



CONVENIO DE COFINANCIACIÓN

CD 1114 AMVA 2016

INFORME

**PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS REGIONAL
DEL ÁREA METROPÓLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ**

PROYECCIONES

ACODAL SECCIONAL NOROCCIDENTE

DICIEMBRE DE 2017



PERSONAL PARTICIPANTE

El presente Convenio de Cooperación “AUNAR ESFUERZOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS REGIONAL (PGIRS-R) Y EL DESARROLLO DE PROTOTIPOS EMPRESARIALES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS RECICLABLES, ORGANICOS Y RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICIÓN”:

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ

Eugenio Prieto Soto	Director
María del Pilar Restrepo Mesa	Subdirectora Ambiental
Diana Fernanda Castro Henao	Líder de Gestión Ambiental
Claudia Liliana Mendoza Salas	Profesional Universitaria_ Supervisora
Catalina Avendaño Roldán	Contratista_ Apoyo Supervisión

EQUIPO TÉCNICO DEL PROYECTO DE ACODAL Seccional Noroccidente

Luis Aníbal Sepúlveda Villada	Director general
Gustavo de Jesús Cañas Mejía	Coordinador general metodología
Julio Cesar Cárdenas Veloth	Profesional especializado en coordinación técnica
Alexander Alvarado Torres	Profesional especializado en coordinación técnica
María Mónica Meléndrez Martínez	Ingeniera Sanitaria
Eduardo Antonio Restrepo Lagos	Ingeniero Ambiental
Sandra Milena Rodríguez Garcés	Ingeniero Ambiental
Jesica Andrea Garzón Silva	Auxiliar de ingeniería
Laura Alejandra Sánchez Guarnizo	Auxiliar de ingeniería
John Alejandro Ospina Ocampo	Auxiliar de ingeniería
Lucas Arango Díaz	Profesional especializado en urbanismo-arquitectura y bioclimática
Luis Eduardo Pinedo Briceño	Auxiliar de arquitectura
Diego Andrés Agamez Berrio	Auxiliar de arquitectura
Carlos Arturo Hoyos Restrepo	Profesional especializado en SIG
Juan Carlos Benjumea	Profesional especialista en desarrollo institucional esp y ley 142

Fernando Antonio Usuga Yepes	Profesional especialista en estructuración y evaluación de proyectos
Carlos Eduardo Parra Vargas	Profesional especializado en planeación urbano regional, geología ambiental
Mónica Lucia Álvarez Vélez	Socióloga
Alba Lila Álvarez Vélez	Auxiliar Social
Luis Miguel Correa Giraldo	Auxiliar Social
Piedad del Socorro Gómez	Agrónomo
Jonathan Mauricio Hernández Palacio	Biólogo
Luis Camilo Loaiza Durango	Profesional comunicaciones
Olga Patricia Mazo	Secretaria técnica
Johnatan Gallego	Técnico dibujante
Juan Carlos Benjumea	Asesor especializado: jurídico
Carlos Fernando Cadavid Retrepo	Asesor especializado: producción más limpia
Carlos Ordoñez	Asesor especializado: compostaje
Juan Carlos Muñoz Cano	Auxiliar de Sistemas
Gonzalo Sarmiento Chaverra	Auxiliar de Sistemas de información geográfica
Luis Albeiro Valencia Acevedo	Ingeniero Civil

CONTENIDO

1 PROYECCIONES.....	6
1.1 PROYECCIONES GENERACIÓN.....	7
1.1.1 METODOLOGÍA.....	7
1.1.2 PROYECCIONES SUSCRIPTORES.....	8
1.1.2.1 Suscriptores por municipio/tipo de suscriptor y en promedio año.....	8
1.1.2.2 Suscriptores por municipio/tipo de suscriptor y en promedio año.....	15
1.1.2.3 Proyección de suscriptores por municipio/tipo de suscriptor y en promedio año.....	19
1.1.3 PROYECCIONES DE POBLACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	21
1.1.3.1 Metodología proyecciones de población y análisis estadísticos.....	21
1.1.3.2 Metodología para realizar las proyecciones y determinar las tendencias para el análisis de los residuos sólidos en el AMVA.....	22
1.1.3.3 Modelos de Proyecciones y/o Pronóstico a Utilizar.....	23
1.1.3.4 Método Geométrico.....	23
1.1.3.5 Método Wappus.....	23
1.1.3.6 Método de Suavización Exponencial Triple Método de Holt Winter- Pronóstico ETS.....	24
1.1.3.7 Resultados de los modelos de proyecciones.....	25

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación suscriptores 2005 al 2015.....	9
Tabla 2. Comparación suscriptores por sector residencial por estratos socioeconómicos y no residenciales años 2005 al 2015.....	9
Tabla 3. Total suscriptores por municipio/tipo de suscriptor y en promedio año.....	11
Tabla 4. Participación de suscriptores por Municipio y por sector residencial y no residencial Municipios del área Metropolitana del Valle de Aburrá años 2005 y 2015.....	15
Tabla 5. Total de suscriptores por municipio/tipo de suscriptor y en promedio año.....	18
Tabla 7. Proyección de residuos a disposición final en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá años 2016 a 2030.....	26
Tabla 8. Proyección de residuos generados (Disposición final + aprovechamiento) 2016 a 2027 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.....	29

LISTA DE GRÁFICA

Gráfica 1. Comparación suscriptores por sector residencial por estratos socioeconómicos y no residenciales años 2005 al 2015	10
Gráfica 2. Participación de suscriptores por Municipio y por sector residencial Área Metropolitana del Valle de Aburrá años 2005 y 2015.	16
Gráfica 3. Participación de suscriptores por Municipio por sector no residencial Municipios del área Metropolitana del Valle de Aburrá años 2005 y 2015	17
Gráfica 4. Proyecciones suscriptores servicio de aseo municipios Área Metropolitana del Valle de Aburrá año 2027.....	20
Gráfica 5. Disposición final proyectada al año 2030	27
Gráfica 6. Proyección de residuos teniendo en cuenta el aprovechamiento al año 2027 (2016 a 2030) para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.....	31
Gráfica 7. Proyección de generación de residuos (disposición final + aprovechamiento), proyecciones de población, Proyección de PPC (Ton/hab-año y Kg/hab-día) para los años 2007 a 2030.....	32

1 PROYECCIONES

Las proyecciones son un instrumento para conocer, con base en el comportamiento pasado y presente de las variables consideradas y con cierto nivel de confiabilidad, el comportamiento o tendencia a futuro del fenómeno de estudio; más importante aún, es que son una herramienta que nos permite contrastar escenarios para determinar, en función de criterios estadísticos, cuál sería el desarrollo del fenómeno y si se sigue o no una ruta alternativa. En este orden de ideas, en el presente plan las proyecciones, más allá de arrojar valores futuros de las variables involucradas, nos permiten contrastar diferentes escenarios modelados por distintas técnicas estadísticas.

Las futuras cantidades de residuos se estiman con base en las actuales, y el desarrollo a futuro depende de varios factores, como el desarrollo demográfico, el número y tamaño de las viviendas, y la economía.

La metodología para analizar la producción futura de residuos considera la relación de esta, con los aspectos demográficos y socioeconómicos de la ciudad; además de los diferentes tipos de residuos y su correlación con su generación.

Dentro del marco de la formulación del PGIRS Regional, y según la Resolución 0754 de noviembre de 2014, realizaron las proyecciones de las variables población, generación de residuos y perspectivas de crecimiento económico, de acuerdo a la siguiente metodología:

- Perspectivas de crecimiento de actividades económicas
- Proyecciones de población, basado en el histórico de suscriptores residenciales y no residenciales,¹ con un indicador de 3,9 personas por vivienda².
- Comparación de las proyecciones de suscriptores con las del DANE y la de población, de acuerdo con lo establecido en el numeral F.2 del RAS 2000 (Geométrico y wappus³)
- Realización de ajustes de las proyecciones poblacionales para la región.
- Generación de residuos sólidos proyectada a 13 años, con base en la información del Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios SUI, específicamente el histórico de disposición final 2006 a 2015.
- Para la generación total de residuos se asume un 21,4 % de aprovechamiento de residuos.
- Se generan los escenarios de proyecciones de residuos, según la definición de metas y la gestión del plan.

El sistema de información de las proyecciones de generación de residuos sólidos utilizó fuentes secundarias, con una cobertura de carácter censal o muestral.

Se presentan los datos recolectados en el sistema de información de pesaje, de las cantidades de residuos sólidos ordinarios generados por los sectores residenciales y comerciales e industriales, que se

1 Adicionalmente a las establecidas en la Metodología se incluyen estas proyecciones.

2 Cifra establecida por el DNP

3 Recomendado por PGIRS Medellín 2015

realiza en el componente de disposición final y que los operadores de la prestación del servicio público de aseo reportan en el SUI.

La ausencia de un sistema único de información oficial que recopile las series de tiempo, de toda la información relacionada con las variables involucradas en la GIRS del territorio, y específicamente en el componente de aprovechamiento, unido al bajo registro histórico de estos datos, hace que se utilicen fuentes de datos muestrales, constituidas por las cifras proporcionadas en varios estudios de caracterización, relacionados con residuos sólidos generados y acumulados en las diferentes plazas de mercado, empresas mayoristas de la cadenas de comercialización de residuos reciclables y gestores de residuos de orgánicos, entre otros.

Cualquiera que sea la cobertura generalmente se reconoce que los datos contenidos en la información están sometidos a errores de distinta índole, por consiguiente, es necesario tener un conocimiento del origen y de la magnitud de los mismos, con el fin de determinar si son lo suficientemente tolerables para poder usar la información, en un proceso posterior de toma de decisiones.

Lo anterior determina la necesidad de encontrar el mejor modelo estadístico a ser utilizado, para que las proyecciones sean confiables, teniendo como base la calidad de la información disponible, así como del periodo de la proyección.

Se asume entonces que los valores proyectados se ajustarán a la realidad del comportamiento de la variable de estudio, por lo que estas proyecciones servirán como línea base para la planeación estratégica en la ejecución de los programas y proyectos que se implementó en la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional (PGIRS-R).

En este documento se presenta la consolidación de las proyecciones de suscriptores de los sectores residenciales y no residenciales; y se estipula la metodología general de las proyecciones de escenarios de generación y gestión de los residuos sólidos del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

1.1 Proyecciones generación

1.1.1 Metodología

La proyección de las cantidades de residuos es un prerrequisito importante, para el diseño de cualquier sistema de manejo de residuos y la definición de las opciones tecnológicas a implementar. Se busca establecer la producción y la forma en que deberá ser manejada en el futuro.

Para desarrollar el modelo de proyecciones del PGIRS Regional se diferenciaron metodológicamente los momentos de generación y gestión. Se trabajó con proyecciones hasta el año 2030, teniendo en cuenta que toda proyección trae consigo un cierto grado de incertidumbre, el cual es mayor entre más largo sea el período proyectado. En este sentido, se trabajó con dos componentes claramente identificados:

1. **Componente generación:** Representa la producción de los diferentes tipos de residuos sólidos de acuerdo con la clasificación propuesta para el PGIRS Regional.
2. **Componente de gestión:** Representa los posibles escenarios de gestión, de acuerdo con diferentes tipos de programas del PGIRS Regional y la combinación entre ellos. Aquí se presentan los supuestos, las metas de aprovechamiento y el impacto de los programas previstos.

Las cantidades actuales de los diferentes tipos de residuos se constituyen en el punto de partida para el ejercicio de proyección. Dicha información se consolidó para este ejercicio, cuyos factores más relevantes son:

- El desarrollo poblacional
- El desarrollo económico

A lo anterior, se superponen los impactos de las posibles estrategias de disminución de residuos. En las proyecciones, se parte del supuesto de que en el futuro, el reciclaje de residuos cobrará una gran importancia en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Finalmente, se utilizó para la presente evaluación, como escenario básico, la información hallada en estudios específicos recientes en los que existen proyecciones de residuos.

1.1.2 Proyecciones suscriptores

Se realizaron las proyecciones de suscriptores con la información reportada en el SUI. Los datos de partida para son desde el año 2006 al 2015, bajo diferentes escenarios, para un horizonte de análisis hasta el 2027. Se tomó esta información por tener registros históricos, y ser más contundente y actualizada, ya que el último censo de población es del año 2005.

Para el caso de los suscriptores, hay que tener en cuenta que se registran los que permanecieron vigentes o activos en un mes, luego en el otro y así sucesivamente. Esta clase de medición constituye lo que se llama “**Una serie temporal de alta frecuencia**”, ya que la información se registra a diario, conformando así una serie en el tiempo de alta frecuencia, cuyas características evidencian:

1. **Una media estable** a lo largo del tiempo
2. **Poca estacionalidad o no hay estacionalidad**
3. **Una varianza que cambia con el tiempo**, de modo que se alternan períodos de alta volatilidad (alta varianza) con períodos de baja volatilidad (baja varianza). La varianza cambia de forma no sistemática.

Entonces al observar los datos de un mes es necesario tipificar la coherencia, la relación y la afinidad entre dichos datos para hacer más práctica, clara, útil, confiable y precisa la proyección de dichas variables. Es por ello que la información se clasifica según se observa en las siguientes tablas, lo que posibilita una mayor comprensión de dichas proyecciones.

1.1.2.1 Suscriptores por municipio/tipo de suscriptor y en promedio año

El número de suscriptores pasó de 871.120 en el año 2005 a 1.108.235 en el 2015, incrementándose en 237.115 suscriptores en 10 años, lo que corresponde a un incremento del 27% de los suscriptores iniciales Ver **Tabla 3**.

El 90% de los suscriptores están en Medellín, Bello, Itagüí y Envigado, siendo Medellín, el municipio que aporta la mayor participación de suscriptores de los 10 municipios, correspondiente al 65% (720.588 suscriptores) del total de los suscriptores en el año 2015; sin embargo en estos últimos 10 años perdió participación de 3 puntos porcentuales contra los demás municipios de la región.

Con un aumento leve en estos últimos 10 años se presenta en segunda instancia Bello que pasa de 83.703 a 125.145 suscriptores y representa el 11,3% de la participación de suscriptores para el Área Metropolitana.

Itagüí con 78.962 suscriptores tiene una participación del 7,1% en el año 2015 y Envigado, el cuarto municipio, con el 6,8% de participación y 75.466 suscriptores. Ver **Tabla 1**

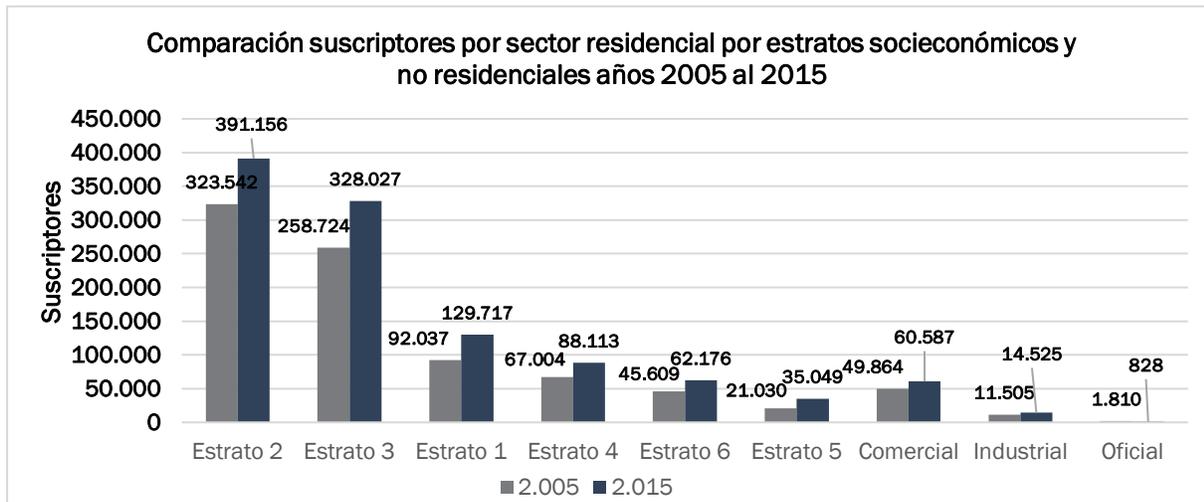
Tabla 1. Comparación suscriptores 2005 al 2015

Municipio	2005	% participación	2015	% participación.
Medellín	591.610	67,9%	720.588	65,0%
Bello	83.703	9,6%	125.145	11,3%
Itagüí	65.611	7,5%	78.962	7,1%
Envigado	52.897	6,1%	75.466	6,8%
Copacabana	16.734	1,9%	21.995	2,0%
Sabaneta	13.528	1,6%	25.664	2,3%
Caldas	16.488	1,9%	21.928	2,0%
La Estrella	13.603	1,6%	16.313	1,5%
Barbosa	8.127	0,9%	10.765	1,0%
Girardota	8.819	1,0%	11.410	1,0%
Total general	871.120	100,0%	1.108.235	100,0%

La información en 10 años no ha tenido variaciones significativas. El 77% de los suscriptores están agrupados en los estratos 2, 3 y 1 en los últimos 10 años, siendo el estrato 2 predominante con el 35% correspondiente a 391.156 suscriptores; seguido de cerca por el estrato 3 con 328.027 suscriptores y el estrato 1 con el 12% que obedece a 129.717 suscriptores. En el sector no residencial, el comercial representa el 5% de los suscriptores con 60.587. (Ver **Tabla 2** y **Gráfica 1**)

Tabla 2. Comparación suscriptores por sector residencial por estratos socioeconómicos y no residenciales años 2005 al 2015

AMVA	2.005	% Participación	2.015	% Participación
Residencial	807.945	93%	1.034.238	93%
Estrato 2	323.542	37%	391.156	35%
Estrato 3	258.724	30%	328.027	30%
Estrato 1	92.037	11%	129.717	12%
Estrato 4	67.004	8%	88.113	8%
Estrato 6	45.609	5%	62.176	6%
Estrato 5	21.030	2%	35.049	3%
No Residencial	63.177	7%	75.939	7%
Comercial	49.864	6%	60.587	5%
Industrial	11.505	1%	14.525	1%
Oficial	1.810	0%	828	0%
Total general	871.120	100%	1.110.177	100



Gráfica 1. Comparación suscriptores por sector residencial por estratos socioeconómicos y no residenciales años 2005 al 2015

El sector no oficial refleja una disminución, esto obedece al no reporte de los suscriptores oficiales de Medellín, lo cual estaría pendiente de validación y verificación con el operador del servicio de aseo.

En la tabla se consolida la información para los 10 Municipios del Valle de Aburra, por tipo de suscriptor residencial por estrato socioeconómico; y los suscriptores no residenciales, clasificados en comercial, industrial e institucional, con datos promedios para el 2005 al 2015. Esta información es consolidada del Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios SUI y es la base para la realización de las proyecciones hasta el año 2027. Ver **Tabla 3.**

Tabla 3. Total suscriptores por municipio/tipo de suscriptor y en promedio año

MUNICIPIO	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015
Medellín	591.610	613.291	624.758	651.407	675.840	686.649	702.567	698.057	707.628	706.538	720.588
Residencial	549.446	566.754	584.379	609.575	632.906	643.550	658.566	655.037	664.775	664.351	678.513
Estrato 2	196.498	197.849	203.725	213.561	221.286	223.798	226.128	223.808	226.190	224.243	229.706
Estrato 3	174.316	178.935	182.559	187.833	193.429	197.490	202.624	203.788	207.884	209.679	213.212
Estrato 4	59.666	63.548	65.747	69.064	72.302	74.503	77.699	77.962	79.984	79.935	80.757
Estrato 1	54.818	53.820	56.512	61.238	63.649	63.662	63.627	61.379	60.295	59.282	62.246
Estrato 5	44.147	49.002	50.460	52.228	54.670	56.371	58.502	58.070	59.737	60.463	60.404
Estrato 6	20.001	23.601	25.376	25.651	27.569	27.727	29.986	30.031	30.685	30.749	32.188
No Resid.2	42.164	46.537	40.379	41.831	42.934	43.099	44.001	43.020	42.853	42.187	42.075
Comercial	36.709	40.938	36.512	37.379	37.659	37.809	38.939	38.434	38.703	38.531	38.609
Industrial	4.305	4.413	3.867	4.453	5.275	5.290	5.062	4.585	4.151	3.656	3.467
Oficial	1.150	1.186	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bello	83.703	87.370	96.918	102.393	103.371	104.070	106.073	110.928	115.681	113.035	125.145
Residencial	80.381	83.756	90.791	95.545	96.500	96.667	98.683	103.139	107.827	105.844	116.654
Estrato 2	31.088	32.549	35.266	36.561	36.866	36.759	37.412	38.545	39.723	37.746	41.941
Estrato 3	29.372	30.657	33.358	35.168	35.657	35.966	37.367	39.353	41.819	42.551	46.370
Estrato 1	16.200	16.917	18.528	19.868	19.778	19.594	19.564	20.733	21.212	20.107	21.890
Estrato 4	3.715	3.619	3.624	3.928	4.177	4.326	4.305	4.470	5.033	5.396	6.395
Estrato 5	7	12	13	18	20	20	29	30	31	33	39
Estrato 6	0	3	3	3	3	3	7	8	8	11	19
No Resid.2	3.321	3.614	6.127	6.848	6.872	7.402	7.389	7.789	7.854	7.191	8.491
Comercial	1.804	2.501	5.557	6.251	6.264	6.767	6.758	7.193	7.274	6.635	7.823
Industrial	1.355	903	293	327	343	378	387	381	369	364	445
Oficial	163	210	277	270	264	257	244	215	211	193	223
Envigado	52.897	54.183	54.900	58.584	61.306	65.766	67.516	70.175	72.942	74.673	75.466
Residencial	48.612	49.840	50.128	53.437	55.332	59.092	60.953	63.322	65.866	67.691	68.480
Estrato 3	21.275	21.434	21.413	21.911	22.071	22.875	23.275	23.960	24.684	24.905	24.647
Estrato 2	10.189	10.211	10.309	10.569	10.726	11.127	11.541	11.875	12.280	12.649	12.672
Estrato 4	8.629	8.954	9.344	10.200	10.583	11.556	11.937	12.623	13.096	13.276	13.385
Estrato 5	6.802	7.507	7.193	8.614	9.783	11.126	11.724	12.174	12.653	13.185	14.145
Estrato 1	978	984	996	1.020	995	1.023	1.043	1.077	1.086	1.063	1.071

MUNICIPIO	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015
Estrato 6	739	751	874	1.124	1.174	1.385	1.435	1.613	2.068	2.614	2.561
No Resid.2	4.285	4.343	4.772	5.147	5.974	6.673	6.563	6.853	7.076	6.982	6.986
Comercial	3.687	3.811	4.292	5.147	5.584	6.278	6.563	6.853	7.076	6.982	6.986
Industrial	427	459	480	0	390	395	0	0	0	0	0
Oficial	171	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Itagüí	65.611	66.469	68.473	70.897	71.892	71.885	72.668	74.773	76.192	77.265	78.962
Residencial	58.855	59.589	59.929	61.761	62.845	63.093	64.176	66.195	67.784	68.955	70.400
Estrato 3	31.294	30.750	30.411	31.143	31.910	32.177	32.674	33.499	34.444	35.551	36.043
Estrato 2	23.834	24.922	25.246	25.792	25.968	25.813	26.120	26.803	27.278	27.393	27.636
Estrato 1	3.102	3.219	3.469	3.740	3.707	3.589	3.436	3.471	3.433	3.270	3.533
Estrato 4	625	694	800	1.083	1.257	1.511	1.943	2.418	2.627	2.740	3.187
Estrato 6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Estrato 5	0	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
No Resid.2	6.756	6.881	8.544	9.136	9.047	8.792	8.492	8.578	8.407	8.310	8.562
Industrial	3.803	2.488	1.050	1.131	1.158	1.160	1.176	1.189	1.194	1.229	1.293
Comercial	2.846	4.209	7.287	7.778	7.647	7.408	7.105	7.179	7.004	6.879	7.076
Oficial	107	184	207	226	241	225	211	211	209	203	192
Copacabana	16.734	17.125	17.737	18.907	19.236	19.179	19.598	20.043	20.777	21.357	21.995
Residencial	15.783	16.163	16.395	17.498	17.827	17.719	18.124	18.565	19.317	19.926	20.492
Estrato 2	8.962	9.298	9.528	10.105	10.311	10.228	10.517	10.777	11.180	11.578	11.930
Estrato 3	5.878	5.869	5.812	6.210	6.316	6.313	6.402	6.571	6.909	7.120	7.310
Estrato 1	497	539	573	687	701	680	696	701	714	721	747
Estrato 4	200	207	223	231	229	234	243	258	255	254	262
Estrato 5	123	128	135	142	147	146	147	143	143	141	137
Estrato 6	122	122	123	123	123	119	119	116	115	112	106
No Resid.2	952	961	1.343	1.409	1.410	1.460	1.474	1.478	1.460	1.431	1.503
Comercial	506	650	1.174	1.227	1.207	1.262	1.279	1.286	1.267	1.235	1.301
Industrial	411	257	95	108	123	126	125	124	125	130	138
Oficial	35	54	73	74	80	73	69	68	67	66	65
Caldas	16.488	17.676	17.509	18.537	18.846	19.220	19.590	19.445	20.370	21.004	21.928
Residencial	14.797	16.116	15.740	16.650	16.960	17.288	17.653	17.461	18.349	18.961	19.781
Estrato 2	9.607	10.598	10.358	10.876	11.047	11.260	11.486	11.656	11.964	12.344	12.894
Estrato 3	3.857	4.190	4.033	4.373	4.524	4.626	4.747	4.549	5.156	5.383	5.510

MUNICIPIO	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015
Estrato 1	1.209	1.206	1.232	1.278	1.266	1.275	1.269	1.120	1.097	1.104	1.223
Estrato 4	84	84	80	82	83	86	89	86	85	84	111
Estrato 5	34	33	32	35	34	36	45	41	39	38	35
Estrato 6	5	6	6	6	6	6	17	11	9	8	7
No Resid.2	1.692	1.560	1.769	1.887	1.887	1.932	1.937	1.983	2.021	2.043	2.147
Comercial	850	1.032	1.627	1.725	1.720	1.770	1.765	1.803	1.831	1.849	1.943
Industrial	801	469	72	83	87	89	98	103	111	116	129
Oficial	41	59	70	79	80	73	74	77	79	78	75
Sabaneta	13.528	13.779	14.634	16.488	17.257	17.650	18.335	19.436	22.156	25.298	26.202
Residencial	11.746	11.845	12.322	13.853	14.554	14.921	15.588	16.611	19.295	22.387	23.318
Estrato 3	6.746	6.679	6.772	7.419	7.898	8.197	8.676	9.168	10.220	11.263	10.987
Estrato 2	4.089	4.013	4.065	4.253	4.276	4.279	4.481	4.794	5.315	5.851	6.246
Estrato 4	690	924	1.239	1.880	2.076	2.147	2.126	2.238	3.361	4.781	5.701
Estrato 1	166	166	167	193	189	181	188	266	274	270	273
Estrato 5	44	52	68	96	103	105	107	138	120	217	105
Estrato 6	12	12	11	12	12	12	10	6	6	6	5
No Resid.2	1.782	1.934	2.313	2.636	2.703	2.729	2.747	2.825	2.860	2.911	2.884
Industrial	1.152	898	481	619	659	659	661	663	656	655	627
Comercial	594	982	1.761	1.939	1.968	1.996	2.011	2.087	2.130	2.182	2.185
Oficial	36	54	70	78	77	74	75	75	74	75	72
La Estrella	13.603	14.534	14.668	15.637	15.873	16.030	16.131	16.207	16.691	17.048	17.576
Residencial	12.852	13.720	13.557	14.412	14.607	14.694	14.791	14.848	15.262	15.598	16.152
Estrato 2	6.867	7.493	7.402	7.752	7.754	7.748	7.690	7.560	7.724	7.723	7.930
Estrato 3	4.670	4.749	4.567	4.905	5.049	5.082	5.180	5.316	5.525	5.780	5.945
Estrato 1	841	818	830	906	886	865	820	751	724	702	855
Estrato 4	332	488	545	629	699	784	875	989	1.059	1.164	1.164
Estrato 5	124	151	191	199	197	193	196	200	198	196	227
Estrato 6	18	21	22	22	22	21	30	33	33	32	32
No Resid.2	752	814	1.110	1.224	1.267	1.337	1.340	1.358	1.430	1.450	1.424
Industrial	410	323	207	278	341	380	407	406	419	431	418
Comercial	317	457	842	876	854	891	867	886	932	940	930
Oficial	25	33	61	70	72	65	65	66	79	79	76
Barbosa	8.127	8.420	8.637	8.897	9.303	10.133	10.044	10.133	10.125	10.584	10.905

MUNICIPIO	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015
Residencial	7.358	7.672	7.792	8.130	8.521	9.288	9.202	9.288	9.274	9.741	10.111
Estrato 2	4.980	5.198	5.297	5.540	5.819	6.427	6.413	6.427	6.494	6.864	6.953
Estrato 3	1.205	1.220	1.212	1.268	1.318	1.412	1.384	1.412	1.420	1.513	1.546
Estrato 1	944	1.011	1.027	1.064	1.123	1.181	1.129	1.181	1.098	1.098	1.340
Estrato 4	111	118	126	127	130	137	139	137	132	138	146
Estrato 5	68	73	78	77	76	78	81	78	79	78	78
Estrato 6	51	51	52	54	55	54	55	54	50	50	48
No Resid.2	769	748	845	767	782	845	843	845	851	844	794
Comercial	591	589	661	685	697	737	747	737	739	730	685
Industrial	127	115	126	26	28	45	37	45	46	48	44
Oficial	51	44	58	57	57	62	58	62	66	66	65
Girardota	8.819	8.937	9.120	9.582	9.789	10.036	10.281	10.493	10.948	11.208	11.410
Residencial	8.115	8.202	8.233	8.694	8.895	9.091	9.324	9.506	9.951	10.197	10.337
Estrato 2	6.225	6.366	6.361	6.679	6.860	7.042	7.261	7.451	7.784	7.983	8.125
Estrato 3	1.314	1.263	1.271	1.360	1.384	1.412	1.417	1.421	1.527	1.584	1.580
Estrato 1	259	245	272	319	311	303	299	289	297	291	286
Estrato 4	151	160	162	170	176	175	182	185	184	182	184
Estrato 6	84	86	85	84	83	82	83	80	79	77	80
Estrato 5	82	81	82	82	81	77	82	80	81	80	82
No Resid.2	704	735	886	888	894	945	957	987	997	1.011	1.073
Comercial	352	498	784	779	778	821	806	817	824	838	902
Industrial	322	190	39	46	50	60	86	107	109	110	111
Oficial	31	47	63	64	66	64	65	64	63	64	60
Total general	871.119	901.784	927.351	971.329	1.002.714	1.020.618	1.042.803	1.049.688	1.073.508	1.078.010	1.110.176

1.1.2.2 Suscriptores por municipio/tipo de suscriptor y en promedio año

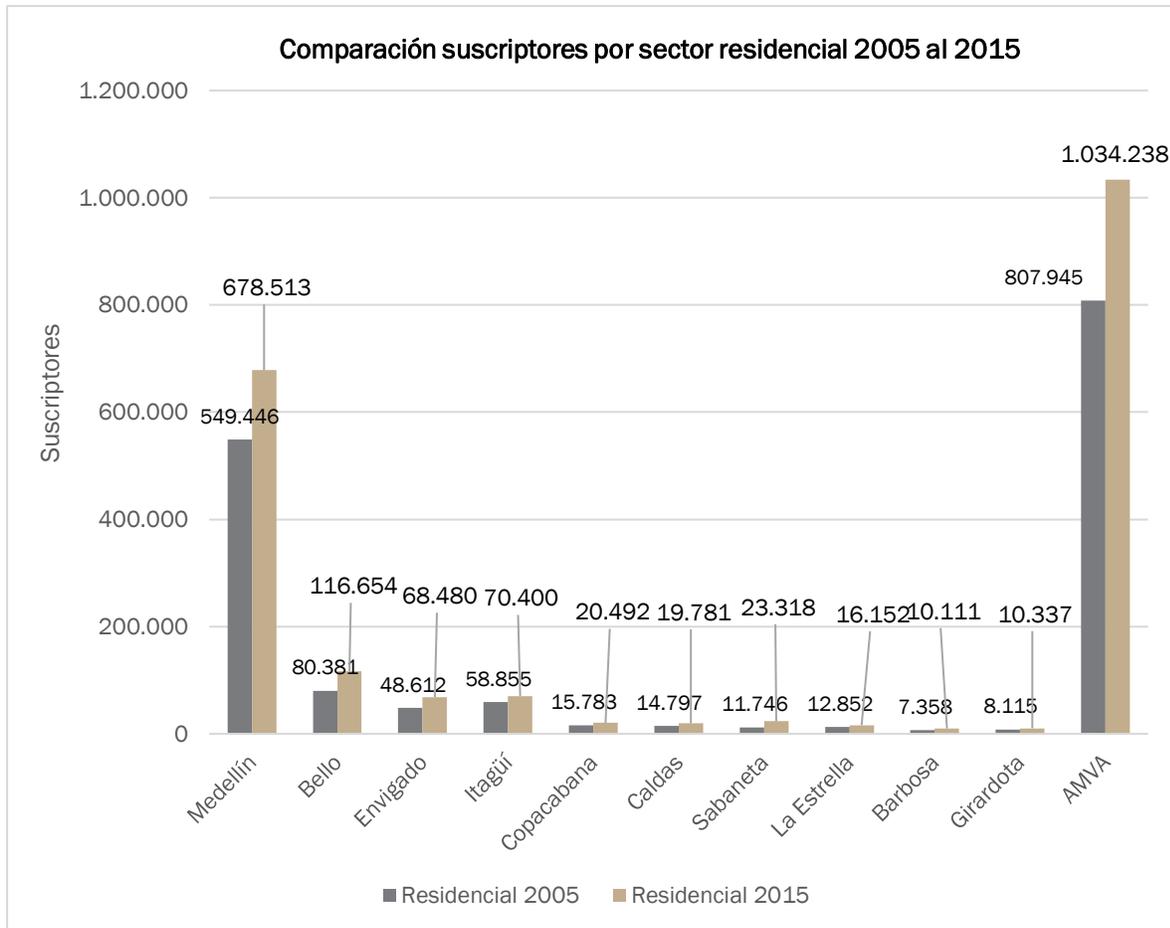
La participación porcentual de los suscriptores residenciales se ha mantenido en un 93% desde el año 2005, con referencia a los suscriptores no residenciales que se conservan en el 7% (comercial, industrial e institucional).

Según la información consolidada y el reporte de los operadores al Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios SUI Tabla 4, en el año 2015 el total de suscriptores residenciales fue de 1.034.238 y los no residenciales 75.939.

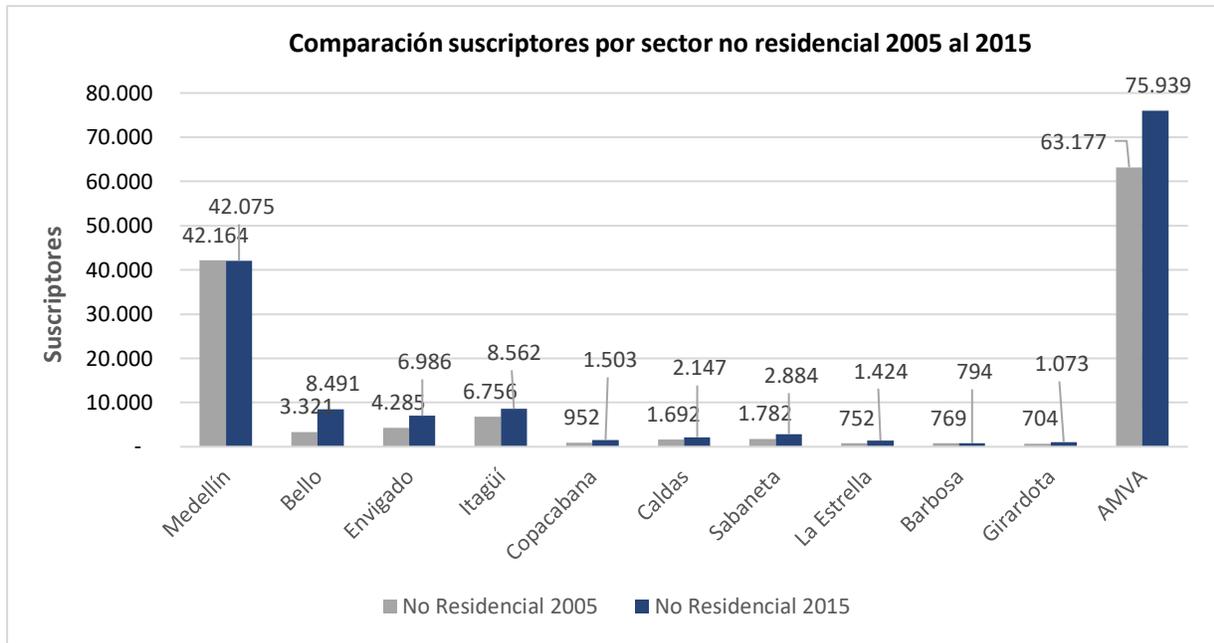
El incremento en los últimos 10 años del sector residencial es de 226.293 suscriptores correspondiente al 28%, mientras en el sector no residencial el incremento fue 12.762 (20%) (Ver **Tabla 3** y **Gráfica 3**) No se encuentra el origen de la referencia. y **Gráfica 3**)

Tabla 4. Participación de suscriptores por Municipio y por sector residencial y no residencial Municipios del área Metropolitana del Valle de Aburrá años 2005 y 2015.

Municipio	2005				2015			
	Residencial		No Residencial		Residencial		No Residencial	
Medellín	549.446	93%	42.164	7%	678.513	94%	42.075	6%
Bello	80.381	96%	3.321	4%	116.654	93%	8.491	7%
Envigado	48.612	92%	4.285	8%	68.480	91%	6.986	9%
Itagüí	58.855	90%	6.756	10%	70.400	89%	8.562	11%
Copacabana	15.783	94%	952	6%	20.492	93%	1.503	7%
Caldas	14.797	90%	1.692	10%	19.781	90%	2.147	10%
Sabaneta	11.746	87%	1.782	13%	23.318	89%	2.884	11%
La Estrella	12.852	94%	752	6%	16.152	92%	1.424	8%
Barbosa	7.358	91%	769	9%	10.111	93%	794	7%
Girardota	8.115	92%	704	8%	10.337	91%	1.073	9%
AMVA	807.945	92,7%	63.177	7,3%	1.034.238	93,2%	75.939	6,8%



Gráfica 2. Participación de suscriptores por Municipio y por sector residencial Área Metropolitana del Valle de Aburrá años 2005 y 2015.



Gráfica 3. Participación de suscriptores por Municipio por sector no residencial Municipios del área Metropolitana del Valle de Aburrá años 2005 y 2015

Se presenta en la **Tabla 5** los resultados consolidados por sector residencial y no residencial para los 10 Municipios desde el año 2005 al año 2015.

Tabla 5. Total de suscriptores por municipio/tipo de suscriptor y en promedio año

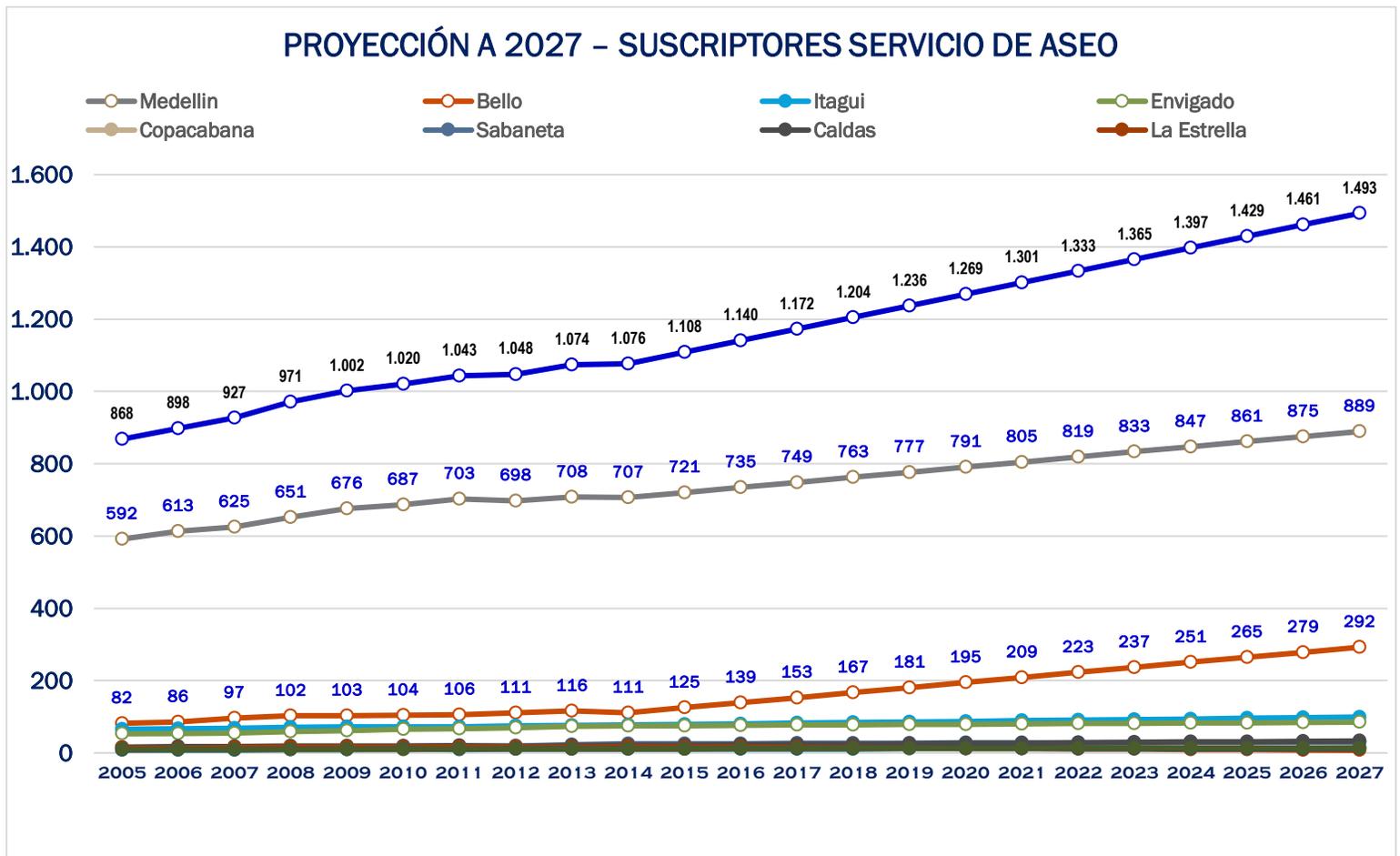
MUNICIPIO	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015
Medellín	591.610	613.291	624.758	651.407	675.840	686.649	702.567	698.057	707.628	706.538	720.588
Residencial	549.446	566.754	584.379	609.575	632.906	643.550	658.566	655.037	664.775	664.351	678.513
No Resid.2	42.164	46.537	40.379	41.831	42.934	43.099	44.001	43.020	42.853	42.187	42.075
Bello	83.703	87.370	96.918	102.393	103.371	104.070	106.073	110.928	115.681	113.035	125.145
Residencial	80.381	83.756	90.791	95.545	96.500	96.667	98.683	103.139	107.827	105.844	116.654
No Resid.2	3.321	3.614	6.127	6.848	6.872	7.402	7.389	7.789	7.854	7.191	8.491
Envigado	52.897	54.183	54.900	58.584	61.306	65.766	67.516	70.175	72.942	74.673	75.466
Residencial	48.612	49.840	50.128	53.437	55.332	59.092	60.953	63.322	65.866	67.691	68.480
No Resid.2	4.285	4.343	4.772	5.147	5.974	6.673	6.563	6.853	7.076	6.982	6.986
Itagüí	65.611	66.469	68.473	70.897	71.892	71.885	72.668	74.773	76.192	77.265	78.962
Residencial	58.855	59.589	59.929	61.761	62.845	63.093	64.176	66.195	67.784	68.955	70.400
No Resid.2	6.756	6.881	8.544	9.136	9.047	8.792	8.492	8.578	8.407	8.310	8.562
Copacabana	16.734	17.125	17.737	18.907	19.236	19.179	19.598	20.043	20.777	21.357	21.995
Residencial	15.783	16.163	16.395	17.498	17.827	17.719	18.124	18.565	19.317	19.926	20.492
No Resid.2	952	961	1.343	1.409	1.410	1.460	1.474	1.478	1.460	1.431	1.503
Caldas	16.488	17.676	17.509	18.537	18.846	19.220	19.590	19.445	20.370	21.004	21.928
Residencial	14.797	16.116	15.740	16.650	16.960	17.288	17.653	17.461	18.349	18.961	19.781
No Resid.2	1.692	1.560	1.769	1.887	1.887	1.932	1.937	1.983	2.021	2.043	2.147
Sabaneta	13.528	13.779	14.634	16.488	17.257	17.650	18.335	19.436	22.156	25.298	26.202
Residencial	11.746	11.845	12.322	13.853	14.554	14.921	15.588	16.611	19.295	22.387	23.318
No Resid.2	1.782	1.934	2.313	2.636	2.703	2.729	2.747	2.825	2.860	2.911	2.884
La Estrella	13.603	14.534	14.668	15.637	15.873	16.030	16.131	16.207	16.691	17.048	17.576
Residencial	12.852	13.720	13.557	14.412	14.607	14.694	14.791	14.848	15.262	15.598	16.152
No Resid.2	752	814	1.110	1.224	1.267	1.337	1.340	1.358	1.430	1.450	1.424
Barbosa	8.127	8.420	8.637	8.897	9.303	10.133	10.044	10.133	10.125	10.584	10.905
Residencial	7.358	7.672	7.792	8.130	8.521	9.288	9.202	9.288	9.274	9.741	10.111
No Resid.2	769	748	845	767	782	845	843	845	851	844	794
Girardota	8.819	8.937	9.120	9.582	9.789	10.036	10.281	10.493	10.948	11.208	11.410
Residencial	8.115	8.202	8.233	8.694	8.895	9.091	9.324	9.506	9.951	10.197	10.337
No Resid.2	704	735	886	888	894	945	957	987	997	1.011	1.073
Total general	871.119	901.784	927.351	971.329	1.002.714	1.020.618	1.042.803	1.049.688	1.073.508	1.078.010	1.110.176

1.1.2.3 *Proyección de suscriptores por municipio/tipo de suscriptor y en promedio año*

Con la información base consolidada se realizan las proyecciones de suscriptores para los 10 Municipios del Valle de Aburrá, tomando como características principales:

- **Los suscriptores se clasificaron para el análisis en residenciales y no residenciales.**
 - Los suscriptores residenciales se componen del Estrato 1 al Estrato 6.
 - Los suscriptores no residenciales son los que se componen el sector comercial, industrial y el institucional.
- Se estructura una base de datos con esta información para identificar y precisar, a través de un análisis estadístico de regresión, el tipo de correlación que más se ajusta para determinar una proyección futura, acorde a dicha tendencia.
- **Análisis de regresión y proyecciones para cada municipio.**
 - Se realizan 6 análisis de regresión para el sector residencial (Estrato 1 a 6).
 - Se realizan 3 análisis de regresión para el sector no residencial.
 - Se realizan 6 análisis de regresión que compara cada estrato con el total del sector residencial.
 - Se realizan 3 análisis de regresión que compara los suscriptores del sector comercial, industrial e Institucional vs el total del sector no residencial.
 - Se realizan 2 análisis de regresión del total del sector residencial y el sector no residencial, con el total de suscriptores de los municipios.
 - Estas 20 simulaciones son con el objetivo de precisar el nivel de correlación y de confiabilidad para la proyección futura.
 - El resultado generalizado es que existe una muy alta correlación especialmente entre los estratos 2, 3 y 4 con el total del sector residencial en cada municipio. Es de anotar que estos estratos comprenden el 80% de los suscriptores o más del Área Metropolitana.
 - Existe una correlación muy alta de los sectores comercial, industrial e institucional con el no residencial. El primero contiene el 90% de los suscriptores; el segundo el 7% y el tercero un 3%.
 - Una vez se tiene consolidado cada sector se realiza la correlación con respecto al total del Municipio; luego se consolida con respecto al total de Área Metropolitana del Valle de Aburrá. En términos estadísticos esta correlación es casi perfecta, especialmente del sector residencial, variando entre 96 y 99%. El sector no residencial varía su correlación entre 90 y 95%.

Para el Año 2030 el número de suscriptores sería de **1.589.102** suscriptores generándose un incremento del **39%** del total de suscriptores desde el año 2015.



Gráfica 4. Proyecciones suscriptores servicio de aseo municipios Área Metropolitana del Valle de Aburrá año 2027

1.1.3 Proyecciones de población y análisis estadístico

1.1.3.1 Metodología proyecciones de población y análisis estadísticos.

En el marco de las Conferencias Internacionales de las Naciones Unidas se ha adoptado como principio fundamental del desarrollo humano sostenible a la población, como sujeto y objeto de las acciones del progreso, cobrando así cada vez mayor relevancia los datos sociodemográficos de los diversos grupos y sectores que la conforman, según sea su edad y sexo; información que sirve de insumo para los fines de la planeación y gestión de la política pública.

Reconocida esta interrelación entre las variables demográficas, económicas, sociales y medioambientales, y considerando a la población, no solo como demandante de recursos, sino también como recurso productivo y actor del desarrollo mismo, se convierte en prioridad para las entidades estadísticas la atención de la creciente, y cada vez más cualificada, demanda de datos sobre las perspectivas de la población y sus características, para que los diferentes entes privados y gubernamentales dispongan de los insumos de información, que permitan prever y cuantificar tanto las demandas esperadas de bienes y servicios –ocasionadas entre otros factores, por el incremento en la magnitud de la población, por los cambios en las estructuras de consumo como consecuencia de las variaciones de su composición por sexo y edad y de las modificaciones en su distribución espacial– así como para establecer su capacidad en la producción, generación de empleo, consumo, ordenamiento territorial, acorde con las tendencias demográficas presentes y futuras de la población⁴. (DANE, 2009)

Es así como para las proyecciones de residuos sólidos se utilizan modelos matemáticos y estadísticos normalizados a nivel nacional y mundial, que se soportan:

1. En las buenas prácticas nacionales e internacionales para analizar, diagnosticar, comprender las problemáticas en la situación actual, además de formular soluciones optimizadas para eliminar, reducir o mitigar la evolución y el crecimiento futuro de estas variables de alto interés para múltiples actividades macro y microeconómicas, además de las sociodemográficas, que impactan la calidad y sostenibilidad ambiental.
2. En esta medida podemos garantizar coherencia, integralidad y calidad metodológica y estadística para los análisis de resultados de las proyecciones.

El estudio y la disponibilidad de información altamente confiable sobre las perspectivas de crecimiento de la población y sus características en cuanto a sexo, edad, estrato social, distribución espacial, contexto económico, social y ambiental, permiten proyectar y cuantificar no solo las futuras demandas de bienes y servicios, sino que además posibilita el análisis de la forma como se interrelacionan estas variables sociodemográficas, especialmente para determinar su capacidad en la producción, generación de empleo y generación de residuos sólidos para disposición final y aprovechamiento.

El saber comprender la forma en que estas variables ejercen relaciones e interacciones de causa-efecto, es decir cómo se afectan y complementan positiva o negativamente, de una forma dinámica e integral, posibilita lograr un mayor nivel de entendimiento sobre aquellos factores y variables claves que potencializan la creación o destrucción de valor social, económico y ambiental de cualquier región, ciudad o país. Luego se hace necesario identificar y precisar el estado actual y magnitud de estas

⁴ Tomado de “Metodología Proyecciones de Población y Estudios Demográficos”. DANE 2009

variables en la situación actual (Línea Base), y proyectar los crecimientos y magnitudes futuras de dichas variables. Para ello se utilizan metodologías de proyecciones que garantizan alta calidad y confiabilidad técnica y estadística.

Con estos resultados, se posibilita determinar a través de diferentes modelos y técnicas matemáticas y estadísticas, en forma muy precisa y confiable, las proyecciones de los residuos sólidos en la región, asociadas a la dinámica poblacional, empresarial y productiva, y a la dinámica de consumo.

Con el objeto de estudiar de la mejor forma posible la dinámica de ajuste de estas variables en el corto plazo además de modelos ARIMA (Modelos Autor regresivos Integrados de Medias Móviles), se aplican otros de corrección de errores (MCE: Mecanismo de Corrección de Error) y de Modelos Vectoriales Autorregresivos (VAR).

“El DANE, con el fin de garantizar coherencia metodológica y teniendo en cuenta la importancia de la información a nivel municipal, elaboró las proyecciones de población utilizando un modelo semidemográfico llamado método de Relación de Cohortes, el cual se emplea generalmente para proyectar poblaciones de áreas geográficas pequeñas e intermedias por sexo y edades. Este método, en palabras de Duchesne “tiene la ventaja de tomar en cuenta la estructura de la población y algunos cambios de las variables demográficas (en particular la fecundidad) asegurando la coherencia entre las sumas de las áreas intermedias y menores de un área grande y las proyecciones ya conocidas de ella”.

La ventaja analítica del nuevo modelo utilizado, a diferencia de los métodos matemáticos, estadísticos o económicos para elaborar proyecciones de población, reside en la utilización de estructuras de población por sexo y edad, así como cambios de algunos parámetros demográficos, en especial la fecundidad, permitiendo obtener proyecciones municipales⁷ robustas al garantizar coherencia de los parámetros demográficos que determinan los cambios poblacionales de cada departamento y las áreas menores que los conforman. (Dane, 2009)

Base conceptual

La población humana, como objeto y sujeto de desarrollo, se constituye en un elemento clave para los procesos de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas públicas, en las distintas áreas de competencia.

La metodología y los modelos matemáticos y estadísticos para estimar y proyectar el crecimiento de las poblaciones, están muy normalizados y estandarizados a nivel mundial. En nuestro contexto el DANE asume esta responsabilidad, dispone la información, y entrega la guía metodológica y los modelos científicos y estadísticos que utiliza para obtener y establecer los resultados de las proyecciones de la población; por lo que se aplicará al contexto específico de las proyecciones de los residuos sólidos en el Valle de Aburrá.

1.1.3.2 Metodología para realizar las proyecciones y determinar las tendencias para el análisis de los residuos sólidos en el AMVA

1. Identificar y precisar las variables involucradas y los datos que componen la serie temporal a ser pronosticada.
2. Seleccionar un modelo de previsión. Diversas técnicas matemáticas, estadísticas y gráficas son útiles y facilitan la definición de este.

3. Graficar las series temporales que se van a pronosticar. Con esto se obtiene la primera impresión visual de la naturaleza de la serie. Esta impresión visual debe sugerir si hay ciertos "componentes", como la tendencia y la estacionalidad.
4. La claridad con respecto a la presencia y/o ausencia de tales componentes como la tendencia y la estacionalidad, facilita la selección del modelo y genera una mayor posibilidad de tener mejores proyecciones y/o pronósticos.
5. Después de seleccionar el modelo de proyecciones y/o pronósticos, el siguiente paso es su especificación, es decir, cuales parámetros o variables validan la aceptación o no de los resultados obtenidos. Debe tenerse en cuenta que el modelo es la aplicación de una fórmula o ecuación acorde con una serie de datos temporales. Una vez aplicado el modelo a una serie de datos, los resultados deben ser validados acorde con los parámetros que sustenta dicho modelo en cuanto a nivel de desviaciones y variaciones que aseguran la calidad de la proyección, tales como el Error, Se pueden utilizar medidas como MAPE 1, RAE 2, MSE 3 para validar el modelo. Selección de un error
 1. Error porcentual absoluto medio
 2. Error relativo absoluto
 3. Error cuadrático medio

1.1.3.3 Modelos de Proyecciones y/o Pronóstico a Utilizar

Una vez precisada y graficada la información histórica correspondiente a los años 2005 al 2015, se definen tres tipos de modelos para realizar las proyecciones, los cuales posibilitarán validar con un mayor nivel de precisión y confianza las proyecciones futuras.

- El modelo geométrico
- El modelo Wappus
- El modelo de Suavización Exponencial Triple ETS

1.1.3.4 Método Geométrico

El método geométrico asume un porcentaje constante de cambio por unidad de tiempo. Sin embargo, se ha podido mostrar que esta tasa no es adecuada cuando son necesarias estimaciones por largos períodos de tiempo. Además, se han logrado pobres resultados cuando la tasa de crecimiento es decreciente, o en casos cuando la densidad de población en una región dada es tan alta, que es de esperarse una tasa decreciente de cambio a largo plazo.

Por otra parte, cuando las proyecciones se hacen para un período corto, esta tasa es preferida a la aritmética. La tasa geométrica debe ser escogida cuando el incremento poblacional es directamente proporcional al número de habitantes en un momento dado.

1.1.3.5 Método Wappus

Se recomienda que este método se utilice para todos los niveles de complejidad (RAS tabla B.2.1). Es un método poco común, aunque sus resultados son confiables. Es importante aclarar que únicamente puede emplearse cuando el producto de la tasa de crecimiento (i en %), y la diferencia entre el año a proyectar (T_f) y el año del censo inicial (T_{ci}) es menor a 200, es decir:

$$i * (T_f - T_{ci}) < 200$$

De lo contrario, debido a la forma matemática de la ecuación, la población futura obtenida será creciente pero negativa.

La ecuación que se emplea para el cálculo de la proyección de población es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} * \frac{(200 + i * (T_f - T_{ci}))}{(200 - i * (T_f - T_{ci}))}$$

Donde la tasa de crecimiento (i en %) se calcula de acuerdo con el crecimiento de las poblaciones censadas y se obtiene de la siguiente expresión:

$$i = \frac{200 * (P_{UC} - P_{ci})}{(T_{UC} - T_{ci}) * (P_{ci} + P_{uc})}$$

Como no se tienen en cuenta los datos de censos intermedios, se recomienda que los resultados obtenidos por este método sean validados a través de un análisis de sensibilidad similar al sugerido para los métodos geométricos y aritméticos.

1.1.3.6 *Método de Suavización Exponencial Triple Método de Holt Winter- Pronóstico ETS*

Ajuste a la Tendencia y a la Variación Estacional

Este método se utiliza cuando además de presentarse una tendencia lineal en la serie de tiempo, hay también un patrón de comportamiento de tipo estacional o periódico en los datos o valores de la serie de tiempo. Esta técnica es una extensión del método de Holt Winter ya que incorpora una ecuación para calcular una estimación de la estacionalidad, dada por un índice estacional X_t / S_t que se multiplica por la constante de atenuación γ , sumándose después a la estimación anterior E_{t-L} que se multiplica por $(1-\gamma)$. Las siguientes expresiones matemáticas son las utilizadas para hacer los cálculos en esta técnica de pronóstico.

Atenuación de la serie de tiempo.

$$S_t = X_t / X_{(t-L)} + (1-\alpha)(S_{(t-L)} + T_{(t-L)})$$

Estimación de la tendencia.

$$T_t = \beta(S_t + T_{(t-1)}) + (1-\beta)(T_{(t-1)})$$

Estimación de la estacionalidad.

$$E_t = \gamma X_t / S_t + (1-\gamma)(E_{(t-L)})$$

Pronóstico para p periodos en el futuro.

$$P_{t+p} = (S_t - pT_t)(E_{(t-L+p)})$$

En donde:

S_t : Es el nuevo valor atenuado suavizado.

α : Es la constante de atenuación que toma valores en el intervalo $0 < \alpha < 1$.

X_t : Es la nueva observación o valor real de la serie en el momento t .

β : Es la constante de atenuación de la estimación de la tendencia y toma valores en el intervalo $0 < \beta < 1$, Es la estimación de la tendencia.

γ : Es la constante de atenuación de la estimación de la estacionalidad y toma valores en el intervalo $0 < \gamma < 1$, Es la estimación de la estacionalidad.

P : Es el número de periodos a pronosticar en el futuro.

L : Es la longitud de la estacionalidad.

S : $t+p$ Es el pronóstico para p periodos en el futuro.

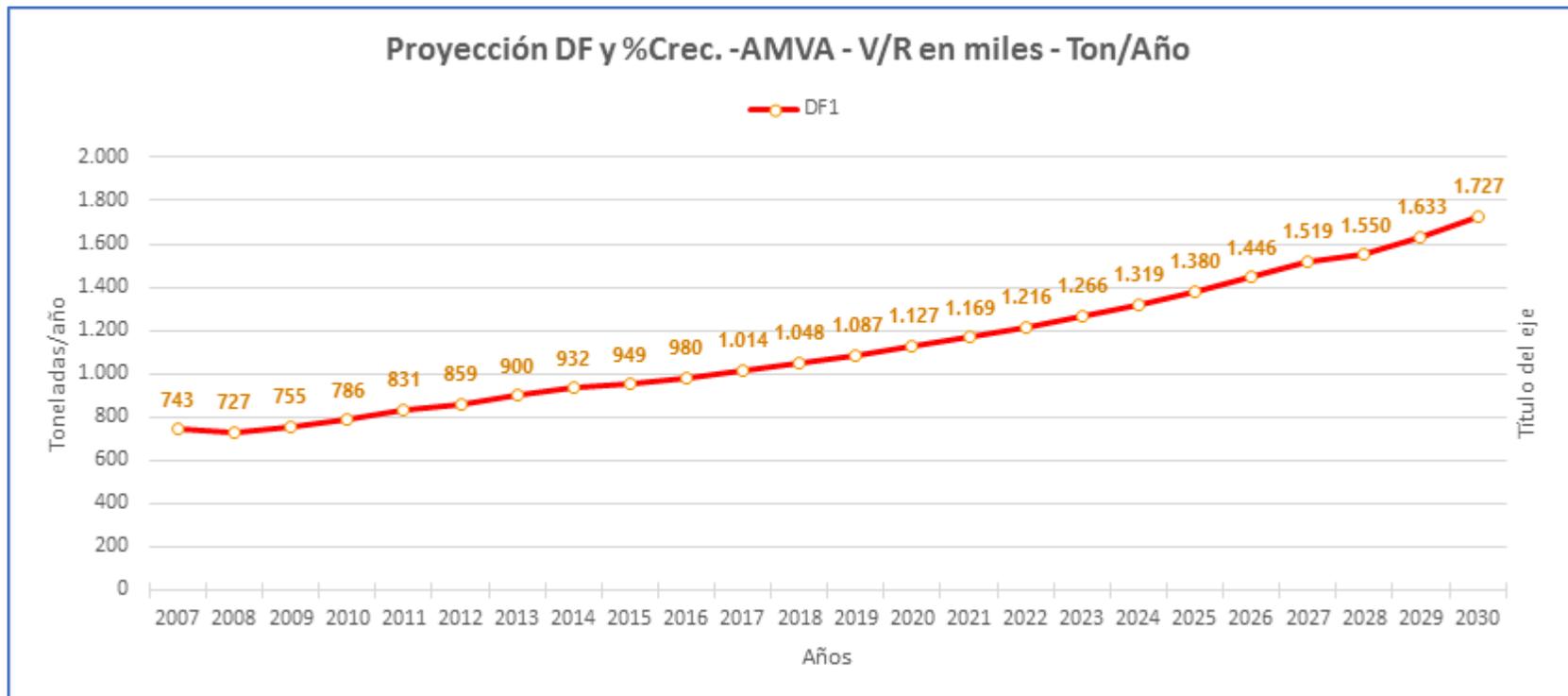
1.1.3.7 *Resultados de los modelos de proyecciones*

Los resultados de las proyecciones para disposición final aplicando tres metodologías diferentes se presentan en la **Tabla 6** y el [Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#) .

De las tres metodologías empleadas se elige trabajar con el promedio de Wappus y el Método de Suavización Exponencial Triple, ya que presentan un ajuste más preciso sobre los últimos años en su variación, además estos métodos tienen una mayor rigurosidad con mejores resultados para ese tipo de series temporales.

Tabla 6. Proyección de residuos a disposición final en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá años 2016 a 2030.

Proyección DF y %Crec. -AMVA - V/R en miles - Ton/Año 17,2%						
Año	Metodología	ETS-AAA	Wappus	Geométrico	Proyección. ETS-AAA y Wappus	DF+Apro (17,2).
	%CrecDF	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Disp Final	Prom.
2007	0,0%	743	743	743	743	898
2008	-2,2%	727	727	727	727	878
2009	3,9%	755	755	755	755	912
2010	4,1%	786	786	786	786	950
2011	5,7%	831	831	831	831	1.004
2012	3,3%	859	859	859	859	1.038
2013	4,8%	900	900	900	900	1.087
2014	3,5%	932	932	932	932	1.125
2015	1,8%	949	949	949	949	1.146
2016	3,3%	979	981	982	980	1.184
2017	3,4%	1.013	1.015	1.017	1.014	1.224
2018	3,4%	1.046	1.051	1.054	1.048	1.266
2019	3,7%	1.085	1.089	1.094	1.087	1.313
2020	3,7%	1.124	1.130	1.135	1.127	1.361
2021	3,8%	1.165	1.174	1.179	1.169	1.412
2022	4,0%	1.212	1.221	1.226	1.216	1.469
2023	4,1%	1.259	1.273	1.276	1.266	1.529
2024	4,2%	1.309	1.329	1.329	1.319	1.593
2025	4,6%	1.368	1.392	1.386	1.380	1.667
2026	4,8%	1.430	1.461	1.446	1.446	1.746
2027	5,1%	1.499	1.540	1.510	1.519	1.835
2028	2,1%	1.526	1.574	1.556	1.550	1.872
2029	5,3%	1.604	1.661	1.627	1.633	1.972
2030	5,8%	1.693	1.761	1.703	1.727	2.086



Gráfica 5. Disposición final proyectada al año 2030

Los datos medidos y proyectados comprende el periodo entre los años 2015 al 2030, el intervalo entre los años 2015 a 2027 coincide con el periodo a largo plazo estipulado por la resolución 0754 de 2014 para la formulación de los programas y proyectos y el periodo comprendido entre los años 2028 al 2030 corresponde con el periodo de cierre de las vigencias de los planes rectores establecidos por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

De acuerdo a los datos medidos entre los años 2007 - 2015 y a los datos proyectados entre los años 2016 y 2030, si no se realiza ninguna acción que modifique el comportamiento de la cantidad de residuos que se están disponiendo en los rellenos sanitarios, la tendencia general es al incremento constante como se observa en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, para el año 2007 se estaban disponiendo alrededor de 743.000 toneladas por año, para el año 2017 esta cifra se incrementa en un 36% para un valor de 1.014.000 toneladas por año y de acuerdo a las proyecciones realizada para el año 2027 se estima que este valor con relación al año 2007 se tendría un incremento del 104% con un valor esperado de 1.519.000 toneladas por año, en promedio la rata de crecimiento por año se calcula alrededor de 3,11% anual para el periodo 2007 – 2015, mientras que para el periodo proyectado entre los años 2016 a 2027 se estima en 4,01% de crecimiento anual.

Para el caso en que se implementen acciones tendientes al aprovechamiento de los residuos, de acuerdo al balance y el análisis de los documentos disponibles y a las evaluaciones realizadas por el equipo técnico del PGIRS-R 2017, la generación en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá para el año 2015 fue de 1.146.000 toneladas de residuos. Para el escenario proyectado para el año 2027 la cifra asciende a 1.835.000 toneladas anuales, con un incremento del 60% en 12 años, en comparación con las proyecciones realizadas para la disposición final sin aprovechamiento se tendría que un 44% menos de los residuos estaría ingresando a los sitios de disposición final.

Para la generación total de residuos se asumen un 17,2% de aprovechamiento de los residuos⁵ y se generan los escenarios de proyecciones de residuos. Según la definición de metas y la gestión del plan, se asumen metas del 65% en aprovechamiento⁶. (Ver **Tabla 7** y **Gráfica 6**).

5 Esta cifra corresponde al balance de gestores de residuos reciclables y orgánicos que está en consolidación por lo que la cifra tiene variaciones según la consolidación de la información.

6 Meta inicial de aprovechamiento definida por el Equipo Técnico del PGIRS. Se realizó validación con grupo técnico y coordinador del PGIRS Regional.

Tabla 7. Proyección de residuos generados (Disposición final + aprovechamiento) 2016 a 2030 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

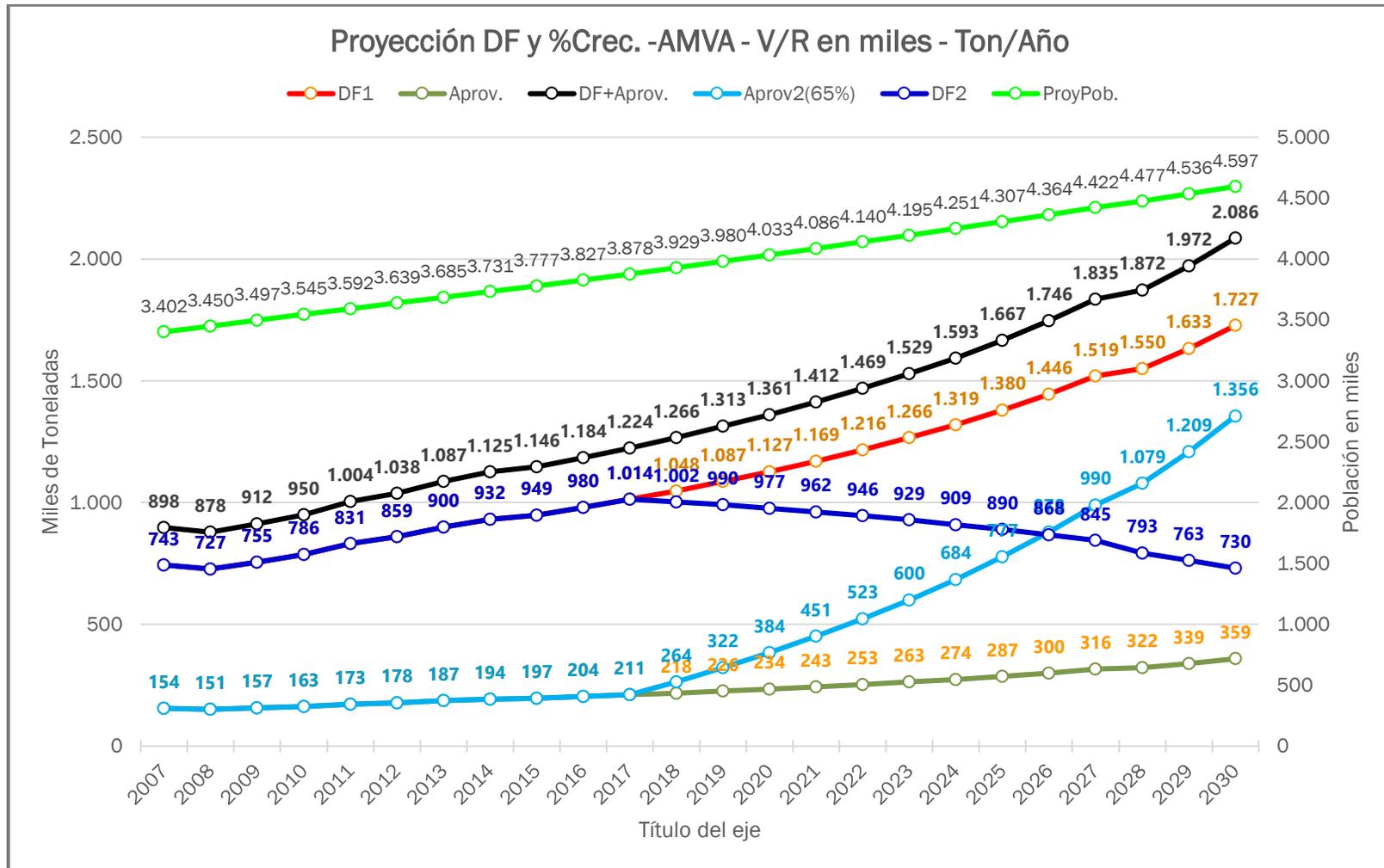
Año	DF (82,8%)- (Ton/año)	Aprov (17,2%) (Ton/año)	DF+Aprov (Ton/año)	Pob Proy (Miles hab)	PPC (Ton/hab-año)	PPC (kg/hab-día)	Crec DF (%)	Aprov (meta 65%) (Ton/Año)	DF (35%) (Ton/Año)
2007	743	154	898	3402	0,26	0,72	0,00%	154	743
2008	727	151	878	3450	0,25	0,70	-3,66%	151	727
2009	755	157	912	3497	0,26	0,71	2,40%	157	755
2010	786	163	950	3545	0,27	0,73	2,63%	163	786
2011	831	173	1004	3592	0,28	0,77	4,15%	173	831
2012	859	178	1038	3639	0,29	0,78	1,98%	178	859
2013	900	187	1087	3685	0,29	0,81	3,32%	187	900
2014	932	194	1125	3731	0,30	0,83	2,19%	194	932
2015	949	197	1146	3777	0,30	0,83	0,60%	197	949
2016	980	204	1184	3827	0,31	0,85	1,90%	204	980
2017	1014	211	1224	3878	0,32	0,87	2,05%	211	1014
2018	1048	218	1266	3929	0,32	0,88	2,01%	264	1002
2019	1087	226	1313	3980	0,33	0,90	2,28%	322	990
2020	1127	234	1361	4033	0,34	0,92	2,28%	384	977
2021	1169	243	1412	4086	0,35	0,95	2,36%	451	962
2022	1216	253	1469	4140	0,35	0,97	2,59%	523	946
2023	1266	263	1529	4195	0,36	1,00	2,66%	600	929
2024	1319	274	1593	4251	0,37	1,03	2,76%	684	909
2025	1380	287	1667	4307	0,39	1,06	3,13%	777	890
2026	1446	300	1746	4364	0,40	1,10	3,28%	878	868
2027	1519	316	1835	4422	0,41	1,14	3,58%	990	845
2028	1550	322	1872	4477	0,42	1,15	0,80%	1079	793
2029	1633	339	1972	4536	0,43	1,19	3,78%	1209	763
2030	1727	359	2086	4597	0,45	1,24	4,20%	1356	730

Analizando el **Gráfica 6** se puede establecer que el crecimiento poblacional para el Valle de Aburra es constante para el periodo 2007-2030, creciendo en promedio a una tasa del 1,31% anual, la disposición final para el periodo 2015-2017 presenta un incremento constante del 3,1% anual, a partir del año 2017 estableciendo que se realicen todas las acciones necesaria para cumplir con las metas establecidas del aprovechamiento, se proyecta un decrecimiento constante del 2,48% anual hasta el año 2030, para un total acumulado del 18% de decrecimiento para el periodo 2017-2030, esto quiere decir que la disposición final presentaría un punto de quiebre para el año 2017, lo anterior implica que si se implementan los programas y proyectos necesarios tendientes a el aprovechamiento de los residuos, asi el crecimiento poblacional se mantenga constante es posible disminuir las cantidades de residuos que ingresan actualmente a los sitios de disposición final.

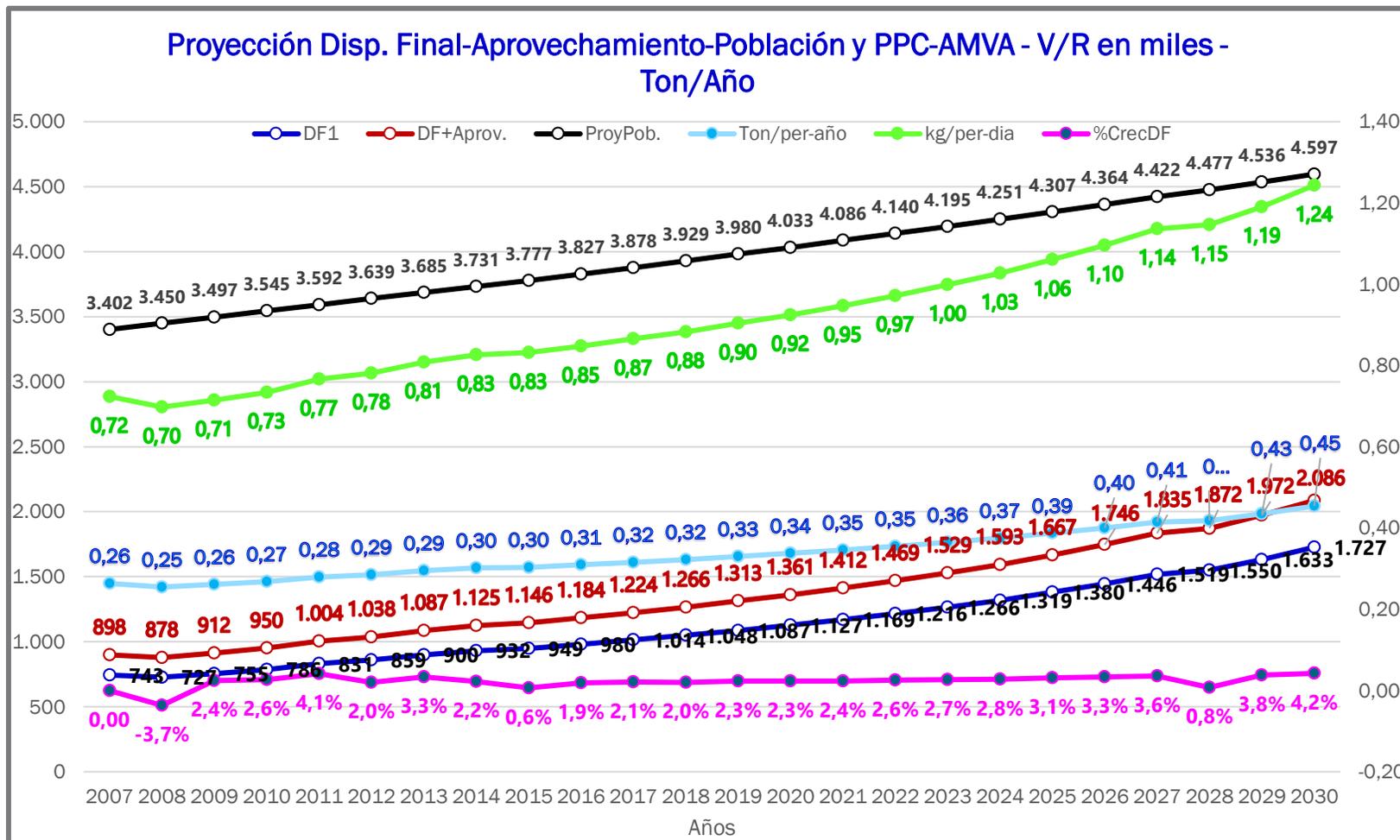
En la misma **Gráfica 6** se observa como a partir del año 2017 se comienza a producir un incremento en la curva del aprovechamiento de los residuos sólidos generados con una meta del 65% al 2030, este punto de inflexión coincide con el inicio de la disminución de la cantidad de residuos que ingresan a los sitios de disposición final. En el 2030, se debe tener 1356 toneladas en aprovechamiento y 30 en disposición final, lo cual sería la validez de todas las estrategias y proyectos del Plan.

Para el año 2026 se tendría un equilibrio entre la cantidad de residuos dispuestos y la cantidad de residuos aprovechados, a partir de este año se comenzaría a tener una mayor cantidad de residuos aprovechados que los dispuestos en los rellenos sanitarios.

En el Gráfica 7, se analiza la relación que existe entre la generación (disposición final + el aprovechamiento), la Producción de residuos por habitantes por día y la población, como se mencionaba anteriormente la población presenta un crecimiento constante y junto con este se presenta para el periodo comprendido entre los años 2007 y 2030 un incremento constante y acumulado en la PPC del 58,33% en los 20 años, a pesar de presentarse un decrecimiento en los residuos no aprovechables dispuestos gracias al incremento en el aprovechamiento, la PPC no se vería afectada a la baja sino se realizan acciones desde los fabricantes de productos los cuales permitan minimizar las cantidades de residuos generadas después de hacer uso de un bien.



Gráfica 6. Proyección de residuos teniendo en cuenta el aprovechamiento al año 2027 (2016 a 2030) para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.



Gráfica 7. Proyección de generación de residuos (disposición final + aprovechamiento), proyecciones de población, Proyección de PPC (Ton/hab-año y Kg/hab-día) para los años 2007 a 2030.