

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO 1	3
1.1. SELECCIÓN DE LOS MUNICIPIOS	3
1.2. Determinación del número de suscriptores	4
1.3. Distribución de suscriptores por estrato.....	5
1.4. MICROMEDICIÓN	6
CAPÍTULO 2, ANÁLISIS DE CONSUMOS	7
2.1. Consumo promedio por suscriptor.....	7
2.2. Probabilidad de ocurrencia del consumo mensual.....	9
CAPÍTULO 3	28
3.1. Consumos mensuales.....	28
3.2. Caudal de aguas residuales.....	30
CONCLUSIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA	32

Listado de Tablas

Tabla 1 Población urbana DANE 2013 por municipio seleccionado	3
Tabla 2 Suscriptores por municipio	4
Tabla 3 Suscriptores por estrato	6
Tabla 4 Porcentaje de micromedición	7
Tabla 5 Consumo promedio por suscriptor año 2013, m ³ /mes	8
Tabla 6 Consumo mes de enero 2013	10
Tabla 7 Consumo mes de febrero 2013	10
Tabla 8 Consumo mes de marzo 2013	11
Tabla 9 Consumo mes de abril	11
Tabla 10 Consumo mes de mayo 2013.....	12
Tabla 11 Consumo mes de junio 2013.....	12
Tabla 12 Consumo mes de julio 2013.....	13
Tabla 13 Consumo mes de agosto 2013.....	13
Tabla 14 Consumo mes de septiembre 2013.....	14
Tabla 15 Consumo mes de octubre 2013	14
Tabla 16 Consumo mes de noviembre 2013.....	15
Tabla 17 Consumo mes de diciembre 2013.....	15
Tabla 18 Percentiles consumo	28
Tabla 19 Cálculo del caudal vertido por habitante.....	29

INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende determinar el caudal medio vertido de aguas residuales domésticas del país para el año 2013, utilizando la información de las empresas prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado del país, la cual se encuentra disponible en el Sistema Único de Información SUI.

Teniendo en cuenta que no existe disponibilidad de información para el total de la población de los centros poblados del país, se realizará el análisis de una porción de la población Colombiana, con el objetivo de calcular el caudal con una probabilidad de ocurrencia del 99%.

Dicho caudal se estimará partiendo de los datos de consumo promedio por suscriptor y realizando un análisis de factor de retorno.



CAPÍTULO 1

1.1. SELECCIÓN DE LOS MUNICIPIOS

La población urbana total del país para 2013 es de 35'869.155 habitantes. Se seleccionan 35 ciudades que de acuerdo con la proyección DANE para 2013 suman más del 60% de la población Urbana del país¹ (Tabla 1). De esta manera se considera que los 35 municipios constituyen una muestra representativa del caudal de aguas residuales municipal.

Tabla 1 Población urbana DANE 2013 por municipio seleccionado

No	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN DANE 2013	% del total Nacional
	Colombia	Total Nacional	35.869.155	
1	Bogotá, D.C.	Bogotá, D.C.	7.658.081	21,35%
2	Antioquia	Medellín	2.386.233	6,65%
3	Valle del Cauca	Cali	2.283.035	6,36%
4	Atlántico	Barranquilla	1.203.066	3,35%
5	Bolívar	Cartagena	935.524	2,61%
6	Norte de Santander	Cúcuta	615.780	1,72%
7	Atlántico	Soledad	581.971	1,62%
8	Santander	Bucaramanga	520.344	1,45%
9	Tolima	Ibagué	512.700	1,43%
10	Cundinamarca	Soacha	483.172	1,35%
11	Magdalena	Santa Marta	450.016	1,25%
12	Meta	Villavicencio	439.517	1,23%
13	Antioquia	Bello	430.548	1,20%
14	Risaralda	Pereira	391.126	1,09%
15	Cesar	Valledupar	368.628	1,03%
16	Caldas	Manizales	365.849	1,02%
17	Nariño	Pasto	354.814	0,99%
18	Valle del Cauca	Buenaventura	350.189	0,98%
19	Córdoba	Montería	330.313	0,92%
20	Huila	Neiva	318.279	0,89%
21	Quindío	Armenia	285.644	0,80%
22	Santander	Floridablanca	254.156	0,71%
23	Sucre	Sincelejo	249.930	0,70%
24	Cauca	Popayán	242.641	0,68%
25	Valle del Cauca	Palmira	241.155	0,67%
26	Antioquia	Itagüí	239.074	0,67%
27	Antioquia	Envigado	204.357	0,57%
28	La Guajira	Riohacha	203.837	0,57%
29	Risaralda	Dosquebradas	186.373	0,52%
30	Valle del Cauca	Tuluá	178.241	0,50%
31	Boyacá	Tunja	173.655	0,48%
32	Santander	Barrancabermeja	173.288	0,48%
33	Santander	Girón	152.192	0,42%
34	Antioquia	Apartadó	144.976	0,40%
35	Caquetá	Florencia	144.849	0,40%
		Total 35 Ciudades	23 908 577	67.1%

¹ Departamento Nacional de Estadística

<http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion>



1.2. Determinación del número de suscriptores

El cálculo del caudal total vertido de aguas residuales se basa en los consumos por suscriptor, en la tabla 2, se presenta el número de suscriptores del servicio de acueducto y alcantarillado existentes en cada municipio.

Tabla 2 Suscriptores por municipio ²

MUNICIPIO	EMPRESA	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO
CARTAGENA DE INDIAS	56-AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.	204.985	181.922
BOGOTA, D.C.	70-EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE BOGOTÁ E.S.P	1.762.693	1.732.956
SOACHA		96.722	74.478
BARRANQUILLA	82-SOCIEDAD DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE BARRANQUILLA S.A. E.S.P.	255.759	243.578
SOLEDAD		106.255	77.237
IBAGUE	116-EMPRESA IBAGUEREÑA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO S.A E.S.P OFICIAL	115.415	111.444
POPAYAN	121-ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYAN S.A. E.S.P	66.872	63.076
SOACHA	199-EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EL RINCON S A	3.834	3.832
SANTA MARTA	243-COMPAÑIA DEL ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO METROPOLITANO DE SANTA MARTA S.A. ESP	83.974	73.425
PASTO	260-EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE PASTO EMPOPASTO S.A. E.S.P.	66.486	71.623
DOSQUEBRADAS	333-COMPAÑIA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS S.A. E.S.P.	4.160	4.089
PEREIRA		193	162
BUCARAMANGA	341-ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S. A. E.S.P.	139.464	138.792
FLORIDABLANCA		66.362	65.745
GIRON		25.295	25.056
BELLO	564-EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN E.S.P.	101.390	98.287
MEDELLIN		695.726	676.373
ITAGUI		74.999	73.848
ENVIGADO		64.185	64.543
FLORENCIA	634-EMPRESA DE SERVICIOS DE FLORENCIA S.A. E.S.P.	38.700	25.429
VILLAVICENCIO	680-EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE VILLAVICENCIO E.S.P.	88.035	89.644
DOSQUEBRADAS	730-SERVICIUDDAD E.S.P.	39.307	46.257
ARMENIA	732-EMPRESAS PUBLICAS DE ARMENIA	85.787	84.543
SOACHA	860-EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE SANTA ANA E.S.P S.A	4.483	4.419

² Sistema Único de Información SUI
<http://www.sui.gov.co/SUIAuth/portada.jsp?servicioPortada=1>



Tabla 2 Suscriptores por municipio (Continuación)

MUNICIPIO	EMPRESA	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO
MANIZALES	1781-AGUAS DE MANIZALES S.A. E.S.P.	97.172	93.308
TUNJA	1847-PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A. E.S.P.	45.011	44.673
DOSQUEBRADAS	2075-EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PEREIRA S.A. ESP.	1.257	0
PEREIRA		129.350	123.952
NEIVA	2092-EMPRESAS PUBLICAS DE NEIVA E.S.P.	92.179	90.040
CALI	2438-EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI E.I.C.E E.S.P	550.585	546.729
PALMIRA		739	0
MEDELLIN	2498-CORPORACION DE ACUEDUCTO MULTIVEREDAL SANTA ELENA	1.256	0
MONTERIA	2658-PROACTIVA AGUAS DE MONTERÍA S.A. E.S.P.	82.505	35.944
TULUA	2852-CENTROAGUAS S.A E.S.P	48.244	47.830
BUENAVENTURA	3136-HIDROPACIFICO SA ESP	44.282	28.225
SINCELEJO	3255-AGUAS DE LA SABANA S.A. E.S.P.	47.345	45.760
BARRANCABERMEJA	20530-AGUAS DE BARRANCABERMEJA S.A. E.S.P	54.422	42.886
CUCUTA	20806-AGUAS KPITAL CÚCUTA S.A. E.S.P.	152.942	147.339
APARTADO	22111-AGUAS DE URABA S.A E.S.P	7.857	19.841
PALMIRA	26722-AQUAOCCIDENTE S.A E.S.P.	66.576	65.432
Total		9.643.561	5.362.717

1.3. Distribución de suscriptores por estrato

En el gráfico 1 y en la tabla 3 se presenta la distribución de suscriptores por estrato. Se observa que el mayor número de suscriptores pertenece a los estratos 2 y 3, de la misma manera se puede ver que el uso doméstico constituye el 93% del total y que el uso industrial constituye el 0,3% del total de suscriptores.

Gráfico 1 Distribución de suscriptores por estrato

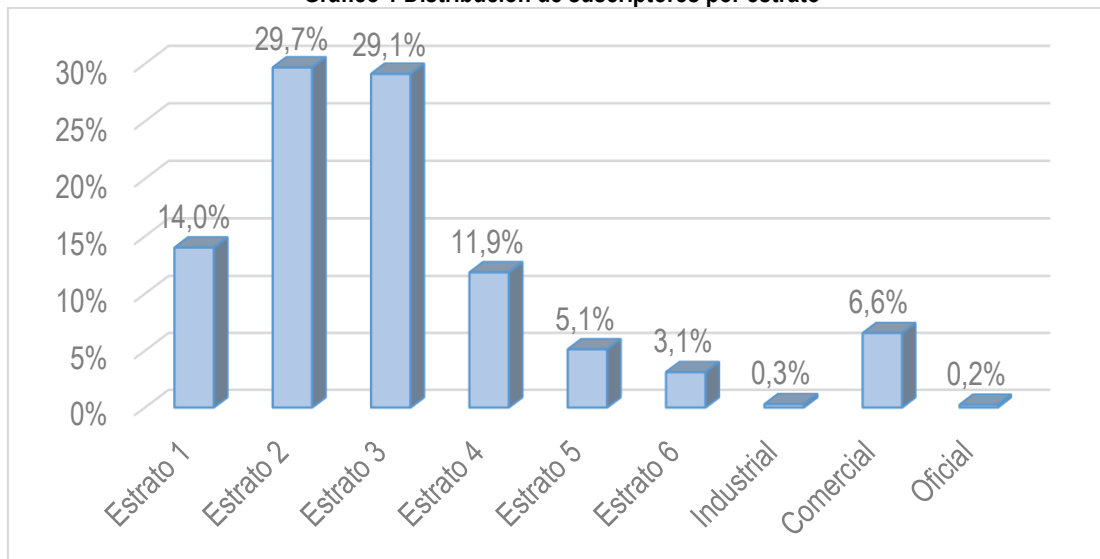


Tabla 3 Suscriptores por estrato ³

MUNICIPIO	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Industrial	Comercial	Oficial
APARTADO	3.037	2.485	1.368	288			5	653	21
ARMENIA	16.119	20.718	23.663	8.519	8.377	1.211	126	6.852	202
BARRANCABERMEJA	16.902	18.030	8.267	7.510	696		11	2.628	378
BARRANQUILLA	75.081	49.307	55.791	31.995	13.681	9.333	469	19.411	691
BELLO	14.604	36.011	41.142	4.919	7	1	330	4.227	149
BOGOTA, D.C.	104.663	541.736	587.290	254.940	82.242	68.849	6.595	114.708	2.942
BUCARAMANGA	13.675	18.568	33.177	42.465	4.806	8.253	95	17.908	517
BUENAVENTURA	18.814	12.040	9.585	1.196				2.404	243
CALI	78.629	135.966	169.588	65.598	46.017	13.490	982	39.383	932
CARTAGENA DE INDIAS	72.964	57.940	33.809	12.853	7.624	9.600	64	9.302	829
CUCUTA	35.700	57.237	30.657	14.363	3.129	656	46	10.733	421
DOSQUEBRADAS	2.902	12.704	22.470	4.531	4	7	79	1.950	77
ENVIGADO	724	9.927	24.298	12.693	12.545	1.003	398	3.821	122
FLORENCIA	22.725	10.012	2.341	573				2.749	300
FLORIDABLANCA	11.054	43.170	39.928	22.506	8.788	2.442	20	5.410	284
GIRON	5.916	9.514	9.816	1.164	21	26	38	1.453	69
IBAGUE	17.982	48.846	29.629	13.505	2.028	506	216	6.654	365
ITAGUI	2.592	26.231	35.894	2.645	2	1	1.309	6.174	151
MANIZALES	7.642	21.514	33.664	14.384	5.500	8.223	201	5.645	399
MEDELLIN	48.125	209.680	208.567	82.518	61.732	32.616	4.425	48.813	1.304
MONTERIA	47.262	15.412	8.151	3.627	1.288	1.219	25	5.171	350
NEIVA	19.428	48.097	10.385	5.607	1.821	191	47	6.346	257
PALMIRA	3.479	33.053	20.627	5.974	982		76	2.860	264
PASTO	8.745	22.258	18.855	7.182	2.314	2	426	6.514	190
PEREIRA	19.402	33.981	24.291	19.914	12.732	8.282	317	11.514	364
POPAYAN	10.721	19.997	19.679	8.131	3.423	641	10	3.999	271
SANTA MARTA	9.894	19.201	28.454	8.285	3.359	8.491	142	5.670	478
SINCELEJO	18.894	16.197	6.234	2.962	481	340	6	2.034	197
SOACHA	16.272	41.352	45.221				151	1.955	88
SOLEDAD	47.529	49.869	6.750				30	1.960	117
TULUA	3.006	21.154	14.954	3.429	3.152	70		2.235	244
TUNJA	3.605	11.119	16.474	7.752	2.795		21	3.052	193
VILLAVICENCIO	15.858	17.746	37.291	6.428	2.732	563	189	6.988	240
Total	793.945	1.691.072	1.658.310	678.456	292.278	176.016	16.849	371.176	13.649

1.4. MICROMEDICIÓN

Para cuantificar el caudal vertido de aguas residuales es necesario contar con la información de consumo de agua. En la Tabla 4 se presentan los municipios con su correspondiente porcentaje de micromedición.

³ Sistema Único de Información SUI
<http://www.sui.gov.co/SUIAuth/portada.jsp?servicioPortada=1>



Como se puede observar el municipio de Riohacha tiene un porcentaje de micromedición de 6.9%, lo cual indica que el valor promedio de consumo no refleja la realidad, por lo cual debe retirarse de la muestra seleccionada.

Tabla 4 Porcentaje de micromedición⁴

Municipio	% Micromedición
Bogotá, D,C,	96,60%
Medellín	99,10%
Cali	95,30%
Barranquilla	85,40%
Cartagena	93,80%
Cúcuta	98,30%
Soledad	83,50%
Bucaramanga	96,80%
Ibagué	75,50%
Soacha	98,70%
Santa Marta	68,40%
Villavicencio	83,20%
Bello	98,80%
Pereira	96,70%
Valledupar	56,50%
Manizales	98,60%
Pasto	87,80%
Buenaventura	63,30%
Montería	87,20%
Neiva	70,00%
Armenia	79,40%
Floridablanca	99,10%
Sincelejo	78,50%
Popayán	90,30%
Palmira	93,40%
Itagüí	98,90%
Envigado	99,90%
Riohacha	6,90%
Dosquebradas	80,30%
Tuluá	97,30%
Tunja	98,60%
Barrancabermeja	73,50%
Girón	99,80%
Florencia	85,50%

CAPÍTULO 2, ANÁLISIS DE CONSUMOS

2.1. Consumo promedio por suscriptor

Los consumos promedio por suscriptor para el año 2013, se presentan en la Tabla 5.

⁴ Sistema Único de Información SUI
<http://www.sui.gov.co/SUIAuth/portada.jsp?servicioPortada=1>



Tabla 5 Consumo promedio por suscriptor año 2013, m³/mes⁵

Departamento	Municipio	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	nov	dic	Promedio
Antioquia	Medellín	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Antioquia	Bello	16	16	14	16	14	15	14	15	15	14	15	15	15
Antioquia	Itagüí	16	17	16	15	16	16	16	16	17	16	16	16	16
Antioquia	Envigado	16	16	16	16	16	16	15	16	17	16	16	16	16
Atlántico	Barranquilla	19	18	19	20	20	19	20	19	19	19	19	19	19
Atlántico	Soledad	13	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Bogotá. D.C.	Bogotá. D.C.	24	25	25	27	24	25	27	26	25	26	24	27	25
Bolívar	Cartagena	19	19	19	20	19	19	19	19	19	18	18	19	19
Boyacá	Tunja	12	11	11	12	13	12	12	12	12	13	13	12	12
Caldas	Manizales	15	16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Caquetá	Florencia	20	21	16	19	19	19	20	18	19	19	21	20	19
Cauca	Popayán	17	16	16	17	17	16	16	16	17	17	16	16	16
Cesar	Valledupar	27	27	27	28	28	28	28						27
Córdoba	Montería	16	16	16	17	16	17	17	17	17	17	17	16	17
Cundinamarca	Soacha	18	11	19	10	18	17	15	11	18	10	17	10	14
Huila	Neiva	15	16	16	15	16	16	16	17	16	17	17	16	16
La Guajira	Riohacha	11	11	16	11	11	15	12	16	16	16	15	15	14
Magdalena	Santa Marta	15	15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	14
Meta	Villavicencio	14	15	14	13	15	14	14	13	14	14	14	14	14
Nariño	Pasto	14	13	13	14	14	13	14	14	14	14	12	14	14
Norte de Santander	Cúcuta	19	18	17	19	18	18	19	19	19	18	18	17	18
Quindío	Armenia	14	15	14	14	14	14	15	15	15	15		15	14
Risaralda	Pereira	15	14	14	15	15	15	15	15	15	14	15	15	15
Risaralda	Dosquebradas	15	14	13	16	13	14	13	15	14	14	14	13	14
Santander	Bucaramanga	19	19	21	20	19	20	20	20	20	20	19	20	20
Santander	Floridablanca	19	19	19	17	17	20	20	18	18	19	19	18	19
Santander	Barrancabermeja	21	21	23	22	21	21	20	21	20	20	20	21	21
Santander	Girón	20	22	22	19	19	22	22	21	21	21	21	21	21
Sucre	Sincelejo	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Tolima	Ibagué	20	21	18	19	19	19	19	19	19	22	18	19	19
Valle del Cauca	Cali	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Valle del Cauca	Buenaventura	11	12	11	11	11	11	11	10	11	11	9	10	11
Valle del Cauca	Palmira	17	17	15	17	16	16	16	17	17	16	16	16	16
Valle del Cauca	Tuluá	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

⁵ Sistema Único de Información SUI

<http://www.sui.gov.co/SUIAuth/portada.jsp?servicioPortada=1>

Para cada uno de los municipios, el consumo promedio se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Consumo promedio} = \frac{\text{Consumo mensual municipal}}{\text{Suscriptores}}$$

2.2. Probabilidad de ocurrencia del consumo mensual.

La probabilidad de ocurrencia de los consumos mensuales se calcula utilizando el método de Henry:

- a) *“Se tabulan los datos en tres columnas*
- b) *En la primera columna se coloca el número de orden de cada dato o número de posición dentro de la serie ascendente de los datos comenzando por el número 1.*
- c) *En la segunda columna se ordenan los datos en orden ascendente de magnitud*
- d) *En la columna 3 se calcula la frecuencia, probabilidad o porcentaje de ocurrencia del dato correspondiente:*

$$f = \frac{100m}{n + 1}$$

- e) *Sobre el papel normal de probabilidad se grafica el valor del dato observado contra la frecuencia o probabilidad y se hace una regresión lineal de los datos mediante ajuste por mínimos cuadrados. Si los datos son ajustables a una recta, con una buena correlación, la distribución es normal y se pueden aplicar los estadísticos de dicha distribución.⁶*

Los valores de consumo mensual y su correspondiente frecuencia se presentan en las tablas 6 a 17. Las regresiones lineales correspondientes se incluyen en las gráficas 2 a 13.

⁶ Tratamiento de Aguas Residuales. Jairo Romero Rojas

Tabla 6 Consumo mes de enero 2013

m	Consumo, m ³ /mes	f,%
1	10,6	2,9
2	11,8	5,9
3	12,2	8,8
4	12,9	11,8
5	13,9	14,7
6	14,0	17,6
7	14,3	20,6
8	14,8	23,5
9	15,0	26,5
10	15,3	29,4
11	15,4	32,4
12	15,4	35,3
13	15,5	38,2
14	15,6	41,2
15	15,7	44,1
16	15,7	47,1
17	16,2	50,0
18	16,4	52,9
19	16,9	55,9
20	17,1	58,8
21	18,4	61,8
22	18,5	64,7
23	18,5	67,6
24	18,7	70,6
25	18,8	73,5
26	18,9	76,5
27	19,5	79,4
28	19,7	82,4
29	20,2	85,3
30	20,5	88,2
31	21,3	91,2
32	23,9	94,1
33	26,8	97,1

Tabla 7 Consumo mes de febrero 2013

m	Consumo, m ³ /mes	f,%
1	11,1	2,9
2	11,3	5,9
3	11,5	8,8
4	11,6	11,8
5	12,5	14,7
6	13,3	17,6
7	14,0	20,6
8	14,1	23,5
9	14,7	26,5
10	14,9	29,4
11	14,9	32,4
12	15,1	35,3
13	15,4	38,2
14	15,5	41,2
15	15,9	44,1
16	16,1	47,1
17	16,1	50,0
18	16,1	52,9
19	16,3	55,9
20	16,6	58,8
21	17,0	61,8
22	18,3	64,7
23	18,3	67,6
24	18,4	70,6
25	19,1	73,5
26	19,1	76,5
27	19,4	79,4
28	20,5	82,4
29	20,5	85,3
30	21,4	88,2
31	21,9	91,2
32	25,1	94,1
33	26,6	97,1



Tabla 8 Consumo mes de marzo 2013

m	Consumo, m ³ /mes	f,%
1	11,2	2,9
2	11,4	5,9
3	11,5	8,8
4	12,9	11,8
5	12,9	14,7
6	13,4	17,6
7	13,5	20,6
8	13,7	23,5
9	14,3	26,5
10	14,4	29,4
11	14,4	32,4
12	14,9	35,3
13	15,3	38,2
14	15,5	41,2
15	15,5	44,1
16	15,6	47,1
17	15,9	50,0
18	16,0	52,9
19	16,2	55,9
20	16,3	58,8
21	16,4	61,8
22	17,0	64,7
23	17,5	67,6
24	18,2	70,6
25	18,6	73,5
26	19,1	76,5
27	19,2	79,4
28	19,3	82,4
29	20,5	85,3
30	21,6	88,2
31	23,3	91,2
32	24,6	94,1
33	27,3	97,1

Tabla 9 Consumo mes de abril

m	Consumo, m ³ /mes	f,%
1	9,8	2,9
2	10,5	5,9
3	11,1	8,8
4	12,5	11,8
5	13,2	14,7
6	13,4	17,6
7	14,0	20,6
8	14,0	23,5
9	14,1	26,5
10	14,7	29,4
11	14,8	32,4
12	15,0	35,3
13	15,0	38,2
14	15,1	41,2
15	15,5	44,1
16	15,6	47,1
17	15,8	50,0
18	16,0	52,9
19	16,6	55,9
20	16,9	58,8
21	17,3	61,8
22	17,4	64,7
23	17,7	67,6
24	18,9	70,6
25	19,1	73,5
26	19,4	76,5
27	19,4	79,4
28	19,5	82,4
29	19,5	85,3
30	19,8	88,2
31	21,7	91,2
32	27,4	94,1
33	27,9	97,1

Tabla 10 Consumo mes de mayo 2013

m	Consumo, m ³ /mes	f,%
1	11,3	2,9
2	11,3	5,9
3	12,5	8,8
4	13,2	11,8
5	13,2	14,7
6	14,1	17,6
7	14,2	20,6
8	14,3	23,5
9	14,4	26,5
10	14,6	29,4
11	14,7	32,4
12	14,8	35,3
13	14,9	38,2
14	15,0	41,2
15	15,7	44,1
16	15,7	47,1
17	15,8	50,0
18	16,3	52,9
19	16,4	55,9
20	16,6	58,8
21	17,2	61,8
22	17,6	64,7
23	17,9	67,6
24	18,0	70,6
25	18,8	73,5
26	18,9	76,5
27	19,0	79,4
28	19,1	82,4
29	19,2	85,3
30	20,3	88,2
31	20,8	91,2
32	24,1	94,1
33	27,5	97,1

Tabla 11 Consumo mes de junio 2013

m	Consumo, m ³ /mes	f,%
1	10,8	2,9
2	11,5	5,9
3	12,1	8,8
4	13,4	11,8
5	13,4	14,7
6	13,8	17,6
7	13,8	20,6
8	13,8	23,5
9	14,3	26,5
10	14,5	29,4
11	14,8	32,4
12	14,9	35,3
13	14,9	38,2
14	15,2	41,2
15	15,9	44,1
16	16,1	47,1
17	16,2	50,0
18	16,4	52,9
19	16,5	55,9
20	16,7	58,8
21	17,5	61,8
22	17,9	64,7
23	18,1	67,6
24	18,7	70,6
25	19,1	73,5
26	19,1	76,5
27	19,2	79,4
28	19,7	82,4
29	20,2	85,3
30	21,2	88,2
31	22,0	91,2
32	24,9	94,1
33	27,9	97,1



Tabla 12 Consumo mes de julio 2013

m	Consumo, m ³ /mes	f, %
1	10,8	2,9
2	11,1	5,9
3	12,4	8,8
4	12,9	11,8
5	13,1	14,7
6	13,9	17,6
7	14,0	20,6
8	14,2	23,5
9	14,3	26,5
10	14,5	29,4
11	14,6	32,4
12	14,7	35,3
13	15,0	38,2
14	15,2	41,2
15	15,2	44,1
16	15,3	47,1
17	15,6	50,0
18	16,0	52,9
19	16,2	55,9
20	16,3	58,8
21	17,0	61,8
22	17,7	64,7
23	18,7	67,6
24	18,7	70,6
25	19,0	73,5
26	19,6	76,5
27	19,6	79,4
28	20,0	82,4
29	20,1	85,3
30	20,1	88,2
31	22,1	91,2
32	27,5	94,1
33	27,9	97,1

Tabla 13 Consumo mes de agosto 2013

m	Consumo, m ³ /mes	f, %
1	9,8	2,9
2	11,0	5,9
3	11,3	8,8
4	12,0	11,8
5	13,2	14,7
6	13,3	17,6
7	13,7	20,6
8	14,2	23,5
9	14,5	26,5
10	14,6	29,4
11	14,7	32,4
12	14,9	35,3
13	15,1	38,2
14	15,2	41,2
15	15,9	44,1
16	16,0	47,1
17	16,3	50,0
18	16,4	52,9
19	16,7	55,9
20	16,8	58,8
21	16,8	61,8
22	18,0	64,7
23	18,3	67,6
24	18,4	70,6
25	19,0	73,5
26	19,0	76,5
27	19,3	79,4
28	19,4	82,4
29	19,6	85,3
30	20,8	88,2
31	20,9	91,2
32	26,5	94,1
33	27,4	97,1



Tabla 14 Consumo mes de septiembre 2013

m	Consumo, m ³ /mes	f, %
1	10,6	2,9
2	10,8	5,9
3	12,1	8,8
4	12,8	11,8
5	13,5	14,7
6	13,7	17,6
7	13,7	20,6
8	13,8	23,5
9	14,7	26,5
10	15,1	29,4
11	15,2	32,4
12	15,4	35,3
13	15,4	38,2
14	15,6	41,2
15	16,4	44,1
16	16,6	47,1
17	16,7	50,0
18	16,8	52,9
19	16,9	55,9
20	17,2	58,8
21	17,6	61,8
22	17,9	64,7
23	18,2	67,6
24	18,6	70,6
25	18,8	73,5
26	18,9	76,5
27	19,0	79,4
28	19,1	82,4
29	19,7	85,3
30	20,1	88,2
31	20,7	91,2
32	25,0	94,1
33	27,4	97,1

Tabla 15 Consumo mes de octubre 2013

m	Consumo, m ³ /mes	f, %
1	10,4	2,9
2	10,6	5,9
3	10,8	8,8
4	12,6	11,8
5	13,0	14,7
6	13,5	17,6
7	13,6	20,6
8	13,8	23,5
9	13,9	26,5
10	14,2	29,4
11	14,4	32,4
12	14,9	35,3
13	15,1	38,2
14	15,2	41,2
15	15,3	44,1
16	15,8	47,1
17	16,2	50,0
18	16,3	52,9
19	16,5	55,9
20	16,8	58,8
21	16,9	61,8
22	18,1	64,7
23	18,3	67,6
24	18,4	70,6
25	18,7	73,5
26	18,7	76,5
27	19,3	79,4
28	19,8	82,4
29	20,2	85,3
30	21,0	88,2
31	22,0	91,2
32	26,2	94,1
33	27,4	97,1



Tabla 16 Consumo mes de noviembre 2013

m	Consumo, m3/mes	f,%
1	9,3	2,9
2	10,7	5,9
3	11,6	8,8
4	12,7	11,8
5	12,7	14,7
6	13,5	17,6
7	13,6	20,6
8	13,8	23,5
9	14,4	26,5
10	14,5	29,4
11	14,7	32,4
12	14,8	35,3
13	14,8	38,2
14	15,1	41,2
15	15,7	44,1
16	16,2	47,1
17	16,2	50,0
18	16,4	52,9
19	16,6	55,9
20	16,8	58,8
21	16,9	61,8
22	17,8	64,7
23	18,0	67,6
24	18,4	70,6
25	18,4	73,5
26	18,5	76,5
27	18,6	79,4
28	19,4	82,4
29	20,4	85,3
30	20,6	88,2
31	21,0	91,2
32	24,0	94,1
33	27,4	97,1

Tabla 17 Consumo mes de diciembre 2013

m	Consumo, m3/mes	f,%
1	9,7	2,9
2	10,2	5,9
3	10,8	8,8
4	12,4	11,8
5	12,5	14,7
6	13,0	17,6
7	13,4	20,6
8	13,7	23,5
9	13,8	26,5
10	14,6	29,4
11	14,7	32,4
12	15,0	35,3
13	15,0	38,2
14	15,2	41,2
15	15,9	44,1
16	16,0	47,1
17	16,1	50,0
18	16,2	52,9
19	16,3	55,9
20	16,4	58,8
21	16,4	61,8
22	17,0	64,7
23	17,8	67,6
24	18,5	70,6
25	18,5	73,5
26	18,8	76,5
27	19,0	79,4
28	19,6	82,4
29	19,9	85,3
30	20,8	88,2
31	21,1	91,2
32	26,7	94,1
33	27,4	97,1



Gráfico 2 - probabilidad de ocurrencia del consumo mes de Enero

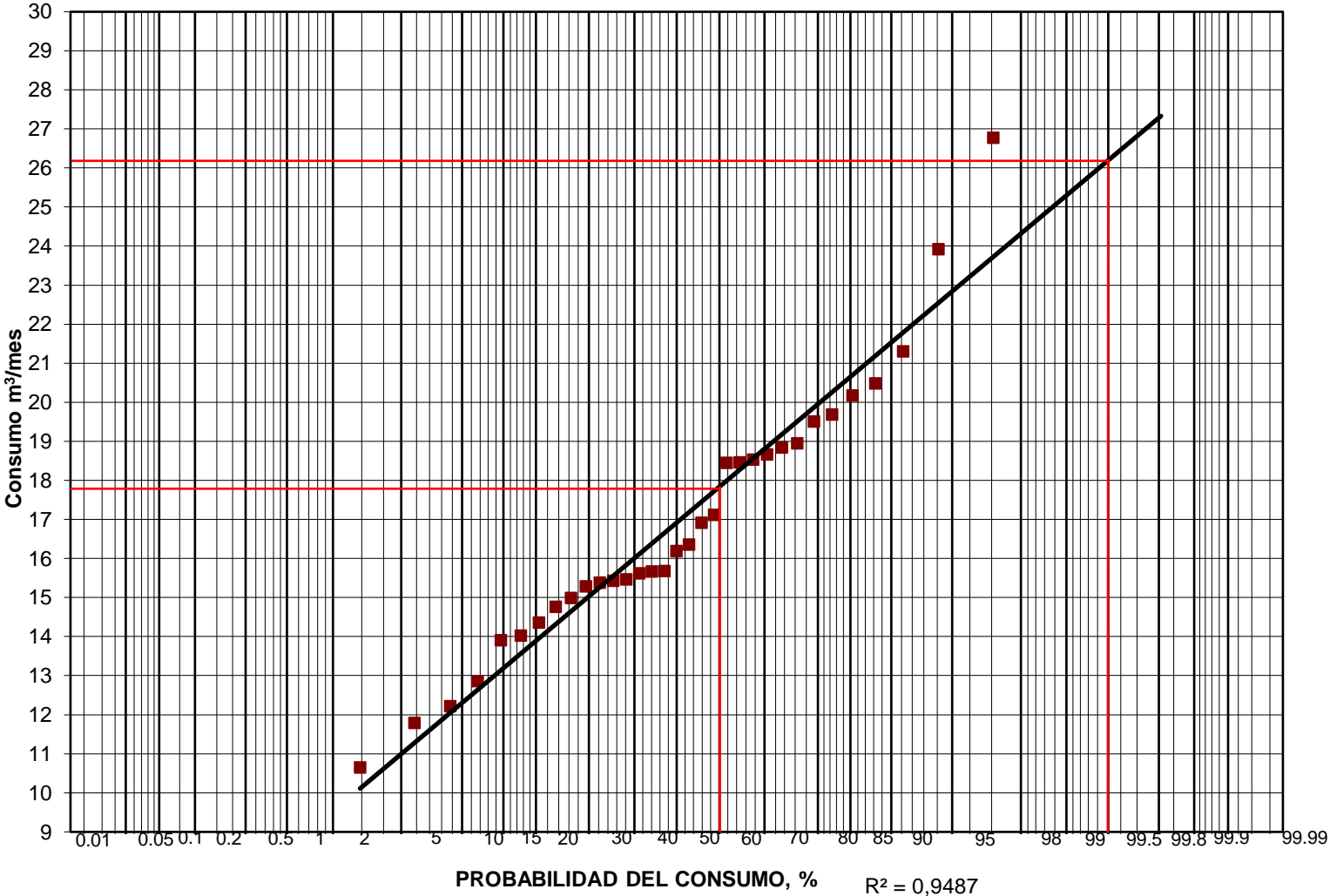


Gráfico 3-Probabilidad de ocurrencia del consumo mes de febrero

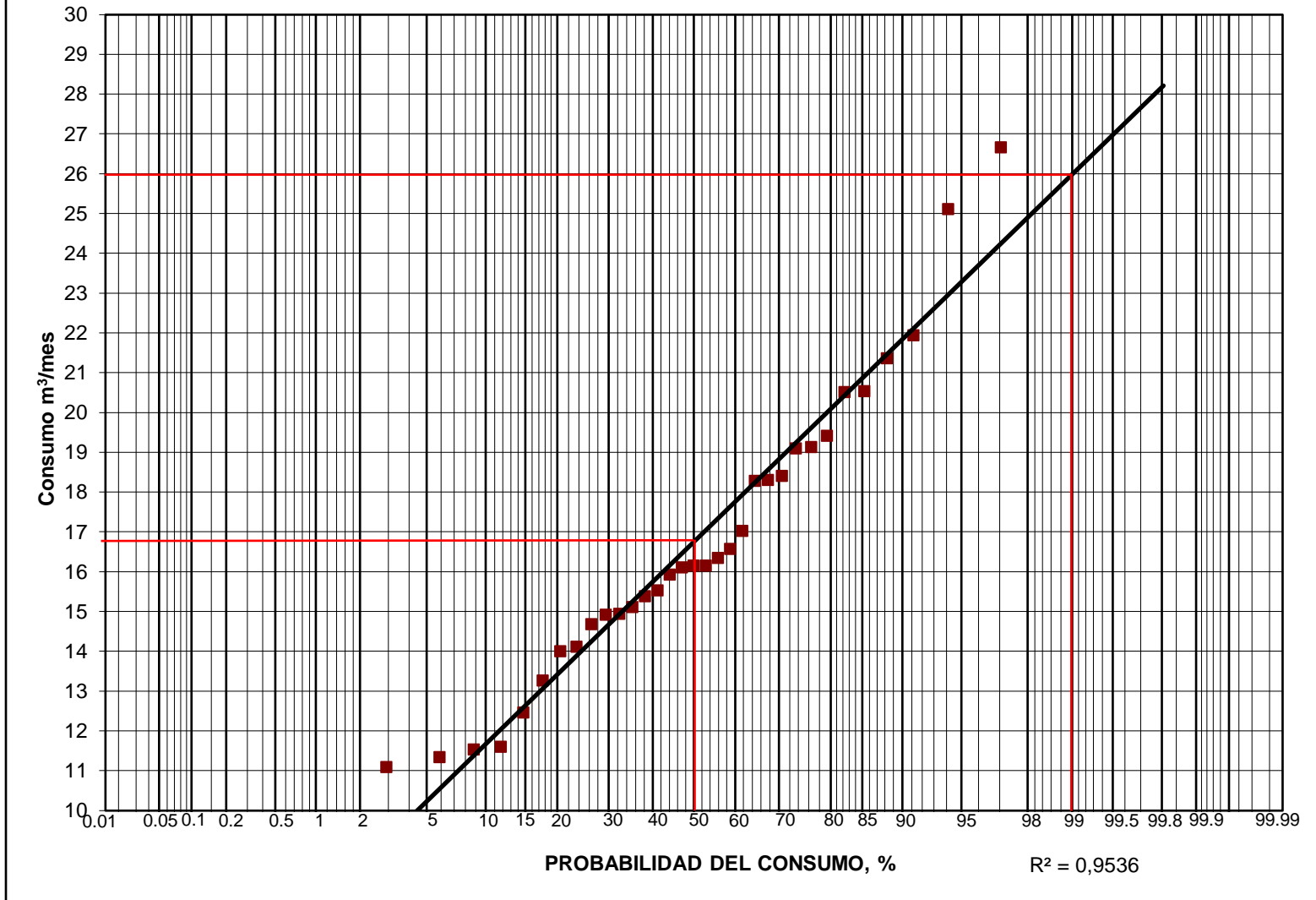


Gráfico 4 - Probabilidad de ocurrencia del consumo mes de marzo

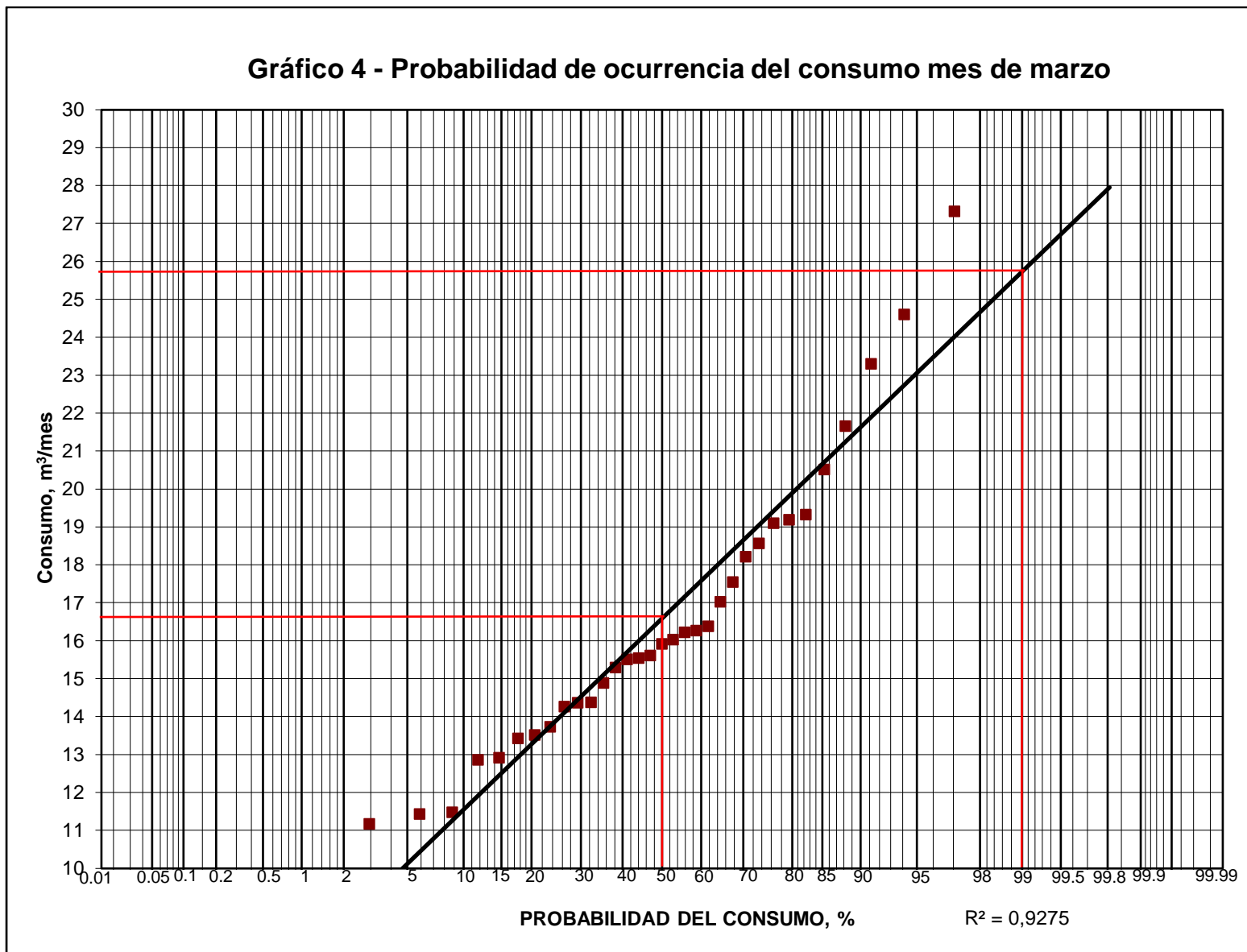


Gráfico 5 - Probabilidad de ocurrencia del consumo mes de abril

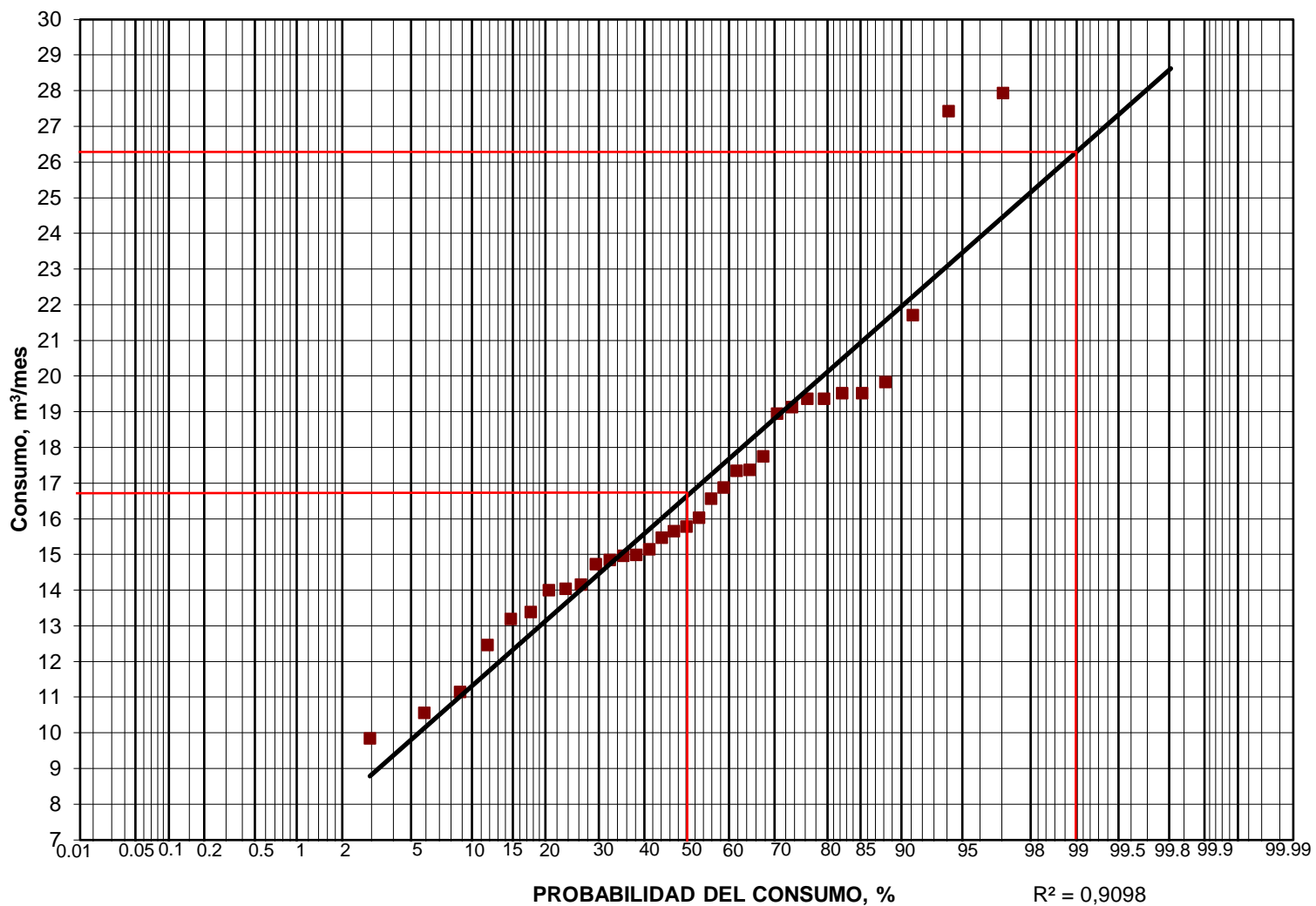


Gráfico 6 - Probabilidad de ocurrencia consumo mes de mayo

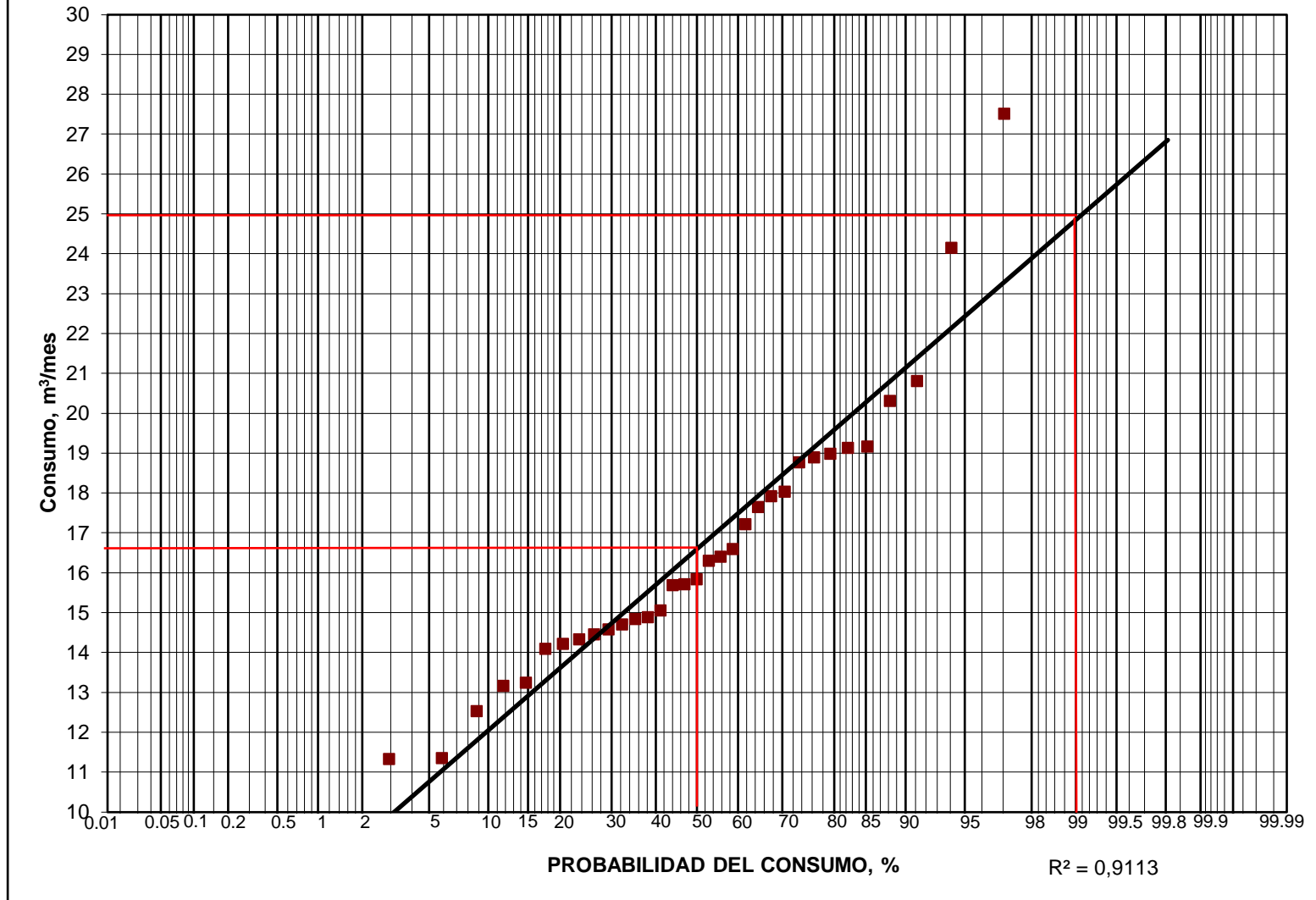


Gráfico 7- Probabilidad de ocurrencia del consumo mes de junio

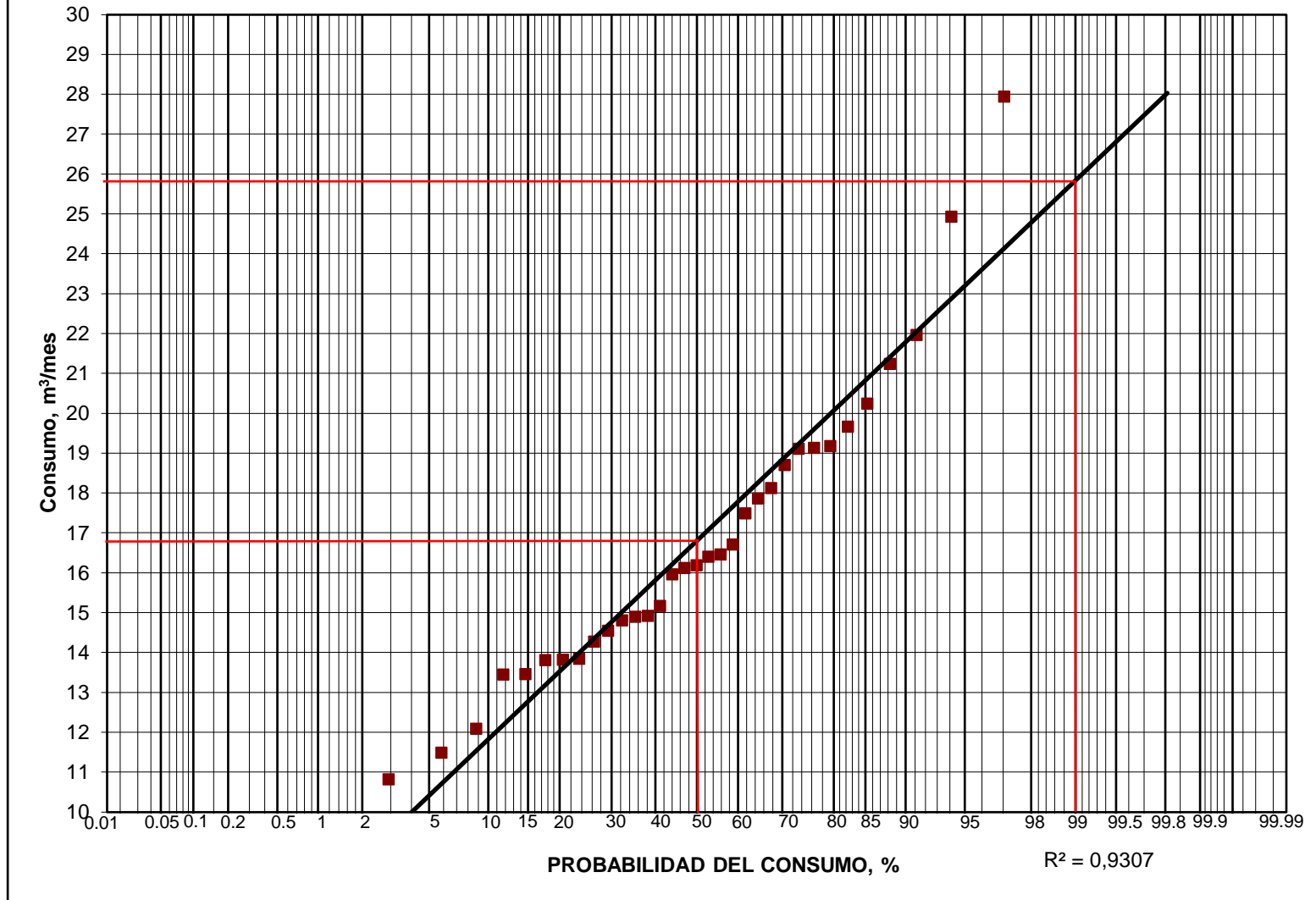


Gráfico 8 - Probabilidad de ocurrencia del consumo mes de julio

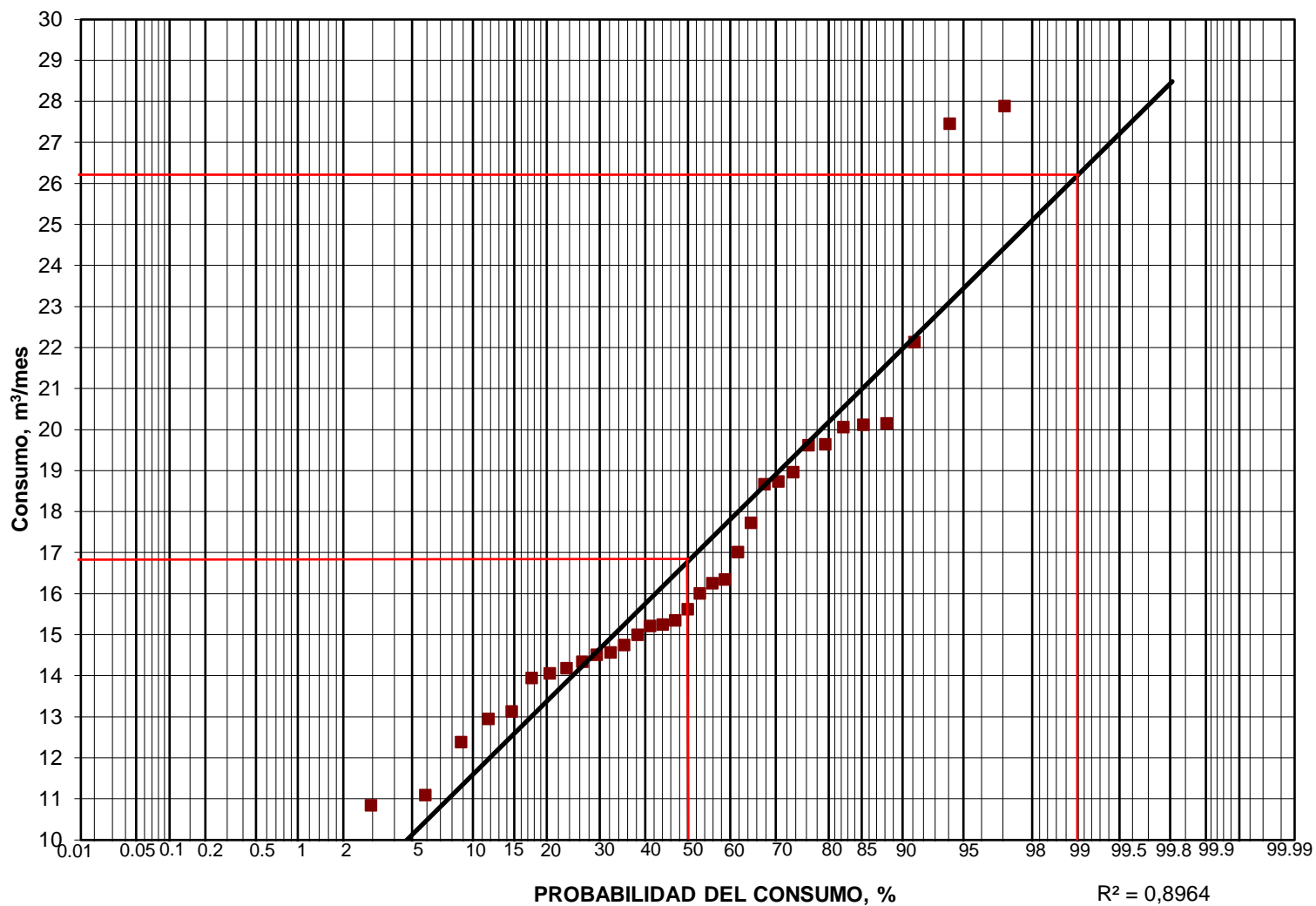


Gráfico 9 - Probabilidad de ocurrencia del consumo mes de agosto

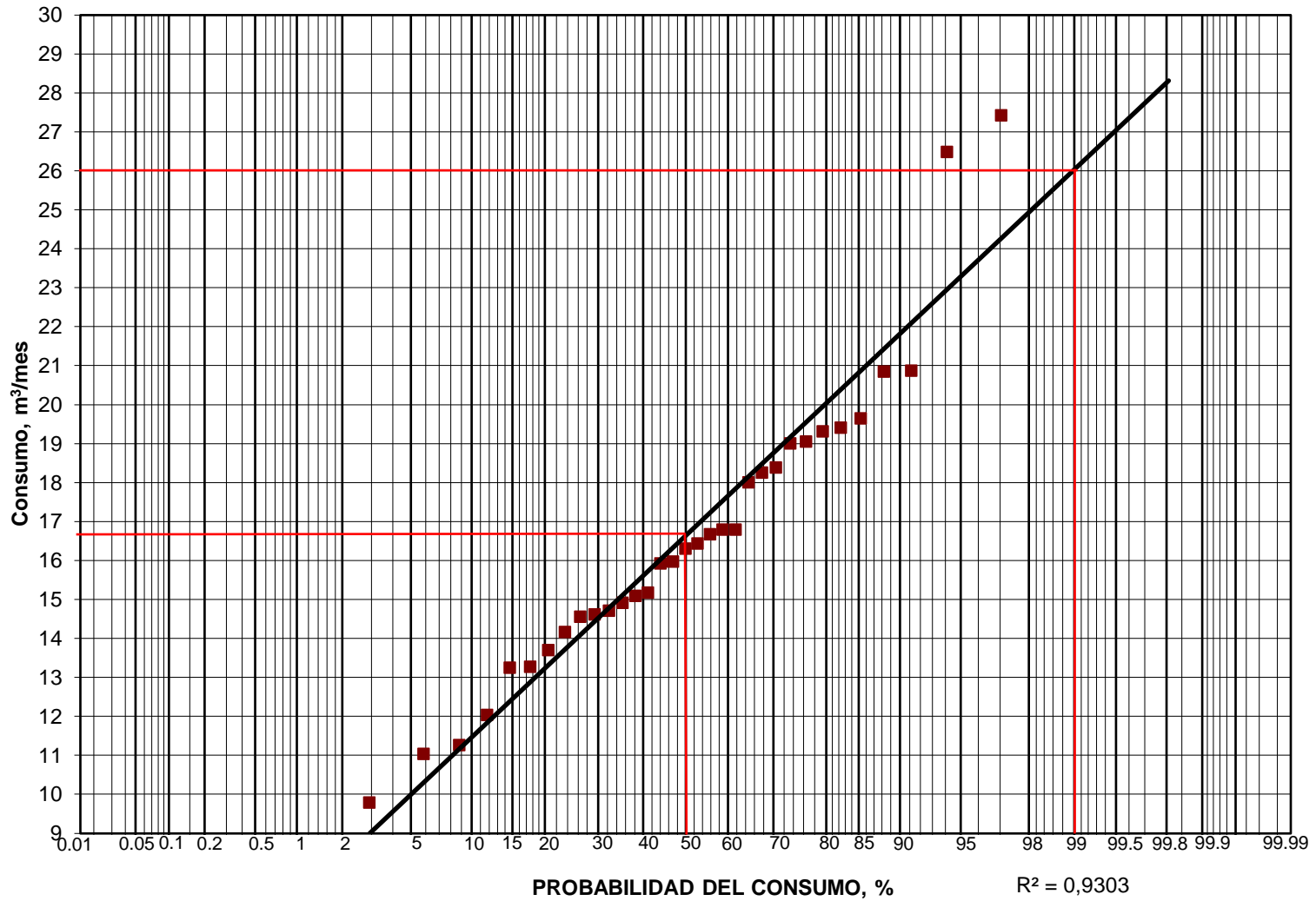


Gráfico 10 - probabilidad de ocurrencia del consumo septiembre

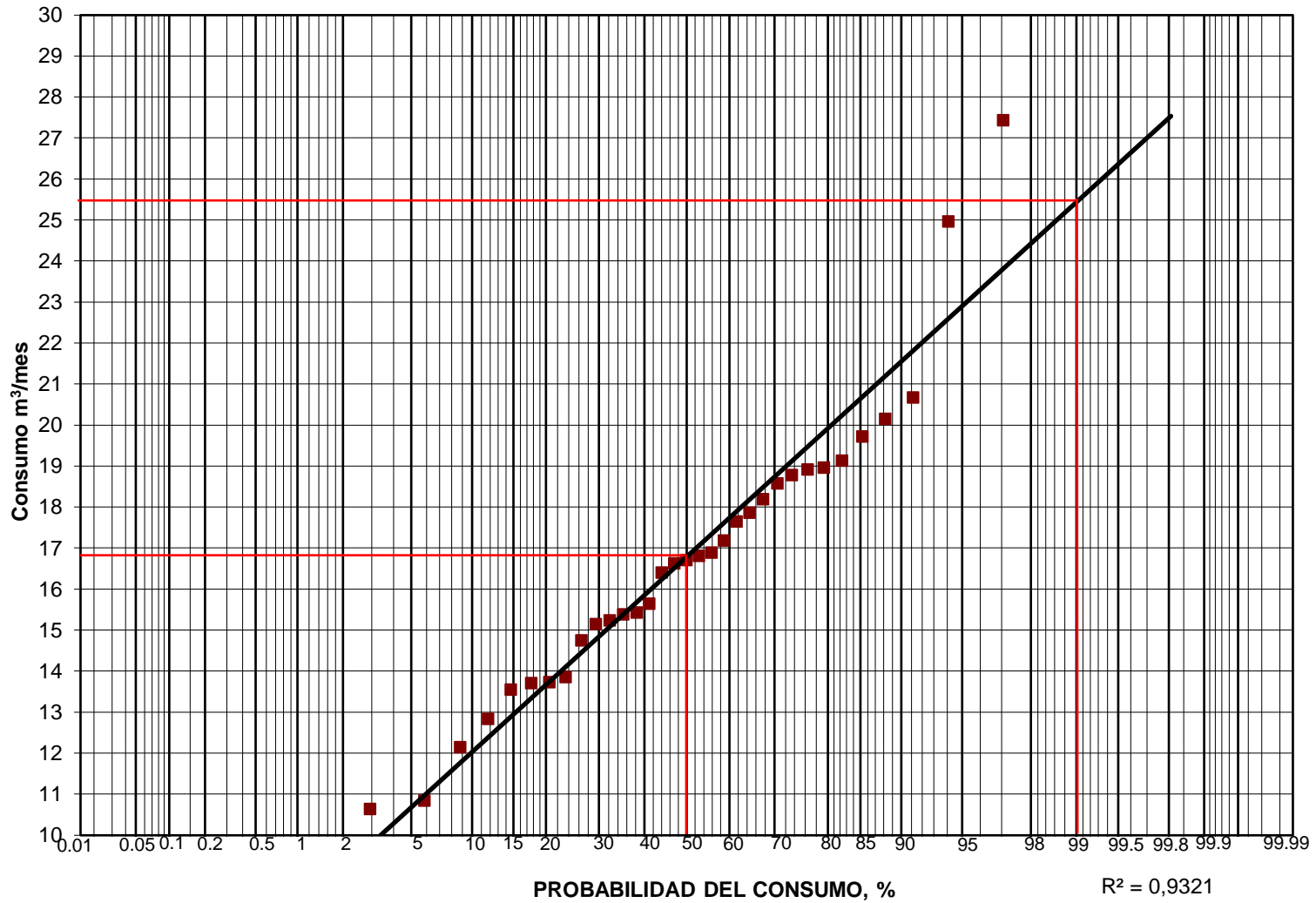


Gráfico 11 - Probabilidad de ocurrencia del consumo mes de octubre

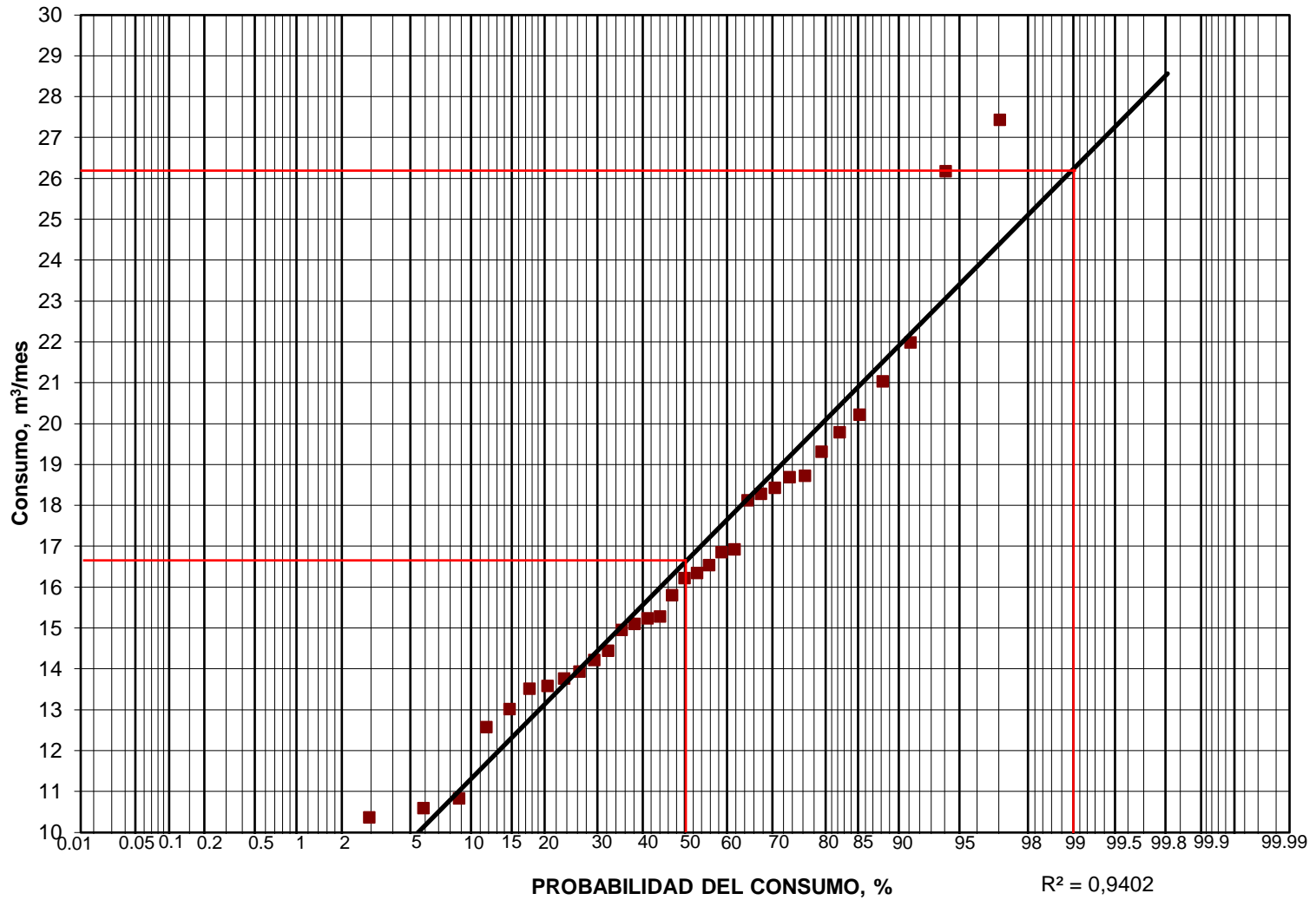


Gráfico 12 - Probabilidad de ocurrencia del consumo mes de noviembre

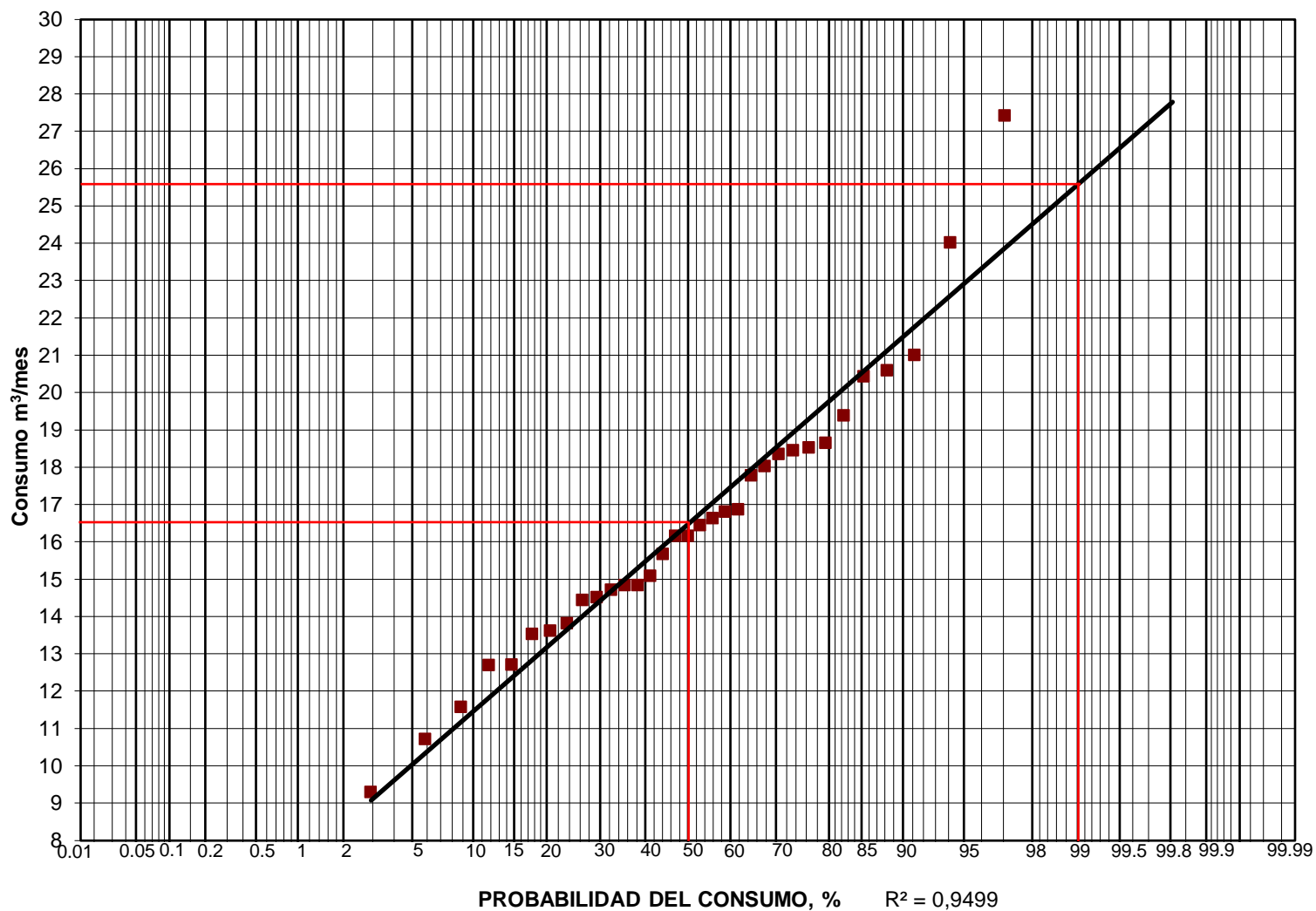
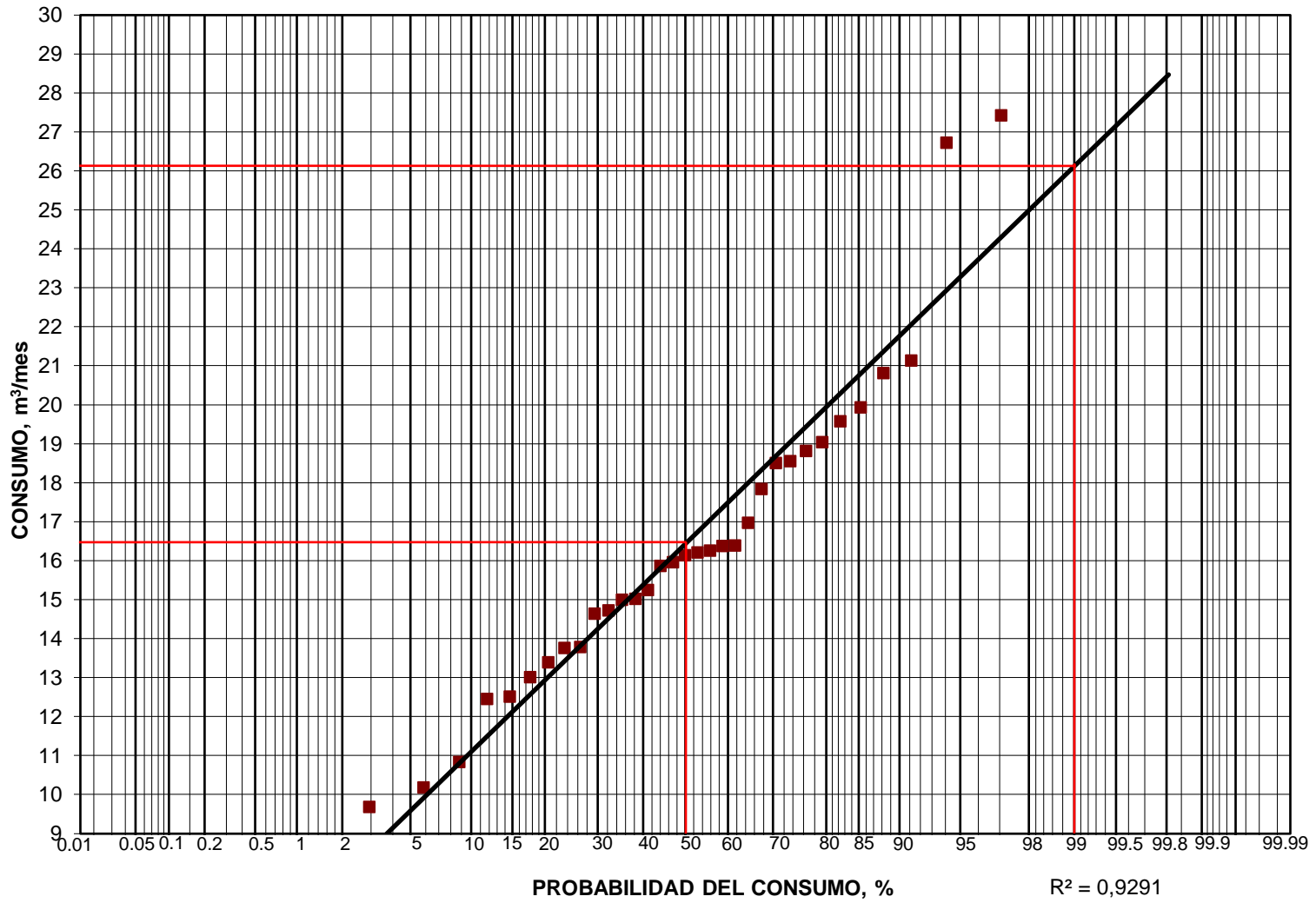


Gráfico 13 - Probabilidad de ocurrencia mes de diciembre



CAPÍTULO 3

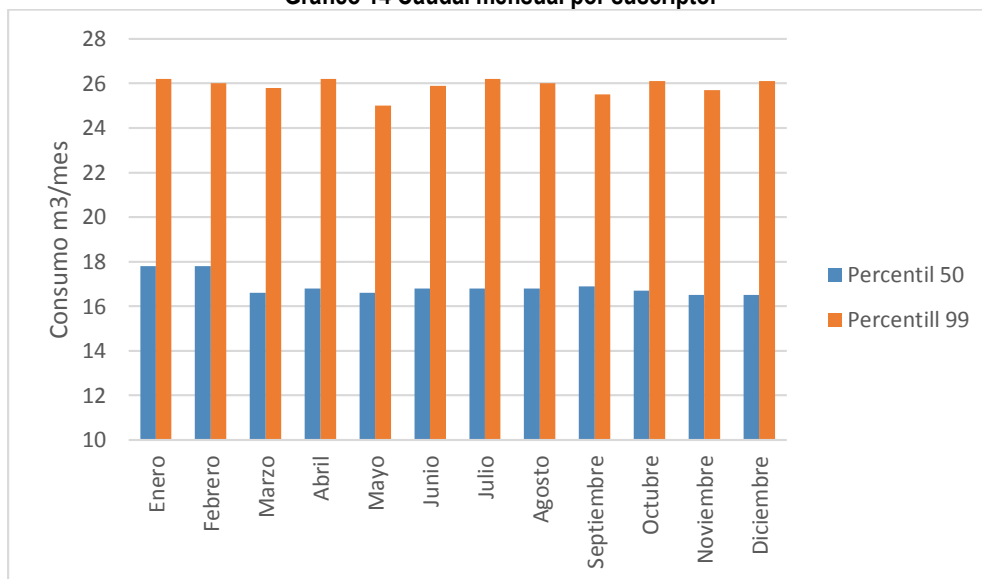
3.1. Consumos mensuales

Como se observa en el capítulo 2, los consumos mensuales por suscriptor ajustados estadísticamente, para el total de 34 municipios son los indicados en la Tabla 18 y en el gráfico 14, para una probabilidad del 50 y 99% respectivamente.

Tabla 18 Percentiles consumo

Mes	Percentil 50 m ³ /mes	Percentil 99 m ³ /mes
Enero	17,8	26,2
Febrero	17,8	26,0
Marzo	16,6	25,8
Abril	16,8	26,2
Mayo	16,6	25,0
Junio	16,8	25,9
Julio	16,8	26,2
Agosto	16,8	26,0
Septiembre	16,9	25,5
Octubre	16,7	26,1
Noviembre	16,5	25,7
Diciembre	16,5	26,1
Promedio	16,9	25,9

Gráfico 14 Caudal mensual por suscriptor



En la Tabla 19 se presentan los resultados de consumos mensuales por habitante para una probabilidad de 99%.

Tabla 19 Cálculo del caudal vertido por habitante

Departamento	Municipio	Total Suscriptores	Promedio de habitantes por vivienda	Consumo promedio Percentil 99 m ³ /mes	Consumo por habitante m ³ /mes
Antioquia	Medellín	695.726	3,7	26	7,0
Antioquia	Bello	101.390	3,7	26	7,0
Antioquia	Itagüí	74.999	3,6	26	7,3
Antioquia	Envigado	64.185	3,5	26	7,4
Atlántico	Barranquilla	255.759	4,8	26	5,5
Atlántico	Soledad	106.255	4,9	26	5,3
Bogotá. D.C.	Bogotá. D.C.	1.762.693	3,8	26	6,8
Bolívar	Cartagena	204.985	4,6	26	5,7
Boyacá	Tunja	45.011	3,7	26	7,0
Caldas	Manizales	97.172	3,5	26	7,4
Caquetá	Florencia	38.700	4,2	26	6,1
Cauca	Popayán	66.872	4,0	26	6,5
Cesar	Valledupar	45.300	4,3	26	6,0
Córdoba	Montería	82.505	4,7	26	5,6
Cundinamarca	Soacha	96.722	4,1	26	6,4
Huila	Neiva	92.179	3,8	26	6,9
Magdalena	Santa Marta	83.974	4,5	26	5,8
Meta	Villavicencio	88.035	3,9	26	6,6
Nariño	Pasto	66.486	4,1	26	6,3
Norte de Santander	Cúcuta	152.942	4,2	26	6,2
Quindío	Armenia	85.787	3,4	26	7,7
Risaralda	Pereira	129.350	3,6	26	7,2
Risaralda	Dosquebradas	43.467	3,9	26	6,7
Santander	Bucaramanga	139.464	3,9	26	6,6
Santander	Floridablanca	66.362	4,3	26	6,1
Santander	Barrancabermeja	54.422	3,7	26	7,0
Santander	Girón	25.295	4,4	26	5,9
Sucre	Sincelejo	47.345	4,6	26	5,6
Tolima	Ibagué	115.415	3,8	26	6,8
Valle del Cauca	Cali	550.585	4,0	26	6,5
Valle del Cauca	Buenaventura	44.282	4,3	26	6,0
Valle del Cauca	Palmira	66.576	3,9	26	6,7
Valle del Cauca	Tuluá	48.244	3,7	26	7,0
				Promedio	6,5

La Tabla 19 indica que el caudal de consumo mensual por habitante es de 6,5 m³, con una probabilidad de 99%, que corresponde a un consumo de 217 l/hab - d



3.2. Caudal de aguas residuales

Se realiza el cálculo utilizando el valor de consumo del percentil 99, y la población total urbana del país para el año 2013.

- Consumo promedio por habitante = 217 L/hab · d
- Factor de Retorno = 0,8
- Población total en cabecera 35'869.155 habitantes

$$\text{Caudal de AR} = 217 \times 0.8 = 174 \frac{L}{\text{hab} - \text{día}}$$
$$174 \frac{L}{\text{hab} - \text{día}} \times 35'869.155 \text{hab} \times 10^{-3} \frac{m^3}{L} = 6'241.233 \frac{m^3}{d} = 72,2 \frac{m^3}{s}$$

CONCLUSIONES

1. El valor de consumo por habitante día para el año 2013 es de 217 L, valor que corresponde, para un porcentaje máximo de pérdidas técnicas del 25%, una dotación neta de 217 (1-0.25) = 163 L/hab · d, valor superior a las dotaciones netas máximas recomendadas por el Ministerio de Desarrollo Económico en la Resolución 1096 de 2000, RAS 2000.

Ilustración 1 Dotación mínima y máxima Resolución 1096 de 2000⁷

TABLA NÚMERO 9

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Frío o Templado (L/hab.día)	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Cálido (L/hab.día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

⁷Resolución 1096 de 2000. Ministerio de Desarrollo Económico ARTÍCULO 67.- DOTACIÓN NETA MÍNIMA Y MÁXIMA. Modificado por el art. 1, Resolución del Min. Ambiente 2320 de 2009.



2. El caudal de aguas residuales domésticas para un factor de retorno igual a 0,8 es de 175 L/hab · d
3. La proyección de caudal de aguas residuales hasta el año 2020, teniendo en cuenta los datos disponibles del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, se muestra a continuación.

Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Caudal (m ³ /s), AR	72,2	73,2	74,2	75,2	76,2	77,1	78,1	79,0



BIBLIOGRAFÍA

- Página web Departamento Nacional de Estadística
<http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion>
- Portal web Sistema Único de Información SUI, tópicos comercial y técnico - operativo.
<http://www.sui.gov.co/SUIAuth/portada.jsp?servicioPortada=1>
- Tratamiento de aguas residuales, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería 2013, Jairo Romero Rojas.

