



Unidad  
Administrativa  
Especial de  
Servicios  
Públicos

# METODOLOGIA MEDICION DE PUENTES PEATONALES PGIRS 2022

RBL  
SUBDIRECCION DE BARRIDO Y LIMPIEZA



## Contenido

Tabla de Ilustraciones .....	1
Metodologías medición puentes peatonales .....	2
Marco Normativo.....	2
Vocabulario.....	11
Proceso metodológico actualización mediciones puentes peatonales Bogotá .....	1
Medición sobre Fotografías orto rectificadas .....	1
<i>Planeación recorrido captura de información.....</i>	1
<i>Captura de información .....</i>	2
Despliegue de la información .....	3
Cálculo del área Superficial del puente peatonal .....	7
Cálculo del área lateral del puente peatonal.....	8
Calculo base del puente.....	9
Calculo Área lavado del puente. ....	9
Medición a partir de restitución fotogramétrica con imágenes capturadas con drones.....	9
Captura de información.....	11
Organización de los datos capturados.....	12
Procesamiento .....	12
Ejemplo de aplicación de la metodología .....	12
Conclusiones .....	14
Referencias .....	15

## Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Proyecto 2. Optimizar las frecuencias en los sitios identificados que requieren de la actividad de lavado priorizado. Programa Lavado PGIRS (2020) .....	0
Ilustración 2 ÁRBOL DE PROBLEMAS INSTITUCIONAL DEL SERVICIO PUBLICO DE ASEO (UAESP - Documentos de Consulta Proceso de Revisión y Ajuste al PGIRS, 2021).....	1
Ilustración 3 ÁRBOL DE PROBLEMAS INSTITUCIONAL DEL SERVICIO PUBLICO DE ASEO (UAESP - Documentos de Consulta Proceso de Revisión y Ajuste al PGIRS, 2021).....	2
Ilustración 4 Catalogo de puentes SIGAB Elaboración propia .....	1
Ilustración 5 Organización información para recorrido. Elaboración propia .....	2
Ilustración 6 Ejemplo fotografías. Elaboración propia.....	2
Ilustración 7 QR encuesta puentes. elaboración propia.....	3
Ilustración 8. Encuesta para registro fotográfico y observaciones. Elaboración propia .....	3
Ilustración 9. Objetos de lavado SIGAB y Puentes mapa referencia. Elaboración propia.....	4
Ilustración 10. Catálogo de objetos PGIRS. (UAESP 2020) .....	4
Ilustración 11. Superposición detectada en fotografía aérea. Elaboración propia.....	5
Ilustración 12. Elevación- cercha típica. Tomada de IDU. (Rafael Daza Castañeda. (IDU), 2009) .....	6
Ilustración 13. Altura barandal. Tomado de Veeduría Distrital, Compendio Accesibilidad, NTC 4774. (Página 72-86).....	6
Ilustración 14. Calculo área superficial. Elaboración Propia .....	7
Ilustración 15 Desplazamiento polígono mapa referencia con respecto a la ortofoto. Elaboración propia.....	8
Ilustración 16. Ejemplo fotografía evidenciar características puente. Elaboración propia .....	8
Ilustración 17. Ejemplo medición hasta primer descanso. Elaboración propia .....	9
Ilustración 18 Zona restringida para vuelos con drones en Bogotá. DJI(2020).....	10
Ilustración 19 Tipo de malla de vuelo de UAS. DJI (2020).....	11
Ilustración 20 Distribución de puntos de control. ....	12
Ilustración 21 Nube de puntos resultado del levantamiento con drones. ....	13
Ilustración 22 Deformación radial sobre planta de la presa. Coordenadas absolutas (m) y deformaciones ampliadas (x200). Campañas oct-2017, feb-2018, oct-2018. ....	13



## Metodologías medición puentes peatonales

### Marco Normativo

**Decreto 1077 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.**

#### **Título 2 Servicio Público de Aseo Capítulo 1 Definiciones:**

**9. Barrido y limpieza de vías y áreas públicas.** Es la actividad del servicio público de aseo que consiste en el conjunto de acciones tendientes a dejar las áreas y las vías públicas libres de todo residuo sólido, esparcido o acumulado, de manera que dichas áreas queden libres de papeles, hojas, arenilla y similares y de cualquier otro objeto o material susceptible de ser removido manualmente o mediante el uso de equipos mecánicos. **(Decreto 2981 de 2013, artículo 2º).**

**24. Lavado de áreas públicas.** Es la actividad de remoción de residuos sólidos en áreas públicas, mediante el empleo de agua a presión. **(Decreto 2981 de 2013, artículo 2º).**

**32. Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS).** Es el instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para el manejo de los residuos sólidos, basado en la política de gestión integral de los mismos, el cual se ejecutará durante un período determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos y la prestación del servicio de aseo a nivel municipal o regional, evaluado a través de la medición de resultados. Corresponde a la entidad territorial la formulación, implementación, evaluación, seguimiento y control y actualización del PGIRS. **(Decreto 2981 de 2013, artículo 2º).**

#### **SUBSECCIÓN 5**

##### **LAVADO DE ÁREAS PÚBLICAS**

**Artículo 2.3.2.2.5.63. Responsabilidad en el lavado de áreas públicas.** Las labores de lavado de áreas públicas son responsabilidad de los prestadores del servicio público de aseo en el área de prestación donde realicen las actividades de recolección y transporte.

La prestación de este componente en todo caso deberá realizarse de acuerdo con la frecuencia y horarios establecidos en el programa para la prestación del servicio público de aseo, y cumpliendo con las exigencias establecidas en el PGIRS del respectivo municipio o distrito.

Los municipios o distritos están en la obligación de suministrar a las personas prestadoras el inventario de los puentes peatonales y áreas públicas objeto de lavado, detallando como mínimo, su ubicación y área de lavado, entre otros aspectos.

**Parágrafo.** Cuando en un área confluya más de un prestador, estos serán responsables de la actividad de lavado de áreas públicas en proporción al número de usuarios que cada prestador atiende en dicha área.

La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico determinará la metodología de cálculo de las áreas públicas de lavado que le corresponde a cada prestador en función del número de usuarios que cada uno atiende en el área de confluencia. **(Decreto 2981 de 2013, artículo 64).**

**Artículo 2.3.2.2.5.65. Alcance del lavado de áreas públicas.** La actividad de lavado de áreas públicas dentro del servicio de aseo comprende el lavado de puentes peatonales y de aquellas áreas públicas cuya condición de limpieza se deteriora por un uso inadecuado de tales áreas constituyéndose en puntos críticos sanitarios.

**Parágrafo 1°.** Solo se podrá trasladar a la tarifa del suscriptor del servicio de aseo el lavado de puentes peatonales en el área urbana con una frecuencia máxima de dos (2) veces al año. Mayores frecuencias deberán ser cubiertas por el ente territorial. La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico definirá el costo máximo a reconocer vía tarifa por esta actividad.

**Parágrafo 2°.** El lavado de áreas públicas se realizará con cargo a la tarifa del suscriptor del servicio público de aseo para restablecer la condición de limpieza deteriorada por el uso inadecuado de tales áreas, al constituirse en punto crítico sanitario. El ente territorial deberá adoptar las medidas para su eliminación dentro de los quince (15) días siguientes a que este sea reportado por el prestador o por un usuario. En caso de no adoptar las medidas correctivas, el lavado de las mismas estará a cargo del ente territorial quien deberá pactar el valor de esta actividad, su frecuencia y área de intervención con el prestador.

**Parágrafo 3°.** Esta actividad no aplica al lavado de parques, monumentos, esculturas, pilas y demás mobiliario urbano y bienes de interés cultural cuya limpieza y mantenimiento no estará a cargo de la tarifa que pagan los suscriptores del servicio de aseo a las personas prestadoras. **(Decreto 2981 de 2013, artículo 66).**

**Resolución 754 de 2014** Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

**ARTÍCULO 4o. RESPONSABILIDADES EN LA FORMULACIÓN, IMPLEMENTACIÓN, EVALUACIÓN, SEGUIMIENTO, CONTROL Y ACTUALIZACIÓN DEL PGIRS.** Es responsabilidad de los municipios, distritos o de los esquemas asociativos territoriales, la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización del PGIRS en el ámbito local o regional, según el caso. La formulación o actualización del PGIRS deberá realizarse con la participación de los actores involucrados en la gestión integral de los residuos sólidos. Los PGIRS formulados a la fecha de expedición de la presente resolución se tendrán como insumo para realizar la formulación o actualización de conformidad con la metodología definida en esta norma. [...]

**Lavado de áreas públicas:** Inventario de puentes peatonales y áreas públicas objeto de lavado.  
Número y ubicación

La estrategia y objetivo planteados en el Decreto 345 de 2020. se concretarán a partir de los programas y proyectos planteados, para el presente caso el proyecto 2. Frecuencias en la actividad de lavado priorizado, del programa 5. Programa de lavado de áreas públicas, que se detalla a continuación.

**Actividades del proyecto:** Son las acciones requeridas dentro de cada componente del proyecto para obtener los resultados o productos esperados y que implican la utilización de recursos humanos, financieros o físicos. La lista detallada de actividades es el punto de partida para elaborar el plan de ejecución. Se sugiere dar respuesta a la pregunta ¿qué actividades hay que realizar para lograr los resultados esperados de cada uno de los componentes del proyecto. (Resolución 754 de 2014)

Una de las actividades planteadas es la realización de un inventario de áreas públicas y puentes peatonales objetos de lavado en la ciudad. El que se aborda en la presente metodología.

Decreto 345 de 2020. Por el cual se adopta la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS- del Distrito Capital, y se dictan otras disposiciones. (Decreto 345 de 2020 | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-, 2021)

Nivel	Indicadores (permiten precisar los resultados esperados)					Meta Final	Metas Intermedias											
	Cantidad	Calidad	Tiempo	Lugar	Grupo Social		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
<b>Proyecto 2. Optimizar las frecuencias en los sitios identificados que requieren la actividad de lavado priorizado</b>																		
<b>Finalidad</b>																		
Percepción de calidad en las condiciones de limpieza de la ciudad por parte de los habitantes del Distrito Capital.																		
<b>Propósito</b>																		
Aporte a uno de los factores que condicionan un lugar seguro en las áreas públicas del Distrito.																		
<b>Componentes:</b>																		
1. Inventario anual de zonas susceptibles a mayores frecuencias de lavado. 2. Documento técnico con la identificación de las áreas objeto de mayores frecuencias de lavado en la ciudad 3. Esquema de atención de las mayores frecuencias de lavado en las áreas priorizadas																		
<b>Actividades</b>																		
Generación de un inventario de las áreas públicas y puentes peatonales objetos de lavado en la ciudad	1 inventario anual	Seguimiento y actualización anual del inventario de áreas públicas y puentes peatonales de la ciudad	2021 - 2032	Distrito Capital	Habitantes del D.C.	Al cabo del primer año, el Distrito contará con un inventario de zonas susceptibles de lavados.  Cada año se realizará una actualización del inventario con el fin de evaluar si es necesario la inclusión y modificación de nuevas zonas susceptibles de la actividad de lavado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Elaboración de documento técnico con la identificación de las zonas o áreas públicas que requieren intervención a través de mayores frecuencias de lavado	1 documento técnico	Un documento técnico que permita definir las áreas y frecuencias que requieren lavado que lo establecido en la regulación tarifaria	2021 - 2032	Distrito Capital	Habitantes del D.C.	Cada año el Distrito actualizará las áreas que son susceptibles de la actividad de lavado con mayores frecuencias	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Implementación del esquema de atención de las mayores frecuencias de lavado en las áreas priorizadas	1 esquema implementado	Un documento que contenga el esquema y la ejecución	2021 - 2032	Distrito Capital	Habitantes del D.C.	Cada año el Distrito actualizará las áreas que son susceptibles de la actividad de lavado con mayores frecuencias	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Ilustración 1. Proyecto 2. Optimizar las frecuencias en los sitios identificados que requieren de la actividad de lavado priorizado. Programa Lavado PGIRS (2020)

ARBOL DE PROBLEMAS INSTITUCIONAL DEL SERVICIO PUBLICO DE ASEO

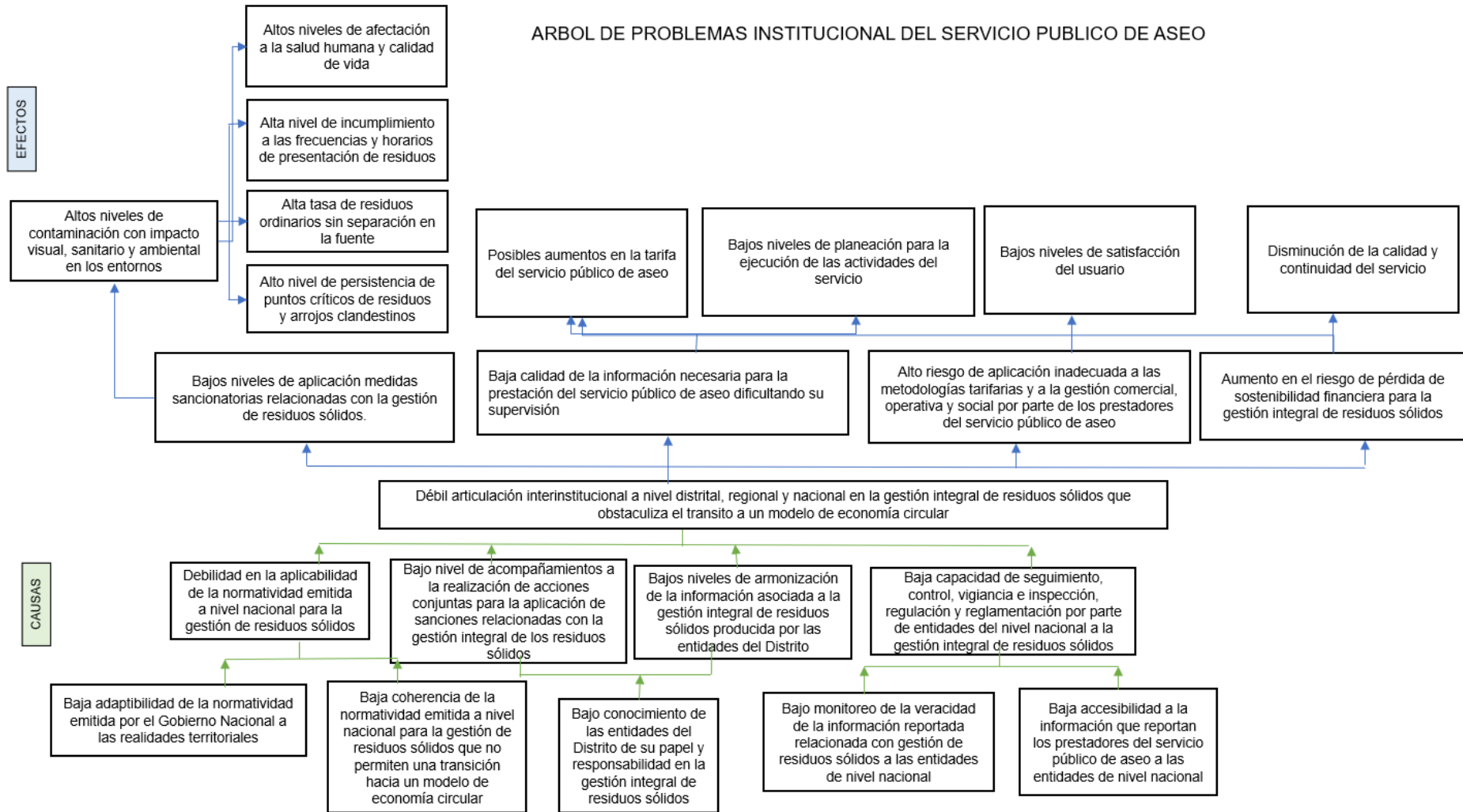


Ilustración 2 ÁRBOL DE PROBLEMAS INSTITUCIONAL DEL SERVICIO PUBLICO DE ASEO (UAESP - Documentos de Consulta Proceso de Revisión y Ajuste al PGIRS, 2021)

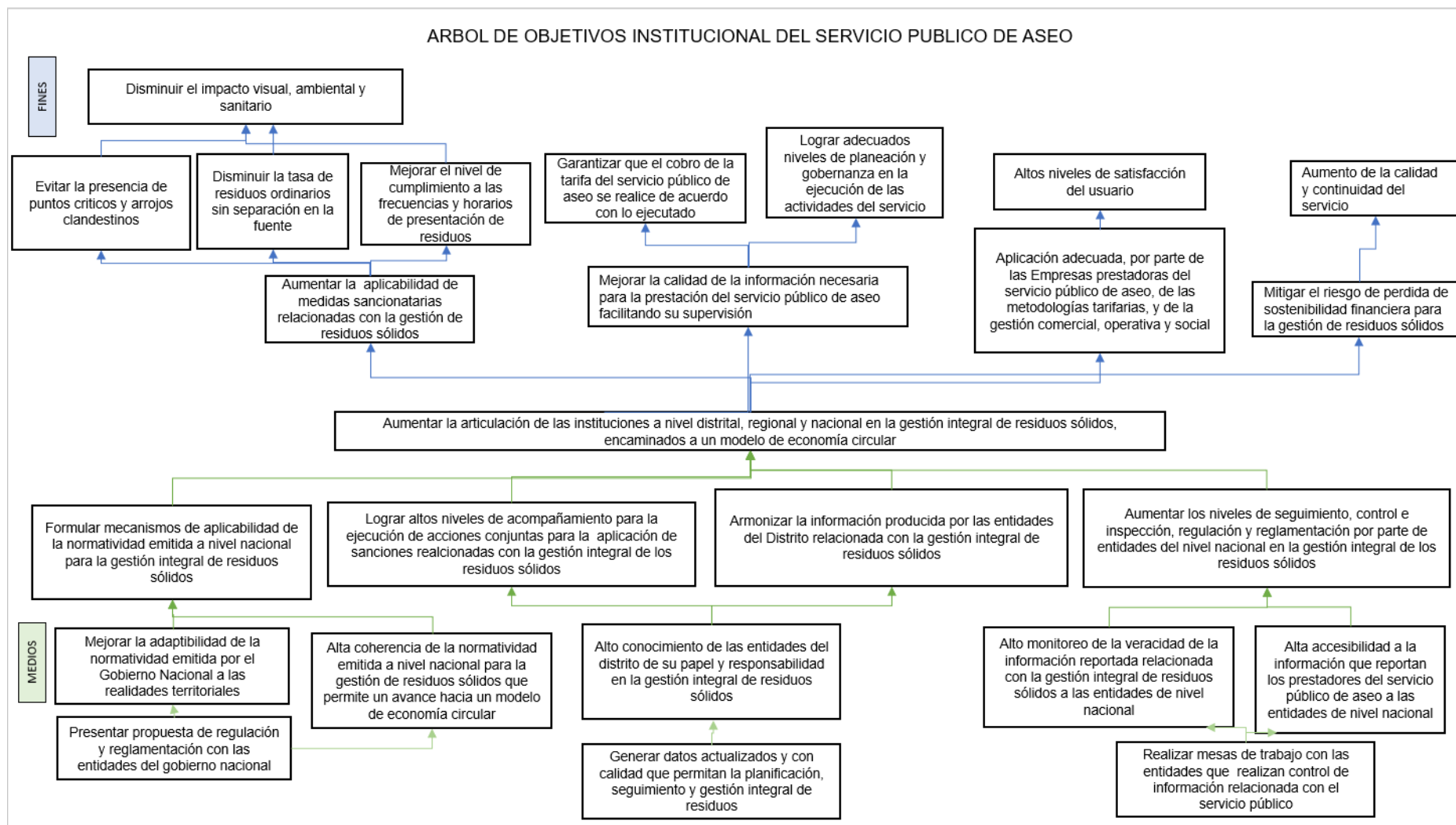


Ilustración 3 ÁRBOL DE PROBLEMAS INSTITUCIONAL DEL SERVICIO PUBLICO DE ASEO (UAESP - Documentos de Consulta Proceso de Revisión y Ajuste al PGIRS, 2021)



## Vocabulario

### **Puentes Peatonales**

Es aquella infraestructura del transporte, cuya finalidad es permitir la continuación de la circulación de peatones (en algunos casos también bicicletas) en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad, permitiendo pasar obstáculos, como ríos, quebradas, otras vías, carreteras, vías férreas, etc. (IDU, 2021)

### **Puente**

Estructura que se construye principalmente en obstáculos naturales como ríos, quebradas, depresiones del terreno y en obstáculos artificiales: canales, vías, infraestructura urbana; con el fin de comunicar dos puntos. Tiene como categorías; Vehicular: Infraestructura vial conectante destinada principalmente al uso de vehículos. Peatonal: espacio urbano donde el tránsito vehicular está prohibido, prevaleciendo la circulación de peatones. (Datos Abiertos Bogotá, 2021)

### **Geomática**

Sinónimo de topografía, hace énfasis a los avances tecnológicos con los que cuentan los topógrafos; nuevas herramientas de medición y procesamiento de información que incluyen instrumentos electrónicos que determinan distancias y ángulos de forma automática, así como imágenes aéreas modernas y sistemas de procesamiento para mapeo, acompañado de sistemas computacionales que procesan datos automáticamente a gran velocidad (Wolf, 2016).

### **Restitución Fotogramétrica**

La restitución fotogramétrica es una técnica en la cual se procesan imágenes digitales y, mediante la combinación de técnicas de fotogrametría digital y visión por computador, se genera una reconstrucción 3D del entorno.

### **Vehículos aéreos no tripulados**

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV), denominados como RPV (vehículos pilotados a distancia), drones, aviones robot o aviones sin piloto, son según el Departamento de Defensa (DOD) vehículos aéreos que no cuentan con un operador humano y usa fuerzas aerodinámicas para proporcionar elevación al vehículo, y poder volar de forma autónoma o ser piloteados de forma remota (Bone & Bolkcom, 2003).

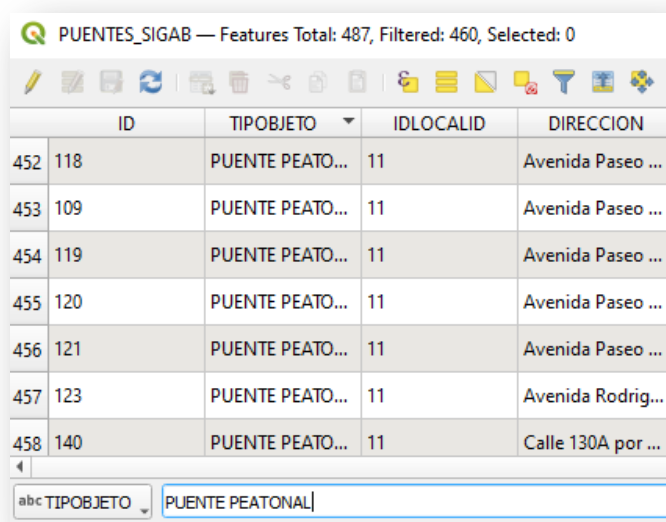


## Proceso metodológico actualización mediciones puentes peatonales Bogotá

Como lo establece el Decreto 1077 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en su artículo 2.3.2.2.2.5.65. **La actividad de lavado de áreas públicas dentro del servicio de aseo comprende el lavado de puentes peatonales y de aquellas áreas públicas cuya condición de limpieza se deteriora por un uso inadecuado de tales áreas constituyéndose en puntos críticos sanitarios.** Y de acuerdo con el árbol de problemas institucional del servicio público de aseo (UAESP - Documentos de Consulta Proceso de Revisión y Ajuste al PGIRS, 2021) **existe actualmente una baja calidad de la información necesaria para la prestación del servicio público de aseo dificultando su supervisión.** Dentro del que hacer profesional de la entidad se hace necesario establecer una metodología de medición que permita obtener un inventario de puentes peatonales con áreas que se ajusten a la operación facilitando la supervisión de dicha actividad. Por lo anterior se sugieren dos metodologías, a saber:

### Medición sobre Fotografías orto rectificadas

La recopilación de datos inicia con la planeación de la ruta de visita para optimizar el tiempo, se define previamente que puentes se van a visitar en la jornada. En un día se puede capturar la información de aproximadamente 10 puentes. Así que de los 460 puentes reportados en SIGAB para la vigencia 092020 se estima 46 días de levantamiento de información en campo (9 semanas). Se sugiere usar el formato de encuesta desarrollado en Survey 123 (Anexo 3)



ID	TIPOBJETO	IDLOCALID	DIRECCION	
452	118	PUENTE PEATO...	11	Avenida Paseo ...
453	109	PUENTE PEATO...	11	Avenida Paseo ...
454	119	PUENTE PEATO...	11	Avenida Paseo ...
455	120	PUENTE PEATO...	11	Avenida Paseo ...
456	121	PUENTE PEATO...	11	Avenida Paseo ...
457	123	PUENTE PEATO...	11	Avenida Rodrig...
458	140	PUENTE PEATO...	11	Calle 130A por ...

Ilustración 4 Catalogo de puentes SIGAB Elaboración propia

### Planeación recorrido captura de información.

Establecer espacialmente que puentes visitar, para esto se hace uso del shp de puentes más reciente disponible en el mapa de referencia de Bogotá con el fin de tener información lo más actualizada posible.



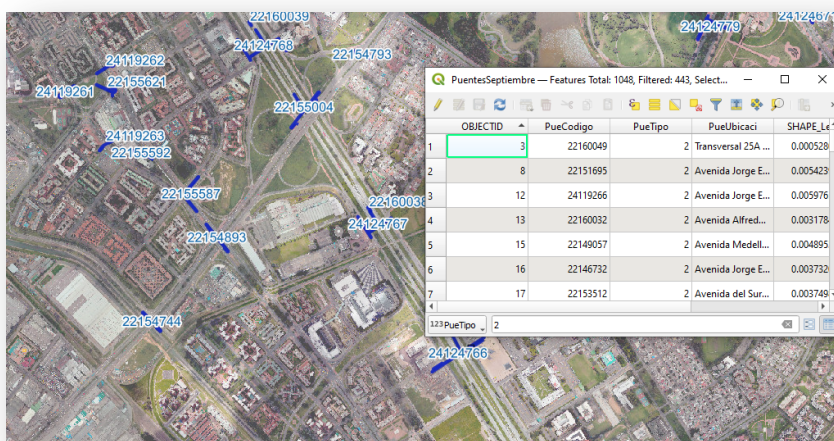


Ilustración 5 Organización información para recorrido. Elaboración propia

### Captura de información

En el desarrollo del recorrido para hacer el registro fotográfico. Se debe tomar mínimo 4 fotografías, en cada costado del puente se debe evidenciar bases, estructuras anexas, altura del primer descanso, existencia de superposiciones.



Ilustración 6 Ejemplo fotografías. Elaboración propia.

Registrar en la encuesta. ubicación, fotografías y observaciones de la visita. Usando la cámara del celular y escaneando la Ilustración 7 se puede tener acceso a la misma desde cualquier dispositivo.



Ilustración 7 QR encuesta puentes. elaboración propia.

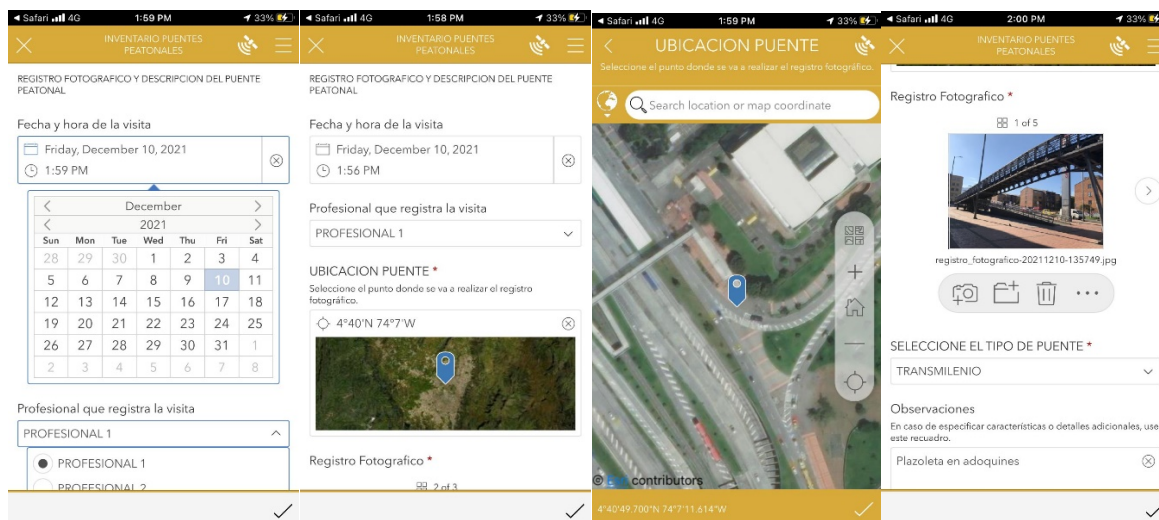


Ilustración 8. Encuesta para registro fotográfico y observaciones. Elaboración propia

En la Ilustración 8 se observa un ejemplo de encuesta diligenciada, es sencilla para capturar los datos básicos necesarios para identificar ubicación, tipo de puente, registro fotográfico y fecha de la visita, así como observaciones que el profesional considere relevantes para la actividad.

### Despliegue de la información

La información previa en conjunto con la información recolectada en las visitas a los puentes es desplegada en un software de procesamiento geográfico:

Para la presente metodología se hace uso de:

- Ortofoto mosaico digital elaborado en el año 2014 o posterior con igual o mejor calidad. (Mapa referencia Bogotá. WMS) Resolución 25 cm.
- Compilado por ASE Capa Objetos de lavado (SIGAB,2021)
- Capa puentes peatonales IDU (Mapa referencia Bogotá vigencia 092021)
- Guía para la implementación y diseño de puentes peatonales prototipo IDU y sus accesorios. (IDU,2009)
- Norma Técnica Colombiana- NTC 4774 (veeduría distrital)

- Cartilla para el puente peatonal prototipo para Bogotá (IDU, 2009)
- Registro fotográfico especializado

Costos asociados:

- Licenciamiento Software Geográfico
- Profesional o profesionales que realizaran las visitas a cada puente
- Vehículo y conductor
- Workstation adecuada para procesamiento de software geográfico



Ilustración 9. Objetos de lavado SIGAB y Puentes mapa referencia. Elaboración propia

La información en PGIRS 2020 proviene del mapa de referencia con vigencia 092020. Con los atributos que se detallan en la Ilustración 10.

**3.10. Objeto de lavado**

Capa: Visitas campo			
<b>Definición</b>	Capa con puentes peatonales objeto de lavado		<b>Representación</b>
<b>Tipo Geometría</b>	Punto		
<b>Fuente</b>	Mapa de referencia vigencia 092020 página <a href="https://ideca.gov.co/recursos/mapas/mapa-de-referencia-para-bogota-dc">https://ideca.gov.co/recursos/mapas/mapa-de-referencia-para-bogota-dc</a> .		
<b>Plano</b>			
Atributos			
No.	Campo	Descripción	Tipo Campo
1	PueCodigo	Identificador del puente IDECA	Long Integer
2	PueTipo	Tipo de puente IDECA	Long Integer
3	PueUbicaci	Ubicación puente IDECA	Text
4	nivel	Clasificación puente si está a nivel de la vía o es elevado. A nivel = 1, Elevado =0	Short Integer

Ilustración 10. Catálogo de objetos PGIRS. (UAESP 2020)



Las ortofotos digitales suministran una representación aproximada a la realidad, en la cual se combinan elementos propios del paisaje, la topografía y las características urbanísticas de la ciudad. De esta forma, la ciudadanía junto con la Administración Distrital se dota de un nuevo insumo de referencia que combinado con procesos técnicos fortalece la planificación territorial. (Catastro Bogotá).

Para realizar el cálculo del área se sugiere usar la ortofoto de 2014 o futuras que se capturen con igual o mayor calidad, sobre esta fotografía usando un software de procesamiento de datos geográficos se realiza el dibujo del puente peatonal, este dibujo representará la superficie superior del mismo, se debe tener en cuenta que en algunos puentes será necesario realizar más de un polígono, debido a que existen zonas que se pueden superponer Ilustración 11.



*Ilustración 11. Superposición detectada en fotografía aérea. Elaboración propia*

El Instituto de Desarrollo Urbano -IDU en su “Guía para la implementación y diseño de puentes peatonales prototipo IDU y sus Accesorios” (IDU, 2007), establece los criterios de accesibilidad con los que deben ser construidos los puentes peatonales en Bogotá, dentro de esos criterios, para la presente metodología vamos a utilizar los establecidos para la altura de los barandales y la altura del primer descanso que acogen la Norma técnica colombiana NTC 4774. Lo anterior para estandarizar dichas medidas en la formulación.

Para calcular el área de los laterales en la Ilustración 12 se observa la diferencia existente en la altura lateral de un puente peatonal, teniendo una altura interna de 1.049 metros y una altura externa de 1,6 metros. En la formulación se tendrá como parámetros los siguientes:

- PI (Parámetro interno): 1 metro en la cara interna del puente peatonal, altura mínima establecida por la NTC 4774.
- PE (Parámetro externo): 1,6 metros para la cara externa del puente peatonal, altura evidenciada en los planos de estructura de puentes peatonales IDU Ilustración 12, la cara externa solo se lava hasta el primer descanso donde operativamente es posible hacer el lavado sin hacer uso de estructuras adicionales como elevador o escaleras.

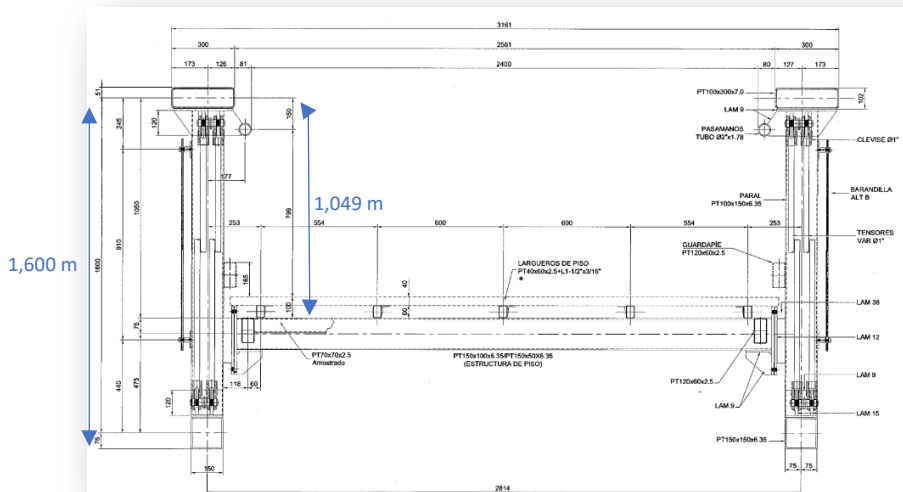


Ilustración 12. Elevación- cercha típica. Tomada de IDU. (Rafael Daza Castañeda. (IDU), 2009)

Como se puede apreciar en la Ilustración 13, la NTC 4744 establece para la baranda de protección a una altura entre 1 y 1.20 metros, pasamanos a 0,9 m y pasamanos adicional a 0,6 m estas tres estructuras diseñadas para garantizar accesibilidad, Para simplificar el cálculo del área lateral; se parte del supuesto técnico de que es una superficie plana. Con base en esta generalización de la superficie de los barandales objeto de lavado, se simplifica el cálculo de la superficie lateral, interna y externa.

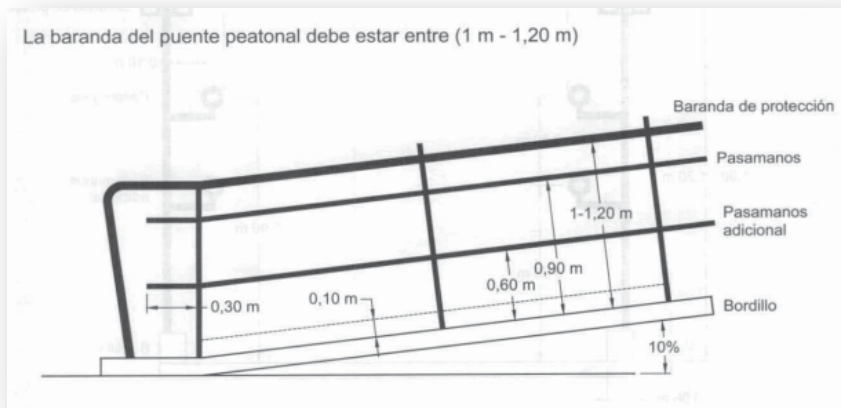


Ilustración 13. Altura barandal. Tomado de Veeduría Distrital, Compendio Accesibilidad, NTC 4774. (Página 72-86)

Para evaluar esta metodología se realizaron visitas de campo, en donde se tomó registro fotográfico de diversos puentes de la ciudad. La Ilustración 6, muestra a detalle una superposición evidenciada en la visita. Adicionalmente, en el acompañamiento de la actividad de lavado nocturno, una inspección ocular permitió evidenciar que actualmente se lava la cara externa del puente hasta el primer

descanso, para lavar la totalidad del lateral exterior del puente, sería necesario equipamiento como andamios o elevadores que le dé el alcance a los operarios.

Para la inspección de los puentes de la muestra, se realizó un registro fotográfico los días 18 y 19 de noviembre, para los cuales se suscribieron dos actas de visita, que se adjuntan al documento como anexo 1. El registro fotográfico se encuentra en el anexo 2, disponible para consulta.

#### Cálculo del área Superficial del puente peatonal

Para realizar el cálculo del área superficial se sugiere usar la ortofoto de 2014 (o posterior con igual o mejor resolución espacial) sobre esta fotografía usando un software de procesamiento geográfico realizar el dibujo del puente peatonal<sup>1</sup>, este dibujo representará la superficie superior del puente peatonal, se debe tener en cuenta que en algunos puentes será necesario realizar más de un polígono, dado que existen zonas que se pueden superponer, se debe dibujar tantos polígonos, como superposiciones se evidencien.

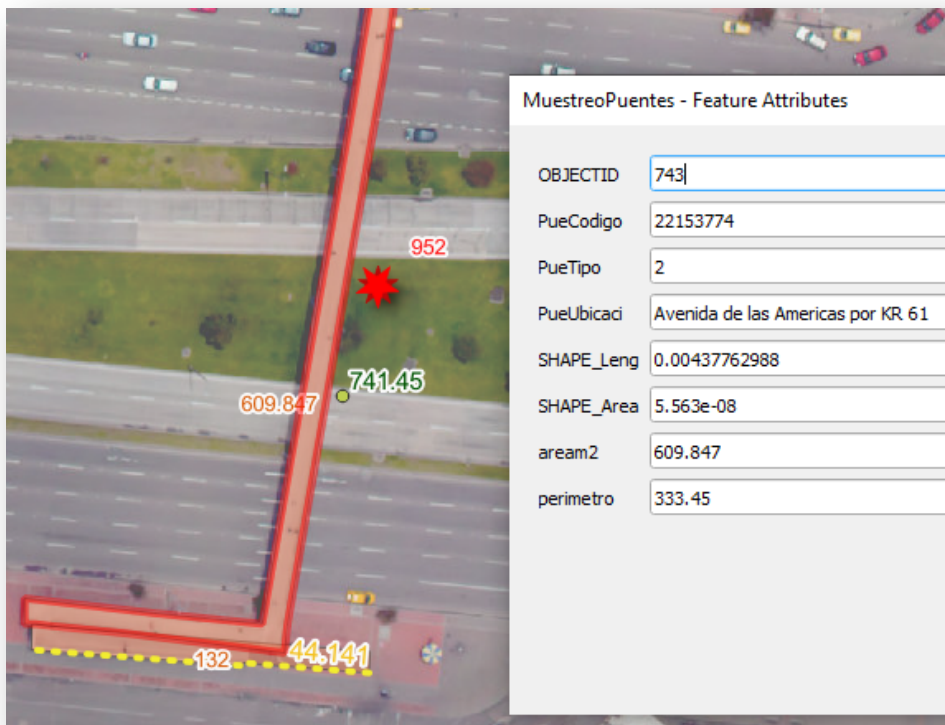


Ilustración 14. Cálculo área superficial. Elaboración Propia

**AS (Área Superficial)** = Sumatoria del área calculada en los diferentes polígonos que conforman el puente.

<sup>1</sup> En el caso que no se evidencie superposiciones en la visita, ni desplazamientos en el polígono con respecto a la ortofoto, se mantiene el polígono actual de la capa de mapa de referencia.

Se evidencia desplazamiento del polígono relacionado en el mapa de referencia con respecto a la ortofoto **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, por esto se plantea realizar el dibujo de estos nuevamente y comparar las áreas obtenidas a partir de esta metodología.



*Ilustración 15 Desplazamiento polígono mapa referencia con respecto a la ortofoto. Elaboración propia*

### Cálculo del área lateral del puente peatonal

La distancia de los laterales externos del puente peatonal se obtiene a partir del cálculo de longitud realizado en una capa tipo línea donde el dibujo se traza desde la entrada del puente hasta el primer descanso; El primer descanso se establece a partir del registro fotográfico obtenido en las visitas a campo.



*Ilustración 16. Ejemplo fotografía evidenciar características puente. Elaboración propia*





Ilustración 17. Ejemplo medición hasta primer descanso. Elaboración propia

**ABI (Área Barandal interna)** = (Perímetro calculado puente – distancia entradas) x PI

**ABE (Área Barandal externa)** = Distancia desde la entrada del puente hasta el primer descanso x 2 x PE

Calculo base del puente.

Se tomará el área correspondiente a 1,5 metros alrededor del polígono del puente excluyendo la vía pública y separadores.

**ABP (área base puente)** = buffer a 1,5 mts del polígono del puente – calzada y separadores.

Calculo Área lavado del puente.

Será la sumatoria de las áreas calculadas previamente.

**ALP (Área lavado puente)** = AS+ABI+ABE+ABP

A esta metodología la acompaña una carpeta con los shapefile de muestra y un proyecto de QGIS. Anexo 4, estos pueden ser modificados en caso de ajustes posteriores.

**Medición a partir de restitución fotogramétrica con imágenes capturadas con drones**

La fotogrametría con drones puede definirse como la técnica utilizada para realizar mediciones.

Tanto de dimensiones, como de formas y posición de objetos en el espacio, y a través de la superposición imágenes captadas, poder realizar mediciones en 3D. Esta técnica permite la generación de planos y mapas con mucha precisión. (Arista, 2021)

La fotogrametría con drones tiene actualmente muchas aplicaciones y son extensas las áreas o nichos en las que puede trabajarse. Entre ellas la agricultura de precisión, minería, agronomía, medio ambiente (impacto ambiental) y evaluación de la vegetación. Para el tema municipal podemos encontrar catastro, ingeniería y obras civiles, planeación y ordenamiento territorial. Así



también inspección de infraestructura térmica / paneles solares, geología, tanto tectónica como estructural. En otras áreas también encontramos arquitectura y arqueología, entre muchas otras. (Arista, 2021)

La reglamentación colombiana para vuelos de aeronaves no tripuladas, esta cobijada en un documento realizado por expertos en regulación aeronáutica, los cuales han tomado como referencia los documentos de la OACI y parte de sus países aliados. (Vega, 2021)

La reglamentación de UAS (drones) fue incorporada a los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia en el Apéndice 13 de la parte 91. (RAC 91), por medio de la Resolución No. 4201 de 2018.

Para esta metodología es necesario realizar el cronograma de vuelos teniendo en cuenta el desplazamiento a la zona y la cantidad de horas de vuelo. También es preciso mencionar que, la norma exige de la persona que vuele el UAS o drone, sea piloto certificado debidamente registrado ante la aeronáutica civil.

Dado que la presente metodología es de orden profesional se debe solicitar permiso previo para cada una de las misiones de vuelo. Existen diferentes zonas en las cuales ningún piloto deberá volar la aeronave, a menos de que cuente con un permiso especial pues son zonas con características especiales. A manera de ejemplo, se muestra el área del aeropuerto internacional el dorado, en Bogotá que presenta restricciones o prohibiciones de vuelo.

- La zona en Rojo, se recibirá una advertencia y se impedirá el vuelo; es una Zona restringida.
- La zona en gris son zonas donde existen restricciones de altitud en los vuelos.
- La zona en azul es una zona que requiere de autorización.

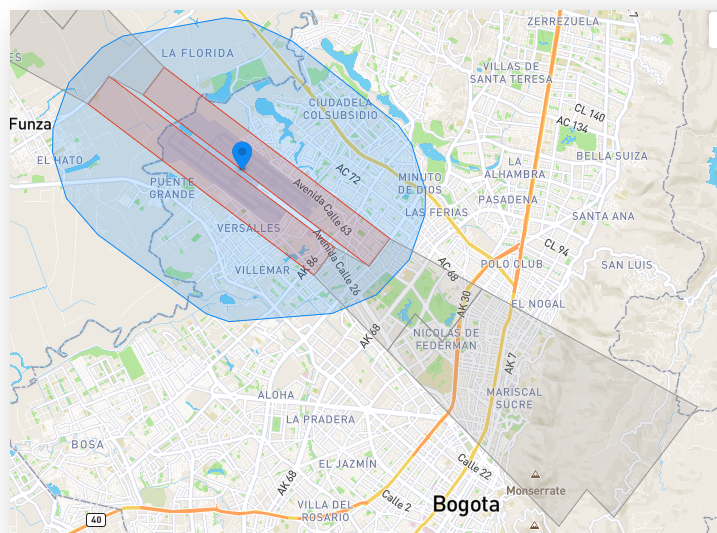


Ilustración 18 Zona restringida para vuelos con drones en Bogotá. DJI(2020)

Limitantes:

- Horas de vuelo determinadas por la cantidad de baterías disponibles.

- El traslado de equipos y personal entre puentes incrementaran los costos de operación.
- Para el sobrevuelo, se debe solicitar el permiso a la fuerza Aérea Colombiana – FAC.
- El vuelo debe realizarlo un piloto certificado.

Costos asociados:

- Drone profesional con las siguientes características mínimas:
  - Cámara de alta resolución
  - Estabilizador de imagen
  - Receptor GPS
  - Baterías extra
- Licenciamiento Postproceso:
  - Software especializado desde 6800 USD licencia Anual
- Piloto de UAS o drone certificado, registrado en la aeronáutica civil.
- Vehículo y Conductor.
- Computador con cualquiera de estos procesadores o equivalentes
  - Core i7 8700K (bueno)
  - Ryzen 9 5950x (mejor)
  - AMD Threadripper 3970X de 32 núcleos (mejor)
  - Y cualquiera de estas tarjetas de video (GPU):
    - NVIDIA GeForce RTX 2070 SUPER (buena)
    - NVIDIA GeForce RTX 2080 (mejor)
    - NVIDIA GeForce RTX 2080 ti (mejor)

Captura de información.

De acuerdo con el área de trabajo o zona de aplicación, el piloto debe realizar la planeación del vuelo, teniendo en cuenta factores como el número de horas de vuelo necesarias para cubrir el área del levantamiento, el tipo de misión a realizar Ilustración 19 la cantidad de puntos de referencia y demás condiciones estipuladas por el profesional.

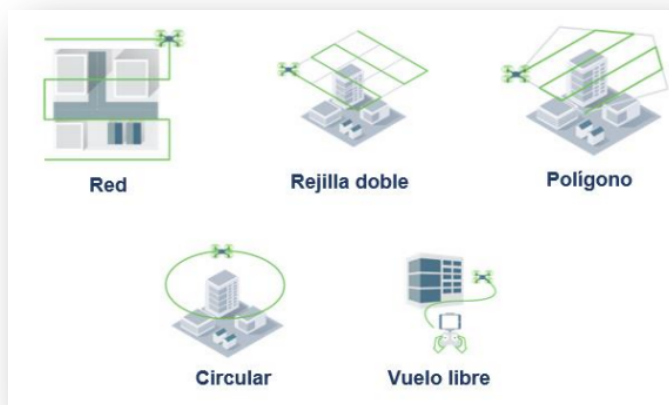


Ilustración 19 Tipo de malla de vuelo de UAS. DJI (2020)

### Organización de los datos capturados

Se debe organizar los levantamientos por cada uno de los puentes en carpetas separadas. Con base en los puntos georreferenciados se asignan coordenadas a la Ortofoto.

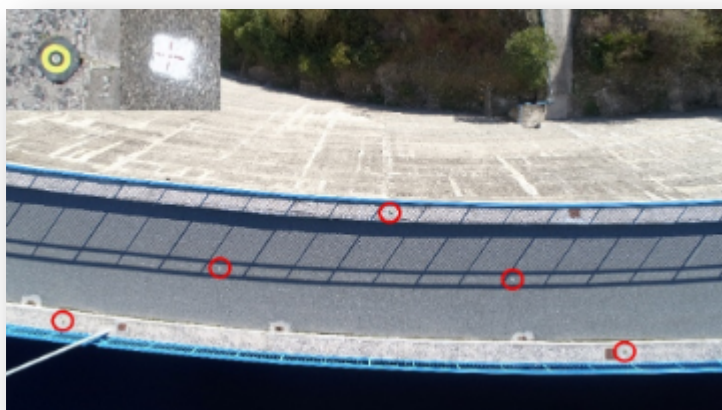
### Procesamiento

El postproceso de las imágenes y el cargue de la información se puede realizar de manera local, este requiere equipos de cómputo con gran capacidad de procesamiento, o si se desea algunos programas permiten trabajar directamente en servidores en la nube, con lo que se requeriría una inversión menor en equipos de oficina.

### Ejemplo de aplicación de la metodología

En el artículo “Aplicación de la fotogrametría con drones al control de deformacional de estructuras y terreno” los autores en este trabajo estudian la viabilidad del empleo de drones para el control de deformaciones del terreno y las estructuras. Se presenta con detalle la técnica fotogramétrica Structure From Motion, empleada para elaborar ortofotografías y modelos 3D precisos sin necesidad de conocer previamente las posiciones y ángulos de incidencia. El uso de puntos de control precisos, así como drones con sistema integrado RTK, son factores relevantes para la obtención de resultados con alta precisión. Se presenta el caso de estudio de la monitorización de una gran estructura, en este caso una presa arco-gravedad. Los resultados obtenidos presentan una precisión en deformaciones de  $\pm 2$  mm para la estructura. Esto confirma que la fotogrametría dron es aplicable al control de deformacional de presas de hormigón, abriendo las posibilidades a la monitorización de otras grandes estructuras e infraestructuras (Gómez-Zurdo et al., 2021).

Del artículo se puede apreciar en la Ilustración 20, la distribución de los puntos de control tomados para la estructura.



*Ilustración 20 Distribución de puntos de control.*

Obteniendo como resultado el modelo de la Ilustración 21. Que ejemplifica lo que se puede obtener con esta metodología.

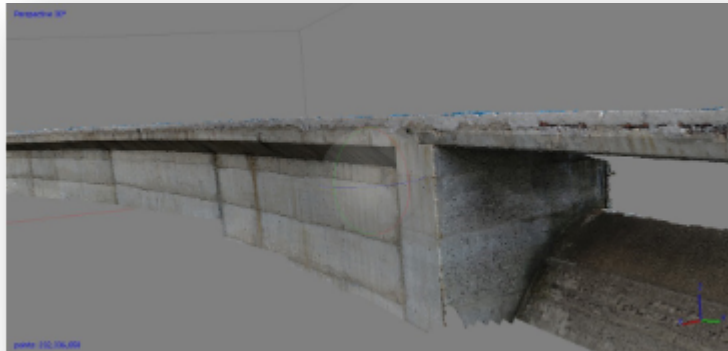


Ilustración 21 Nube de puntos resultado del levantamiento con drones.

Finalmente, usando levantamiento con drones, se determinó el desplazamiento radial de que ha sido sujeto la presa. En la Ilustración 22, se aprecian las deformaciones radiales para febrero y octubre de 2018, comparadas con la posición inicial tomada en octubre de 2017.

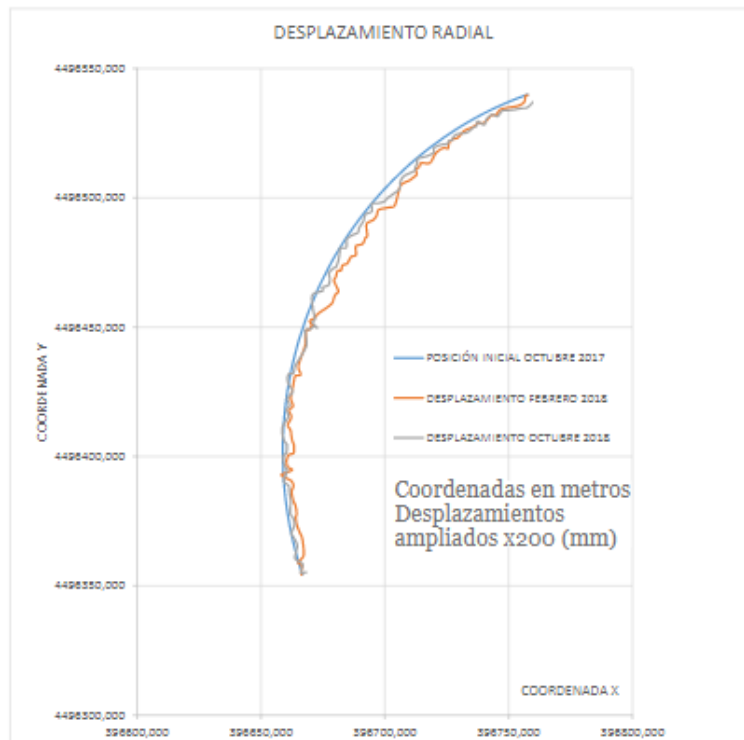


Ilustración 22 Deformación radial sobre planta de la presa. Coordenadas absolutas (m) y deformaciones ampliadas (x200). Campañas oct-2017, feb-2018, oct-2018.

Lo anterior, para demostrar la gran precisión que se puede obtener con esta metodología. Por lo tanto, se recomienda revisar a profundidad el artículo mencionado u otros de similar enfoque, para fortalecer el conocimiento teórico al respecto.

## Conclusiones

Con la información que se tiene no es posible tener una medición real de la superficie que la fecha se interviene bajo la actividad de lavado.

Las metodologías expuestas permiten tener un acercamiento a la realidad, gracias a la precisión de las medidas y a las mejoras de los polígonos, evidenciando características propias de cada zona luego de una inspección sobre cada uno de los elementos, como las superposiciones de las subidas de los puentes.

Dado que la línea base se actualiza el próximo año, los recursos y el personal disponible se verán afectados, por ende, la opción uno es la que presenta mejores posibilidades de aplicación en el corto plazo. Por otra parte, la opción dos ofrece mayor precisión en el área a obtener, sin embargo, es una metodología que debe pensarse para el mediano o largo plazo, debido a los recursos requeridos.

Haciendo uso de los elementos existentes en la entidad, se puede desarrollar una de las dos metodologías para determinar la medición en área de lavado de los puentes peatonales. Obteniendo con esto un inventario confiable que involucre las áreas que efectivamente se lavan.

Debe consultarse al referente técnico distrital encargado de los elementos para que enriquezca la metodología o haga observaciones.

## Referencias

ALMEIDA CUASAPAZ, Kevin Gustavo, et al. Validación de la precisión altimétrica de modelos digitales generados a través de UAV en al menos un puente y un edificio.

Arista, K. (2021, May 18). ▷ TODO SOBRE FOTOGRAMETRÍA CON DRONES. APD.  
<https://apd.org/fotogrametria-con-drones/>

Balasubramanian, A. (2017). Bridges and their types. University of Mysore, 5(1), 1–8.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18109.46566>

Bone, E., & Bolkcom, C. (2003). Report for Congress Unmanned Aerial Vehicles: Congressional Research Service

Cartilla para el puente peatonal prototipo para bogota (IDU, 2009)  
[https://www.idu.gov.co/Archivos\\_Portal/Transparencia/Informacion%20de%20interes/SIIPVIALES/Innovaci%C3%B3n/Portafolio/2017/09%20Septiembre/Documentos%20tecnicos/09%20CA-GE-001\\_CARTILLA\\_PARA\\_EL\\_PUENTE\\_PEATONAL\\_PROTOTIPO\\_PARA\\_BOGOTA\\_2009.pdf](https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Transparencia/Informacion%20de%20interes/SIIPVIALES/Innovaci%C3%B3n/Portafolio/2017/09%20Septiembre/Documentos%20tecnicos/09%20CA-GE-001_CARTILLA_PARA_EL_PUENTE_PEATONAL_PROTOTIPO_PARA_BOGOTA_2009.pdf)

Catastro de Bogotá (2017), <https://www.catastrobogota.gov.co/> /noticia/bogota-cuenta-con-una-ortofoto-digital-de-alta-resolucion

### DECRETO 1077 DE 2015

<http://www.suin-Juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30020036>

Decreto 345 de 2020 | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-. (2021). Retrieved December 9, 2021, de  
<https://www.uaesp.gov.co/transparencia/planeacion/planes/decreto-345-de-2020>

Glosario IDU (2021) [Glosario | Portal Web IDU](#)

Gómez-Zurdo, R. S., Martín, D. G., González-Rodrigo, B., Sacristán, M. M., & Marín, R. M. (2021). Aplicación de la fotogrametría con drones al control de deformacional de estructuras y terreno. Informes de la Construcción, 73(561), e379–e379. <https://doi.org/10.3989/ic.77867>

“Guía para la implementación y diseño de puentes peatonales prototipo IDU y sus Accesorios” (IDU, 2007), [16](#)  
[Guía para la implementación y diseño de puentes peatonales prototipo IDU y sus accesorios .pdf](#)

línea Base PGIRS (2020) hábitat Bogotá  
[https://www.habitatbogota.gov.co/sites/default/files/archivos-adjuntos/LINEA%20BASE%20PGIRS%20OBS%20HABITAT%203.8.2018.pdf?fbclid=IwAR3kg3cD-fkEpe9o2B9hF0AJaPILox-ZpN--RiEHSV\\_Y2LaXXqilAZoUWqs](https://www.habitatbogota.gov.co/sites/default/files/archivos-adjuntos/LINEA%20BASE%20PGIRS%20OBS%20HABITAT%203.8.2018.pdf?fbclid=IwAR3kg3cD-fkEpe9o2B9hF0AJaPILox-ZpN--RiEHSV_Y2LaXXqilAZoUWqs)



Manual de mantenimiento e inspección rutinarios de los puentes peatonales prototipo (IDU, 2009)  
[12 Guía metodológica de análisis tridimensional contenido de memorias 1.pdf \(idu.gov.co\)](#)

(Mapa referencia Bogotá. WMS)

<https://serviciosgis.catastrobogota.gov.co/arcgis/rest/services/imagenes/Ortho2017/MapServer/WMTS/1.0.0/WMTSCapabilities.xml>

PIX4D. (2020). PIX4Dmapper - El software líder en fotogrametría para mapeo profesional con drones | Pix4D. <https://www.pix4d.com/es/producto/pix4dmapper-fotogrametria-software>

Programa Lavado PGIRS (2020)

[https://www.uaesp.gov.co/images/pgirs\\_mesas/8.%20PROGRAMAS%20Y%20PROYECTOS/5.%20Lavado%20de%20areas%20publicas.pdf](https://www.uaesp.gov.co/images/pgirs_mesas/8.%20PROGRAMAS%20Y%20PROYECTOS/5.%20Lavado%20de%20areas%20publicas.pdf)

Rafael Daza Castañeda. (IDU). (2009). Cartilla para el puente peatonal prototipo para Bogotá. Alcaldía de Bogotá, Instituto De Desarrollo Urbano.

Río-Santana, O. D., Espinoza-Fraire, T., Sáenz-Esqueda, A., & Córtes-Martínez, F. (2019). *Levantamientos Topográficos con Drones*. 5.

*System requirements: Minimum and recommended computer specifications – Support*. (n.d.).

Retrieved November 21, 2021, from <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202557289-System-requirements-Minimum-and-recommended-computer-specifications>

Universidad de los Andes. Informe final consultoría, [ACTUALIZACIÓN, COMPLEMENTACIÓN Y AJUSTE DEL INVENTARIO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL, ASÍ COMO LA DETERMINACIÓN DEL DIAGNÓSTICO, EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO Y DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS DE GESTIÓN DEL RIESGO, PARA LA INFRAESTRUCTURA DE PUENTES DE BOGOTÁ D.C. \(idu.gov.co\)](#)

UAESP - Documentos de Consulta proceso de revisión y ajuste al PGIRS. (n.d.). Retrieved December 9, 2021, from <https://www.uaesp.gov.co/content/proceso-revision-ajuste-pgirs-2020>

UAESP, (2020)

[https://www.uaesp.gov.co/images/pgirs\\_mesas/2.%20ANEXO%20TECNICO%20II%20CATALOGO%20DE%20OBJETOS.pdf](https://www.uaesp.gov.co/images/pgirs_mesas/2.%20ANEXO%20TECNICO%20II%20CATALOGO%20DE%20OBJETOS.pdf)

Veeduría Distrital, Compendio Accesibilidad, NTC 4774. (Página 72-86)

<http://veeduriadistrital.gov.co/sites/default/files/files/Compendio%20Accesibilidad.pdf>

Vega, R. (2021, January 8). Regulación de Drones en Colombia: Lo que debes saber. APD.

<https://apd.org/nueva-regulacion-de-drones-en-colombia/>

Wolf, P. (2016). Topografía (Alfaomega Grupo (ed.); Alfaomega).

