinaria

como propuesta de solución (espacio externo-interno), el de la construcción del discurso, dado por el diseño de la interfaz gráfica de usuario y el de interpretación, a través del diseño de persona como destinatario ideal (espacio interno-externo) y la evaluación con el usuario o destinatario real (espacio externo-externo). Los tres lugares posibilitan el acto comunicativo al compartir una intencionalidad y construcción de sentido.



sí” (Charaudeau, 2013, p. 22), donde se lleva a cabo la metáfora conversacional.

El lugar de la interpretación consta de dos niveles. En el nivel interno-externo, para el sistema RSUCDMX, se encuentra al usuario ideal, mismo que se ubica a través del diseño de persona de Cooper (et al., 2014). Este diseño toma en cuenta las necesidades de información supuestas desde el marco legal. El proceso de diseño de persona se describe ampliamente en la primera parte del capítulo 4. También en este lugar, pero desde el nivel externo-externo, se encuentra la realización de pruebas de usabilidad, mismas que sirven para arribar al usuario real.

Estos tres lugares descritos posibilitan el acto comunicativo al compartir una intencionalidad y construcción de sentido que permiten la toma de decisiones para la gestión de RSU en la CDMX. Por lo tanto, la construcción del sistema RSUCDMX resulta de la estructuración entre los elementos de producción (externo-externo y eterno-interno) y los elementos de recepción (interno-externo y externo-externo).

La estructuración del producto RSUCDMX y los discursos de representación que circulan en el lugar de las condiciones de producción y en el contexto sociocultural en el que se encuentra la instancia de interpretación (Charaudeau, 2013) posibilitan el proceso de transcodificación e implica que el acto comunicativo sea exitoso.

La propuesta de solución aquí expuesta supone la probabilidad de que el enlace entre el enunciador y el enunciatario se manifieste a través de la construcción del discurso en la interfaz gráfica de usuario. En el siguiente capítulo se expone el desarrollo de la interfaz gráfica de usuario.

## CAPÍTULO 4

# DISEÑO Y EVALUACIÓN DEL RSUCDMX

Este capítulo se compone de tres apartados y describe los elementos necesarios para diseñar el sistema de información RSUCDMX, desde la construcción del prototipo, hasta la evaluación del prototipo.

En el primer apartado se presenta el proceso de identificación de los requerimientos funcionales, mismos que impactaron en el diseño del prototipo del sistema y en su implementación. En el segundo apartado se describen los elementos en los que se basa el diseño del sistema. Finalmente, el tercer apartado expone el proceso de evaluación que se llevó a cabo a través de tres etapas iterativas.

## 4.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Aquí se describe cómo se arribó a los requerimientos funcionales del sistema de información, a través de la revisión del panorama normativo y con apoyo de un diseño de la persona (Cooper, et al. 2014)<sup>47</sup>.

Una vez identificadas las necesidades de la funcionalidad se determinó utilizar la visualización de información e inteligencia artificial (IA), en este apartado se describen ambos puntos y cómo éstos participaron en la concreción de un primer prototipo. Además, se llevó a cabo una arquitectura de información (AI) que fue útil para estructurar el contenido del sistema.

Este apartado constituye el espacio en el que se plantean las condiciones de producción que rigen al producto mediático (Charaudeau, 2013)<sup>48</sup>, es decir, aquellos elementos técnico conceptuales que dan pie al diseño del prototipo.

A continuación se describen los “requerimientos de diseño” (Cooper et al., 2014, p. 116) y se ejemplifica la aplicabilidad con el prototipo. El desarrollo del prototipo es el resultado de la integración de diversos elementos técnicos y conceptuales como la visualización de información, la estimación de la generación a través de inteligencia artificial (IA) y la arquitectura de la información (AI).

### DEL CONTEXTO LEGAL AL DISEÑO DE PERSONA Y EL ESCENARIO DE USO

El análisis del contexto de los RSU (generación y gestión en México y en la CDMX), así como el reconocimiento del marco legal son los elementos que dan pie a la identificación de los requerimientos a cubrir. Este reconocimiento del contexto hizo evidente que la normativa referente a los residuos sólidos en México y en la Ciudad de México determina que

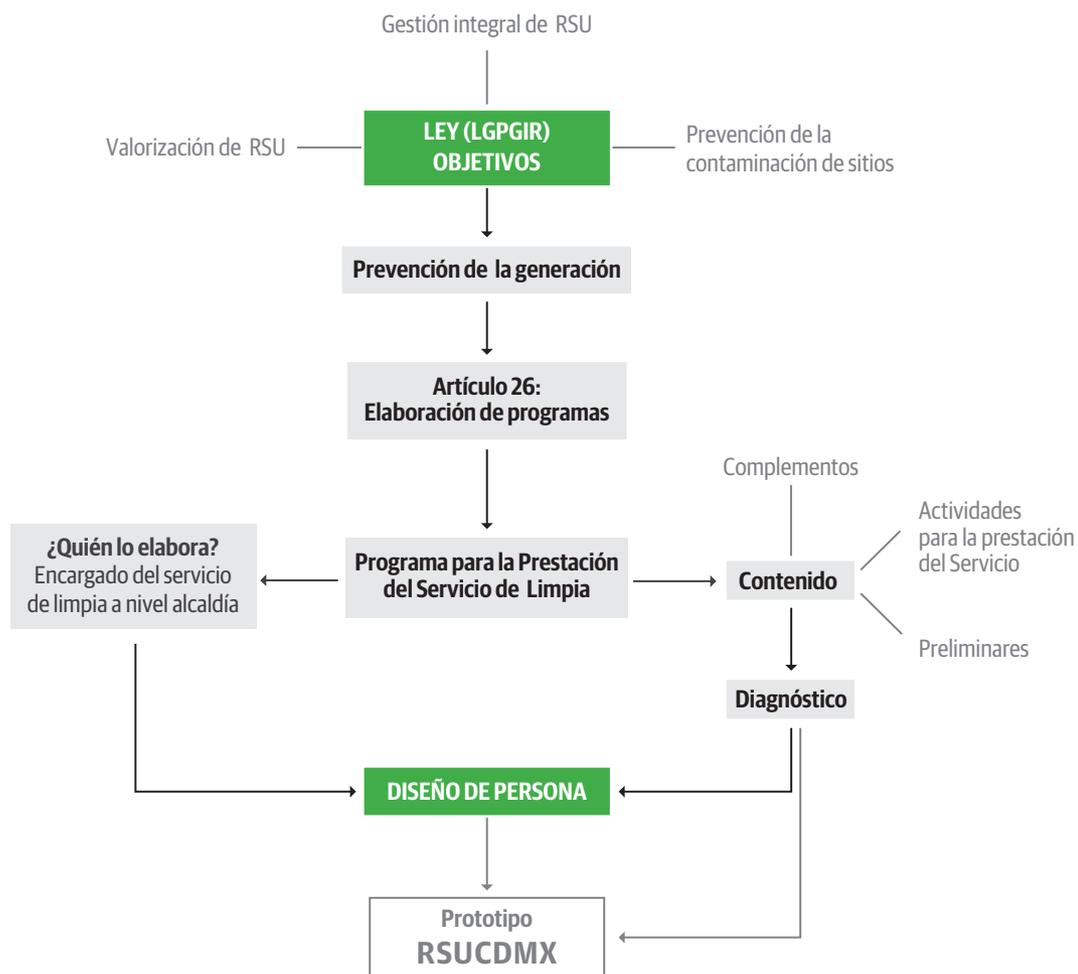
---

<sup>47</sup> Los requerimientos del sistema son el resultado del análisis y reconocimiento del lugar de las condiciones de producción (Charaudeau, 2013), el marco legal de los RSU; así como los elementos que ésta condición impactan en la condición de recepción (Charaudeau, 2013), ya que la ley establece al alcalde como la persona responsable de la gestión de RSU en la CDMX.

<sup>48</sup> Específicamente en el espacio externo-interno.

## FIGURA 6 De la LGPGIR al diseño de la persona

*Elaboración propia.* Se puede apreciar la ruta, para identificar al usuario del sistema de información. En este caso el encargado de limpia en la alcaldía.



la responsabilidad del manejo de los residuos es municipal (alcaldía en el caso de la CDMX). Para ello, el instrumento legal que apoya la planeación estratégica de la gestión de RSU a nivel alcaldía es el Lineamiento para la elaboración del PPSPL. El responsable de hacer este Programa es el Encargado del Servicio Público de Limpia de cada alcaldía. Para caracterizar a este grupo de usuarios se recurrió a la metodología de diseño de Persona propuesta en *About Face: The Essentials of Interaction Design* (Cooper et al., 2014).

### **Persona**

El diseño de una persona (Cooper et al., 2014) ayuda a precisar cómo se comportan los grupos de usuarios del sistema, qué quieren lograr y cómo piensan. Por lo que permite identificar esos comportamientos de las personas que van a marcar la interactividad que demanden del sistema, es decir, los comportamientos que definen los procesos de interacción. Las personas no son personas reales, solo representan los comportamientos y motivaciones de los usuarios reales.

Para el sistema RSUCDMX se diseñó a la persona, sujeto (a) responsable en la administración, encargado (a) del servicio público de limpia en la alcaldía. La persona que ostenta esta función tiene la tarea de realizar un PPSPL, y que, de acuerdo con la esfera normativa, representa al usuario principal de este sistema, ya que tiene la responsabilidad de gestionar los RSU a nivel local.

Esta metodología de diseño de persona permitió verificar los objetivos de nuestro destinatario ideal (Charaudeau, 2013), y es una herramienta fundamental para identificar los requerimientos del sistema. Cooper (et al., 2004) utiliza el concepto persona para crear modelos descriptivos de usuarios que favorezcan el diseño de la interacción en un producto o herramienta digital.

Las personas son arquetipos compuestos basados en patrones de comportamiento descubiertos durante el curso de una investigación, que se formalizan con el propósito de informar el diseño del producto. (Cooper et al., 2014, p. 62)

La persona del sistema RSUCDMX se determinó como resultado de la exploración de la dimensión normativa del fenómeno y no como resultado del contacto directo con el tipo de usuario, por lo que la persona determinada es de tipo provisional. Las personas provisionales o ad hoc

**TABLA 2** Aplicación del diseño de persona provisional

RECOMENDACIÓN	APLICACIÓN
Etiquetarlos y explicarlos claramente	Se le otorgó un nombre y un apellido
Representarlos visualmente con bocetos, no fotografías, para reforzar su naturaleza provisional.	Se realizó un avatar para representar al usuario.
Intentar utilizar la mayor cantidad de información existente. (investigación de dominios, expertos en la materia, estudios de campo o personas para productos similares).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizaron entrevistas a expertos (Anexo II), académicos e involucrados en el proceso de gestión de los RSU.</li> <li>• Se hizo una exploración documental sobre la normatividad.</li> </ul>
Hacer suposiciones	Los involucrados directos son aquellos responsables de la gestión a nivel alcaldía. Entre los que están aquellos que desarrollan el PPSPL.
Mantenerse alejado de los estereotipos (más difícil de hacer sin información de campo)	Las entrevistas y la documentación normativa permiten alejarse del estereotipo.
Enfocarse en conductas y motivaciones, no en datos demográficos	Enfoque a las necesidades de información del usuario, como resultado de la exploración documental previa.

pueden ser “herramientas retóricas útiles para comunicar las suposiciones sobre quiénes son los usuarios importantes y lo que necesitan” (Cooper, et al., 2014, p. 86). De ahí que la herramienta resulta útil para la definición de requerimientos del sistema que tiene como blanco<sup>49</sup> a las alcaldías.

La Ciudad de México cuenta con 16 alcaldías, cada una cuenta con un encargado de limpieza, dicho encargado debe presentar el PPSPL.

<sup>49</sup> Para Charaudeau, el blanco es quien porta “un conjunto impreciso de valores ético sociales”. El autor establece dos tipos de blancos, el intelectual y el efectivo. El blanco intelectual es un destinatario menos afectivo y con mayor “facultad de pensar”. Esto puede producirse en tres ámbitos prácticos: en la organización de la vida política y económica del país, en la organización de actividades ... y en la vida cotidiana” (Charaudeau, 2013, p.104).

La realización del Programa implica identificar el estado que guarda la alcaldía a efecto de tomar decisiones sobre la gestión del servicio de tratamiento y recolección de RSU.

Las personas provisionales se estructuran con base en la información disponible y los supuestos del diseñador sobre conductas, motivaciones y objetivo (Cooper et al., 2014) Las recomendaciones de Cooper para el diseño de personas de este tipo son seis. En la siguiente tabla se presentan estos puntos y su aplicación.

Después de la consideración de estos puntos se procede al diseño de la persona provisional para el RSUCDMX, en consideración a su rol, responsabilidades, metas y motivaciones. Otro componente de este diseño es el planteamiento de un escenario contextual. Para Cooper (et al., 2014) un escenario busca establecer una narrativa en la que la persona se desenvuelve, en este caso a propósito del sistema.

Los escenarios son descripciones narrativas que utilizan un producto o servicio para alcanzar metas específicas, éstos permiten comenzar el diseño desde una historia, describiendo una experiencia ideal desde la perspectiva de la persona enfocándonos en cómo la gente piensa y se comporta. (Cooper et al., 2014, p. 105)

El escenario se deriva de la fase de búsqueda de las necesidades del usuario y se utilizó para explorar cómo el sistema puede responder de la mejor forma a esas necesidades. A continuación se presenta el diseño de la persona posteriormente se ubica el escenario.

### **Diseño de la persona**

Daniel Estrada

Tipo: Provisional

Frecuencia potencial: 3 meses

Edad: 45 años

Ubicación: alcaldía

Rol (puesto laboral): Encargado del servicio público de limpia a nivel alcaldía.

Comisión o secretaría: Servicios urbanos de la alcaldía

### **¿Qué hace?**

Formular, ejecutar, vigilar y evaluar el programa delegacional de prestación del servicio público de limpia de su competencia, con base en los lineamientos establecidos en el Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PGIRS). Es el responsable del diseño y elaboración del Programa para la Prestación del Servicio Público de Limpia en la delegación, a fin de mejorar la gestión de los RSU en su alcaldía.

### **¿Cómo lo hace?**

El responsable realiza el Programa para la Prestación del Servicio Público de Limpia (PPSPL) a través de una estructura con cuatro componentes:

1. Preliminares (resumen ejecutivo, introducción, objetivos del programa y marco jurídico).
2. Diagnóstico (descripción de la delegación, caracterización de los residuos, organización y operación actual del servicio público en el manejo de residuos).
3. Actividades para la Prestación del Servicio Público de Limpia (descripción del análisis de la situación, planes y metas que se pretenden alcanzar para la prestación del servicio público de limpia, en sus etapas de barrido, recolección de residuos y demás actividades de competencia delegacional).
4. Complementos (vigencia del programa, glosario y acrónimos, referencias, anexos).

**Metas:** Gestionar el servicio público de limpia y entregar el PPSPL a efecto de mejorar la gestión integral de los RSU en la alcaldía.

**Motivaciones:** Realizar una planeación estratégica del servicio de limpia en la alcaldía.

**Frustraciones:** Dificultades para contar con información oportuna en el momento oportuno.

La función del escenario es detectar las necesidades del usuario y cómo puede cubrir las la solución propuesta. Este escenario se realizó con base en los Lineamientos para la elaboración del Programa para la Prestación del Servicio Público de Limpia (PPSPL), competencia de las Delegaciones Políticas (SEDEMA, 2017).

**Escenario**

1. Daniel debe realizar el PPSPL.
2. Daniel reconoce los apartados del programa (preliminares, diagnóstico, actividades para la prestación de servicios público de limpia, complementos).
3. Daniel realiza el apartado de preliminares: introducción, objetivos del programa.
4. Daniel pasa al siguiente apartado para realizar el diagnóstico el cual debe integrar:
  - Descripción de la alcaldía  
Daniel se da cuenta que para hacer la descripción de la alcaldía necesita tener datos demográficos, factores físicos de su alcaldía, factores socioeconómicos.
  - Caracterización de los residuos y organización.  
También se da cuenta que para cubrir la caracterización de los residuos debe contar con datos sobre la generación de residuos, generación por día y per cápita.
  - Operación actual del servicio público de limpia  
Estructura organizacional del personal operativo y administrativo.  
Recursos materiales y equipo.
5. Daniel dispone de una computadora con acceso a internet en su trabajo y es un usuario promedio.
6. Daniel necesita información oficial para realizar el PPSPL.
7. Daniel realiza una búsqueda en la red para encontrar información sobre su alcaldía.
8. Daniel encuentra información dispersa, tablas, informes, reportes procedentes de diversas fuentes gubernamentales lo que implica que sea más difícil y lento hacer su PPSPL.
9. Daniel piensa que debería contar con información que se presente en un sólo lugar.
10. A Daniel le gustaría contar con información que se pudiera interpretar fácilmente para hacer más ágil su análisis.
11. Daniel considera que si tuviera datos actuales y anteriores, podría hacer una comparación.
12. Daniel se da cuenta que si quisiera hacer un PPSPL de forma más estratégica, sería conveniente contar con un estimado de la generación de residuos.

**Operacionalización del escenario de uso**

Para identificar los requerimientos concretos del diseño del sistema se realizó la Tabla 3. Para construir la tabla se tomó como referencia el

**TABLA 3 Operacionalización del escenario de uso**

La tabla está integrada por tres columnas. En la primera columna se presenta el enunciado que deriva del escenario de la persona. En la segunda columna se describe el requerimiento de información que debería tener el sistema para cubrir el escenario. La tercera columna indica la propuesta de funcionalidad del sistema que da solución al requerimiento.

ESCENARIO	REQUERIMIENTO DEL DISEÑO DEL SISTEMA (INFORMACIÓN IDEAL REQUERIDA)		FUNCIONALIDAD (SOLUCIÓN AL REQUERIMIENTO)
<b>Reconocer los apartados del programa (preliminares, diagnóstico, actividades para la prestación de servicios público de limpia, complementos).</b>	El sistema debe contener información para realizar los apartados.		Sistema de Información con datos para realizar los apartados, o algún apartado del PPSP.L.
<b>Realizar el apartado de diagnóstico que integra:</b>	Descripción de la alcaldía. A través de datos demográficos, factores físicos de la alcaldía, factores socioeconómicos.	El sistema debería incluir datos para describir la alcaldía: datos demográficos, factores físicos y factores socioeconómicos.	Se integran datos para la realización del diagnóstico de cada una de las alcaldías. Datos para la descripción de la alcaldía: demográficos, físicos, socioeconómicos.
	Caracterización de los residuos y organización. Contar con datos sobre la generación de residuos como generación por día y <i>per cápita</i> .	El sistema debería tener información sobre los residuos: generación de residuos, generación por día y <i>per cápita</i> .	El sistema presenta información sobre la generación de residuos, generación por día y <i>per cápita</i> .
	Operación actual del servicio público de limpia.	Debería integrar información sobre la infraestructura.	Se incluye información sobre la infraestructura: sitios de transferencia, selección, compactación y disposición final.
	Contar con datos sobre la estructura organizacional del personal operativo y administrativo.	El sistema debería presentar información organizacional del personal operativo y administrativo.	La información abierta institucional presenta información organizacional limitada sobre personal operativo y administrativo.



ESCENARIO	REQUERIMIENTO DEL DISEÑO DEL SISTEMA (INFORMACIÓN IDEAL REQUERIDA)		FUNCIONALIDAD (SOLUCIÓN AL REQUERIMIENTO)
	Contar con datos sobre recursos materiales y equipo.	El sistema debería presentar información de equipamiento.	El sistema integra información sobre equipamiento: número de vehículos, barredoras mecánicas y equipo para el barrido manual.
Dispone de una computadora con acceso a internet en el trabajo, es un usuario promedio.	El sistema de podría presentar información en un sistema web.		El sistema de información se consume a través de la web.
Necesidad de información oficial para realizar el PPSPL.	El Sistema presentaría información en un entorno de tipo informacional y apoyaría la toma de decisiones.		Se realiza un SIBC porque este tipo de sistema, por su hardware y su software, está diseñado para la toma de decisiones.
	El sistema debe contener información institucional		Es un SIBC de carácter informacional porque sólo permite la consulta El sistema se nutre de datos abiertos de fuentes institucionales.
Buscar en la red datos para ubicar información sobre su alcaldía.	El sistema debe estar abierto al público. Se puede encontrar en línea.		Al nutrirse de datos abiertos la información se presenta para todo público y se publica en la web.
La información se encuentra dispersa en tablas, informes, reportes procedentes de diversas fuentes gubernamentales lo que implica que sea más difícil y lento hacer un PPSPL.	El sistema deberá integrar información de diferentes fuentes institucionales lo que hace que sea más fácil y rápido el proceso para hacer su PPSPL.		Se ofrece información vinculada que resulta en visualizaciones. Estas se presentan de manera automatizada, lo que agiliza la consulta..
	La información debe ser fácil de interpretar		La visualización facilita la interpretación de la información.
Debe contar con información disponible en un sólo lugar.	El sistema debe presentar información vinculada.		El sistema integra información de SEDEMA, INEGI, CONAPO, PNUD.
Contar con información fácil de interpretar para hacer más ágil el análisis.	El sistema deberá presentar información a través de visualizaciones para hacer más ágil su análisis.		El sistema presenta visualizaciones de información.

ESCENARIO	REQUERIMIENTO DEL DISEÑO DEL SISTEMA (INFORMACIÓN IDEAL REQUERIDA)	FUNCIONALIDAD (SOLUCIÓN AL REQUERIMIENTO)
Daniel considera que si tuviera datos actuales y anteriores, podría hacer una comparación.	El sistema puede ofrecer información, respecto a diversas variables, en un lapso variable de tiempo.	El sistema tiene una funcionalidad para consultar las variables en diversos años. Los años varían de lapso, según la variable.
Contar con un estimado de la generación de residuos para hacer un PPSPL de forma estratégica	El sistema puede ofrecer un estimado de la generación de residuos en su alcaldía.	El sistema contiene una funcionalidad para estimar la generación de RSU por alcaldías.

escenario planteado para la persona diseñada. Una vez identificados los requerimientos que responden a las necesidades de información se propuso la funcionalidad (solución al requerimiento).

Los resultados de la operacionalización del escenario de uso dieron paso a la identificación de las funcionalidades propuestas a cubrir en el sistema.

### **De la propuesta de funcionalidad al prototipo**

El prototipo es una herramienta que funciona como una guía, que sirve para mostrar una progresión tangible o que demuestra características específicas para la integración de sistemas, asegurando que los componentes y subsistemas funcionen de acuerdo con la planeación (Berglund & Leifer, 2013). Por lo tanto, desarrollar un prototipo sirve para alcanzar progresivamente el diseño final de la interfaz gráfica de usuario para el sistema RSUCDMX, así como para hacer una simulación de su funcionalidad.

Para el diseño del prototipo se partió de la Tabla 3, específicamente de los elementos enlistados en la tercera columna: Funcionalidad (solución al requerimiento<sup>50</sup>). Esta funcionalidad es el insumo para el desarrollo de la tabla 4.

<sup>50</sup> Como se señaló en la Tabla 3. La propuesta de funcionalidad es el resultado de identificar el escenario al que se enfrenta la persona (usuario ideal) del sistema, pero también de la revisión de los datos con los que se cuenta (Anexo I).


**TABLA 4 De la propuesta de solución a su aplicación en el prototipo**

La tabla tiene tres columnas, en la primera se ubican los puntos que emanan, como propuesta de funcionalidad de la Tabla 3. La segunda columna presenta no sólo qué información sería ideal, sino con cuál se cuenta. Por ello el insumo para la segunda columna es el Inventario de datos (Anexo I). En la tercera columna se establece cómo se hará el abordaje de cada requerimiento en el prototipo.

PROPUESTA DE FUNCIONALIDAD (SOLUCIÓN AL REQUERIMIENTO)	DATOS DISPONIBLES	APLICACIÓN EN EL PROTOTIPO.
Realización de un Sistema de Información	Se identificó la disponibilidad de datos en fuentes como SEDEMA, INEGI, CONAPO.	N/A
Sistema de Información que tenga información para realizar los apartados, o algún apartado del PPSPL.	Se ubicaron cuatro apartados en el PPSPL, sin embargo las fuentes de información institucionales ofrecen datos que son útiles en la primera etapa: diagnóstico de la situación.	N/A
El sistema integra datos para la realización del diagnóstico de cada una de las alcaldías.	Existen datos para la realización del diagnóstico, desagregados por alcaldía.	Se diseñó una interfaz gráfica de usuario que presenta elementos de apoyo al diagnóstico, por alcaldía
Datos para la descripción de la alcaldía: demográficos, físicos, socioeconómicos.	Se cuenta con datos sobre ubicación geográfica (factor físico), así como descriptores demográficos (número de habitantes y número de colonias) y sociodemográficos (índice de desarrollo humano, índice de marginación y clasificación del municipio) para cada una de las 16 alcaldías.	Se presenta la ubicación geográfica de cada alcaldía en la ciudad. Se diseñó la información para presentar de manera ordenada y visible el número de habitantes y de colonias.  Se complementa con variables sociodemográficas. Para su comprensión se presentan en una forma y color que hagan la información significativa.
El sistema presenta información sobre la generación de residuos, generación por día y per cápita.	Respecto a cada una de las 16 alcaldías se tienen datos sobre la generación de residuos, generación por día (generación total en toneladas por día) y generación per cápita (Kilogramos por habitante).	Se representa visualmente, para cada una de las 16 alcaldías, la información sobre la generación de RSU, en relación con el total en toneladas por día, así como en generación per cápita (kg/hab).

PROPUESTA DE FUNCIONALIDAD (SOLUCIÓN AL REQUERIMIENTO)	DATOS DISPONIBLES	APLICACIÓN EN EL PROTOTIPO.
El sistema integra información sobre la infraestructura: sitios de transferencia, selección, compactación y disposición final.	Para que el sistema logre integrar información sobre infraestructura se dispone de información referente a la ubicación de los sitios de transferencia, de selección, compactación y disposición final	Se realiza un mapa que representa el flujo de los residuos y que da al usuario una visualización de la ubicación de cada uno de los siguientes puntos: estaciones de transferencia, planta de selección, compactadoras y de composta y sitios
La información abierta institucional presenta información organizacional limitada sobre personal operativo y administrativo.	La información abierta institucional presenta información organizacional limitada sobre personal operativo y administrativo.	Se incluye información organizacional limitada debido a que no hay muchos datos abiertos disponibles sobre el tema.
El sistema integra información sobre equipamiento: número de vehículos, barredoras mecánicas y equipo para el barrido manual.	Se ubicaron datos disponibles sobre equipamiento en lo referente a la cantidad de vehículos recolectores según su tipo, barrido manual (rutas, personal, carritos), número de colonias, rutas de recolección y cantidad de barredoras mecánicas.	Se establece un apartado específico para el equipamiento en en cada alcaldía, donde a través de diversas gráficas se muestra la cantidad de vehículos disponibles y el tipo de los mismos; la cantidad de rutas, personal y carritos disponibles para realizar el barrido manual, el número de colonias que integra cada alcaldía, el número de rutas de recolección y la cantidad de barredoras mecánicas con las que cuenta. La finalidad es mostrar el comportamiento de estos datos a través de un periodo de tiempo.
El sistema de información se consume a través de la web.	Los datos encontrados deben estar disponibles en un sitio web	El prototipo estará disponible para su consulta en web.
Se realizará un SIBC porquetipo de sistema, por su hardware y su software, está diseñado para la toma de decisiones.	Un SIBC logra poner los datos disponibles en web para su consumo	El prototipo simula el SIBC y su funcionamiento, por lo que los datos disponibles ya están presentados y listos para ser consultados.
Es un SIBC de carácter informacional, porque sólo permite la consulta.	Los datos disponibles son puestos en un SIBC con la finalidad de que puedan ser consultados.	
El sistema se nutre de datos abiertos de fuentes institucionales.	Los datos abiertos de los que se nutre el sistema provienen de instituciones como SEDEMA, INEGI, CONAPO y PNUD	



PROPUESTA DE FUNCIONALIDAD (SOLUCIÓN AL REQUERIMIENTO)	DATOS DISPONIBLES	APLICACIÓN EN EL PROTOTIPO.
Al nutrirse de datos abiertos la información se presenta para todo público y se publica en la web.	Los datos son abiertos y pueden ser consultados por todo el público.	El prototipo simula un sistema abierto.
El sistema presenta información vinculada que se muestra en visualizaciones que permiten una consulta ágil. La visualización podría facilitar la interpretación de la información.	Los datos disponibles se representan a través de visualizaciones, lo que facilita su entendimiento y hace que la consulta de los mismos sea ágil.	Los datos están representados a través de gráficas.
El sistema integra información de SEDEMA, INEGI, CONAPO, PNUD.	El sistema integra información de SEDEMA, INEGI, CONAPO, PNUD.	El sistema integra información de SEDEMA, INEGI, CONAPO, PNUD.
El sistema presenta visualizaciones de información.	Todos los datos quedan disponibles y vinculados a través de visualizaciones.	Las visualizaciones muestran información sobre una variable en distintos periodos de tiempo. Además el prototipo permite ver la información de las distintas fuentes en un sólo lugar (SIBC).
El sistema tiene una funcionalidad para consultar las variables en diversos años. La información disponible varía de acuerdo a los periodos de tiempo requeridos.	Se puede aprovechar la periodicidad de los datos para ofrecer información del comportamiento de diversas variables a través de los años.	Se pueden visualizar gráficos de diversos años (según las variables).
El sistema contiene una funcionalidad para estimar la generación de RSU por alcaldías.	Los datos disponibles son aprovechados para estimar la generación.	Se integra un proceso de Inteligencia Artificial para estimar la generación de RSU por alcaldías.

## 4.2 DISEÑO DEL SISTEMA

Como conclusión al desarrollo de la Tabla 4, se identifica que la propuesta de funcionalidad, aplicada al prototipo se resuelve con la integración de elementos técnico conceptuales como la visualización de información. Lo cual implica la integración de gráficos<sup>51</sup> y técnicas de inteligencia artificial como principales componentes de RSUCDMX.

<sup>51</sup> Cabe recalcar que el sistema RSUCDMX recupera datos provenientes de las instituciones gubernamentales y se emplea el recurso de la visualización para facilitar al usuario la comprensión de los datos.

La concreción del prototipo requiere del ordenamiento estratégico del contenido de un SIBC a través de la consideración de elementos como la arquitectura de información, propuesta de contenido y las leyes UX<sup>52</sup>. A continuación se abordarán los conceptos de estos elementos y su aplicación para el diseño del prototipo.

## **VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN Y TIPOLOGÍA PARA LA CREACIÓN DE GRÁFICOS**

El primer elemento es la visualización<sup>53</sup> de información, esta puede entenderse como “El estudio de la representación visual de los datos abstractos (interactivos) para reforzar la cognición humana” (Alcalde, 2015, p.13). Uno de las herramientas que utiliza la visualización son los gráficos.

Para Tufte (2001) un gráfico de datos bien diseñado resulta una herramienta poderosa para lograr una buena comunicación de información estadística. El diseño de éstos consta de dos momentos, un momento de planeación y un momento de ejecución.

### **MOMENTO DE PLANEACIÓN**

Berinato menciona que planear una visualización implica “pensar visualmente” sobre el tipo y la naturaleza de la información con la que se cuenta (Berinato, 2016).

Una buena manera de comenzar a pensar visualmente es considerar dos preguntas acerca de la naturaleza y el propósito de la visualización: ¿La información es conceptual o de datos? y ¿estoy declarando algo o explorando algo? (Berinato, 2016, p.54)

Preguntas que luego el autor busca explicar a través de una matriz con dos ejes principales: tipo de información con la que se cuenta (eje horizontal) y el tipo de visualización que se pretende mostrar (eje vertical). ( Ver figura 7)

---

<sup>52</sup> Las Leyes de UX o leyes de experiencia del usuario toman en cuenta aquellos aspectos de la interacción del usuario final con servicios o productos (Norman & Nielsen, 2018).

<sup>53</sup> “El significado de visualizar pues, en la visualización de la información, no se corresponde con la acción de percibir algo a través de los sentidos y la comprensión, sino con hacer perceptible a la visión lo que no es naturalmente visible” (Como se cita en Torres, D. 2010, p. 77).

El eje de tipo de información alude a información de carácter conceptual o basada en datos. La información conceptual refiere a datos cualitativos como procesos, jerarquías y ciclos, mientras que la información basada en datos refiere a datos cuantitativos. Para el eje del tipo de visualización se encuentran la visualización declarativa y la exploratoria.

### FIGURA 7 Matriz de tipo de visualización

Elaboración propia basada en Berinato (2016, p. 57). En esta figura Berinato representan los ejes y tipos, así como los cuatro cuadrantes derivados de su integración. La visualización propuesta para el sistema RSUCDMX se ubica en el cuadrante B.



La declarativa corresponde a aquellas visualizaciones donde se muestra un escenario definido del cual se sabe el comportamiento del fenómeno a representar. En la exploratoria aún no se sabe lo que se está buscando, por lo que se recurre a los gráficos para ver patrones o tendencias. Con base en la articulación de los dos ejes se generan cuatro cuadrantes. Cada uno de ellos deriva en un tipo de visualización: ilustración de ideas, generación de ideas, descubrimiento visual y datos cotidianos;

estas constituyen lo que Berinato llama en Good Charts, “tipología para la creación de gráficos” (Berinato, 2016, p. 58). A continuación se describen los cuatro tipos según el autor:

Ilustración de ideas (cuadrante A). Este tipo de visualización apunta principalmente a ideas que no están conectadas a datos estadísticos, por lo que la presentación de los datos no se encuentra limitada por los ejes. Berinato (2016) sugiere utilizar diagramas de procesos, organigramas o árboles de decisión, por mencionar algunos.

Datos cotidianos (cuadrante B). El objetivo de este tipo de visualización es dar al usuario un contexto determinado del fenómeno con base en datos cuantitativos. Se utilizan gráficos estándar para expresar una idea, se sugieren gráficos de líneas, barras, de pastel o gráficos de dispersión, entre otros. Las visualizaciones comunican una idea simple y se grafican sólo algunas variables.

Generación de ideas (cuadrante C). Aquí se utilizan como recurso bocetos, con la finalidad de visualizar ideas que no dependen de datos estadísticos.

Descubrimiento visual (cuadrante D). Son visualizaciones en las que los datos se usan para confirmar hipótesis o encontrar patrones y tendencias. Según Berinato (2016), este tipo de gráfico utiliza el software estadístico para explorar los datos y visualizarlos de manera rápida, por lo que se sugieren gráficos sencillos.

En el sistema RSUCDMX la información con la que se cuenta es de tipo cuantitativo, ya que refiere a datos numéricos (eje horizontal) provenientes de las bases de datos institucionales. El tipo de visualización es declarativo (eje vertical) debido a que el escenario ya se encuentra delimitado por la definición funcional.

Por otro lado, debido al objetivo que cumple la visualización, se ubica en el cuadrante B “datos cotidianos” (everyday dataviz) (Berinato, 2016, p. 58) ya que busca dar a conocer al usuario el contexto de la gestión de los RSU en su delegación.

Una vez definido el tipo de visualización por el cuadrante en el que se encuentra y el objetivo, se identifica la pertinencia de utilizar gráficos como herramienta de visualización.

### Tipología de gráficos

Para definir el tipo de gráfico a utilizar en las visualizaciones de información que presenta el sistema se recurrió al diagrama propuesto por el Dr. Andrew Abela, el cual muestra una “jerarquía de tipo de gráfico” (Berinato, 2016, p. 85), donde establece una taxonomía gráfica de acuerdo con el propósito que se busca.

El diagrama de Abela presenta cuatro grupos taxonómicos: comparación, distribución, composición y relación, de cada uno se desprenden distintos tipos de gráficos. En la siguiente figura se abstrae la Jerarquía de tipos de gráficos según Abela, la cual muestra los cuatro grupos taxonómicos principales.

**FIGURA 8**

### Abstracción de la jerarquía de tipos de gráfico según Abela

*Elaboración propia con base en lo referido por Berinato (2016).* En esta figura se representan los grupos taxonómicos. El grupo de comparación engloba gráficos como: barras horizontales y verticales, de área circular y de líneas. El grupo de distribución contiene gráficos como: histograma de barras, histograma de línea y gráfico de dispersión. El grupo de composición muestra gráficos como: de barras apiladas, de área apilada, de pastel, de mapa de árbol. Por último el grupo de relación integra gráficos de burbuja y de dispersión.



La revisión de estos grupos taxonómicos presentados por Abela se realizó para identificar el grupo más apto para utilizar en el sistema. El diseño del RSUCDMX recurrió a gráficos pertenecientes al grupo taxonómico de comparación y composición. El tipo de gráfico a utilizar, para cada categoría de información, se describe a continuación.

### **Tipo de gráfico por categoría**

Este momento implica la definición del tipo de recurso gráfico para cada categoría de información que presenta la interfaz gráfica de usuario del SIBC RSUCDMX.

La elección del tipo de gráfico implica dos momentos:

**1. Categorización de la información.** El desarrollo de este punto se realizó a través de una tabla de categorías de información en el prototipo (Tabla 5). A través de esta tabla se identificaron las cuatro categorías de información: información general, generación de RSU, infraestructura y estimación.<sup>54</sup>

**2. Análisis de variables por categorías.** Se analizó el tipo de variable de cada grupo de datos<sup>55</sup>. Es decir, se identificaron las características de cada variable tales como: unidad de medida, cantidad, toneladas, porcentaje y temporalidad.

Una vez categorizada la información y analizadas las características de cada variable, se plantearon los tipos de gráficos. Lo que representa el momento de ejecución de la visualización.

### **Categorización de la información**

La categorización de información se realiza para organizar las variables, así como para agilizar su análisis. Por lo tanto, el desarrollo de ésta es pieza fundamental para el establecimiento de una propuesta de arquitectura de información (AI), por lo que la referencia a la categorización se volverá a encontrar en el punto en el que se aborda la AI.

---

**54** La Tabla 5 forma parte imprescindible tanto para la generación de la propuesta de gráficos como para la propuesta de Arquitectura de información.

**55** Este punto se desarrolló con apoyo del inventario de datos (Anexo I).


**TABLA 5 De la aplicación del prototipo a la categoría de información**

APLICACIÓN AL PROTOTIPO	CATEGORÍA DE INFORMACIÓN
Se diseña una interfaz gráfica de usuario que presenta elementos de apoyo al diagnóstico, por alcaldía	Información general
Se presenta la ubicación geográfica de cada alcaldía en la ciudad.	Información general
Se diseña la información para presentar de manera ordenada y visible el número de habitantes y de colonias. Se complementa con variables sociodemográficas. Para su comprensión se presentan en una forma y color que hagan la información significativa.	Información general
Se representa visualmente, para cada una de las 16 alcaldías, la información sobre la generación de RSU, en relación con el total en toneladas por día, así como en generación per cápita (kg/hab).	Generación de RSU
Se realiza un mapa que representa el flujo de los residuos y que da al usuario una visualización de la ubicación de cada uno de los siguientes puntos: estaciones de transferencia, planta de selección, compactadoras y de composta y sitios de disposición final.	Infraestructura
Se establece un apartado específico para el equipamiento en en cada alcaldía, donde a través de diversas gráficas se muestra la cantidad de vehículos disponibles y el tipo de los mismos; la cantidad de rutas, personal y carritos disponibles para realizar el barrido manual, el número de colonias de cada alcaldía, el número de rutas de recolección y la cantidad de barredoras mecánicas. La finalidad es mostrar el comportamiento de estos datos a través de un periodo de tiempo.	Infraestructura
Los datos están representados a través de gráficas.	Información General Generación de RSU Infraestructura
El sistema integra información de SEDEMA, INEGI, CONAPO, y PNUD.	Información General Generación de RSU Infraestructura
Las visualizaciones muestran información sobre una variable en distintos periodos de tiempo. Además el prototipo permite ver la información de las distintas fuentes en un sólo lugar (SIBC).	Información General Generación de RSU Infraestructura
Se integra un proceso de Inteligencia Artificial para estimar la generación de RSU por alcaldías.	Estimación de generación

Para hacer la categorización se recurrió a la generación de una tabla con dos columnas. La primera columna se llama aplicación en el prototipo y ésta se extrae directamente de la última columna de la Tabla 4. La columna categoría de información se extrae de los Lineamientos para la generación del PPSPL.

Como resultado de la Tabla 5, realizada en consideración del Lineamiento para la generación del PPSPL, se determinó la integración de 4 categorías: información general de la alcaldía, generación de RSU, infraestructura y estimación de la generación.

### **Análisis de variables por categoría**

Para realizar el análisis se diseñaron tres tablas, cada una fue nombrada con la categoría de información identificada en la Tabla 5. Las tablas presentan 5 columnas:

1. Variables. Datos disponibles según el inventario (anexo1) y que responden a la funcionalidad de cada categoría.
2. Unidad de medida (cantidad, tonelada, porcentaje, etc.).
3. Temporalidad. Hace referencia a los años de los que se tiene información. Fue necesario este campo ya que para poder realizar una comparación entre variables se necesita que la temporalidad sea coincidente, aquellas variables que no contaban con esta característica se descartaron.
4. Grupo taxonómico
5. Gráfico sugerido

Este análisis permitió definir el tipo de gráfico para cada categoría.

### **MOMENTO DE EJECUCIÓN. IDENTIFICACIÓN DEL GRÁFICO PERTINENTE PARA CADA CATEGORÍA**

Con base en la revisión de los gráficos sugeridos a cada grupo de variables (Tablas 6, 7 y 8) se realizaron pruebas con distintos tipos de gráficos para poder definir el idóneo para cada categoría de información. Cabe mencionar que se tomaron en consideración los resultados relativos a las gráficas en las etapas de evaluación iterativa<sup>56</sup>. A partir

---

<sup>56</sup> Estas etapas se encuentran detalladas en el apartado de Evaluación. En esta sección solo se describen aquellos resultados que impactan en el diseño de las gráficas.

**TABLA 6** Análisis de variables de la categoría información general

VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	TEMPORALIDAD	GRUPO TAXONÓMICO	GRÁFICO SUGERIDO
No. de habitantes	Millones	2016	Composición	Gráfica apilada horizontal
No. de colonias	No. de colonias	2016	Composición	Gráfica apilada horizontal
Densidad de población	Hab/km <sup>2</sup>	2015	Comparación	Gráfica de barras horizontal
Índice de desarrollo humano	Índice (-1 a 1)	2010	Comparación	Gráfica de barras horizontal
Índice de marginación	Índice (-1 a 1)	2015	Comparación	Gráfica de barras horizontal
Clasificación	Categoría	2014	Texto	Texto

**TABLA 7** Análisis de variables de la categoría Generación de RSU

VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	TEMPORALIDAD	GRUPO TAXONÓMICO	GRÁFICO SUGERIDO
Generación de residuos sólidos	ton/día	2006-2016	Comparación	Gráfico compuesto de barras y líneas.
Generación de residuos sólidos <i>per cápita</i>	kg/día	2008-2016	Comparación	Gráfico compuesto de barras.
Vivienda	miles de viviendas	2008-2016	Comparación	Gráfico compuesto de barras y líneas.
Población	millones de habitantes	2008-2016	Comparación	Gráfico compuesto de barras y líneas.
Colonias	número de colonias	2008-2016	Comparación	Gráfico compuesto de barras.

**TABLA 8** Análisis de variables de la categoría Infraestructura

VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	TEMPORALIDAD	GRUPO TAXONÓMICO	GRÁFICO SUGERIDO
Tipo de vehículos recolectores (carga trasera, doble compartimento, rectangular, tubular, volteo, frontal, otro).	No. de unidades	2012-2016	Composición	Gráfico de unidades (Berinato, 2016:85)
Barrido manual (rutas, personal y carritos)	No. de unidades	2013-2016	Comparación	Barras
Total de vehículos recolectores	No. de unidades	2013-2016	Comparación	Barras
Barrido mecánico	No. de unidades	2013-2016	Comparación	Barras

de éstas se realizaron modificaciones y se presentaron propuestas para lograr una mejor comunicación de los gráficos.

Además, a la par de esta exploración de gráficos, se realizó un manual de identidad para el sistema. Éste se encuentra en el anexo III, donde se puede consultar a detalle la propuesta tipográfica y de color, entre otros elementos visuales.

A continuación se describen las propuestas realizadas para cada categoría hasta llegar a la propuesta final.

### **Categoría información general**

#### **Primera propuesta**

##### **Consideraciones para el diseño**

Algunas consideraciones que se tuvieron al diseñar la primera propuesta gráfica para la categoría de información general fueron:

- Tener a la mano la información sociodemográfica de cada alcaldía durante la exploración de las diferentes categorías.
- Mostrar los datos más recientes.
- Comparar las variables de cada alcaldía con el resto de las alcaldías y con los datos totales de la CDMX.

### **Descripción de la propuesta**

Se optó por una barra lateral que apareciera de manera permanente durante la exploración de las diferentes categorías, a fin de mantener presente la información general. En esta propuesta se consideraron las variables mencionadas en la Tabla 6. Para las variables de número de colonias y número de habitantes se propuso una gráfica apilada horizontal donde la barra gris representa el total de colonias o habitantes de la CDMX y la barra morada el total de la alcaldía consultada. Mientras que para las variables: densidad de población, índice de desarrollo humano (IDH) e índice de marginación (IM), se diseñó una semaforización para indicar un ranking entre alcaldías; mismo que se integra por 16 rectángulos que representan el número de alcaldías con las que cuenta la CDMX. Los colores y el significado de estos remiten al de los semáforos comunes diferenciándose por la transición en tonalidades de verde, amarillo y naranja hasta llegar al rojo.

### **Resultados de las etapas de evaluación iterativa**

La propuesta anterior se sometió a dos etapas de evaluación, de las cuales resultaron cambios que impactaron en el diseño de las visualizaciones, tales como la inclusión de esta categoría en el menú secundario, la adición de un mapa de ubicación de las alcaldías en el territorio de la CDMX y la incorporación de variables como generación total de RSU y generación per cápita. Lo anterior hizo necesaria una segunda propuesta donde se modificaron la composición y la disposición de los gráficos en el área de trabajo. De manera general se sugirió integrar las unidades de medida en cada gráfica ya que no se presentaban de manera constante en todos los gráficos del sitio. La primera propuesta gráfica se presenta en la figura 9.

### **Segunda propuesta**

#### **Consideraciones para el rediseño**

Los aspectos considerados en este rediseño fueron:

- Modificar la retícula del área de trabajo de 9 a 12 columnas, al integrar la barra como etiqueta en el menú secundario.
- Dar a conocer un panorama más completo de la situación socioeconómica y de los residuos.
- Mostrar los datos más recientes.
- Comparar la situación actual de los residuos de la alcaldía con el total de la CDMX y otras alcaldías.

- Ubicar la alcaldía a consultar en el espacio geográfico de la CDMX
- Agregar las unidades de medida en cada gráfica.

### Descripción de la propuesta

El área de trabajo se dividió en tres bloques. En el primero se presenta información sociodemográfica como el número de colonias, habitantes, densidad de población, IDH e IM. El gráfico de colonias y habitantes, por conveniencia de espacio y sin perder el carácter comparativo, pasó de ser una gráfica de barras horizontal a una gráfica circular y se mantuvo en una fila, las unidades de medida se integraron en el centro de la gráfica. En el caso de las variables de densidad de población, IDH e IM se mantuvo la semaforización descrita en la primera propuesta y la unidad de medida se muestra debajo del título del gráfico.

En el bloque central se presenta el mapa de calor de residuos de la CDMX. El mapa se acompaña de una clave de color y la cantidad de residuos; donde el naranja más intenso refiere a una generación alta de residuos, la tonalidad media a una generación moderada y la más baja a una generación baja de residuos. En el mismo mapa se señala la ubicación de la alcaldía consultada con un contorno azul que la distingue de las demás.

En el tercer bloque se muestran las variables de Generación total y *per cápita* de residuos. Al igual que en el primer bloque, éstas se presentan en gráficos circulares que muestran la comparación entre el total generado en la CDMX y el total generado por la alcaldía consultada.

## FIGURA 9

### Primera propuesta gráfica: información General

#### INFORMACIÓN GENERAL DE LA DELEGACIÓN Iztapalapa

NO. DE COLONIAS (2016):  
290 1,828  
total CDMX

NO. DE HABITANTES (2015):  
1,827,868 8,581,502  
total CDMX

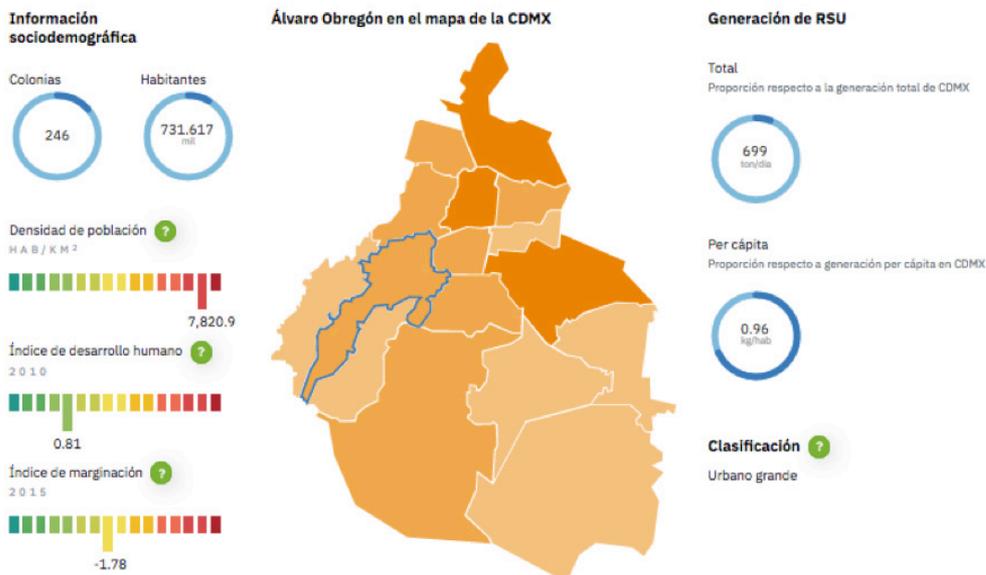
DENSIDAD DE POBLACIÓN (HAB/KM<sup>2</sup>): 16,030

ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO (2010): 0.78

ÍNDICE DE MARGINACIÓN (2010): -1.73

CLASIFICACIÓN:  
Metropolitano

FUENTES


**FIGURA 10** Rediseño de la propuesta gráfica: información General


### Categoría: generación de RSU

#### Primera propuesta

#### Consideraciones para el diseño

Se tomó como referencia la Tabla 7 para realizar el diseño de esta categoría. Las consideraciones que se tomaron en cuenta para el diseño de la propuesta gráfica fueron:

- Comparar variables de los años 2008 al 2016.
- Mostrar la relación entre la generación de residuos sólidos y el número de habitantes.
- Mostrar la relación entre la generación de residuos sólidos y el número de viviendas.
- Las variables no comparten la misma unidad de medida.
- Mostrar la generación por habitante durante el periodo 2012-2016.
- Mostrar el número de colonias durante el periodo 2012-2016.

### Descripción de la propuesta gráfica

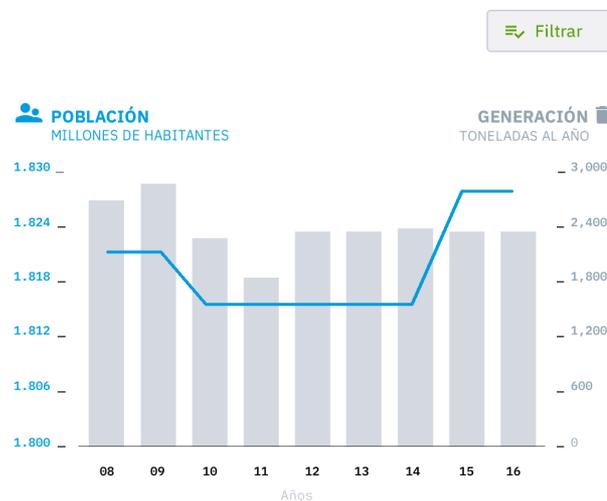
Se optó por una composición en dos bloques. En el bloque izquierdo se integraron las variables población, vivienda y generación total de RSU en una sola gráfica, donde la variable de generación total se mantiene constante y se muestra en una gráfica de barras. Mientras que las variables de población y vivienda se pueden seleccionar en el menú y se presentan en una gráfica de líneas, al no compartir la misma unidad de medición se optó por una gráfica compuesta que permite comparar dos variables con diferentes unidades. En el bloque derecho se pueden observar las variables de colonias y generación per cápita para las cuales se diseñaron gráficas de barras individuales.

### Resultados de las etapas de evaluación iterativa

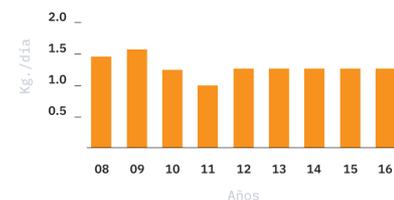
Esta propuesta, al igual que todas las visualizaciones del sistema, pasó por etapas de evaluación que modificaron su propuesta inicial. Como

**FIGURA 11** Propuesta gráfica: generación de RSU

#### Generación de RSU vs. crecimiento de la población 2008-2016



#### Generación de RSU por habitante



#### Colonias 2008-2016



resultado de la primera etapa de evaluación, se consideró tomar en cuenta los datos de las proyecciones de CONAPO para la variable de Población. En la segunda etapa de evaluación iterativa, los expertos sugirieron mover la variable de Colonias a la sección de Equipamiento y en su lugar integrar la variable de eficiencia de recolección de residuos sólidos orgánicos.

### **Consideraciones para el rediseño**

Las consideraciones que se tomaron en cuenta para el rediseño de la propuesta gráfica fueron:

- Al considerar a CONAPO como fuente de datos para Población, el periodo de años a comparar se acotó a 2008-2012.
- Mostrar la relación entre la generación de residuos sólidos y el número de habitantes.
- Mostrar la relación entre la generación de RSU y el número de viviendas.
- Mostrar la generación por habitante durante el periodo 2012-2016.
- Mostrar el número de colonias durante el periodo 2012-2016.

### **Descripción de la propuesta gráfica**

Se mantuvo la integración de las variables de población, vivienda y generación total de RSU en una sola gráfica y se acotó el período de años. La variable de generación se muestra en el gráfico de barras y el de población y vivienda en el gráfico de líneas. Se agregó la variable de Eficiencia en la recolección de residuos sólidos orgánicos. La variable de residuos sólidos per cápita se acotó al periodo 2012-2016, para ser coincidente con la variable de Eficiencia ya que sólo se tienen datos a partir del 2012. Ésta última se presenta en una gráfica de líneas, tipo de gráfico que permite mantener el carácter comparativo que se busca en este apartado.

### **Categoría: infraestructura**

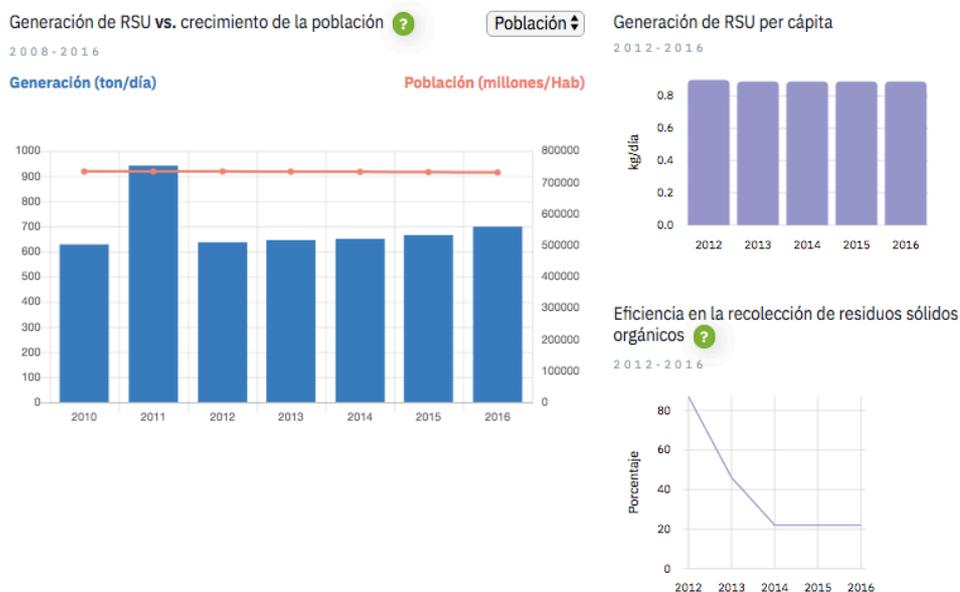
#### **Primera propuesta**

#### **Consideraciones para el diseño**

La referencia para realizar el diseño de esta categoría fue la Tabla 8 y como resultado se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Mostrar el tipo y cantidad de vehículos con los que cuenta la alcaldía de 2012-2016.
- Mostrar las rutas, personal de barrido manual y carritos recolectores con los que cuenta la alcaldía en el periodo de años 2013-2016.

**FIGURA 12** Rediseño de la propuesta gráfica: Generación de RSU



- Las variables Tipo de camiones recolectores y Barrido manual contienen “subvariables” que comparten el mismo tipo de unidad de medida.
- Mostrar el total de vehículos recolectores de 2013 a 2016.
- Mostrar el número de barredoras mecánicas de 2013 a 2016.

### Descripción de la propuesta gráfica

La composición se muestra en 2 columnas, la primera contiene los gráficos de Tipo de camiones recolectores y Barrido manual; la segunda, Vehículos recolectores y Barrido mecánico. Para la gráfica de Tipo de vehículos se empleó una gráfica de composición llamada matriz de puntos, ya que sus variables comparten la misma unidad de medida. Cada punto representa un tipo de vehículo recolector. El gráfico de Barrido manual se resolvió a través de isotipos donde cada uno representa 100 unidades. En ambas visualizaciones se puede consultar el año en el menú que se encuentra a la derecha del título del gráfico.

Para las variables de Vehículos recolectores y Barrido mecánico se diseñaron gráficos de barras individuales (ver figura 13).

### **Resultados de las etapas de evaluación iterativa**

Como resultado de la segunda etapa de evaluación se sugirió cambiar el nombre de la etiqueta Infraestructura por Equipamiento y Tipo de camiones recolectores por Tipo de vehículos recolectores. Además de sustituir la gráfica de visualización de Total de vehículos por la de Total de Colonias y se pidió agregar un gráfico con el total de rutas de recolección. En la visualización de Tipo de vehículos recolectores, la distribución y composición visual del gráfico causó confusión y los íconos de camión de volteo y carga trasera parecían similares debido al tamaño. En las gráficas de Tipo de vehículos recolectores y Barrido manual resultó difícil saber la cantidad exacta en cada grupo de información. La utilización del color en esta categoría hizo difícil la agrupación de datos y la comprensión de ellos. Por ejemplo, se entendía que vehículos recolectores y vehículos de doble compartimento guardaban alguna relación debido a que ambos compartían el mismo color; por lo que se sugirió refinar la paleta cromática para facilitar las agrupaciones visuales por color, sugerencia que impactó en todas las visualizaciones del sitio.

### **Segunda propuesta**

#### **Consideraciones para el rediseño**

- Agregar totales en las gráficas de Tipo de vehículos recolectores y Barrido manual.
- Agregar un color neutro para evitar la relación errónea de información entre gráficos.
- Crecer los íconos de camión de volteo y carga trasera.
- Agregar gráfico de Rutas de recolección.

#### **Descripción de la propuesta gráfica**

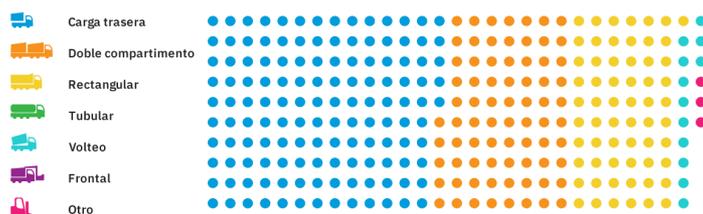
La composición se mantiene en 2 columnas. En la primera columna de la izquierda se mantienen los gráficos de Tipo de vehículos recolectores y Barrido manual. Debido a las observaciones obtenidas durante las etapas de evaluación se rediseñó la gráfica de Tipo de vehículos recolectores, se optó por un gráfico comparativo donde cada fila corresponde a un tipo de vehículo y cada punto representa una unidad. Se agregaron los totales en la columna izquierda de ambas gráficas para facilitarle al usuario la lectura de la información. En la columna derecha se agregó el gráfico de

## FIGURA 13 Propuesta gráfica: infraestructura

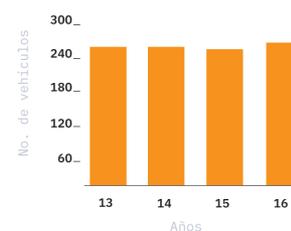
### Tipo de camiones recolectores

2014 | Total: 686

Filtrar



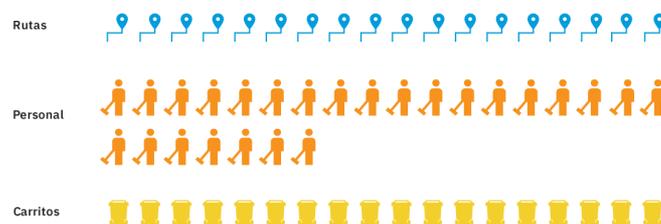
### Vehículos recolectores 2013-2016



### Barrido manual\*

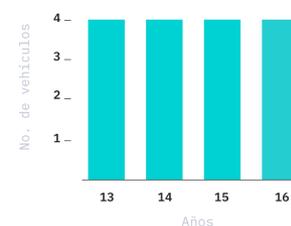
2016

Filtrar



\* Cada ícono representa 100 unidades

### Barrido Mecánico 2013-2016



barras de Rutas de recolección y se reordenaron de la siguiente manera: en primer lugar Rutas de recolección, después Colonias y, por último, Barredoras mecánicas.

Respecto a la observaciones del color se agregó una paleta de color secundaria que se puede observar en el gráfico de Barrido Manual y un color neutro para los gráficos individuales<sup>57</sup>. A su vez se cambió la tonalidad de la paleta primaria utilizada en los gráficos compuestos. Estas decisiones de color tuvieron efecto en los gráficos alrededor del sitio.

<sup>57</sup> Las paletas de color mencionadas pueden consultarse en el Anexo III "Manual de estilo".



### Categoría Planes de manejo

#### Primera propuesta

#### Consideraciones para el diseño

- Como resultado de la segunda etapa iterativa se agregó la etiqueta de Planes de manejo, las consideraciones que se tomaron en cuenta para el diseño de la propuesta gráfica fueron:

**FIGURA 14** Rediseño de la propuesta gráfica: Equipamiento

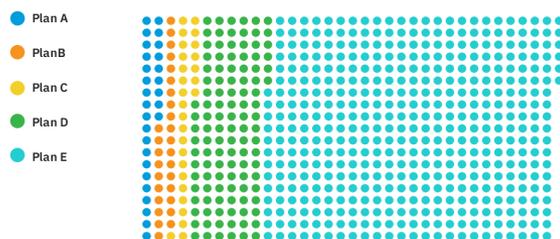


- Incluir una visualización de la variable Planes de manejo ingresados por categoría, conocer la cantidad de planes de manejo que se ingresan anualmente durante el periodo 2012-2016 y compararlos entre sí.
- Agregar una visualización para la variable Total de planes de manejo ingresados por categoría A, B, C, D y E durante el periodo 2012-2016.
- Diseñar un gráfico para la variable de Planes de manejo ingresados por sector económico para conocer la cantidad de planes de manejo que ingresa cada sector económico durante el periodo 2012 - 2016.
- Agregar una visualización para la variable de Total de planes de manejo ingresados por sector económico durante el periodo 2012 - 2016.

**FIGURA 15** Propuesta gráfica: Planes de manejo

#### Planes de manejo por categoría

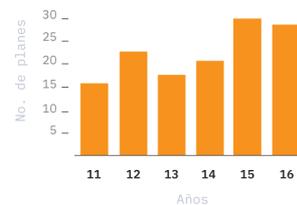
2016 | Total: 686



Filtrar

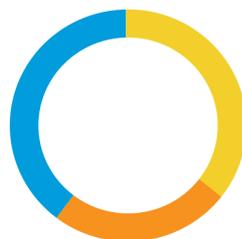
#### Total de planes de manejo por categoría

PLAN B | 2011-2016



#### Planes de manejo ingresados por sector económico

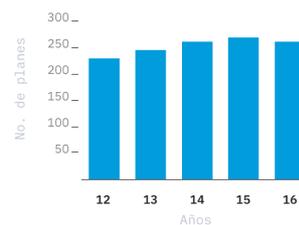
2012 | Total: 597



Filtrar

#### Total de planes de manejo por sector económico

Industria | 2012-2016



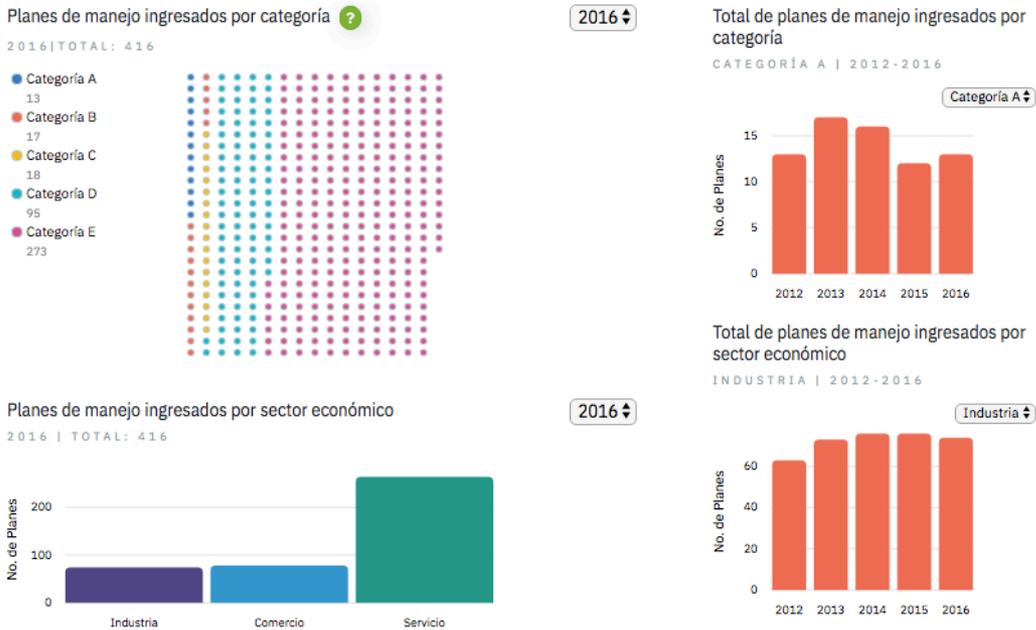


**Descripción de la propuesta gráfica**

Se respeta la composición en dos bloques. En el bloque izquierdo se integraron las variables de Planes de manejo ingresados por categoría y Planes de manejo ingresados por sector económico. Para Planes de manejo ingresados por categoría se empleó una gráfica de composición llamada matriz de puntos, ya que sus variables comparten la misma unidad de medida donde cada color representa una categoría y cada punto un plan de manejo. Mientras que las variable de Planes de manejo ingresados por sector económico se presenta en un gráfico de barras con una leyenda a la izquierda que tiene un color distinto por sector económico y un ícono que alude al nombre de cada sector.

En el bloque derecho se pueden observar las variables de Total de planes de manejo ingresados por categoría y Total de planes de manejo ingresados por sector económico, para las cuales se diseñaron gráficas de barras individuales. Cabe mencionar que estas gráficas están relacionadas por color, por ejemplo, si se selecciona la categoría B, el color es coincidente

**FIGURA 16** Rediseño de la propuesta gráfica: Planes de manejo



con el color de la categoría de la gráfica de Planes de manejo ingresados por categoría . En la figura 15 se muestra esta primer propuesta gráfica.

### **Resultados de las etapas de evaluación iterativa**

Como resultado de la última etapa de evaluación, se consideró agregar los totales en las gráficas de Total de planes de manejo ingresados por categoría y Total de planes de manejo ingresados por sector económico para facilitar la lectura de los datos. De la misma manera se sugirió eliminar los íconos de la leyenda de la gráfica de Total de planes de manejo ingresados por sector económico.

### **Segunda propuesta gráfica**

#### **Consideraciones para el rediseño**

- Conservar la misma composición visual.
- Agregar los totales a las gráficas de Total de planes de manejo ingresados por categoría y Total de planes de manejo ingresados por sector.

#### **Descripción gráfica**

Al integrar los resultados obtenidos de las evaluaciones, en la visualización de Total de planes de manejo ingresados por categoría se agregaron los totales correspondientes a cada categoría. En el gráfico de Total de planes de manejo ingresados por sector se eliminaron los íconos de la leyenda y sólo se conservó el gráfico de barras. Los gráficos individuales no tuvieron modificaciones en cuanto al diseño de los mismos. En la Figura 16 pueden verse reflejados los cambios realizados para esta segunda propuesta. Así es como se llevó a cabo el proceso de visualización de información para el sistema RSUCDMX, a través de propuestas basadas en la identificación del gráfico pertinente para cada categoría, tomando en cuenta la tipografía de gráficos, las necesidades de información para el sistema y los resultados de las etapas iterativas. Lo que permitió mejorar las visualizaciones durante el momento de ejecución para lograr los objetivos del sistema.

Con el propósito de seguir cumpliendo los requerimientos funcionales, para la sección de Estimación de la generación se realizó un proceso distinto, mismo que se describe a continuación.

### **ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RSU A TRAVÉS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)**

Con la finalidad de resolver el último requerimiento funcional del sistema de información se propuso la categoría Estimación de la generación (Tabla 5). Para lograr esta estimación se tomaron en cuenta técnicas de Inteligencia Artificial (IA), específicamente la técnica modelo de predicción<sup>58</sup> de RSU.

La IA tiene varias herramientas dependiendo del propósito para el que se utiliza, siendo la predicción una de éstas. A través de la predicción se pueden lograr estimaciones. Una estimación sirve para identificar el valor probable aproximado de una variable a propósito de las características de una muestra de datos dados. Por lo que contar con estimación de la variable: generación de RSU, a propósito de un conjunto de variables (muestra de datos), resulta estratégico para la gestión de los RSU en la CDMX. La muestra de datos utilizados se compone de datos públicos relativos a RSU.

El procedimiento utilizado para concretar el último requerimiento: El sistema contiene una funcionalidad para estimar la generación de RSU por alcaldías (Tabla 4) se resuelve con la integración de un modelo de inteligencia artificial (predicción).

La experimentación con este modelo se describe en el artículo Predicción de la generación de residuos sólidos urbanos en la Ciudad de México (Calderón, López, Galán, Villatoro, García y García, 2018), donde se describe un proceso que consta de dos etapas.

La primera está enfocada en la recopilación de información sobre RSU y la segunda está relacionada a la metodología propuesta (preprocesamiento, regresión y evaluación). La integración de ambos momentos logra la estimación de la variable: generación de RSU a nivel alcaldía.

La primera etapa, relacionada con la recopilación de los datos disponibles en fuentes institucionales, sirvió para identificar y recolectar bases de datos de instituciones como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Consejo Nacional de Población (CONAPO) y Secretaría de Gobernación (SEGOB). Éstas ofrecen información relacionada a la

---

**58** Se puede pensar a la predicción como "la predicción de patrones que regulan un patrón perdido en lugar de predecir el futuro" (Kelleher et al., 2018, p.2).

generación de RSU, población e ingreso per cápita a nivel municipal y alcaldías (SEGOB)<sup>59</sup>.

Se hace referencia a datos disponibles de fuentes estatales como la Secretaría de Medio Ambiente de la CDMX (SEDEMA), que ofrece información específica, consistente y más completa sobre la gestión de los RSU en la CDMX. Debido a que los datos de SEDEMA tienen una periodicidad constante, diversidad de variables y una vasta cantidad de información relativa a RSU (SEDEMA, 2018)<sup>60</sup>, para el entrenamiento de un modelo de predicción de los RSU se utilizaron los datos proporcionados por esta institución.

La base de datos que se logró compilar de la SEDEMA contiene 176 instancias (16 alcaldías × 11 años) representadas a través de 39 atributos (variables), es decir un total de 6864 registros<sup>61</sup>. Una vez recopilados estos datos, se integró una metodología para llegar a la predicción de una variable predeterminada.

La metodología se estableció porque “contrario a un problema de clasificación, el objetivo es determinar un valor continuo, el valor de Generación de residuos sólidos (ton/día); por lo que se considera un problema de regresión” (Calderón et al., 2018, p.6).

A continuación se describen los momentos metodológicos: preprocesamiento, regresión y evaluación. Para después mencionar los experimentos y resultados de la aplicación de esta metodología.

### **Preprocesamiento**

Como se describió anteriormente, la base de datos empleada para el modelo de regresión está conformada con información proveniente de la SEDEMA. El anexo I muestra la existencia/ausencia (x/-) de los 39 indicadores (atributos) que han sido monitoreados en el periodo de 2006-2016. Sin embargo, se detectó un problema importante de datos faltantes, ya que de los 6864 registros, 3323 están vacíos, es decir, el 48%.

---

**59** Existe una relación entre la generación de RSU y el ingreso per cápita. Por ello se realizó la búsqueda de la información disponible sobre el tema de ingreso.

**60** SEDEMA (2018) Residuos Sólidos. Inventarios de residuos Sólidos de la Ciudad de México. Los inventarios considerados en este trabajo son de 2007 a 2016.

**61** Para los experimentos reportados en este trabajo sólo se emplearon las variables que tienen información desglosada a nivel alcaldía.

Lo anterior representa una cantidad importante de datos faltantes y un reto para todo algoritmo de aprendizaje automático. Por tanto, como parte del preprocesamiento de los datos se aplicaron técnicas de imputación. El proceso de imputación refiere a reemplazar datos faltantes por un valor sustituto. “Para los experimentos reportados en este proyecto se utilizó como técnica de imputación de cada atributo  $k$  el valor de la media ( $\bar{x}_k$ )” (Calderón et al., 2018, p, 6).

Como operación adicional del pre-procesamiento de los datos se aplicó un proceso de normalización. Específicamente se aplicó la norma l2 o norma euclidiana, la cual se calcula como se observa en la expresión 1. (Calderón et al., 2018: 6).

$$|X| = \sqrt{\sum_{k=1}^n |x_k|^2},$$

#### Expresión 1

donde  $x_k$  representa al atributo  $k$  y  $n$  es el número total de atributos. Así entonces  $k$  al final el valor de cada atributo  $k$  se re-calcula como  $x_k = \frac{x_k - \bar{x}_k}{|X|}$

#### Métodos de regresión

Los métodos de regresión tienen como finalidad principal construir un modelo que sea capaz de predecir el valor cuantitativo de una variable a partir de un conjunto de datos históricos. Al final, el modelo será capaz de hacer una predicción sobre un nuevo dato del cual se desconoce su respuesta. Este modelo puede ser descrito como el problema de aproximar una función  $f$  con variables de entrada  $X$  a su correspondiente valor continuo de salida  $y$ . El objetivo es encontrar la función de aproximación  $f(X) = y$ .

A la variable  $y$  se le conoce como la variable (cuantitativa) de respuesta, mientras que  $X$  es el conjunto de atributos o variables predictores. Lo que se busca es encontrar los coeficientes que satisfacen a:

$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k$ . Para los experimentos realizados en este trabajo se aplicaron como métodos de regresión el algoritmo de Lasso y Bayesian-Ridge.

Lasso (Tibshirani, 1996) es un tipo de regresión lineal que utiliza técnicas de “encogimiento” (shrinkage), el cual tiene como objetivo obtener el conjunto de predictores que minimizan el error de predicción de la variable de respuesta (ver expresión 2). El encogimiento significa que los valores de los predictores son llevados a un punto central, por ejemplo la media o incluso cero.

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \sum_j x_{ij} \beta_j)^2 + \lambda \sum_{j=1}^p |\beta_j|.$$

### Expresión 2

Contrario a un método de mínimos cuadrados ordinarios (OLS), Lasso impone restricciones en el encogimiento, específicamente penalizando al considerar el valor absoluto de la magnitud de los coeficientes, por el valor de la norma l1 (segundo término de la expresión 2).

El método de Bayesian Ridge (Haitovsky & Wax, 1980) es muy similar al método de regresión de Lasso, la diferencia radica en la penalización al considerar el cuadrado de la magnitud de los coeficientes (expresión 3), en otras palabras, la norma l2.

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \sum_j x_{ij} \beta_j)^2 + \lambda \sum_{j=1}^p \beta_j^2.$$

### Expresión 3

El aspecto probabilístico (*bayesian*) de este método se presenta debido a que los valores de los coeficientes son estimados a priori. Para nuestros experimentos, los valores a priori son estimados bajo una distribución Gaussiana. Este tipo de técnica es recomendada cuando existe una insuficiencia de datos.

Ambos métodos de regresión se recomiendan cuando los datos muestran altos niveles de correlación, situación que se presenta en este caso. Para los experimentos realizados se utilizó la implementación de Lasso y Bayesian Ridge disponibles en *Scikit-learn*<sup>62</sup>.

<sup>62</sup> *Scikit-learn*. Machine learning in Python. Consultado en: <http://scikit-learn.org/>

**EVALUACIÓN**

Para la evaluación del desempeño del modelo de predicción se utilizaron métricas estándar, como el error medio absoluto (MAE), el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), y la varianza (EV).

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{y}_i - y_i|,$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2},$$

$$\text{EV} = 1 - \frac{\text{Var}\{y - \hat{y}\}}{\text{Var}\{y\}},$$

En las fórmulas  $n$  es el número de instancias,  $\hat{y}$  el valor predicho por el modelo,  $y$  es el valor real,  $\bar{y}$  es el valor medio de  $y$ , y  $\text{Var}$  es la varianza estadística  $\sigma^2$ . Tanto EV como  $R^2$  son métricas que, entre más cercano a

**TABLA 9** Resultados obtenidos de los experimentos realizados

EXPERIMENTO	ALGORITMO	#INST	#ATTS	PREP-OP	MAE	$R^2$	V
Exp-1	Lasso B-Ridge	176	39	$l^2$	281.26	0.40	0.40
	Lasso B-Ridge			$l^2$	267.62	0.45	0.45
				$l^2, \bar{x}_k$	<b>258.53</b>	<b>0.52</b>	<b>0.52</b>
				$l^2, \bar{x}_k$	266.97	0.52	0.52
Exp 2	Lasso B-Ridge	64	39	$l^2$	<b>152.45</b>	<b>0.78</b>	<b>0.78</b>
	Lasso B-Ridge			$l^2$	181.50	0.68	0.68
				$l^2, x_k$	181.50	0.68	0.68
				$l^2, x_k$	204.37	0.64	0.64
Exp-3	Lasso B-Ridge	64	35	$l^2$	<b>159.89</b>	<b>0.76</b>	<b>0.76</b>
	Lasso B-Ridge			$l^2$	208.65	0.65	0.65
				$l^2, x_k$	187.37	0.64	0.64
				$l^2, x_k$	220.44	0.61	0.61
Exp-4	Lasso B-Ridge	64	10	$l^2$	160.71	<b>0.79</b>	<b>0.79</b>
				$l^2$	166.67	0.77	0.77

1.0, mejor es el desempeño del modelo de predicción. Por otro lado, MAE es una medida que crece conforme más errores comete el método de predicción, por lo cual, un valor cercano a 0 es preferible.

Finalmente, es conveniente mencionar que para la realización de los experimentos se utilizó como técnica de validación una estrategia de validación cruzada de 10 pliegues.

### **Experimentos y resultados**

En este proceso se llevaron a cabo 4 experimentos:

1. El objetivo del experimento 1 fue comprobar el impacto de entrenar un modelo de predicción empleando toda la base de datos disponible.
2. En el experimento 2 se evaluó el impacto de eliminar de la base de datos los años que presentaban el porcentaje más alto de datos faltantes, i.e., 2006 a 2012.
3. El objetivo del experimento 3 se evaluó el impacto de eliminar aquellas variables ausentes del conjunto de datos resultante del experimento 2, en total se descartaron 3 variables (total de rutas con recolección separada, total de colonias con recolección separada y eficiencia de la separación de los residuos orgánicos por delegación).
4. Para el experimento 4 se midió la correlación de Pearson entre las 35 variables restantes contra la variable de interés (i.e., generación de residuos sólidos (ton/día)). Para la construcción de la representación se conservaron sólo aquellas variables con correlación igual y/o mayor a 0.5.

Los resultados de los experimentos se muestran en la siguiente tabla: (Calderón et al., 2018, p.10)

La segunda columna especifica el algoritmo de regresión empleado, la columna #Inst indica el número de instancias presentes en el experimento, #Atts refiere el número de atributos con que cada instancia es representada, Pre-Op indica las operaciones aplicadas a los datos, como son normalización ( $l^2$ ) e imputación ( $x_k$ ).

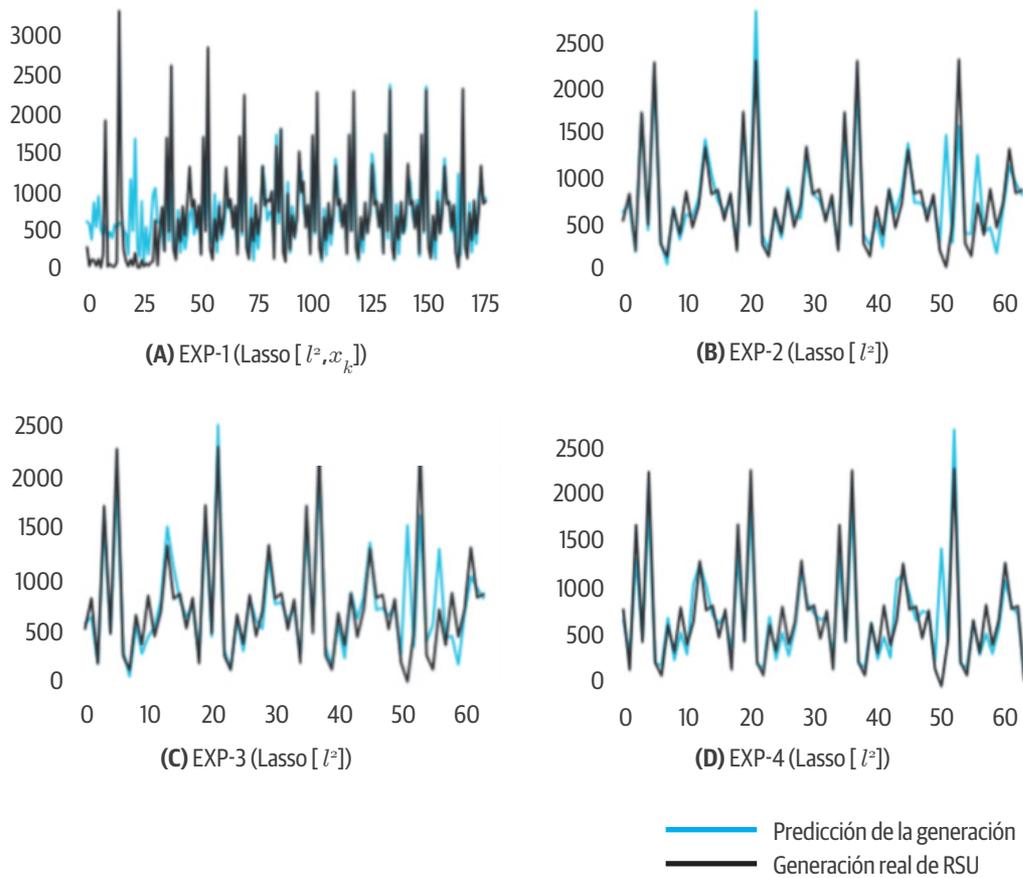
En primer lugar, se observa que tener un porcentaje tan alto de datos vacíos (experimento 1) impacta de forma negativa en el desempeño del método de regresión. Se detecta que cuando no se realiza imputación, el desempeño obtenido es de un  $R^2 = 0.45$  con el método de B-Ridge.



Por otro lado, cuando se realizan operaciones de imputación el coeficiente de determinación sube a  $R^2 = 0.52$  con el método Lasso.

### FIGURA 17 Gráficas de comparación

Gráficas de comparación entre las mejores configuraciones de cada experimento realizado (Calderón et al., 2018, p.11). El eje de las y's representa el valor de RSU, mientras que el eje de las x's representa las instancias, las cuales están ordenadas cronológicamente.



En segundo lugar, los resultados de los experimentos 2 y 3 muestran que haber hecho la eliminación de las instancias de los años 2006 a 2012 habilitó al modelo de regresión para obtener un mejor desempeño ( $R^2 = 0.78$ ). La eliminación de estas instancias se justifica debido a que la gran mayoría de ellas tenían ausencia de datos para gran cantidad de variables.

Finalmente, los resultados obtenidos del experimento 4 indican que hacer una selección de atributos permite mejorar el valor del coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.79$ ). Este resultado indica, hasta cierto punto, que es suficiente emplear sólo diez atributos para lograr tener un modelo de predicción de RSU con un desempeño aceptable.

En la figura 17 se muestra gráficamente el desempeño de cada uno de los experimentos realizados en su mejor configuración. La línea más oscura (negra) denota el valor real de RSU mientras que la línea más tenue (azul) es el valor que se predice. Para el experimento 1 (a), las primeras instancias, que corresponden a los años de 2006 a 2009 aproximadamente, son las que peor comportamiento tienen. Por otro lado, el experimento que mejor desempeño tuvo es el experimento 4 (d), donde se puede observar que el comportamiento del modelo de predicción es mejor que (b) y (c), sobre todo hacia las últimas instancias.

Los experimentos realizados muestran que se puede hacer una predicción adecuada de los valores de RSU, alcanzando desempeños de  $R^2 = 0.79$ .

Como parte de los experimentos se identificó un conjunto de 10 variables con las que se puede generar esta predicción. Este método utiliza únicamente datos relacionados con la gestión de RSU. El modelo desarrollado puede servir para unidades territoriales similares a las alcaldías de la Ciudad de México, como todos los municipios del país, siempre y cuando cuenten con la información mínima de las 10 variables o atributos requeridos para la predicción.

Es pertinente mencionar que a mayor disponibilidad de datos son mejores los resultados de los modelos entrenados basados en aprendizaje automático. Sin embargo, durante el proceso de recolección e identificación de datos se observó la falta de registro, reporte y consistencia de estos por parte de los municipios, lo cual resulta preocupante si se desea gestionar los RSU de manera óptima y tomar ventaja de herramientas innovadoras y útiles como las que se generan a partir de IA.



### PROPUESTA DE ARQUITECTURA DE INFORMACIÓN (AI)

Una vez que se identificó a la visualización y a la estimación como elementos técnico conceptuales que dan respuesta a las funcionalidades identificadas por el contexto, es decir desde el lugar de las condiciones de producción (Charaudeau, 2013) fue necesario recurrir a la AI, como el componente que permite “clasificar, describir, estructurar y etiquetar los contenidos del sitio” (Táran, 2007, p. 1).

**TABLA 10** Organización de la información en categorías

VARIABLES	CATEGORÍAS
Número de colonias Número de habitantes Densidad de población Índice de desarrollo humano Índice de marginación Clasificación	Información general
Población Vivienda Generación total de residuos Generación de residuos sólidos <i>per cápita</i> Colonias	Generación de RSU
Tipo de camiones recolectores Barrido manual Vehículos recolectores Barrido mecánico	Infraestructura
Vehículos recolectores de tipo rectangular Trabajadores para barrido manual Rutas o tramos para barrido manual Choferes que operan los vehículos recolector Planes de manejo ingresados de tipo A Planes de manejo ingresados de tipo B Planes de manejo ingresados de tipo D Planes de manejo ingresados de tipo E Planes de manejo ingresados por sector comercio Planes de manejo ingresados por sector industria	Estimación de la generación

La propuesta de arquitectura para el RSUCDMX implica determinar la organización, categorización, etiquetado y navegación del sistema. Organizar o clasificar refiere a la agrupación de los componentes en categorías significativas y distintivas, etiquetar significa nombrar a las categorías y enlaces de navegación que conducen a ellas (Morville & Rosenfeld, 2006).

Para RSUCDMX se tomaron en cuenta los componentes de arquitectura de información que proponen Morville y Rosenfeld (2006), de las que se aplicaron las siguientes:

### **Organización**

Este componente se relaciona con la categorización de información. Para la organización de RSUCDMX se realizaron las siguientes actividades:

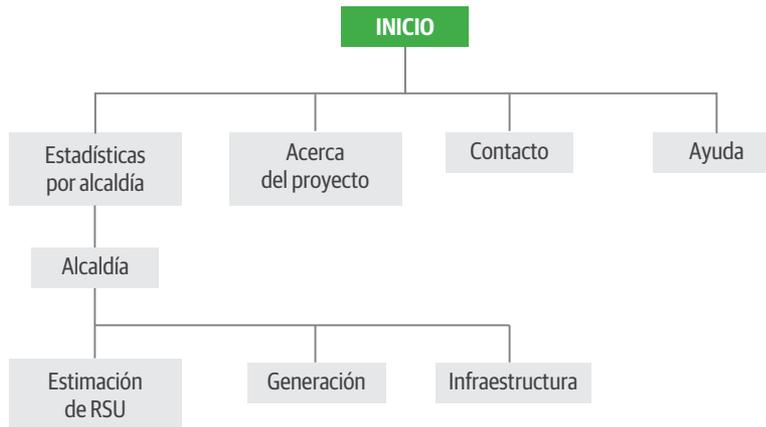
1. Realizar un comparativo entre los requerimientos y la información de insumo para el sistema. A través de esta actividad se identificaron las variables de los datos disponibles que responden a los requerimientos de información (Ver Tabla 4).
2. Considerar un esquema de organización alfabética (en puntos específicos de aplicación). Se ordenaron alfabéticamente las 16 demarcaciones en un menú desplegable para que el usuario pueda consultar información específica de cada una de ellas.
3. Organizar la información por categorías. Es decir, realizar un “esquema de organización ambiguo por tema”<sup>63</sup>. Éste se utiliza para organizar la información por categorías. La AI propuesta para el RSUCDMX considera la organización de datos de acuerdo con las temáticas que el PPSPL menciona en el apartado de diagnóstico. La categorización fue construida a partir de las categorías ubicadas en la Tabla 5, mismo que a continuación se presenta de manera sintética.

### **Etiquetado**

RSUCDMX está disponible en un sitio web, por lo que se consideró pertinente organizar el contenido del sitio a través de un menú principal, ubicado en la parte superior de la página. Así como un menú secundario para organizar las categorías resultantes en la fase de

---

**63** El esquema de organización ambiguo por tema es aquel que clasifica la información en categorías y subcategorías temáticas (Morville & Rosenfeld, 2006).


**FIGURA 18** Esquema de navegación


organización (Tabla 10). Gracias a este proceso las etiquetas normalizan la representación general del contenido a través de los menús.

La organización y el etiquetado para el prototipo se aplicó de la siguiente manera:

- La barra de menú principal se conforma de cinco etiquetas: inicio, estadísticas por alcaldía, acerca del proyecto, contacto y ayuda.
- La barra del menú secundario, que se deriva específicamente de la etiqueta estadísticas por alcaldía, se conforma por cuatro etiquetas: estimación de la generación, generación actual de RSU, infraestructura, información general.

Barra de menú principal del prototipo



Barra del menú secundario del prototipo



## Navegación

De acuerdo con la categorización y el etiquetado propuesto, la navegación cuenta con dos barras de menú horizontales, una principal y una secundaria. La principal se mantiene visible, ya que funge como eje para navegar a través del sitio. Mientras que la secundaria aparece al seleccionar alguna de las 16 alcaldías, para consultar información específica sobre el tema de la gestión de RSU.

Las 16 alcaldías comparten el mismo patrón de navegación. A continuación se muestra el esquema general de navegación (Figura 18). El esquema representa el menú principal y el menú secundario del prototipo. Una vez integrada la categorización, el etiquetado y la navegación, se concreta una propuesta de AI.

Posteriormente se realizó una propuesta de contenido que responde a las necesidades de información del usuario y los demás requerimientos del sistema identificados previamente. Dicha propuesta se presenta a continuación.

## PROPUESTA DE CONTENIDO

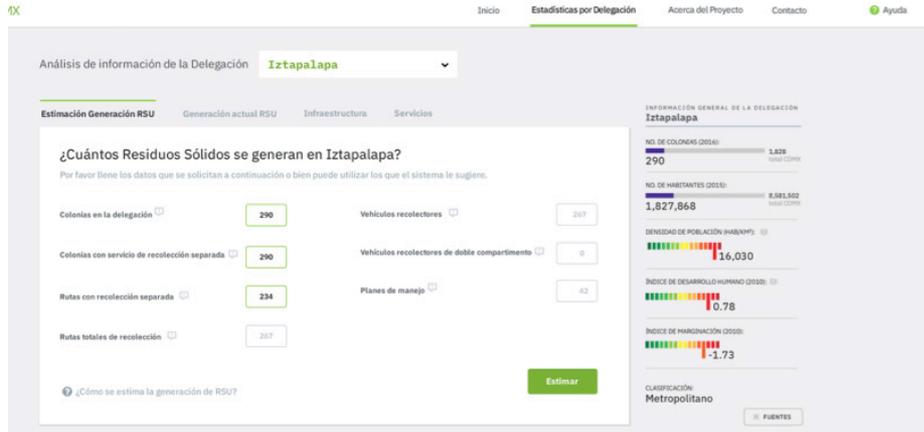
El objetivo de una propuesta de contenido es usar palabras y datos para respaldar experiencias significativas e interactivas (Lovinger, 2007). Por esta razón se genera un discurso de tipo informativo mismo que, a través de la interfaz gráfica de usuario, logre generar sentido en el enunciatario,

**FIGURA 19** Página de inicio



## FIGURA 20 Estadísticas por alcaldía

En esta figura se observan las cuatro etiquetas mencionadas que pertenecen al menú secundario. Así como la barra de información que aparece disponible durante la navegación.



a propósito de la información categorizada y puesta en soporte de visualización y/o estimación.

El fundamento de todo discurso son las condiciones enunciativas que permiten que un determinado mecanismo de comunicación pueda producir sentido (...) el discurso informativo está basado en la finalidad de ‘dar a conocer’, que depende del modo como son utilizados los saberes de conocimiento y de creencia, de los efectos de verdad escogidos por el informador. (Charaudeau, 2013, p. 67)

La propuesta de contenido del RSUCDMX es producto de los procesos que anteceden: la identificación del contexto (lugar de las condiciones de producción, operacionalización del escenario de uso, funcionalidad, etc); así como de los procesos que fueron necesarios para establecer una propuesta de información (inventariada, analizada y utilizada en procesos de visualización y estimación) en la interfaz gráfica de usuario (lugar de la construcción de discurso). Además, estos elementos requieren de un acompañamiento que refuerce la enunciación, es decir, apoyos de texto. El apoyo de texto es necesario para apelar a la atención del usuario. Para ello es preciso elegir las estructuras de palabras y

oraciones que mejor contribuyan al logro de los objetivos de comunicación (Lovinger, 2007). Por ello se generaron textos introductorios en cada una de las etiquetas y en otros lugares específicos como en las gráficas, a efecto de facilitar al receptor la interpretación de la propuesta de comunicación que representa el RSUCDMX (el producto mediático).

A continuación se describe la propuesta de contenido del prototipo:

### **Inicio**

La página de inicio contiene una breve descripción del sistema (lado izquierdo), una imagen ilustrativa (círculo derecho) y un botón de consulta que despliega las 16 alcaldías (izquierdo inferior).

### **Estadísticas por alcaldía**

De esta etiqueta del menú superior se despliega el menú secundario que consta de cuatro etiquetas y de una barra de contenido (lateral derecha) con información general que permanece visible durante la navegación de la alcaldía.

#### **Etiqueta 1: Estimación de la generación<sup>64</sup>**

Aquí se presentan las instrucciones para hacer la estimación de la generación de RSU a través del registro o sugerencia de datos de las variables resultantes del proceso de inteligencia artificial: Vehículos recolectores de tipo rectangular, trabajadores para barrido manual, rutas o tramos para barrido manual, choferes que operan los vehículos recolector, planes de manejo ingresados de tipo A, planes de manejo ingresados de tipo B, planes de manejo ingresados de tipo D, planes de manejo ingresados de tipo E, planes de manejo ingresados por sector comercio, planes de manejo ingresados por sector industria. Esta sección tiene un botón llamado “Estimar” que ofrece el resultado del proceso de regresión. Existe una opción de ayuda que enlaza al usuario a información sobre el proceso de estimación.

#### **Etiqueta 2: Generación actual de RSU**

En esta sección se ofrecen visualizaciones de las siguientes variables: generación de RSU, generación de residuos sólidos per cápita, población, número de viviendas.

---

**64** La generación se mide a partir de la capacidad de recolección. Por tal motivo, la estimación de la generación toma en cuenta las variables mencionadas.



## FIGURA 21 Acerca del proyecto

### Acerca de RSUCDMX

La generación de RSU afecta la salud pública, la sostenibilidad ambiental y el derecho a un medio ambiente sano, por lo que tomar decisiones basadas en información es importante para mejorar su gestión "... de esta manera se resalta que proveer información a quienes toman decisiones permite hacer mejoras en el proceso, así como monitorear cambios a través del tiempo" (Wilson et al. 2014:329).



#### Decisiones basadas en información

**RSUCDMX®** es una herramienta de apoyo para el análisis y reconocimiento de la situación que guarda cada alcaldía de la Ciudad, lo que contribuye al diseño de planes y programas para la gestión integral de RSU. El sistema presenta información sobre residuos a disposición de tomadores de decisiones y usuarios interesados en conocer sobre el tema.



Extrae datos abiertos de fuentes institucionales (SEDEMA, INEGI, CONAPO, PNUD).



Permite la consulta de variables y de visualizaciones de información (gráficas de composición y comparación).



Integra estrategias de Inteligencia Artificial (IA) que permiten hacer estimación en la generación de RSU mediante la captura o sugerencia de datos.



Se presenta en un formato intuitivo y de fácil acceso.



Contribuye a la cultura de la transparencia.

[Referencias](#)

## FIGURA 22 Contacto

### Contacto

Si desea contactarse con nosotros por favor llene el siguiente formulario y los pondremos en contacto a la brevedad:

Nombre*	<input type="text" value="Nombre (Requerido)"/>
Ciudad*	<input type="text" value="Ciudad (Requerido)"/>
Institución/empresa*	<input type="text" value="Institución/Empresa (Requerido)"/>
Correo electrónico*	<input type="text" value="Correo electrónico (Requerido)"/>
¿Cómo se enteró de RSUCDMX?*	<input type="text" value="Referencia (Requerido)"/>
Comentarios*	<input type="text" value="Escriba sus comentarios (Requerido)"/>

[Enviar](#)



@rsu\_cdr



contacto@

**FIGURA 23** Ayuda

Etiqueta 3: Infraestructura. Este sección del sistema contiene visualizaciones sobre las variables: Cantidad y tipo de vehículos recolectores (carga trasera, doble compartimiento, rectangular, tubular, volteo, frontal, otro); cantidad de vehículos, barrido manual (rutas, personal y carritos), barrido mecánico.

Barra lateral derecha. Información general: Esta barra de contenido presenta información sobre las siguientes variables: número de colonias, habitantes, densidad de población, índice de desarrollo humano, índice de marginación; generación total de RSU, generación de RSU per cápita, clasificación de la alcaldía.

### **Acerca del proyecto**

En esta etiqueta principal se da una descripción sobre la situación de los RSU, se presenta el objetivo de RSUCDMX y las cualidades del sistema (Figura 21).

**Contacto**

En este apartado se presenta un formulario disponible para los usuarios que contiene los siguientes campos: nombre, ciudad, institución/empresa y correo electrónico (Figura 22).

**Ayuda**

Esta sección ofrece una guía al usuario para la navegación del sitio web (Figura 23 Ayuda).

La aplicación de esta propuesta de contenido, así como los demás resultados del proceso de arquitectura de información, se realizaron a través de muck ups o maquetas. Donde se incluyen las visualizaciones de información y la simulación de la funcionalidad del apartado de estimación de los RSU a través de técnicas de Inteligencia Artificial. Ver anexo IV.

**LEYES DE UX**

Además de la AI y de la propuesta de contenido, otro componente de la realización del prototipo de este sistema fueron las Leyes de UX. La experiencia del usuario toma en cuenta aquellos aspectos de la interacción del usuario final con servicios o productos (Norman & Nielsen, 2018).

Dentro del diseño de experiencia de usuario está el diseño de interfaz gráfica de usuario, a ese campo y sus recursos (de índole visual y/o de percepción) se limita este diseño de experiencia de usuario (UX).

Para el diseño de este prototipo se tomó en cuenta la colección de leyes de UX, recopiladas por Yablonski (2018). Estas normas de diseño se adoptaron para mejorar la interacción entre el usuario y el sistema. A continuación se menciona su aplicación para el diseño del prototipo de RSUCDMX.

**Ley de Fitts**

Esta ley refiere a la importancia del tamaño y la distancia. Se trata de poner en el tamaño y distancia adecuada un estímulo para el usuario para que sea más fácil que lo encuentre. Refiere a cuestiones clickeables principalmente. Tal es el caso de los botones, que son detonadores de alguna acción. Por ejemplo, en la página de inicio se encuentra un botón que enlaza directamente a la sección de la información por alcaldía.

### Ley de Hick

Refiere a la cantidad de estímulos, se evita sobresaturar al usuario para que no le sea complicado elegir entre los elementos que ofrece el sistema. Menciona que los escenarios complejos deben dividirse en pasos. En RSUCDMX se aplica al agrupar por secciones la información compleja (todas las variables de las alcaldías) lo que evita sobresaturar de estímulos al usuario.

### Ley de Jakob (Nielsen)

Esta ley habla del uso de patrones, de adoptar los patrones a los que está acostumbrado el usuario e implementarlos en nuestra solución. La aplicación de esta ley se hace evidente en RSUCDMX debido a que la página tiene un header, una navegación principal, una navegación secundaria, un footer, un área de contenido y todos los patrones de interacción (botones, pestañas, hovers). Son patrones de uso de la web a los que los usuarios están acostumbrados.

### Ley de agrupación gestalt

Las leyes de agrupación de la gestalt se dividen en agrupación por proximidad, por semejanza y por conectividad uniforme. Dichos tipos de agrupación están presentes en RSUCDMX.

La agrupación por proximidad es cuando un usuario agrupa información de lo general a lo particular, partiendo de que el *header* está separado del *body*, y el *body* está separado del *footer*. Cada una de estas secciones cuenta con otros subgrupos, como el logo, que se conforma por un ícono y una tipografía, pero juntos se agrupan por proximidad porque están cercanos. En la navegación, se usó una parte del espacio y se agruparon 5 o 6 ítems. Todo sigue la lógica de que el usuario agrupe por elementos que deben estar juntos. Nos valemos del espacio disponible para hacer esta agrupación de información por proximidad, lo que facilita el entendimiento de la organización información en un orden visual.

La agrupación por semejanza se refleja en que el sistema utiliza una misma tipografía, mismo color, mismo tamaño. Esa homologación ayuda a que el ojo agrupe y reconozca patrones. Todos los títulos son iguales, entonces el usuario puede diferenciar entre títulos, pestañas, etc. por su semejanza. Aplica sobre todo en navegaciones.

La agrupación por conectividad uniforme refiere a las funciones o grupos de naturaleza visual similar (colores, formas, etc), ya que existe un vínculo entre ellos por su similitud visual.

#### Ley de Miller

Esta ley refiere a la memoria a corto plazo. La persona promedio solo puede mantener 7 (más o menos 2) elementos en su memoria de trabajo, así que los grupos de información del este sistema no contemplan un número mayor al recomendado. La fragmentación es un método eficaz para presentar grupos de contenido de una manera manejable para el usuario. El sistema organiza el contenido en grupos de 5-9 elementos a la vez.

#### Efecto de *isolación* de Von Restorff

Este efecto habla sobre anomalías visuales, que sirven para diferenciar un elemento de otro. Se utilizó para diferenciar un elemento que está seleccionado de los que no lo están, todos los elementos que no están seleccionados o inactivos tienen una apariencia distinta. Aplica en la navegación para mostrar al usuario dónde está y qué cosas son clickeables o no. La diferenciación se realizó a través del uso del efectos de sombra o el color verde de relleno para resaltar algo especial en un elemento.

Como resultado del proceso realizado hasta el momento se diseñó un prototipo que representa el funcionamiento del sistema RSUCDMX y se construyó su interfaz gráfica. Una vez diseñado el prototipo se utilizó para poner a prueba el sistema, y como resultado de estas pruebas proceder a la implementación del sistema de información. A continuación se presenta un apartado donde se describe el proceso de la evaluación del prototipo, así como los resultados obtenidos del mismo.

### 4.3 EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

El objetivo del sistema de información RSUCDMX es apoyar la toma de decisiones en la gestión de RSU en la Ciudad de México. Por lo que se realizó una evaluación iterativa para verificar que el objetivo principal se cumpliera, es decir, que el sistema fuera un producto que presente información para la toma de decisiones en la gestión de RSU en la CDMX.

La evaluación se realizó a través de tres etapas iterativas. Cada una de estas implicó el establecimiento de cuatro elementos:

1. Objetivo de la etapa iterativa
2. Sujetos participantes de la fase de evaluación

3. Instrumento de evaluación: diseño del instrumento, aplicación y resultados
4. Resultados<sup>65</sup>

Este proceso de evaluación fue el antecedente para la implementación del sistema. A continuación se describe cada una de las etapas iterativas, respondiendo al procedimiento mencionado.

### **Primera etapa iterativa**

La primera etapa iterativa tuvo por objetivo validar la integración de las dimensiones teóricas<sup>66</sup> que antecedieron al prototipo y que son pertenecientes a comunicación, diseño y computación. Los sujetos participantes en esta primera etapa fueron los miembros del equipo, es decir, las alumnas y los asesores de las tres diferentes áreas disciplinarias. Por ello se diseñó un instrumento ad hoc que se describe a continuación.

### **Instrumento de evaluación**

Se diseñó un instrumento que contiene ocho dimensiones principales a evaluar:

1. Pertinencia de las variables presentadas.
2. Simulación de la respuesta al usuario después del proceso de IA realizado por el sistema.
3. Siete leyes de UX (Fits, Hick, Jacob, Pragnanz, ley de proximidad, ley de semejanza, ley de Miller).
4. Visualización
5. Mensaje y contenido
6. Soporte al usuario
7. Interacción usuario-interfaz gráfica
8. Medio-contenido; datos-conocimiento

De todas las dimensiones se desprendieron elementos a evaluar. Las s dimensiones y sus elementos se cobijan en los cinco principios de los medios digitales propuestos por Manovich (2005):

---

**65** Este proceso permitió la verificación de la "hipótesis de cointencionalidad" (Charaudeau, 2013, p.25).

**66** Ver anexo V. El anexo se construyó a partir de los conceptos abordados en la primera parte de este capítulo: pertinencia de la información y variables, leyes UX, estrategia de contenido, etc.

representación numérica, modularidad, automatización, variabilidad y transcodificación cultural<sup>67</sup>.

Para su aplicación se entregó el mismo instrumento a los miembros del equipo (alumnas y asesores) con la finalidad de contar con una perspectiva interdisciplinaria. Los resultados del equipo fueron compilados para fortalecer la propuesta de visualización y de contenido.

### Resultados

Como producto de la primera etapa iterativa se realizaron los siguientes ajustes al prototipo:

1. Se modificó la propuesta de AI.
  - Se cambió el orden y el nombre de las etiquetas : Inicio, Acerca de, Información CDMX, Información alcaldías, Contacto y Ayuda.
  - Se agregó la etiqueta principal de Información de la CDMX. De esta etiqueta principal se generaron menús secundarios:
    - Información general: Se agregaron gráficos sobre información sociodemográfica (colonias, habitantes, densidad de población, índice de desarrollo humano e índice de marginación); generación de RSU por alcaldía, aquí se dispone de un mapa de la ciudad con la generación de RSU y por último un gráfico de la situación actual de los RSU en la CDMX.
    - Infraestructura. Se incluye un un mapa donde se representa el flujo de los residuos a través de las estaciones de transferencia, plantas de selección, plantas de composta y sitios de disposición final.

La integración de la etiqueta del menú principal Información de la CDMX pretende dar contexto a la información de alcaldías. Esto buscó dar al usuario información contextual de su operación.

---

**67** En un inicio se comenzó este instrumento tomando como dimensiones generales las 5 categorías que Manovich otorga a los "nuevos medios" o medios digitales, sin embargo, al desarrollar el instrumento el equipo se percató que las cinco categorías, o la mayoría de éstas, son transversales a las ocho dimensiones conceptuales identificadas. Las dimensiones proceden de los diferentes marcos disciplinarios de los integrantes del equipo y que han sido abordados en este y en capítulos previos.

## 2. Etiqueta principal de inicio

- Se modificó el tamaño y fuente tipográfica en el título, se ajustó el contenido en la descripción del sistema.
- Se agregaron botones de consulta directa (consulta por alcaldía y Ciudad de México) y se integró una ilustración alusiva al sistema.

Estas dos modificaciones en la etiqueta de Inicio se realizaron para organizar los elementos de usabilidad (botones integrados) y la propuesta de contenido para fortalecer el mensaje, a efecto de que el usuario pudiera percibir las funcionalidades del sistema desde su primer contacto con RSUCDMX.

## 1. Etiqueta principal Alcaldías

- Se modificó el orden y el nombre de las etiquetas del menú secundario.
- Se integró la barra de contenido de la información general de la alcaldía al menú secundario, como una etiqueta adicional. Por lo que las etiquetas de Alcaldía quedaron ordenadas de la siguiente forma: Información general, Generación actual de RSU, Infraestructura, Estimar generación RSU<sup>68</sup>.

## 2. Propuesta de contenido

- En cada sección se agregó una breve descripción del contenido así como instrucciones de navegación.
- Se integraron “ayudas” al usuario en el sistema para guiarlo a través de la consulta de las visualizaciones.

La primera etapa fortaleció la propuesta de contenido y las guías para apoyar la navegación y consulta de información del usuario. Algunas de las observaciones impactaron en la propuesta de arquitectura de información, lo que resulta pertinente para el fortalecimiento del discurso que plantea la interfaz gráfica de usuario.

---

**68** En información general: Se integraron visualizaciones sobre Generación de RSU, Colonias, Habitantes, Densidad de población, Índice de desarrollo humano, Índice de marginación y Clasificación de la alcaldía (anteriormente se presentaban en una barra lateral derecha. Así como un mapa de la Ciudad de México donde se ubica a la alcaldía que se está consultando.

### **Segunda etapa iterativa**

Se modificó el prototipo para someterse a una segunda etapa iterativa. La segunda etapa tuvo por objetivo validar que la información propuesta y el diseño (visualización, AI y estrategia de contenido) fueran pertinentes. Los sujetos participantes en esta segunda etapa fueron los expertos en el tema de RSU, miembros de ONG's, SEDEMA y asesores:

Víctor Gutiérrez Avedoy (Ambiens Consultoría) Director  
Arturo Dávila (Sustenta) Director  
Adrián Fernández (Iniciativa Climática) Director  
Arturo Flores (SEMARNAT) Director  
Crystal Ayala (SEDEMA) Directora  
Estefanía Arriaga (SEDEMA) Jefa de departamento  
Zentli Rodríguez (SEDEMA) Operativo  
Jorge Emigdio (SEDEMA) Operativo

### **Instrumento de evaluación**

El instrumento puede consultarse en el Anexo VI. En la primera columna del instrumento se observa el elemento a evaluar, la segunda columna se cuestiona si el prototipo cumple con el elemento a evaluar y por último se integra una columna para comentarios o sugerencias. Para la aplicación del instrumento se contactó a los participantes, se mostró el prototipo y se realizó la aplicación a manera de entrevista. Estas entrevistas se realizaron para contar con una perspectiva de los expertos en el área.

### **Resultados**

Como producto de esta etapa iterativa se realizaron los siguientes ajustes:

1. Barra de navegación principal
  - Inicio. Se modifica la imagen que se encuentra en esta sección.
  - Información de la CDMX. Específicamente en el submenú Infraestructura se agregó un esquema sobre el manejo de los RSU con la finalidad de que fuera más claro para el usuario. En el mapa de flujo de los residuos se incluye la etapa de plantas de compactación.
2. Barra de información Alcaldía
  - A la navegación secundaria de las alcaldías se le agregó una nueva etiqueta llamada Planes de manejo (lo que impacta en la AI).
  - La etiqueta de Infraestructura cambió por Equipamiento (impacta AI).

- La barra para la etiqueta información alcaldía quedó integrada de la siguiente manera: Información general, Generación actual de RSU, Equipamiento, Planes de manejo y Estimar generación de RSU.
  - Generación actual de RSU: se añadió el gráfico de Eficiencia en la recolección de Residuos sólidos orgánicos y el gráfico de Número de colonias se movió a la sección de Equipamiento.
  - Equipamiento: Se integró la visualización de Colonias y se eliminó la visualización de Total de vehículos. Además Se realizaron modificaciones en la visualización de Tipo de vehículos recolectores.
  - Planes de Manejo: Se incluyeron la visualizaciones de Planes ingresados de manejo por categoría, Total de planes de manejo ingresados por categoría, Planes de manejo ingresados por sector económico, Total de planes de manejo ingresados por sector económico.

Fue necesario mejorar la propuesta de contenido así como atender ajustes a la AI para facilitar al usuario la interpretación de las visualizaciones, procedimientos de gestión de RSU y términos técnicos relativos a residuos. Además de integrar las secciones sugeridas por los expertos, como los planes de manejo, ya que podrían ser útiles para la gestión de RSU por parte del usuario<sup>69</sup>.

### **Tercera etapa iterativa**

La tercera etapa iterativa tuvo por objetivo validar con el usuario final que las categorías de información consideradas y la pertinencia del diseño para cumplir los objetivos del sistema. En esta última etapa se buscó que el sujeto participante fuera un funcionario a nivel alcaldía, ya que es quien tiene la responsabilidad de gestionar los RSU desde este nivel.

El sujeto participante en esta iteración fue Fortino Amador, encargado del Servicio Público de Limpia en la alcaldía Tláhuac.

### **Instrumento de evaluación**

La evaluación se diseñó para realizar una prueba de usuario con el objetivo de conocer sus conductas y pensamientos cuando interactúa

---

<sup>69</sup> La descripción total de los comentarios en la segunda etapa iterativa se encuentra en el Anexo VII .

con un producto digital. La prueba realizada se conoce como prueba de guerrilla, una forma ágil, sencilla y de bajo costo para probar el sistema con usuarios finales en su contexto, se adapta fácilmente al momento y las condiciones del usuario (Belam, 2010).

El “test de guerrilla” (Belam, 2010) consiste principalmente en filmar mientras los usuarios utilizan un sitio web o aplicación durante un periodo de tiempo limitado. Es una prueba sencilla que sirve para evidenciar cómo la gente usa y siente el sitio web y se caracteriza por tener pocos usuarios y un bajo costo para extraer información sobre el sitio web o aplicación que se quiere probar.

El instrumento implementado para esta prueba consistió en establecer roles a desarrollar por el equipo durante la prueba (conducir la sesión, observar el comportamiento del usuario, soporte al usuario, registro de notas, grabación de audio). Además se utilizó un recurso llamado screen recording para grabar la pantalla y los movimientos del usuario durante su interacción con el prototipo.

Se delimitaron los objetivos de la prueba:

1. Identificar si al usuario le resultaba fácil usar el sitio (ubicar información, secciones, botones, etc.)
2. Identificar si la información de la sección Información CDMX le resultó o no útil y el porqué.
3. Identificar si la información de la sección de la alcaldía le resultó útil o no y el porqué.

Por último se establecieron las tareas a cumplir por parte del usuario durante la prueba, así como las preguntas que se le harían durante una entrevista al finalizar la evaluación del sistema. Se puede observar el instrumento completo en el Anexo VIII.

### **Implementación de la evaluación**

Para aplicar el instrumento se visitó al usuario en su lugar de trabajo (Dirección General de Servicios Públicos de Tláhuac), se mostró el prototipo y se realizó la prueba de guerrilla.

### **Resultados**

Los resultados de la prueba corroboraron que el sistema permite al usuario realizar tareas y navegar en la interfaz. También se

confirma que la información del sistema es pertinente. A su vez, se fortaleció la propuesta de visualización y contenido, para dar paso a la implementación del sistema

Como producto de esta tercera etapa iterativa se realizaron los siguientes ajustes:

- Se cambió la ubicación el botón “fuentes” a la parte superior derecha en todas las secciones, debido a que el usuario no localizo la opción a primera vista.
- En el menú Inicio: como el usuario no logró identificar fácilmente la opción que le da el sistema para hacer una estimación de los RSU, se integró el botón de “estimación de la generación” a la sección de inicio. Esto permitió resaltar dicha funcionalidad del sistema, además se agregó un texto descriptivo sobre la estimación.

El usuario encontró útil y atractiva la propuesta de contenido y la funcionalidad general, por lo que se recuperó esta última versión del prototipo para su implementación.

## FOTOGRAFÍAS



Fotografías con el equipo RSUCDMX y miembros de la dirección del Servicio Público de Limpia de la alcaldía Tláhuac, que demuestran la etapa de iteración donde el encargado de servicio de Limpia, Fortino Amador, (fotografía 1) hizo uso RSUCDMX y manifestó sus recomendaciones acerca del mismo.



El encargado de servicio de Limpia, Fortino Amador, participando en la prueba.



Equipo RSUCDMX y miembros de la Dirección del Servicio de Limpia en las instalaciones de la Dirección. (fotografía 4)



## FIGURA 24 Inicio



**Inicio** Acerca de Información CDMX Información alcaldías Contacto Ayuda

### Sistema de información para la gestión de Residuos Sólidos Urbanos

RSUCDMX® ofrece información sobre los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en la Ciudad de México y sus alcaldías, permite hacer estimaciones de la generación y contribuye a la toma de decisiones basadas en información.

[Estimar generación de RSU](#)

Principales características:

- Permite hacer consultas por alcaldía**  
Entre otros aspectos, es posible consultar: generación, infraestructura, planes de manejo, e indicadores generales de cada una de las 16 demarcaciones.
- Presenta visualizaciones de información**  
La información se presenta en visualizaciones gráficas que facilitan la búsqueda de información.
- Contribuye a la toma de decisiones**  
RSUCDMX® busca contribuir en el proceso de toma de decisiones basadas en información.
- Integra Inteligencia Artificial**  
El sistema estima la generación de residuos a nivel alcaldía a través del entrenamiento de modelos de Inteligencia Artificial (IA).

## FIGURA 25 Acerca de

### Acerca de RSUCDMX

La generación de RSU afecta la salud pública, la sostenibilidad ambiental y el derecho a un medio ambiente sano, por lo que tomar decisiones basadas en información es importante para mejorar su gestión "... de esta manera se resalta que proveer información a quienes toman decisiones permite hacer mejoras en el proceso, así como monitorear cambios a través del tiempo" (Wilson et al. 2014:329).



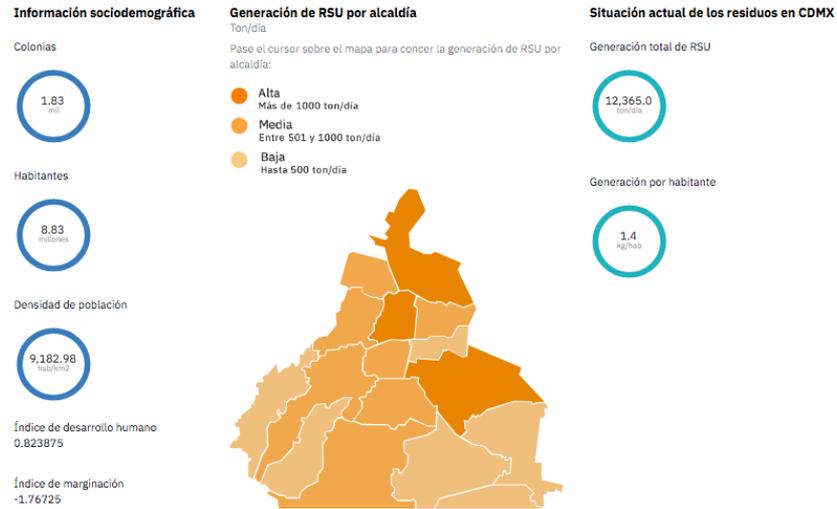
### Decisiones basadas en información

RSUCDMX® es una herramienta de apoyo para el análisis y reconocimiento de la situación que guarda cada alcaldía de la Ciudad, lo que contribuye al diseño de planes y programas para la gestión integral de RSU. El sistema presenta información sobre residuos a disposición de tomadores de decisiones y usuarios interesados en conocer sobre el tema.

-  Extrae datos abiertos de fuentes institucionales (SEDEMA, INEGI, CONAPO, PNUD).
-  Permite la consulta de variables y de visualizaciones de información (gráficas de composición y comparación).
-  Integra estrategias de Inteligencia Artificial (IA) que permiten hacer estimación en la generación de RSU mediante la captura o sugerencia de datos.
-  Se presenta en un formato intuitivo y de fácil acceso.
-  Contribuye a la cultura de la transparencia.



**FIGURA 26** Información CDMX/ Información general



**FIGURA 27** Información CDMX/ Infraestructura

**Esquema de manejo**

Una de las dimensiones de la gestión de RSU es la que refiere al manejo de éstos. En la CDMX el manejo se realiza en cinco puntos.

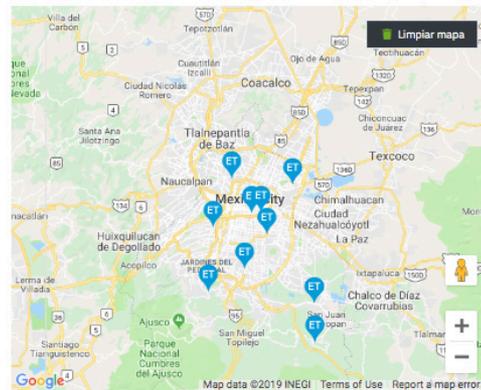
Pase el cursor sobre el gráfico para conocer más acerca del manejo de los residuos.



**Flujo de los residuos**

Ací se presenta la ubicación de cada uno de los puntos: estaciones de transferencia, planta de selección, compactadoras y de composta; y sitios de disposición final.

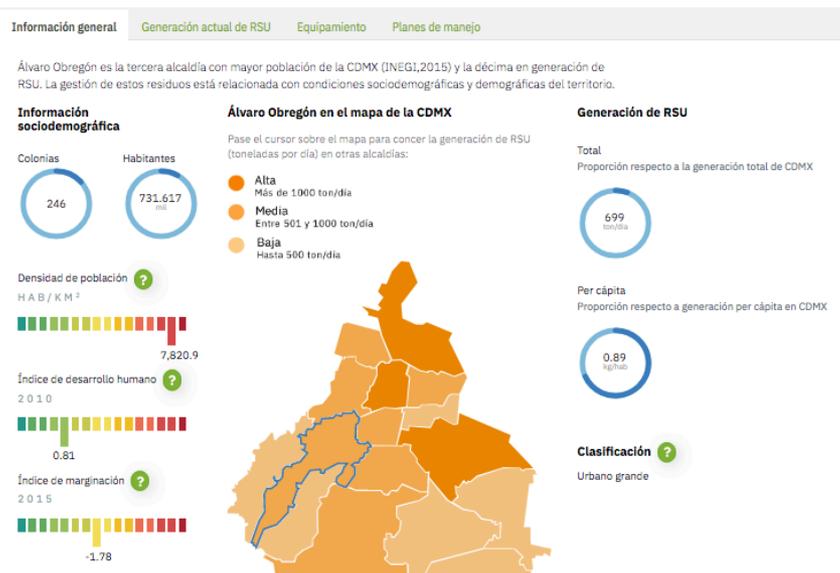
Pase el cursor sobre el mapa para ver el flujo de los residuos a través de los diferentes puntos.



**Clave:**

- 📍 Estación de transferencia
- 📍 Planta de selección

## FIGURA 28 Información Alcaldía/ Información general

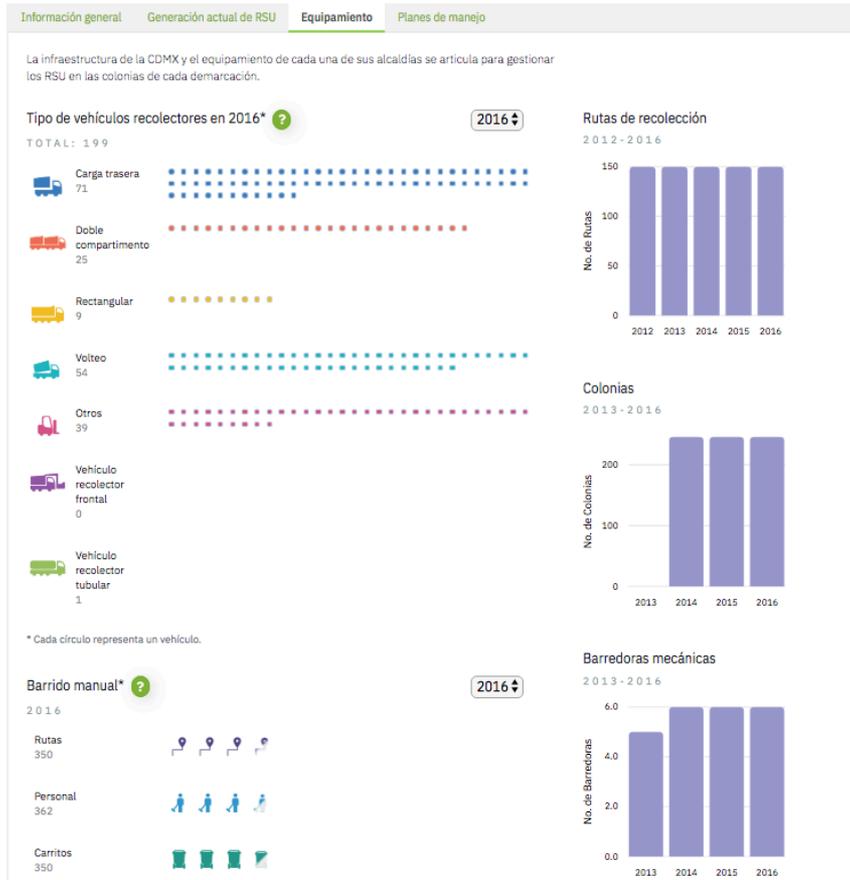


## FIGURA 29 Información Alcaldía/ Generación RSU





**FIGURA 30** Información Alcaldía/ Equipamiento



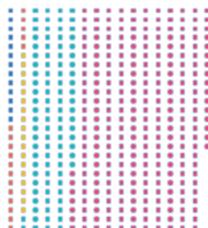
## FIGURA 31 Información Alcaldía/ Planes de manejo

(SEDEMA), dar seguimiento a los grandes generadores de RSU (50 a más kg/día). Entre los grandes generadores se encuentran los principales sectores de actividad económica: industria, comercio y servicio.

### Planes de manejo ingresados por categoría

2016 | TOTAL: 416

- Categoría A  
13
- Categoría B  
17
- Categoría C  
18
- Categoría D  
95
- Categoría E  
273



### Planes de manejo ingresados por sector económico

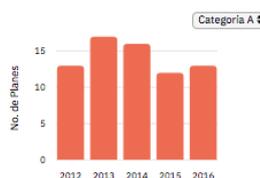
2016 | TOTAL: 416



2016

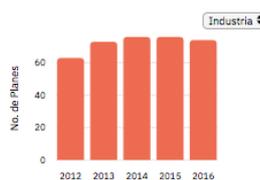
### Total de planes de manejo ingresados por categoría

CATEGORÍA A | 2012-2016



### Total de planes de manejo ingresados por sector económico

INDUSTRIA | 2012-2016



## FIGURA 32 Información Alcaldía/ Estimación

que se generan a nivel alcaldía, a partir de ciertas variables identificadas. Si se modifica el valor de las variables, en este caso los campos del siguiente formulario, entonces el modelo entrenado puede predecir con base en los patrones aprendidos, y predecir el nuevo escenario con referencia a la cantidad de RSU generados.

Por favor llene los datos que se solicitan a continuación o bien puede utilizar los que el sistema le sugiere. Los datos solicitados son a nivel alcaldía:

Los valores que se muestran corresponden al valor promedio obtenido de los Inventarios de Residuos Sólidos de SEDEMA.

Cantidad de vehículos recolectores de tipo rectangular con los que cuenta la alcaldía:	<input type="text" value="267"/>
Total de trabajadores que realizan el barrido manual:	<input type="text" value="2550"/>
Cantidad rutas o tramos para realizar el barrido manual:	<input type="text" value="1800"/>
Total de choferes que operan los vehículos recolectores:	<input type="text" value="322"/>
Total de planes de manejo ingresados de tipo A (1,000kg al día):	<input type="text" value="30"/>
Total de planes de manejo ingresados de tipo B (500kg -1,000kg al día):	<input type="text" value="29"/>
Total de planes de manejo ingresados de tipo D (50kg y 250kg al día):	<input type="text" value="119"/>
Total de planes de manejo ingresados de tipo E (menos de 50kg al día):	<input type="text" value="479"/>
Total de planes de manejo ingresados por sector comercio:	<input type="text" value="118"/>
Total de planes de manejo ingresados por sector industria:	<input type="text" value="261"/>

### Estimación de la generación de RSU en Benito Juárez

**4328.92**

TONELADAS/DÍA

**FIGURA 33** Contacto

## Contacto

Si desea contactarse con nosotros por favor llene el siguiente formulario y los pondremos en contacto a la brevedad:

Nombre\*

Ciudad\*

Institución/empresa\*

Correo electrónico\*

¿Cómo se enteró de RSUCDMX?\*

Comentarios\*

 @rsu\_cdr  
 contacto@

**FIGURA 34** Ayuda

## Ayuda

Esta sección puedes consultar vídeos tutoriales básicos donde se presentan y explica el uso de las diversas secciones y funcionalidades del sistema:

**1**

**¿Cómo consultar información por alcaldía? Primera parte**



**2**

**¿Cómo consultar información por alcaldía? Segunda Parte**



**3**

**¿Cómo consultar información por alcaldía? Tercera Parte**



**4**

**¿Cómo consultar información por alcaldía? Cuarta Parte**



**5**

**¿Cómo estimar la generación de RSU?**



De la figura 24 a la 34 pueden observarse los ajustes principales al prototipo que son producto de esta última etapa iterativa.

Durante la evaluación del prototipo, el funcionario mostró interés en el sistema y comentó que sería de utilidad para él. El participante en la evaluación es quien realiza el PPSPL en Tláhuac y comentó que el sistema le es útil para realizar el diagnóstico de su alcaldía respecto al estado de la gestión de RSU. Además le permite hacer una comparación de su alcaldía con otras a través de la sección de información general de la CDMX y mejorar su gestión.

“Yo que hago esto es muy útil porque me ponen todo aquí, ya que yo tengo que estar hablando, investigando y demás para obtener datos... Lo usaría para actualizar mis datos, para informes mensuales, trimestrales y anuales, además es útil para la transparencia”.  
(usuario participante en la evaluación)

Una vez realizada la tercera evaluación se procede a la implementación del sistema. El proceso de implementación se describe en el capítulo 5.

## CAPÍTULO 5

# IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA RSUCDMX

“Debido a que el software, como todo capital, es conocimiento incorporado y a que el conocimiento originalmente se halla disperso, tácito, latente e incompleto en gran medida, el desarrollo de software es un proceso de aprendizaje social. El proceso es un diálogo en el que el conocimiento que debe convertirse en software se reúne e incorpora en éste. El proceso genera interacción entre usuarios y diseñadores, entre usuarios y herramientas cambiantes, entre diseñadores y herramientas en evolución. Es un proceso que se repite y en el que la herramienta que evoluciona sirve por sí misma como medio para la comunicación: con cada nueva ronda del diálogo se genera más conocimiento útil a partir de las personas involucradas”.

(Baetjer Jr., 1997)

La construcción de RSUCDMX como herramienta tecnológica, más allá de un enfoque meramente pragmático, nos lleva a meditar sobre su significado y propósito. Como se ha referido en las secciones anteriores, el presente proyecto es un sistema de información que es el resultado del proceso de acercamiento, aprendizaje, representación y comunicación de un fragmento de la problemática referente a la gestión de Residuos Sólidos Urbanos y que funge como un instrumento de soporte para visibilizar el problema de generación de los RSU con miras de facilitar su gestión.

El objetivo de la etapa de implementación fue lograr que el sistema de información funcionara de acuerdo con los requisitos resultantes de la etapa de análisis de la problemática. Como lo define Somerville (2002) se trata de convertir una serie de especificaciones del sistema en un sistema funcional.

Dado que la etapa de implementación es parte de un proceso de desarrollo de software, este apartado describe el marco de trabajo utilizado con el fin de explicar cómo se construyó la herramienta tecnológica, de qué forma se sustenta en las definiciones descritas en apartados previos y cómo responde a una serie de necesidades detectadas a partir del análisis del contexto normativo y los usuarios finales involucrados en la gestión de los RSU en la CDMX.

Para llegar a esto, se siguió una serie de pasos alineados a marcos de trabajo conocidos como metodologías de desarrollo de software alineados a un modelo de ciclo de vida o etapas de producto.

## **5.1 MARCO DE TRABAJO**

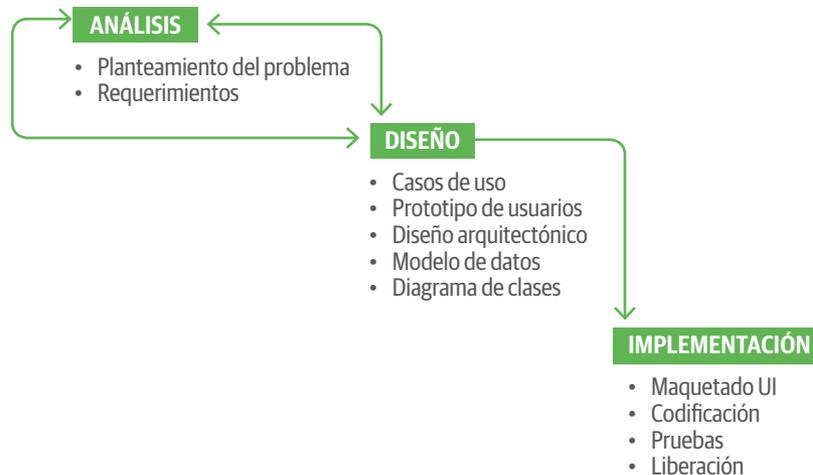
Un programa informático modela un problema real que se desea resolver, y para que este proceso de modelado sea sencillo y produzca una solución eficiente, es recomendable utilizar un modelo de desarrollo ya estandarizado. En este sentido un paradigma de programación es un modelo básico de construcción de programas, un modelo que permite producir programas conforme a unas directrices específicas (Alonso, 2013).

Aunado a esto se definen las etapas de vida de software desde que se identifica el problema hasta su liberación, bajo el procedimiento y orden de una metodología de software.

La incorporación a un paradigma de programación, así como la metodología para el desarrollo de software, obedece al tipo de sistema y sus características. En este sentido, RSUCDMX surge dentro de un proyecto de investigación en un entorno donde las nuevas tecnologías y la gestión de RSU en México han sido poco o nulamente vinculadas y explotadas, lo que planteó una serie de indagaciones para luego ir concretando y definiendo tanto problemáticas como propuestas de solución. En consecuencia, la elección de las herramientas utilizadas para la construcción de RSUCDMX responden a dicho contexto y circunstancias.

### FIGURA 35 Metodología para el desarrollo del software RSUCDMX

*Elaboración Propia.* Se muestran las fases generales y los respectivos grupos de actividades. Se observa que es un proceso base en cascada, sin embargo, existe un proceso iterativo entre las etapas de análisis y diseño.



#### Metodología de desarrollo

El desarrollo de un producto de software requiere el establecimiento de un procedimiento ordenado y planeado que permita lograr un objetivo final, que es el desarrollo de un sistema de información (Alonso, 2013).

De acuerdo con Sommerville (2011), existen tres tipos de metodologías para el desarrollo de software: en cascada, desarrollo incremental e ingeniería orientada a la reutilización.

Los procesos de desarrollo en cascada son un ejemplo dirigido por un plan, desde un principio se debe planear y programar toda actividad, mientras que el desarrollo incremental se basa en la idea de diseñar una implementación inicial, exponer ésta al comentario del usuario, y luego desarrollarla en sus versiones hasta producir un sistema adecuado. “Este modelo refleja una forma para la solución de problemas y es base fundamental del enfoque de desarrollo ágil” (Sommerville, 2011, p. 30).

Dado que cada proyecto tiene características y situaciones únicas, como es el caso de RSUCDMX, llevan a la adopción y combinación de diferentes herramientas. Para este caso, el apego a una metodología específica de software ayuda a fundamentar y llevar el desarrollo con una pauta concreta y válida. En este sentido, el Proceso Unificado Racional (RUP, por sus siglas en inglés), que es un modelo de proceso híbrido, sirvió de base y referencia para la construcción de una metodología propia de desarrollo (figura 35).

A continuación se muestra el ciclo de vida del sistema RSUCDMX, con base en la metodología RUP como marco referente de trabajo para el desarrollo de este sistema (figura 35). Se observan tres etapas dentro del ciclo y las actividades contenidas en cada una de ellas. Aunque la base general del desarrollo es en cascada, en las etapas de Análisis y Diseño se dió un proceso iterativo de cambios y ajustes, esto debido a la naturaleza del proyecto de investigación, donde los continuos hallazgos dan pie a nuevas definiciones en la propuesta de solución; además, las etapas de evaluación del prototipo de usuarios ante diferentes actores llevaban a ajustes en los requerimientos y en consecuencia en el diseño de la solución. Fue un proceso iterativo que caracteriza a las metodologías ágiles y en cambio constante para llegar a una versión final, sin embargo, se hizo una planeación general previa que contemplaba actividades secuenciales. El RUP es un modelo que identifica cuatro fases discretas para el proceso de software, a diferencia de un modelo en cascada donde las fases se igualan con actividades del proceso. Las fases del RUP están, en mayor medida, estrechamente vinculadas con la naturaleza del proyecto o empresa. La iteración con el RUP se apoya en dos formas, cada fase puede presentarse en una forma iterativa, con los resultados desarrollados incrementalmente.

A continuación se describen las tres fases y sus respectivas actividades planteadas y realizadas en relación a la metodología adoptada para el desarrollo de software.

### **Análisis**

Esta fase consiste en comprender y definir qué servicios requiere el sistema, mismos que son denominados requerimientos (Sommerville, 2011, p. 36) . Sin embargo, para llegar a estas definiciones y características funcionales a cubrir para el producto final de software, es necesaria una etapa previa de inmersión, conocimiento y abstracción del contexto identificada como la etapa de análisis. Esta etapa es especialmente crítica ya que cualquier error en la definición de requerimientos puede conducir a resultado incongruente con la necesidad previamente detectada, es decir, que el sistema no cumpla con su función.

Los resultados de la etapa de análisis se exponen ampliamente en la introducción y planteamiento del presente documento, ya que se aborda el tema de los RSU desde una perspectiva internacional hasta situarse localmente.

### **Planteamiento del problema**

Como resultado de esta actividad se logró establecer un panorama general de la problemática de los RSU hasta llegar a la dimensión normativa de la gestión de los RSU en la Ciudad de México, fue en este punto donde se identificaron puntualmente las necesidades de información, los escenarios y personas que la requerían.

Básicamente este esfuerzo detonó en la identificación puntual de la problemática actual respecto a la carencia de herramientas tecnológicas que muestren y vinculen información y faciliten su consulta, con el fin de apoyar en la gestión de RSU en la Ciudad de México. Pueden consultarse a detalle los resultados en el capítulo 1 que refiere al Planteamiento del problema.

### **Requerimientos**

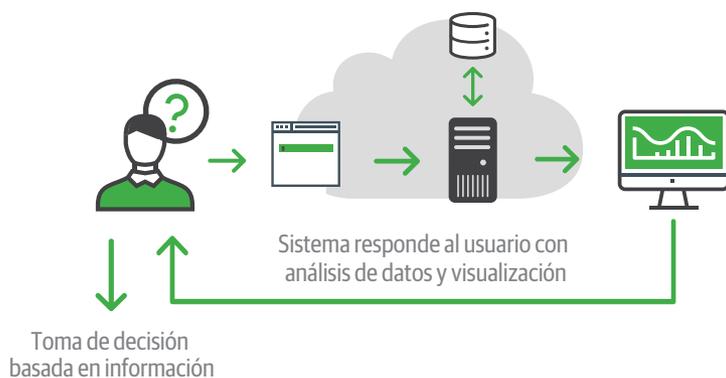
El análisis de los requisitos del software es un proceso de descubrimiento, refinamiento y especificación. Los objetivos son identificar las necesidades de los usuarios, asignar funciones al software, a las bases de datos y, finalmente, llegar a una definición del sistema.

Los requerimientos son la fuente para la definición del sistema, que consiste fundamentalmente en crear un modelo de la arquitectura del sistema que describa las interrelaciones existentes entre los distintos elementos del sistema (interfaz de usuario, entradas, función del sistema, salidas, mantenimiento y autocomprobación), (Alonso, 2013).

Como resultado del análisis de requerimientos se lograron identificar las siguientes necesidades a cubrir a través del sistema:

1. Proporcionar al usuario los datos necesarios para realizar un diagnóstico básico del estado actual de los RSU en la CDMX.
2. Permitir la consulta de información sobre RSU en la CDMX.
3. Proveer la consulta de información hasta el nivel alcaldía.
4. Sistema de información abierto (acceso vía navegadores web)
5. Proporcionar los siguientes datos para cumplir con la descripción de temas generales, considerando los siguientes criterios:
  - a. Descripción general de la alcaldía
    - Datos demográficos (habitantes en la alcaldía y sus colonias)
    - Factores físicos (ubicación, superficie, geografía, relieve)
    - Factores socio-económicos (vivienda, servicios, población económicamente activa, actividades socio-económicas)
    - Identificación de la problemática asociada con los residuos sólidos, para ello puede realizarse una consulta ciudadana
    - Identificación de las principales fuentes generadoras de residuos

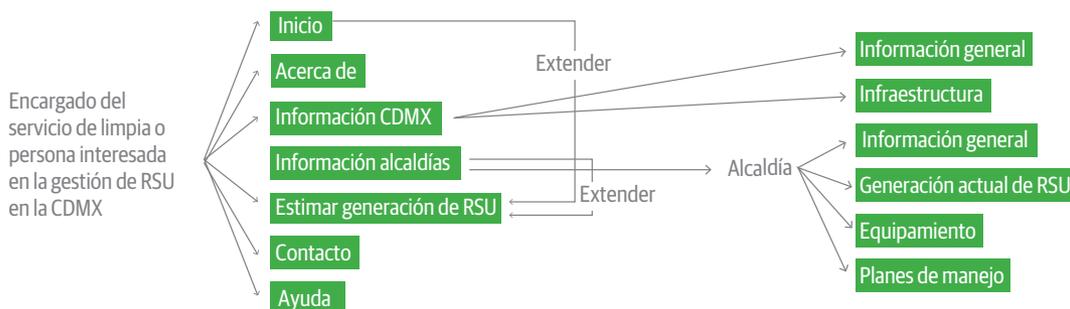
**FIGURA 36** Concepto funcional del sistema RSUCDMX



- b. Caracterización de los residuos
  - Descripción de las características de los residuos generados en la delegación. Esta sección comprende básicamente los datos referentes a la generación (toneladas por día, Kg/habitante día promedio) y la composición (tipo de residuos); para esto se emplean datos procedentes de estudios efectuados en la zona o a través de información estimada mediante información oficial confiable.
- c. Generación de datos recientes y específicos a través de estudios de caracterización que pueden ser realizados por laboratorios o empresas especializadas en el área, o a través de personal de limpieza que haya recibido instrucción previa. Los estudios en el campo deben ser realizados bajo las especificaciones contenidas en la normatividad correspondiente.
- d. Organización y operación actual del servicio público en el manejo de residuos
  - Es la parte de la descripción de la estructura y organización de las áreas encargadas de la prestación del servicio de manejo de residuos, detallando:
  - Estructura organizacional del personal operativo y administrativo (incluyendo cantidad y tipo de contratación)
  - Recursos materiales, con la sugerencia de describir los materiales y equipo que poseen, así como los principales problemas que tengan en ese aspecto.
  - Incluir la descripción, análisis de la situación, los planes y las metas de las actividades que se realizan en las alcaldías para la prestación del servicio público de limpieza, en sus etapas de barrido, recolección de residuos y demás actividades de su competencia.

Cabe señalar que se realizó un análisis de viabilidad respecto a los datos existentes para poder dar respuesta a los requerimientos de información. Como resultado se discriminaron varios de los requerimientos antes mencionados, a falta de información que sirviera de insumo para el sistema. Se pueden consultar los requerimientos finales en el capítulo 3 (Tabla 4).

Además se logró concretar una definición conceptual a nivel funcional del sistema (ver figura 36), donde se observan los diferentes elementos que se consideraron para la construcción de RSUCDMX (entradas, salidas, interfaz de usuario, bases de datos, funciones de personas, hardware y software).

**FIGURA 37** Diagrama de casos de uso del sistema de información

## 5.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

El diseño de software se entiende como una descripción de la estructura del software que se va a construir, los modelos y las estructuras de datos utilizados por el sistema, así como las interfaces entre componentes del sistema (Sommerville, 2011).

El objetivo es producir una representación de una entidad construida posteriormente (Alfonso, 2013). Esta etapa se divide en la definición de los casos de uso, diseño arquitectónico, diseño de interfaz de usuarios (prototipo) y diseño de base de datos.

### Casos de uso

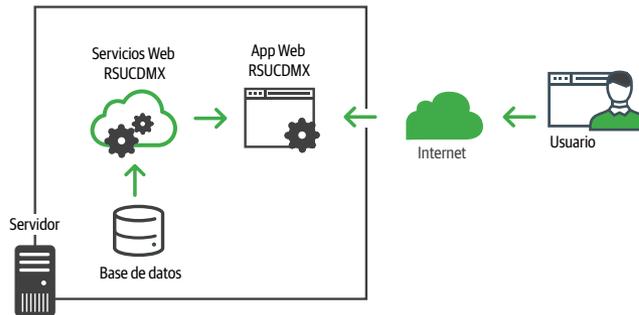
Los casos de uso son representaciones de los comportamientos del sistema y la respuesta funcional a los requerimientos definidos en la etapa de análisis. También describen la interacción entre el sistema y el usuario. Debido a que los casos de uso se desarrollan de acuerdo con las necesidades de los usuarios es más probable que el sistema sea una herramienta práctica para estos (Rational Unified Process, 1998).

Para este sistema se registraron siete casos de uso (representados en la figura 37) en los que se identifica el usuario, su rol y las diferentes interacciones con el sistema:

Describe los actores y las funcionalidades que realizan en el sistema. De los siete casos de uso detectados, los que refieren al desarrollo funcional son: Información CDMX, Información de Alcaldías y Contacto.



**FIGURA 38** Diagrama general de la aplicación de RSU y sus principales componentes



En el caso de uso de Estimar Generación de RSU es donde se define el módulo entrenado bajo técnicas de aprendizaje automático (IA). Para consultar la descripción a detalle de cada caso de uso ver anexo XI.

### Prototipo de usuarios

Un prototipo tiene varios propósitos. Por un lado definir y diseñar una interfaz gráfica de usuario con el fin de propiciar una comunicación bidireccional con el sistema de software cuando esté en funcionamiento, contempla el diseño arquitectónico y de los datos (Alonso, 2013).

Por otra parte el prototipo sirve como herramienta para representar lo definido y descrito en los casos de uso, por su naturaleza visual y de alto detalle ayuda a cubrir cualquier omisión en las descripciones funcionales. Además simula los flujos de trabajo e interacciones entre usuario y sistema, de tal modo que sirve como guía y soporte al momento de codificar el sistema.

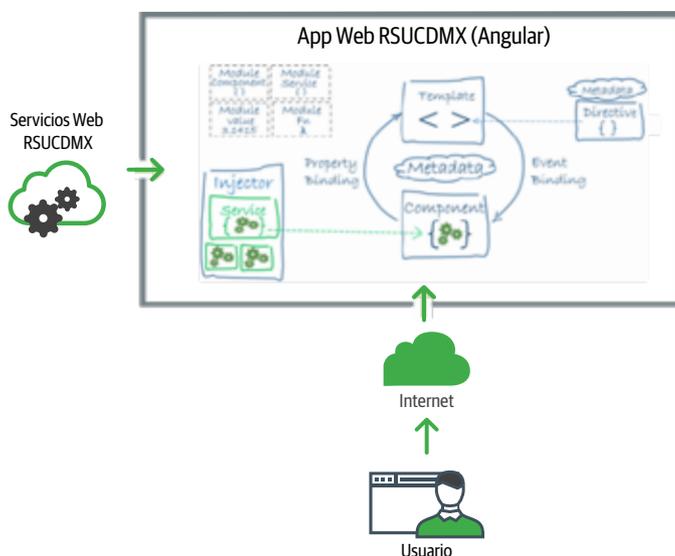
El prototipo fue también un vehículo para evaluar, con los usuarios finales y las partes interesadas, el diseño y funcionalidad del sistema en una versión preliminar. Con la finalidad de obtener retroalimentación para integrar mejoras antes de la etapa de implementación (ver anexos V y VI).

### Diseño arquitectónico

En esta fase se identifica la estructura global del sistema, sus principales componentes, sus relaciones y cómo se distribuyen (Sommerville, 2011). El diseño arquitectónico mezcla la estructura del sistema y la de los datos, también determina las interfaces que facilitan el flujo de datos entre los componentes que definen el software (Alonso, 2013).

### FIGURA 39 Diagrama de aplicación Web RSUCDMX

Elaboración propia con base en Angular (2018).



El diseño de la aplicación RSUCDMX se compone de una aplicación web, una aplicación de capa de servicios web y una base de datos. La aplicación web funciona como el cliente que, mediante los servicios web, hace los llamados a la base de datos (figura 38) .

La aplicación Web RSUCDMX es la capa de consulta final del sistema ante el usuario, sus objetivos principales son los siguientes:

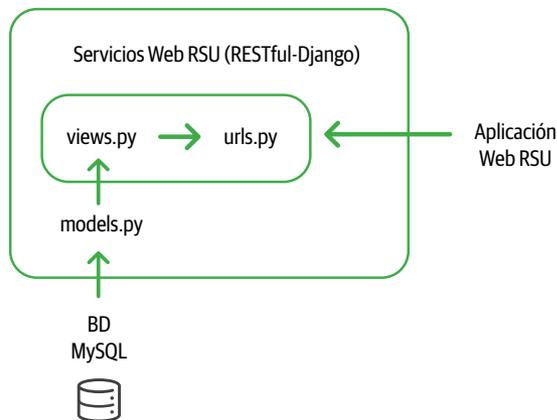
- Permitir hacer consultas por alcaldía: Generación, infraestructura, planes de manejo e indicadores generales de cada una de las 16 demarcaciones.
- Ofrecer visualizaciones de información: Visualizaciones gráficas que facilitan la búsqueda e interpretación de la información.
- Posibilitar la realización de una estimación de RSU: El sistema estima la generación de residuos a nivel alcaldía a través del entrenamiento de un modelo de predicción (IA).



Esta aplicación web se implementó mediante Angular 5, que es una plataforma y framework de desarrollo proporcionado por Google para la creación de aplicaciones cliente basadas en HTML y TypeScript; así, mediante este tipo de arquitectura con angular se logra la separación completa entre el front-end y el back-end en una aplicación web.

Es una aplicación web SPA (Single Page App - Aplicación de una sola página), es decir, la navegación entre secciones y páginas de la aplicación, así como la carga de datos, se realiza de manera dinámica, asíncronamente haciendo llamadas al servidor (backend con una capa de servicios RESTful) y, sobre todo, sin refrescar la página en ningún momento, teniendo como resultado una arquitectura orientada a componentes y servicios.

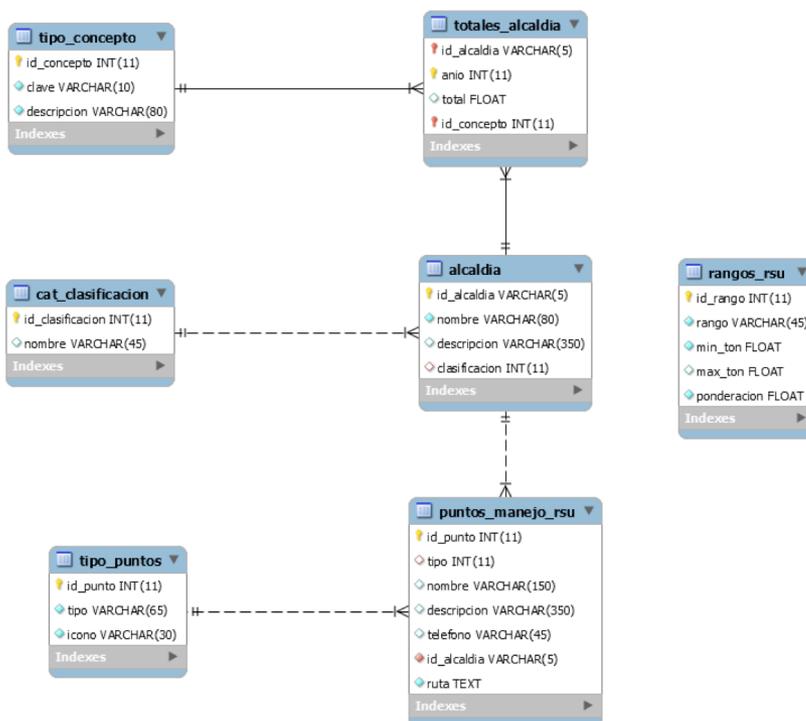
**FIGURA 40** Diagrama de la Aplicación de Servicios Web RSU



Los componentes de Angular definen vistas, que son conjuntos de elementos de pantalla que Angular puede elegir y modificar según la lógica y los datos de la aplicación. Así, dichos componentes utilizan proveedores de servicios, en este caso se utilizaron para lograr la comunicación con la capa de servicios web que está sobre python y son los que proporcionan los datos de la aplicación. Estos datos que se mandan a la aplicación, mediante los servicios web, se incorporan a los metadatos de clase del componente en Angular, que a su vez lo asocia con una plantilla que define una vista. Una plantilla combina HTML con directivas y un marcado de enlace que permite a Angular modificar el HTML antes de representarlo.

**FIGURA 40** Diagrama entidad relación a base de datos RSUCDMX.

Se muestra el diagrama del diseño de la base de datos, que responde a una lógica de entidad-relación. Se define como entidad principal la alcaldía y, alrededor de esta, se agrupan atributos relacionados a dicha entidad. Por ejemplo, en el catálogo de conceptos (tipo\_concepto) es donde se agrupan todas las variables relacionadas al tema de RSU, como infraestructura, planes de manejo y equipamiento.



Los componentes tecnológicos de la Aplicación Web RSUCDMX son: Angular 5, HTML5, CSS3, SASS, Apache tomcat

Servicios Web RSU es la aplicación mediante la cual se expone una capa de servicios web RESTful que se consumen en la Aplicación Web de RSUCDMX para la consulta de la información.

Mediante esta aplicación se exponen los servicios relacionados a los siguientes rubros:

- a. Información por alcaldía: Generación, infraestructura, planes de manejo e indicadores generales de cada una de las 16 demarcaciones.
- b. Servicio para la estimación de la generación de RSU, dado un conjunto de datos proporcionados por el usuario acerca de los indicadores definidos en un modelo de entrenamiento de Inteligencia Artificial (para mayores detalles de la implementación de este componente de estimación puede consultar la segunda parte del capítulo 4).

La capa de servicios fue implementada con Django 1.1 y python 2.7, éstos son servicios RESTful en formato JSON que a su vez acceden a una base de datos MySQL 5.6.

Los componentes tecnológicos de los servicios web RSU son: Django 1.1, Python 2.7, MySQL 5.6

### **Modelo de datos**

Esta fase es donde se diseñan las estructuras del sistema de datos y su representación en la base de datos (Sommerville, 2011). Algunos de los principios que se siguieron para el diseño de datos son (Wasserman, Pircher & Muller, 1990):

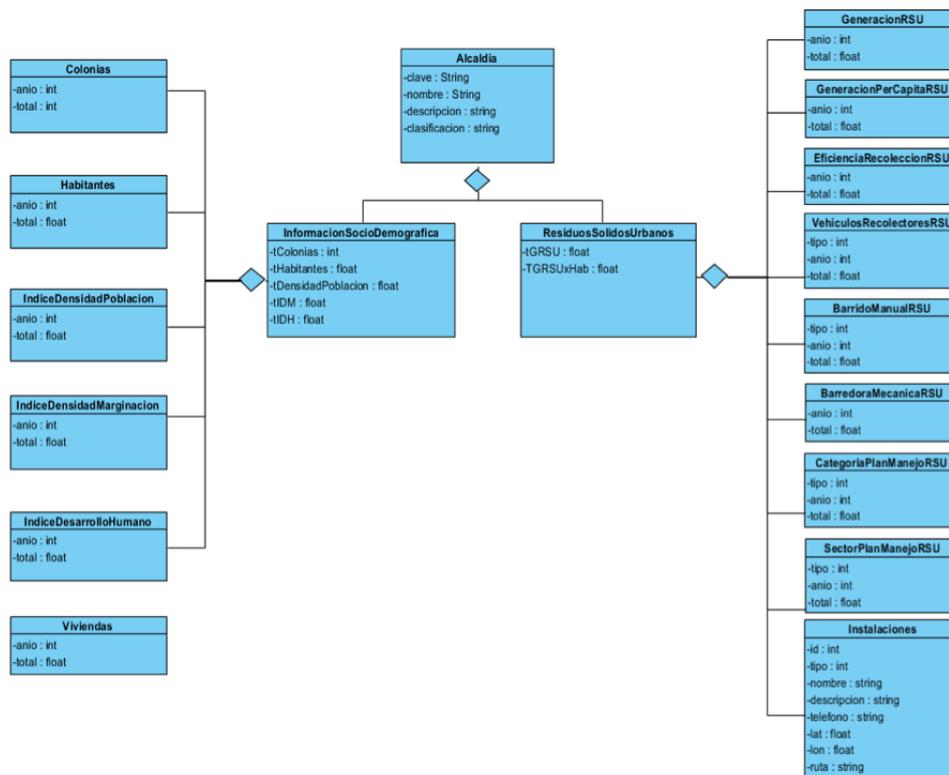
- Identificar todas las estructuras de datos y operaciones a realizar sobre ellas.
- Establecer un diccionario de datos para definir el diseño de los datos y del programa (ver anexo XIV).
- Desarrollar o utilizar una librería de estructuras de datos que se puedan reusar en el desarrollo de la aplicación.

### **Diagrama de clases**

De acuerdo con el diseño de la arquitectura tenemos la capa de servicios web de RSUCDMX. En la figura 42 se representa el modelo de datos diseñado para dichos servicios.

### **Implementación**

La etapa de implementación del desarrollo del software corresponde al proceso de convertir una especificación del sistema en un sistema ejecutable, siempre incluye procesos de diseño y programación de software (Sommerville, 2013).

**FIGURA 42** Modelo de datos diseñado


En esta etapa se lleva a la práctica todo lo descrito previamente en la fase de diseño, se construye el software a nivel de codificación. Una vez terminado el sistema se llevaron a cabo las pruebas funcionales, con el fin de detectar y corregir las fallas que surgieran de esta actividad (ver anexos XII y XIII). Dichas pruebas toman como referencia lo descrito en los casos de uso, cualquier incongruencia se documentó para su atención y solución.

Finalmente se liberó el sistema y puede consultarse en <http://rsucdmx.cua.uam.mx/>.

Para conocer el procedimiento de instalación y configuración de la aplicación en un ambiente de producción, puede revisar el manual de instalación (ver anexo X).

## CAPÍTULO 6

# CONCLUSIONES

En México y en el mundo la alta generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) representa un problema que afecta la salud pública, la sostenibilidad ambiental y el derecho al medio ambiente sano. Ante tal escenario resulta pertinente mejorar la gestión de estos residuos para mitigar sus efectos negativos.

Una vez que se revisaron los acuerdos y tratados internacionales relativos a temáticas medioambientales, así como la necesidad que éstos señalan sobre la generación de información para la toma de decisiones en ese sentido, el objetivo general de esta investigación fue diseñar un sistema de información para la toma de decisiones en la gestión de RSU en la CDMX. El sistema propuesto es pertinente puesto que se considera a las tecnologías de la información, como productos mediáticos, que pueden incidir en el “círculo virtuoso de mejora” (Castells, 2001) en la toma de decisiones sobre problemáticas medioambientales.

La pregunta de investigación que se planteó fue ¿qué características debería tener un sistema de información que apoye la toma de decisiones en la gestión de Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de México? Para responder esta pregunta se plantearon tres objetivos particulares:

El primer objetivo particular buscó comprender la gestión a través de la dimensión normativa a efecto de realizar una propuesta de solución. Se planteó de esa manera porque al comenzar la exploración del tema de residuos se identificó que la gestión de residuos comprende distintas esferas: cultural, social, económica, política y normativa. Esta última resulta estratégica puesto que busca dar ordenamiento a la gestión de los RSU en nuestro país. Por tal razón, la presente propuesta se basó en dicha esfera, misma que establece al nivel local como el responsable de la gestión.

El retomar la esfera normativa permitió identificar que si bien la Ley establece el desarrollo de programas basados en información, ésta aún se presenta de manera difusa. Por lo que no hay insumos suficientes para la gestión. Y que por otro lado, es preciso generar instrumentos que homologuen tanto los indicadores en el tema, como la periodicidad de levantamiento de datos entre los diferentes órdenes de gobierno.

El segundo objetivo fue realizar una propuesta de sistema de información con base en sus propiedades digitales, lo que permitió proponer un Sistema de Información Basado en Computadora que a través de sus elementos hiciera posible un acto comunicativo, al compartir una intencionalidad y construcción de sentido que permiten la toma de decisiones para la gestión de RSU en la CDMX.

El tercer objetivo refiere al desarrollo de la propuesta de solución, misma que involucró el diseño, evaluación e implementación del

sistema RSUCDMX, respondiendo a los requerimientos funcionales del sistema, resultantes del análisis del contexto del problema, la dimensión normativa, las necesidades de información y la propuesta para lograr un acto comunicativo que posibilita la utilidad del sistema para la toma de decisiones en la gestión de RSU a nivel local.

### **La interdisciplina**

El desarrollo de los tres objetivos particulares se dio a través del trabajo de tres áreas de conocimiento: Comunicación, Computación y Diseño. Lo que permitió acercarnos a responder la pregunta de investigación planteada, que buscaba identificar las características que debería tener un sistema de información para la toma de decisiones en la gestión de RSU en la CDMX.

La integración disciplinaria fue fundamental desde la construcción del problema hasta el momento de establecer elementos teóricos y tecnológicos para su abordaje. Desde la Comunicación se resalta la consideración de un sistema para la toma de decisiones como un producto mediático que permite un proceso de transcodificación; desde el Diseño, la visualización de información como elemento que hace posible la comunicación de información hacia el usuario; y de la Computación, el uso de técnicas de inteligencia artificial para la explotación de información, así como el proceso de implementación que hace posible la entrega del sistema a través de la web.

### **Comunicación**

Un Sistema de Información puede ser considerado un producto mediático que permite la realización de un acto comunicativo, si éste se realiza desde un marco de construcción del discurso y considerando un lugar de interpretación (el del enunciatario o usuario). En ese sentido el modelo de la máquina mediática que propone Charaudeau permitió caracterizar a un sistema de información como una herramienta que va más allá de considerarse únicamente como un repositorio de datos, sino que se convierte en un producto mediático que a través de la utilización de diversos recursos posibilita la construcción del discurso, que se manifiesta en la interfaz gráfica de usuario.

El modelo de la máquina mediática al unirse con la teoría de la transcodificación propuesta por Manovich, aplicadas a este sistema, justifican como un producto mediático con estas características informacionales y de diseño de la interfaz gráfica de usuario puede ser

un aporte importante en la atención a problemas de índole ambiental y de otros temas para el desarrollo. Ya que posibilita el impacto de la información en la capa cultural.

Podemos considerar al producto mediático RSUCDMX como parte de una comunicación estratégica al ser una alternativa de apoyo a problemáticas medioambientales, ya que no se construyó únicamente para almacenar datos relativos a los RSU, sino con la intencionalidad de que éstos sean comunicados y aprovechados.

### **Diseño**

La estética presentada en el sistema RSUCDMX solo fue una ventana para facilitar al usuario la comprensión de los datos existentes sobre RSU. Detrás de los gráficos presentados hay una búsqueda minuciosa de información análisis y organización exhaustiva de datos para lograr un diseño de información de alta calidad que facilitara al servidor público la toma de decisiones sobre la planeación de los PPSPL.

Es necesario remarcar las etapas de evaluación como indispensables para verificar que los planteamientos y propuestas de gráficos fueran adecuadas y se identificaran las debilidades estéticas y funcionales que no permitían al usuario apropiarse del mensaje en las primeras propuestas.

Sin duda, el hallazgo más importante fue encontrar al diseño de información como una disciplina que, a través de herramientas como la visualización, puede ayudar a comprender el fenómeno de los RSU y con ello abonar a la mejora de la gestión de los residuos en cualquier ciudad.

### **Computación**

El sistema es de consulta y tiene una funcionalidad para la predicción de la generación de RSU. Para realizar la predicción hubo un proceso previo de extracción y preprocesamiento de datos que resultó estratégico para el establecimiento de un conjunto de datos susceptibles a la experimentación a través de algoritmos.

El mayor esfuerzo para ejecutar la experimentación con datos se dió al extraer y normalizar la información, ya que se identificó diversidad de los tipos de fuentes de datos (digital e impresos en diversos formatos). También resultó desafiante el hecho de que aunque en México existen bases de datos, la información se presenta de manera heterogénea (en indicadores y temporalidad), por lo que el aprovechamiento de la

información con técnicas de Inteligencia Artificial que impacten en los procesos de toma de decisiones se ve limitado.

El estado en el que se encontraron los datos impactó tanto en el tratamiento recibido, como en la delimitación del alcance. Al inicio de la investigación se consideró que la solución propuesta fuera a nivel nacional, sin embargo la información generada en la CDMX, específicamente por la SEDEMA, presentó mayor consistencia y periodicidad, por lo que el sistema se delimitó a la CDMX y sus alcaldías.

En cuanto al tratamiento de información, los aportes más relevantes del proyecto fueron recolectar e identificar el estado general que guardan los datos generados por diversas instituciones, así como dar tratamiento a variables relativas a la CDMX. Es decir, explotarlas con técnicas de aprendizaje automático, lo que permitió generar nuevo conocimiento en el tema de la gestión de RSU de la Ciudad.

El proceso desarrollado permitió considerar que este tipo de técnicas y tecnología de vanguardia, a pesar de que usualmente son utilizadas en el sector empresarial o en negocios, también pueden utilizarse para temas sociales, de sustentabilidad y gobernanza para beneficio de la sociedad. En este caso, el reto sigue siendo la continuidad de metodologías, variables recolectadas por las instituciones y la participación de los servidores públicos involucrados para reportar el comportamiento de los RSU a nivel municipal a través de las diversas herramientas de levantamiento de información que implementa el gobierno federal.

Como puede observarse, desde la triada Comunicación, Computación y Diseño fue posible enlazar elementos que al encontrarse frente a un problema de investigación participan de manera creativa en la búsqueda de soluciones.

Por lo tanto, y una vez desarrollado el proceso de investigación entre las tres disciplinas, las características del sistema RSUCDMX que responden a la pregunta de investigación son:

1. Tiene como marco de diseño los elementos establecidos en la esfera legal de la gestión de los RSU de la CDMX.
2. Se desarrolla como un medio digital, con una propuesta de discurso que se plasma en la interfaz gráfica de usuario.

3. El desarrollo del sistema integra una fase de diseño de requerimientos que busca establecer las necesidades de los usuarios en el tema de la gestión de RSU (tipología de gráficos, estimación), otra de evaluación (etapas iterativas de evaluación) y finalmente una fase de implementación en un ambiente web.

Estas características permiten que el Sistema, al transcodificarse en una capa cultural concreta, en este caso la de la gestión de residuos en la ciudad, contribuya a la toma de decisiones basadas en información.

### **Evaluación del sistema**

A través de la evaluación se comprobó que, por sus características, el sistema RSUCDMX tiene potencial para ser usado por funcionarios que gestionan los RSU en las alcaldías, ya que apoya en la etapa de diagnóstico de la situación de los residuos. Además, le permite al usuario hacer una comparación de su alcaldía con otras a través del apartado de información general de la CDMX. Otro de los aspectos resaltados en la utilidad del sistema es la transparencia en el acceso a la información pública al ser un sistema web abierto.

Hay que mencionar también que el proceso de evaluación realizado validó que RSUCDMX es un sistema que además de poner la información disponible sobre la gestión de RSU en un solo lugar, enriquece la oferta de información para el usuario al ofrecerle la sección de estimación de la generación (predicción) a través de técnicas de inteligencia artificial. Además cuenta con un diseño de interfaz gráfica basado en un proceso de arquitectura de información y una propuesta de contenido previa que facilita la interacción del usuario con el sistema y fortalece el proceso de comunicación.

Estas características hacen del sistema RSUCDMX un medio novedoso en relación a otros sistemas de información sobre RSU existentes y a otras formas analógicas de representar y poner a disposición de los usuarios la información sobre el tema. Cumpliendo con el objetivo de facilitar la toma de decisiones racionales, basadas en información, para llevar a cabo la gestión de los RSU. Apoyando así a la sociedad del conocimiento a través de las tecnologías de la información y comunicación.

### **Limitaciones del proyecto**

Al reconocer la complejidad inherente a la gestión de residuos en la capital, se identificó que la recuperación de información está relacionada

con cuestiones políticas, económicas, sociales e incluso sindicales, que dificultan la medición, recolección, registro y publicación de datos. Factores que han derivado en la aparición, desaparición de distintas variables a lo largo de los años, así como la inconsistencia o ausencia en el reporte de información a nivel municipal.

Atender las situaciones mencionadas daría la posibilidad de enriquecer y generar más propuestas tecnológicas de información para apoyar la gestión de los RSU y por tanto, aumentar el alcance de productos mediáticos basados en información, como es el caso de RSUCDMX.

Cabe mencionar que también se detectó que el uso del RSUCDMX podría verse comprometido por otros aspectos del contexto como son el acercamiento de los funcionarios al uso de las tecnologías digitales, el interés que éstos tengan por gestionar los RSU, los intereses políticos y económicos; así como la experiencia que tengan los funcionarios en el tema de la gestión de los RSU y la falta de continuidad de las políticas públicas establecidas en los cambios de administración y que podrían limitar la adopción de esta tecnología.

#### **Escalabilidad y utilidad del sistema**

El sistema podría tener más alcance si se contara con datos con mayor modularidad y periodicidad (estado, alcaldía y colonia). Esto haría factible la presentación de análisis más amplios y visualizaciones más detalladas, así como replicarse en otras regiones del país. De ser así, un sistema como éste a nivel nacional ofrecería la posibilidad de gestionar racionalmente los RSU desde cada localidad, estado e incluso colonia, lo que traería como consecuencia una mejor gestión de los RSU en el país y, en consecuencia, tanto las ventajas ambientales como las relacionadas a la administración pública serían evidentes debido a la sincronización y monitoreo de la situación de los RSU .

La homologación de las variables tanto a nivel local como nacional resulta ideal pues se optimizaría el aprovechamiento de la información disponible sobre el tema para la toma de decisiones en la gestión de RSU, lo que podría incidir en la cultura de la generación y uso de datos para la toma de decisiones. En ese sentido las tecnologías de la información podrían incidir en el “círculo virtuoso de mejora, no sólo de la economía y la tecnología” (Castells, 2001, p. 221), sino también en la toma de decisiones sobre problemáticas medioambientales.

Otros elementos a escalar refieren a diseñar un módulo de administración para la actualización de bases de datos que pueda convertirse en un módulo de captura para que los usuarios gestores actualicen directamente la información, creando así un sistema autogestionable en términos de actualización y generación de información.

En términos de inteligencia artificial el contar con mayor registro de información serviría para predecir comportamientos futuros y poder proponer soluciones de forma anticipada. Desde infraestructura, costos hasta diseño de políticas públicas para dar solución a las diversas problemáticas que implica el tema de los RSU.

### **Nuevas líneas de investigación**

La unión de campos del conocimiento para alcanzar un mismo objetivo permite comprender cómo la experiencia interdisciplinaria proporciona la búsqueda de soluciones a problemas complejos. En este sentido, el desarrollo del Sistema RSUCDMX posibilitó al equipo no sólo unir los saberes de Diseño, Computación y Comunicación, sino también integrar saberes de otras disciplinas. Este proceso se hizo posible gracias al contacto con expertos en temas ambientales y administración pública, lo que permitió entender mejor la gestión de los RSU.

Por tal razón este proyecto da pie a la visualización de nuevas líneas de investigación y de acción en el tema de la gestión de los RSU, como en el ámbito de las ciencias ambientales, de las ciencias políticas y administración pública. También en el ámbito de la Comunicación, Computación y Diseño, para enriquecer la propuesta o generar nuevos proyectos dirigidos a temas de medio ambiente y desarrollo. Así como nuevas líneas de investigación interdisciplinaria.

Las líneas de investigación también pueden dirigirse a aspectos relacionados con la falta de disponibilidad de ciertas variables y continuidad de los datos, nuevas propuestas de variables útiles para la gestión de RSU de acuerdo a las necesidades actuales de la gestión (tipos de residuos y economía circular, por ejemplo), tecnologías para el apoyo de decisiones para la gestión y el análisis de información para la predicción de escenarios relacionados a las diversas problemáticas de los RSU. Así como dar seguimiento al uso del sistema en la CDMX. Por otro lado también es posible desarrollar estudios relativos a la producción de insumos informacionales en México y la región, para hacer frente a la sociedad del conocimiento.

### **Aportaciones generales del proyecto**

A través de la evaluación con el usuario final se corroboró que la información del sistema es pertinente. También es posible decir que aporta información útil a cualquier interesado en la gestión, desde funcionarios públicos y organizaciones no gubernamentales, hasta empresas y sociedad civil, ya que RSUCDMX tiene como marco a referentes legales y que en esencia busca contribuir al alcance del medio ambiente sano como derecho humano.

La toma de decisiones basadas en información para gestionar los RSU, tomando como referencia a la esfera normativa, contribuye al tratamiento de la problemática de los residuos sólidos desde la gestión local. Lo que contribuye a mejorar tanto la situación ambiental local y global como la calidad de vida.

Por otro lado, el sistema RSUCDMX no sólo contribuye con la transparencia de la información, sino que presenta insumos que pueden coadyuvar en el alcance de los desafíos del contexto local ya que tiene repercusiones positivas en el medio ambiente y en la sociedad.

Castells (2000) hace referencia a la importancia de la tecnología y la información en las acciones de la sociedad red, ya que las formas en las que se genera el conocimiento y se procesa la información se han alterado por la evolución tecnológica que ahora está centrada en el procesamiento de información, la generación de conocimiento y las tecnologías de la información<sup>70</sup>.

En este sentido, poner tecnologías de información como RSUCDMX a disposición de usuarios que fungen como tomadores de decisiones, contribuye a los ideales de la sociedad de la información y el conocimiento.

RSUCDMX es un sistema web abierto que cualquier persona interesada en la gestión de los RSU puede consultar a través de <http://rsucdmx.cua.uam.mx/>

---

**70** Lo que llamamos conocimiento, información, no es abstracto, está depositado materialmente en cerebros que generalmente suelen ir unidos a personas. Por consiguiente, son trabajadores de alta cualificación. Son innovadores capaces de tener ideas y aplicarlas los que constituyen realmente la materia prima de esta nueva economía (Castells, 2001, p. 215).

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1 Jerarquía normativa gestión de RSU
- Figura 2 Síntesis de los lineamientos para la generación del PPSPL
- Figura 3 Lugares de la máquina mediática
- Figura 4 Metáfora conversacional
- Figura 5 Los tres lugares de la máquina mediática desde el RSUCDMX
- Figura 6 De la LGPGIR al diseño de persona
- Figura 7 Matriz de tipos de visualización
- Figura 8 Abstracción de la jerarquía de tipos de gráficos según Abela
- Figura 9 Primer propuesta gráfica para la categoría Información General
- Figura 10 Rediseño de la propuesta gráfica para la categoría Información General
- Figura 11 Propuesta gráfica para la categoría Generación de RSU
- Figura 12 Rediseño de la propuesta gráfica para la categoría Generación de RSU
- Figura 13 Diseño de la propuesta gráfica para la categoría Infraestructura
- Figura 14 Rediseño de la propuesta gráfica para la categoría Infraestructura
- Figura 15 Propuesta gráfica para la categoría Planes de Manejo
- Figura 16 Rediseño de la propuesta gráfica para la categoría Planes de Manejo
- Figura 17 Gráficas de comparación entre las mejores configuraciones de cada experimento realizado
- Figura 18 Esquema de navegación
- Figura 19 Página de inicio
- Figura 20 Estadísticas por alcaldía
- Figura 21 Acerca del proyecto
- Figura 22 Contacto
- Figura 23 Ayuda
- Figura 24 Inicio
- Figura 25 Acerca de
- Figura 26 Información CDMX/Información general
- Figura 27 Información CDMX/ Infraestructura
- Figura 28 Información Alcaldía/Información general
- Figura 29 Información Alcaldía/Generación de RSU
- Figura 30 Información Alcaldía/Equipamiento
- Figura 31 Información Alcaldía/Planes de manejo
- Figura 32 Información Alcaldía/Estimación
- Figura 33 Contacto
- Figura 34 Ayuda
- Figura 35 Metodología para el desarrollo del software RSUCDMX
- Figura 36 Concepto funcional del sistema de información RSUCDMX
- Figura 37 Diagrama de casos de uso del sistema de información RSUCDMX
- Figura 38 Diagrama general de la aplicación RSU y sus principales componentes
- Figura 39 Diagrama de la Aplicación Web RSU
- Figura 40 Diagrama de la Aplicación de Servicios Web RSU



Figura 41 Diagrama entidad relación de la base de datos RSUCDMX

Figura 42 Modelo de datos diseñado

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Síntesis del problema de investigación
Tabla 2	Aplicación del diseño de persona provisional de Cooper (et.al., 2014)
Tabla 3	Operacionalización del escenario de uso
Tabla 4	De la propuesta de solución a su aplicación en el prototipo
Tabla 5	De la aplicación del prototipo a la categoría de información
Tabla 6	Análisis de variables de la categoría: información general
Tabla 7	Análisis de variables de la categoría: generación de RSU
Tabla 8	Análisis de variables de la categoría: infraestructura
Tabla 9	Resultados obtenidos de los experimentos realizados
Tabla 10	Organización de la información en categorías

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Adamović, V., Antanasijević, D., Ristić, M., Perić-Grujić & A., Pocajt, V. (2017). *Prediction of municipal solid waste generation using artificial neural network approach enhanced by structural break analysis*. *Environmental Science and Pollution Research*, 24 (1), 299-311. doi: 10.1007/s11356-016-7767-x

Alanis, O. (2013). *Derecho a un medio ambiente sano*. México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, Suprema Corte de Justicia de la Nación. Fundación Konrad Adenauer. Recuperado de: <https://bit.ly/2sPNMzQ>. Consultado el 1 de septiembre de 2018.

Alarcón, V. F., & Upc, U. E. (2010). *Desarrollo de sistemas de información: una metodología basada en el modelado*. Universidad Politécnica de Catalunya. Catalunya, España. Recuperado de: [https://books.google.com.mx/books?id=Sqm7jNZS\\_LOC](https://books.google.com.mx/books?id=Sqm7jNZS_LOC)

Alcalde, I. (2015). *Visualización de la información*. España: Editorial UOC.

Alonso, F. (2013). *Introducción a la ingeniería del software: modelos de desarrollo de programas*. Madrid, España: Delta Publicaciones.

Angular (2018). *Architecture Overview (tutorial)*. Angular. Recuperado de: <https://angular.io/guide/architecture>

Baetjer, Jr. (1997). *Software as Capital: An Economic Perspective on Software Engineering*. Piscataway, New Jersey: Wiley-IEEE Computer Society Press.

Bautista J. (2012). *La política pública federal en materia de residuos sólidos urbanos: un análisis crítico en base a los elementos de la comisión económica para América Latina y el Caribe (Tesis para optar por el Grado de Maestro en Planeación y Políticas Metropolitanas)*. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

Belam, M. (2010). *10 tips for 'ambush guerilla user testing'* (entrada de blog). Currybetdotnet. Recuperado de: <https://bit.ly/1h6qOXF>

Berglund, A. & Leifer, L. (2013) *Why we Prototype! An International Comparison of the Linkage between Embedded Knowledge and Objective Learning*, *Engineering Education*, 8 (1), 2-15. doi: 10.11120/ened.2013.00004

Binatton, S. (2016). *Good charts: the HBR guide to making smarter, more persuasive data visualizations*. Boston, Massachusetts: Harvard Business Review Press.

Calderón, M. E. (2018). *Indicadores de RSU en México*. Inventario de fuentes de información al 27 de enero, 2018 (fichero de datos). rsucdmx.com. Recuperado de: <http://rsucdmx.com/indicadores/diagnostico/>

Calderón, E., López, M., Galán, P., Villatoro, E., García, R. y García, B. (2018). *Predicción de la generación de residuos sólidos urbanos en la Ciudad de México*. Research in Computing Science, 147 (5), 65-77. Recuperado de: [http://www.rcs.cic.ipn.mx/rcs/2018\\_147\\_5/](http://www.rcs.cic.ipn.mx/rcs/2018_147_5/)

Cantú, s.f. *¡Adiós a la pirámide de Kelseniana!, o de la supremacía constitucional al bloque de constitucionalidad en materia de derechos humanos*. Disponible en: <https://bit.ly/2tVyFnU>. Consultado en enero de 2019.

Castells (2000). *La era de la información: economía, sociedad y cultura. Volumen 1. La sociedad red (segunda edición)*. Ciudad de México, México: Siglo XXI Editores.

Castells, M. (2001). *La ciudad de la nueva economía. Papeles de población*, 7 (27). Universidad Autónoma del Estado de México. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11202708> Consultado el 15 de noviembre de 2017.

Charaudeau, P. (2013). *El discurso de la información: la construcción del espejo social*. Barcelona, España: Gedisa.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación. México 15 de septiembre de 2017. Recuperado de: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1\\_150917.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_150917.pdf) Consultado el 8 de junio de 2018.

CONAPO (2004). *La situación demográfica de México*. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/233104/SDM\\_2004.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/233104/SDM_2004.pdf) Consultado el 1 de junio de 2018.

Cooper, A., Reimann, R., Cronin, D., & Noessel, C. (2014). *About Face: The Essentials of Interaction Design*. Estados Unidos de América: Wiley. Recuperado de: <https://bit.ly/2L4puLJ>

Cortés M., Roberto. (s/f). *Introducción al Análisis de Sistemas y la Ingeniería de Software*. Costa Rica: Euned. Recuperado de: <https://books.google.com.mx/books?id=Y2CCTOfxYwC>

Cortinas, C. (abril de 2014). *El estado actual de los residuos y el reciclaje en México. Manejo Sustentable de los Residuos y de los Materiales Reciclables en México*. Foro llevado a cabo en el Palacio Legislativo de San Lázaro, Ciudad de México, México. Recuperado de: <https://bit.ly/2ZA1bcH> Consultado el 6 de junio de 2018.

Derrick, Devockhove (2005). *Los sesgos de la electricidad*. Curso académico de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Cataluña, España. Recuperado de: <https://www.uoc.edu/inaugural05/esp/kerckhove.pdf> Consultado el 27 de mayo de 2018.

GTZ- COMIA (2003). *La basura en el limbo: Desempeño de los Gobierno Locales y Participación Privada en el Manejo de Residuos Urbanos*. México: GTZ.

Recuperado de: <https://bit.ly/2WtaU7D>. Consultado el 8 de diciembre de 2017.

Haitovsky, Y. & Wax, Y. (1980). *Generalized ridge regression, least squares with stochastic prior information, and bayesian estimators*. *Applied Mathematics Computation*, 7(2), 125-154. doi: [https://doi.org/10.1016/0096-3003\(80\)90002-8](https://doi.org/10.1016/0096-3003(80)90002-8)

INECC (2007). *Residuos Sólidos Urbanos Capítulo 4*. Recuperado en: <https://bit.ly/2XlkKig> Consultado el 1 de junio de 2018.

INEGI (2018). *Banco de Indicadores (base de datos)*. Recuperado de: <https://bit.ly/2fRtX4J>. Consultado el 1 de septiembre de 2018.

INEGI. SNIEG (2018). *Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (base de datos)*. Recuperado de: <http://www.snieg.mx/cni/> Consultado el 1 de septiembre de 2018.

ISWA (2015) *ISWA Report 2015*. Recuperado en: <https://bit.ly/294mGOp> Consultado el 16 de julio de 2017.

Kelleher (2018). *Data Science*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Landa, A. (2016). *Sustentabilidad. Una visión multidisciplinaria*. Compilado por Peñaloza, E. et/al. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

*Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (2012)*. Diario Oficial de la Federación, México, mayo 2012. Recupeado en: <https://bit.ly/2j5eyhI> Consultada el 8 de junio de 2018.

*Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos (2003)*. Diario oficial de la federación, México, octubre 2003. Recuperado en: <https://bit.ly/2Jq5jsq> Consultado en 6 de junio de 2018.

*Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (2015)*. Gaceta Oficial del Distrito Federal, Distrito Federal, noviembre 2015. México, Recuperado en: <http://www.aldf.gob.mx/archivo-2cdc95f688b0f9cdc82b670897acdd22.pdf> Consultado el 6 de junio de 2018.

López et. al, (2012). *Diseño y visualización de la información, caracterización del mensaje infográfico en los diarios españoles*. Ser. vol. 17 (número 33). Recuperado de: [www.ehu.es/zer/hemeroteca/pdfs/zer33-08-otero.pdf](http://www.ehu.es/zer/hemeroteca/pdfs/zer33-08-otero.pdf) Consultado el 14 de julio de 2017.

Lovinger, R., (2007). *Content Strategy: The Philosophy of Data* (entrada de blog). Boxes and Arrows. Recuperado de: <https://bit.ly/1gAuEpN>

Luhmann, N. (1998). *Sistemas sociales. Lineamientos para una teoría general*. España, Barcelona: Anthropos.

Manovich, Lev (2005). *El lenguaje de los nuevos medios de comunicación: La imagen en la era digital*. España, Barcelona: Paidós.

Manovich, Lev (2012). *Media Visualization: Visual Techniques for Exploring Large Media Collections*. *Media Studies Futures*, () 1-18. doi: <https://bit.ly/2Kwha8f>  
Consultado el 20 de julio de 2017.

McLeod, R., & García, R. E. (2000). *Sistemas de información gerencial*. Naucalpan, México: Pearson Educación. Séptima edición. Recuperado de: <https://bit.ly/2ITzBjW>

Morville, P., & Rosenfeld, L. (2006). *Information Architecture for the World Wide Web* (tercera edición). Estados Unidos de América, California: O'Reilly Media.

Norman, D., & Nielsen, J. (2018). *The Definition of User Experience (UX)*. Nielsen Norman Group. Recuperado de: <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/> Consultado el 2 Abril de 2018.

Ocampo, D. (2013). *Jerarquización de la gestión integral de residuos*. GEGESTI. Éxito Empresarial. No. 230, 2013. Recuperado de: [http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion\\_230\\_080413\\_es.pdf](http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_230_080413_es.pdf) Consultado el primero de junio de 2018.

OMS (2018). *Urbanización y salud*. Organización Mundial de la Salud. Consultada en: <http://www.who.int/globalchange/ecosystems/urbanization/es/> Consultada el 1 de junio de 2018.

ONU (2015). *Transformar nuestro mundo: la agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. Resolución 70/1, 25 de septiembre 2015. Recuperado en: [https://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1\\_es.pdf](https://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1_es.pdf) Consultada el 30 de septiembre de 2018.

ONU (1992). *Conferencia de las Naciones Unidas en Medio ambiente y Desarrollo*. Agenda 21. Recuperado en: <https://bit.ly/1EjqrTs>

Ponce, D. (s.f.). *La LGEEPA, 25 años después*. Política y Gestión Ambiental No. 49, 49-50. Recuperado en: <https://bit.ly/2lZ6rzQ>. Consultado el 6 de junio de 2018.

Pressman, R. (2010). *Ingeniería de software: Un enfoque práctico*. México: McGraw-Hill Interamericana.

PNUD (2016). *Estrategia de urbanización sostenible*. Recuperado en: <https://bit.ly/2ZEcnvf>. Consultado el 1 de junio de 2018.

Rational Unified Process (1998). *Rational Unified Process. Best practices for Software Development Teams*. Lexington, MA: Rational. The software development company. Recuperado en: <https://ibm.co/1k6R9DE>

*Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal* (2008). Gaceta oficial del Distrito Federal, México, octubre 2008. Recuperado en: <https://bit.ly/2L4iTRt>. Consultado el 8 de junio de 2018.

Rodríguez, M. (2007). *Surgimiento y evolución de la temática ambiental como interés público*. La preservación del Medio Ambiente en el planeta; riesgos y oportunidades para Colombia. Presentación llevada a cabo en el XXIV Congreso Nacional Uniandino, Cali, Colombia. Recuperada en: <http://www.manuelrodriguezbecerra.org/bajar/surgimiento.pdf>

Sánchez, E. (2005). *Los Sistemas de Información y los principales actores: una aproximación*. Razón y Palabra, volumen 10 (número 44). Recuperado de: <https://bit.ly/31MrjTr>

Scolari, C. (2004) *Hacer Clic. Hacia una sociosemiótica de las interacciones digitales*. Barcelona, España: Gedisa.

SEDEMA (2016). *Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016-2020)*. Recuperado de: <https://bit.ly/2JjWNXE>. Consultado el 8 de junio de 2018.

SEDEMA (2017) *Lineamientos para la elaboración del programa para la prestación de servicio público de limpia*. Ciudad de México: SEDEMA.

SEDEMA (2018). *Residuos sólidos. Inventarios de residuos sólidos de la Ciudad de México*. Disponibles en: <https://bit.ly/2pSxaVD>. Recuperados el 1 de septiembre de 2018. Los inventarios considerados en este trabajo son de 2007 al 2016.

SEGOB (2011). Decreto por el que se modifica la denominación del Capítulo 1 del título primero y se modifican diversos artículos. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: <https://bit.ly/2x8V56W>. Recuperado el 21 de febrero de 2019.

SEMARNAT (2012). *El medio ambiente en México 2013- 2014*. Recuperado de: <https://bit.ly/2nYDPk1> Consultado el 26 de marzo de 2017.

SEMARNAT (2016). *Sistema Nacional de Indicadores Ambientales SNIA* [base de datos]. Recuperadas de: <https://bit.ly/2KfvY7K>

SEMARNAT (2018) *Conjunto básico del desempeño ambiental*. Esquema presión-estado-respuesta. [base de datos] Recuperada en: <https://bit.ly/2ML9KzE> Consultado el primero de septiembre de 2018.

Shedroff (1994). *Information Interaction Design. A unified field theory of design*. Recuperado en: <https://bit.ly/2RpuoUW>

Sommerville, I. (2001). *Ingeniería de Software* (novena edición). México: Pearson Educación.

Tárrano León, S. (2007). *La Arquitectura de la Información en entornos virtuales. ¿Sabemos escribir para la Web?*. Revista de Arquitectura e Ingeniería, volumen 1 (número 1). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193915927006>

Tibshirani, R. (1996). *Regression shrinkage and selection via the lasso*. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), volumen 58 (número 1). 267-288. Recuperado de: <http://www.math.yorku.ca/~hkj/Teaching/6621Winter2013/Coverage/lasso.pdf>

Torres, D (2010). *La visualización de la información en el entorno de la ciencia de la información* (Tesis doctoral). Universidad de Granada y Universidad de la Habana, Granada, España. Recuperada de: <https://bit.ly/2RrXpzb>. Consultada el 14 de julio de 2017.

Tufte, E. R. (2001). *The visual display of quantitative information* (2nd ed.). Cheshire, Connecticut: Graphics Press.

User Testing. (2018) *The UX Research Methodology Guidebook*. Recuperado de: <https://info.usertesting.com/UX-Research-Methodology-Guidebook.html>

Vega, L. (2001). *Gestión Ambiental Sistémica*. Colombia: Sigma.

Vieites, A. y Rey, C. (2009). *Sistemas de Información. Herramientas prácticas para la gestión*. 3a Edición. México: Alfaomega Grupo Editor.

Vitorino de Sousa, A, Montenegro, S., Facelli, K. & Casadei, V. (2017). *Technologies and decision support systems to aid solid-waste management: a systematic review*. Waste Management. 59 () 567-584. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.045> Consultado el 14 de junio de 2018.

Wasserman, A., Pircher & P., Muller, R. (1990). The object-oriented structured design notation for software design representation. Computer, 23 (3), 50-63. doi: 10.1109/2.50272

Wilson, D., Rodic, L., Cowing, M., Velis, C., Whiteman, A., Sheinberg, A... Oelz, B. (2014). 'Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. Waste Management, (35), 329-342. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.10.006>

Yablonski, J. (2018). *Laws of Ux*. Recuperado de: <https://lawsuffix.com> Consultado el 2 Abril de 2018.

## ANEXO I

### INVENTARIO DE DATOS

VARIABLES	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
RUTAS CON RECOLECCIÓN SEPARADA	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-
RUTAS TOTALES	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
COLONIAS CON SEPARACIÓN	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-
COLONIAS TOTALES CON SEPARACIÓN	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
PLANES DE MANEJO	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X
GENERACIÓN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
EFICIENCIA EN LA SEPARACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-
EFICIENCIA EN LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X
TOTAL DE VEHÍCULOS RECOLECTORES	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TIPO DE VEHÍCULO: CARGA TRASERA	-	-	X	-	-	-	X	X	X	X	X
TIPO DE VEHÍCULO: RECTANGULAR	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
TIPO DE VEHÍCULO: TUBULAR	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
TIPO DE VEHÍCULO: VOLTEO	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
TIPO DE VEHÍCULO: FRONTAL	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X
TIPO DE VEHÍCULO: DOBLE COMPARTIMENTO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
OTROS VEHÍCULOS	-	-	-	X	-	X	X	X	X	X	X
BARRIDO MANUAL_NUMERO DE BARREDORES	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X
BARRIDO MANUAL_NÚMERO DE CARRITOS	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X
BARRIDO MANUAL_NÚMERO DE RUTAS	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X
BARREDORAS MECANICAS	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X

VARIABLES	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CHOFERES	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X
VOLUNTARIOS	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X
PES_UNIDADES HABITACIONALES	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PES_EDIFICIOS	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PES_ESCUELAS	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PES_MERCADOS	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PES_CENTRO COMERCIAL	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PES_TERMINALES	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PES_PARQUES Y PLAZAS	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PES_INDUSTRIA	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PES_OTRO	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PMGRS A	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PMGRS B	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X
PMGRS C	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PMGRS D	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PMGRS E	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PMGRS_COMERCIO	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PMGRS_INDUSTRIA	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
PMGRS_SERVICIOS	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X

## ANEXO II

# MAPEO DE ENTREVISTAS

El proyecto Sistema de Información para la toma de decisiones sobre la gestión de RSU en la CDMX comenzó a gestarse desde marzo de 2017. Los primeros meses constituyeron una fase de exploración que derivó en la identificación del problema concreto. Las entrevistas realizadas fueron de utilidad para conocer el estado del problema de los RSU en la ciudad de México; el impacto social y económico del problema, así como la gestión que se realiza en la Ciudad.

ENTREVISTADO	FECHA DE ENTREVISTA	ESPECIALIDAD O CARGO	RESULTADO DE LA ENTREVISTA
Ing. Arturo Dávila	24 marzo de 2017	Director Sustenta Experto en distribución y tratamiento de residuos sólidos	Permitió conocer la gestión de RSU en la CDMX. Así como la problemática cultural, político, laboral, así como a las que se enfrenta el servicio público para el manejo de los RSU: Transferencia, selección, compactación, compostaje y disposición final.
Ing. Victor Gutierrez Avedoy	25 marzo de 2017	Director General Ambiens Consultoría. Especialista en Sustentabilidad y gestión climática	Permitió ahondar en la gestión de RSU en la CDMX. Identificar conceptos como gestión integral.
Dr. Héctor Castillo Berthier	15 mayo 2017	Sociólogo. Investigador especialista en basura.	Permitió conocer más a fondo la problemática laboral y social de quienes trabajan en la gestión y manejo de RSU.
Trabajador del sistema de limpieza de la Ciudad de México.	1 junio 2017	Ex líder sindical. Sección 1.	Permitió conocer sobre la gestión de RSU en la Ciudad, así como identificar a los actores participantes en la gestión
Mtra. Crystal B. Ayala Hernández Biol. Estefanía Arriaga IBT. Zentli Rodríguez Ing. Jorge Emigdio Sánchez	21 febrero 2018 14 marzo 2018	SEDEMA. Dirección de Planeación y Evaluación de Proyectos. Jefatura de Unidad Departamental de Manejo Ambiental de Residuos Sólidos	Permitió identificar la pertinencia de realizar un sistema de información como el que aquí se plantea. Junto con el equipo de trabajo fue posible identificar fuentes de información generada sobre RSU en la CDMX y sus 16 alcaldías. Así como las problemáticas a las que se enfrenta la recopilación de información.
Dra. Araceli Parra	8 junio 2018	Dra. en Ciencias Políticas, gobierno y administración pública. Especialista en gobernanza municipal.	Permitió identificar el marco internacional y nacional que circunscribe a la normatividad de la gestión de los RSU en México. Así mismo, permitió identificar la relación entre los niveles municipal y federal para el abordaje del tema.
Dr. Arturo Flores Martínez	13 junio de 2018	SEMARNAT. Director General de Estadística e Información Ambiental	Con la entrevista se identificaron los sistemas de información que ha realizado la SEMARNAT.

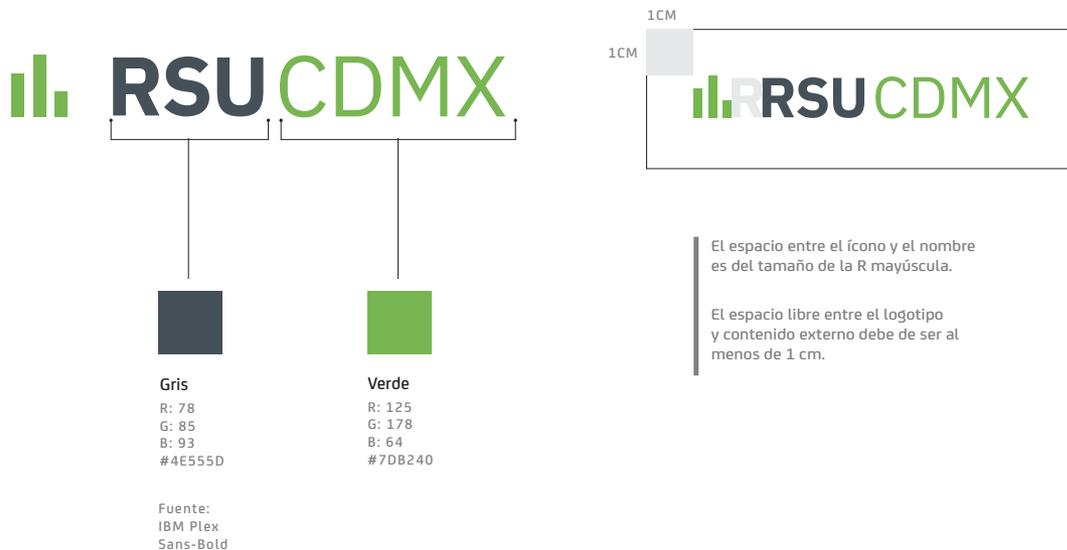
## ANEXO III

# MANUAL DE ESTILO

Se diseñó un manual de estilo general que contine el logotipo, colores y usos, así como también se explican las reglas tipográficas y de color básicas a seguir para construir las gráficas del sitio. A continuación se muestran solo las pantallas principales del mismo.

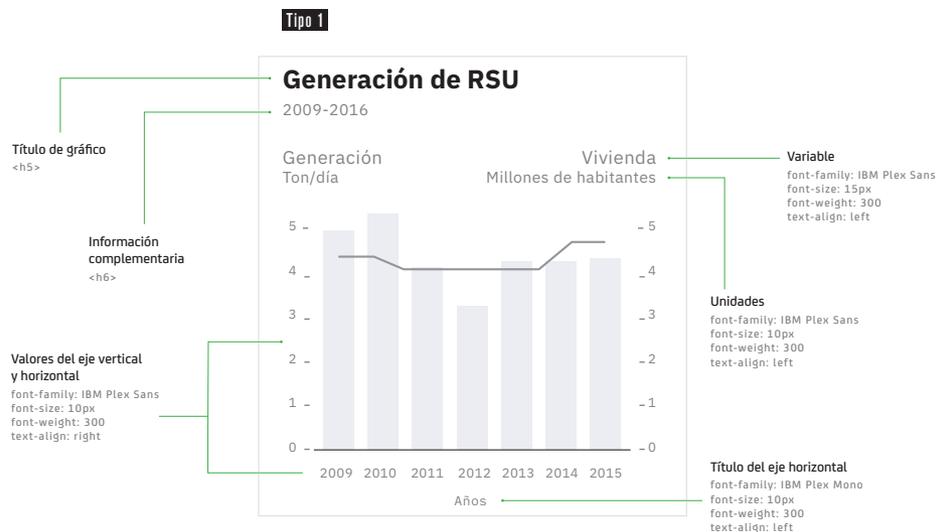
MANUAL DE ESTILO RSUCDMX

### LOGOTIPO



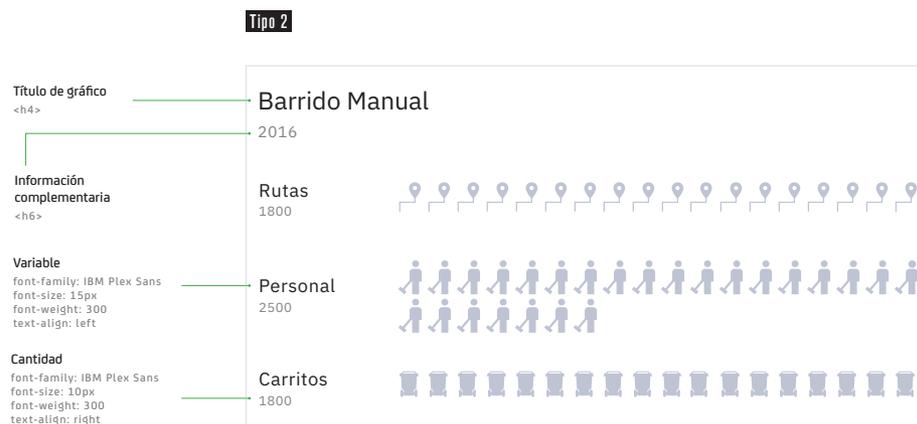
## GRÁFICOS PRINCIPALES

Se trata del primer gráfico que se muestra al dar clic en la categoría



## GRÁFICOS SECUNDARIOS

Se trata de los gráficos que se encuentran debajo de las gráficas principales



### GRUPOS DE COLOR

Esquema de color utilizado para categorizar elementos en los gráficos

Este grupo de color se utilizará cuando se comparen dos o más variables al mismo tiempo. Los colores se usarán en el orden aquí presentado. Es decir, si una visualización tiene 3 variables se empleará el color azul, en segundo lugar el naranja y por último el amarillo.

#### GRUPO 1

						
<b>Azul</b>	<b>Naranja</b>	<b>Amarillo</b>	<b>Turquesa</b>	<b>Rosa</b>	<b>Violeta</b>	<b>Verde</b>
R: 59 G: 125 B: 189	R: 239 G: 110 B: 84	R: 242 G: 189 B: 39	R: 34 G: 180 B: 191	R: 214 G: 84 B: 137	R: 148 G: 85 B: 163	R: 150 G: 191 B: 96
#3A7CBC	#EF6E54	#F2BD27	#2284BF	#D65489	#9455A3	#96BF60

El grupo 2 se utilizará cuando se emplee solo una variable.  
El grupo 3 se utilizará en las gráficas secundarias tipo 1 que no estén relacionadas con el gráfico principal.  
El grupo 4 se empleará únicamente para valores y textos dentro del gráfico.

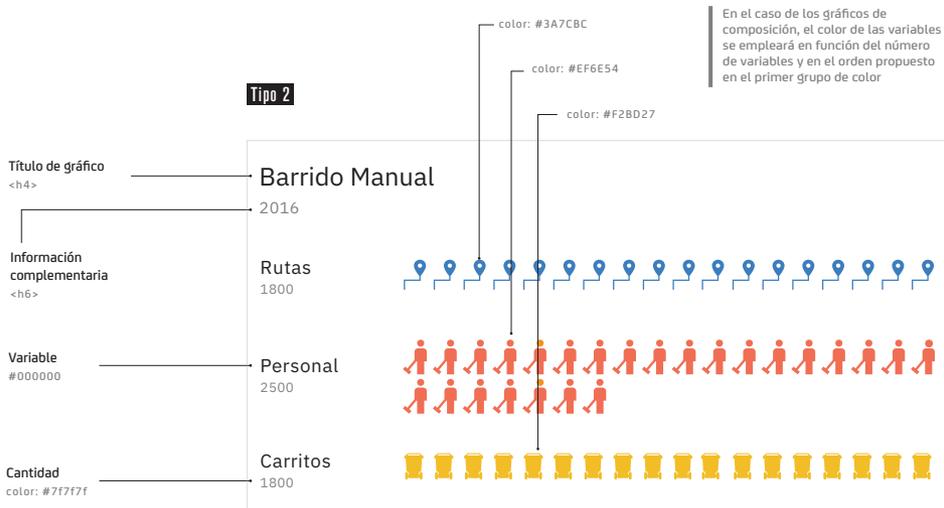
#### GRUPO 2

		
<b>Morado</b>	<b>Azul</b>	<b>Jade</b>
R: 82 G: 70 B: 135	R: 51 G: 153 B: 204	R: 37 G: 153 B: 139
#524687	#3399CC	#259988

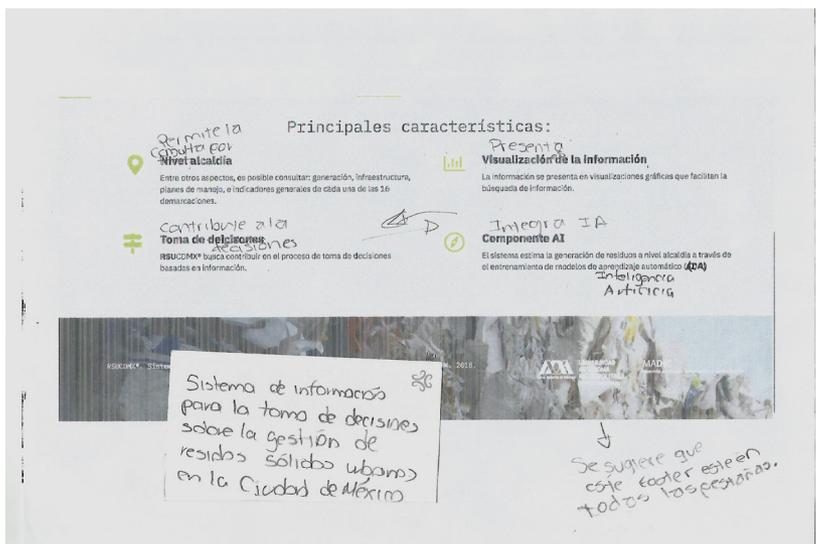
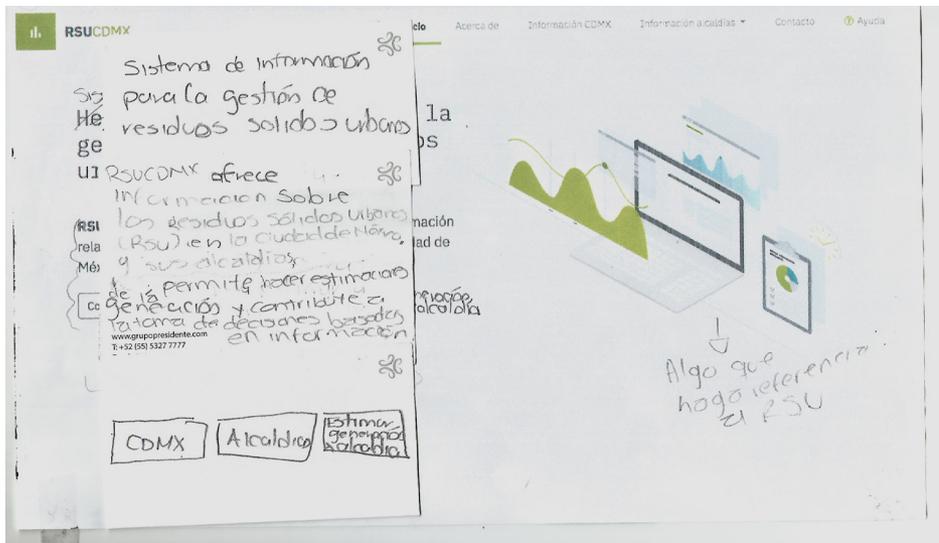
#### GRUPO 3

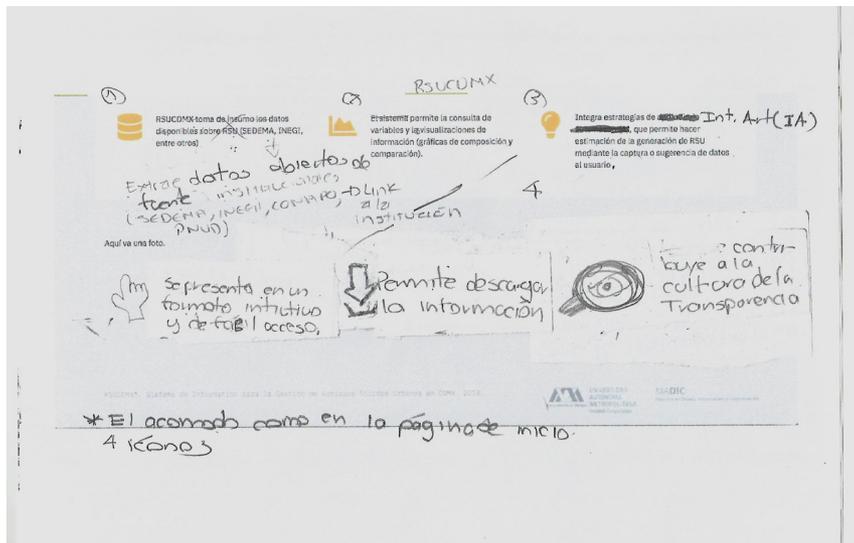
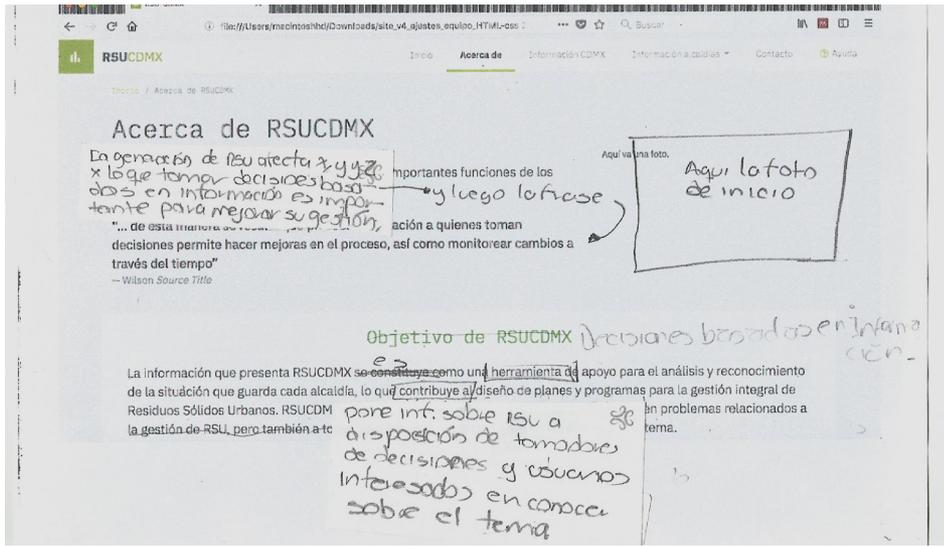
		
<b>Lila</b>	<b>Gris</b>	<b>Negro</b>
R: 153 G: 153 B: 204	R: 128 G: 128 B: 128	R: 0 G: 0 B: 0
#9999CC	#7777f7	#000000

### GRÁFICOS SECUNDARIOS



# ANEXO IV MUCKUPS





RSUCDMX

Inicio / Información CDMX

Información general | Infraestructura

CDMX (mexopolitana)

La gestión de estos residuos está relacionada con características socioeconómicas, culturales, físicas y geográficas del territorio.

Residuos

Residuos en

www.grupopresidente.com  
T: +52 (55) 5327 7777  
Desde México T: 01 800 9344 500 • From USA Ph: 1 800 344 0548

¿o estos muy pequeñas?

Habitantes

8.91

Densidad de población

5,967 hab/km<sup>2</sup>

Índice de desarrollo humano (2010)

0.83

Índice de marginación

-1.76 (2015)

PIB (2016)

17.0

Relieve

Generación de RSU por alcaldía

- Generación baja 100 a 450 ton/día
- Generación media 451 a 820 ton/día
- Generación alta 821 a 2300 ton/día

Relieve

0 msnm

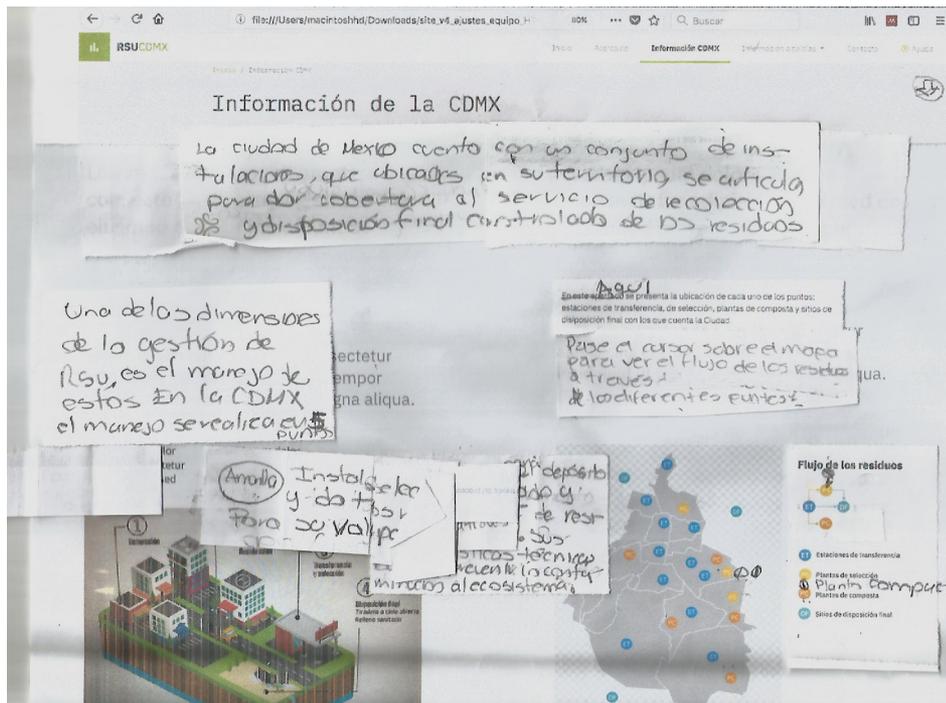
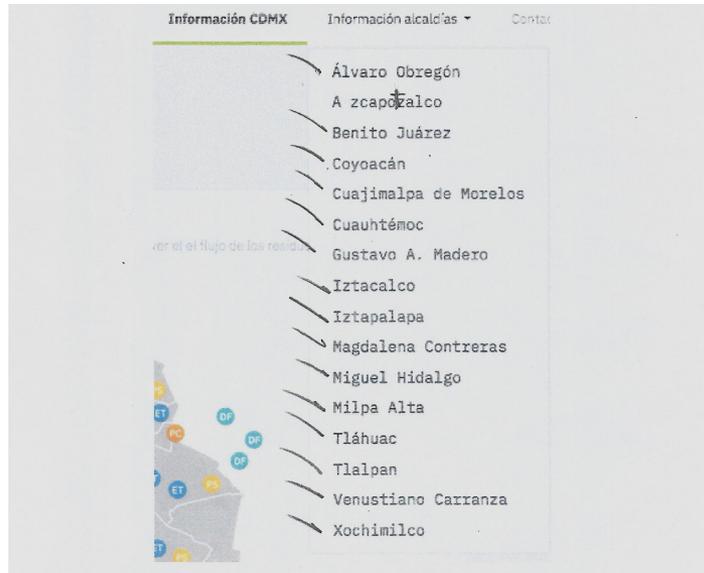
3930 msnm

2250 msnm

2240 msnm

Fuentes

Secretaría del Medio Ambiente de la CDMX (SEDEMA)  
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)  
Consejo Nacional de Población (CONAPO)  
Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)



RSUCDMX

Inicio Acerca de Información CDMX Información alcaldías Contacto Ayuda

Inicio / Alcaldía de Iztapalapa

## Iztapalapa

Información general Generación actual de RSU Equipamiento Planes de manejo Estimar generación RSU

Iztapalapa es la alcaldía con mayor número de habitantes (2016) en la CDMX y la primera en generación de RSU. La gestión de estos residuos está relacionada con condiciones socio-demográficas y geográficas del territorio.

Iztapalapa en el mapa de CDMX

Información socio-demográfica

- Colonias: 290
- Habitantes: 1.83 millones

Generación diaria de RSU en Iztapalapa: 2,288 toneladas

Relieve

Clasificación (T) (Pérez F. (2014))

Metropolitano

↓ Filtros

290 Colonias

Habitantes 1.83 millones

Densidad de población: 16,030 HAB/KM<sup>2</sup>

Índice de desarrollo humano: 0.78

Índice de marginación: 0.33

Relieve

Clasificación (T) (Pérez F. (2014))

Metropolitano

↓ Filtros

Pérez F. (2014). Tipología del Municipio Mexicano para su Desarrollo Integral. INAP A.C. México, D.F.

Secretaría del Medio Ambiente de la CDMX (SEDEMA)  
 Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)  
 Consejo Nacional de Población (CONAPO)  
 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)  
 Instituto Nacional de Administración Pública A.C. (INAP)



RSUCDMX

file:///Users/macintosh/Downloads/site\_v4\_ajustes\_equipo... 90%

Inicio Aplicaciones Información CDMX Información alcaldías Contacto Ayuda

Ciudad y Alcaldía de Iztapalapa

## Iztapalapa

Información general Generación actual de RSU Equipamiento Planes de manejo Estimación de generación de RSU

Los planes de manejo son documentos que permiten dar seguimiento a los grandes generadores de RSU (50 kg al día) los principales sectores económicos, industria, comercio, servicios, etc.

Antes de generar se debe definir la categoría de los generadores.

Selección de categoría

Tipo de planes

### Planes de manejo ingresados por sector económico

Total de planes de manejo ingresados por sector económico

INDUSTRIA | 2012 - 2016

Año	Total de planes
2012	~40
2013	~55
2014	~50
2015	~75
2016	~80

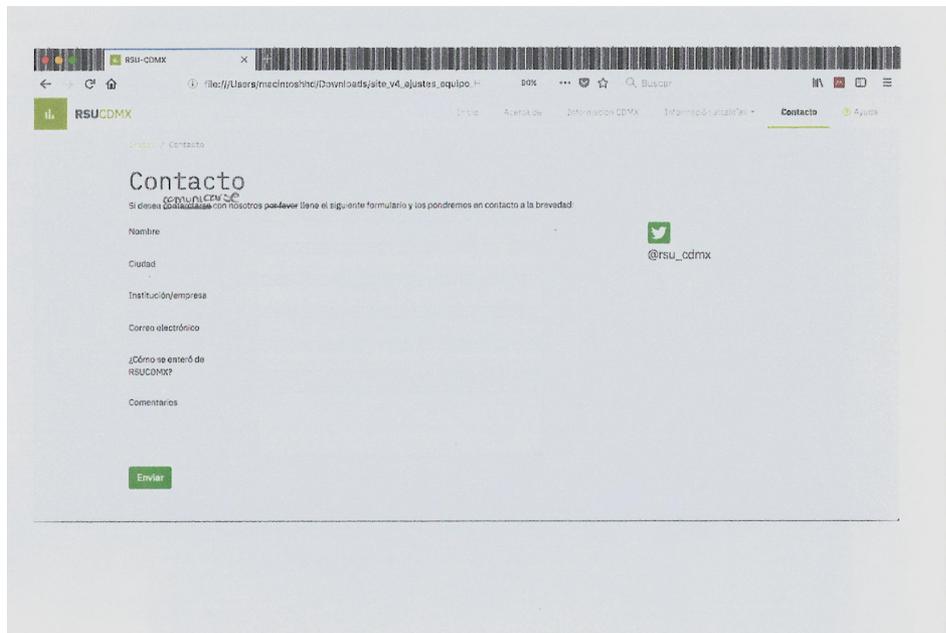
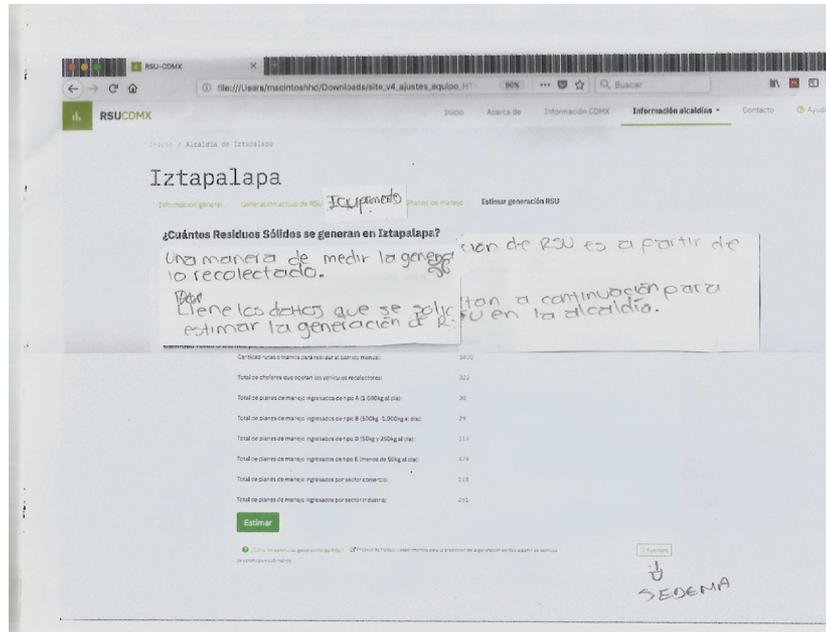
Planes de manejo por categoría

Total de planes de manejo por categoría

Total de planes de manejo ingresados por sector económico

Total de planes de manejo ingresados por sector económico

\*Planes de manejo sujetos a licencia ambiental única para el Distrito Federal (LAUDF). Representan la suma de los nuevos planes y los vigentes.



## ANEXO VIII

# TEST DE GUERRILLA

## PRUEBA USABILIDAD TLÁHUAC V1.0

### Roles

Configuración de herramienta para grabar tracking: heatmaps y scrolling behaviors. (Ester)  
 "X" conduce la sesión (crea un ambiente relajado y explica el propósito y procedimiento de la prueba:

Lo que se está probando es el sistema, no al usuario.

Que nos comparta en voz alta sus inquietudes, comentarios o ideas

Que su participación es muy importante para saber si el sistema responde a sus necesidades

"X" es soporte al usuario (sólo si la máquina se congela o hay un problema técnico)

"X" y "X" observan la sesión, toma notas y graban audio (Ester)

### Objetivos

#### 1. Identificar si usar el sitio (ubicar información, secciones, botones, etc.) le resulta fácil al usuario.

- Se resuelve con la herramienta de pruebas de usabilidad y se analiza el material grabado posterior a la sesión y también con la respuesta a las tareas 1, 2, 4 y 5

#### 2. Identificar si las variables/info de la sección "Información CDMX" le resultan útiles.

- ¿Cuáles variables le resultan útiles?¿Por qué?
- ¿Cuáles variables no le resultan útiles?¿Por qué?

#### 3. Identificar si las variables/info de la sección de la alcaldía Tláhuac le resultan útiles

- ¿Cuáles variables le resultan útiles?¿Por qué?
- ¿Cuáles variables no le resultan útiles?¿Por qué?

### Tareas al usuario

#### 1. ¿Cuántos residuos sólidos genera per cápita (por persona) la alcaldía/delegación Tláhuac?

Respuesta: 0.98 kg por habitante (info general alcaldía)

#### 2. ¿La generación de RSU de Tláhuac es Alta, media o baja?

Respuesta: Baja (info general CDMX)

**3. Tiene a su cargo el diseño del programa de limpia para su alcaldía (delegación)**

- Por favor busque e identifique la información que le resulten útiles para realizar el programa
- Mencione la información que le resulta útil o relevante para realizar su trabajo
- Mencione aquella información que no le resulta útil o relacionada con su trabajo.

**Estime la generación de RSU en su alcaldía**

- ¿le resulta útil el resultado?  
¿Para qué, considera usted, qué sirve este sistema?

**Preguntas generales (antes de finalizar la sesión)**

¿Requiere información para tomar decisiones en la gestión de los RSU de su alcaldía?

¿Cuáles gráficas le resultaron más útiles o fáciles de entender?

¿Cuáles gráficas le resultaron más complejas o confusas?

¿cuál tipo de gráfica le resulta más útil: barras o pie?

## ANEXO X

# MANUAL DE INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN

### CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN

Este apartado describe de manera general el proceso de instalación y configuración de la solución de la aplicación de RSUCDMX, no de los componentes tecnológicos sobre los cuales se despliega la aplicación.

### REQUISITOS PREVIOS

1. Instalación y configuración de MySQL 5.6+
2. Instalación y configuración de Django 1.11 y Python 2.7
3. Instalación de Apache Tomcat 9+
4. La solución puede ser instalada sobre una plataforma Windows o Linux
5. El despliegue de los componentes de la aplicación RSU puede realizarse ocupando un solo servidor
6. Para generar el compilado de la aplicación web RSU es necesaria la previa instalación de nodejs8+ y angular5+

### BASE DE DATOS

1. Importar el script de base de datos llamado "bd\_rsu.sql" que viene en la distribución de la solución en el directorio "BD".
2. Crear el siguiente usuario de base de datos que está configurado en la aplicación
3. Usuario: XXXXXXX
4. Contraseña: XXXXXXX

### SERVICIOS WEB RSU

Pendiente

## CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN

### a. Los servicios web se encuentran en el mismo servidor

Descomprimir el archivo "WAPP\_rsu\_dist.zip" que viene en el archivo de distribución en el directorio "WAPP", en el servidor de aplicaciones de tomcat, en el directorio WEB-INF/Root/".

La aplicación se desplegará de la siguiente forma:  
http://ip\_o\_dominio\_host:puerto/rsu

### b. Los servicios web fueron desplegados en otro servidor

1. Descomprimir el archivo de la aplicación Web en su equipo, mismo que lleva el siguiente nombre: "wapp\_rsu\_src.zip", éste viene en la distribución de la solución en el directorio "WAPP".

2. Desde la línea de comandos, ingresar al directorio de la aplicación y ejecutar el comando "npm install".
3. Abrir el archivo src/environments/ environment.prod.ts, editar el valor de la propiedad "URLBase" que especifica la liga base de donde se encuentran desplegados los servicios web.
4. Generar el archivo compilado para producción con el comando "ng build --prod --base-href=/rsu".
5. Copiar en el servidor de aplicaciones de tomcat, en el directorio "WEB-INF/Root/", todos los archivos generados en la carpeta "dist" del proyecto.

La aplicación se desplegará de la siguiente forma:  
http://ip\_o\_dominio\_host:puerto/rsu

### CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN

Este apartado describe de manera general el proceso de instalación y configuración de la solución de la aplicación de RSUCDMOS, no de los componentes tecnológicos sobre los cuales se despliega la aplicación.

1. Instalación y configuración de MySQL 5.6+
2. Instalación y configuración de Django 1.1 y Python 2.7
3. Instalación de Apache Tomcat 9+
4. La solución puede ser instalada sobre una plataforma Windows o Linux
5. El despliegue de los componentes de la aplicación RSU puede realizarse ocupando un solo servidor
6. Para generar el compilado de la aplicación web RSU es necesaria la previa instalación de nodejs+ y angularjs+

Pendiente

### BASE DE DATOS

1. Importar el script de base de datos llamado "bd\_rsu.sql" que viene en la distribución de la solución en el directorio "BD".
2. Crear el siguiente usuario de base de datos que está configurado en la aplicación
3. Usuario: XXXXXXX
4. Contraseña: XXXXXXXX



Este libro se terminó de imprimir  
el 25 de julio de 2019  
en los talleres de Multi Print,  
ubicados en Cerro Tlapacoyan #18,  
Copilco Universidad, Coyoacán.