



PROYECTO FINAL
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

SISTEMA COLECTOR DE AGUA DE LLUVIA:
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA
APLICACIÓN RESIDENCIAL EN EL A.M.B.A.

AUTOR: FEDERICO LUIS NARA

46.398

DNI N°: 31.660.351

TUTOR: ING. FÉLIX T. JONAS

2012

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tiene por objetivo estudiar la aplicabilidad de la implementación de un sistema de recolección de agua de lluvia para usos domiciliarios y comerciales en el AMBA o Área Metropolitana de Buenos Aires. El análisis es extensible a comparar las ventajas y desventajas de las fuentes de agua convencionales frente a las del agua de lluvia, con el fin de determinar bajo qué condiciones resulta factible la aplicación de dicho sistema. Asimismo se resaltan los aspectos más representativos sobre la provisión de agua convencional, abarcando en particular la estructura de proveedores vigente de agua de red.

El análisis de la oferta pluvial en la región, requiere comprender los factores asociados a las precipitaciones como la intensidad, la frecuencia y el caudal neto aprovechable a lo largo del año. En tanto que para la demanda o consumo, el estudio se circunscribe a los niveles de actividades según los distintos niveles socioeconómicos. El enfoque central está puesto en discernir entre usos primarios y secundarios del agua, estableciendo los consumos asociados a cada uno, para estimar la demanda diaria promedio per cápita y su variación durante el año. En la misma línea se detallan las características principales funcionales del sistema de captación de lluvias desde la perspectiva del marco regulatorio argentino, los niveles de oferta y consumo local.

Finalmente se exhibe el análisis de factibilidad económica. En él se hace hincapié en los tipos de instalación requerida en función de los distintos tipos de uso, abarcando los procesos desde la captación, recolección, hasta la posibilidad de tratamiento in situ. Se presenta un análisis de sensibilidad del precio del agua potable y se adecua el estudio previendo la posibilidad de aplicarlo en instalaciones nuevas o preexistentes. Del mismo modo, se contrasta el sistema estudiado contra distintos escenarios del contexto macroeconómico, ambiental, regulatorio y frente a una posible evolución de las políticas de precio e inversión del concesionario.

PALABRAS CLAVE

Sistema colector de agua de lluvia, regímenes pluviales, consumo hídrico, concesionario de agua, red pública de agua potable, proceso de potabilización, ineficiencias, uso primario, uso secundario, intensidad de lluvia, área efectiva de captación, fuente alternativa de agua, tanque de agua.

ABSTRACT

The project's main objective is to study the degree of compatibility on the implementation of a rainwater harvesting system, dedicated exclusively for residential and commercial amenities which are located in AMBA or Buenos Aires Metropolitan Area. Furthermore, analysis focuses on comparing pros and cons of the traditional water sources against rainwater, to determine to what extent the system proposed is profitable. The paper highlights the most representative aspects of traditional water sources, in particular its supplier structure.

Among the supply analysis of the region, it is necessary to comprehend the main aspects on rainfall. These include its average intensity, its frequency, and the full usable volume of water during the calendar year. Demand, on the other hand, requires studying the principal habits from the socioeconomic layers. We focus on defining between primary and secondary uses of water; determining the rates of consumption associated to each category. Further on, there is a detailed explanation about the main characteristics of the rainwater harvesting system and its connection with the Argentine legal system, as well as supply and demand behavior.

Towards the end of the document, we exhibit the economic analysis. It takes into account the system that best fit the people's needs by studying the whole chain of processes; from harvesting, storage, and treatment of water as optional. The analysis becomes extensive according to the type of building the system will be installed in. This work finishes with a price sensibility of public potable water and a feasibility study of all the other sources of water. Finally, the system is taken into consideration within a wide spectrum of long term economic, environmental, and legal sceneries.

KEY WORDS

Rainwater harvesting system, rainfall, water demand, water license holder, public water system, water disinfection process, inefficiencies, primary use, secondary use, rainfall intensity, effective catchment area, alternative water source, water tank.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y mi novia por el apoyo incondicional durante todos estos años.

1. TABLA DE CONTENIDO

1.	TABLA DE CONTENIDO	I
1.1	ÍNDICE DE FIGURAS	V
1.2	ÍNDICE DE TABLAS	V
1.3	ÍNDICE DE ECUACIONES.....	VII
2.	INTRODUCCIÓN.....	1
3.	LA REGIÓN	4
3.1	ANÁLISIS GEOGRÁFICO DEL LUGAR ELEGIDO PARA EL PROYECTO.....	4
3.1.2	DEFINICIÓN DE CLIMA	4
3.1.3	EL CLIMA Y EL RECURSO AGUA EN EL AMBA.....	4
3.2	CUENCAS FLUVIALES DE LA REGIÓN.....	5
4.	FUENTES DE AGUA CONVENCIONALES.....	7
4.1	AGUA POTABLE DE RED	7
4.2	LAS CONCESIONES DEL AMBA	7
4.3	EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LA ACTUALIDAD	8
4.4	EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AYSA.....	9
4.5	INSUMOS EMPLEADOS Y COSTOS.....	11
4.6	AGUA MINERAL ENVASADA	13
4.7	AGUA BOMBEADA DE POZO O NAPA.....	14
4.8	EL AGUA DE LLUVIA Y SUS CARACTERÍSTICAS	17
5.	OFERTA	20
5.1	OFERTA DEL AGUA DE LLUVIA EN EL AMBA.....	20
5.2	INTENSIDAD DE LAS PRECIPITACIONES	21
5.3	ANÁLISIS PROBABILÍSTICO	22
5.4	FRECUENCIA.....	25
5.5	CAPTACIÓN.....	26
5.6	REGISTROS Y CÁLCULOS DE LAS PRECIPITACIONES	29
6.	DEMANDA	33
6.1	USOS DEL AGUA	33
6.2	TIPOS DE USOS	34
6.3	CÁLCULO DE CONSUMOS SEGÚN EL NIVEL SOCIOECONÓMICO.....	36
6.4	CONSUMO EN HOGARES PERTENECIENTES A LA CLASE A Y B.....	40
6.4.2	INDOOR O PUERTAS ADENTRO	42

6.5	PÉRDIDAS - INEFICIENCIAS	45
6.5.2	OUTDOOR O PUERTAS AFUERA.....	45
6.6	CLASE BAJA O CLASE C	47
6.7	SECTORES CARENCIADOS.....	47
6.8	ESTACIONALIDAD DEL CONSUMO	48
7.	NORMAS, REGULACIONES Y MARCO LEGAL	49
7.1	REGULACIÓN SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y SU CALIDAD	49
7.2	REGULACIÓN LOCAL.....	50
7.3	FUENTE ALTERNATIVA DE SUMINISTRO DE AGUA.....	51
7.4	FACULTADES DE LA AUTORIDAD DE AGUA	52
7.5	CONCESIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE	53
7.6	FACTOR DE OCUPACIÓN EN LA REGIÓN	54
7.7	INCENTIVOS	57
8.	SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA DE LLUVIA	59
8.1	GENERALIDADES.....	59
8.2	SUPERFICIE DE CAPTACIÓN	61
8.3	CANALETAS Y CONDUCTOS DE BAJADA.....	62
8.4	TRAMPAS PARA HOJAS.....	63
8.5	INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS.....	64
8.6	TANQUE DE FILTRADO	66
8.7	TANQUE DE ALMACENAMIENTO PRINCIPAL.....	67
8.7.2	MATERIALES.....	68
8.8	DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LA CISTERNA.....	70
8.8.2	INVERSIÓN INICIAL.....	72
8.9	ELEMENTOS DE BOMBEO	73
8.10	TRATAMIENTO DEL AGUA	74
8.10.2	CLORACIÓN	75
8.10.3	FILTRADO POR CARBÓN ACTIVO.....	77
8.10.4	RAYOS UV	77
8.10.5	OZONIZACIÓN	78
8.10.6	OSMOSIS INVERSA	78
9.	ANÁLISIS DE LA RELACIÓN OFERTA & CONSUMO	80
9.1	PANORAMA GENERAL	80
9.2	APROVECHAMIENTO SEGÚN LA DENSIDAD POBLACIONAL.....	81
9.3	TOPOLOGÍA HABITACIONAL DE LA REGIÓN	82

9.4	DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE PATRÓN DE CAPTACIÓN	84
9.5	CÁLCULOS DE LA EVOLUCIÓN OFERTA VS CONSUMO.....	86
9.6	FACTORES QUE ALTERAN EL CONSUMO	88
10.	ANÁLISIS DE COSTOS	89
10.1	COSTOS DE LAS FUENTES CONVENCIONALES.....	89
10.1.2	AGUA ENVASADA	89
10.1.3	AGUA EXTRAÍDA DE POZO O NAPA	91
10.1.4	AGUA POTABLE DE RED	93
10.2	COSTOS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA.....	96
10.2.2	TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	96
10.2.3	ADECUACIÓN DE LA SUPERFICIE, CANALETAS Y BAJADAS.....	99
10.2.4	EQUIPO DE BOMBEO	101
10.3	OTROS Y OPCIONALES.....	102
10.3.2	SISTEMA INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS	102
10.3.3	SISTEMA ELETRÓNICO DE GESTIÓN DEL AGUA	102
10.4	SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DOMÉSTICO.....	103
10.5	COMPARATIVO DE LOS COSTOS TOTALES.....	104
10.6	SCALL VS. OTRAS FUENTES DE AGUA ALTERNATIVAS	106
10.7	CONSIDERACIONES FINALES	110
11.	ESCENARIOS	112
11.1	FIN DE LOS SUBSIDIOS O TARIFAS SECTORIZADAS.....	112
11.2	LA TROPICALIZACIÓN DE BUENOS AIRES.....	113
11.3	EQUIPAMIENTO DE MEDIDORES DE AGUA.....	114
11.4	CONSTRUCCIÓN URBANA EN ALTURA	115
11.5	POLÍTICAS MÁS EXIGENTES.....	116
12.	APLICABILIDAD DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN	118
12.1	ESTRUCTURAS EXISTENTES.....	118
12.2	NUEVAS EDIFICACIONES.....	118
12.3	ANÁLISIS F.O.D.A.	118
12.3.2	FORTALEZAS	118
12.3.3	DEBILIDADES	119
12.3.4	OPORTUNIDADES.....	121
12.3.5	AMENAZAS.....	122
12.4	MEDIDAS PARA OPTIMIZAR EL USO DEL AGUA.....	123
13.	CONCLUSIONES FINALES	126

13.1	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	128
14.	FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.....	131
14.1	REFERENCIAS PRINCIPALES.....	131
14.2	REFERENCIAS DE CONSULTA.....	133
	ANEXOS	135
	ANEXO I: REGÍMENES DE PRECIPITACIONES DE ARGENTINA PUBLICADO POR LA FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION).....	135
	ANEXO II: PRUEBA DE BONDAD Y AJUSTE PARA LOS REGISTROS DE PRECIPITACIÓN..	136
	ANEXO III: DENOMINACIÓN SEGÚN TIPO DE ÁREA DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES.....	138
	ANEXO IV: TIPOS DE CANALETAS Y TABLA DE PRECIOS DE LAS MÁS COMUNES EN EL MERCADO.....	140
	ANEXO V: ESPECIFICACIONES GENERALES DEL AGUA PORTABLE (LEY HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO 19.587)	141
	ANEXO VI: FACTURACIÓN DEL SERVICIO MEDIDO DE AGUA POTABLE POR EL CONCESIONARIO AYSA (VIGENTE A ENERO 2012)	144
	ANEXO VII: CONCESIONARIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL AMBA Y OTRAS LOCALIDADES	145
	ANEXO VIII: DETALLE DEL ÍNDICE PPC QUE MUESTRA EL NIVEL SOCIO HABITACIONAL PARA LA REGIÓN DEL AMBA	146
	ANEXO IX: TIPOS DE CUBIERTAS MÁS FRECUENTES.....	147

1.1 ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA POLÍTICO DEL AMBA	5
FIGURA 2 - CONCESIÓN DEL SERVICIO DE AGUA EN EL AMBA	8
FIGURA 3 - REGIÓN DEL AMBA CONCESIONADA POR AYSA	9
FIGURA 4 - ESTRATIFICACIÓN DE LOS ACUÍFEROS	15
FIGURA 5- LAZO BALANCEADOR AGUA DE NAPA - ELABORACIÓN PROPIA	17
FIGURA 6 - CICLO HIDROLÓGICO SIMPLIFICADO – ELABORACIÓN PROPIA.....	18
FIGURA 7 - EJEMPLOS ÁREAS DE RECOLECCIÓN DE DIFERENTES CUBIERTAS	26
FIGURA 8 - REDUCCIÓN DEL ÁREA DE CAPTACIÓN POR EFECTO DEL VIENTO	28
FIGURA 9 - EJEMPLOS DE USOS NO EXTRACTIVOS	35
FIGURA 10 - DENSIDAD POBLACIONAL PROMEDIO POR DISTRITOS - AMBA	55
FIGURA 11 - DISTRIBUCIÓN DE CASAS EN LOS BARRIOS DE LA C.A.B.A.	56
FIGURA 12 – PROCESO DE RECOLECCIÓN DEL AGUA PLUVIAL.....	60
FIGURA 13 - COMPONENTES PRINCIPALES DEL SCALL	60
FIGURA 14- CONDUCTOS DE RECOLECCIÓN	62
FIGURA 15 - MALLA METÁLICA HORIZONTAL Y TRAMPA DE HOJAS INDIVIDUAL	64
FIGURA 16 - INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS	66
FIGURA 17 - RECINTO DE CONTENCIÓN DEL FILTRO	67
FIGURA 18 - GAMA KP DE GRUNDFOS	74
FIGURA 19 - TRATAMIENTO DEL AGUA CON LUZ UV	77
FIGURA 20 - ETAPAS DEL PROCESO DE ÓSMOSIS REVERSA	79
FIGURA 21 - PORCENTAJES DE VIVIENDAS EN ALTURA DE MÁS DE 4 PLANTAS	83
FIGURA 22 - PORCENTAJES DE VIVIENDAS DE CONSTRUCCIÓN HORIZONTAL	84
FIGURA 23 - REGÍMENES DE PRECIPITACIONES PROMEDIO	135
FIGURA 24 – FORMATOS DE CANALETAS	140

1.2 ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 – REGÍMENES DE LAS PRECIPITACIONES - ELABORACIÓN PROPIA	3
TABLA 2 – PLANTAS POTABILIZADORAS; ELABORACIÓN PROPIA SOBRE DATOS DE AYSA.....	9
TABLA 3 – COSTOS DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DULCE DEL RÍO DE LA PLATA	12
TABLA 4 - USO DE AGUA DE NAPA EN HOGARES. ELABORACIÓN PROPIA; DATOS DEL INDEC	16
TABLA 5 - ACCESO AL SERVICIO DE CLOACAS. ELABORACIÓN PROPIA; DATOS DEL INDEC.	16
TABLA 6 - REGISTRO LLUVIAS PROMEDIO AMBA	21
TABLA 7 - CLASIFICACIÓN DE LA INTENSIDAD PLUVIAL. ELABORACIÓN PROPIA; DATOS DE LA AEMET.....	22
TABLA 8 – FRECUENCIA PROMEDIO DE LAS PRECIPITACIONES	26
TABLA 9 - FACTORES QUE REDUCEN EL ÁREA DE CAPTACIÓN	27
TABLA 10 - FACTORES QUE INCREMENTAN EL ÁREA DE CAPTACIÓN	28
TABLA 11 - RELEVAMIENTO DE LA OMM (1961-1990).....	29
TABLA 12- OFERTA DE LLUVIA SEGÚN MÉTODO DE LOS PROMEDIOS	31
TABLA 13 - OFERTA DE LLUVIA SEGÚN MÉTODO DE LA MEDIANA.....	31
TABLA 14 – DOTACIÓN MÍNIMA DE AGUA POR DÍA	33
TABLA 15 - TIPOS DE USOS DEL AGUA	36
TABLA 16 - CLASES SEGÚN EL ÍNDICE DE OCUPACIÓN HABITACIONAL.....	38
TABLA 17 - DISTRIBUCIÓN DE LAS CLASES SOCIOECONÓMICAS DEL AMBA.....	40

TABLA 18 - CONSUMO RESIDENCIAL C.A.B.A.	41
TABLA 19 - TIPOS DE CONSUMO SEGÚN LA ÉPOCA DEL AÑO	42
TABLA 20 - DISTRIBUCIÓN DE CONSUMOS INTERNOS	43
TABLA 21 - ESTACIONALIDAD DE LA DEMANDA; CONSUMOS EXPRESADOS EN LITROS DIARIOS	48
TABLA 22 - CLASIFICACIÓN DEL USO DE AGUA SEGÚN EL TIPO DE INMUEBLE	50
TABLA 23 - VALORES DE ESCORRENTÍA PARA DISTINTAS SUPERFICIES	61
TABLA 24 - CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE CISTERNAS PARA AGUA	70
TABLA 25 - GRADO DE APROVECHAMIENTO SEGÚN CAPACIDAD INSTALADA PARA EL MES DE ENERO	71
TABLA 26 - PROMEDIO HISTÓRICO ACUMULADO EN LITROS	71
TABLA 27 - GRADO DE APROVECHAMIENTO SEGÚN CAPACIDAD INSTALADA PARA EL MES DE JUNIO	72
TABLA 28 - TIEMPO DE CONTACTO CON EL CLORO	76
TABLA 29 - VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA OFERTA Y EL CONSUMO	80
TABLA 30 - RELACIÓN ENTRE OFERTA Y CONSUMO PARA LA CLASE B EN ENERO	82
TABLA 31 - SUPERFICIES DE REFERENCIA	85
TABLA 32 - REFERENCIAS DE LA RELACIÓN OFERTA VERSUS CONSUMO	86
TABLA 33 - EVOLUCIÓN DE LA OFERTA SOBRE EL CONSUMO DE LA CLASE A	86
TABLA 34 - EVOLUCIÓN DE LA OFERTA SOBRE EL CONSUMO DE LA CLASE B	87
TABLA 35 - EVOLUCIÓN DE LA OFERTA SOBRE EL CONSUMO DE LA CLASE C	87
TABLA 36 - EVOLUCIÓN DE LA OFERTA SOBRE EL CONSUMO DE LA CLASE D	88
TABLA 37 - RELEVAMIENTO DE PRECIOS DE AGUA ENVASADA	90
TABLA 38 - COSTO VARIABLE ASOCIADO AL BOMBEO DEL AGUA DE LA NAPA	92
TABLA 39 - COSTO VARIABLE MENSUAL EN AR\$ DE LA ENERGÍA POR LA BOMBA AUTO- ASPIRANTE SEGÚN ESTRATO SOCIAL Y CONSUMO PROMEDIO	92
TABLA 40 - COSTO VARIABLE POR CONSUMO MEDIDO DE AGUA POTABLE DE RED ANTES DE IMPUESTOS	96
TABLA 41 - CARGOS FIJOS PONDERADOS	96
TABLA 43 - COSTES DE COLOCACIÓN DE MEMBRANAS	99
TABLA 44 - COSTE DE LAS TERMINACIONES O CUBIERTAS	100
TABLA 45 - COSTE DE IMPERMEABILIZANTES	100
TABLA 46 - COSTO DE COLOCACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTURA DE AGUA EN LA CUBIERTA	101
TABLA 47 - COSTO DISPOSITIVOS DE TRATAMIENTO FÍSICO	103
TABLA 48 - COSTO DE LA INVERSIÓN INICIAL EN AR\$	105
TABLA 49 - COSTOS OPERATIVOS DEL SISTEMA RECOLECTOR	106
TABLA 50 - COMPARATIVO INVERSIÓN INICIAL ENTRE SCALL Y AGUA DE POZO	107
TABLA 51 - TARIFA MÍNIMA QUE PERMITE UN VAN POSITIVO	108
TABLA 52 - BREAK EVEN DE LA INVERSIÓN INICIAL DEL SCALL VS LA RED PÚBLICA, RESPECTO DEL INCREMENTO ANUAL DE TARIFAS	110
TABLA 53 - COSTOS APROXIMADOS DE LAS DISTINTAS FUENTES	110
TABLA 54 - EVOLUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES ACUMULADAS EN BUENOS AIRES ENTRE 1965 Y 2005	114
TABLA 55 - CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE QUEBEC	115
TABLA 56 - ÍNDICE DE MEDIDORES INSTALADOS EN AMBA, FUENTE AYSA	115
TABLA 57 - RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA	124
TABLA 58 - EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE CONTENCIÓN MODULAR A GRAN ESCALA	129
TABLA 59 - CONTRASTE CHI CUADRADO PARA LA DISTRIBUCIÓN GAMMA	136

TABLA 60 - COMPARATIVO CHI CUADRADO A TRAVÉS DE CRYSTAL BALL	137
TABLA 61 - COMPARATIVO DE AJUSTE DE DISTRIBUCIONES A TRAVÉS DE CRYSTAL BALL.	137
TABLA 62 - DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE TERRENOS EN LA C.A.B.A. SEGÚN LA ACTIVIDAD	139
TABLA 63 - DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE TERRENOS EN LA C.A.B.A. PARA USOS ESPECIALES	139
TABLA 64 - COSTOS PROMEDIO DE DISPOSITIVOS DE CANALIZACIÓN	140
TABLA 65 - FACTURACIÓN SERVICIO DE AGUA POTABLE. FUENTE: AYSA.....	144
TABLA 66 - DISTRIBUCIÓN DEL GRADO HABITACIONAL PARA EL GBA SEGÚN CENSO 2010	146
TABLA 67 – DISTRIBUCIÓN DEL GRADO HABITACIONAL PARA LA C.A.B.A. SEGÚN CENSO 2010.....	146
TABLA 68 - DISTRIBUCIÓN DEL GRADO HABITACIONAL PARA EL AMBA SEGÚN CENSO 2010	146

1.3 ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 - BALANCE HÍDRICO	17
ECUACIÓN 2 - INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN	21
ECUACIÓN 3 - FUNCIÓN DE DENSIDAD GAMMA	24
ECUACIÓN 4 - CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE HACINAMIENTO	37
ECUACIÓN 5 - COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	61
ECUACIÓN 6 - CONSUMO PROMEDIO DURANTE EL PERIODO SECO	97

2. INTRODUCCIÓN

El agua que consumimos representa un elemento esencial pero escaso para el desarrollo de la vida en general hasta el punto que es considerado un 'derecho universal'. A pesar de ser la sustancia más abundante y común del planeta, cubriendo algo más del 70% de su superficie total, el 97.3% de ésta se encuentra contenida en los océanos como agua salada. Un tipo de agua muy costoso para ser consumido. Dejando un 2.7% restante de agua dulce. Aproximadamente el 2.1% de esta última se halla en los casquetes polares y en glaciares. Asimismo sólo el 0.61% es agua dulce en estado líquido, de la cuál alrededor del 0.60% se encuentra en acuíferos subterráneos de difícil acceso. Mientras que sólo algo más del 0.009% constituye una fuente de agua dulce superficial (ríos y lagos). Como si esto no bastara, solamente el 0.003% del total es agua dulce accesible para ser utilizada con fines domésticos e industriales. Para ponerlo en términos más gráficos, se estima que si el total del agua de la Tierra ocupara un recipiente de 100 litros, solamente media cuchara de té con agua sería apta para consumo humano de forma directa.

El agua potable es aquélla que puede beberse sin peligro, pues no provoca ningún daño para la salud. En algunos lugares del planeta es considerado un recurso escaso. A esto se le suma el hecho que la disponibilidad de agua dulce alrededor del mundo no es uniforme. Lo que determina que los costos para la captación, el saneamiento y la distribución de la misma sean elevados incluso en las grandes urbes. Al mismo tiempo que una gran parte de esos recursos resultan severamente contaminados por la actividad del hombre; resultando muy difícil y costoso su tratamiento para consumo final.

Las fuentes de suministro del agua potable se pueden clasificar según su lugar de origen ya sean provenientes de:

- ✓ Aguas pluviales
- ✓ Lagos
- ✓ Ríos
- ✓ Mares
- ✓ Aguas subterráneas

El ser humano tiene el derecho a disponer una cantidad suficiente de agua potable que la misma cumpla con los estándares máximos para ser consumida; que sea de fácil acceso y cercano al lugar de residencia; y que el hecho de poder consumir agua potable no se traduzca en tener que renunciar al consumo de otros bienes¹. Se estima entre 50 y 100 litros por día según datos estipulados por las Naciones Unidas. De los más de 6.500 millones de

¹ ONU, Organización de las Naciones Unidas; extraído de Monografías.com

habitantes en el planeta, aproximadamente 1.400 millones no poseen acceso a una red de agua potable. A los fines de abastecer los 100 litros diarios de agua per cápita durante un año se necesitan alrededor de 240 km³ de agua; equivalentes al 0,22% de las precipitaciones medias anuales que oscilan alrededor de los 110.000 km³. Eso si lográramos reconducir de modo eficiente las lluvias hacia los puntos de consumo en el mundo.

Como ya se ha comentado, por desgracia sólo una porción ínfima de agua dulce es fácilmente utilizable. Recordemos que solamente alrededor del 0,7% del total de agua en la Tierra, es agua dulce útil para el ser humano y menos del 0,01% del agua dulce es agua superficial lo cual la hace fácilmente obtenible². Estimaciones de la Comisión Mundial del Agua prevén un aumento del uso del recurso hídrico para los próximos 30 años, lo que representaría serias restricciones de agua potable a la población. Esos márgenes serían suficientes para abastecer las actividades humanas de todos los días incluso en un futuro lejano, si se pudiera garantizar una equitativa distribución.

No obstante, no debe perderse de vista que los recursos hídricos se encuentran irregularmente distribuidos. Por ejemplo, las zonas áridas y semiáridas de nuestro planeta constituyen el 40 por ciento de la masa terrestre, y estas disponen solamente del 2 por ciento de la precipitación mundial³. Por el contrario existen regiones como el Amazonas que concentran enormes volúmenes de precipitación anual pero carecen de buena accesibilidad para captarla.

En aquellas regiones con regímenes de precipitaciones medio-alto, un método sencillo y eficiente para la obtención de agua, es la captación de agua de lluvia mediante los SCALL o Sistemas de Captación del Agua de Lluvia. El agua que se precipita en forma de lluvia es reconocida por ser una fuente de agua pura o parcialmente pura. Puesto que puede considerarse como cuasi destilada por el efecto de evaporación de los cursos de agua superficiales. La misma luego es captada, recolectada y posteriormente adecuadamente almacenada, por ejemplo en cisternas o aljibes subterráneos adaptados. Se debe tener especial cuidado para preservar su grado de limpieza, ya que se pone en contacto con distintas superficies como lo son los techos y paredes de contención de las estructuras receptoras. De acuerdo a cálculos del ministerio de medio ambiente de Hessen, una localidad de Alemania central con regímenes de lluvia medios, en un hogar promedio se puede sustituir a razón de 50.000 litros anuales de agua potable por agua de lluvia⁴.

Según la Organización Meteorológica Mundial, la lluvia es la precipitación de partículas de agua líquida con diámetro superior a 0,5

² Contaminación Ambiental; Una visión desde la Química, Ed. 2003

³ Datos extraídos de la web: www.solociencia.com en octubre de 2011

⁴ Revista EcoHabitar; edición 2004

milímetros o gotas de menor tamaño con mayor dispersión. Las precipitaciones son un fenómeno físico que describe la transferencia de agua en fase líquida (en forma de lluvia), y en fase sólida (en forma de nieve y granizo), entre la atmósfera y el suelo⁵. A los fines de este trabajo, en función de la región estudiada, se descarta el análisis de la precipitación de agua en estado sólido (nieve o granizo).

Una parte de las precipitaciones alimenta la evaporación en la cuenca y el resto es contribución superficial o subterránea. Es en función del volumen de agua caído anualmente en una región que podemos distinguir entre regímenes de lluvia muy bajos, bajos, medios o normales, altos y muy altos:

Escala [mm anuales]	
0 - 200	Muy bajo
200 - 500	Bajo
500 - 1000	Normal
1000 - 2000	Alto
+ de 2000	Muy alto

Tabla 1 – Regímenes de las precipitaciones - elaboración propia

En la actualidad existen diversos proyectos que analizan la potencialidad del recurso agua de lluvia y su aplicación en zonas rurales o aisladas. Sin embargo, los grandes puntos de consumo humano subyacen en el entorno urbano. El Área Metropolitana de Buenos Aires con sus más de 13 millones de habitantes, abarca el 33% de la población de la Argentina. Al igual que en varias ciudades Latinoamericanas, las fuentes de agua convencionales accesibles presentan un grado de deterioro considerable. Frente a esta problemática, Buenos Aires puede encontrar en el agua pluvial una fuente de agua segura y de fácil acceso sin importar cuál fuere la clase social.

El presente trabajo no tiene por objetivo llevar a cabo un análisis sobre la recolección de agua de lluvia en un tipo de instalación o construcción específica. Por el contrario, se centra en analizar la aplicabilidad y composición de dicho sistema bajo las condiciones climáticas de la región del AMBA. Haciendo especial foco en aquellas zonas residenciales del conglomerado urbano donde el predominan las construcciones de tipo horizontal. Evaluando asimismo las ventajas y desventajas, técnicas y económicas, respecto a otras fuentes de agua vigentes; en particular la distribución de agua potable a través de la red pública.

⁵ Llamas (1993)

3. LA REGIÓN

3.1 ANÁLISIS GEOGRÁFICO DEL LUGAR ELEGIDO PARA EL PROYECTO

Las condiciones geográficas del área bajo análisis representan un indicador clave para entender los beneficios y limitaciones de la recolección del agua de lluvia. Es importante abordar el factor climático como un agente dinámico, con tendencias marcadas que van evolucionando en el tiempo. La región que se analiza en este trabajo se caracteriza por tener un clima húmedo y regímenes de precipitaciones normales.

3.1.2 DEFINICIÓN DE CLIMA

Resulta pertinente establecer la diferencia entre clima y tiempo meteorológico o atmosférico. Este último puede definirse⁶ como el estado instantáneo de la atmósfera, o la secuencia de estados de la atmósfera que se va produciendo a medida que pasa el tiempo. En consecuencia, el comportamiento de la atmósfera en un lugar determinado puede describirse con las cantidades que caracterizan el estado físico del aire, como la temperatura, la presión, el contenido en agua, los movimientos de las masas de aire, etcétera. A diferencia del tiempo, la definición de clima no está tan difundida ni reconocida. Se acepta describir el término clima como el valor medio del tiempo atmosférico en un punto geográfico determinado, tomando un intervalo de tiempo finito pero prolongado.

3.1.3 EL CLIMA Y EL RECURSO AGUA EN EL AMBA

Argentina está en el puesto 43 según el ranking de países con mayores reservas de agua que confecciona la UNESCO. Alrededor del 75% de su territorio es árido o semiárido; o sea, presenta un déficit en el balance hídrico. A esto se le agrega que tan sólo dos regiones tienen abundante agua superficial potabilizable; la Mesopotamia y una vasta parte de la Cordillera Patagónica. Es por ello que durante mucho tiempo e incluso en la actualidad, el agua subterránea juega un rol importantísimo en la provisión para consumo humano y para riego. Sin embargo, lo que ocurre en el interior del país no es tan representativo de lo que sucede en el área del conglomerado de Buenos Aires o AMBA (Área Metropolitana de Buenos Aires). Aquí, el mayor caudal de agua se obtiene desde el Río de la Plata, una de las fuentes más abundantes de agua del mundo.

⁶ Sándor Szalai, Environmental Science Published for Everybody Round the Earth; “El tiempo” (2004), consultado en la web en junio de 2012.

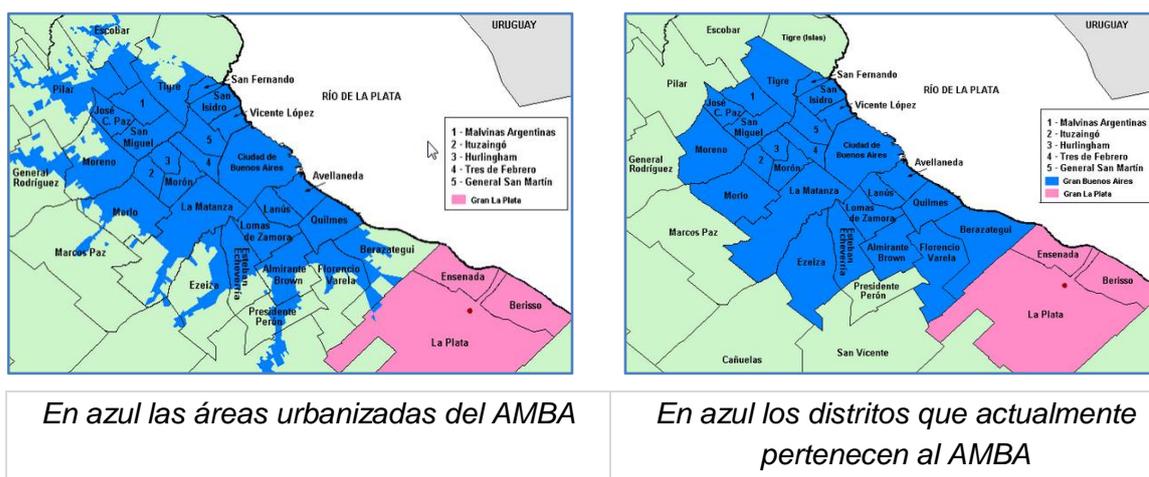


Figura 1 - Mapa político del AMBA

Es sabido que los regímenes de precipitaciones de una región determinada son funciones que dependen de un sin número de variables; como ser la ubicación geográfica, estación del año, presión atmosférica, humedad, vientos predominantes, accidentes geográficos, entre otros. La región de Buenos Aires se caracteriza por presentar un clima templado húmedo / subtropical con niveles de precipitaciones normales o medios a altos. Los inviernos son fríos y más secos mientras que en la estación estival las temperaturas promedian los 23 a 25 grados centígrados y las lluvias pueden alcanzar varios milímetros, más de 20, en unas pocas horas.

3.2 CUENCAS FLUVIALES DE LA REGIÓN

La principal fuente de agua de la región se obtiene a través de la cuenca del Plata que se desarrolla desde el Norte del país y pasa por Buenos Aires. El sistema concentra más del 80% del derrame total medido de agua dulce en el país. En menor proporción, parte del suministro para consumo humano se lleva a cabo a través de aguas subterráneas o acuíferos (Puelche) de la zona. Esta cuenca se manifiesta en la geografía a través, de los ríos Reconquista, Matanza, Riachuelo, y río Luján.

El mal manejo de los desechos antropogénicos y la falta de planificación y ejecución de inversiones compatibles con el crecimiento de la urbanización y consecuentemente con las nuevas viviendas; han profundizado la contaminación de estos cursos de agua. La cuenca del río Matanza está catalogada como una de las 5 cuencas más contaminadas del mundo.

En la actualidad se evidencia un ascenso del nivel de las napas subterráneas de agua producto de la sustitución parcial de esta fuente de agua por agua dulce potabilizada del Río de la Plata. Esto sumado a la falta de cloacas en una amplia franja de los alrededores de la ciudad de Buenos Aires; ha intensificado el esparcimiento general de la contaminación ya presente en prácticamente toda la napa freática de la región. Estas tendencias ocasionan

una creciente amenaza para la sostenibilidad de tanto las fuentes superficiales como subterráneas.

4. FUENTES DE AGUA CONVENCIONALES

4.1 AGUA POTABLE DE RED

Dentro de las denominadas fuentes convencionales, aquellas fuentes comúnmente utilizadas en la región del AMBA, la red urbana de agua potable es la principal con un índice de cobertura promedio superior al 70%.

4.2 LAS CONCESIONES DEL AMBA

La concesión de agua y saneamiento está repartida entre un pool de prestadores públicos y unos pocos privados. En la actualidad la principal fuente de agua potable es el agua suministrada por la red pública a través del concesionario Estatal AySA o Aguas y Saneamientos Argentinos S.A. Una vez potabilizada el agua que se obtiene originalmente del Río de la Plata, es distribuida a través de los centros de bombeo hacia los distintos hogares, industrias y comercios de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y a 17 de los 24 partidos del conurbano bonaerense. La población beneficiada con este servicio asciende a alrededor de 8,5 millones de personas.

En segundo lugar se encuentra ABSA o Aguas Bonaerenses Sociedad Anónima, que a partir de Julio de 2006 sumó a su cartera de clientes el área de concesión que poseía la ex Aguas del Gran Buenos Aires. El socio mayoritario de la entidad es el Estado provincial que dispone del 90 por ciento del paquete accionario; mientras que el 10 por ciento restante pertenece a trabajadores nucleados a través del Sindicato de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires. Dentro de la región del AMBA, suministra servicios de captación, potabilización, transporte y distribución de agua potable a 6 localidades: Merlo, Moreno, San Miguel, José C. Paz, Malvinas Argentinas y Florencio Varela en la zona sur del conglomerado.

Por su parte Berazategui y Marcos Paz se manejan con prestadores municipales amparados por el artículo 10 - I del marco regulatorio para la prestación de los servicios públicos de provisión de agua potable y desagües cloacales en la provincia de Buenos Aires, ley 11.820. Si bien existen diferentes opiniones, vale recalcar que este último distrito aún suele no ser considerado parte del AMBA.

El régimen privado es minoritario en cuanto al área de cobertura. En la región del AMBA y alrededores podemos citar a 2 empresas: la empresa Sudamericana de Aguas S.A. en la zona de Pilar y la Cooperativa de Obras y Servicios Públicos, Vivienda y Servicios Asistenciales Ltda. Martín Coronado (COMACO) en el Partido de Tres de Febrero.

Más allá de las concesiones recientemente enunciadas y los distritos intervinientes, en la realidad una parte importante del conurbano bonaerense carece de infraestructura sanitaria. Un alto porcentaje de las áreas periféricas no cuentan con las redes de agua potable y cloacas necesarias para satisfacer

la demanda de su población. Esta realidad fomenta a que coexistan otros tipos de abastecimiento de agua y servicios cloacales dirigidos por cooperativas⁷ o uniones vecinales no responsables de distinto tipo. Como facultad principal de las cooperativas se encuentra la libre disposición de las actividades que resulten necesarias para la adecuada prestación del servicio de aguas. Al 2001 se estimaba que existían unas 2.000 cooperativas en el sector urbano, abasteciendo a un 11% de la población. En cuanto al servicio de abastecimiento de agua potable, partidos como Malvinas Argentinas, Ituzaingó, José C. Paz y Ezeiza presentan índices de deficiencia que superan el 75% de sus habitantes.

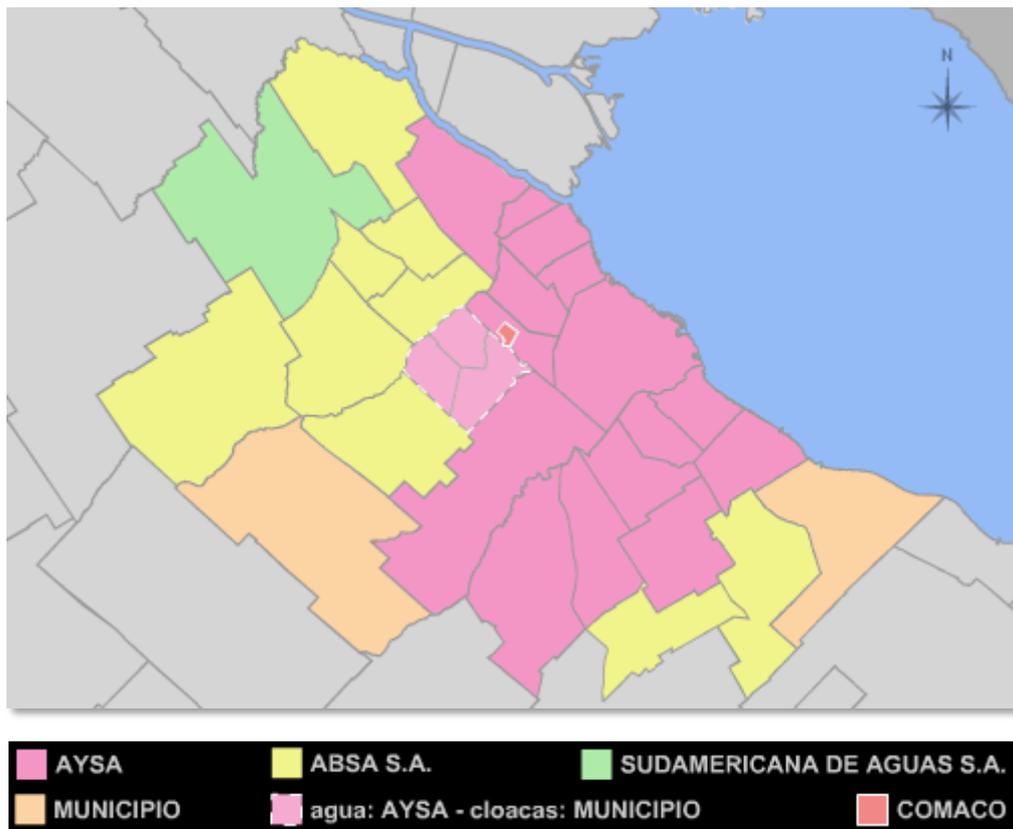


Figura 2 - Concesión del servicio de agua en el AMBA⁸

4.3 EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LA ACTUALIDAD

Alrededor del 96% del agua potable proviene de la cuenca del Río de la Plata, una de las mayores fuentes de agua dulce del planeta. El 4% restante se obtiene de recursos subterráneos a través de perforaciones, ya sea en forma puntual o en forma de baterías.

⁷ Cooperativa: resulta aquella asociación de usuarios que bajo el régimen de la Ley de Cooperativas prestan el servicio público de agua potable y/o cloacas dentro del área de concesión, debiendo encontrarse inscripta en el Registro Provincial respectivo. Decreto 2790/06 de la Provincia de Buenos Aires.

⁸ Fuente AABA - Atlas Ambiental de Buenos Aires; la web febrero 2012; vigente en Internet abril de 2012

Para ejemplificar el proceso de tratamiento del agua nos basaremos en la experiencia y estructura del concesionario más importante de la región, AySA. La metodología aplicada por dicha concesión es representativa del resto de los concesionarios, siendo la cobertura de AySA de aproximadamente el 70% del total de los municipios del AMBA. Para finales de 2002 el índice de cobertura de agua potable de la concesión privada anterior, Aguas Argentinas S.A., era del 79%.



Figura 3 - Región del AMBA concesionada por AySA

4.4 EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AYSA

El proceso de potabilización tiene por finalidad convertir el agua cruda, mayormente superficial, en agua apta para el consumo. Por razones de optimización de costos y de economías de escala debido a la dimensión de la demanda, el mismo se lleva a cabo en grandes plantas potabilizadoras.

En la región del AMBA se encuentran 2 grandes plantas: la planta General Belgrano, en el sur del Gran Buenos Aires, y General San Martín en la Ciudad de Buenos Aires. Adicionalmente existe una planta más pequeña que abastece de agua potable a las localidades de Dique Luján y Villa La Ñata.

Plantas	Capacidad [m ³ /día]	Extensión del predio [ha]
General San Martín	3.100.000	28,7
General Belgrano	1.900.000	36
Dique Luján	2.000	0,1

Tabla 2 – Plantas potabilizadoras; elaboración propia sobre datos de AySA

El proceso de potabilización consiste en captar el agua del Río de la Plata a través de torres de toma, ubicadas a metros de la costa. Una vez bombeada hacia los puntos de tratamiento, el agua cruda obtenida es sometida

a un tratamiento que permite la eliminación de componentes físicos, químicos y biológicos indeseables. Para su mayor comprensión, el proceso dividiremos al proceso en 5 etapas principales:

- 1- **Captación del agua cruda:** el agua del río es captada por torres de bombeo situadas en el Río de la Plata a más de 1 kilómetro de la costa.
- 2- **Floculación / Decantación:** por lo general se añaden grandes cantidades de sulfato de aluminio como agente coagulante para formar flocs y así permitir la eliminación del material orgánico e inorgánico en suspensión por efecto gravitatorio. Otros coagulantes que pueden ser utilizados son el cloruro férrico y cloruro de polialuminio. En todo momento, el agua permanece en un estado de agitación controlada. De ese modo, la arcilla con carga negativa que contiene el río logra atraerse físicamente por interacción de cargas con el floculante de carga eléctrica positiva.
- 3- **Filtración:** el agua decantada es redirigida hacia los filtros o mantos porosos. Es habitual el empleo de arena para remover las últimas partículas que han quedado sin decantar.
- 4- **Desinfección:** existen diversos métodos para acondicionar el agua biológicamente. El más común en la actualidad es el de la cloración. De este modo es posible desactivar los agentes patógenos en escasos minutos.
- 5- **Alcalinización:** el agregado de cal permite corregir el PH del agua acidificada producto del sulfato de aluminio. Esto ayuda a atemperar el carácter corrosivo del agua que puede dañar las cañerías en el mediano plazo.

Una vez finalizado el proceso descrito, el agua potabilizada se almacena para su posterior distribución. Las estaciones de bombeo constituyen puntos vitales en el circuito de distribución ya que le imparten al agua un nivel energético permitiendo alcanzar un nivel piezométrico⁹ adecuado para la mayoría de las construcciones considerando la variabilidad del consumo a lo largo del día. Asimismo, la empresa entrega el agua a sus usuarios a través de un sistema integrado por ríos subterráneos y una serie de tuberías.

⁹ Los tendidos urbanos originan pérdidas de presión desde los centros de distribución hasta los puntos de toma, por lo cual, para un determinado nivel de presión en los mismos, el nivel en los puntos de toma será menor a este; y diferente entre los distintos puntos de toma en función de su ubicación relativa al centro de distribución más próximo.

Ing. Eduardo Caprioli, Ing. Norma Ciatti, Arq. María del Carmen Urdiain, Arq. María Inés de Piero; Apuntes de la cátedra de Construcciones Industriales 2010, ITBA.

4.5 INSUMOS EMPLEADOS Y COSTOS

Para completar con éxito el proceso de potabilización del agua, aparte de ser necesaria la incorporación de ciertos insumos químicos fundamentales como cloro, cal, sulfatos; se requieren otros insumos secundarios pero esenciales como la energía eléctrica para bombear las grandes cantidades de agua necesarias.

Ya a comienzos del año 2000 diversos estudios del CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y ciencias del ambiente), estimaban para la Argentina un costo promedio de explotación de 0,25U\$\$ por metro cúbico de agua potabilizada; teniendo en cuenta una amplia dispersión según cuál fuera el operador o concesionario de la región.

En vistas de arribar a un valor representativo del costo real de potabilización del agua del Río de la Plata, tomaremos como modelo para la región del AMBA los regímenes de funcionamiento de la planta potabilizadora General San Martín operativamente a cargo de AySA. El caudal operativo promedio de la planta es variable pero oscila los 129.000 m³/hora dependiendo de la demanda puntual y de la época del año. Siendo la capacidad instalada de bombeo superior a 10.000 KW de potencia. Si sumamos los costos operativos, más los costos asociados a las materias primas en base a los consumos declarados por la misma concesión; entonces el costo por metro cúbico¹⁰ de agua potabilizada es de 2,27 \$/m³.

¹⁰ Datos estimados a valores vigentes en noviembre de 2011

Proceso	Capacidad Nominal [m ³ /hr]	Insumo empleado	Consumo	Unidades	Costo unitario	Unidades	Costo Total [\$/m ³]
Bombeado	Elevadora principal: 4.926 kw Nueva elevadora: 5.378 kw	Electricidad	4.988	[kwh]	0,1905	[\$/kwh]	0,02062
Decantación	130.500	Sulfato de Aluminio	0,4	[kg/m ³]	3,01	[\$/kg]	1,204
Filtración	137.700	n/a	n/a		n/a		
Desinfección	n/a	Cloro	460	[kg/hr]	35,0	[\$/kg]	0,12481
Alcalinización	n/a	Cal	1.743	[kg/hr]	0,59	[\$/kg]	0,00797
Subtotal							1,35740
MO y mantenimiento	personal + repuestos				55% del costo		0,74657
Amortizaciones y otros gastos					12% del costo		0,16289
TOTAL aproximado							2,267

Producción x hora promedio	129.000
----------------------------	----------------

Tabla 3¹¹ – Costos de potabilización de agua dulce del Río de la Plata

¹¹ Elaboración propia en base a datos de AySA; noviembre de 2011

Cabe destacar la elevada incidencia del componente encargado de la floculación sobre los costos finales. Para explicar esto debemos subrayar que el agua cruda proveniente del Río de la Plata presenta niveles de turbidez muy elevados. La turbidez en el agua es producida por la presencia de partículas insolubles, en suspensión. Gran parte de este material en suspensión es aportado desde las aguas de los ríos Paraná y Uruguay. Sin embargo, una componente importante se debe a la contaminación antropogénica. En particular debido a la gran concentración de material orgánico en el río; y que resulta doblemente perjudicial dado que aumenta la demanda biológica de oxígeno o DBO en el agua e impide parcialmente el paso de la luz solar reduciendo la actividad fotosintética.

Una de las maneras de medir el grado de turbidez del agua es a través de las unidades nefelométricas de turbidez NTU o en miligramos de SiO₂ por litro de sustancia. El nivel recomendado para consumo humano según la OMS (Organización Mundial de la Salud) no debe superar los 5 NTU e idealmente se encontrará en menos de 1 NTU o 0,3 mg/l. De acuerdo a estudios de seguimiento de las aguas del Río de la Plata, los niveles de turbidez promedio oscilan entre los 50 y 100 mg/l, con picos de 200 a 600 mg/l en áreas cercanas a la costa. Esto explica en gran medida la importancia del floculante dentro del proceso de acondicionamiento del agua cruda a nivel y las cantidades empleadas de éste para tratar las aguas locales.

Una vez alcanzado el grado de potabilización previsto en el Marco Regulatorio que rige la concesión y que es fiscalizado por el ERAS (Ente Regulador de Agua y Saneamiento), el agua se distribuye a los distintos puntos de consumo asegurando adicionar una cantidad de cloro extra que sirve para asegurar la desinfección total en cada punto del circuito de distribución. Comúnmente denominado cloro residual. Es el concesionario quien debe asegurar la calidad del agua apoyándose en un sistema de control integral. Normalmente incluye la extracción de muestras y ejecución de análisis de los distintos parámetros detallados en el Marco Regulatorio así como de los principales aspectos físicos del agua:

- Temperatura
- Alcalinidad
- Conductividad
- Turbidez

4.6 AGUA MINERAL ENVASADA

Se presenta como una alternativa al agua de red poco frecuente. Se trata de una fuente de agua segura aunque muy costosa en relación al agua de red. Desde la óptica del consumo, se clasifica como un bien normal donde su demanda está directamente correlacionada con el nivel de ingresos. Este tipo de agua puede obtenerse directamente desde un yacimiento (un manantial) o

de un estrato acuífero (napa) mediante diversas perforaciones. Por otro lado existe aquel tipo de agua de la red potable que es mineralizada artificialmente y posteriormente envasada. Según la norma explicitada en el Código Alimentario Argentino¹² el envasado debe efectuarse en el lugar de origen salvo que se pueda garantizar el transporte desde la fuente de modo que sea posible preservar las características preexistentes del fluido, evitando la contaminación microbiológica, resguardando modificar la composición química.

Argentina se ubica entre los países con mayores consumos de agua embotellada gasificada por habitante, junto con Chile, Uruguay, Holanda y Alemania¹³. Si bien este dato puede resultar resonante, cabe resaltar que a nivel global el consumo de agua gasificada significa sólo el 10% del consumo total.

En la actualidad esta rama de la industria presenta una tendencia alcista de consumo y ventas por diversas razones que pueden atribuirse desde una mejoría de la económica hasta la búsqueda de lo natural, la salud y el bienestar general. Lejos de las necesidades de agua de la población, en promedio en nuestro país solo se consumen alrededor de 22,5 litros anuales per cápita de agua mineral embotellada¹⁴. Aún tomando en cuenta que este valor es más elevado en la región del AMBA, la utilización de esta fuente de agua representa una fracción ínfima del total de agua empleada por día. Solo en algunos países, donde la calidad del agua de red resulta inadecuada, el consumo de agua mineral envasada adquiere cierta relevancia. Por ejemplo el consumo medio de agua embotellada en México se encuentra varias veces por encima del promedio de América Latina.

4.7 AGUA BOMBEADA DE POZO O NAPA

El agua que consumimos puede ser obtenida directamente de las napas superficiales o de napas más profundas, también denominadas ríos subterráneos. Esencialmente podemos dividir a las napas o acuíferos subterráneos en 3 sectores bien diferenciados. La napa freática o primer acuífero, normalmente se localiza a una profundidad de 4 a 10 metros. El nivel de agua que éste posee es muy variado dependiendo fuertemente de las precipitaciones de la región y de la altura del suelo sobre el nivel del mar. La calidad del agua no es buena dada la presencia de contaminación química y bacteriológica que en gran medida es causada por la migración de desechos antropogénicos de los pozos ciegos.

En segundo lugar se encuentra el acuífero superficial más importante denominado Pampeano. Este se encuentra a una profundidad promedio de

¹² Código Alimentario Argentino, Artículo 987

¹³ John G. Rodwan Jr.; "Challenging Circumstances Persist: Future growth anticipated"; Water bottled 2009; extraído de Internet en marzo de 2012

¹⁴ Alimentos Argentinos

unos 20 metros y es el principal receptáculo de la contaminación. El agua de prácticamente la totalidad de la extensión del AMBA no es apta para consumo humano. La principal causa es su alta dureza por la alta concentración de nitratos. Además suele presentar en su composición vestigios de aceites, metales pesados y material bacteriológico debido a que está alojada entre capas semipermeables que dejan pasar fácilmente los desechos de la población.

El tercer acuífero, el Puelche, está localizado por debajo del anterior y se extiende por una profundidad que va desde los 50 metros y pudiendo superar los 100 metros. Por su envergadura (abarca parte de la provincia de Buenos Aires, Entre Ríos, Corrientes, Santa Fe y sur de Córdoba) es uno de los más importantes del país. Al tratarse de una napa más profunda y al estar más lejos de la superficie resulta ser un agua más limpia. Sin embargo, por ser un reservorio profundo cuyas capas linderas presentan un alto grado de impermeabilidad; resulta la napa menos accesible su explotación. Al mismo tiempo que presenta índices de salinidad muy elevados. A pesar de ello es la fuente de agua subterránea más utilizada para consumo humano en diversas regiones del Gran Buenos Aires.

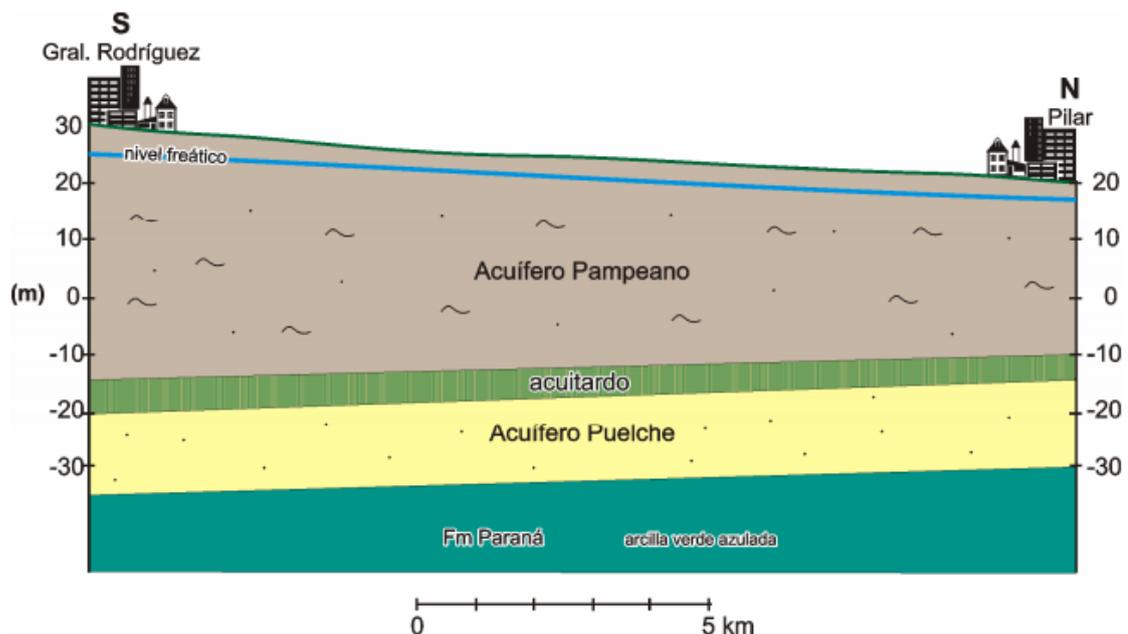


Figura 4 - Estratificación de los acuíferos¹⁵

La extracción de agua de pozo en general deberá ser asistida por un medio mecánico o bomba con motor. Al presente esta fuente de agua prácticamente rige en desuso para el área de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires donde menos del 0,5% de hogares captan agua para consumo directamente desde las napas. Es notable que dada la falta de infraestructura, se evidencia cierta inaccesibilidad al agua de red en el Gran Buenos Aires. Esto se ve reflejado en que más de un cuarto de los hogares allí emplazados

¹⁵ Esquema tomado de la web; Miguel Auge, "Agua fuente de vida"; La Plata 2007

emplean el agua bombeada de los acuíferos subterráneos para cubrir sus necesidades diarias.

	CABA	Porcentaje	GBA	Porcentaje
Total de hogares relevados	1.150.134	100%	2.934.373	100%
Hogares que extraen agua de las napas tanto de forma manual o con asistencia mecánica	3.888	0,34%	809.101	27,57%

Tabla 4 - Uso de agua de napa en hogares. Elaboración propia; datos del INDEC

Como se ha señalado anteriormente, los problemas aparejados con la utilización del agua de napa son diversos. En primer lugar, es menester observar el aspecto de higiene de la misma. En su expansión, el Área Metropolitana de Buenos Aires ha ido extendiéndose desordenadamente a lo largo una de las principales fuentes de agua dulce del país. Paralelamente esto derivó en un notable atraso de la cobertura en materia de infraestructura sanitaria de sus numerosos asentamientos periféricos. El manejo inadecuado de la provisión de agua y de eliminación de excretas, indujo a la propagación de enfermedades mortales así como también al daño de las napas subterráneas de agua dulce de la región. En las últimas 3 décadas se sacaron de servicio unos 500 pozos de abastecimiento de agua potable a la población por problemas de calidad y disponibilidad. En parte debido a la explotación irracional de los acuíferos menos profundos tanto en la ciudad como en el conglomerado urbano de Buenos Aires.

En resumen, las principales causas de la contaminación de la napa se atribuye fundamentalmente a los derrames de los tanques sépticos de las más de un millón y medio de viviendas que no poseen acceso a la red cloacal, el vertido de químicos industriales en pozos negros o tanques sépticos y a las filtraciones de líquidos lixiviados producto de deficiencias en los rellenos sanitarios. En todos los casos se contamina la napa con agentes patógenos y/o tóxicos que ponen en riesgo a millones de habitantes.

	CABA	Porcentaje	GBA	Porcentaje
Total de hogares relevados	1.150.134	100%	2.934.373	100%
Hogares que no cuentan con acceso a la red cloacal pública	21.214	1,84%	1.723.373	58,73%

Tabla 5 - Acceso al servicio de cloacas. Elaboración propia; datos del INDEC

De la misma forma ocurre, que al erigir extensas áreas con construcciones de material se eliminan espacios verdes. Se reduce entonces el área absorbente efectiva que permite la filtración y renovación del agua de las napas menos profundas, necesaria para gran parte de los habitantes no conectados a la red pública. Por lo tanto resulta en otra desventaja para este tipo de abastecimiento en zonas densamente pobladas. La reducción de espacios verdes disminuye la capacidad de renovación de la napa por absorción por m², afectando negativamente la calidad del agua circundante; y frenando en un largo plazo el desarrollo de la región. En muchos casos esta

situación se ve agravada por la deficiente distribución y tratamiento de los efluentes de dichos asentamientos.

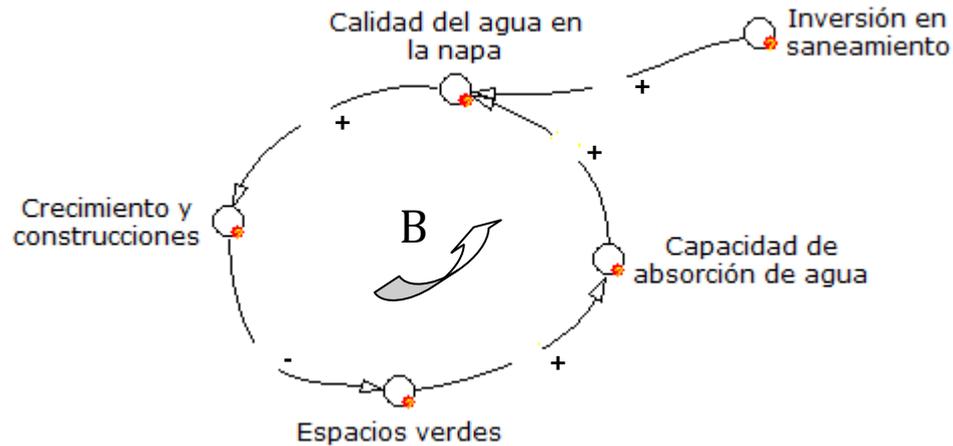


Figura 5- Lazo balanceador agua de napa - elaboración propia

4.8 EL AGUA DE LLUVIA Y SUS CARACTERÍSTICAS

El ciclo de agua o ciclo hidrológico establece que la cantidad de agua en el planeta permanece prácticamente constante. En equilibrio por compensación de los procesos de *evaporación y transpiración*, con los procesos de *precipitación y escorrentía*. Se estima que el volumen total de agua en nuestro planeta no ha variado en los últimos 30 a 40 mil años. Nuestra atmósfera funciona como un gran destilador de agua. Se calcula¹⁶ que circulan alrededor de 500.000 km³ de agua al año a través de la ecuación del balance hídrico, que se muestra a continuación:

Balance Hídrico:

$$\text{Precipitaciones} = \text{Escorrentía} + \text{Evapotranspiración}$$

Ecuación 1 - Balance hídrico

¹⁶ Fuente "Contaminación Ambiental – Una visión desde la química", 2da edición

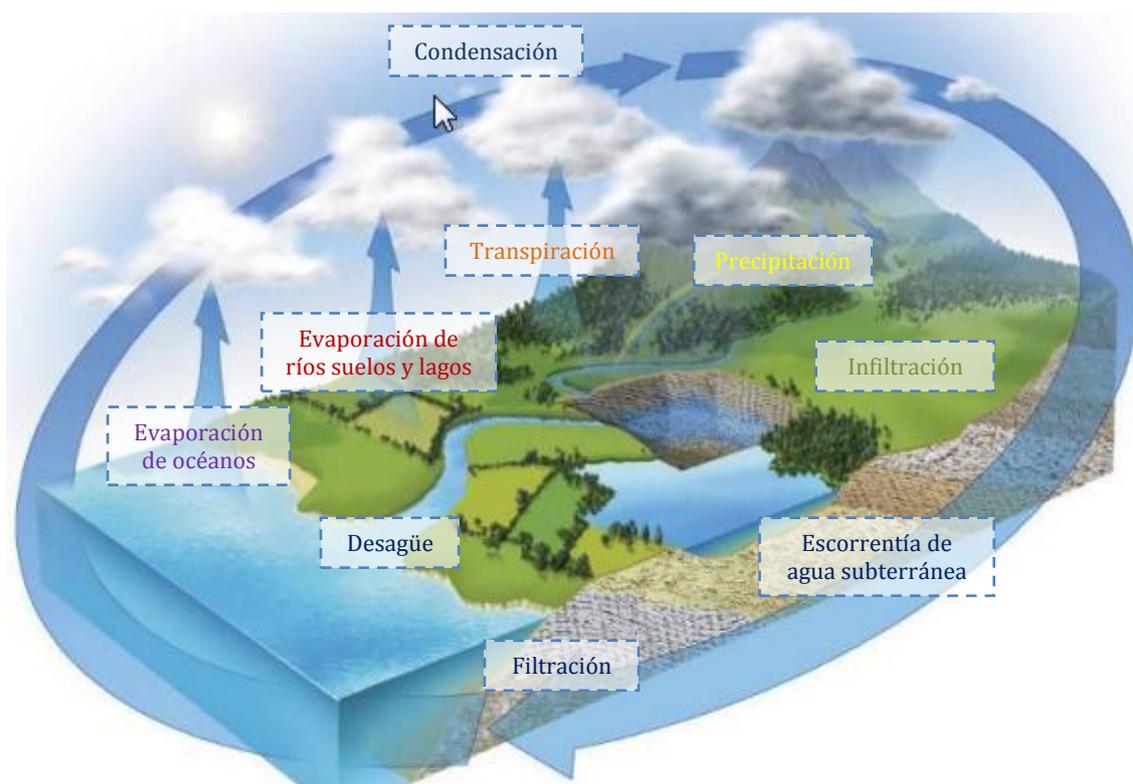


Figura 6 - Ciclo hidrológico simplificado – elaboración propia

Se produce la evaporación de parte del agua superficial de mares y otros cuerpos de agua por efecto de la radiación solar. Este vapor asciende a grandes alturas impulsado por las corrientes de aire convectivas, para posteriormente enfriarse y condensarse formando muy pequeñas gotas de agua en suspensión que luego dan lugar a las nubes. Es gracias a este proceso que existe una inmensa fuente de agua renovable de alta calidad.

La posibilidad de recolectar el agua de lluvia no se presenta como una nueva tecnología. Por el contrario, el agua que proporcionan las lluvias ha sido aprovechada durante miles de años y continúa siendo usada en la actualidad alrededor del mundo. Tanto para consumo como para otros usos, la recolección del agua de lluvia actualmente ha comenzado a imponerse con más fuerza frente a otras fuentes convencionales de agua.

En primer lugar el agua de lluvia es insípida e incolora y no contiene concentraciones nocivas de ciertos componentes químicos como nitratos, arsénico y otros metales pesados como mercurio, plomo y cadmio que resultan altamente perjudiciales para la salud. Las aguas de lluvia son blandas ya que no contienen sales de calcio, magnesio, hierro, estroncio ni manganeso disueltas en solución. Por otro lado, al contener pocos minerales son aguas con un grado bajo de corrosión que puede afectar a tuberías de cobre o hierro de distribución como de artefactos del hogar.

En cuanto a su composición química el agua de lluvia es un elemento que se encuentra fundamentalmente saturado de oxígeno gaseoso (O_2), nitrógeno (N_2), y anhídrido carbónico (CO_2). No obstante, en las inmediaciones

de las grandes urbes las aguas pueden verse contaminadas con partículas en suspensión y otros gases como el monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), y óxidos de nitrógeno (NO_x). Estos agentes son los responsables de la lluvia ácida. Por fortuna, las frecuentes corrientes de viento producto de la cercanía con un curso importante de agua, produce para el AMBA un efecto de barrido constante de los contaminantes en suspensión; previniendo así la formación de lluvia ácida (PH inferior a 5). De todos modos, el agua de lluvia naturalmente tendrá un PH levemente ácido (PH cercano a 6) dado que al precipitarse las gotas absorberán una parte del dióxido de carbono que está presente en la atmósfera.

Otro aspecto sumamente destacable con relación al aprovechamiento del agua de lluvia se verifica con la logística y la distribución. El agua está al alcance de todos sin necesidad de ser transportada a lo largo de grandes distancias, desde el punto de potabilización hasta los puntos de consumo pasando a través de las estaciones de bombeo intermedias. En la ciudad europea de Gibraltar, el agua de lluvia se utiliza como la fuente primaria¹⁷ de agua potable.

¹⁷ François G. Brière, "Distribución de Agua Potable y Colecta de Desagües y de Agua de Lluvia", extraído de Internet en marzo de 2012.

5. OFERTA

Es menester estudiar y cuantificar la disponibilidad real de agua pluvial para poder determinar con mayor precisión cuál es el grado de aplicabilidad del SCALL en la región bajo estudio.

5.1 OFERTA DEL AGUA DE LLUVIA EN EL AMBA

La extensión del AMBA comprende un área geográfica muy rica en términos demográficos albergando más de 13 millones de habitantes de diversas clases sociales, religión, y presentado comportamientos de consumo muy variados. Con sus más de 2.750 km², la región se encuentra inmersa en una zona con condiciones meteorológicas homogéneas. En otras palabras, la región en cuestión presenta las mismas características de clima a lo largo de toda su extensión; y por consiguiente regímenes de precipitaciones más o menos constantes. Si nos remitimos al promedio histórico de precipitaciones en distintos puntos de la región del área Metropolitana, encontramos que las variaciones no son considerables. Cuando se toma el acumulado de milímetros caídos anualmente se obtiene el siguiente gráfico:

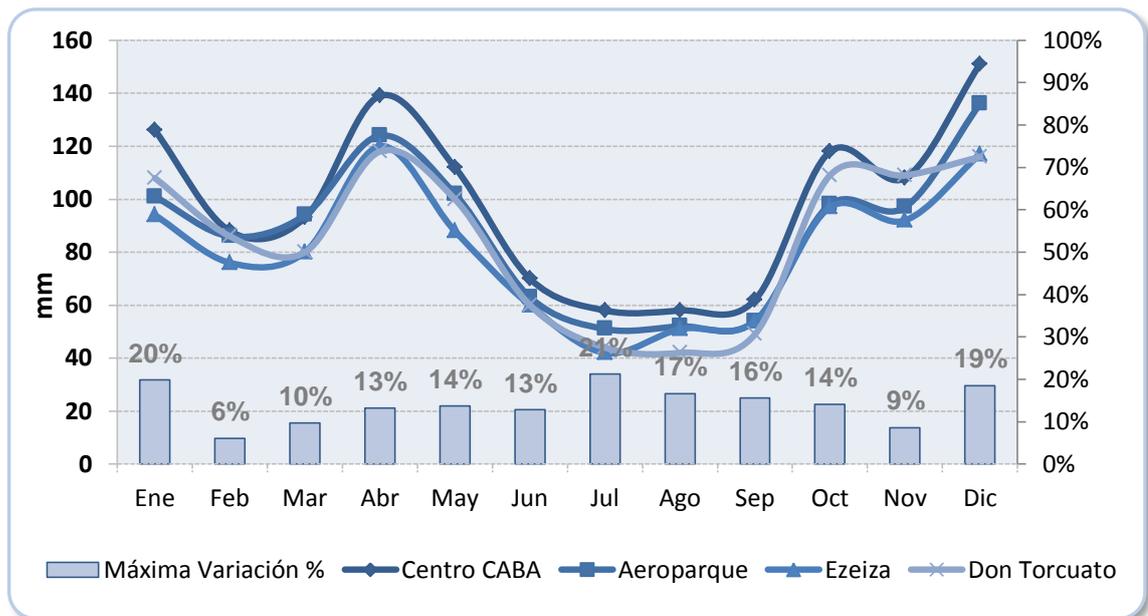


Gráfico 1 - Precipitación media según sector del área Metropolitana¹⁸

¹⁸ Datos extraídos del AABA: Atlas Ambiental de Buenos Aires, vigente en la web en octubre de 2011

	Registros Promedio de Lluvias [expresado en milímetros]												Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Centro C.A.B.A.	126	88	93	139	112	70	58	58	62	118	108	151	1183
Aeroparque	101	86	94	124	102	63	51	52	54	98	97	136	1058
Ezeiza	94	76	80	120	88	60	42	51	54	97	92	117	971
Don Torcuato	108	86	80	118	100	60	44	42	49	109	109	116	1021

Tabla 6 - Registro lluvias promedio AMBA

Cuando tomamos los valores medios de las precipitaciones para el centro de la ciudad y lo contrastamos con los promedios históricos de otros puntos del AMBA, observamos que la variación porcentual promedio es apenas del 14%. Se comprueba entonces la existencia de paridad de los niveles de precipitaciones de las localidades correspondientes con la región bajo estudio.

5.2 INTENSIDAD DE LAS PRECIPITACIONES

Al momento de evaluar la disponibilidad y capacidad de recolección de agua proveniente de lluvias, es útil evaluar el grado de intensidad promedio de la región. Se define a la intensidad como el cociente de la profundidad de lluvia (en mm) y la duración del fenómeno expresada en unidades de tiempo.

$$I = P/T_D$$

Ecuación 2 - Intensidad de precipitación

Aún en los casos con regímenes pluviales anuales moderados, la intensidad puede tornarse un factor determinante en el dimensionamiento de la instalación del SCALL. Es habitual encontrar intensidades más altas en ambientes o regiones con clima tropical o subtropical, es decir en aquellas que presentan acumulados de más de 1.500 mm de agua anuales.

Se entiende por milímetro caído de lluvia a la altura de la lámina de agua recolectada en un recipiente (pluviómetro) de superficie plana e impermeable de 1 metro cuadrado de extensión. Es decir que por cada metro cuadrado de superficie de captación disponible, 1 milímetro equivale a 1 litro de agua. Es posible categorizar la intensidad de lluvia en distintos niveles según la siguiente distribución:

Clase	Intensidad media [mm/h]
Débil	menor a 2
Moderada	entre 2 y 15
Fuerte	entre 15 y 30
Muy fuerte	entre 30 y 60
Torrencial	mayor a 60

Tabla 7 - Clasificación de la intensidad pluvial. Elaboración propia; datos de la AEMET¹⁹

Según estudios recientes sobre el clima de la región pampeana, en la que se encuentra inmersa la ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires, las tormentas con intensidades superiores a los 30 mm/h (milímetros por hora); es decir precipitaciones muy fuertes o torrenciales, se han estado incrementando en las últimas 3 décadas. Puntualmente, para el área de Buenos Aires²⁰, en el periodo 1911 a 1970, se registraron 19 casos de lluvias torrenciales o tormentas con volúmenes de agua superiores a 100 mm en menos de 24 horas. Durante el lapso de tiempo entre 1980 y 2000, la cantidad de tales eventos asciende a unos 33. Simultáneamente, 30 de los casos de éste último periodo registraron acumulados de 60 mm en menos de 1 hora. Otros estudios desarrollados en el Conicet para la región del AMBA señalan que desde la década de los 90, las precipitaciones que superan los 150 mm en menos de 48 horas se han triplicado. Si bien el horizonte temporal contemplado es muy breve como para hablar de un cambio de clima, claramente se puede observar un patrón de cambio o tendencia de las condiciones climáticas a lo largo de las últimas décadas.

Si bien existe una marcada tendencia que se transcribe en un aumento del número de lluvias torrenciales, la cantidad total de tales eventos representa una cifra poco significativa en la cantidad de tales eventos. Menos del 2% de los casos de lluvias en la región del AMBA²¹. En efecto, prácticamente la totalidad de los sucesos (90%) en los que se registran precipitaciones, exhiben una intensidad que no supera los 30 mm/hora. De todos modos esta pequeña incidencia en cuanto a cantidad de eventos no pasará desapercibida cuando se analice en términos de volumen de agua caído por unidad de tiempo. Esta problemática será profundizada más adelante.

5.3 ANÁLISIS PROBABILÍSTICO

En términos probabilísticos podemos definir al volumen de agua de lluvia caído en un determinado día como una variable aleatoria. A su vez dicha variable puede ser explicada por una función de distribución de probabilidad

¹⁹ Fuente AEMET – Agencia Estatal Meteorológica española

²⁰ Datos extraídos del Servicio Meteorológico Nacional Argentino

²¹ Calculado sobre la base de 100 días con lluvia en el año, durante 20 años y tomando como muestra los 30 casos con mayor índice de precipitaciones.

representativa. Existen estudios empíricos que instauran a la distribución de Weibull como la distribución de probabilidad que presenta mejor bondad de ajuste cuando se toma al régimen de precipitaciones pluviales como variable de análisis. En este caso, si tomamos la totalidad de los registros de los días lluviosos relevados entre 2000 y 2010 y los volcamos en un gráfico agrupado, obtenemos la siguiente distribución:

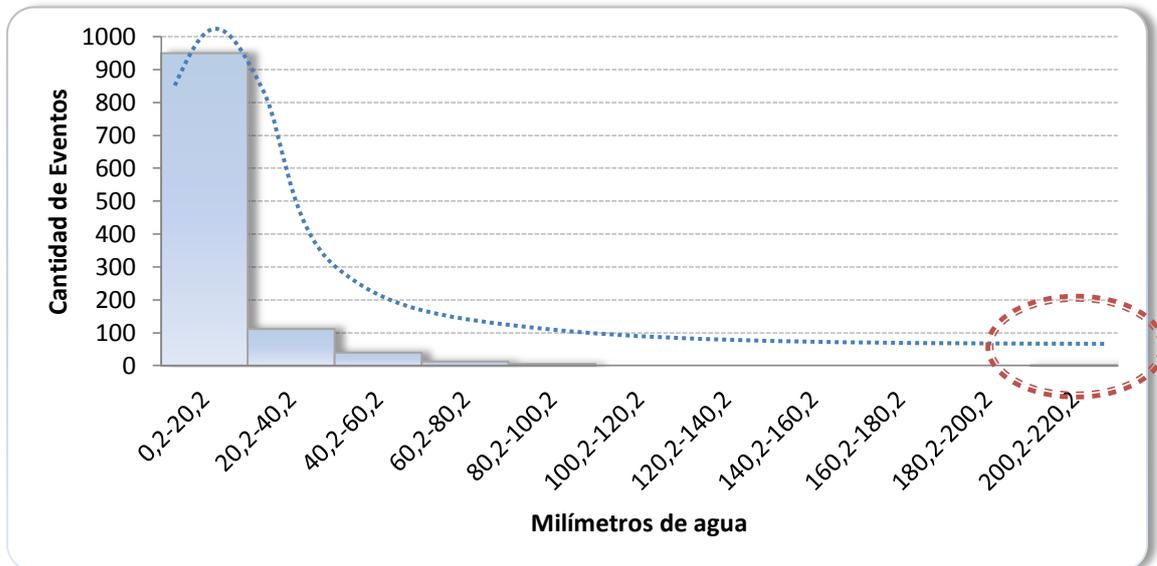


Gráfico 2 - Histograma de frecuencia de precipitaciones en AMBA

Claramente se observa la presencia de un valor extremo. Un valor que supera los 200 mm, que acentúa la característica de asimetría positiva de la campana. Si bien, se han detectado casos muy particulares en los cuales los niveles de precipitaciones diarios han superado ampliamente los 150 mm de agua; a los fines del análisis estadístico – prueba de bondad de ajuste – generan una distorsión indeseable. Históricamente, el récord de máximo volumen de precipitación ocurrió el 31 de Mayo de 1985 cuando cayeron alrededor de 306 mm en menos de 24 horas. Casi un tercio de la lluvia anual promedio de la región²².

Reorganizando los datos que contienen registros de lluvia, el histograma resultante es el siguiente:

²² Carlos Sánchez Pachón; “Gestión Sostenible del Agua en el Desarrollo Urbano”; Cámara Argentina de la Construcción,

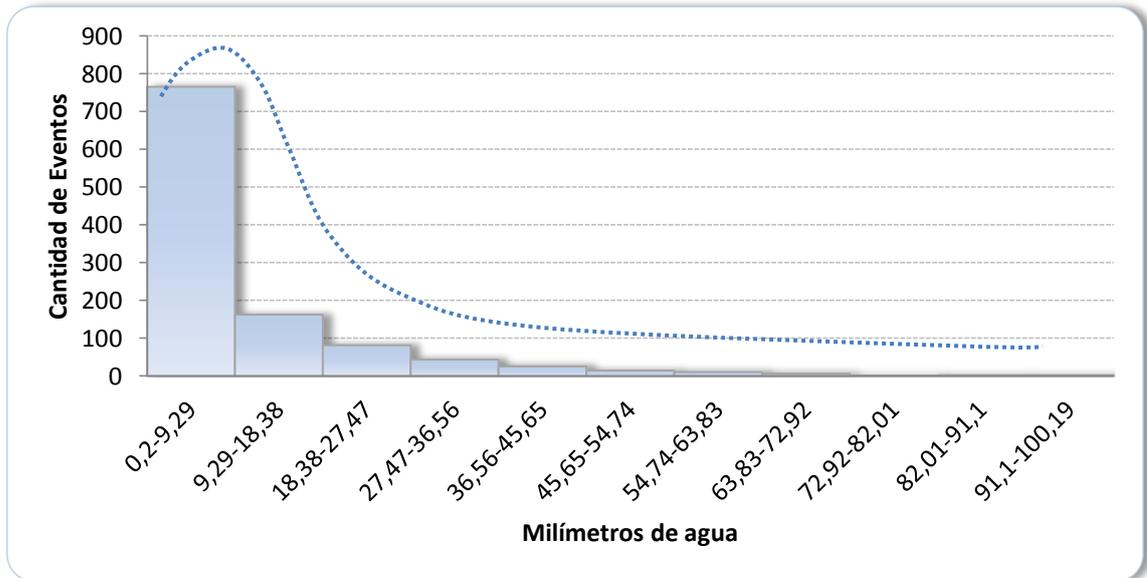


Gráfico 3 - Histograma de frecuencia de precipitaciones en AMBA modificado

Para el caso en estudio y en correlación con el histograma anterior, se evidencia una gran acumulación de eventos en el primer fractil ubicado a partir del cero de las abscisas. Alrededor del 68% de los casos se sitúan dentro de dicho intervalo. A través del ensayo de bondad de ajuste, luego de examinar las distribuciones Log normal, Gamma y Weibull, arribamos a la conclusión de que si bien no es posible encontrar una distribución que se ajuste perfectamente a los registros de precipitación; la distribución Gamma es en general la que mejor se ajusta a los datos (*ver ANEXO II*). Conjuntamente con la extensión de continuo en el proceso de Poisson, la distribución Gamma se ha encontrado apropiada²³ para la representación de otras variables como la demanda de algunos artículos y la caída de lluvia en periodos no muy extensos.

En este caso la función que mejor se ajusta a los datos presenta una función de densidad:

$$f(x) = \frac{\lambda}{\Gamma(r)} (\lambda x)^{r-1} e^{-\lambda x}$$

Ecuación 3 - Función de densidad Gamma

Donde el parámetro r se calcula como el cociente entre los cuadrados de la media y el desvío estándar y λ es el cociente de la media y la varianza. Extrapolando los datos de registros de lluvias disponibles arribamos a los siguientes valores:

$$r = 0,716221863 \quad \lambda = 0,062623638$$

X: es la variable aleatoria mm de agua caídos en un determinado día

²³ Inferencia Estadística y Diseño de Experimentos; Roberto Mariano García

Por lo tanto se deduce que la probabilidad que las precipitaciones excedan los 50 mm (lluvias muy fuertes a torrenciales) durante un día aleatorio, es de aproximadamente el 2,3%. Resultado que se condice con los estudios llevados a cabo por el Servicio Meteorológico Nacional Argentino, los cuales contemplan un horizonte temporal histórico de varias décadas. Objetivamente, este dato servirá como indicativo de la capacidad de almacenamiento a instalar en nuestra edificación para maximizar el aprovechamiento del agua recolectada.



Gráfico 4 - Ajuste de la distribución de probabilidad Gamma

5.4 FRECUENCIA

Otro factor a considerar al delimitar la oferta de agua pluvial, cualquiera sea el clima de la región bajo estudio, es la frecuencia con que se da este fenómeno meteorológico. Altos volúmenes de agua muy distantes en el tiempo generan la necesidad de instalar grandes reservorios y equipos para maximizar la recolección. Por el contrario, cuando las precipitaciones ocurren más próximas entre sí en el tiempo, es decir con una frecuencia más alta, el aprovechamiento suele ser mayor. La reposición se materializa a través de lotes de agua más reducidos, con la única excepción de las áreas con climas cálidos – tropicales que si bien presentan frecuentes caídas de agua también padecen de aguaceros que acumulan grandes volúmenes de agua en una ventana temporal de escasos minutos.

De acuerdo con los registros de la estación meteorológica de Olivos, en la provincia de Buenos Aires, la **frecuencia media** de ocurrencia de lluvias anuales (caídas superiores a 0,2 mm) es de 1 evento cada 3,5 días. No obstante este valor varía apaciblemente si se desdobra mensualmente. Por ejemplo durante los meses de Marzo y Mayo la cantidad de días entre 2 eventos consecutivos aumenta a casi 4. Durante esta época las lluvias tienden

a producirse más espaciadas en el tiempo aunque no necesariamente son los más secos en cuanto a volumen. Julio por su parte no se destaca por ser un mes de abundante caudal pluviométrico. Sin embargo, presenta una mayor frecuencia de lluvias (1 evento cada 3 días en promedio) aunque son pocos los milímetros de agua caídos en cada evento. Solo en el 6,7% de los casos en los que llueve, el volumen de agua supera los 20 milímetros diarios en dicho mes.

	Máx. sin Lluvia (en días)	Promedio días con lluvia	Frecuencia de Lluvia (en días)
Enero	13	9,2	3,4
Febrero	17	7,9	3,6
Marzo	17	8,4	3,7
Abril	22	8,9	3,4
Mayo	25	8,0	3,9
Junio	31	8,8	3,4
Julio	17	9,5	3,3
Agosto	13	8,9	3,5
Septiembre	19	8,3	3,6
Octubre	18	10,4	3,0
Noviembre	19	9,3	3,2
Diciembre	17	9,0	3,4
		<u>Promedio</u>	<u>3,5</u>

Tabla 8 – Frecuencia promedio de las precipitaciones

5.5 CAPTACIÓN

Se denomina huella pluvial o ‘roof footprint’ de una cubierta (ver Figura 7) al área efectiva delimitada por la cubierta superior de una edificación cerrada o semi-cerrada capaz de captar el agua de lluvia. En otras palabras, es el área resultante de la proyección de la superficie techada sobre un plano horizontal a esta, sin importar la pendiente o inclinación de la misma. Es menester sólo contabilizar aquellas partes de la superficie donde sea posible capturar el agua escurrida.

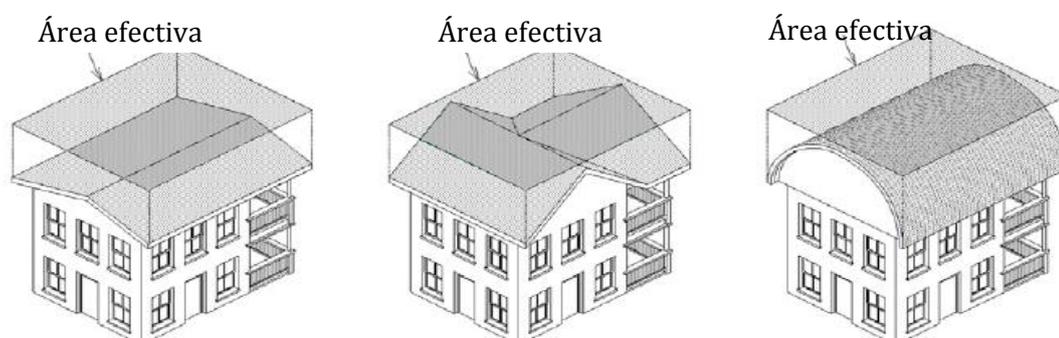


Figura 7 - Ejemplos Áreas de recolección de diferentes cubiertas²⁴

²⁴ The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 3^{ra} edición 2005

Aún cuando la superficie disponible de captación esté perfectamente delimitada, aparecen factores exógenos que inducen a ineficiencias que tienden a reducir la capacidad de recolección en un instante dado. Algunos de los factores más importantes son mencionados en la tabla a continuación:

Agente	Causa	Efecto
<i>Viento mayor a 20 kph.</i>	Diferencia de presión en la atmósfera	Lluvia intermitente. Caída no homogénea. Favorece la evaporación en superficie.
<i>Construcción lindera en altura</i>	Viviendas o edificios comerciales e industriales de mayor altura	Dependiendo de la orientación del viento y la edificación, puede significar una reducción de la huella efectiva de la cubierta (ver <i>Figura 8</i>).
<i>Vegetación circundante</i>	Árboles o arbustos con follaje por sobre la cubierta	Existe un re-direccionamiento del agua fuera del área de recolección. Puede ser tanto por goteo del tronco como por efecto del viento sobre el follaje.
<i>Rugosidad de la cubierta</i>	La superficie techada no es suficientemente lisa y presenta poros visibles	El agua retenida en los poros tiende a perderse por efecto de la evaporación.
<i>Desborde de las vías de drenaje</i>	El caudal de agua recolectada supera la capacidad de los conductos aliviadores	Parte del agua caída en la cubierta es cedida hacia las áreas los terrenos o edificaciones contiguas. La ineficiencia puede incrementarse por efecto de salpicadura.
<i>Canaletas o ductos de recolección</i>	La superficie desagua parcialmente en las canaletas y parte sobre el terreno	La capacidad se reducirá en forma proporcional a la cantidad de metros perimetrales sin un medio de contención del agua escurrida desde la cubierta

Tabla 9 - Factores que reducen el área de captación



Figura 8 - Reducción del área de captación por efecto del viento

El caso contrario se produce cuando por ejemplo se genera un exceso en la capacidad de recolección por la incorporación de agua no atribuible a la huella pluvial de la edificación en cuestión.

Agente	Causa	Efecto
<i>Desagüe irregular</i>	La canaleta de una estructura que por diseño desagua en la propiedad contigua	El desagote fuera de reglamentación puede inducir a variaciones por exceso no contempladas originalmente en nuestra capacidad de recolección
<i>Edificación en altura adyacente</i>	Las paredes de la o las construcciones adyacentes a la propiedad	Se incrementa la capacidad de captación por el aporte que produce el escurrimiento de agua desde las paredes que están por encima del nivel de nuestra superficie

Tabla 10 - Factores que incrementan el área de captación

En la teoría podríamos calcular la cantidad de agua disponible por unidad de superficie, como los milímetros de agua caídos en un intervalo de tiempo multiplicado por los metros cuadrados de la cubierta. No obstante, en la práctica parte del agua caída se pierde por alguno o la combinación de varios de los factores enumerados antes. Es por ello que al momento de determinar la oferta de agua para una región como la del AMBA, se deben tomar en cuenta las ineficiencias inherentes. La mayoría de los instaladores y concededores sobre las distintas variantes de SCALL estiman una eficiencia de captura entre

el 75% y 90%. En invierno esta tiende a ubicarse en el espectro superior debido a que se inducen menos pérdidas por evaporación producto de las menores temperaturas.

A los fines de mantener una postura más bien conservadora adoptaremos para nuestros cálculos una eficiencia de recolección del 80%.

5.6 REGISTROS Y CÁLCULOS DE LAS PRECIPITACIONES

En una primera aproximación, como ya hemos visto en el análisis de la oferta de agua de lluvia para diferentes áreas del AMBA, el promedio anual promedio oscila entre los 950 y 1.250 mm de agua. Registros pertenecientes al periodo 1961 a 1990 provistos por la Organización Meteorológica Mundial convalidan lo expuesto anteriormente y revelan que el promedio histórico de lluvias para la región de la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores ronda los 1215 mm, aunque hay años más secos como el 2011 donde el volumen no alcanzó los 900 mm. Las precipitaciones de agua se reparten en 101 días a lo largo del año, como se muestra en la tabla a continuación:

Mes	Temperatura media °C		Lluvia total media (mm)	Días promedio de lluvia
	Mínima	Máxima		
Ene	20,4	30,4	121,6	9
Feb	19,4	28,7	122,6	9
Mar	17	26,4	153,9	9
Abr	13,7	22,7	106,9	9
May	10,3	19	92,1	8
Jun	7,6	15,6	50	6
Jul	7,4	14,9	52,9	7
Ago	8,9	17,3	63,2	8
Sep	9,9	18,9	77,7	7
Oct	13	22,5	139,3	10
Nov	15,9	25,3	131,2	10
Dic	18,4	28,1	103,2	9
Anual	13,5	22,5	1215	101

Tabla 11 - Relevamiento de la OMM (1961-1990)

Para determinar el volumen de agua caído de forma más precisa se recurrió a la información suministrada por el sistema de medición de precipitaciones de la estación meteorológica de Olivos, en la provincia de Buenos Aires [Latitud: 34° 30' 10" S; Longitud: 58° 30' 10" W; Altura: 10 msnm o metros sobre el nivel del mar]. Allí se emplean pluviómetros análogos y digitales para la captación y medición del agua de lluvia caída diariamente. Estos son dispositivos con forma cónica o de embudo para una mejor captación de agua. A su vez están equipados con un recipiente colector graduado. A fin de evitar distorsiones durante la medición por salpicado, con frecuencia el recipiente es colocado a una distancia prudente del suelo en un área libre de vegetación;

especialmente de aquella que contenga follaje de gran altura. La elección de esta fuente de información está fundada sobre 3 aspectos centrales:

- ✓ La representatividad de los datos a la región de estudio
- ✓ El alto grado de detalle del estado meteorológico al momento del evento
- ✓ El libre acceso a datos históricos de la región

A fin de ponderar cualquier variación abrupta interanual, para el análisis de la disponibilidad de lluvias se contempló un horizonte temporal de 10 años (2000 – 2010). Tal cual ha sido explicado anteriormente, cabe resaltar que los valores obtenidos desde la subestación en Olivos son representativos para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y sus alrededores.

En términos generales se determinó que el promedio anual de lluvias para el área del AMBA es ligeramente superior a los 1000 mm de agua. Acumulándose entre los meses de Noviembre y Marzo el 52% del total de los milímetros caídos. Presentándose un valle para la época invernal, siendo Junio el mes más seco de todos. Asimismo Enero resulta el mes con mayor caudal de precipitaciones, tal como se muestra en el gráfico a continuación:

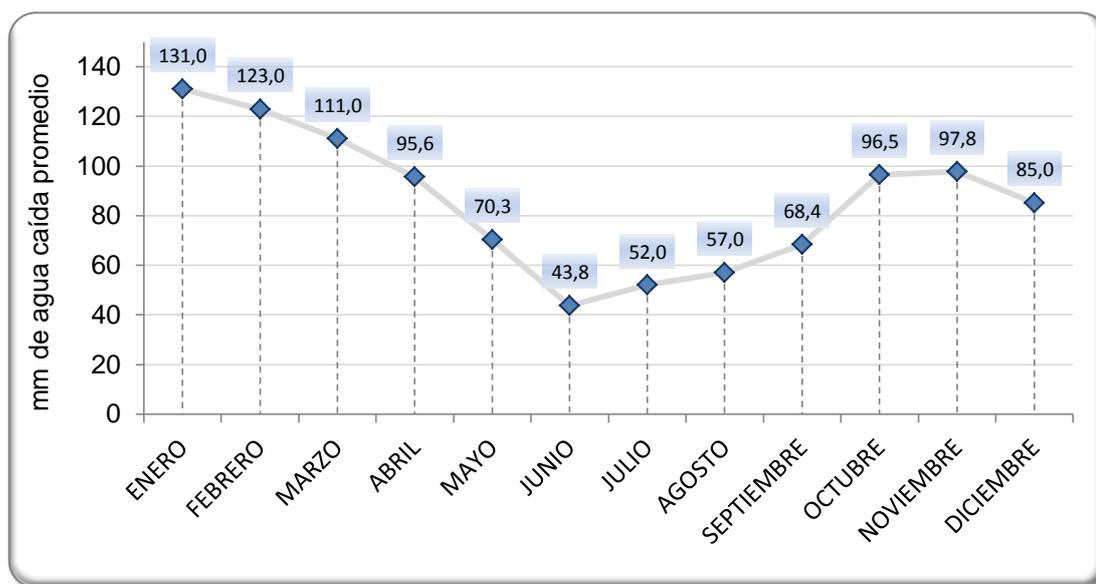


Gráfico 5 - Distribución anual de lluvias, en base a datos de 10 años - Olivos, Bs. As.

A la hora de dimensionar el sistema de captación, además de examinar cuáles serán los usos principales del agua, es necesario precisar la oferta real de agua durante el año. Para tal fin existen 2 métodos u opciones de cálculo bien difundidos entre los instaladores del SCALL:

- 1- **Método de los promedios:** consiste en tomar los valores históricos de un mes en particular durante distintos años y determinar la oferta en función del promedio lineal de dichos meses. En dicho caso, y tal como se manifiesta en el gráfico anterior, la oferta real de agua de lluvia para el AMBA es de 825 milímetros anuales:

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL [mm]
131,0	123,0	111,0	95,6	70,3	43,8	52,0	57,0	68,4	96,5	97,8	85,0	1031
Al 80% de eficiencia												825

Tabla 12- Oferta de lluvia según método de los promedios

- 2- **Método de la mediana o método conservador:** surge del caudal pluvial del punto medio de los totales históricos para un mes determinado. En otras palabras, se toman los registros históricos mensuales del universo total de años bajo estudio. Posteriormente se ordenan los meses de menor a mayor según el volumen de lluvias y finalmente se opta por aquella combinación de meses para la cual en el 50% de los casos el nivel de lluvia fue menor y en el otro 50% fue superior. Para esta metodología la cantidad de agua obtenible resulta en 793 milímetros anuales:

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL [mm]
125,1	98,3	103,5	91,7	50,2	44,3	49,0	49,1	82,3	92,2	104,2	102,1	992
Al 80% de eficiencia												793

Tabla 13 - Oferta de lluvia según método de la mediana

La segunda metodología de cálculo tiende a arrojar valores más representativos sobre la cantidad de agua que se finalmente se termina obteniendo en la práctica. De aquí en adelante, y manteniendo la postura conservadora, adoptaremos para la oferta neta de agua de lluvia en el AMBA un valor equivalente a 793 milímetros anuales. Es decir, milímetros con posibilidad de ser captados. La distribución mensual queda conformada como se muestra en el gráfico siguiente.

Mes	mm
ENERO	100
FEBRERO	78,4
MARZO	83,2
ABRIL	73,6
MAYO	40
JUNIO	35,2
JULIO	39,2
AGOSTO	39,2
SEPTIEMBRE	65,6
OCTUBRE	73,6
NOVIEMBRE	83,2
DICIEMBRE	81,6
TOTAL	793

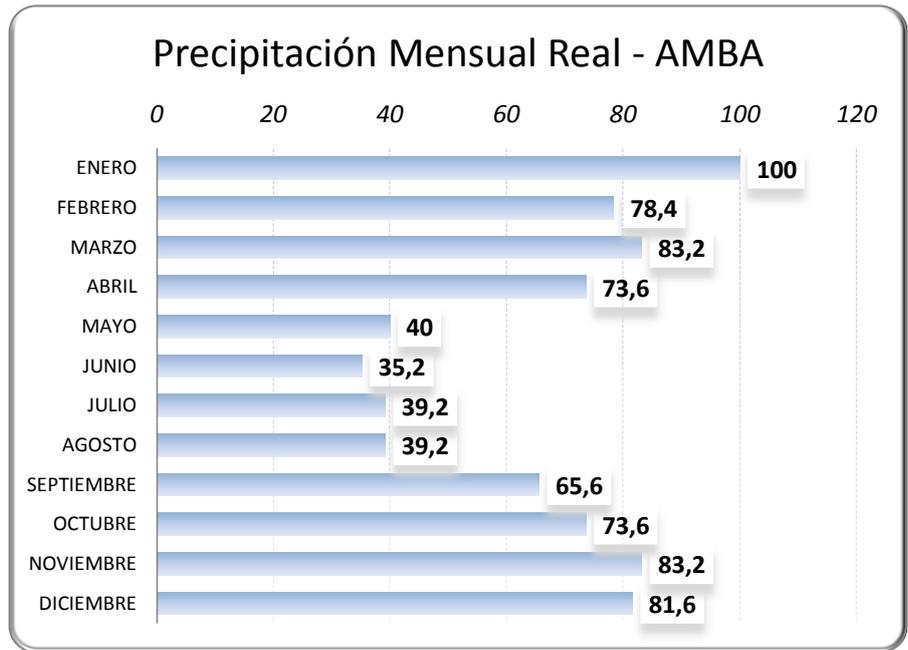


Gráfico 6 - Milímetros mensuales AMBA

6. DEMANDA

El recurso agua ha sido y es un componente irremplazable para el progresivo desarrollo de la humanidad. Generalmente en una ciudad, pocas veces conocemos el verdadero origen de los recursos básicos que empleados para nuestra supervivencia. Por ejemplo, estamos acostumbrados a conseguir la comida en el mercado o en tiendas de autoservicio, el gas es posible comprarlo envasado a los camiones distribuidores o nos llega a través de la red de tuberías, y lo mismo pasa con el agua que simplemente sale al abrir la llave del grifo. Sin embargo, cuando nos encontramos que el agua no sale, recurrimos inmediatamente a algún especialista para que resuelva el problema²⁵. En la mayoría de los casos es recién en esta instancia cuando tomamos conciencia del valor consustancial del recurso.

6.1 USOS DEL AGUA

El consumo directo de agua apta para consumo humano diario supone acceder al menos a 5,5 litros llegando así a cubrir únicamente las exigencias fisiológicas más básicas. En cuanto a la cantidad de agua necesaria para la preparación de comidas, considerada fundamental, hay estimaciones que consideran necesarios un mínimo de 2 litros de agua al día²⁶. Según estudios del Pacific Institute, la dotación mínima de agua para la vida en condiciones climáticas moderadas y en correspondencia con una actividad física media es de 55 litros diarios por persona:

Uso	Litros por día
Bebida	5
Servicios de saneamiento	25
Higiene	15
Preparación y cocción de alimentos	10
TOTAL	55

Tabla 14 – Dotación mínima de agua por día

Nuestra cultura no se destaca por llevar a cabo un uso estrictamente racional del agua. Con frecuencia acostumbramos a un nivel de vida donde se utiliza el agua potable para situaciones que van más allá de nuestras necesidades básicas. Habitualmente empleamos el agua potable para lavar nuestro automóvil, para llevar a cabo la limpieza de veredas y terrazas, el riego de plantas y jardines, entre otros. En parte esto es explicado por el excesivo congelamiento de las tarifas y la falta de inversiones a lo largo de los años en

²⁵ Fuente la web; “El consumo de agua en porcentajes”, 2005

²⁶ Valores extraídos del libro de Jesús Serrano Alonso; “Proyecto de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en Togo”

materia de medidores de consumo de agua potable; puntualmente en aquellas áreas residenciales con servicio de suministro de agua de red.

Se entiende por consumo doméstico de agua por habitante, a la cantidad de agua que dispone una persona para sus necesidades diarias de consumo, aseo, limpieza, riego, etcétera. Normalmente se mide en litros por habitante por día. El valor de consumo doméstico reviste de gran utilidad por ser éste un valor representativo de las necesidades y el consumo real de agua dentro de una comunidad o población. Y por consiguiente, refleja también en parte el nivel de desarrollo económico y social²⁷.

Hay estimaciones para la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores, en relación a los volúmenes de agua potabilizada, que señalan un consumo promedio por habitante de 600 litros por día. En contraposición a los valores recién señalados, según datos que difunden las Naciones Unidas, el Banco Mundial y la Organización Mundial de la Salud, la ración de agua potable recomendada por persona en el día se encuentra entre 75 y 100 litros. En España actualmente, el consumo medio diario es algo inferior a 170 litros por habitante, asimismo Suiza ostenta uno de las tasas europeas de consumo más altas con un promedio de 250 litros diarios.

6.2 TIPOS DE USOS

La reglamentación vigente en el código de aguas, reconoce los siguientes tipos de uso para el agua:

- a- Abastecimiento de agua potable
- b- Uso agropecuario
- c- Uso industrial
- d- Uso recreativo, deportivo y de esparcimiento
- e- Uso energético
- f- Uso de aguas con propiedades terapéuticas, medicinales y termales o vapor de agua
- g- Uso minero
- h- Uso piscícola
- i- Flotación y navegación

En términos de la demanda de agua de tipo urbano, dispondremos de la clasificación en 2 grandes grupos:

- Extractivo o consuntivo
- No extractivo, in situ o no consuntivo.

El primer grupo de la clasificación, representado por el uso consuntivo, se refiere a la extracción o consumo de agua desde el lugar de origen ya sea de agua proveniente de ríos, lagos o cursos de agua subterráneos. El uso no consuntivo o no extractivo se corresponde con aquel que se desarrolla en el

²⁷ "El consumo de agua en porcentajes"; la web 2005

ambiente natural de la fuente de agua pero que no incurre en extracción o consumo real del recurso. A continuación siguen algunos ejemplos de usos no extractivos asociados a necesidades antropogénicas y características ambientales:

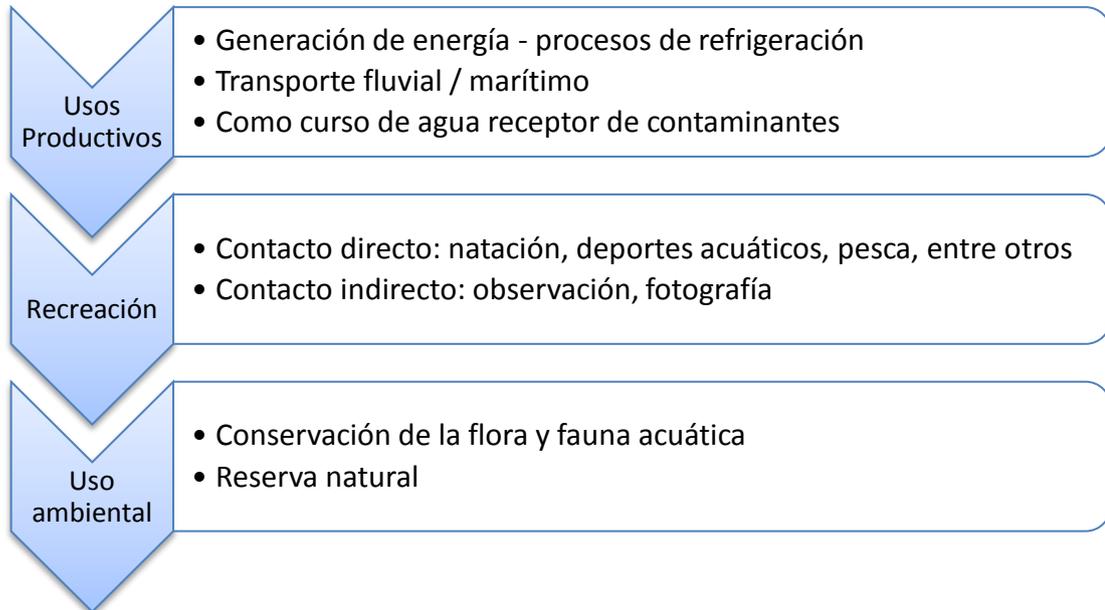


Figura 9 - Ejemplos de usos no extractivos

Sin embargo, nos enfocaremos en la demanda generada por usos extractivos o consuntivos ya que es el objetivo del análisis hacer hincapié sobre el consumo real del recurso durante nuestras actividades cotidianas. Este uso abarca la utilización del agua a nivel doméstico, comercial o municipal; así como también el uso de agua en diversas industrias, para la agricultura, minería y ganadería. En el marco de la población y las actividades que se llevan a cabo en el ámbito del área metropolitana de Buenos Aires, el estudio de la demanda estará focalizado fundamentalmente sobre la rama del consumo doméstico, y en menor medida sobre la rama comercial e industrial de la clase I que emplea el agua únicamente para usos ordinarios.

El consumo de agua es una variable que presenta cierto grado de estacionalidad, con picos para los meses de mayor temperatura y decrecimiento en la época invernal. Asimismo, en algunos casos se evidencia cierta injerencia de la clase socio-económica en el consumo de agua per cápita. Los índices más elevados de consumo se acentúan por lo general en las sociedades que perciben mayores ingresos y en países con mayor índice de inversión en infraestructura. Por ejemplo, países como Estados Unidos, Canadá y Australia tienen índices de consumo promedio per cápita que superan en al menos el 30% de la demanda per cápita de la OECD²⁸ - Organisation for Economic Co-operation and Development. Organización integrada

²⁸ Cálculo en función de los datos provistos en la misión de la OECD; vigente abril de 2012

por 14 países, incluidos los 3 anteriores, cuya misión es la de proveer políticas económicas y de bienestar social alrededor del mundo.

Independientemente del desarrollo social y económico de un país, la ubicación geográfica, ergo la disponibilidad de agua dulce per cápita, juega un papel central en el consumo final del recurso en cuestión. Un caso interesante se da en varias partes del continente europeo. A pesar de estar inmerso en un clima semi-húmedo, la oferta de agua por habitante es limitada dada la alta densidad de población. Ésta es inferior al valor promedio de la OECD²⁹ que es de 920 m³ por habitante por año.

En los grandes centros urbanos, los usos domésticos consuntivos de agua puede a su vez clasificarse en; usos primarios o complejos y usos secundarios o simples. Por uso primario entendemos al empleo del agua para aquellas actividades relacionadas con el consumo directo, el aseo personal o que exigen que haya contacto directo con los alimentos. Para todas las actividades restantes nos referiremos a un uso de tipo secundario o simple. En la siguiente tabla se resumen algunos ejemplos de estos 2 tipos de consumo:

USOS PRIMARIOS	USOS SECUNDARIOS
<ul style="list-style-type: none"> - Utilización directa para consumo personal - Lavado de utensilios de cocina - Aseo personal (lavabo, ducha o bañera) - Lavado y cocción de alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> - Lavado de ropa - Agua para riego plantas y jardines - Limpieza del vehículo particular - Lavado de pisos interiores y exteriores - Descarga de inodoros - Renovación del agua de piscinas - Refrigeración de equipos industriales

Tabla 15 - Tipos de usos del agua

6.3 CÁLCULO DE CONSUMOS SEGÚN EL NIVEL SOCIOECONÓMICO

Al intentar poner en números cuánta agua consumimos por día, debemos tener en claro cuáles son las actividades normales que implican un consumo, ya sea primario o secundario. Será útil también marcar una diferencia entre aquellas actividades en las que el consumo se ve alterado según las temperaturas y por ende presentan una componente de estacionalidad, de aquellas que permanecen más o menos constantes durante el año. Adicionalmente deberá contemplarse cuál es el impacto que el nivel de ingresos tiene sobre el consumo. No consumirá lo mismo un hogar de bajos ingresos que aquel que posee varios automóviles, una piscina, y una extensa

²⁹ Charts Bin "Total Water Use per Capita by Country"; extraído de Internet en abril 2012

área parquizada. Por dicho motivo segmentaremos al consumo según los distintos estratos sociales, de acuerdo a la componente socioeconómica.

En la región del AMBA vemos que se manifiestan todos los estratos sociales, desde la clase alta o económicamente más beneficiada, pasando por la clase media, hasta los habitantes de barrios de pocos recursos y aquellos que viven en zonas carenciadas o villas en condiciones lamentables. Por definición se puede calificar a una persona o familia como 'pobre' cuando su nivel de ingresos sea inferior al señalado por la línea de pobreza. Dentro de la escala socioeconómica más baja, también es posible distinguir entre aquellas personas indigentes que no alcanzan a cubrir sus necesidades fisiológicas más básicas.

Contemporáneamente existe otro indicador que relaciona la situación de hacinamiento de un hogar con el nivel de pobreza. Éste se conoce como coeficiente de Personas Por Cuarto o PPC³⁰. Salvo excepciones, mientras más alto sea el índice será indicativo de un nivel socioeconómico – habitacional más bajo.

$$PPC = \frac{\text{cantidad total de personas en el hogar}}{\text{cantidad total de habitaciones o piezas en el hogar}}$$

Ecuación 4 - Cálculo del coeficiente de hacinamiento

Este indicador ha sido incluido en el Censo 2010 a nivel nacional y en particular para el área que nos interesa. A los fines prácticos del análisis definimos 3 tipos de clases o segmentos en función de la escala del coeficiente PPC:

- ✓ **Clase A:** representando a la escala social más alta o de mayor poder adquisitivo que habitan en grandes casas de una o más plantas.
- ✓ **Clase B:** en concordancia con la clase media de la sociedad. Posee viviendas amplias y confortables con uno o más dormitorios. Este segmento contempla por ejemplo el caso de una pareja que habita en un mono ambiente o en una vivienda con 2 ambientes.
- ✓ **Clase C:** se corresponde con el escalafón social de bajos recursos. Posee viviendas de material sin grandes lujos.
- ✓ **Clase D:** abarca aquellos puntos de la región en lo que las condiciones de habitabilidad son de precariedad extrema. Son por lo general barrios muy humildes o villas miseria donde priman las construcciones improvisadas.

³⁰ Datos provistos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, cualquier variación con estimaciones privadas tendrá un impacto directo sobre los cálculos aquí se exponen.

Personas por cuarto	Clase
hasta 0,50	A
0,51 - 0,99	B
1,00- 1,49	B
1,50 - 1,99	B
2,00 - 3,00	C
Más de 3,00	D

Tabla 16 - Clases según el índice de ocupación habitacional

Los valores expuestos toman en cuenta tanto a hogares en los que habita una familia como aquellos en los que viven 2 o más familias por edificación. En primer lugar se exhibe la distribución del índice PPC correspondiente a la Ciudad de Buenos Aires:

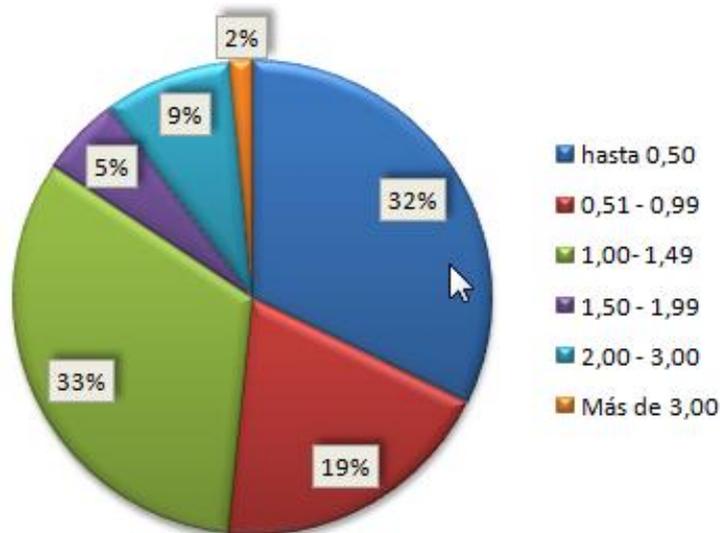


Gráfico 7 - Índice PPC para la C.A.B.A. según Censo 2010

De acuerdo a lo manifestado en gráfico precedente el 57,6% de los hogares en la Ciudad de Buenos Aires pertenecería a la clase B y alrededor del 10% a las clases C y D. Un dato llamativo es que alrededor de la tercera parte de los hogares se encuentran en el intervalo más alto o clase A, dando cuenta de la situación habitacional de la ciudad; superior a la que encontramos en la GBA. Por otro lado el panorama habitacional y socioeconómica en los distritos del Gran Buenos Aires es el siguiente:

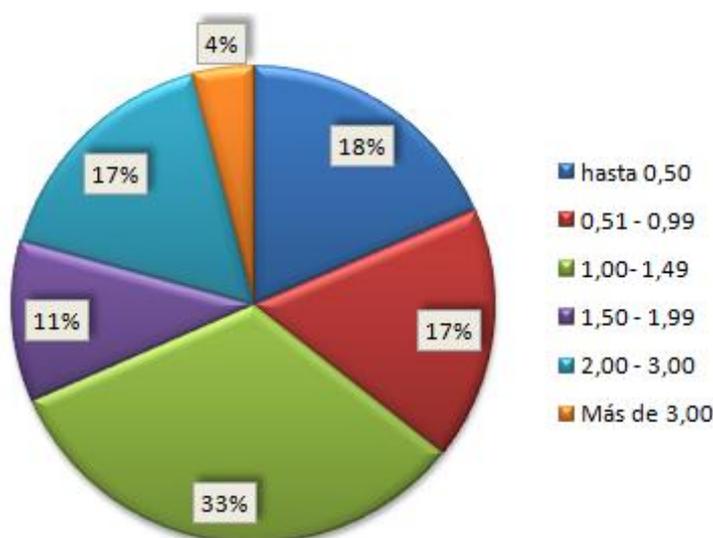


Gráfico 8 - Índice PPC para el GBA según Censo 2010

La clase de medios recursos o clase B se mantiene aproximadamente en los mismos valores que para la CABA, en torno al 60,8%. El mayor cambio se produce en los estratos sociales extremos. Se nota un incremento sustancial de la clase C y D superando en su conjunto al 20% y una consistente disminución del porcentaje de la clase A. Del 32,3% en la CABA baja al 18,5% en el GBA.

Paralelamente, cabe resaltar el gran contraste existente entre las 2 áreas geográficas del AMBA en relación al tipo de construcción. La Ciudad Autónoma de Buenos Aires presenta por un lado, un predominio de construcciones en altura o departamentos; al mismo tiempo que el Gran Buenos Aires se caracteriza por tener en su mayoría propiedades de tipo horizontal o casas de pocas plantas. Algunas variables que explican esta diferencia son el atraso en el desarrollo urbano del GBA y la sobre concentración de las principales actividades comerciales y financieras en el macro y micro centro de la ciudad. A todo esto se le adicionan grandes deficiencias en los servicios de transporte urbanos y una fuerte valorización de los terrenos en general.

Evaluar los factores antes enunciados es crucial a la hora de desarrollar un análisis profundo sobre la aplicabilidad de un sistema recolector de agua pluvial. A mayor densidad poblacional la superficie efectiva de captación por habitante es menor, lo cual repercute negativamente en la factibilidad de la aplicación. En resumen, la distribución general del índice PPC para el AMBA, queda configurada de manera que se contrarrestan los efectos de las clases extremas de los 2 territorios; la ciudad versus el GBA. Un porcentaje superior al 70% se ubica con PPC's inferiores a 1,5.

Personas por cuarto	Clase	% Hogar
hasta 0,50	A	22,4%
0,51 - 0,99	B	17,8%
1,00- 1,49	B	32,8%
1,50 - 1,99	B	9,4%
2,00 - 3,00	C	14,4%
Más de 3,00	D	3,3%

Tabla 17 - Distribución de las clases socioeconómicas del AMBA

6.4 CONSUMO EN HOGARES PERTENECIENTES A LA CLASE A Y B

Según un informe de la ex concesión privada de agua potable y cloacas para la región del AMBA, Aguas Argentinas (2004), la presión habitual de la red de agua potable ronda alrededor de los 10 m.c.a.³¹ en el 32% de los casos. Está fijada por el marco regulatorio de los concesionarios una presión de 10 m.c.a. en la llave de paso en el punto anterior al ingreso del domicilio. Podemos decir entonces que la presión en general oscilará en torno a este valor permitiendo el abastecimiento de agua en casas y edificios bajos sin la necesidad de adicionar dispositivos de bombeo. En los casos en los que la edificación cuente con una cisterna de almacenamiento de agua, la presión estará dada por la columna de agua menos las pérdidas desde el tanque hasta los puntos de consumos (grifos, artefactos sanitarios, etcétera).

Se recomienda y se emplea por lo general una presión a la salida de las instalaciones de entre 3,5 y 4 m.c.a. En un grifo sin gasto de aire o salida de unos 10 mm de diámetro, esta presión representa una descarga de entre 0,09 y 0,13 litros por segundo; un dato no menor si evaluamos el volumen neto de agua que realmente usamos al momento de abrir el grifo. Por ejemplo, para una vivienda estándar compuesta de un baño, una pileta de lavar y una de lavar, el gasto total puede rondar en 1,5 grifos en simultáneo. Si cada grifo consume alrededor de 0,1 l/s, entonces el caudal o consumo será de 0,20 l/s.

Según diversos estudios globales, se establece un consumo patrón recomendado de 850 litros diarios de agua potable para una familia tipo de 4 personas³². Es decir, se pondera el consumo relativo de un individuo en unos 250 litros diarios, y se toman 200 litros adicionales por cada miembro extra que habita en la propiedad. Registros de AySA sugieren un consumo bastante mayor, superando los 600 litros por habitante por día para algunos puntos de la

³¹ Un m.c.a. o metro de columna de agua equivale a una presión de 9806,65 Pascal, equivalente a 0,0968 atm.

³² Según datos provistos por la Dirección General de Estadísticas y Censos del Ministerio de Hacienda del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, en 2001 la mujer tenía en promedio 2,0 hijos. Este valor se presenta una leve baja en los últimos tiempos. En las décadas pasadas el promedio se mantenía en los 2,2 hijos por mujer.

Ciudad Autónoma de Buenos Aires si se toma la producción sobre la cantidad de habitantes. En dicho caso el consumo real de agua se ve distorsionado parcialmente ya que se pondera el consumo propio de los habitantes en sus hogares junto con algunos consumos especiales, y se le adicionan las pérdidas propias de la deficiente red de distribución sin hacer ningún tipo de diferenciación.

Para arribar a un valor más exacto tomemos como ejemplo el consumo de dos de los barrios económicamente mejor posicionados de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Puerto Madero y Barrio Parque. Allí el costo promedio bimestral por el servicio de agua residencial resultó igual a 144 pesos argentinos ³³. Si bien los 2 barrios poseen estilos arquitectónicos completamente opuestos, el primero con un porcentaje de casas prácticamente nulo, con predominio de edificios, y el segundo con más casas que departamentos; podemos estimar el consumo promedio por habitante:

Costo bimestral promedio	\$ 144
Impuestos	
- <i>Alicuota ERAS/APLA</i>	2,67%
- <i>IVA</i>	21%
Total libre de impuestos	\$ 116,44
Cargo fijo representativo	- \$ 50
Costo variable total	\$ 66,44
Costo variable x m³	\$ 0,6566
Consumo promedio en m³	101,2
Litros diarios per cápita*	421,6

*Familia tipo de 4 personas; 1 bimestre = 60 días

Tabla 18 - Consumo residencial C.A.B.A.

El cargo fijo utilizado en los cálculos depende de factores como los metros cuadrados construidos, el área geográfica de la residencia, la superficie del terreno, tipo de edificación y un coeficiente de oferta. El valor sugerido es estimativo del promedio general.

Otros estudios aportan estimaciones que señalan consumos per cápita promedio para nuestro país de unos 400 litros por día. Este autor por su parte, registra un consumo residencial promedio per cápita de unos 196 litros por día tomando para su cálculo los valores declarados en las facturas de agua bimestrales 2010/11. El nivel de consumo, en m³, fue registrado a partir de un medidor del concesionario AySA y el coeficiente PPC del hogar es de 1,5 personas por cantidad de cuartos.

De acuerdo a los valores de consumo ya expuestos, y promediando los valores máximos y mínimos encontrados de diversos estudios, se tomará un

³³ Diario La Nación; suplemento Economía & Negocios; 26 de noviembre de 2011

valor medio de consumo para la clase A de **335 litros diarios** per cápita. Del mismo modo y estableciendo estimaciones más conservadoras, para la clase B se opta por un valor equivalente al 55% del consumo de A. En otras palabras, un consumo por habitante de **185 litros diarios**; valor que está próximo al consumo medio de los sistemas que operan con medidores particulares en ciudades como Santa Fe (180 litros diarios). Esta reducción del consumo se ve en parte explicada en la mayoría de los casos por la carencia de piscinas, reducción del tamaño de jardines, menos baños por vivienda, hábitos de consumo más conservadores, entre otros. De esta manera nos posicionamos sobre un valor más realista y menos sesgado hacia los grandes volúmenes de agua de solo una pequeña parte de la población; generalmente aquella parte con un nivel socioeconómico más alto. Ciertamente un análisis más minucioso dará cuenta de la existencia de casos puntuales en los que su clase no se condice con el nivel de consumo propuesto, tanto por exceso como por defecto. Lo que se pretende en este trabajo es trabajar en torno a valores medios estimativos de la población del AMBA en general.

Para un mejor entendimiento del consumo de agua diario, analizaremos brevemente cuáles son las fuentes principales de consumo de agua según ocurran dentro o fuera de una vivienda o propiedad horizontal.

6.4.2 INDOOR O PUERTAS ADENTRO

Diversos estudios desarrollados en los grandes centros urbanos de América del Norte (Estados Unidos y Canadá) estiman que en promedio alrededor del 42% del agua consumida corresponde al consumo interno, dejando el 58% restante para actividades fuera de la vivienda. Adoptaremos para nuestro estudio una serie de valores similares con conocimiento de que existen algunos factores como la seguridad y el tamaño de las parcelas de tierra, que inclinan la balanza hacia un mayor consumo dentro de la vivienda. Además se contempla la componente estacional que también tiene una fuerte incidencia sobre el consumo puertas adentro. Por simplificación del análisis mantendremos las proporciones del tipo de consumo divididas en 2 periodos a lo largo del año:

- Época estival o de temperaturas altas
- Época invernal o de temperaturas bajas

Tipo de consumo	Periodo estival (Octubre – Marzo)		Periodo invernal (Abril – Septiembre)	
	Clase A	Clase B	Clase A	Clase B
Puertas adentro	55%	70%	65%	80%
Puertas afuera	45%	30%	35%	20%

Tabla 19 - Tipos de consumo según la época del año

De este cuadro se desprende por ejemplo que la clase B consume el 70% de la cuota diaria de agua puertas adentro durante el periodo estival y el 80% durante los meses más fríos. Asimismo la cantidad que se consume en litros por día también varía sustancialmente según la estación del año. Este punto se analizará unas secciones más adelante.

Tomemos que en promedio durante el año, la clase A utiliza unos 200 litros y analicemos el consumo puertas adentro según actividades.

	Litros	
Ducha - Bañadera	48,2	24,1%
Inodoro	75	37,5%
Lavabo - Pileta de lavar	29	14,5%
Lavarropas	30	15,0%
Lavaplatos	2,8	1,4%
Alimentos y otros	5	2,5%
Pérdidas	10	5,0%
Total Consumo Indoors	200	

Tabla 20 - Distribución de consumos internos

✓ Ducha / bañadera

El consumo de agua asociado a la higiene personal del cuerpo es muy relativo. Una ducha breve puede insumir entre 40 y 50 litros, pero fácilmente podemos llegar a consumir entre 90 y 100 litros si nos descuidamos. En gran parte, los valores dependen del tipo de instalación sanitaria en uso y si posee algún dispositivo de ahorro de agua. Por su parte, un baño de inmersión en una bañadera puede demandar unos 250 litros de agua potable.

✓ Inodoro

Es difícil fijar un volumen de agua certero ya que éste se correlaciona directamente con la modalidad de uso que le damos a este artefacto sanitario y sus características. La cantidad de agua dependerá del tipo de tanque o mochila del inodoro y de si el dispositivo de accionamiento del paso de agua, permite cortar el flujo antes de producirse la descarga total. Las instalaciones antiguas por lo general albergan entre 18 y 25 litros, mientras que las más modernas almacenan entre 12 y 14 litros o incluso menos. Se estima que en promedio en cada descarga utilizamos entre 14 y 16 litros³⁴ y que a lo largo de un día realizamos entre 5 a 6 descargas empleando alrededor de 80 litros. En la actualidad existen dispositivos que poseen válvulas de descarga de paso intermedio que permiten una reducción del consumo de agua del 50% dado que la modalidad de descarga permite que sea ajustada en función de las necesidades del usuario.

³⁴ Fuente AySA

✓ Lavabo – pileta de lavar

Los principales usos son el aseo personal, afeitado, lavado de manos y cepillado de dientes, lavado de platos y alimentos. En aquellas viviendas con lavadero también se utiliza una pileta en paralelo para lavar parte de la ropa o elementos de limpieza del hogar. Aproximadamente el 15% (29 litros per cápita por día) del agua potable puertas adentro se consume en el lavabo y en la/las piletas de lavar. A un ritmo de 0,1 litros/seg, lavarnos los dientes sin cerrar el grifo insumirá unos 6 litros en tan solo 1 minuto. El consumo neto en este artefacto presentará una amplia dispersión según los hábitos y costumbres de cada usuario.

✓ Lavarropas

Los consumos también varían según el programa elegido y según el modelo y tipo de lavarropas. Hoy en día, existe una mayor conciencia sobre el recurso agua y normas internacionales más rigurosas, lo que obliga a los fabricantes de electrodomésticos a ofrecer en el mercado productos cada vez más eficientes en cuanto a consumo de agua y electricidad. Resulta común poder seleccionar entre lavados a tambor lleno o a medio llenar. Podemos dividir al gasto en:

- Lavarropas de eje vertical: 130 a 180 litros/ciclo
- Lavarropas de eje horizontal: 90 a 120 litros/ciclo

En promedio se estima un gasto per cápita de 30 litros diarios en concepto de lavado de ropa.

✓ Lavavajillas

Su utilización no se observa para la mayoría de los consumidores de agua, en particular de la clase B, ya que es un dispositivo lujoso y por lo tanto no esencial para la vida diaria urbana. Sin embargo, cabe destacarlo como una posible fuente de consumo. Dependiendo del programa de lavado que se ejecute es que se definirá el gasto de agua final. Para un ciclo corto de lavado se utilizarán alrededor de 25 litros. Asimismo aquellos programas de lavado más exhaustivos requerirán hasta 60 litros por ciclo. En aquellas residencias que dispongan y empleen lavaplatos, el consumo estimado representa algo menos del 2% del total consumido puertas adentro.

✓ Alimentos y otros:

La porción restante se debe al agua empleada para otros usos domésticos como puede ser la cocción de alimentos, la limpieza de pisos y ventanas, entre otros. En la práctica estas actividades sólo representan alrededor del 2,5% del gasto total.

6.5 PÉRDIDAS - INEFICIENCIAS

Existe un tipo de consumo adicional de tipo indirecto que está estrechamente asociado a deficiencias en los sistemas de distribución y/o artefactos sanitarios (ej. una canilla que gotea puede llegar a desperdiciar 46 litros por día), así como también con el uso inadecuado de los recursos. Sin ir más lejos se estima que la tasa de ineficiencias por pérdidas, fugas y conexiones clandestinas en las redes de suministro de agua potable en Buenos Aires supera en su conjunto el 30%. Las pérdidas a nivel residencial se estiman en torno al 5 - 8% sobre el total de agua utilizado puertas adentro. De todas formas es un valor estimativo el que se señala, pues dependerá en cada caso si se registran o no pérdidas en la vivienda. Los casos más comunes son las pérdidas por mal cierre de canillas por grifería en malas condiciones, o flujos de agua a través de flotantes que no cortan adecuadamente el suministro en sanitarios. En resumen, el gasto diario interno de agua per cápita se aproxima según la siguiente distribución³⁵:

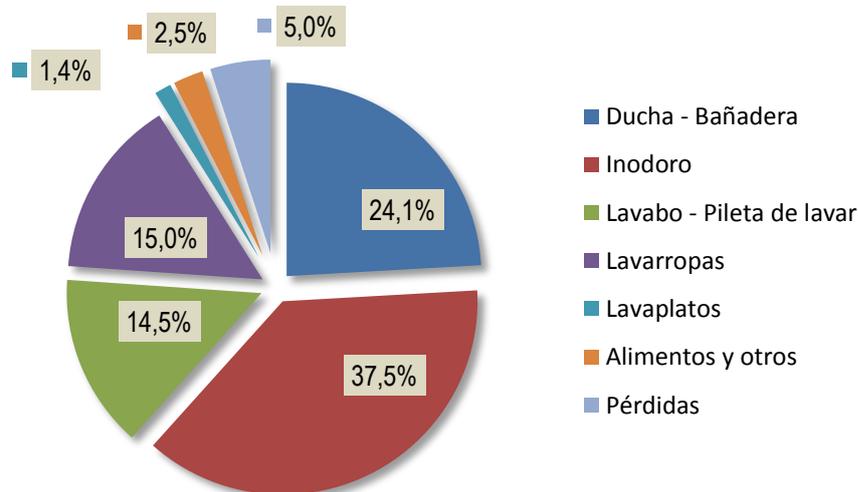


Gráfico 8 - Distribución del consumo residencial puertas adentro

6.5.2 OUTDOOR O PUERTAS AFUERA

La proporción restante del consumo residencial básicamente está asociada a los usos propios de las actividades que se desarrollan fuera de la edificación. Seguramente existen otras actividades aisladas fuera del entorno de la vivienda u oficina en estudio que involucran un consumo de agua y que no son tenidas en cuenta en este trabajo y deberán ser analizadas oportunamente.

✓ Riego

Pueden existir variaciones en la tasa de gasto de agua dependiendo del tipo de aspersor utilizado. Pese a este aspecto, el disparador real de

³⁵ Elaboración propia basado en datos del estudio de AWWA (American Water Works Association); Residential End Uses of Water; extraído de Internet en octubre de 2011.

consumo será el tiempo que permanece la válvula o llave del grifo abierta.

✓ Piscinas

Si bien las edificaciones o casas que cuentan con piscina propia representan una minoría, es importante no menospreciar el gasto de agua que éstas insumen. Debido a la amplia variedad de tamaños que existen en el mercado o que son construidas a medida, el análisis y el cálculo de consumo no puede generalizarse. A modo ilustrativo, tomemos el caso de consumo de una instalación pequeña de 2 x 4 metros de lado por 1,5 metros de profundidad durante el periodo de mayores temperaturas. En total nos representa una capacidad total de 12.000 litros para el llenado y a razón de 1200 litros (10%) semanales en concepto de renovación del agua. O sea casi 5 m³ mensuales.

✓ Lavado de la vereda o del automóvil

El análisis para en estos casos es similar al del riego en general. El gasto se correlaciona directamente con el tiempo en que dejamos correr el agua. Por ejemplo, se necesitan unos 60 litros en lavar la vereda sin cerrar la llave durante 10 minutos, equivalente a 4 baldes. O 150 litros (10 baldes) en lavar el auto sin cerrar la llave durante 25 minutos.

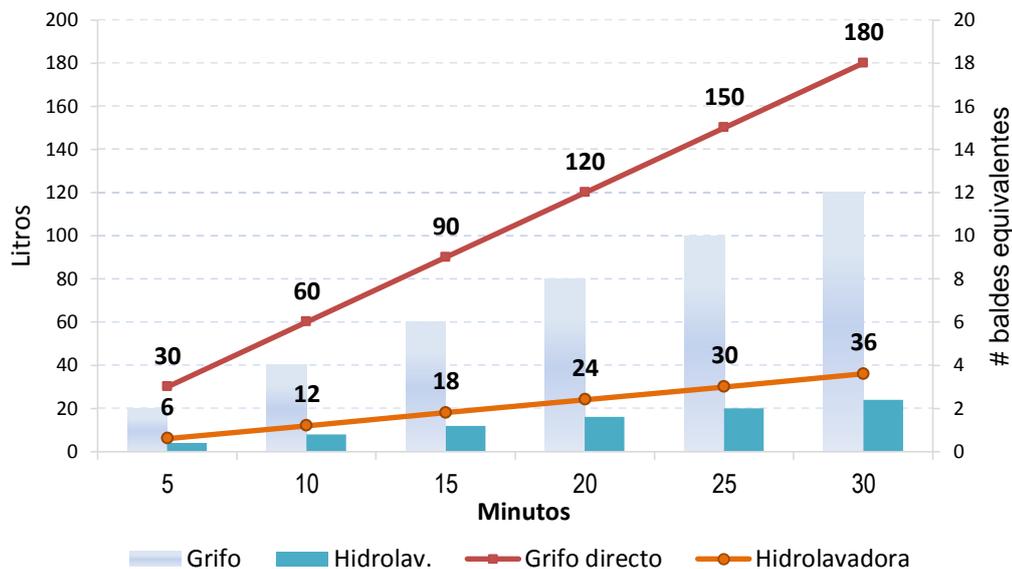


Gráfico 9 - Comparativo de consumo de agua del grifo vs hidrolavadora promedio

En términos del ahorro de agua, una hidrolavadora convencional emplea una tasa de consumo de agua 80% menor a la tasa de una canilla promedio. Como contrapartida, el mayor ahorro de agua se traduce en un fuerte consumo de energía eléctrica lo cual repercute negativamente desde el punto de vista ambiental y hasta económico. Actualmente estas tareas se tercerizan, especialmente en los sectores más pudientes. Por ejemplo, frecuentemente el lavado del vehículo se realiza en lavaderos especialmente dedicados para tal fin. Existen algunos pocos servicios de

lavado de vereda a domicilio que utilizan agua aportada directamente por el proveedor.

6.6 CLASE BAJA O CLASE C

Una parte de la población perteneciente a este estrato social carece de servicio de agua potable público. En dichos casos la adquisición del bien se realiza mediante el bombeo de agua de las napas o a través de algún servicio de aprovisionamiento periódico en cisternas de almacenamiento o a través de cooperativas. Se debe remarcar la gran incidencia de la reducción del tamaño de la residencia y el área parqueada en m² sobre la cantidad de personas que allí residen; que se concatena con una menor disposición de artefactos de lujo que demandan el uso de agua portable; ya sean piscinas, bañeras con hidromasaje, lavaplatos o en algunos casos el lavarropas.

Al efectuar una reducción porcentual de los consumos más representativos de las clases sociales de mejor posición económica, pero manteniendo la premisa de la nuestra cultura urbana convive con valores de consumo de agua altos llegamos a un valor estimado de **110 litros por día** por habitante. Equivale a una reducción del 40% respecto a la clase B. Aunque el valor pareciera ser algo elevado, no debemos olvidar que existen hábitos de consumo de agua en la sociedad citadina del AMBA como por ejemplo el ducharse todos los días, actividad que suele representar hasta un 50% del consumo en este estrato social.

6.7 SECTORES CARENCIADOS

La cobertura del servicio público de agua potable es deficiente en la mayor parte de estas áreas. En la Ciudad de Buenos Aires, en la denominada “villa 31” el nivel de hogares con conexión a la red es del 80%, en la “villa 31 Bis” el valor cae al 50%, y en la villa 20 del barrio de Lugano es del orden del 72%. Una porción menor de los habitantes de estas áreas consiguen el agua a través de canillas ubicadas fuera de la vivienda pero dentro del terreno donde se emplaza la edificación o en su defecto de canillas comunitarias. No obstante un sinnúmero de hogares, especialmente en el conurbano, extraen el agua que consumen de las napas con los riesgos que eso conlleva.

En lo referente al consumo, cabe resaltar que los usos de agua son en su mayoría exclusivos para satisfacer las necesidades humanas más básicas. Los medios de almacenamiento generales en aquellas viviendas que cuentan con estos dispositivos incluyen tanques de plásticos de reducida capacidad, 300 litros cuando mucho 500; lo que da cuenta de la marcada reducción en el consumo de agua per cápita en gran medida asociado a la caída en el nivel económico del hogar. Por tal motivo el consumo promedio adoptado en el presente trabajo para los habitantes que se encuentren en este estrato social será el equivalente al recomendado por la Organización Panamericana de la

Salud y otras entidades afines, que como ya se indicó, es de **55 litros diarios** por habitante. Dejando de lado la calidad del agua consumida, se trata de un volumen de agua fácilmente obtenible. No solo existen vías de conectarse al sistema de red de forma informal, sino que además la geografía permite la extracción de agua desde las napas con un bajo nivel de inversión.

6.8 ESTACIONALIDAD DEL CONSUMO

La demanda de agua residencial y comercial de un centro urbano como el de Buenos Aires está correlacionada con la época del año. Es decir es una variable que presenta cierta estacionalidad. Claramente el principal motor de la variación mensual de la demanda es la temperatura. En los meses cálidos del verano, cuando llueve más, empleamos mayor cantidad de agua en la higiene personal, para consumo, en el riego de plantas y jardines debido al incremento de la evaporación de agua de la tierra, o simplemente con fines recreativos. Mientras que durante los meses invernales el consumo en las clases A y B particularmente, se restringe mayoritariamente al consumo interno.

La leve caída en el consumo diario promedio de los meses de Enero y Febrero puede explicarse por la presencia del periodo vacacional que por lo general se produce en dicha época. Entre Noviembre y Diciembre se da el periodo de mayor consumo. El resto de los meses se presenta con volúmenes de consumo relativamente estables, presentando un incremento un tanto más marcado hacia Septiembre y Octubre.

A los fines de marcar la tendencia del consumo por capa social a lo largo del año, y tomando como patrón valores históricos para el consumo residencial, se adoptan los coeficientes de estacionalidad bimestral que se muestran en la tabla a continuación. Al variar éstos según factores exógenos, se toman constantes para las distintas clases sociales antes definidas:

		Ene-Feb	Mar-Abr	May-Jun	Jul-Ago	Sep-Oct	Nov-Dic
CLASE	Coef. Estacionalidad	1,11	0,84	0,82	0,83	1,07	1,33
A	Consumo diario sin Est.	335	335	335	335	335	335
	Consumo diario con Est.	372	281	275	277	360	445
B	Consumo diario sin Est.	185	185	185	185	185	185
	Consumo diario con Est.	206	155	152	153	199	246
C	Consumo diario sin Est.	110	110	110	110	110	110
	Consumo diario con Est.	122	92	90	91	118	146
D	Consumo diario sin Est.	55	55	55	55	55	55
	Consumo diario con Est.	61	46	45	45	59	73

Tabla 21 - Estacionalidad de la demanda; consumos expresados en litros diarios

7. NORMAS, REGULACIONES Y MARCO LEGAL

7.1 REGULACIÓN SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y SU CALIDAD

En la actualidad no existe una ley marco de los recursos hídricos del país en el que estén fijadas políticas y criterios comunes para el uso eficiente y sustentable del agua. El sistema legal de estos recursos presenta vacíos legales que dificultan el desarrollo y afianzamiento de la seguridad jurídica sobre los derechos de uso del agua y en la resolución de conflictos entre jurisdicciones administrativas y usuarios. La regulación vigente de los recursos hídricos en general promueve tarifas que apenas son suficientes, en algunos casos, para cubrir los costos de operación y mantenimiento. Poniendo en un tercer plano las inversiones a largo plazo, restando interés sobre el real valor económico, social y ambiental del recurso.

Tampoco existe en el ámbito nacional un mecanismo o estructura institucional que coordine las distintas acciones de adquisición y disposición de información hidrológica confiable. Por el contrario existe una gran diversidad de puestos de seguimiento y medición de datos de calidad pero que son muy dispares. Estos se hallan localizados en un marco que lejos está de conformar un conglomerado estratégico, articulado y eficaz. Es posible identificar 6 instituciones³⁶ de carácter nacional, que concentran cerca de la totalidad de las mediciones y controles en el marco del agua y la meteorología:

- a- *Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación*: es operada por un organismo privado y responde a las necesidades del sector hidroeléctrico
- b- *Servicio Meteorológico Nacional*: este organismo atiende las necesidades del pronóstico meteorológico con mayor enfoque en la aeronavegación
- c- *Ex Dirección de Construcciones Portuarias y Vías Navegables*: es operada por la Prefectura Naval Argentina, tiene como tarea exclusiva la de dar apoyo a la navegación fluvial
- d- *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*: actúan de soporte con las estaciones de experimentación del agro proveyendo información agro-hidrológica
- e- *Servicio de Hidrografía Naval*: recoge y analiza la información referente a las costas marítimas y estuarios

³⁶ Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en Argentina, enero 2000, consulta en la web en enero 2012

- f- *Instituto del Agua y del Ambiente*: se ocupa de la investigación y desarrollo tecnológico de proyectos específicos en regiones determinadas

A nivel provincial existen diversos organismos interjurisdiccionales y universidades que atienden necesidades puntuales de medición, fiscalización y recolección de datos referidos al abastecimiento y tratamiento de agua, sistemas de riego, entre otros.

7.2 REGULACIÓN LOCAL

En los tiempos de hoy existen ciertas directrices para la calidad del agua potable, que establece la Organización Mundial de la Salud, que sirven de punto de partida a nivel internacional para la fijación de estándares de seguridad del recurso agua. Estas directrices son adaptadas a los organismos estatales de fiscalización. Por su parte el ERAS o Ente Regulador de Agua y Saneamiento es el encargado de fiscalizar la calidad del agua suministrada por el servicio de red público y de garantizar la protección de los intereses de la comunidad sobre dicho recurso. Es un organismo autárquico³⁷ e interjurisdiccional creado en 2006 a través de un convenio tripartito entre el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, la provincia de Buenos Aires y el gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Entre los atributos del ente como el de ejercer el control sobre la prestación del servicio de agua potable y saneamientos, también tiene se encuentra la facultad para controlar la contaminación hídrica.

La regulación sobre los inmuebles en el AMBA, se rigen según 3 categorías principales en función del uso o destino³⁸ que le dan al agua:

Categoría	Clase	Descripción
General	-	Uso doméstico e higiene personal en inmuebles no comerciales o industriales
Comercial e industrial	I	Inmuebles que utilizan el agua para usos ordinarios de bebida e higiene
	II	Inmuebles que emplean el agua en sus actividades de comercialización o en procesos de fabricación de productos elaborados
	III	Inmuebles en los que el recurso agua es el insumo esencial del producto elaborado
Especiales	-	Inmuebles que utilizan agua y que no están representados por las categorías anteriores

Tabla 22 - Clasificación del uso de agua según el tipo de inmueble

³⁷ Sitio oficial del Ente Regulador de Agua y Saneamiento, Internet noviembre 2011

³⁸ Elaboración propia en base a datos del estudio "La concesión del servicio de agua potable al capital privado en la ciudad de Córdoba : una experiencia conflictiva : 1997-2006"

7.3 FUENTE ALTERNATIVA DE SUMINISTRO DE AGUA

De acuerdo al marco regulatorio que fiscaliza el ERAS, los concesionarios no tienen la potestad para ejercer el poder de policía sobre las instalaciones sanitarias internas aunque sí podrán registrar planos de las instalaciones existentes. Uno de los principales objetivos del marco regulatorio es el de promover la difusión de la protección y concientización sobre el recurso agua así como del uso que se le da a la misma. No se evidencian claras remarcas acerca de las regulaciones inherentes al agua recolectada de lluvia. No obstante, el Código Civil argentino establece por intermedio de dos de sus artículos la libre disponibilidad de las aguas pluviales sobre los terrenos privados³⁹:

Art. 2.635. Las aguas pluviales pertenecen a los dueños de las heredades donde cayesen, o donde entrasen, y les es libre disponer de ellas o desviarlas, sin detrimento de los terrenos inferiores.

Art. 2.637. Las aguas que surgen en los terrenos de particulares pertenecen a sus dueños, quienes pueden usar libremente de ellas y cambiar su dirección natural. El hecho de correr por los terrenos inferiores no da a los dueños de éstos derecho alguno. Cuando constituyen curso de agua por cauces naturales pertenecen al dominio público y no pueden ser alterados.

Por su parte en el Marco Regulatorio, el artículo 9 explicita los requerimientos generales que deben cumplirse durante la prestación del servicio de agua y saneamiento que brinda en concesionario. Este servicio comprende todas las áreas conectadas a la red de distribución, y debe garantizar un servicio de calidad las 24 horas del día.

Por otro lado en el artículo 10 del Marco se resaltan ciertas atribuciones en lo referente con la cobertura de servicios y la tenencia de una fuente alternativa de agua a la del suministro concesionado de la región. En él se pone de manifiesto que cualquier inmueble dentro del área de cobertura del servicio de agua potable, estará obligado a ser conectado por la concesionaria. Y en el caso del usuario decidir mantener un servicio de agua alternativo, deberá solicitarlo a la concesionaria quien podrá aceptar la petición siempre y cuando no presente un riesgo para la salud pública ni para la fuente de abastecimiento de agua primaria, tanto al suministro como a la calidad del mismo. Es responsabilidad exclusiva del usuario la instalación, aislamiento, y control de cualquier fuente alternativa de agua que fuera previamente aprobada por la autoridad competente, que se instale en la residencia.

Aquellas industrias alimenticias que empleen agua en sus procesos de manufactura tendrán que asegurar que la misma califique como 'agua potable'.

³⁹ Código Civil Online, Título VI "De las restricciones y límites del dominio"; vigente en Internet, abril de 2012.

Puntualmente deberá ser estudiado con las autoridades si es factible desde el punto de vista regulatorio, la aplicación de agua de lluvia posteriormente tratada en sus procesos.

Para aquellas zonas fuera del perímetro de cobertura del servicio de agua potable, donde se extrae el agua desde las napas, el código Municipal de la Ciudad de Buenos Aires⁴⁰ exige la utilización de un filtro de arena de 1,20 metros de profundidad, estableciendo que la superficie del lecho filtrante se calcule a razón de 1 m² por cada 30 m³ de capacidad del aljibe, cisterna o tanque en donde se almacene el agua. La utilización del aljibe sólo se admite en aquellas zonas que carezcan del servicio público de agua corriente. En la ciudad de Buenos Aires alcanzan a menos del 1% de la población. El bajo nivel de higiene y la pobre capacidad para mantener el agua en óptimas condiciones de salubridad han hecho del aljibe tal cual fue concebido una invención del pasado; aún cuando el principio de funcionamiento que lo caracteriza siga intacto en proyectos contemporáneos. Hoy en día las normas que regulan los reservorios de agua para consumo son ampliamente más rigurosas que hace un siglo atrás.

Por el lado de la provincia de Buenos Aires la legislación, al igual que en la ciudad de Buenos Aires, establece la obligatoriedad de suscripción al servicio público de abastecimiento de agua potable en aquellas zonas donde está disponible el servicio. Caso contrario el propietario podrá disponer de las fuentes de agua alternativas siempre y cuando no contamine dicha fuente y no interfiera en algún inmueble ajeno. Deberá asimismo permitir que se practiquen observaciones y mediciones que disponga la autoridad de agua competente sobre las fuentes de uso. Cualquier perforación deberá ser autorizada por dicha autoridad garantizando la no contaminación tanto directa como indirecta del entorno. La autoridad podrá emitir recomendaciones o limitaciones sobre los diámetros, profundidades, volúmenes y caudales, la instalación de dispositivos adecuados que permitan la medición de niveles de aguas y caudales extraídos, los sistemas de explotación de nuevos pozos y las distancias que deberán guardar de otros pozos y cuerpos de agua⁴¹. Según el artículo 2.624 del Código Civil “el que quiera hacer pozos, con cualquier objeto que sea, contra una pared medianera o no medianera, debe hacer un contramuro de treinta centímetros de espesor.”

7.4 FACULTADES DE LA AUTORIDAD DE AGUA

Asimismo la autoridad del agua⁴² está facultada para prohibir el uso recreativo o abastecimiento doméstico de ciertas fuentes de agua, tanto

⁴⁰ Ing. Quadri, Néstor Pedro; “Instalaciones Sanitarias”, 7^{ma} edición

⁴¹ Datos fundados sobre los artículos 1, 16, 25 y 84 del “Código de Aguas” Ley 12.257, sancionada por el Senado y la Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires.

⁴² Artículo 7 del Código de Aguas de la Provincia de Buenos Aires, ley 12.257.

subterránea como superficial, en salvaguarda de la salud pública. En tanto que los usuarios que aprovechan la disponibilidad de agua cual fuere la fuente, deberán permitir mediciones por parte de dicha autoridad así como también suministrar información cuando sea solicitada; ya sea relacionada al consumo, al área beneficiada por el uso, y la calidad del agua.

Originalmente las tarifas estuvieron bajo el arbitrio del Poder Ejecutivo quien determinaba el valor del recurso sobre la base del interés del usuario, la naturaleza de la prestación y el beneficio del concesionario. Actualmente se destaca la presencia estatal dentro de las concesionarias aunque se evalúan también las estructuras de costos operativos permitiendo la aplicación de coeficientes de corrección sobre las tarifas.

7.5 CONCESIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE

El concesionario Municipal es aquel prestador responsable del servicio sanitario vigente en uno o más distritos y que son concesionados bajo la jurisdicción de la Ciudad de Buenos Aires y/o la provincia de Buenos Aires⁴³. Se dice que estos municipios tienen carácter de poder concedente. Así como están encargados de otorgar las concesiones, deberán también administrarlas para que se garantice la renovación de las condiciones de calidad, continuidad, regularidad y razonabilidad de los servicios de suministro de agua potable y sus tarifas⁴⁴.

El sistema de facturación de la empresa está fijado por las autoridades nacionales. La modalidad del servicio se divide según la oferta que brinda la concesión:

- Agua
- Cloaca
- Agua y Cloaca

A los efectos de la aplicación del régimen tarifario, existen 3 categorías de usuarios bien definidas:

- Residenciales: viviendas o inmuebles particulares cuyo destino o uso principal sea alojar personas que constituyan un hogar.
- No Residenciales: inmuebles en los que existan construcciones destinadas a actividades comerciales o industriales, públicas o privadas, o donde se presten servicios de cualquier naturaleza y tipo.

⁴³ Ley 11.820 Título III “Servicios Sanitarios Sujetos a las Jurisdicciones Municipales”; extraído de la web en enero de 2012.

⁴⁴ Según el Código Alimentario Argentino, artículo 982; se entiende por agua potable de uso domiciliario a aquella agua que es apta para la alimentación y uso doméstico. La misma no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente.

- Baldíos o terrenos sin edificación: aquellos no contemplados en alguna de las categorías anteriores.

El régimen tarifario actual prevé 2 sistemas de facturación según sea el tipo de servicio; el no medido y el de consumo medido⁴⁵ para usuarios residenciales y no residenciales con medidor instalado. La cuota del sistema no medido es fija y se calcula a partir de la categoría del inmueble en cuestión. Esta categoría está definida de acuerdo a una serie de parámetros del inmueble: la superficie del terreno, superficie total cubierta, antigüedad de la propiedad, características constructivas y zona geográfica del emplazamiento.

El cobro del sistema medido se calcula a partir de un cargo fijo equivalente al 50% de la cuota del sistema fijo adicionándole un cargo variable según el consumo registrado por el medidor. Adicionalmente se permite un consumo libre de 20 m³ bimestrales a partir del cual comienza a regir el cargo por consumo variable. Según estimaciones del concesionario AySA sólo alrededor del 12% de los usuarios se encuentra bajo el régimen de cobro variable según volumen de agua consumido.

El marco regulatorio contempla la posibilidad de la aplicación de un sistema de descuentos sobre el monto de la factura de servicios de agua potable y desagües cloacales para usuarios en condiciones de bajos recursos económicos, así como para entidades sin fines de lucro. Los montos destinados para efectuar los descuentos quedarán a cargo de la autoridad de aplicación competente. En la misma línea se eximirá del pago del cargo por acceso al servicio (CAS)⁴⁶ de aguas y cloacas a aquellos individuos residentes en áreas caracterizadas por una baja capacidad de pago, que instrumenten obras de expansión del servicio mediante mecanismos solidarios en los que participen los propios beneficiarios de dichas obras. La aplicación de este beneficio es frecuente en las áreas marginales en las afueras del conurbano de Buenos Aires.

7.6 FACTOR DE OCUPACIÓN EN LA REGIÓN

Un sistema integral de recolección de agua de lluvia urbano no sólo debe contemplar las variables asociadas al volumen de agua disponible sino que debe examinar la superficie disponible para captarla. Al intentar aplicarse un sistema hoy en el AMBA veríamos que gran parte de las edificaciones ya se encuentran erigidas. Por ende las superficies de captación están predefinidas. Asimismo existen códigos y normas de la construcción que limitan la ocupación del terreno y la cantidad de metros cuadrados cubiertos permitidos a construir en éste. Dicha limitación tiene un gran impacto en aquellas construcciones

⁴⁵ Remitirse al Anexo VI – Facturación del servicio medido.

⁴⁶ Artículo 38 del anexo D de la ley 26.221. Vigente en Internet, mayo de 2012.

nuevas que pretendan un diseño sustentable en materia de maximizar la recolección y el aprovechamiento de las precipitaciones.

Es importante destacar que existe un Factor de Ocupación de Terreno o FOT definido como aquel valor que multiplicado por la superficie total del terreno nos da la cantidad máxima de metros cuadrados cubiertos construibles. Por otro lado, el Factor de Ocupación de Superficie o FOS, establece el porcentaje de terreno que se puede ocupar a nivel del suelo. Este factor tiene particular relevancia ya que restringe directamente la superficie cubierta admisible para la captación del agua.

Particularmente, en la Ciudad de Buenos Aires podemos clasificar las distintas zonas o terrenos según su densidad poblacional y/o la actividad principal que se realiza. En función de las características inherentes aprobadas por la legislatura de la Ciudad, cada parcela de tierra se encuentra categorizada para un tipo de uso determinado. El tipo de construcción debe respetar las delimitaciones y regulaciones propias y el tipo de cada distrito. Para más información remitirse a la tabla que se incluye en el *ANEXO III*.

A los fines del tipo de tejido urbano, la intensidad y tipo de uso de los suelos, podemos caracterizar las parcelas según sean de tipo:

- **R:** residenciales
- **C:** centrales
- **E:** de equipamiento
- **I:** industriales
- Otros usos especiales

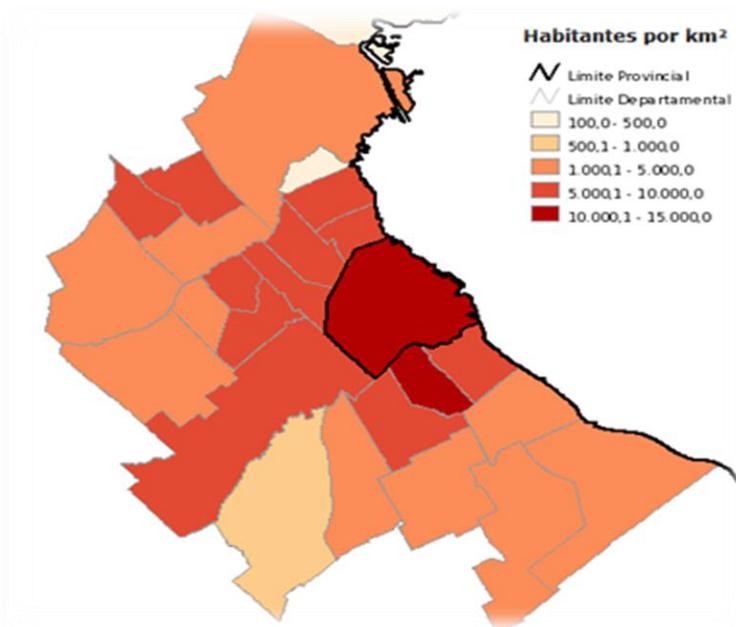


Figura 10 - Densidad poblacional promedio por distritos - AMBA⁴⁷

⁴⁷ Fuente Censo nacional 2010

En función de la actividad autorizada para cada región es que se va conformando el mapa de densidad de la población. Cada zona a su vez estará caracterizada por un valor de densidad promedio el cual puede distar ampliamente dentro del mismo barrio o localidad al magnificar el área de estudio. La Ciudad de Buenos Aires por su parte presenta el índice de densidad más alto de todo el AMBA. No obstante, como se observa en la *Figura 10*, este índice experimenta una gran dispersión cuando se comparan los barrios de la parte Oeste y Sur respecto de los barrios como Retiro o Recoleta por ejemplo; donde el porcentaje de casas ronda entre el 1,5% y 4%.

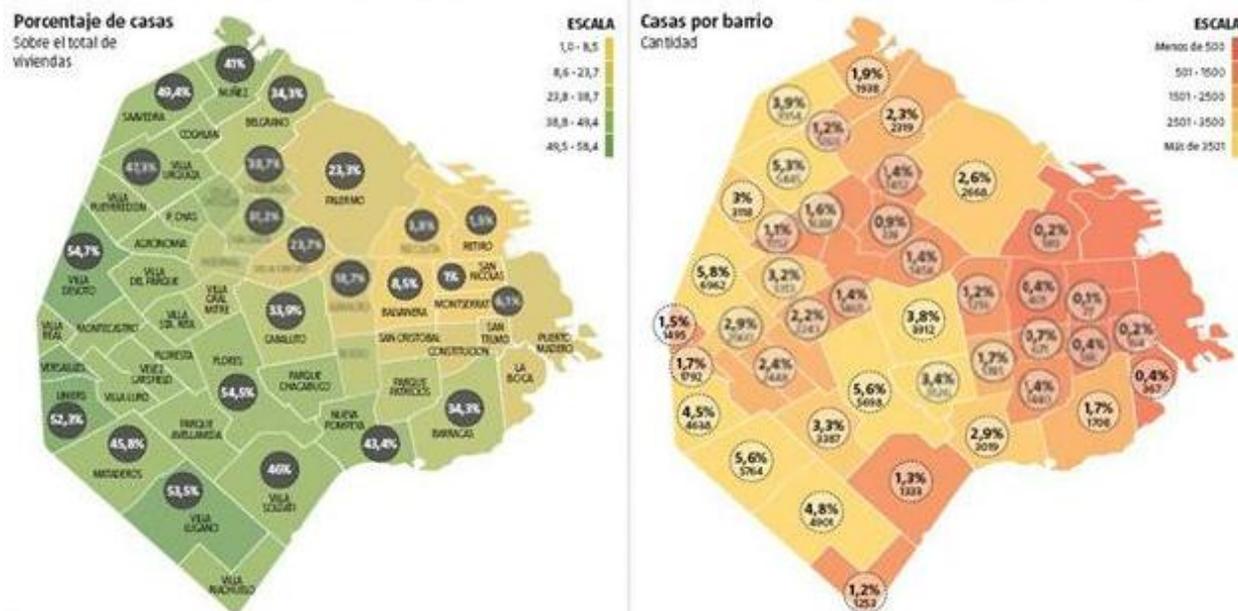


Figura 11 - Distribución de casas en los barrios de la C.A.B.A.⁴⁸

De la delimitación y categorización de los terrenos en la región, se desarrolla entonces la configuración poblacional con sus diferentes grados de densidad habitacional. En zonas céntricas o de alto factor de ocupación, se verifica un alto índice de población por unidad de superficie. Más allá de cuál sea la categorización que establece el código urbano para un lote o parcela, la densidad de población de un área puede explicarse en parte por otros 3 factores como son el costo de los terrenos, la accesibilidad y la cercanía a los servicios. De todos modos, es posible establecer una correlación entre el análisis del FOT con el factor de densidad poblacional de la región. Aquellas parcelas con índice FOT más elevado, se caracterizarán por presentar y favorecer mayores niveles de densidad poblacional. Por ende se logrará un área efectiva de captación por habitante inferior otras áreas con índice FOT más bajo.

Como hemos señalado no debe perderse de vista que aún en el caso que un distrito tenga una densidad de población promedio elevada, éste

⁴⁸ Extraído del diario La Nación el 28 de enero de 2012, "La construcción de casas, en extinción". Fuente: Dirección de Planeamiento urbano del GCBA.

seguramente posea subregiones menos densamente habitadas. Esto ocurre con algunos sectores del AMBA que son netamente residenciales; más propicios para el autoabastecimiento mediante la recolección de aguas pluviales.

7.7 INCENTIVOS

En algunas localidades ya se perciben incentivos sobre aquellas actividades que promuevan un desarrollo sustentable y resulten amigables con el medio ambiente. El municipio de San Isidro, en la provincia de Buenos Aires, otorga premios a particulares que demuestran algún tipo de empeño y participación en acciones que se traduzcan en la mejora del medio ambiente. Dentro del marco de premios e incentivos se incluyen aquellas obras tendientes a la conservación de los recursos naturales como el aire, el agua, y el suelo así como también aquellas que se traduzcan en una reducción del consumo de energía de la edificación y que produzcan una menor huella ecológica. En cada caso la comisión evaluadora del municipio analizará el impacto de dicha instalación o adaptación en el conjunto de la comunidad.

En países desarrollados como Alemania o Suiza ya existen políticas que fomentan la aplicación de sistemas de recolección eficientes. En Alemania su empleo ya es masivo gracias a la subvención que el Estado aplica sobre hogares e industrias. En tanto que Canadá ya posee un sistema de incentivos compuesto por subsidios y deducciones de las tasas impositivas sobre aquellas compañías o particulares que impulsen iniciativas y proyectos que sirvan para mejorar el medio ambiente. Dichas medidas están vigentes para todo el territorio nacional.

España por su parte, ha fomentado durante varios años la recolección de agua pluvial a través del otorgamiento de beneficios económicos e impositivos a sus habitantes. Estas políticas han impulsado el desarrollo de empresas afines al rubro, que además de proveer el conocimiento y los materiales para la instalación del sistema de recolección, se encargan de gestionar las posibles subvenciones de las administraciones.

La contracara se observa en algunos estados de los Estados Unidos, como Colorado y Washington en menor medida donde la ley restringe la libre disponibilidad del agua pluvial. Varios expertos aducen que el agua que cae sobre las estructuras erigidas por el hombre debe poder retornar a los acuíferos naturales sin intervención antropológica mediante. El caso de Washington es particular ya que por otro lado admite un sistema de tasa de gestión de aguas residuales variable. La misma se reduce cuando el propietario logra reducir el caudal de escorrentía de su edificación al sistema pluvial público.

En el polo opuesto encontramos ciudades estadounidenses como Chicago, donde se aplican subsidios municipales que incentivan el uso de sistemas de captación del agua de lluvia para riegos y otros usos. Al efectuar la

desconexión entre los desagües de los techos y las alcantarillas públicas que reciben normalmente el agua de lluvia, se comprobó una reducción del 20% del caudal de escorrentía⁴⁹.

⁴⁹ Pachón, Carlos Sánchez; “Gestión Sostenible del Agua en el Desarrollo Urbano”, estudio de la Cámara Argentina de la Construcción. Consultado en la web en marzo de 2012.

8. SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA DE LLUVIA

8.1 GENERALIDADES

SCALL o Sistema Colector de Agua de Lluvia es el nombre genérico para el conjunto de dispositivos que permiten coleccionar, almacenar, y distribuir de forma eficiente la mayor parte del agua proveniente de las precipitaciones; a partir de una estructura cubierta o superficie de contacto que usualmente puede ser el techo de una edificación urbana o rural. Al presente, este sistema está siendo aplicado en más de 100.000 hogares de los Estados Unidos y en muchas otras ciudades europeas.

Aún cuando la configuración del sistema pueda resultar más o menos compleja, por lo general un sistema de recolección de agua de lluvia consta de entre 6 o 7 componentes elementales:

- 1- *Superficie de captación*: de tal manera que permita el drenaje de la lluvia hacia puntos específicos para su recolección
- 2- *Canaletas y conductos de bajada*: canales alojados en las partes más bajas de la superficie de captación que permiten el pasaje del fluido desde el techo hasta el tanque intermedio de almacenamiento pasando por el interceptor.
- 3- *Rejilla o entramado metálico*: barrera física adicional para prevenir el ingreso de hojas vegetales, u otros residuos de gran porte al reservorio de agua
- 4- *First flush diverter o interceptor de primeras aguas*: dispositivo encargado de captar las primeras aguas que actúan como limpiadoras del área de captación. Durante los comienzos de una precipitación las aguas recolectadas suelen contener impurezas de distintos orígenes que deben ser apartadas de la manera más eficiente posible.
- 5- *Tanques de almacenamiento*: una o más cisternas aptas para almacenar y preservar el agua en buen estado
- 6- *Sistema de distribución*: puede estar compuesto por una o más bombas de agua o funcionar por caída, aprovechando la gravedad
- 7- *Dispositivos de tratamiento o purificadores*: su implementación dependerá del destino final que se le da al agua recolectada. El agua recolectada no requerirá de ningún tratamiento adicional si solo es utilizada para riego por ejemplo.

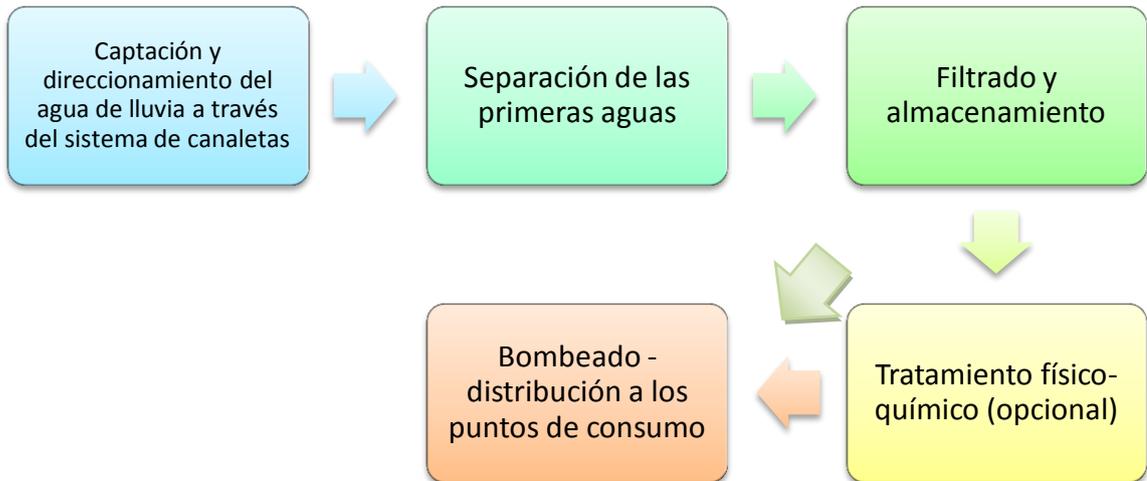


Figura 12 – Proceso de recolección del agua pluvial

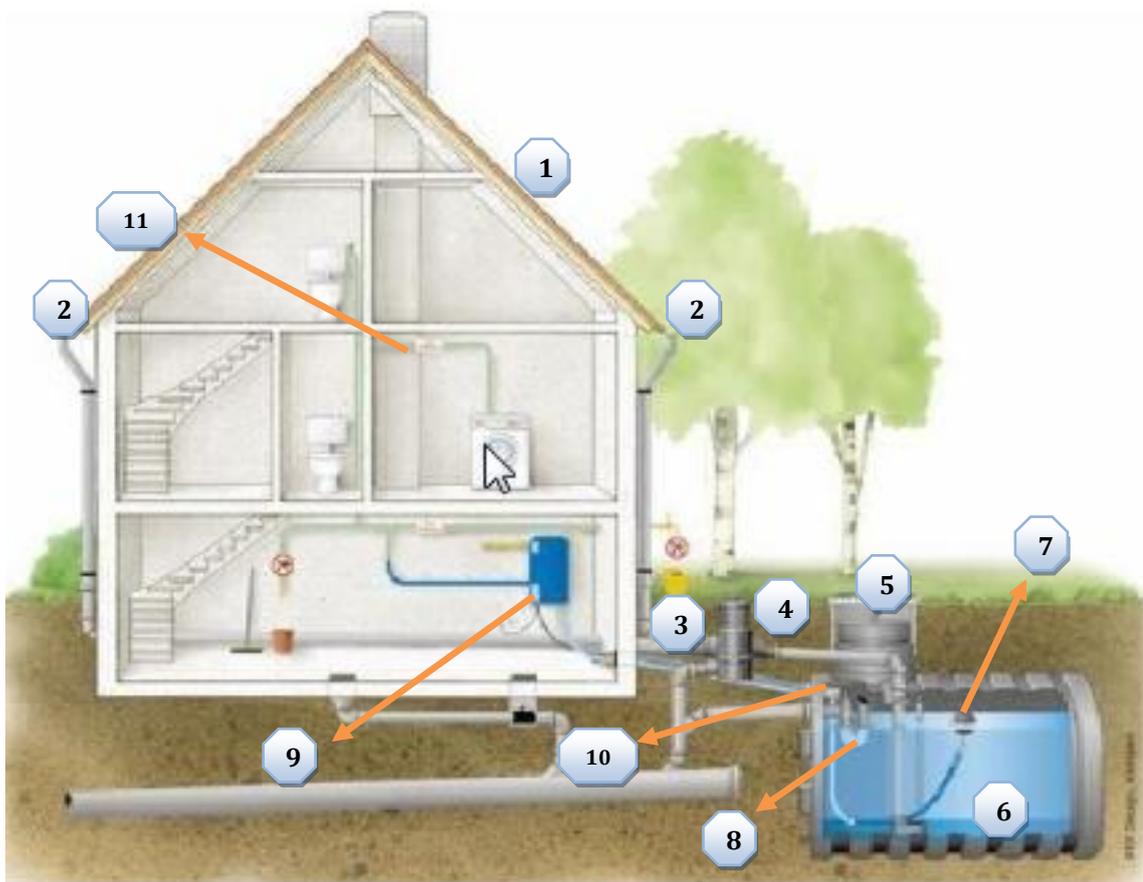


Figura 13 - Componentes principales del SCALL

Referencias: 1 Cubierta de captación. 2 Sistema de canaletas. 3 Interceptor primeras aguas. 4 Batea de filtros. 5 Acceso al tanque. 6 Cisterna o tanque. 7 Sensor de nivel o flotante. 8 Conducto anti-desborde. 9 Sistema de gestión de aguas. 10 Equipo de bombeo. 11 Conductos de agua útil.

8.2 SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

En un conglomerado como el de Buenos Aires, el área disponible para nuevas construcciones ya se posiciona como un recurso limitado y costoso. Por consiguiente la primera opción para recolectar el agua de lluvia es el techo de la vivienda o comercio. Cuando hablamos del techo nos referimos al conjunto de elementos que conforman el revestimiento superior de una edificación, que la cubre y/o cierra sobre su perímetro. La cubierta es la parte exterior del techo cuya función es canalizar las aguas pluviales, es la principal barrera hidráulica y de protección mecánica frente a las situaciones climáticas de lluvia, viento, nieve, o granizo; al mismo tiempo que sirve en algunos casos para otorgar una terminación estética a la construcción.

Es importante denotar que la capacidad de recolección es en parte una función de la rugosidad de la superficie. Cuanta menor rugosidad tenga la superficie, menor será la cantidad de poros por unidad de superficie y por ende habrá menos agua perdida por evaporación desde los poros. Una medida para esta característica es el coeficiente de escorrentía o factor de impermeabilidad, que se define como la fracción de lluvia que escurre sobre una superficie dada.

$$K = \frac{E_s}{P_r}$$

Ecuación 5 - Coeficiente de escorrentía

Donde E_s representa el espesor de la lámina de agua escurrida y P_r la precipitación expresada en las mismas unidades que el numerador. A mayor valor del coeficiente, mejor será el deslizamiento o escurrimiento del agua y menores serán las pérdidas por evaporación producto de la retención del fluido sobre la superficie.

Superficie	Coeficientes de escorrentía
Metálica - Galvanizado	0,90
Concreto o asfalto	0,70 - 0,95
Tejas de arcilla	0,80 - 0,90
Madera	0,80 - 0,90
Paja	0,60 - 0,70
Pizarra	0,70 - 0,95
Grava	0,15 - 0,30
Césped	0,05 - 0,30

Tabla 23 - Valores de escorrentía para distintas superficies

Cada fabricante deberá expedir los correspondientes certificados de conformidad de los materiales y productos terminados provistos para la construcción de las cubiertas. Asimismo deberá ponerse de manifiesto las

propiedades fisicoquímicas exigibles, la vida útil del material, su forma de aplicación, condiciones de uso, y el grado de toxicidad (ver ANEXO IX).

Otro aspecto que reviste de importancia es el tipo de configuración de la cubierta y la losa. Existen construcciones con techo a una, 2 o más aguas, techos planos, techos parabólicos, entre los más comunes. En algunas edificaciones será prácticamente inviable recolectar el agua que drena hacia la línea de edificación frontal o de la calle, salvo que exista un área apropiada para disponer y almacenar del agua, o en su defecto exista la forma de reconducir la misma hacia la parte de la construcción en donde tengamos dispuesta la cisterna de almacenamiento. Cada edificación existente presentará aspectos de diseño que le serán propios, con diversas particularidades constructivas y seguramente marcadas diferencias en la disposición del terreno. Todos ellos estarán sujetos a un estudio individual para determinar la superficie real de captación.

8.3 CANALETAS Y CONDUCTOS DE BAJADA

Ciertamente será necesario contemplar el hecho que en la mayoría de los casos no será posible aprovechar el 100% de la superficie cubierta de la edificación, ya que parte del agua escurrida podrá desembocar en la vía pública o en otras áreas verdes adyacentes. Para optimizar la cantidad de agua recolectada es menester disponer de un sistema de canaletas y conductos que permitan canalizar el agua captada inmediatamente. Por una cuestión estética o de concepción del diseño, estos conductos no siempre serán visibles pudiendo ubicarse internamente en la construcción lo cual traerá mayores dificultades a la hora de derivar el agua recolectada hacia los dispositivos de almacenamiento final.

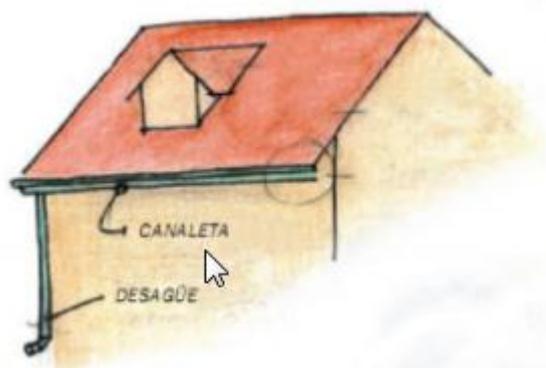


Figura 14- Conductos de recolección

El dimensionamiento de todos los conductos y canaletas deberá ser tal que admita un caudal de agua superior al promedio histórico de la región y que sea compatible con los m^2 de superficie que alberga cada sección de canaleta. Para el área Metropolitana de Buenos Aires este volumen de agua debería estar en torno a una caída de 30 mm/hora que es un valor nominal para más

del 90% de los casos de precipitación. Para residencias particulares bastará con conductos de entre 5 y 10 centímetros de diámetro. Se deberá tener especial consideración para los casos de edificaciones con grandes áreas cubiertas como supermercados, estacionamientos, departamentos de mediana altura, entre otros, donde el caudal seguramente exceda las secciones previamente señaladas.

Si el destino final del agua recolectada fuera para consumo humano, no será apto el uso de canaletas metálicas que puedan contener concentraciones de plomo (Pb) en su composición. Puede ocurrir que debido a la ligera acidez del agua de lluvia, se disuelva el plomo y éste termine contaminando la fuente de agua potable. Los materiales más comunes para estos dispositivos son el PVC, aleaciones de Aluminio, el acero galvanizado, latón, u otros polímeros que no contengan agentes tóxicos. Convenientemente se buscarán materiales livianos, resistentes y de bajo costo como es el PVC. Para la instalación de las canaletas y sus respectivas bajadas, además de las secciones abiertas y cerradas son necesarios codos a 45° y a 90°, así como abrazaderas y tornillos para la sujeción de las mismas a la estructura portante.

La pendiente de las canaletas deberá ser tal que permita el correcto escurrimiento con el fin de evitar desbordes, contemplando el caudal nominal de diseño (para el área de estudio un máximo de 30 mm/hora multiplicado por el área correspondiente); es decir que se calcula como la velocidad promedio del agua multiplicada por la sección efectiva de la canaleta ya sea abierta o cerrada. Se recomienda que la corriente de agua en las canaletas no sobrepase 1 m/s para evitar erosionar la misma. Al mismo tiempo que se emplearán materiales o siliconas inertes al contacto con el agua para el sellado de las uniones a fin de evitar el represamiento del agua. El techo deberá extenderse en un 20% por sobre el ancho de la canaleta. En techos planos el agua puede ser canalizada mediante la cubierta misma hacia piletas abiertas que desagotan directamente en los conductos de bajada.

8.4 TRAMPAS PARA HOJAS

La presencia de árboles cercanos, plantas o arbustos sobre la cubierta o techo, como por la presencia de fauna avícola, o la misma acción del viento, favorece que se acumulen hojas, pequeñas ramas, papeles u otros restos de componentes inorgánicos en los techos. El contacto directo de estos objetos con la reserva de agua es indeseado ya que puede obstruir los conductos y filtros, al mismo tiempo que sirven de fuentes de agentes contaminantes y bacteria.

Las trampas para hojas, mallas metálicas o plásticas permitan bloquear el paso de estos residuos hacia los tanques de almacenamiento. Pueden colocarse por sobre la canaleta o dentro de la misma entre la unión con la bajada o bifurcación.



Figura 15 - Malla metálica horizontal y trampa de hojas individual

Adicionalmente podrán incorporarse bateas de filtros de nylon dentro de los mismos conductos o en su defecto en la entrada de la cisterna. Nuevamente, el tipo de dispositivo más eficiente dependerá del entorno de cada construcción y de la exposición que tenga el área de captación a la acumulación de residuos, tierra u hojas.

8.5 INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS

Constituye un dispositivo de suma importancia por ser el encargado de separar y descargar las primeras aguas provenientes del lavado de la cubierta. Son aguas que contienen todos los materiales que se hallan en el techo al momento del inicio de las precipitaciones. Las primeras aguas son las más peligrosas puesto que contienen la mayor concentración de toxinas y agentes patógenos. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación de la principal fuente de agua almacenada con por ejemplo, restos de tierra, heces de aves, polvo, polen u hollín. La suciedad presente al momento de cada precipitación será función de varios factores a tener en consideración:

- ✓ Cantidad de días secos entre precipitaciones
- ✓ Intensidad promedio de las precipitaciones
- ✓ Grado de rugosidad de la superficie de captación instalada
- ✓ Densidad de las partículas contaminantes que se encuentran en suspensión en el aire
- ✓ Tipo de vegetación, árboles y arbustos aledaños al área de captación
- ✓ Estación del año y vientos predominantes que sirvan de transporte para los contaminantes en suspensión. Por ejemplo aquellas partículas provenientes de una zona fabril.
- ✓ Población animal de la zona; especialmente aves, gatos y roedores
- ✓ Densidad de tránsito y fábricas circundantes

✓ Nivel de la pendiente del área de captación

El funcionamiento del interceptor es complementario con el de la trampa de hojas siendo el primero el encargado de capturar objetos contaminantes de menor porte como tierra o restos de hojas e insectos. Existen diversas hipótesis sobre el volumen de agua de lluvia mínimo a interceptar. Algunos especialistas recomiendan interceptar unos 38 litros por cada 100 m² de superficie (unos 0,38 litros por cada metro cuadrado). Otros estudios recomiendan hasta cuatro veces esa cantidad. Por ejemplo según la Organización Panamericana de la Salud, el valor recomendado es de 1 litro por cada m² de superficie, lo que equivale al primer milímetro de agua caído. No obstante, esa cantidad dependerá en gran medida de la frecuencia de las lluvias y de los factores enunciados anteriormente. La presencia de otras tantas variables que afectan el grado de contaminación del techo imposibilita la formulación de un cálculo teórico exacto. Se podrá colocar más de un interceptor en función del área de captura abarcada.

El interceptor más simple consiste en un conducto con una entrada y una salida que puede estar adosado a un tanque o contenedor. El volumen del mismo se adecuará a la cantidad de agua necesaria de ser retenida en la primera etapa de la precipitación. Una vez que el ducto y compartimento se completan, el agua es direccionada de manera que pueda fluir por el conducto principal hacia el tanque de almacenamiento.

Para optimizar la separación de las primeras aguas y el agua apta para almacenamiento y/o posterior tratamiento, se coloca una bolilla flotante a modo de válvula. De este modo una vez que se completa el compartimento de almacenamiento del interceptor, el propio nivel de agua produce la elevación de la bola por flotación, proporcionando ésta un cierre al paso de un excedente de agua; tal cual como se puede apreciar en la figura a continuación.

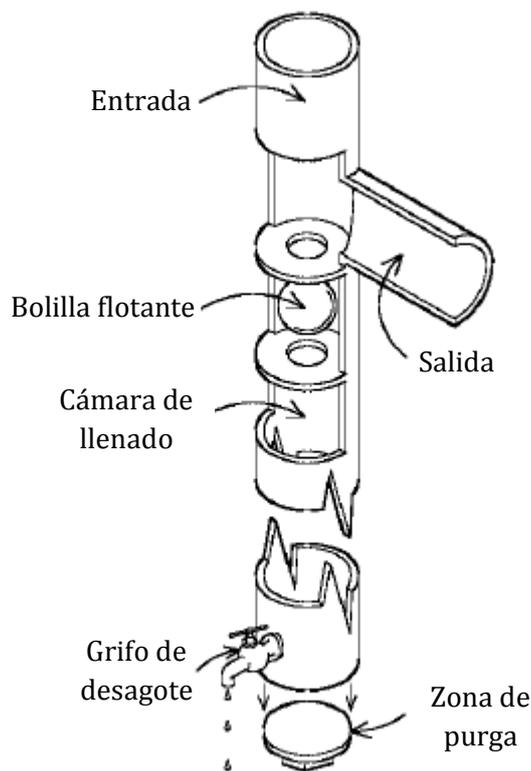


Figura 16 - Interceptor de primeras aguas

Habitualmente se instala un tanque de almacenamiento más pequeño que se alimenta desde la cámara. Una vez que éste se completa significa que el techo se encuentra lavado. El tanque secundario podrá ser vaciado por goteo a través del grifo de desagote o bien por intermedio de la tapa inferior de purga. Es aconsejable realizar un vaciado completo periódicamente para minimizar la sobre acumulación de barros.

8.6 TANQUE DE FILTRADO

El tanque de filtrado es la última etapa previa al tanque o cisterna de almacenamiento principal. Normalmente consiste de un contenedor con capacidad de unos 100 a 130 litros con un filtro removible⁵⁰ en la parte del conducto de salida. Este filtro garantiza una mejor calidad del agua, especialmente si el destino final será para consumo personal. En la instalación del tanque se garantizará el fácil acceso al filtro e interior del receptáculo para llevar a cabo la inspección y limpieza correspondiente, así como el regular recambio de filtro.

⁵⁰ The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 3^{ra} edición recomienda un filtro con porosidad de 30 micrones o similar que esté disponible en el mercado.

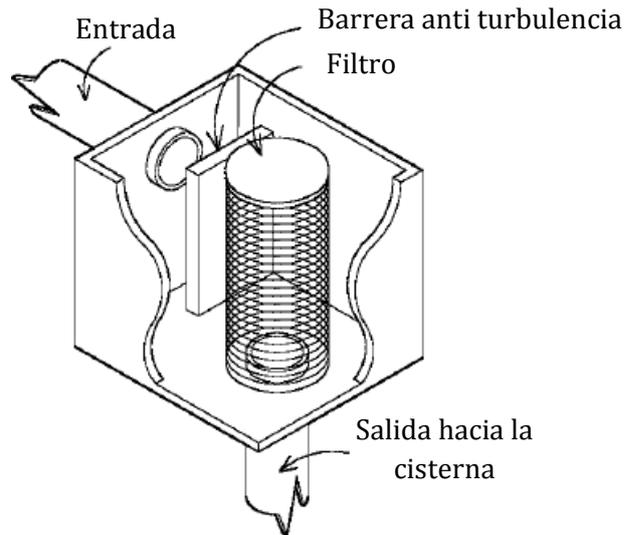


Figura 17 - Recinto de contención del filtro

8.7 TANQUE DE ALMACENAMIENTO PRINCIPAL

Es el componente más costoso de todo el sistema de captación. Su principal función es la de almacenar y conservar el excedente de agua recolectado durante los días con precipitaciones. Su diseño también debe permitir la distribución del fluido para los fines que fueron previstos; ya sea mediante la interconexión por tuberías, cañerías y/o equipos de bombeo. Entre las características más relevantes de un tanque de almacenamiento se deben destacar:

- a- Indefectiblemente el interior del mismo deberá ser impermeable de modo que el agua no pueda tomar contacto directo con el ambiente externo
- b- Convenientemente debe estar pintado de un color opaco para prevenir la proliferación de algas
- c- En caso de utilizarse para albergar agua potable, estos no pueden haber contenido sustancias tóxicas desde su fabricación
- d- Es necesario dotarlos de una cubierta superior manteniendo sus ventilaciones protegidas con alguna malla que impida el ingreso de insectos y otros animales al recipiente
- e- Deben priorizarse aquellos contenedores con fácil acceso a la limpieza periódica. El mismo deberá contar con una tapa extraíble y en lo posible drenaje en el fondo para remover el agua de lavado
- f- El dimensionamiento de la cisterna deberá ser compatible con el mes de mayor oferta de precipitaciones en la región.
- g- Se podrá instalar un filtro adicional de arena en el interior para purificar el agua al momento de su extracción. Se recomienda una velocidad de filtración máxima de 0,2 m/hora. Adicionalmente podrá adjuntarse un dispositivo de potabilización del agua según el destino

final de la misma (*referirse a la sección 8.10 de “Tratamiento del agua” para más detalles*).

Preferentemente el tanque de almacenamiento estará localizado en un área lo menos expuesta a la luz solar y lo más elevado posible de modo de aliviar el trabajo sobre el dispositivo de bombeo y disminuir la probabilidad de ocurrencia del fenómeno de cavitación⁵¹. Siempre respetando la cota inferior de la superficie de captación; pero manteniendo una distancia prudencial entre el techo y el tanque (se recomienda que sea de al menos 1 metro) para compensar las pérdidas distribuidas generadas en las cañerías de distribución.

La superficie de apoyo deberá ser firme y estar correctamente nivelada. Cuando no sea posible montarlo sobre una base de concreto se podrá optar por la compactación del sustrato y la impermeabilización del mismo. De esta manera se logra disminuir la erosión producto de derrames ocasionales (desbordes) y de las condiciones climáticas. Otra variante no muy difundida en el mercado local son las cisternas de tipo modular. Cada compartimiento tiene un tamaño reducido, normalmente no supera los 100 litros, y va encastrado a otros módulos hasta alcanzar la capacidad deseada. El diseño de estas unidades permite la interconexión entre varias configuraciones dependiendo la necesidad del cliente. La principal ventaja es el aprovechamiento de espacios reducidos y la redistribución pareja del peso en la estructura.

8.7.2 MATERIALES

Los materiales y tipos de cisternas son diversos, y presentan diversas ventajas según el uso que al que se sometan y los costos que se decidan afrontar. Recordemos que el empleo de aljibes para el almacenamiento del agua de lluvia solo está permitido en áreas sin suministro de red de agua potable. De todos modos su uso no es recomendado debido a su pobre aislamiento con el medio que lo rodea y su escasa practicidad en el mantenimiento y en la extracción del agua almacenada.

Dentro de los materiales más típicos para cisternas de provisión de agua, podemos encontrar estructuras de:

- Polipropileno
- Fibra de vidrio
- Madera
- Metálicos / Acero inoxidable
- Concreto
- Ferrocemento

⁵¹ Cavitación: fenómeno hidrodinámico que se produce a partir de una descompresión abrupta de un fluido, por ejemplo cuando pasa a gran velocidad por el álabe de una bomba o turbina, por el principio de conservación de la constante de Bernoulli; alcanzando el fluido la presión de vapor y pasando éste al estado gaseoso.

A continuación se muestra el detalle con las principales características de cada material:

MATERIAL	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS	CAPACIDAD
Polipropileno	Por lo general son instalados sobre la superficie del suelo. En caso de enterrarse, deberán ir acompañados de una estructura de refuerzo para resguardarlo de los movimientos del suelo. No presenta buena adherencia a la pintura por lo que se fabrican directamente de colores opacos. De fácil mantenimiento, con el tiempo son propicios a tener pérdidas en las uniones con las cañerías.	200 a 30.000 litros
Fibra de vidrio	Normalmente es un material compuesto de algún plástico reforzado con fibra de vidrio. Su construcción permite configuraciones verticales y horizontales. Presentan una alta resistencia a las condiciones meteorológicas y son fácilmente reparables. Relación costo – beneficio óptima para grandes cantidades de agua.	1.000 a 150.000 litros
Madera	Se destaca por su terminación agradable a la vista. Requieren aplicar una capa de impermeabilizante que no resulte nocivo para la salud. Son desmontables gracias a su estructura de tensores de acero removibles. Requieren un alto grado de mantenimiento.	3.000 a 100.000 litros
Metálicos galvanizados	Buena terminación. Se caracterizan por su alto poder anti corrosivo y su bajo peso específico por litro de capacidad. Para adaptarlos al almacenamiento de agua potable, su cubierta interna debe ser tratada con una pintura epoxi. La capacidad es reducida en comparación a los otros tipos de cisternas	500 a 10.000 litros
Concreto	Su construcción es apta tanto para ser enterrados como para ser emplazados sobre el nivel del suelo. Pueden ser adquiridos ya armados o ensamblarse in situ aunque en la mayoría de los casos una vez instalado no podrá moverse. Un aspecto negativo es la tendencia de estos a agrietarse. No obstante, son elegidos por el mejor sabor del agua a partir del calcio disuelto presente en el concreto. Además poseen una baja conductividad térmica, lo que permite mantener acotada la amplitud térmica del agua.	100 a 2.000 litros

Ferrocemento	<p>Consiste de un material compuesto que combina hormigón rico en cemento con acero o mallas de acero. Las mismas se distribuyen de forma homogénea lo que le otorga a la estructura una resistencia excepcional, al mismo tiempo que el espesor se mantiene acotado. Son muy utilizados debido a su bajo costo y a la baja presencia de grietas / fisuras. Es importante asegurar que el compuesto no contenga vestigios de sustancias tóxicas cuando el tanque se emplee para almacenar agua potable.</p>	2.000 a 100.000 litros
---------------------	---	-------------------------------

Tabla 24 - Características de los principales tipos de cisternas para agua⁵²

8.8 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LA CISTERNA

La elección del tamaño final de la cisterna a instalar dependerá fundamentalmente de 5 aspectos:

- 1- los regímenes e intensidad promedio de las precipitaciones
- 2- el espacio físico disponible para la recolección de agua [m²]
- 3- la demanda diaria promedio (según cantidad de personas y artefactos presentes en la vivienda o edificación)
- 4- costo de mantenimiento general de la cisterna
- 5- inversión inicial disponible

Un método para determinar el volumen de la cisterna de almacenamiento consiste en realizar un análisis comparativo entre los acumulados de demanda y oferta de agua anuales⁵³. Se realiza un balance de masa mes a mes partiendo del mes de mayor precipitación promedio, que para nuestro análisis, resulta el mes de Enero. El volumen neto del tanque de almacenamiento es la resultante de la sustracción de los valores máximos y mínimos de la diferencia de los acumulados entre la oferta y la demanda de agua.

En el caso particular del AMBA, claramente la demanda acumulada mensual supera en un importante margen a la oferta acumulada del mismo periodo. Es por ello que el método no resulta aplicable y es conveniente analizar minuciosamente los eventos individuales de caída de lluvia. Al observar la tendencia de la intensidad de las lluvias, notamos que es posible tener grandes acumulaciones de líquido incluso en circunstancias de saldo neto deficitario entre la oferta y la demanda. En otras palabras, las grandes lluvias de verano permiten la sobre acumulación en un lapso de tiempo breve.

Si tomamos un área estándar de 100 m² como superficie efectiva de captación, y si por cada metro cuadrado cada milímetro de agua equivale a 1

⁵² The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 3^{ra} edición, 2005

⁵³ Organización Panamericana de la Salud, vigente en la web en noviembre de 2011

litro; entonces se puede deducir fácilmente que estaremos recolectando 100 litros de agua de lluvia por cada milímetro caído. Observando el historial del mes de Enero, a lo largo de 10 años, para distintos tamaños de superficies de captación (SUP) es que se obtiene un grado de aprovechamiento determinado. Es decir, se pone de manifiesto el porcentaje de eventos con precipitaciones en los que la capacidad de almacenamiento instalada resulta compatible con el volumen de agua recolectada. Léase para una superficie de 100 m² y un tanque de 1500 litros de capacidad, el 82% de las lluvias no saturará la capacidad de almacenamiento.

Capacidad Tanque [litros]	SUP = 30m ²	SUP = 50m ²	SUP = 70m ²	SUP = 100m ²	SUP = 150m ²
500	80%	70%	65%	50%	43%
1000	89%	83%	80%	71%	65%
1500	97%	89%	84%	82%	70%
2000	98%	95%	89%	83%	75%
3000	99%	98%	96%	89%	82%

Tabla 25 - Grado de aprovechamiento según capacidad instalada para el mes de Enero

Es necesario notar que en la práctica, dichos porcentajes podrán ser más elevados ya que en esta sección no estamos contemplando la demanda de agua que existe durante la recolección del agua de lluvia. La elección final estará ligada a los factores antes mencionados, sin embargo cada caso debe ser motivo de un análisis más profundo. Por ejemplo, siguiendo con la superficie de 100 metros cuadrados, un incremento de 500 litros en la capacidad de una cisterna de 1500 no representa un incremento porcentual sustancial del grado de aprovechamiento.

Por el contrario, una capacidad adecuada para el mes de Enero significa sobredimensionar la capacidad de los meses posteriores. Los promedios de agua acumulada a lo largo del año son los siguientes:

<u>Mes</u>	SUP = 30m ²	SUP = 50m ²	SUP = 70m ²	SUP = 100m ²	SUP = 150m ²
Enero	339	565	791	1130	1695
Febrero	80	134	187	267	401
Marzo	64	106	149	213	319
Abril	98	164	229	328	492
Mayo	67	112	157	225	337
Junio	39	65	91	130	196
Julio	46	77	108	154	230
Agosto	27	45	63	89	134
Septiembre	63	106	148	211	317
Octubre	76	127	178	254	382
Noviembre	77	129	181	258	387
Diciembre	62	103	145	207	310

Tabla 26 - Promedio histórico acumulado en litros

Más aún, si repetimos el análisis sobre el grado de aprovechamiento para el mes que en promedio presenta los índices de precipitaciones más bajos (Junio); entonces lo que se obtiene es un elevado índice de explotación del tanque aún para el menor tamaño de cisterna analizado. En la Tabla 25 se muestra el detalle según la superficie de captación. El mismo no contempla la incidencia del consumo simultáneo que pueda producirse durante el transcurso de la recolección. De la misma forma observamos por ejemplo, que un tanque de 1000 litros de volumen en promedio satisface los requerimientos de capacidad en el 94% de los casos con precipitaciones.

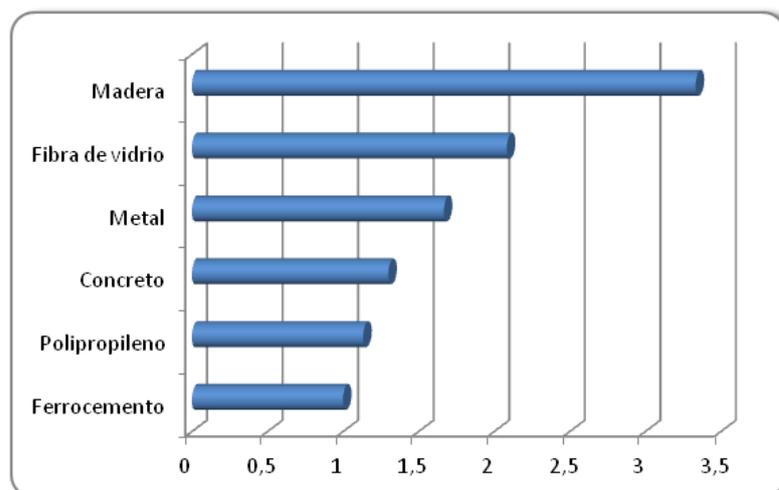
Capacidad Tanque [litros]	SUP = 30m ²	SUP = 50m ²	SUP = 70m ²	SUP = 100m ²	SUP = 150m ²
500	100%	98%	95%	91%	89%
1000		100%	100%	97%	94%
1500				100%	97%
2000					100%
3000					

Tabla 27 - Grado de aprovechamiento según capacidad instalada para el mes de Junio

En términos generales, la capacidad instalada de almacenamiento y el grado de aprovechamiento de la misma presentan una gran dispersión a lo largo del año. Análogamente están directamente vinculadas con la superficie de captación disponible. Cabe destacar que entre los meses de Mayo - Agosto las variaciones intermensuales respecto a Enero en términos de la cantidad de milímetros caídos, son del orden del 100%. En otras palabras, durante el periodo de meses mencionado llueve en promedio alrededor de un 100% menos que durante el mes de Enero.

8.8.2 INVERSIÓN INICIAL

En términos relativos una cisterna fabricada de madera resulta 3,3 veces más costosa que una construida de ferrocemento. En parte esto se debe a los altos costos de la impermeabilización del interior del reservorio y a que es necesario primero, armar una estructura metálica o esqueleto que permita fijar las maderas en posición. En lugar de una estructura metálica también pueden emplearse pretensores en la parte externa. Asimismo la modalidad de construcción requiere de mano de obra intensiva durante el armado ya que por lo general su fabricación es realizada in situ.

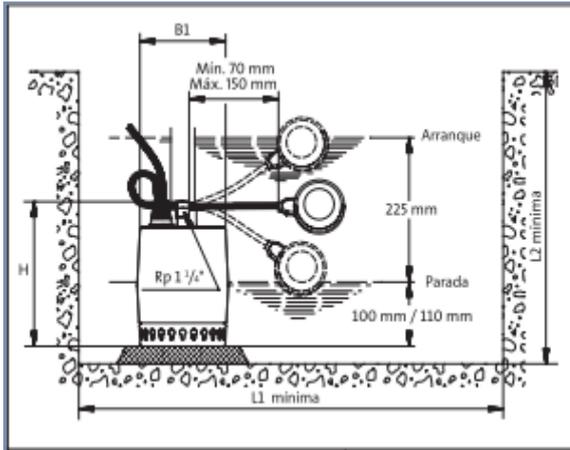
Gráfico 10 - Costo relativo para distintos materiales de cisternas⁵⁴

8.9 ELEMENTOS DE BOMBEO

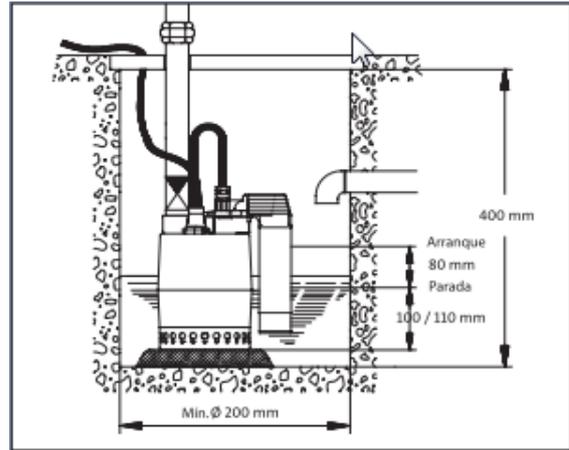
Los volúmenes de agua a distribuir en una vivienda son pequeños en comparación a los grandes caudales que son transportados desde los centros de bombeo a través de la red pública. Consecuentemente, los equipos de bombeo no serán de gran porte. En algunas situaciones podrá ser útil adaptar un equipo de bombeo a algún dispositivo de bypass para; por un lado permitir el flujo de agua recolectada hacia los puntos de consumo, y por otro servir como dispositivo elevador de la presión del sistema principal de agua potable. Habrá que prever que las condiciones de funcionamiento de la bomba para ambas tareas sean aceptables de modo de evitar que trabaje bajo los efectos de cavitación.

En el mercado existe una amplia variedad de modelos. Podemos encontrar bombas centrífugas con potencias desde 0,75 HP con una presión tope de 5 bares, 1 o 1,5 HP de potencia capaces de bombear desde 50 a más de 100 litros por minutos, y bombas más pequeñas para uso domiciliario. Grundfos, por su parte, proporciona una interesante opción para el bombeo de agua de lluvia de la mano de la gama KP de modelos sumergibles. Vienen en 3 modelos según la potencia: 150, 250 o 350 Watts. Poseen un filtro desmontable de fácil limpieza y una válvula de retención que evita cualquier tipo de reflujos. Se les puede adosar además un flotador para permitir regular el arranque y parada de la bomba y ajustar la longitud del cable de éste de acuerdo a la cisterna en la que se sitúe la misma. Asimismo funcionan parcial o completamente sumergidas gracias a su motor hermético y su carcasa de acero inoxidable.

⁵⁴ Gráfico elaborado a partir de datos del costo promedio por litro detallados en "The Texas Manual for Rainwater Harvesting"; 3ra edición, 2005



Bomba sumergible con sistema de flotador incorporado



Bomba sumergible de aspiración a nivel fijo

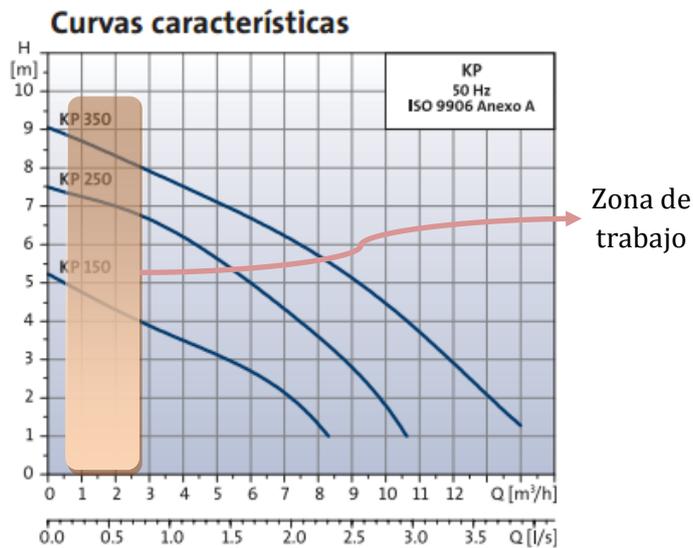


Figura 18 - Gama KP de Grundfos

Las bombas sumergibles de alto caudal por lo general no son aplicables para estos casos ya que requieren instalarse a una profundidad considerable respecto del nivel dinámico, normalmente del orden de los 5 metros. Otros modelos pueden funcionar alimentados por energía solar mediante paneles fotovoltaicos. Se incorpora un controlador electrónico para comandar el funcionamiento según la radiación solar y los niveles de agua en el tanque o cisterna. En este último caso los volúmenes bombeados dependerán principalmente de:

- La altura de la columna de agua (nivel de elevación)
- La potencia de los paneles instalados
- Cantidad de radiación solar incidente

8.10 TRATAMIENTO DEL AGUA

El agua que recolectamos en forma de lluvia tiene básicamente 3 caminos posibles:

- 1- Puede ser almacenada hasta el momento de su utilización sin ningún tratamiento posterior.
- 2- Parte del agua puede ser tratada para garantizar un mayor nivel de asepsia y luego reservada por separado.
- 3- El tratamiento puede llevarse a cabo directamente dentro de la cisterna de almacenamiento.

En el segundo caso, será necesario evaluar la instalación de un tanque de reserva adicional que permita albergar el agua ya tratada. Normalmente suelen identificarse 2 sistemas de tratamiento; los SPU o sistemas de punto de uso y los SPE o sistemas de punto de entrada. Los primeros se adaptan para tratar el agua directamente en el lugar de consumo ya sea en grifos o debajo de la pileta de lavar o lavabo. Los de punto de entrada tratan el agua antes de comenzar a ser distribuida en la vivienda.

Los procesos tradicionales de potabilización del agua para consumo se reducen prácticamente a las técnicas de filtrado y clorado. Como ya hemos visto, el agua proveniente del Río de la Plata es tratada mediante una serie de operaciones que involucran la decantación, filtración, corrección del PH y finalmente la cloración que asegura la eliminación de los agentes patógenos que puedan encontrarse en el agua cruda extraída. Sin embargo existen otros métodos y herramientas, en su mayoría SPE, que sirven en la potabilización del agua recolectada. Estos deben servir como complemento a las técnicas de filtrado principal, ya sea a través de mallas reforzadas y filtros de arena. Entre los más empleados, además del tratamiento por clorado, podemos mencionar el tratamiento con luz ultravioleta, la purificación con ozono, el tratamiento con carbón activado, osmosis reversa y la nano-filtración. Las características inherentes al agua de lluvia, hacen que no sea necesario practicar procesos de ablandamiento para uso y consumo residencial o comercial.

La elección de un sistema apto y eficiente según las necesidades de consumo es una parte sumamente importante en el SCALL. Es fundamental, siempre asegurar un alto grado de filtrado previo al tratamiento final empleado ya que de esta forma se minimizará el ingreso de materia orgánica a la fuente de agua almacenada. En las secciones siguientes, se describe brevemente los aspectos y capacidades más relevantes que ofrece cada método.

8.10.2 CLORACIÓN

Es el método de desinfección de agua más empleado en la actualidad por su:

- ✓ Alto poder desinfectante
- ✓ Importante acción residual
- ✓ Bajo costo

Consiste en adicionar una dosis de hipoclorito de sodio (NaClO) a la reserva de agua y dejarla reposar por unos minutos. El catión de cloruro (carga unitaria de +1) del hipoclorito se presenta como un fuerte oxidante bastante económico. Una de las características de esta modalidad de tratamiento es que en disolución acuosa el hipoclorito solo es estable en condiciones de PH neutro. En condiciones de acidez del agua, muy frecuente en el caso del agua de lluvia, el cloruro pasa a cloro elemental que en condiciones normales reacciona para formar Cl₂ en estado gaseoso que es tóxico. Esta particularidad aumenta la cantidad de cloro necesario para un mismo volumen de agua. A menudo se deberá elevar el pH del agua antes de tratarse con cloro.

El nivel de desinfección se logra recién cuando la concentración hipoclorito alcanza 1 ppm. Para el caso de la dosificación en solución acuosa de hipoclorito de sodio (al 6%), el cálculo que debe tomarse es aproximadamente 60 ml en 3.800 litros de agua. Para elevar en un punto el PH, la regla práctica indica una cucharada de bicarbonato de sodio cada 350 litros.

Si bien no es requerida la presencia de cloro activo en los reservorios domiciliarios⁵⁵ según lo establecido por ley, es conveniente incorporar un filtro de carbón activado a la salida del tanque o grifo. Existen 2 sencillas razones para esto, la primera es para remover el mal sabor que puede presentar el agua al contener restos de cloro. La segunda, por otro lado, sirve para capturar agentes secundarios de la acción del cloro. Al descomponer la materia orgánica presente en el agua, el cloro activo tiende a formar trihalometanos sospechados de ser agentes cancerígenos si son ingeridos asiduamente.

La Tabla 28 da cuenta del tiempo de contacto necesario entre el cloro y el agua para lograr la desinfección según las distintas temperaturas y niveles de PH. Convenientemente de deberá diluir la solución de cloro en un recipiente más pequeño para luego introducirlo en la cisterna principal. Hoy en día existen en el mercado sistemas dosificadores automáticos que realizan esta tarea.

PH	Temperatura del agua		
	> 10°C	7°C	< 5°C
	<i>tiempo de contacto en min.</i>		
6	3	4	5
6,5	4	5	6
7	8	10	12
7,5	12	15	18
8	16	20	24

Tabla 28 - Tiempo de contacto con el cloro⁵⁶

⁵⁵ Los estudios recomiendan una concentración de cloro residual máxima de 0,6 ppm para uso doméstico.

⁵⁶ The Texas Manual on Rainwater Harvesting; 3ra edición, 2005

8.10.3 FILTRADO POR CARBÓN ACTIVO

El filtrado por este medio es posible gracias al proceso de adsorción⁵⁷. El carbón activado se obtiene a partir del calentamiento de un compuesto a base de carbón a temperaturas del orden de los 1.000°C bajo una atmósfera controlada en ausencia de oxígeno. En la adsorción las moléculas que contienen impurezas se adhieren a la superficie del carbón activo que tiene la particularidad de ser extremadamente poroso.

La capacidad de filtrado estará enteramente ligada a la calidad de agua que se filtre. En contraposición con el cloro, el carbón activado responde mejor en condiciones de acidez y temperaturas más bajas. Al transformar o retener los excesos de compuestos que contienen cloro en otros cloruros, mejoran el sabor del agua. No obstante, un filtro saturado de compuestos orgánicos u otros contaminantes es proclive a formar bacterias que terminan degradando la calidad de agua en vez de mejorarla. Estos filtros no son eficaces a la hora de eliminar nitratos, bacterias y minerales disueltos.

8.10.4 RAYOS UV

La desinfección del agua mediante el empleo de rayos ultravioleta es una práctica muy común que data de principios del siglo XX, que se caracteriza por ser un método eficiente, seguro y económico a gran escala. Una de las principales ventajas de este método de desinfección del agua es su alta efectividad contra virus, parásitos y bacteria; al mismo tiempo que no deja trazos de ningún contaminante en el agua. Otro punto a favor es que el gasto energético es muy reducido. Para uso doméstico las lámparas que se utilizan se comercializan desde los 12 Watts para un caudal de 4 litros por minuto hasta los 19 Watts para un caudal equivalente a 15 litros por minuto.

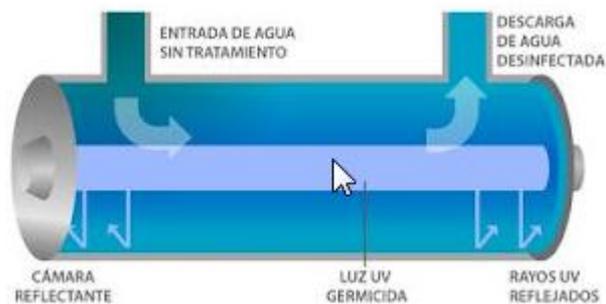


Figura 19 - Tratamiento del agua con luz UV

Previo a la exposición del torrente de agua a la luz, se debe asegurar el correcto filtrado a fines de evitar que los agentes patógenos queden ocultos entre las partículas en suspensión, e impida el contacto con los rayos.

⁵⁷ Se entiende por adsorción a la fijación de una especie molecular o iónica (adsorbato) sobre la superficie de una sustancia sólida (adsorbente); gracias a la presencia de fuerzas de interacción moleculares.

8.10.5 OZONIZACIÓN

Al igual que el cloro, el ozono disociado en su elemento básico o radical de oxígeno, es un agente fuertemente oxidante. Después del flúor, el oxígeno es el elemento conocido con mayor poder de oxidación. Al mismo tiempo que cumple con las características de un poderoso y veloz desinfectante, actúa con mayor rapidez que el cloro. Además posee un poder desodorante en el agua mejorando así su sabor. Éste es más efectivo aún en menores concentraciones que las del cloro, en una mayor cantidad de virus y bacteria sin dejar prácticamente residuos que puedan ser perjudiciales para la salud. En contraste no existirá ningún agente desinfectante activo luego de producida la reacción y la purificación inicial. Bajo condiciones de pH y temperatura normales (pH = 7 a 20°C), la vida media del ozono es de 20-30 minutos.

En los casos en los que sea necesario asegurar que el agua de consumo que ha sido tratada con ozono permanezca resguardada de la formación de agentes patógenos o bacteria, el sistema de ozonización se realizará en un depósito con un caudal de recirculación. Este conducto permitirá la reinyección de una cantidad adecuada de ozono adicional. Debido a su poder de corrosión, debe procurarse no exceder concentraciones de ozono que superen las 0,25 ppm. En presencia de trihalometanos, el ozono reaccionará disminuyendo la concentración en el agua.

8.10.6 OSMOSIS INVERSA

La osmosis es el mecanismo natural de transferencia de dos soluciones de distinta concentración hasta equilibrar la misma, obteniendo una diferencia entre las soluciones que se denomina presión osmótica. Este mecanismo es utilizado en las células de nuestros organismos a diario. En el caso puntual del tratamiento del agua, se emplean membranas con poros extremadamente pequeños (micro-poros) capaces de separar prácticamente todas las impurezas; desde moléculas de sal hasta virus y bacterias dejando pasar las moléculas de agua. Es muy empleado en procesos de desalinización. El consumo energético del proceso es relativamente bajo.

A diferencia de los otros tratamientos antes vistos, la osmosis inversa no destruye o inactiva a los virus, material orgánico o bacterias contaminantes. Por el contrario, actúa como una barrera de contención permitiendo aislar a los contaminantes en un pequeño volumen. El exceso de material orgánico y suciedad tienden a generar mayor resistencia de la membrana.

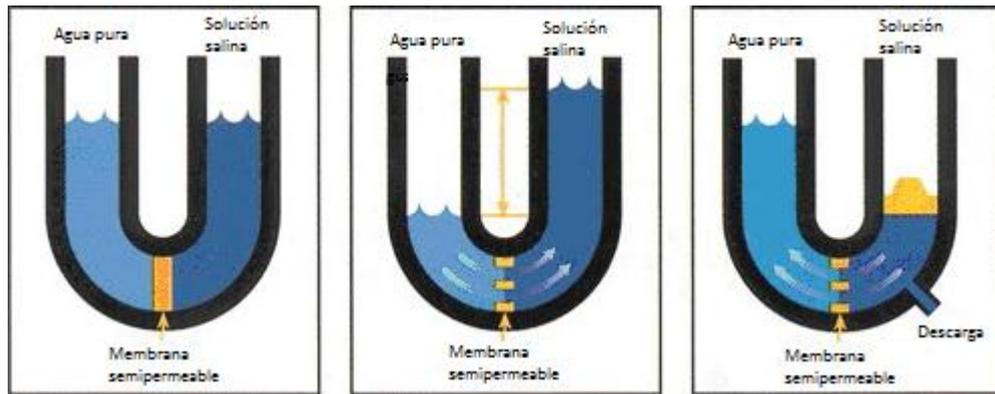


Figura 20 - Etapas del proceso de ósmosis inversa

Cuando se califica el poder de purificación de la ósmosis inversa se habla de una tecnología de rechazo en porcentajes. Las membranas estándares rechazan las bacterias, pirógenos, y el 85% a 95% de sólidos inorgánicos. Por su tamaño, los iones polivalentes son rechazados más fácilmente que los iones monovalentes. Los sólidos orgánicos con un peso molecular superior a 300 son rechazados por la membrana, pero los gases pasan a través. En nuestra región, esta tecnología es empleada en estaciones pequeñas de tratamiento de aguas subterráneas.

9. ANÁLISIS DE LA RELACIÓN OFERTA & CONSUMO

9.1 PANORAMA GENERAL

Independientemente del cuál sea la superficie de captación efectiva disponible, los volúmenes de lluvia promedio a lo largo del año oscilarán en torno a los valores presentados en el capítulo 5. Está claro que existen años que son más ricos en niveles de agua de lluvia que otros. En 2005 por ejemplo, llovieron alrededor de 900 milímetros mientras que para 2010 el volumen de agua anual superó un total de 1.150 milímetros. Como ya hemos podido corroborar, la variación en milímetros caídos es más o menos uniforme en toda la región del AMBA en tanto que las diferencias (en torno al 14%) son prácticamente despreciables pudiendo concluir que las precipitaciones promedio son homogéneas en términos geográficos.

Del comparativo de la tabla 29, vemos que los regímenes de lluvia intermensuales, es decir la oferta de agua de lluvia, muestran claras variaciones a lo largo del año. Al comparar la oferta promedio de los periodos Marzo - Abril versus Mayo - Junio observamos que existe una caída significativa, mayor al 100%. No ocurre lo mismo para la variación del consumo para los mismos periodos a lo largo del año. En este último caso, y tomando como referencia los valores estimados de estacionalidad para el periodo Mayo - Junio, vemos que el consumo cae porcentualmente en torno a un dígito. La variación de Enero - Febrero por su parte, se calcula respecto al intervalo temporal Noviembre-Diciembre.

	Ene-Feb	Mar-Abr	May-Jun	Jul-Ago	Sep-Oct	Nov-Dic
<i>Estacionalidad del consumo</i>	1,11	0,84	0,82	0,83	1,07	1,33
<i>Oferta promedio en mm</i>	111,5	98	47	49	87	103
<i>Variación del consumo</i>	-22%	-27%	-2%	1%	25%	26%
<i>Variación de la oferta</i>	8%	-14%	-109%	4%	44%	16%

Tabla 29 - Variación porcentual de la oferta y el consumo

En otras palabras, encontramos que en términos porcentuales la dispersión de la oferta es muy superior a la del consumo. Este aspecto natural de las condiciones geográficas meteorológicas de la región trae consigo la desventaja de que no permite un abastecimiento tan grande en los meses invernales, donde si bien los consumos también bajan lo hacen a una tasa menor.

Igual de importante será determinar en cada caso qué fracción del agua recolectada será empleada como fuente de agua primaria y que parte será destinada para usos secundarios que pueden ser para riego, lavado de ropa, lavado del automóvil, recreación, etcétera. Toda porción de agua que pretenda ser empleada para consumo o higiene personal tendrá que ser tratada y

controlada periódicamente, lo cual significa un extra costo que podemos no estar dispuestos a afrontar.

9.2 APROVECHAMIENTO SEGÚN LA DENSIDAD POBLACIONAL

La superficie de recolección disponible medida en metros cuadrados por persona, es uno de los factores más relevantes a la hora de definir cuan viable es recolectar el agua de lluvia. Una misma superficie no servirá del mismo modo para una familia con varios hijos que para una pareja sola. Las torres de viviendas de más de 4 plantas podrán recolectar un volumen de agua por habitante muy inferior al de una casa o apartamento de baja altura.

Se nos presentan 4 parámetros a la hora de identificar cuán compatible será la oferta con el consumo, es decir, para determinar si la oferta de lluvia es tal que permita satisfacer la demanda:

- a- **Mes del año:** dependerá de la época del año cuántos serán en promedio los mm caídos y m^3 de agua consumidos
- b- **Superficie cubierta de captación:** la oferta está directamente correlacionada con los m^2 disponibles
- c- **Cantidad de habitantes por edificación o vivienda:** el consumo neto depende directamente de este parámetro
- d- **Clase de consumidor:** como vimos y definimos anteriormente, la escala social tendrá incidencia sobre el volumen de agua que se emplea a diario

Un análisis riguroso debe contemplar la interrelación entre los cuatro parámetros. Consecuentemente cada combinación será única y arrojará resultados diferentes. A modo ilustrativo definiremos 2 de los 4 parámetros para ver la relación de estos con los 2 restantes.

En la tabla que figura a continuación podemos visualizar la relación entre la oferta de agua y el consumo. En otras palabras, se hace el cociente entre la oferta y el consumo promedio mensual para evaluar que porcentaje de la primera se ve satisfecho. Un porcentaje mayor a 100 nos está indicando que para determinada combinación existe un superávit de agua de lluvia. Observemos que ocurre para el mes de Enero para los consumidores de la clase B.

		Enero CLASE B												
m ² →		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150	200
Número de habitantes	1	20%	41%	61%	81%	101%	122%	142%	162%	182%	203%	243%	304%	405%
	2	10%	20%	30%	41%	51%	61%	71%	81%	91%	101%	122%	152%	203%
	3	7%	14%	20%	27%	34%	41%	47%	54%	61%	68%	81%	101%	135%
	4	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	41%	46%	51%	61%	76%	101%
	5	4%	8%	12%	16%	20%	24%	28%	32%	36%	41%	49%	61%	81%
	6	3%	7%	10%	14%	17%	20%	24%	27%	30%	34%	41%	51%	68%
	7	3%	6%	9%	12%	14%	17%	20%	23%	26%	29%	35%	43%	58%
	8	3%	5%	8%	10%	13%	15%	18%	20%	23%	25%	30%	38%	51%
	9	2%	5%	7%	9%	11%	14%	16%	18%	20%	23%	27%	34%	45%
	10	2%	4%	6%	8%	10%	12%	14%	16%	18%	20%	24%	30%	41%

Tabla 30 - Relación entre Oferta y Consumo para la clase B en Enero

La tabla se lee de la siguiente manera; durante el mes de Enero un grupo de 2 personas en una vivienda de 70 m² preparada para la recolección de agua de lluvia, podrá captar un equivalente de agua al 71% de sus necesidades de consumo, ya sea primario o secundario. Siendo Enero el mes más rico en precipitaciones, podemos apreciar que para una familia tipo de 4 integrantes es posible abastecer a más del 50% del consumo cuando se emplea una superficie de captación de por lo menos 100 m². Recién para superficies que superan los 200 m² el abastecimiento podrá ser total.

A pesar de que el consumo sea menor que la oferta, habrá periodos en los que las lluvias se produzcan durante intervalos de tiempo cortos; menos de 3,5 días entre eventos. En estos casos es muy probable que la capacidad de almacenamiento se sature y parte de lo recolectado deba evacuarse por los conductos del desagüe pluvial.

9.3 TOPOLOGÍA HABITACIONAL DE LA REGIÓN

Analizar caso por caso las distintas variantes que se presentan en la realidad, requiere considerar un espectro muy amplio de construcciones. De hecho, en la actualidad encontramos, viviendas particulares de una o más plantas, viviendas multifamiliares tipo dúplex, conglomerados de 3 o 4 plantas, o viviendas multifamiliares tipo torre de más de 4 pisos. A lo largo de todo el territorio nacional la relación muestra que por cada 10 viviendas 8 son casas de menos de 4 plantas, y 2 se corresponden a departamentos. Sin embargo, en la Ciudad de Buenos Aires las estadísticas⁵⁸ muestran otro panorama ya que el 72,8% de las viviendas actuales está constituido por departamentos, mientras que las casas suman el 27,2% complementario.

Naturalmente, a lo largo de las décadas, el área céntrica tradicional del conglomerado de Buenos Aires fue siendo ocupada por diversas actividades comerciales y de servicios. Esto permitió un cambio radical en la fisonomía arquitectónica de la urbe desplazando las áreas residenciales hacia la periferia,

⁵⁸ Según datos obtenidos del Censo Nacional 2010

a medida que también se incrementaron las vías de acceso terrestres. En tanto que la migración desde el interior del país y otras naciones limítrofes en busca de mejores oportunidades laborales y condiciones de vida, impulsó el desarrollo de casas bajas en los anillos más externos del AMBA y el crecimiento de otros asentamientos ya existentes. A pesar del predominio de univiviendas o casas, la tendencia⁵⁹ en aquellas áreas que cuentan con los servicios básicos como agua de red, cloacas, medios de transporte y seguridad es de un incremento en la densidad de habitantes por hectárea.

Una foto de la región del AMBA en 2001 ya muestra claramente la tendencia que se acentúa hoy. Altos niveles de densidad poblacional con edificaciones en altura o multivivienda en gran parte de la Ciudad de Buenos Aires, con un mayor predominio de casas bajas o univiviendas en toda el área del conglomerado. Actualmente la ciudad autónoma de Buenos Aires es la única localidad donde la cantidad de departamentos o edificios en altura excede al número de casas. El Gran Buenos Aires presenta predominio de casas y según el último censo nacional, concentra casi el 25% de la población del país.

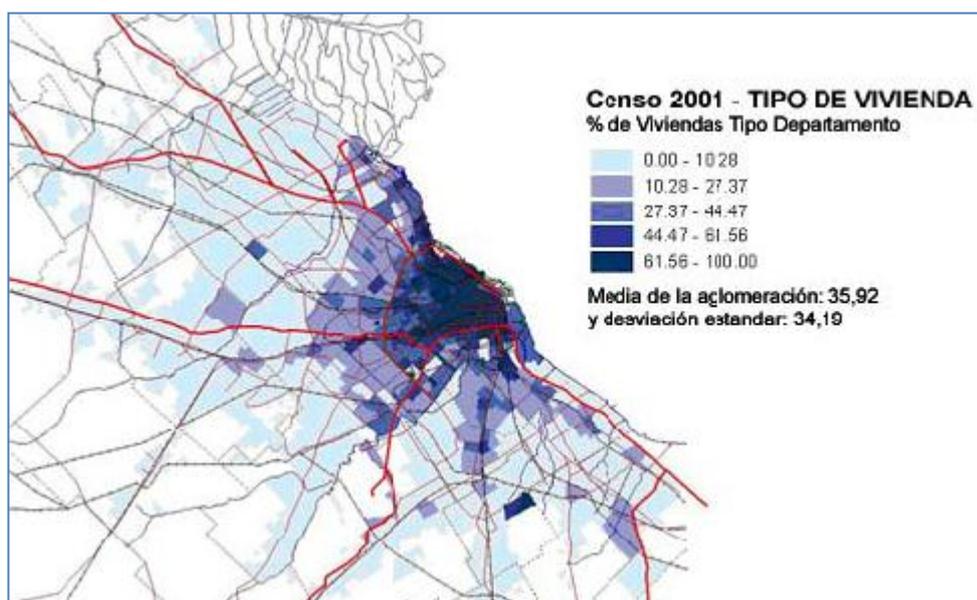


Figura 21 - Porcentajes de viviendas en altura de más de 4 plantas⁶⁰

⁵⁹ Artemio P. Abba, Liliana Furlong, Sonia Susini, Maximiliano Laborda; Patrones del Hábitat; AABA: Atlas Ambiental de Buenos Aires

⁶⁰ Fuente, AABA: Atlas Ambiental de Buenos Aires

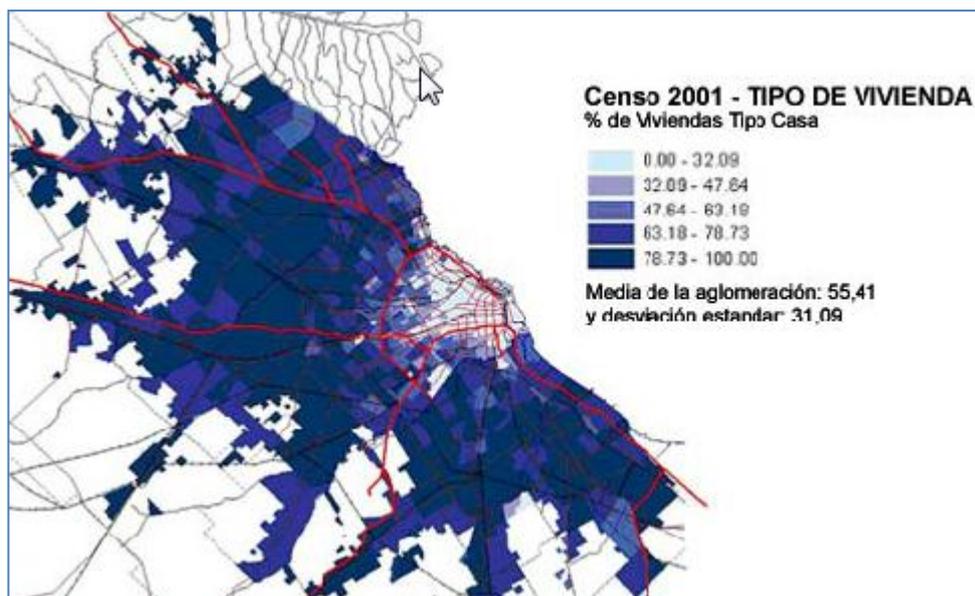


Figura 22 - Porcentajes de viviendas de construcción horizontal⁶¹

9.4 DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE PATRÓN DE CAPTACIÓN

Siguiendo la línea de investigación instaurada acotaremos el análisis para aquellas construcciones de baja altura, cuyo índice de habitantes por edificación se mantiene acotado. La Dirección General de Estadística y Censos de la C.A.B.A. lleva un registro de los permisos otorgados para la construcción de nuevas viviendas. Este registro incluye además la cantidad de m² cubiertos totales edificables por dichos permisos. A su vez distingue entre 4 tipos de viviendas según sus dimensiones, los materiales empleados, y el tipo de construcción:

- Sencilla
- Confortable
- Lujosa
- Suntuosa

Analizando la información y contrastando la información disponible desde 2007 a 2010, arribamos al siguiente esquema de superficies de referencia que es extrapolable al resto del AMBA.

³⁶ Fuente, AABA: Atlas Ambiental de Buenos Aires

Topología de la edificación			Univivienda					Multivivienda
Clase	Tipo (1)	Factor de altura (2)	Superficie de Referencia [m ²]					
			2007	2008	2009	2010	Promedio	
D	Sin datos	1,1	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos (3)	Fuera del perímetro de análisis
C	Sencilla	1,3	92	111	65	74	85	
B	Confortable	1,5	160	139	145	130	143	
A	Lujosa	1,7	184	178	210	223	199	
	Suntuosa							

Tabla 31 - Superficies de referencia⁶²

- (1) En función del tipo de vivienda que sugieren los datos del Ministerio de Hacienda, se le asignó a cada tipo una clase social, con la salvedad que se unificaron los criterios de vivienda “lujosa” y “suntuosa” en una única clase social.
- (2) Dado que las superficies de las construcciones son las totales es que se estimó un coeficiente de altura o ponderación por cantidad de pisos. A medida que nos ubicamos en clases sociales económicamente mejor posicionadas, el coeficiente aumenta ya que en general las viviendas tienden a ser más espaciosas y a poseer más de un nivel construido
- (3) En función de las construcciones en asentamientos precarios que actualmente resultan fácilmente observables a lo largo de la región en estudio; este autor adopta para la clase D un valor promedio para la superficie cubierta construida de captación de lluvia de 20 m².

Hasta aquí solamente hemos contemplado las cubiertas de las edificaciones como áreas disponibles para la recolección de agua de lluvia. Las superficies construidas a nivel del suelo son otra vía que puede servir para incrementar la capacidad neta de captación. El agua en este último caso, deberá encausarse hasta el receptáculo y/o filtro de partículas para luego ser bombeada. Como contrapartida, al estar la superficie de captación al nivel del suelo será más susceptible a acumular agentes contaminantes provocando un mayor grado de degradación del agua recolectada.

A priori las multiviviendas o edificaciones en altura se excluyen del análisis de este trabajo. A causa del alto índice de habitantes por unidad de superficie, el volumen en metros cúbicos de agua recolectada será prácticamente despreciable frente a la demanda real de agua de los inquilinos de los hogares allí emplazados.

⁶² Elaboración propia en base a datos de la Dirección General de Estadística y Censos sobre la base de datos del Ministerio de Desarrollo Urbano y la Dirección General de Registro de Obras y Catastro.

9.5 CÁLCULOS DE LA EVOLUCIÓN OFERTA VS CONSUMO

La definición de las superficies de referencia nos permite acotar el universo de análisis para enfocarnos en la disponibilidad real de agua según los consumo de acuerdo a la escala social. Definimos cuatro niveles de la relación oferta/consumo mensuales representados por cuatro colores:

	La oferta de lluvia supera las necesidades de consumo del grupo bajo estudio.
	La oferta no alcanza para abastecer totalmente el consumo pero es suficiente para satisfacer las necesidades de agua para usos secundarios.
	La relación oferta consumo es tal que no se llegan a abastecer los tipos de usos secundarios del agua; un 50% del consumo total aproximadamente.
	La disponibilidad de agua respecto del consumo es insuficiente con porcentajes menores o iguales a 20.

Tabla 32 - Referencias de la relación Oferta versus Consumo

En función de las superficies de referencia adoptadas calculamos la relación de oferta y consumo a lo largo del año y en función de la cantidad de habitantes:

		CLASE A [Superficie de Referencia = 199 m ²]											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Personas x Vivienda	1	223%	175%	246%	217%	121%	106%	117%	117%	151%	170%	155%	152%
	2	111%	87%	123%	109%	60%	53%	59%	59%	76%	85%	77%	76%
	3	74%	58%	82%	72%	40%	35%	39%	39%	50%	57%	52%	51%
	4	56%	44%	61%	54%	30%	27%	29%	29%	38%	42%	39%	38%
	5	45%	35%	49%	43%	24%	21%	23%	23%	30%	34%	31%	30%
	6	37%	29%	41%	36%	20%	18%	20%	20%	25%	28%	26%	25%
	7	32%	25%	35%	31%	17%	15%	17%	17%	22%	24%	22%	22%
	8	28%	22%	31%	27%	15%	13%	15%	15%	19%	21%	19%	19%
	9	25%	19%	27%	24%	13%	12%	13%	13%	17%	19%	17%	17%
	10	22%	17%	25%	22%	12%	11%	12%	12%	15%	17%	15%	15%

Tabla 33 - Evolución de la Oferta sobre el Consumo de la Clase A

Una familia tipo, 4 integrantes, de la clase A sólo cubriría las necesidades de agua secundarias durante el periodo que va desde Enero a Marzo. En promedio, en términos más gráficos, se podrá abastecer la utilización del inodoro durante todo el año. A partir de los 6 habitantes y un área de recolección 199 m², el abastecimiento se torna insuficiente. En aquellos meses con excedente de oferta de agua de lluvia, se podrá optar por el sobre dimensionamiento del tanque de almacenamiento y así prolongar el abastecimiento durante algunos días más.

CLASE B [Superficie de Referencia = 143 m ²]													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Personas x Vivienda	1	290%	227%	320%	283%	157%	138%	153%	153%	197%	221%	202%	198%
	2	145%	114%	160%	141%	79%	69%	76%	76%	98%	110%	101%	99%
	3	97%	76%	107%	94%	52%	46%	51%	51%	66%	74%	67%	66%
	4	72%	57%	80%	71%	39%	35%	38%	38%	49%	55%	50%	49%
	5	58%	45%	64%	57%	31%	28%	31%	31%	39%	44%	40%	40%
	6	48%	38%	53%	47%	26%	23%	25%	25%	33%	37%	34%	33%
	7	41%	32%	46%	40%	22%	20%	22%	22%	28%	32%	29%	28%
	8	36%	28%	40%	35%	20%	17%	19%	19%	25%	28%	25%	25%
	9	32%	25%	36%	31%	17%	15%	17%	17%	22%	25%	22%	22%
	10	29%	23%	32%	28%	16%	14%	15%	15%	20%	22%	20%	20%

Tabla 34 - Evolución de la Oferta sobre el Consumo de la Clase B

CLASE C [Superficie de Referencia = 85 m ²]													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Personas x Vivienda	1	290%	227%	319%	283%	157%	138%	153%	153%	197%	221%	201%	198%
	2	145%	114%	160%	141%	79%	69%	76%	76%	98%	110%	101%	99%
	3	97%	76%	106%	94%	52%	46%	51%	51%	66%	74%	67%	66%
	4	72%	57%	80%	71%	39%	35%	38%	38%	49%	55%	50%	49%
	5	58%	45%	64%	57%	31%	28%	31%	31%	39%	44%	40%	40%
	6	48%	38%	53%	47%	26%	23%	25%	25%	33%	37%	34%	33%
	7	41%	32%	46%	40%	22%	20%	22%	22%	28%	32%	29%	28%
	8	36%	28%	40%	35%	20%	17%	19%	19%	25%	28%	25%	25%
	9	32%	25%	35%	31%	17%	15%	17%	17%	22%	25%	22%	22%
	10	29%	23%	32%	28%	16%	14%	15%	15%	20%	22%	20%	20%

Tabla 35 - Evolución de la Oferta sobre el Consumo de la Clase C

La situación en las clases B y C es similar. La modalidad de consumo en relación a la disponibilidad de lluvias resulta un tanto más favorable aunque no se evidencian cambios drásticos. Durante los meses cálidos la provisión de agua para uso secundario es adecuada hasta 4 personas mientras que en la época invernal la cantidad de habitantes satisfechos se reduce a la mitad. No debe perderse de vista que dentro de este análisis se engloba un grupo poblacional que no es 100% homogéneo en función de los hábitos de consumo. Ergo los valores de las tablas deben ser tomados estrictamente como parámetros estimados.

Con excepción de la clase D, existe un común denominador que es que para 1 persona la captación durante el año es suficiente para satisfacer la demanda total. Asimismo la disponibilidad del recurso para satisfacer la demanda de 2 habitantes en casi en su totalidad se percibe sólo para los meses más cálidos del año que comprenden el periodo de Octubre a Marzo.

CLASE D [Superficie de Referencia = 20 m2]													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Personas x Vivienda	1	136%	107%	150%	133%	74%	65%	72%	72%	93%	104%	95%	93%
	2	68%	53%	75%	66%	37%	33%	36%	36%	46%	52%	47%	46%
	3	45%	36%	50%	44%	25%	22%	24%	24%	31%	35%	32%	31%
	4	34%	27%	38%	33%	18%	16%	18%	18%	23%	26%	24%	23%
	5	27%	21%	30%	27%	15%	13%	14%	14%	19%	21%	19%	19%
	6	23%	18%	25%	22%	12%	11%	12%	12%	15%	17%	16%	15%
	7	19%	15%	21%	19%	11%	9%	10%	10%	13%	15%	14%	13%
	8	17%	13%	19%	17%	9%	8%	9%	9%	12%	13%	12%	12%
	9	15%	12%	17%	15%	8%	7%	8%	8%	10%	12%	11%	10%
	10	14%	11%	15%	13%	7%	7%	7%	7%	9%	10%	9%	9%

Tabla 36 - Evolución de la Oferta sobre el Consumo de la Clase D

En rigor, la porción de lluvia acumulable para el promedio de las edificaciones de la clase D es muy limitada fundamentalmente debido a las limitaciones del área superficial con que se cuenta. A esto se le agrega el hecho que en los núcleos familiares más pobres el número de personas por hogar tiende a incrementarse. Como resultado se evidencian índices de concentración de la población muy elevados para el promedio de las estructuras o edificaciones bajas.

9.6 FACTORES QUE ALTERAN EL CONSUMO

La rutina diaria del trabajo fuera del lugar de residencia deriva en cambios en el consumo. Durante los días hábiles por lo general se observa un desplazamiento en el tramo horario de las actividades de aseo personal, incrementándose el uso cuando el individuo retorna a la vivienda. La jornada laboral de tiempo completo demanda entre 9 y 10 horas fuera del hogar. Esta ausencia temporal permite un ahorro en torno al 25% del consumo normal ya que se eliminan varias descargas del inodoro y se restringe el uso de agua para cocinar y lavado de platos del mediodía. Un razonamiento similar puede aplicarse para los jóvenes que estudian o ejecutan actividades fuera del la vivienda.

Un local de comercio con instalación sanitaria experimentará una demanda de agua inversa a la de un hogar residencial. Con picos de consumo de Lunes a Viernes y mínimos durante los días no laborables. Independientemente de la jornada laboral una cuota importante del consumo residencial siempre se mantendrá vigente; acentuándose a partir de las actividades de ocio, como el riego de plantas y jardines, o el lavado del auto durante los fines de semana.

10. ANÁLISIS DE COSTOS

Tal como fue planteado y analizado desde el comienzo de este trabajo, coexisten distintas fuentes de agua que son empleadas a diario en la ciudad y que a la vez suelen complementarse. Es menester entonces estudiar los costos asociados con la obtención del agua proveniente de dichas fuentes, en vistas de desarrollar un análisis marginal detallado y así poder determinar la factibilidad económica de la fuente de agua propuesta. Se adoptará para el análisis económico y los cálculos asociados una vivienda patrón o casa representativa de la población⁶³. La misma cuenta con un área de captación de 100 m² y presenta un consumo promedio de agua equivalente al de una familia tipo que se ubica entre la clase B y la clase C. En promedio necesita unos 148 LDC o litros diarios per cápita, sin tomar en cuenta por un momento la estacionalidad del consumo.

Los drivers que contribuyen estrictamente al costo del agua per sé, pueden sintetizarse en el siguiente listado:

>> *Fuente de agua provista a través de un tercero:*

- Adquisición del producto
- Cargos por el servicio del prestatario

>> *Fuente de agua pluvial, captada in situ:*

- Adquisición e instalación del sistema de canaletas y conductos.
- Cisterna de almacenamiento e interceptor de primeras aguas
- Filtros de partículas y trampa para hojas
- Acondicionamiento de la superficie de captación (dependerá estrictamente del caso)
- Inversión en equipo de bombeo y gastos asociados al consumo de energía del mismo
- Mantenimiento general de los componentes
- Dispositivo de control de la fuente de agua a emplear
- Sistema potabilizador (opcional según el uso final del agua)

El fin último del análisis en este capítulo es poder determinar el tiempo medio de recupero de la inversión o punto break-even. El costo del sistema será contrastado contra los costos de las fuentes de agua convencionales actuales.

10.1 COSTOS DE LAS FUENTES CONVENCIONALES

10.1.2 AGUA ENVASADA

El costo principal de esta fuente de agua viene dado por el costo final del producto terminado. En menor medida podemos atribuir parte de los costos al

⁶³ Las clases B y C en su conjunto representan alrededor del 74% del espectro total de hogares.

transporte o traslado del producto adquirido. Sin embargo, en una compra normalmente uno adquiere diversos productos, y por lo general lo realiza en una tienda cercana al punto de consumo. Por lo tanto el costo final del traslado del agua envasada desde el punto de abastecimiento hasta el punto de consumo puede ser prorrateado entre varios insumos, resultando así despreciable. En otras situaciones existe un servicio de envío del agua a domicilio, a cambio el distribuidor puede reutilizar el envase.

Los precios del agua envasada son considerablemente superiores a cualquier otra fuente de agua. Su uso se limita a aquellas actividades de consumo personal o que por algún motivo especial requieran un nivel de asepsia muy alto. Por lo tanto los volúmenes de consumo per cápita son bajos. Este tipo de aguas se destaca por aportar una gran cantidad de minerales. Si analizamos los precios de agua embotellada existentes en el mercado, vemos que existe cierta dispersión entre marcas y en función del volumen comercializable. Con la excepción de las marcas importadas como Evian o Perrier, los precios se ubican en torno a los 2 AR\$/litro. Generalmente el agua gasificada es alrededor de un 50% más costosa que el agua sin gas.

Marca	Volumen de Venta	Precio [\$/l]	Costo [\$/m³]
<i>Nestle (a domicilio)</i>	Bidón 20L	1,60	1.600
<i>Nihuil</i>	Botella 2L	1,70	1.700
<i>Sierra de los Padres</i>	Botella 2L	2,05	2.050
<i>Carrefour</i>	Botella 2L	2,08	2.080
<i>Villa del Sur</i>	Bidón 6L	2,17	2.170
<i>Villa del Sur</i>	Botella 2,25L	2,25	2.250
<i>Villavicencio</i>	Pack 6u. X 1,5L	2,50	2.500
<i>Villavicencio gasificada</i>	Botella 1,5L	3,50	3.500
<i>Evian (importada)</i>	Botella 1,5L	26,82	26.820

Tabla 37 - Relevamiento de precios de agua envasada⁶⁴

A pesar de la enorme variedad de marcas comerciales de aguas en el mercado, los precios por metro cúbico de esta fuente de agua son astronómicos en comparación al mismo volumen de otras fuentes. Es de notar la injerencia del envase en el costo final por litro. A mayor volumen del empaque menor es el costo por litro. Incluso cuando fuere económicamente accesible, semejante grado de pureza del agua sólo se verá justificado para consumo personal. En concordancia con esto se estima que en el mundo, anualmente 'solamente' se consumen unos 126.000 millones de litros de agua mineral; el equivalente a consumir entre 18 y 21 litros por habitante por año. Una cantidad que varía ligeramente para los habitantes cercanos a los grandes centros urbanos de consumo.

⁶⁴ Relevamiento realizado en la sucursal del supermercado Carrefour de Villa Devoto en la C.A.B.A., Marzo de 2012.

10.1.3 AGUA EXTRAÍDA DE POZO O NAPA

Al igual que con el agua que recogemos de lluvia, el agua de las napas puede extraerse libremente mientras los métodos empleados para la extracción no pongan en riesgo o contaminen el agua de la fuente en cuestión. De todas formas cualquier perforación deberá ser previamente autorizada por el ente o autoridad competente.

En relación al costo asociado al consumo de agua subterránea resulta conveniente separarlo en 3 ramas principales:

- ✓ **Inversión:** Perforación, instalación de tuberías y bomba
- ✓ **Costo Operativo:** Consumo eléctrico para bombear el agua al tanque de reserva
- ✓ **Costo adicional:** Tratamiento físico-químico del agua (opcional)

El costo de la perforación dependerá en gran medida de la profundidad de la napa y de la dureza del suelo dada por la composición de materiales de la región geográfica específica. La Ciudad de Buenos Aires y alrededores se caracteriza por tener suelos secos (no inundables) de dureza común. Debido al alto grado de contaminación de la napa de agua más próxima a la superficie o napa freática, se recomienda y generalmente se adopta la perforación hasta la segunda napa que se ubica a unos 50 - 60 metros de profundidad. Puede variar unos metros según el área.

La perforación se realiza desde el nivel del suelo hasta alcanzar la base del estrato impermeable aplicando el diámetro adecuado para el caudal requerido. Una vez realizada la perforación se arma el encamisado y se colocan las tuberías con el adicional de una columna filtrante según lo establecido por la legislación vigente. Se puede emplear una bomba sumergible o bomba auto-aspirante. El valor estimado de mercado para este trabajo actualmente ronda los 7.200 AR\$ e incluye los trabajos de perforación y la instalación de una bomba sumergible de 1HP y 40 metros de cable sumergible. A razón de 90 AR\$ por metro de profundidad perforado⁶⁵.

Un equipo de bombeo de profundidad para caudales de agua pequeños, apto para una vivienda o comercio tiene un costo que está en el intervalo de los 1.800 a 2.000 AR\$. Algunas de las características principales del equipo requerido son:

- Bomba auto-aspirante de pozo profundo (hasta 70 metros)
- Potencia⁶⁶ 1,5HP \cong 1.119 Watts
- Caudal: 50 – 60 litros por minuto

⁶⁵ Datos estimados sobre cotizaciones a empresas poceras, marzo de 2012.

⁶⁶ 1HP = 746W, Tully, Jim; American Society of Mechanical Engineers; Philadelphia 2002. Artículo consultado en Internet en el mes de marzo de 2012.

Se puede calcular entonces cuál es la variación de los costos⁶⁷ mensuales asociados al bombeo del agua desde la napa al tanque de almacenamiento de la propiedad o vivienda. En particular distinguimos la aproximación del costo variable atribuible a las clases B y C sobre una cantidad definida de personas dentro de la edificación:

Personas	C			B		
	2	4	5	2	4	5
Consumo mensual [Litros]	6.600	13.200	16.500	11.100	22.200	27.750
Potencia de la bomba [W]	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100
Caudal operativo [l/min]	55	55	55	55	55	55
Tiempo de funcionamiento [hrs]	2,0	4,0	5,0	3,4	6,7	8,4
Consumo energético [kWh]	3	5	6	4	8	10
Cargo variable + IVA e impuestos [AR\$/kWh]	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Cargo mensual [AR\$]	\$ 1,43	\$ 2,38	\$ 2,86	\$ 1,90	\$ 3,81	\$ 4,76

Tabla 38 - Costo variable asociado al bombeo del agua de la napa

Análogamente podemos extender el análisis a las demás clases sociales. Aunque debemos señalar que en la mayoría de los casos, la utilización de esta fuente de agua estará vinculada a los estratos sociales de menores recursos que no cuentan con acceso al suministro de agua potable de red. Los casos excepcionales son algunos barrios cerrados o clubes de campo en la periferia del AMBA que a falta del suministro de red, emplean parcialmente esta fuente de agua para satisfacer sus necesidades diarias.

		A	B	C	D
Personas por vivienda	1	1,90	0,95	0,95	0,48
	2	3,33	1,90	1,43	0,95
	3	5,24	2,86	1,90	0,95
	4	6,67	3,81	2,38	1,43
	5	8,09	4,76	2,86	1,43
	6	10,00	5,71	3,33	1,90
	7	11,43	6,19	3,81	1,90
	8	12,85	7,14	4,28	2,38

Tabla 39 - Costo variable mensual en AR\$ de la energía por la bomba auto-aspirante según estrato social y consumo promedio

La necesidad de aplicarle al agua un tratamiento adicional dependerá en gran medida de la zona en la que se localiza la perforación, la profundidad y del fin último que se le da al agua extraída. En muchos puntos del conurbano la falta de cloacas y los problemas que vienen aparejados por la instalación de pozos ciegos, vuelve susceptible a la calidad del agua subterránea. En muchos casos bastará con la colocación de un filtro de partículas para el acondicionamiento final de agua. Justamente ya se instala normalmente un filtro de estas características en la construcción de nuevos pozos.

⁶⁷ Fuente: Empresa Distribuidora Sur S.A., febrero 2012. La tarifa variable de energía eléctrica adoptada no contempla subsidios al servicio.

Adicionalmente el agua bombeada podrá hacerse pasar por un filtro externo antes de enviarla a la cisterna.

En aquellos casos en los cuales el usuario utilice el agua para consumo directo, se la podrá esterilizar llevándola hasta su punto de ebullición durante algunos minutos. No obstante, la presencia de arsénico en las napas del AMBA es un aspecto sumamente importante ya que los tratamientos convencionales no permiten su separación. Análogamente se han detectado niveles superiores a los aceptables a varios puntos de la provincia de Buenos Aires.

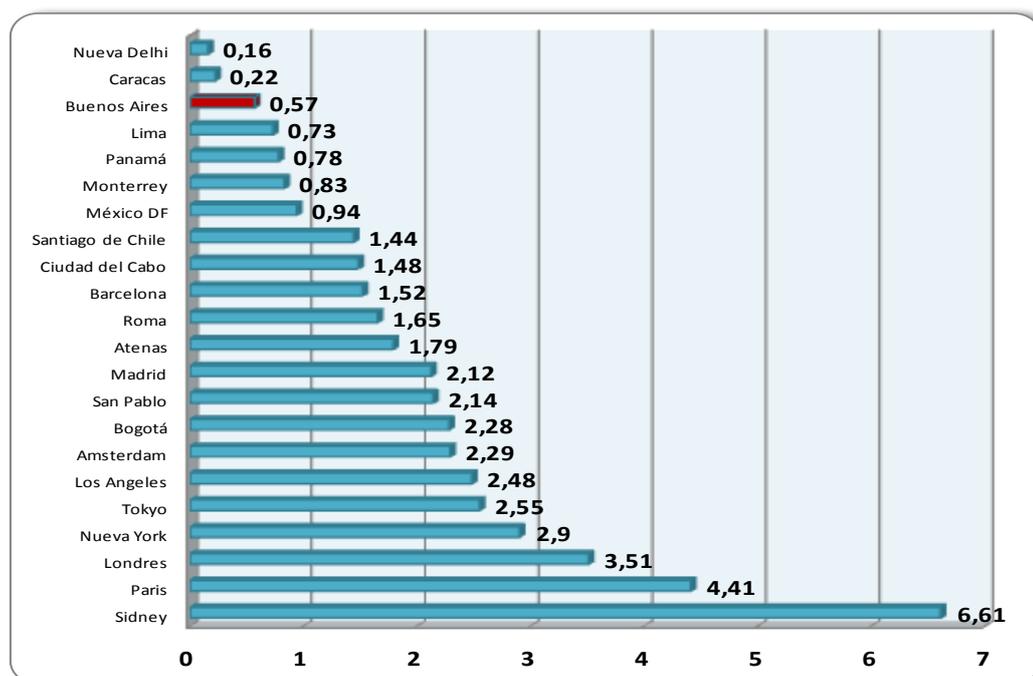
La osmosis reversa por su parte, constituye una metodología efectiva pero costosa, pudiendo incrementar los costos por metro cúbico en más de un 50%. En dichos casos este proceso será más viable si se realiza sobre un volumen mayor de agua para lograr una economía de escala, por ejemplo a través de una cooperativa.

En resumen, se requiere de una inversión inicial sustancial del orden de los \$7.500 si consideramos posibles trabajos de adaptación de tuberías e instalación eléctrica. Mientras que el gasto operativo y mantenimiento es bajo. Éste ronda los \$30 a \$40 mensuales, dados los bajos costos de electricidad y el reducido gasto en repuestos tales como filtros de agua. La vida útil de la bomba está alrededor de los 12 años. Simultáneamente, cuando la implementación del sistema de extracción subterránea se practique en sectores donde ya existe acceso a la red pública, además de contar con la autorización de la autoridad competente del municipio, habrá que asegurar el adecuado aislamiento de las 2 fuentes. En caso de recolectar y mantener reservas de agua, deberán localizarse en cisternas independientes.

10.1.4 AGUA POTABLE DE RED

Las políticas en materia de potabilización y distribución del agua en la ciudad han promovido usos desmedidos del recurso y servicios deficitarios con tarifas irrisorias que no alcanzan a cubrir los costos operativos, los costos de mantenimiento ni tampoco nuevas inversiones. ABSA y AySA dependen casi exclusivamente del Estado para financiar sus infraestructuras. El servicio de agua corriente en la región metropolitana de Buenos Aires se presta con tarifas que son realmente bajas si se las compara con otras ciudades del mundo⁶⁸.

⁶⁸ Gráfico de elaboración propia basado en los datos de la Global Water Survey 2011; Global Water Intelligence, vigente en Internet en abril de 2012.

Gráfico 11 - Tarifas del servicio de red de agua potable en U\$/m³

A pesar de haberse producido algunas mejoras en el alcance y cobertura del suministro, así como la descentralización de la regulación del servicio; todavía se está lejos de lograr la universalidad del servicio a niveles de eficiencia aceptables. Las pérdidas por deficiencias en la red son del orden del 30%. Asimismo existe un gran déficit en cuanto al tratamiento de las aguas servidas de la población; solamente el 15% en volumen recibe un tratamiento secundario. Esto trae consigo una connotación negativa pues las pésimas condiciones en las que se vierten los efluentes al Río de la Plata acrecientan el deterioro generalizado de sus aguas; garantizando que el costo de potabilización posterior se incremente aún más. Se estima que cada 1 litro de agua residual se contamina unos 8 litros de agua dulce.

Como hemos explicado anteriormente, una porción minoritaria (menos del 15%) de los usuarios cuentan con medidores de agua propios en las propiedades. Por consiguiente, un amplio margen poblacional sin importar la clase social paga una tarifa fija que no es representativa del consumo real. Sin embargo, aún para aquellos usuarios con consumo medido las tarifas se muestran bastante distorsionadas. Esta anomalía tarifaria se evidencia incluso cuando la comparación se hace entre otras ciudades del interior del país o países limítrofes. En Uruguay la tarifa variable de agua potable supera los 0,70 U\$/m³ y en Brasil los 0,80 U\$/m³. En las provincias de Córdoba y Santa Fe se aplica una tarifa segmentada en función del consumo. Se penaliza con tasas variables más altas a aquellos usuarios residenciales que poseen los mayores índices de consumo. Las tarifas alcanzan los 0,90 U\$/m³ en algunas localidades.

A partir de la devaluación ocurrida en nuestro país, posterior a la profunda crisis del 2001, el dólar se fue apreciando frente al peso de forma sostenida. Como contrapartida, la tarifa del servicio de agua prácticamente no acompañó el incremento de los costos fijos y los costos operativos. La estructura actual de AySA es tal que no permite al concesionario autofinanciarse por lo que depende taxativamente de los subsidios de parte del Estado Nacional. De igual modo ABSA, la otra concesionaria estatal de gran envergadura, ofrece sus servicios de agua potable aplicando un cargo variable⁶⁹ desactualizado de \$0,609 el metro cúbico. Valor también sostenido gracias a una estructura de abultados subsidios.

De acuerdo a un relevamiento realizado sobre la evolución del cargo variable del concesionario AySA en la ciudad de Buenos Aires; la tarifa en dólares restituye su valor más alto de las últimas 2 décadas recién para mediados de 2011, cuando la misma sufre un incremento en torno al 290%. De todas formas cabe resaltar que el aumento de tarifa continúa siendo resarcido por el Estado a través de subsidios al consumidor que termina abonando una tarifa equivalente a 0,15 U\$/m³.

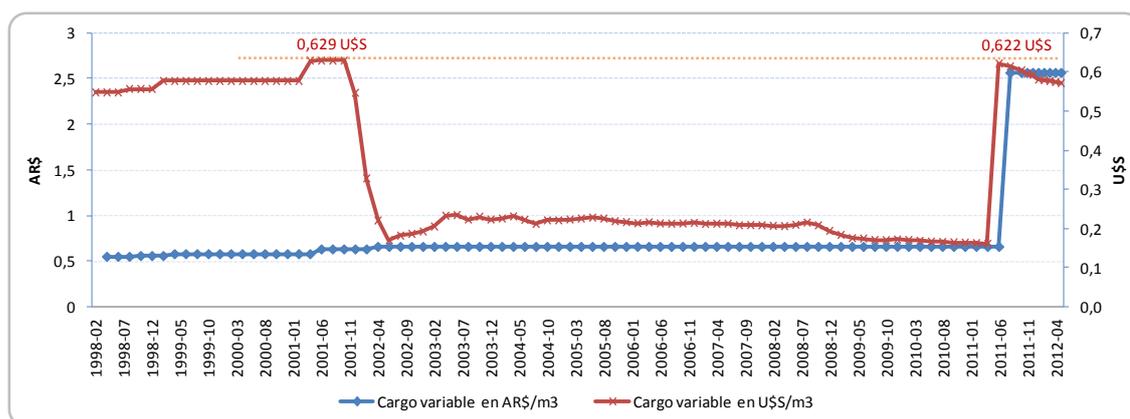


Gráfico 12 - Evolución del cargo variable residencial. Fuente AySA

El esquema de cobro por consumo medido residencial contempla un volumen mínimo de agua o volumen libre que está exento de la aplicación del cargo variable⁷⁰. Esta cantidad de agua equivale a unos 20 m³ bimestrales y se deduce del consumo registrado durante el mismo periodo. Los locales comerciales o industriales no cuentan con esta reglamentación debiendo abonar el total de los m³ consumidos.

En tanto el consumo mensual promedio de un hogar tipo apenas supera los 20 m³ en ciertos meses de la temporada estival. Por lo tanto la componente variable del cobro por el servicio resultaría nula durante la mitad del año. Anualmente representa un cargo por consumo variable de aproximadamente

⁶⁹ Dato relevado del sitio de Internet de ABSA, vigente hacia abril de 2012

⁷⁰ Fuente, esquema de facturación de AySA

\$237 a tasas sin subsidiar y la irrisoria suma de \$60,7 si se aplican las tasas subvención actual.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Consumo [LDP]	164	164	124	124	121	121	122	122	158	158	196	196
Consumo [m ³ /mes]	19,7	19,7	14,8	14,8	14,5	14,5	14,6	14,6	19,0	19,0	23,5	23,5
Cargo variable [\$/mes]	\$ -	\$ 49,56	\$ -	\$ 24,80	\$ -	\$ 23,11	\$ -	\$ 23,68	\$ -	\$ 46,14	\$ -	\$ 69,34

Tabla 40 - Costo variable por consumo medido de agua potable de red antes de impuestos

La mayor porción del costo actual del agua estará imputado sobre la componente fija del cargo. Al mismo tiempo que solo una porcentaje reducido cuenta con medidor instalado en la propiedad. La gran variedad de edificaciones a lo largo y ancho del AMBA, hace que resulte inviable analizar caso por caso. Fijaremos entonces un valor de referencia para el costo fijo del servicio en función de los valores vigentes para distintas edificaciones de la CABA y el GBA. Estos valores son afectados por un coeficiente de ponderación por hogar tipo (CPHT), cuya finalidad es la medición de la representatividad de la vivienda en cada caso sobre el estereotipo del 'hogar tipo' definido anteriormente.

Ubicación	m ² cubiertos	C.P.H.T.	Cargo fijo bimestral
Villa Luro (CABA)	120	0,25	\$62
Villa Devoto (CABA)	300	0,15	\$192
Villa Urquiza (CABA)	200	0,25	\$176
Saenz Peña (GBA)	170	0,35	\$117

Tabla 41 - Cargos fijos ponderados⁷¹

Bajo este esquema el costo pijo ponderado asciende a \$129 bimestrales. En todos los casos se detectó que la tasa de subsidios al servicio es equivalente al 74,36%. De esta forma el costo fijo antes de impuestos se ubica en los \$34,4 y luego de impuestos alrededor de los \$42,5 por bimestre. Anualmente, el cargo fijo y variable de un hogar tipo apenas rondará entre los \$490 a \$520. Si elimináramos los subsidios los montos se ubicarían en torno a los \$1.300 anuales.

10.2 COSTOS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA

10.2.2 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Hoy en día los tipos de cisternas ofrecidos más comúnmente en el mercado son los de acero inoxidable y polietileno. Las capacidades estándar para instalaciones domiciliarias van desde los 400 litros hasta los 3.000 litros dependiendo del fabricante no obstante también se comercializan dispositivos de mayor porte. En condiciones normales y descontando los costos de

⁷¹ Elaboración propia en base a datos de facturas residenciales de AySA S.A.

instalación de un sistema de tratamiento del agua en paralelo, el tanque es el elemento más costoso en la instalación del sistema de captación. Pudiendo llegar a representar el 90% del coste total⁷².

Al instalarse una cisterna se debe prever el espacio físico o lay-out disponible en el terreno o construcción, la capacidad de recepción de agua así como la capacidad ociosa del mismo. Un dispositivo de gran porte puede llegar a almacenar la totalidad del agua de lluvia a lo largo del año pero sólo aprovechará su capacidad muy pocos días al año; sin olvidar que significará una inversión inicial sustancialmente más alta.

		COSTO [en AR\$]									
		400	500	550	600	750	1000	1100	2000	2500	3000
Acero	Capacidad [en litros]										
	Affinity Cilíndrico		\$ 1.145				\$ 1.627				
	Affinity Milenio		\$ 1.072				\$ 1.393				
	Ineca Cilíndrico Inox. Horiz.	\$ 3.750			\$ 3.800			\$ 5.757			
	Ineca Cilíndrico Inox. Vertical	\$ 1.820	\$ 1.931			\$ 2.270				\$ 6.954	
Poliétileno	Eternit Clásico	\$ 637	\$ 681		\$ 850	\$ 905	\$ 1.136				\$ 4.918
	Rotoplas Tricapa	\$ 630			\$ 712					\$ 2.570	
	Rotoplas Estándar	\$ 463			\$ 620			\$ 1.117		\$ 2.393	
	Rotoplas Cisterna						\$ 2.444			\$ 2.932	
	Ineca Bicapa	\$ 440		\$ 541		\$ 658	\$ 910		\$ 1.850		\$ 2.700
	Ineca Tricapa	\$ 487		\$ 590		\$ 741	\$ 979		\$ 2.075		\$ 3.129

Tabla 42 - Precios de referencia de cisternas para uso residencial⁷³

Hemos visto que para el AMBA en promedio ocurren precipitaciones cada 3,5 días, por lo tanto en ese lapso de tiempo la familia tipo habrá consumido un volumen aproximado de 2072 litros.

$$\text{Consumo} = 3,5 \text{ días} \times 148 \frac{\text{litros}}{\text{día} \times \text{hab.}} \times 4 \frac{\text{hab.}}{\text{hogar}} = 2072 \frac{\text{litros}}{\text{hogar}}$$

Ecuación 6 - Consumo promedio durante el periodo seco

Este valor excede por algunos cientos de litros la capacidad instalada recomendada – *ver gráfico 13*. Sin embargo, cuando el consumo de agua pluvial esté previsto únicamente para usos secundarios, que se estiman en torno al 50% del consumo total, la cifra consumida resulta inferior a la capacidad de la cisterna. Bajo este esquema de consumo es probable que 2 eventos consecutivos de gran caudal pluvial provoquen la saturación temporal de la capacidad del tanque.

Independientemente de cuál fuere la capacidad teórica calculada, ésta deberá indefectiblemente ser compatible con la disponibilidad de modelos de cisternas ofertada en el mercado. El tanque de filtrado, aunque pequeño en

⁷² En aquellas instalaciones en las que no sea imprescindible acondicionar la superficie de captación ni se requieran grandes adaptaciones de conductos y cañerías.

⁷³ Elaboración propia en base a datos de la revista Vivienda, edición noviembre de 2011. Inflación mensual promedio estimada del 1,5%.

cuanto a su volumen, servirá de extensión a la capacidad de almacenamiento del tanque principal.

Examinando y evaluando los aspectos mencionados, y en congruencia con el análisis expuesto en el *capítulo 8*, se arriba a la conclusión que instalar una cisterna de 1.800 litros de capacidad es una de las opciones más adecuada para un hogar patrón. Se persigue un equilibrio buscando la combinación entre el menor índice de pérdidas de agua por defecto en la capacidad de almacenamiento y el máximo factor promedio de ocupación de la capacidad de la cisterna. La opción de un tanque de 1.500 litros no resulta factible desde el punto de vista de la disponibilidad del producto, al mismo tiempo que induce a un incremento de casi el 5% de las pérdidas de agua.

A la tasa de consumo declarada para un hogar tipo, el índice de ocupación medio de la cisterna es bajo para todo el espectro de cisternas analizado. En el mercado la capacidad compatible más cercana a la recomendada es de 2.000 litros. La inversión necesaria en dicho caso es aproximadamente de \$1.800.

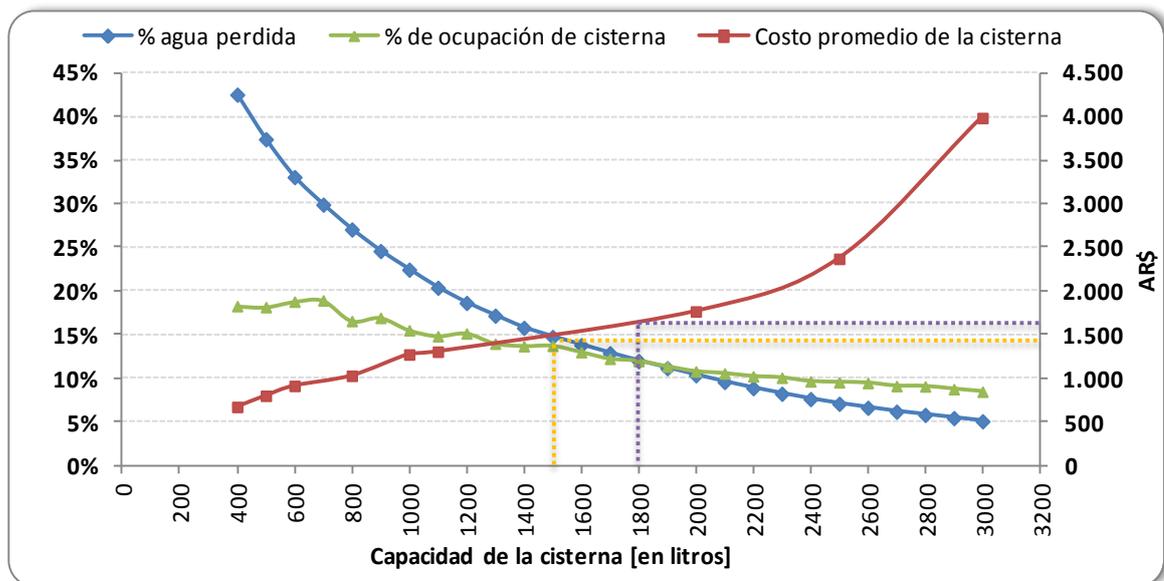


Gráfico 13 - Impacto del tamaño de cisterna sobre el aprovechamiento del agua

El sobre dimensionamiento en los sistemas de almacenamiento, puede verse avalado en algunos casos por el tendiente incremento de tormentas caudalosas de escasa duración. Los expertos en meteorología anticipan para las próximas décadas un aumento en la frecuencia y la intensidad de las tormentas de lluvia, especialmente en la región pampeana que abarca al área Metropolitana de Buenos Aires.

10.2.3 ADECUACIÓN DE LA SUPERFICIE, CANALETAS Y BAJADAS

Los costos de acondicionamiento de la superficie de captación e instalación de canaletas de captación son directamente proporcionales a los metros cuadrados cubiertos.

Aquellos techos con recubrimiento asfáltico son propensos a liberar agentes nocivos y no deben quedar expuestos a la intemperie cuando sirvan de superficie de captación pluvial. Las cubiertas de paja o superficie porosa tampoco son óptimas para captar el agua, además resultan propensas a la acumulación de bacteria en sus intersticios y al desprendimiento de fibras por erosión. Todas ellas deben tratarse ya sea mediante la adición de un recubrimiento secundario o la aplicación de un tratamiento superficial. Las soluciones que se presentan a estos problemas son cuantiosas. Nos limitaremos a subrayar algunas de las variantes más comunes ya sea para aquellas tareas de acondicionamiento que requieran la colocación de una nueva membrana de alta resistencia, el reemplazo de la terminación de la cubierta, o simplemente consistan en un trabajo de impermeabilización.

Terminación	Costo [\$/m ²]	Costo ajustado x inflación [\$/m ²]	Inversión total
<i>MO para la remoción de techados asfálticos (opcional)</i>	41,76	44,32	\$ 4.432
Techado membrana profesional con capa de Aluminio 4 mm + MO	46,51	49,36	\$ 4.936
Cubierta membrana geotextil + MO	53,29	56,56	\$ 5.656
Cubierta membrana geotextil revestida con caucho acrílico + MO	-	60	\$ 6.000

Tabla 43 - Costes de colocación de membranas⁷⁴

En promedio la adquisición y colocación de membranas que permitan una captación pluvial segura en un hogar tipo rondan los \$5.500.

En cuanto a las cubiertas de tejas y superficies metálicas, casi siempre empleadas en techos a 2 aguas, los costos presentan mayor dispersión. Aún cuando puedan presentarse casos aislados que requieran la renovación completa de la cubierta, no incluiremos esta variante en el análisis de costos puesto que el nivel de inversión asociado es propio de la construcción de una vivienda y excede los límites del sistema de recolección de agua pluvial.

⁴⁸ Datos extraídos de la edición de noviembre 2011 de la revista Vivienda. Precios corregidos por inflación del 1,5% mensual.

Cubierta	Costo [\$/m²]	Costo ajustado x inflación [\$/m²]	Inversión total
Tejas Coloniales (incluye estructura portante en madera de pino) + MO	432,38	458,91	\$ 45.891
Tejas Francesas (incluye estructura portante en madera de pino) + MO	335,7	356,30	\$ 35.630
Chapa Cincalum acanalada (calibre 25 mm) + MO	141,92	150,63	\$ 15.063
Chapa Cincalum acanalada (calibre 25 mm) prepintada + MO	157,14	166,78	\$ 16.678
Chapa autoportante galvanizada (incluye estructura y accesorios) + MO	95,38	101,23	\$ 10.123

Tabla 44 - Coste de las terminaciones o cubiertas

Finalmente la opción más económica es la de los impermeabilizantes o membranas de fibras plásticas. Cuya aplicación es más sencilla pero requiere que la cubierta existente se halle bien consolidada y en buenas condiciones.

Impermeabilizante	Costo [\$/]	Costo ajustado x inflación [\$/100 m²]	Inversión total
Membrana plástica en pasta "Polacrin"	-	896,00	\$ 896
Impermeabilizante acrílico fibrado transparente "Inertol"	654,36	694,51	\$ 695
Membrana líquida impermeabilizante "Emapi"	862,64	915,57	\$ 916

Tabla 45 - Coste de impermeabilizantes

La conducción del agua hacia el destino final se hará mediante canaletas, rejillas y/o conductos de bajada. Para una mayor eficiencia y mejor cuidado del agua se instalarán mallas especiales o trampas para hojas. La mayor variante sobre el costo estará dada por el perímetro libre de la vivienda o la proporción del mismo que es compartida con otra edificación. Por otro lado distinguiremos entre techos planos de aquellos con pendiente.

Por defecto adoptaremos 2 de las configuraciones más comunes de construcciones simples con techo inclinado. Por un lado, las edificaciones sin construcción lindante y por el otro, aquellas que comparten medianeras. Los componentes más frecuentes del sistema de canaletas son:

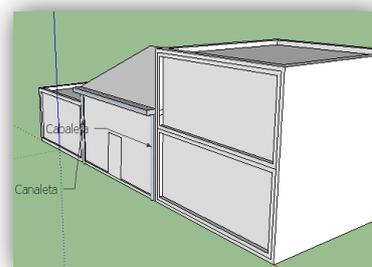
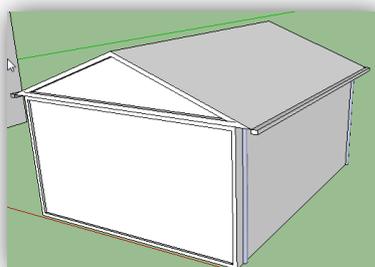
- Embudos
- Canaleta
- Soportes
- Uniones
- Esquineros
- Codos
- Tuberías de conexión entre el frente y contra-frente

- Conductos de bajada
- Abrazaderas

En el mercado las canaletas y tubos de bajada con conexión se comercializan en longitudes de entre 3 y 4 metros. Dentro de la categoría 'Otros' se contempla la instalación de esquineros y soportes. La necesidad en cuanto a la cantidad de estos dispositivos variará en torno al diseño de la propiedad y a los metros perimetrales libres. Suponemos una reducción a la mitad de estos costos en las viviendas con medianera compartida por sobre las con perímetro libre de construcción. Tomaremos para el primer caso un total de 2 esquineros y 8 soportes externos.

En referencia a los costos de mano de obra para la colocación, se considerarán los costos de un oficial de la zona A por el lapso de 1 día (8 horas) y medio día respectivamente para los 2 tipos de configuración de vivienda. El costo equivalente es de 17,11 \$/hora según el convenio firmado en Noviembre de 2011 por la Unión Obrera de la Construcción de la República Argentina – U.O.C.R.A.

Configuración de la vivienda



	Perímetro libre	Medianera compartida
Perímetro total [m]	= $2 \times 8,6 + 2 \times 11,6 \cong 40$	= $2 \times 8,6 + 2 \times 11,6 \cong 40$
Codos / uniones	12	12
Bajadas / embudos	4	4
Canaletas [m]	24	18
Tuberías [m]	21	21
Costo Otros	\$184,65	\$369,31
Costo Total Estimado ⁷⁵	\$ 1.556,91	\$ 2.250,67

Tabla 46 - Costo de colocación del sistema de captura de agua en la cubierta

10.2.4 EQUIPO DE BOMBEO

Cuando no resulte viable aprovechar la fuerza de la gravedad para distribuir lo que se colecta, se deberá recurrir a la instalación de una bomba elevadora de presión. Ésta podrá conectarse directamente al sistema de distribución siempre y cuando no interfiera con el circuito de agua potable. De

⁷⁵ El valor final se obtiene de tomar como referencia los precios que figuran la tabla del Anexo IV.

lo contrario podrá ser utilizada para bombear el agua desde la cisterna principal hacia una segunda instalada en la parte superior de la edificación.

Los costos del dispositivo dependerán en gran medida de la potencia y el fabricante. Algunas de las marcas más difundidas son Motorarg y la importada Grundfos. Los precios oscilan entre los \$800 y los \$1.300.

En los casos que el agua de lluvia solo se utilice para riego o para tareas de limpieza, se podrá adoptar una bomba sumergible de aguas limpias de baja potencia (250 Watts); con un costo que ronda los \$500 a \$700. Tomaremos para el análisis final un precio de referencia estándar de \$900 para una unidad capaz de distribuir el agua en una edificación de 2 a 3 plantas.

10.3 OTROS Y OPCIONALES

10.3.2 SISTEMA INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS

La simpleza del dispositivo hace que su costo no sea elevado. El diseño es variable. Como vimos anteriormente, un modelo simple puede constituirse a través de una extensión ensanchada del conducto de bajada, que por intermedio de una válvula de cierre por bolilla flotante deja pasar el agua limpia al tanque de reserva principal. Estimaremos su costo en torno a los \$150 tomando como referencia el costo promedio del conducto de bajada, más la válvula de cierre y la llave de desagote.

10.3.3 SISTEMA ELETRÓNICO DE GESTIÓN DEL AGUA

Cuando no existe una única fuente de agua en la vivienda es conveniente incorporar un sistema de gestión del agua. Es un mecanismo por el cual se puede llevar una gestión y un control eficiente del agua de lluvia y el agua de la red pública por ejemplo. Su funcionamiento permite alternar convenientemente entre el agua de lluvia recolectada y la fuente alternativa. Aunque presenta la desventaja de requerir una conexión independiente entre las 2 fuentes de agua, permite tener un uso más eficiente de la capacidad de la cisterna. Algunos modelos ya traen incorporada la bomba auxiliar que se acciona automáticamente para dar prioridad al consumo de agua de lluvia. El microprocesador junto con el medidor de nivel garantiza la correcta alternancia entre las fuentes.

El grado de automatización que se logra con este tipo de dispositivos tiene un elevado costo asociado, en especial ya que no cuenta con una amplia oferta en el mercado. Casi la totalidad de estos sistemas es importada a un costo no inferior a los \$2.000. El mismo principio puede reemplazarse mediante una llave de paso manual en conjunto con la bomba de distribución adosada a mecanismo electrónico de corte por bajo nivel de agua en la cisterna. Dicho dispositivo tiene un costo de alrededor de \$80 a \$100.

10.4 SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DOMÉSTICO

Ya hemos comentado que existe una amplia variedad de métodos para otorgarle al agua un grado superior de asepsia. Los requisitos mínimos que no deben faltar en la instalación del sistema de recolección de agua de lluvia son; el sistema interceptor de primeras aguas, la trampa para hojas, y un filtro de partículas preferentemente de tipo lavable. Este último tiene una vida útil estimada de 2 años, y aunque puede resultar afectado por la acción del cloro, están preparados para tratar el agua con rayos UV. Por lo general los fabricantes recomiendan lavarlo cada 3 o 4 meses.

	Costo estimado	Observaciones
Interceptor de primeras aguas	\$250	Capacidad aproximada de 50 a 100 litros
Trampa para hojas	Perímetro libre: \$600 Medianera lindante: \$450	Se toma como referencia el precio de una malla tubular de polietileno de alta densidad a 25 \$/m
Batea de filtros lavable	\$350 - \$450	Remueve partículas mayores a 3 micrones

Tabla 47 - Costo dispositivos de tratamiento físico

Adicionalmente se podrá optar por integrar al sistema algún dispositivo de tratamiento de desinfección microbiana, especialmente si el agua será destinada para consumo personal o para el lavado de alimentos. Cada metodología, con prestaciones que fueron desarrolladas en el *capítulo 8*, tendrá un costo de inversión inicial diferente:

Cloración

Es el método por excelencia, más económico y más utilizado a nivel mundial para la desinfección del agua. Su implementación no requiere una fuerte inversión inicial ya que el mecanismo de dosificación puede hacerse de forma manual.

*Costo dosificador*⁷⁶: puede llegar a costar del orden de los \$2.000

Costo operativo / mantenimiento: según expertos y fabricantes la tasa de consumo de cloro de un agua límpida y filtrada ronda los 200 gr (en tableta) por cada 15 m³ de agua. El equivalente al agua consumida durante 25 días del mes, si la totalidad del consumo de la edificación se provee con agua de lluvia. Esto representa alrededor de \$15 mensuales. El costo puede ascender si se lo combina con un tratamiento tipo SPU, como lo es el filtro de carbón activado.

⁷⁶ Según catálogo de dosificadores de cloro “Dosificación – Regulación – Automatización”, vigente en Internet en abril de 2012

Filtrado por Carbón activado

Por lo general se utiliza para desinfección en el mismo punto de consumo.

Costo del equipo: \$700 - \$1.200

Costo operativo / mantenimiento: remplazo del filtro cada 2 – 3 meses a un costo de \$120. Aproximadamente \$40 mensuales

Rayos Ultravioleta⁷⁷

Apto para la desinfección del agua previamente filtrada que no presente rastros de material visible en suspensión. Los equipos son importados.

Costo del equipo: aproximadamente \$2.900

Costo operativo / mantenimiento: duración de la lámpara de 10.000 horas, traducible en 14 meses, a un costo de reposición de \$450 por unidad. Aproximadamente \$35 mensuales.

Ozonización

Alto poder de desinfección y eliminación de la materia orgánica en suspensión. Requiere de un elemento impulsor del Ozono. Los equipos son importados.

Costo del equipo: aproximadamente \$4.500 dependiendo el tamaño disponible

Costo operativo / mantenimiento: bajo consumo eléctrico, requiere poco mantenimiento. Estimamos un valor de \$20 - \$25 mensuales.

Osmosis Reversa

Es eficiente a la hora separar sales y bacteria de tamaños mayores a 0,0001 micrones. Alta durabilidad de los equipos en general. Se logra una mayor relación costo beneficio cuando se emplea a escala industrial.

Costo del equipo: aproximadamente \$3.500 dependiendo el tamaño

Costo operativo / mantenimiento: además del consumo energético, requieren del recambio periódico de filtros cada 6 meses (\$150) y de la membrana a un costo de \$650 cada 3 años. Estimamos un valor de \$50 mensuales.

10.5 COMPARATIVO DE LOS COSTOS TOTALES

No todas las viviendas o estructuras requerirán el mismo nivel de inversión inicial para poner en funcionamiento el SCALL. De la mano de ello, el nivel de capital a desembolsar estará sujeto a las necesidades reales que se quieran satisfacer. Es por ello que procederemos a dividir en 3 los niveles de inversión inicial:

⁷⁷ Costos estimados en base al “The Texas Manual on Rainwater Harvesting”, 3^{ra} edición 2005

SCALL A: se contempla un mínimo de inversión que incluye los componentes básicos para la recolección y la distribución a unos pocos puntos de la edificación. El agua se recolecta y almacena en un reservorio ubicado por sobre los puntos de consumo, lo que posibilita la distribución aprovechando solamente la fuerza gravitatoria.

SCALL B: el agua de lluvia se almacena a nivel del suelo y se distribuye con una bomba a más puntos de consumo que en A. La superficie de captación drena hacia los laterales lo cual requiere la inversión de un sistema de canaletas y bajadas. La superficie de captación requiere ser adaptada en cuanto a su impermeabilización.

SCALL C: definido por las mismas características que posee B pero con el adicional de que la cisterna podrá estar enterrada y el sistema contará además con un filtro por carbón activado. La distribución alcanza a más puntos de consumo, y la cubierta requiere ser acondicionada con una nueva membrana.

La inversión inicial estimada en cada caso es la siguiente:

	Año 0		
	SCALL A	SCALL B	SCALL C
Cisterna	1.800	1.800	1.800
Equipo de bombeo		900	900
Interceptor de primeras aguas	250	250	250
Trampa para hojas*	525	525	525
Batea de filtros*		400	400
Dispositivo de control semi-automático	100	100	100
Colocación de nueva membrana*			5.531
Adecuación de la cubierta de captación*		835	
Instalación sistema de canaletas y bajadas*		1.904	1.904
MO y otros**	450	550	1.050
Instalación cañerías alternativas de distribución	600	1.100	1.900
Tratamiento de potabilización			700
Subtotal inversión	\$ 3.725	\$ 8.364	\$ 15.060

*se tomó el costo promedio entre las viviendas con perímetro libre y compartido

**incluye trabajos de movimientos de suelos para adaptación de la cisterna

Tabla 48 - Costo de la inversión inicial en AR\$

El análisis de oferta y demanda indica que es prácticamente imposible satisfacer las necesidades netas de consumo de agua de un hogar tipo empleando únicamente el agua pluvial recolectada. En efecto, resulta más eficiente disponer del agua para usos netamente secundarios. En la mayoría de los casos del entorno analizado en este proyecto, encontraremos viviendas con superficies fácilmente adaptables, dejando de lado para casos muy excepcionales la necesidad de realizar un recambio completo de la cubierta. El costo de inversión inicial media queda establecido en torno a las \$8.400

pudiendo fácilmente ascender a los \$9.000 o \$10.000 de acuerdo al tendido de cañerías y accesorios suplementarios. Debe resaltarse la abultada diferencia entre los costos del SCALL C y B a la hora de evaluar las necesidades reales de consumo y la configuración constructiva de la vivienda.

Un sistema de colectores con alto grado de automatización ronda los 3.000 a 4.000 euros en Alemania, mientras que en los Estados Unidos tiene un costo aproximado que arranca en los 2.100 dólares. México por su parte, es un país fuertemente consumidor de fuentes de agua alternativas al agua de la red pública, dado los altos niveles de contaminación allí presentes. Existen empresas nacionales de ese país que ofertan sistemas de captación básicos para un hogar tipo por el equivalente de 6.800 pesos argentinos.

Desde el punto de vista económico financiero, los costos operativos y de mantenimiento son bajos. Los mismos pueden agruparse en gastos de renovación y limpieza de los filtros, purga eventual del tanque principal para remoción de sedimentos, consumo de energía eléctrica para el bombeo del agua desde el nivel del tanque hasta los puntos de consumo, y finalmente incluyen algún gasto menor de reparación como por ejemplo sellado de juntas o trabajos de acondicionamiento de pintura. El monto a desembolsar mensualmente, sin considerar ningún tratamiento de potabilización adicional se aproxima a los \$30. Gran parte de la labor de mantenimiento se traduce en mantener la superficie de captación y canaletas libres de suciedad, hojas o vegetación. Un tiempo prudencial para realizar la limpieza preventiva es cada 4 meses o 3 veces al año. En caso de requerir tercerizar la tarea, se deberá adicionar el monto equivalente a 2 horas de trabajo. En otras palabras, un costo estimado de \$30 adicionales por mes.

	<i>Mensual</i>	<i>Anual</i>
Gastos por Mantenimiento	\$ 20	\$ 240
Costo Operativo	\$ 10	\$ 120
Subtotal	\$	360

Tabla 49 - Costos operativos del sistema recolector

10.6 SCALL VS. OTRAS FUENTES DE AGUA ALTERNATIVAS

La comparativa entre los costos del agua envasada y el resto de las fuentes de agua no justifica un grado de análisis en profundidad. Los costos y usos del agua embotellada son de un grado de especificidad tal que no permiten realizar una comparación directa con las otras fuentes de agua. El consumo de agua envasada, de acuerdo a datos estadísticos, es restringido y está acotado a unas pocas actividades. Su elevado costo la condiciona a que solo sea empleada como una fuente de agua complementaria sin que exista margen para reemplazar a las otras fuentes.

En aquellas áreas donde la red pública de agua no está extendida, el agua proveniente de pozos se presenta prácticamente como única opción. La inversión inicial y los costos asociados a la operación y el mantenimiento son similares a los del SCALL. En promedio, el sistema de agua pluvial tiene un grado de contención del consumo del 46%. Lo que significa que no permite sostener la demanda de agua de un hogar tipo en ausencia de un sistema de aprovisionamiento de agua alternativo.

Desde el punto de vista económico la instalación y administración de un pozo no reviste un ahorro sustancial puesto que la extracción de agua desde la napa presenta un costo similar al del SCALL y la instalación del segundo no implica la no utilización del primero. Debe contemplarse la tasa municipal adicional por la extracción de agua de pozo. El costo por m³ extraído suele ser de unos pocos centavos de peso, dependiendo de las ordenanzas municipales. Por ejemplo en el partido de Quilmes, en el sur de Gran Buenos Aires, los particulares deberán abonar una tasa⁷⁸ en función del volumen de agua bombeado y la calidad del recurso. En términos generales se deberá pagar una tasa mínima anual de \$200.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año X
Inversión pozo + bomba	-7.500			
Costos operativos y gastos de mantenimiento		-420	-420	-420
Canon por extracción		-200	-200	-200
<i>Subtotal costos</i>		-620	-620	-620
Inversión SCALL	-8.400			
Costos operativos y gastos de mantenimiento		-360	-360	-360
Δ SCALL vs POZO	-900	260	260	260

Tabla 50 - Comparativo inversión inicial entre SCALL y agua de pozo

Sin embargo, la implementación de un sistema de provisión de agua pluvial podría justificarse desde el punto de vista del factor sanitario y la optimización del uso de energía en aquellos casos en los que se logre aprovechar el abastecimiento de lluvias por gravedad. Aún sin ser sometida a tratamientos de potabilización, el agua de lluvia puede resultar igual o incluso más pura que el agua de las napas. Es un recurso que como ventaja adicional carece de la presencia de arsénico y otros metales pesados; problema que afecta a gran parte del sistema de aguas subterráneas del AMBA. Así como tampoco contiene sales y oxalatos de calcio, que con el tiempo pueden obstruir cañerías y otros dispositivos que utilicen agua para su funcionamiento.

Cuando la comparación se realiza contra el agua de red, el panorama varía ligeramente. Los costos pasan a depender exclusivamente del precio del

⁷⁸ Datos según los artículos 241 y 370 de la Ordenanza Municipal N° 11.341

m³ de agua potable. Se efectúa por lo tanto un análisis de sensibilidad sustentado sobre las siguientes premisas:

- El consumo anual equivalente de una familia tipo u hogar patrón, totaliza unos 213 m³. De ese total, en promedio se podrá abastecer el 46% de las necesidades de consumo de agua exclusivamente a través de la fuente pluvial; es decir unos 98 m³ al año.
- Las viviendas cuentan con medidor de agua instalado de manera que el monto final de la factura esté parcialmente correlacionado al volumen de agua consumido.
- Los volúmenes de agua de lluvia captados se mantienen estables a lo largo de los años. No existen grandes sequías que se traduzcan en desabastecimientos prolongados. El horizonte temporal del análisis es de 50 años.
- Se parte de un escenario optimista en el que los gastos de mantenimiento son suficientes para mantener operativo al sistema de captación en el tiempo.

El análisis del periodo de recupero de la inversión inicial tuvo en cuenta el intervalo de precios del agua que arranca con los valores actuales de tarifas subsidiadas, AR\$0,66 el metro cúbico antes de impuestos, y se extiende hasta los AR\$13 que equivalen a 2,9U\$/m³. Tarifa que resulta comparable con los valores promedio de la ciudad de Nueva York. Aún cuando se aplica al proyecto una tasa baja, del 5%, el recupero de la inversión recién se alcanza alrededor de los 10 años. Consiguientemente los periodos de recupero con tasas del 10% y 12% son de 16 y 22 años respectivamente.

Tasa	Tarifa mínima [AR\$/m ³]	VAN
5%	6	
10%	10,1	Mayor a 0
12%	11,8	

Tabla 51 - Tarifa mínima que permite un VAN positivo

Se destacan los 3 valores de tarifa mínima, por debajo de los cuales el recupero de la inversión se extiende más allá del horizonte temporal analizado, o sea 50 años. Los precios estimados son de \$5,9; \$10,1 y \$11,8 para las tasas de 5, 10 y 15 por ciento comparativamente.

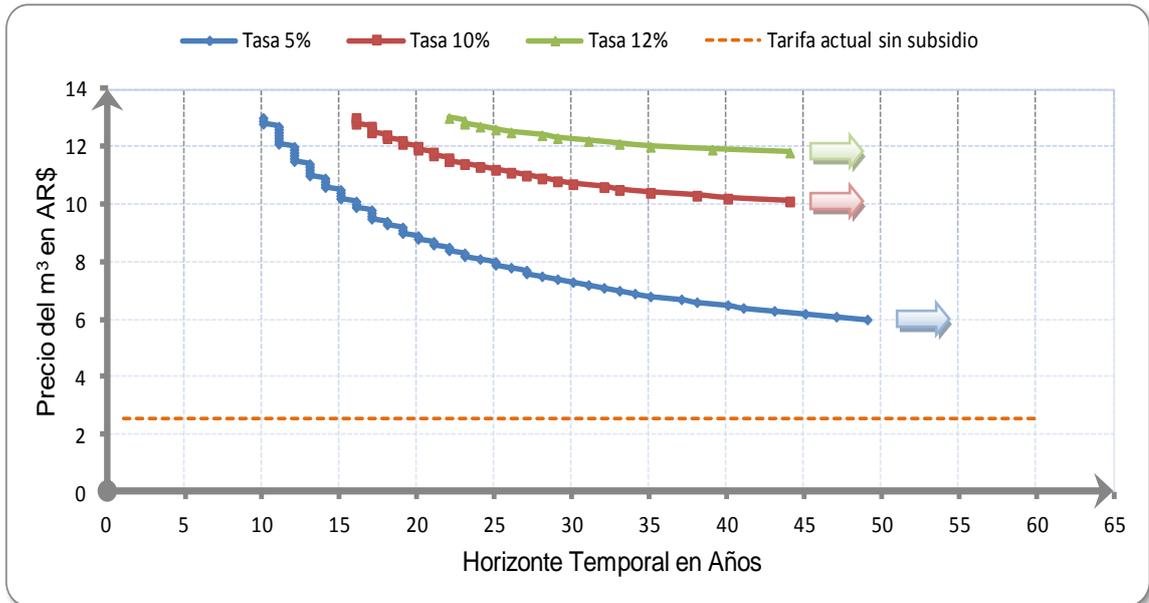


Gráfico 14 - Break even de la inversión inicial del SCALL vs la red pública, respecto de la tasa de corte a la inversión.

En los 3 casos anteriores se contempló una tasa incremental de la tarifa del servicio de agua pública fija del 2% interanual, variando la tasa de retorno a la inversión. Este 2% es representativo del aumento anual percibido desde fines de la década de los 90, hasta principios de 2011. No obstante, cuando se contabiliza el último aumento a mediados de 2011, el incremento anual promedio de las últimas décadas se amplía hasta un 20% aproximadamente. Entonces podemos contrastar la incidencia del aumento anual de las tarifas sobre el periodo de recupero de la inversión, manteniendo constantes las variables restantes. El siguiente gráfico muestra la variación del horizonte temporal para valores incrementales de tarifas de 5%, 8% y 10% anuales. Se adopta una tasa de retorno del proyecto del 10%, tasa equiparable con aquella otorgada actualmente por las entidades bancarias de la región.

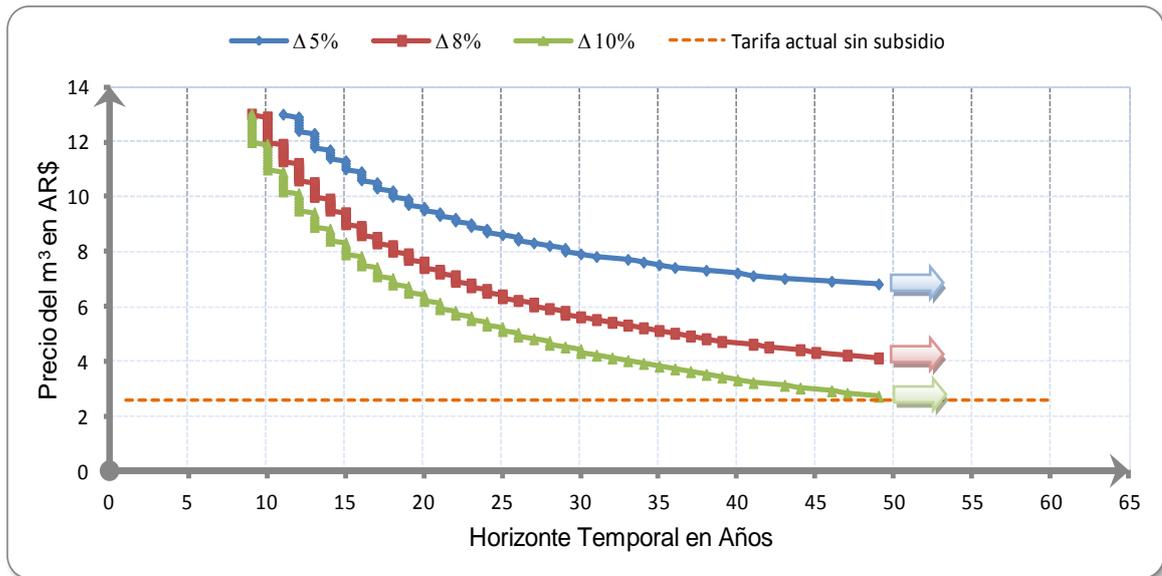


Tabla 52 - Break even de la inversión inicial del SCALL vs la red pública, respecto del incremento anual de tarifas.

En función de las tarifas, los costos y el consumo anual de un hogar tipo, estamos en condiciones de determinar tentativamente los costos por metro cúbico de las fuentes de agua⁷⁹ analizadas:

FUENTE DE AGUA	COSTO UNITARIO x M ³
Red pública subsidiada	\$0,81
Agua de pozo	\$2,00
Red pública sin subsidio	\$3,16
SCALL	\$3,67
Cooperativas	\$2,00 - \$4,00
Agua envasada \cong	\$2.000

Tabla 53 - Costos aproximados de las distintas fuentes

10.7 CONSIDERACIONES FINALES

En general las tarifas y políticas actuales en cuanto al servicio de agua, no proporcionan grandes incentivos para la incorporación y puesta en funcionamiento del SCALL como sistema complementario de aprovisionamiento de agua. Está claro que los grandes concesionarios operan con grandes déficits alimentados por los inmensurables subsidios del Estado para imponer una tarifa poco representativa del valor real del agua potable.

Las cooperativas vinculadas con la provisión de agua surgen como fuente alternativa de suministro en zonas donde la red pública todavía no se halla extendida. Si bien no tributan el impuesto a ingresos brutos, legalmente

⁷⁹ El costo del metro cúbico de agua de la red pública de agua potable incluye tasas e impuestos.

no están autorizadas para gravar al agua el impuesto al valor agregado o IVA; salvo para productos en presentaciones menores a los 10 litros. Esto genera que los costos del servicio sean comparativamente mayores. Al presente, la regulación vigente no exige el pago de un canon en concepto de la instalación y uso de un sistema alternativo de provisión de agua pluvial urbano.

11. ESCENARIOS

Evaluar posibles escenarios de cambio en el corto y mediano plazo nos asiste en el desarrollo de una mirada integral acerca de los beneficios y riesgos que conlleva la instalación de un sistema de aprovechamiento urbano de agua pluvial. Especialmente dentro de un entorno que se destaca por un elevado grado de dinamismo. Bajo este marco, cualquier cambio en el ámbito político, económico o ambiental modificará en mayor o menor medida el panorama actual del proyecto.

11.1 FIN DE LOS SUBSIDIOS O TARIFAS SECTORIZADAS

Aunque los subsidios no son un invento reciente, tampoco lo es la aplicación de los mismos al sistema de servicios públicos y en particular al servicio de agua potable urbano. Hasta 1980 la prestación del servicio de agua de red en las principales ciudades del país estuvo a cargo del Estado Nacional. El mismo se caracterizó por adoptar un sistema de tarifas combinando el cobro de tasa fija más una cuota de subsidios cruzados.

En la década del 80 el servicio comienza a descentralizarse para pasar a manos de los municipios y las provincias. El área Metropolitana resulta ser la excepción, ya que el servicio queda en manos del Estado Nacional a través del grupo de Obras Sanitarias de la Nación (OSN) hasta 1993 cuando pasa a manos privadas a través de un contrato de concesión. Hasta ese entonces las tarifas no alcanzaban a cubrir los costos operativos. Durante un poco más de una década, hasta 2006, las tarifas del servicio en conjunto con los subsidios cruzados permitieron cubrir los costos operativos y con parte del excedente se logró un notable incremento de la inversión promedio anual. A partir de 2006 se produce la re-estatización del servicio y se mantienen las tarifas congeladas manteniendo el mismo valor por metro cúbico que en 2002.

Recientemente, en la factura del servicio de la concesionaria AySA, se les informa a los usuarios acerca de un aumento en la tarifa del servicio del orden del 290%. Como contrapartida el Estado continúa garantizando temporalmente la tarifa anterior a través de la aplicación de subsidios. Como hemos visto la política de subsidios data de hace varias décadas. Para Agosto de 2011 el Estado Nacional tuvo que destinar 745 millones de pesos anuales para solventar el déficit operativo de la prestataria⁸⁰. En otros países como Chile la política de subsidios ha sido acompañada del incremento de los precios y la continuidad en las inversiones permitiendo aumentar los índices de eficiencia de modo de minimizar los costos operativos.

Lógicamente el modelo de congelamiento de tarifas ha implantado una situación financiera insostenible en el largo plazo. Es de esperar en el corto a mediano plazo que exista un sinceramiento de las tarifas, pero siempre

⁸⁰ Fuente, diario La Nación, suplemento Economía & Negocios, 13 de Agosto de 2011

acompañado de la aplicación de subsidios y endeudamiento. En el caso de Chile por ejemplo los aumentos de tarifa se han ido estableciendo paulatinamente con el correr de los años. Esto facilitó la implementación de una estructura de costos compatible con las operaciones de la empresa y las nuevas inversiones. Lo que es más importante, propició a instalar en la población la cultura de pago por el servicio y a tomar conciencia por el cuidado del recurso. En nuestra región, en cambio, el sentimiento de preservación del agua potable todavía no está tan arraigado. A pesar de que contamos con una de las fuentes de agua dulce naturales más grandes del planeta, culturalmente tendemos a creer erróneamente que es inagotable. Este hecho se suma a las deficientes políticas públicas en materia de tarifas, subsidios e inversiones; que en su conjunto fomentan a las prácticas de derroche sin medir las consecuencias.

Inexorablemente, a futuro, las políticas deberán ser tendientes a recuperar la concepción de valor del agua y otros recursos. No hay razones para esperar, por lo menos en un horizonte temporal próximo, que se eliminen por completo los subsidios que hoy dispone el Estado para afrontar los costos operativos del deficiente servicio público de agua potable. Más no podrá sostenerlos en el tiempo al nivel que hoy están siendo aplicados. Mientras los costos de potabilización siguen en alza, se deberá aplicar políticas cuya finalidad sea la distribución más equitativa de los subsidios.

Si bien no se opta por una tarifa diferenciada del servicio, el fin último será lograr establecer un sistema en el que aquellos sectores con mayores índices de consumo paguen un valor final que sea representativo de dicho consumo. En términos de inversiones es necesario cortar con la modalidad de consumo de “canilla libre” para pasar a un sistema de cobro por volumen consumido. De confirmarse estas medidas se habrá encontrado una forma de estimular la concepción de valor del agua sin tener que sacrificar la calidad de un servicio que aún hoy puede seguir considerándose aceptable.

11.2 LA TROPICALIZACIÓN DE BUENOS AIRES

Durante la última época, los habitantes de la región del AMBA han sido testigos de diversos fenómenos climáticos caracterizados por lluvias intensas y fuertes vientos. Se estima que el cambio climático producto del calentamiento global ya está teniendo un claro impacto en nuestra región. Las temperaturas promedio están aumentando así como también lo hacen las precipitaciones acumuladas anuales. Si bien estos cambios traen aparejados serios trastornos para la población causando en ocasiones destrozos materiales e inundaciones, son favorables desde el punto de vista de la posibilidad de recolectar mayores volúmenes de agua.



Tabla 54 - Evolución de las temperaturas y precipitaciones acumuladas en Buenos Aires entre 1965 y 2005⁸¹

Por lo pronto este escenario lejos está de revertirse. Según los expertos, y reforzando los argumentos expuestos en el *capítulo 5*, en las próximas décadas la frecuencia con que se producirán estos eventos será aún mayor. Las temperaturas medias irán en alza proporcionando más energía a la atmósfera creando tormentas más fuertes y frecuentes. Sin embargo, si se toman las precauciones pertinentes, y se llevan a cabo las inversiones necesarias, este cambio podrá ser aprovechado y así contrarrestar los efectos que hasta hoy solo resultan negativos.

11.3 EQUIPAMIENTO DE MEDIDORES DE AGUA

La concesión de aguas y saneamiento AySA declara en su sitio Web una cobertura del servicio de agua potable con medidor que supera apenas el 12% de la población servida. Es decir que más del 80% de los hogares abonan una tarifa basada en las características de la vivienda y no en función de lo que consumen. Esta modalidad de servicio con tarifa fija promueve el uso indiscriminado del recurso. A su vez dificulta que se genere una conciencia contra el derroche y permite desencadenar situaciones en las que una canilla que gotea pasa desapercibida.

Según un estudio realizado en la ciudad de Quebec, se observa que en aquellos domicilios con medidor de agua instalado, existía una disminución en el consumo promedio de agua potable respecto de aquellas edificaciones que carecían de éste. La reducción del consumo fue del orden del 31%.

⁸¹ Diario La Nación, Laura Rocha; "Habrán temporales con mayor frecuencia", 27 de julio de 2011

RED POTABLE	Consumo [Litros / persona * día]		
	Mínimo	Promedio	Máximo
Sin medidor	375	550	950
Totalmente equipado con medidores	275	380	470
Reducción del Consumo [%]	27	31	50

Tabla 55 - Consumo de agua potable en la ciudad de Quebec⁸²

La lógica y la tendencia de crecimiento de la población mundial apuntan a que en el corto a mediano plazo se tenga que abonar por lo que uno consume. Al ser el agua un recurso no renovable y escaso, uno de los medios para moderar la cultura del derroche es a través del cobro por la utilización de este bien. No solo se orientaría la tendencia hacia un consumo más racional sino que se incrementaría la recaudación para luego reinvertirla en obras.

	2008	2009	2010
Total conexiones domiciliarias existentes	1.634.419	1.657.914	1.695.668
Medidores instalados nuevos	1.308	1.015	1.121
Medidores renovados / rehabilitados	19.933	28.218	38.947
Total medidores existentes	394.540	392.844	394.159

Tabla 56 - Índice de medidores instalados en AMBA, fuente AySA

Más allá de las posibilidades de mantener paralelamente una política de subsidios para los sectores más vulnerables del AMBA, la instalación de medidores de agua deberá ser instrumentada por los concesionarios y controlada por el ente regulador correspondiente. En algunas provincias del país, y más concretamente en la provincia de Santa Fe se están formalizando resoluciones para exigir al concesionario de agua de esa provincia (ASSA – Aguas Santafesinas Sociedad Anónima) para que detalle un plan de inversión de la instalación de medidores de agua en los próximos años⁸³. La contracara de estas inversiones será que de no revertir la cultura de uso y abuso, el precio finalmente recaerá en el consumidor final.

11.4 CONSTRUCCIÓN URBANA EN ALTURA

Una de las tendencias de los últimos años es la de la construcción de edificios. La urbanización creciente a nivel global es un disparador de esta conducta urbana. Se generan economías de escala que a su vez crean

⁸² Fuente François G. Briere; “Distribución de agua potable y colecta de desagües y de agua de lluvia”

⁸³ Ahora el agua: “Una factura que hoy cuesta 43 pesos, a fin de año será de 83”; Nota publicada en el sitio ON24.com el 18 de enero de 2012, consultada en marzo de 2012

sinergias que permiten a las sociedades volverse más eficientes y reducir los costos de vida. La región del AMBA no está exenta a este modelo de desruralización. En la ciudad de Buenos Aires el efecto se nota en la desaceleración en la construcción de casas. Menos del 2% de los permisos de construcción pertenecen a este rubro, contabilizando seis casas cada 1.000 departamentos⁸⁴.

Se espera que para las próximas décadas la población argentina supere los 45 millones de habitantes. Las áreas urbanas concentrarán al 94% del total de la población. Para permitir este altísimo grado de urbanización se requerirán mayores niveles de densidad poblacional, por lo que las construcciones en altura continuarían en aumento. Un mayor índice de población urbana indefectiblemente significará que deban hacerse las inversiones necesarias para abastecer a la población con los servicios básicos como luz y agua.

A menos que se revierta la situación de contaminación indiscriminada de los cursos y cuencas de agua que atraviesan el cordón metropolitano, la provisión adecuada de dicho servicio no podrá ser garantizada.

11.5 POLÍTICAS MÁS EXIGENTES

El mayor cuidado y mayor grado de conciencia sobre la preservación de los recursos naturales conducen a establecer políticas más robustas, en sectores que antes no estaban regulados. Encontramos el caso particular de España donde se implementado una nueva norma para la comercialización de inodoros. Esta fija que la capacidad de las cisternas sanitarias de los artefactos en cuestión no supere los 9 litros⁸⁵. Esta línea de pensamiento conservador conllevó a que las capacidades pasaran de 12 litros a tener en muchos casos una capacidad incluso menor, de 6 litros. A su vez están diseñados para permitir descargas parciales de 3 litros de acuerdo al uso. En Alemania desde hace algunas décadas, se vienen impulsando y fijando normativas en combinación con la aplicación de incentivos y subsidios, que tengan como propósito el aprovechamiento de agua pluvial.

La Ciudad de Buenos Aires ya comienza a hacerse eco de lo que ocurre en el resto del mundo. A fines de 2011 se presentó un proyecto de ley para incorporar dispositivos de captación de agua pluvial en edificios nuevos. El proyecto persigue la implementación de sistemas de captación de agua de origen pluvial para que posteriormente sea empleada de forma complementaria al agua de red, para aquellos fines para los cuales no es imprescindible el uso del agua potabilizada. En consecuencia persigue aprovechar la fuerza gravedad terrestre para distribuir el agua recolectada cuando sea requerido, al

⁸⁴ Castro, Ángeles; “La construcción de casas, en extinción”, diario La Nación, 28 de enero de 2010

⁸⁵ Norma UNE 67-001-88

resto de la edificación; sin tener que incurrir en gastos de energía asociados al bombeo de la misma.

El proyecto no busca reemplazar o anular el sistema de agua potable preexistente en las construcciones de la ciudad, sino que tiene por objetivo lograr un uso más racional del recurso; al mismo tiempo que consigue una reducción de volumen considerable de las aguas vertidas al sistema pluvial durante las grandes precipitaciones. Esta norma prevé un plazo de 5 años para la readecuación de las edificaciones existentes que superen los 4 pisos y los 2.000 m² cubiertos para posibilitar la recolección del agua pluvial. En total se prevé la provisión de toda el agua empleada para limpieza general del edificio, la acera y tareas de riego.

Aún cuando se encuentra en una etapa de debate, este tipo de proyectos comienzan a afianzarse en nuestra sociedad y en una parte de la clase dirigente con un grado de relevancia cada vez más profundo. La sustentabilidad en términos del uso y consumo del recurso agua es un tema que se desenvuelve más allá del aspecto económico. De la disponibilidad del agua, más allá de ser considerado un derecho humano y un bien escaso, depende la vida de las personas y el bienestar de la sociedad en general.

La instalación de cubiertas vegetadas o techos verdes en las construcciones de Buenos Aires podrá en un futuro no muy distante transformarse en una regulación pro-verde. Esta metodología favorece al ciclo hidrológico natural del agua ya que regula los picos de esorrentía de dicha área. Además de servir de un importante aislante térmico con la consecuente reducción de consumo eléctrico; tiene la particularidad de mejorar la calidad del agua al filtrar y retener aquellas partículas arrastradas por la lluvia desde la atmósfera. Esta medida tiene un gran potencial en las zonas urbanas de alta densidad donde se estima que los techos de las edificaciones ocupan alrededor del 30% de la superficie. Como contrapartida, reduciría significativamente la eficiencia del SCALL a partir de que una gran parte del agua se perdería por evaporación y una parte menor sería absorbida por la vegetación presente.

En San Pablo, Brasil el cambio climático y la escasez de agua en los reservorios naturales fueron los impulsores de nuevas políticas en materia de aprovechamiento de los recursos. Desde el gobierno se impulsaron regulaciones para la instalación de tanques recolectores de agua de lluvia en superficies techadas de la ciudad que superaran los 500 m².

12. APLICABILIDAD DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN

12.1 ESTRUCTURAS EXISTENTES

De acuerdo a lo establecido por la legislación actual, ley 26.221, la instalación y posesión de una fuente alternativa a la del suministro público es posible siempre y cuando se convalide previamente el permiso de la autoridad de aplicación y el concesionario del servicio. Asimismo no podrán mezclarse las aguas de las distintas fuentes quedando el usuario como responsable por el correcto aislamiento de las instalaciones. Por lo expuesto, es necesario proveerse de compartimientos o tanques exclusivos para albergar el agua de lluvia independientemente de la vía aprovisionamiento de agua potable aportada por el concesionario ya sea público o privado.

12.2 NUEVAS EDIFICACIONES

Desde su concepción, las nuevas viviendas, deberán ser diseñadas y equipadas con los dispositivos necesarios para alcanzar la máxima eficiencia de recolección. Tejados o cubiertas con pendientes adecuadas y poco porosas permitirán un mejor escurrimiento del agua y menor evaporación por retención. Cuanto menor sea el circuito por el cual deba circular el agua hasta la unidad de almacenamiento, menores serán las pérdidas generadas por evaporación.

El correcto diseño de la cubierta representa un elemento crucial dentro del SCALL a los efectos de aprovechar al máximo las precipitaciones con poco caudal de agua. Contrariamente, las lluvias más intensas ocasionan pérdidas por rebote. Éstas pueden contrarrestarse mediante la aplicación de canaletas de mayor sección o a través de la construcción de paredes de contención o cargas especialmente en las superficies horizontales.

12.3 ANÁLISIS F.O.D.A.

Para facilitar el análisis de aplicabilidad del sistema a los 2 tipos de estructuras antes mencionados, se esbozó un análisis F.O.D.A. Como sus siglas lo indican, el análisis F.O.D.A. implica estudiar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del SCALL en los distintos entornos para vislumbrar la situación real del proyecto.

12.3.2 FORTALEZAS

I - Diseño

La posibilidad de diseñar la edificación desde sus fundaciones favorece la aplicabilidad del sistema según la real necesidad del cliente. En otros términos, se logra diseñar un sistema que sea íntegramente funcional a las actividades que se desarrollan dentro y fuera de la vivienda. Cuando esto es posible se combinan otros elementos que optimizan el uso de agua en la

vivienda; por ejemplo a través de la instalación de grifería sistemas de cañerías, lavarropas y sanitarios más eficientes que presentan índices de consumo menores.

Partir de un nuevo diseño posibilita la adaptación de la construcción al sistema de captación y no a la inversa. Los costos relativos de implementación de conductos de distribución en paralelo son más bajos ya que se instalan junto a las conexiones primarias de agua potable de red, sin la necesidad de grandes roturas de paredes y losas. Más aún contamos con la ventaja de poder seleccionar una cubierta compatible con las necesidades de recolección evitando trabajos por adaptación de la misma.

II- Costo operativo y de mantenimiento

Tanto en instalaciones nuevas como existentes, los costos asociados con el mantenimiento y funcionamiento del sistema exclusivo para usos secundario son comparables al costo total de las otras fuentes de provisión de agua. La simplicidad de este tipo de sistemas le otorga gran robustez ya que no involucra la incorporación de componentes de alta complejidad. La probabilidad de falla es poco significativa. Además, la limpieza general puede ser ejecutada por el propio usuario.

III- Costo de instalación

Los costos de instalación del sistema sobre una edificación a construir presentan un bajo grado de incidencia respecto del costo total de la obra. Según arquitectos y expertos en la materia el costo de la inversión inicial del sistema en un edificio nuevo de 1.000 m² representa aproximadamente el 0,33% de costo total de la obra.

12.3.3 DEBILIDADES

I- Diseño

Contrariamente a lo que sucede con las nuevas edificaciones, en las construcciones existentes los grados de libertad para el diseño son limitados, especialmente cuando los costos se deben mantener acotados. Estas limitaciones traen entre otras desventajas la imposibilidad de instalar un sistema que sea óptimo para las necesidades de los particulares.

II- Montaje de la estructura

En un vasto número de las estructuras existentes no es viable colocar un tanque exclusivo para alojar las reservas de agua de lluvia. Entre las principales causas se encuentran:

- a. Falta de espacio físico para alojarlo
- b. Estructura no dimensionada para tolerar el exceso de carga
- c. Grandes inversiones requeridas adicionales a los componentes básicos, dotan al sistema SCALL de una rentabilidad muy baja o nula

Cuando no sea viable la colocación de la cisterna en subsuelos o bajo tierra, deberá instalarse en algún punto de la estructura de la edificación. Estas estructuras deberán ser capaces de admitir pesos superiores a una tonelada en la mayoría de los casos. Asimismo se requerirá del espacio necesario para albergar la cisterna y a la vez, dependiendo de las exigencias del propietario, se deberá resguardar cierta estética de la construcción tanto en el ámbito interno como externo.

En una vivienda ya erigida, la colocación de un sistema de cañerías sanitarias secundario implica un importante trabajo de acondicionamiento con una alta incidencia en los costos que puede llegar a duplicar el monto de la inversión inicial total del sistema de captación.

III- Capacidad de autoabastecimiento

Las combinaciones entre el consumo de agua según la clase social y las superficies de referencia calculadas, presentan restricciones en cuanto a la disponibilidad de agua. En promedio, durante el año, las lluvias alcanzan a cubrir las necesidades de sólo 1 persona por vivienda y 2 personas para usos estrictamente secundarios.

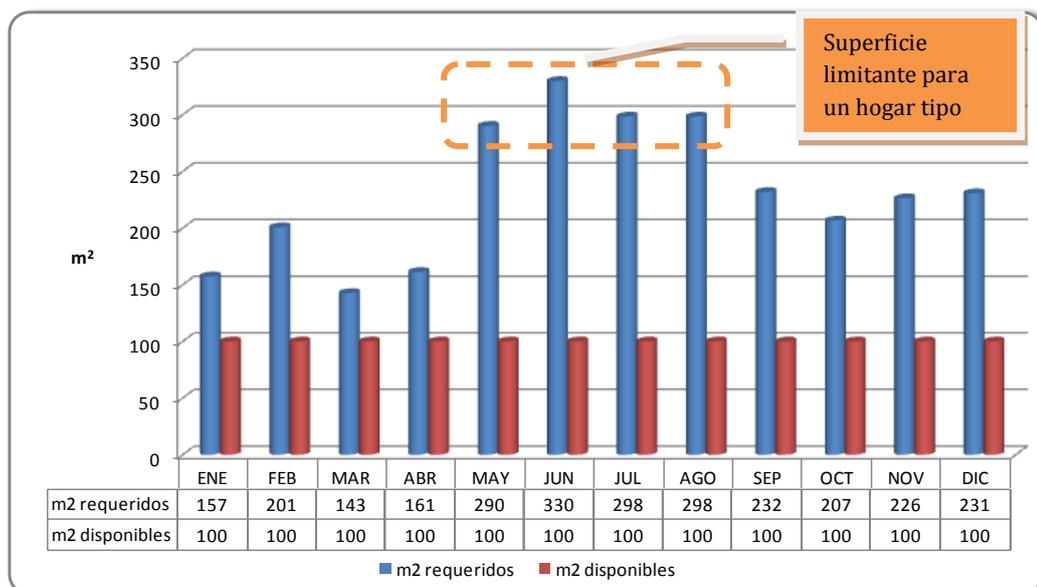


Gráfico 15 - Deficiencia de la superficie patrón disponible

Del gráfico anterior se desprende que es necesaria una superficie de extensión superior a los 300 m² para captar un volumen lluvia que permita el abastecimiento del hogar tipo durante todo el año; lo que es equivalente a decir 75 m² per cápita.

IV- Usos primarios

La elección de emplear el agua en usos primarios deriva en un mayor grado de complejidad del proceso de acondicionamiento, incrementa los costos y el tiempo requerido por mantenimiento y control. Por el momento no existe un ente encargado de la regulación de esta fuente de agua. El usuario es el encargado de garantizar el correcto grado de asepsia del agua.

El agua de lluvia presenta un grado de pureza comparable al agua potable. Al entrar en contacto con superficies afectadas por la contaminación de restos de hollín y otros agentes, especialmente en zonas céntricas, su calidad se ve degradada. Producto de esto se deberán descartar mayores volúmenes de agua que actúan como agentes limpiantes de la cubierta. La pérdida de agua hace que la eficiencia del SCALL se vea negativamente afectada.

12.3.4 OPORTUNIDADES

I- Nuevas normas

La aplicación de incentivos monetarios sobre la recolección de agua pluvial representa una oportunidad para la gran mayoría de los distritos que aún no cuentan con este tipo de políticas. En el caso de la promulgación de normas o leyes a favor del sistema, el Estado deberá garantizar un periodo prudencial para implementar los cambios. Al mismo tiempo que se abren las puertas a nuevos emprendimientos dedicados a satisfacer la demanda de componentes básicos, como por ejemplo de cisternas de almacenamiento de agua de tipo modular.

II- Abastecimiento externo

En algunas de las ciudades más avanzadas del mundo han comenzado a implementarse las redes inteligentes de energía. Aquellos usuarios con capacidad de autogeneración de energía eléctrica por encima de sus necesidades, tienen la posibilidad de entregar el excedente de vuelta a la red. En retribución reciben descuentos en su boleta de luz.

Lo mismo es posible si se aprovechan las edificaciones con grandes superficies de captación respecto al consumo. Los usuarios podrían transformarse en proveedores de agua para uso secundario a sus vecinos, y así obtener reducciones en sus facturas; por ejemplo a través del IVA o del volumen consumido mensual (*ver el inciso IV de la sección 10.3.4*).

III- Desgravaciones y créditos

Actualmente se vive en un contexto donde la demanda de agua en el AMBA está creciendo al ritmo que lo hace la construcción. Sin embargo, la falta de grandes inversiones hace inviable la ampliación de la población servida al mismo ritmo. El proyecto de instalación de un SCALL urbano tiene la posibilidad de actuar como paliativo ante la limitada oferta. Ante este panorama será necesario que se establezcan políticas de incentivo a la instalación; por intermedio de créditos a tasa fija para hogares de bajos recursos, desgravaciones impositivas o descuentos al monto de la factura de agua u otros servicios.

IV- Incremento del valor de la propiedad

Contar con un sistema que permite el uso sustentable de los recursos tendrá en el futuro, un impacto positivo sobre la valoración de la edificación. A

medida que se actualice la legislación y haya mayor concientización sobre el valor del agua, aquellas construcciones nuevas que no cuenten con este sistema no serán tan bien valoradas por los potenciales compradores en comparación con sus homónimas.

12.3.5 AMENAZAS

I- Capacidad de almacenamiento

A no ser que se sobredimensione la capacidad de almacenamiento principal, se perderá un volumen significativo de agua durante los grandes aguaceros. Ya existen indicios sobre la presencia de lluvias tropicales en la ciudad cada vez más frecuentes producto del cambio climático global. Las construcciones existentes son menos flexibles para sobredimensionarse la capacidad de almacenamiento. La regulación no estipula el aprovechamiento del tanque de agua potable de red para emplearse como buffer en caso de pronóstico de fuertes precipitaciones.

II- Congelamiento de tarifas en el tiempo

Un congelamiento prolongado de las tarifas de los servicios básicos, en particular el del agua, desalienta a los consumidores a pasar a fuentes de agua más caras aunque más ecológicas como lo es la fuente pluvial.

Desde hace varias décadas, las tarifas que rigen se ven desactualizadas en relación a los costos de potabilización y distribución. Históricamente no existía un marco regulatorio al cual podían adherir las concesiones, o sea que a pesar de su carácter monopólico se autorregulaban. Por otra parte los ajustes tarifarios, cuando no eran la consecuencia de decisiones políticas, tenían en cuenta los cambios históricos de tarifas ajustados por índices de precios y no por los costos reales de las compañías. Aún hoy, luego de haber atravesado periodos tanto de gestión estatal como privada, resulta muy difícil restablecer la tarifa a valores acordes con la estructura interna y sus costos de funcionamiento. Es una acción que debiera llevarse a cabo de manera gradual en el mediano y largo plazo.

Por diversas razones que van desde el costo político ligado al aumento de tarifas en general, hasta políticas cuyo fin es el de garantizar la mayor disponibilidad del recurso; la tarifa del servicio de agua potable no es comparable con casi ninguna ciudad en el mundo. Aquellas medidas tendientes a recomponer la tarifa, últimamente se ven impedidas en muchos casos por resoluciones judiciales, como el de ABSA⁸⁶, o por apelaciones de organismos de defensa al consumidor. Cabe resaltar que en muchos casos el aumento no es estratificado y por consiguiente no refleja el nivel de ingresos del hogar.

⁸⁶ Pablo Morosi, "Extienden el freno de los aumentos del agua en la Provincia"; diario La Nación online; 23 de mayo de 2012.

III- Construcción en altura

El auge de las edificaciones de gran altura genera un aumento de la densidad poblacional. Por lo tanto la ciudad pasa a tener más cantidad de personas por unidad de superficie disponible, y el sistema de recolección se torna menos atractivo en función de su menor capacidad de prestación.

Cada m² de superficie de captación → representa entre el 1,2% y 2,8% del consumo promedio de agua de una persona que vive bajo los estándares de un hogar tipo.

IV- Conflictos de intereses

Prácticamente en todas las regiones del AMBA donde el servicio de agua se ejecuta a través de cooperativas o concesionarios, la regulación es ejercida por el registro de agua local. La legislación vigente señala que para distribuir agua potable es requisito estar inscripto y tener aprobada una o más áreas de concesión. Lo que se analizó como una oportunidad en el *inciso II de la sección 10.3.3*, presenta un vacío legal salvo que se ajuste la regulación. El usuario podrá disponer del agua que cae en su propiedad para consumo personal. En estos casos el Organismo de Control de Aguas de la jurisdicción deberá velar por la compatibilidad sobre la provisión de agua a terceros que sea recolectada en sistemas autónomos de colección de agua pluvial.

12.4 MEDIDAS PARA OPTIMIZAR EL USO DEL AGUA

El ahorro de agua implica utilizar menos cantidad del recurso para proporcionar el mismo beneficio. En ocasiones, el reaprovechamiento del agua escurrida desde el suelo o desde una superficie verde como puede ser el jardín de una vivienda o un parque; es una medida para la optimización del uso del recurso. Esta fuente alternativa de agua puede ser muy barata en términos económicos, pero muy cara y riesgosa para la salud. En cualquier caso se deberá asegurar que la superficie de captación no haya sido tratada con herbicidas, insecticidas u otros agentes contaminantes que puedan entrar en contacto con el agua.

La instalación del SCALL debe ir acompañada de una serie de acciones de contención del consumo personal. En Australia por ejemplo, rige una normativa aplicada a toda nueva vivienda que exige un cierto nivel de eficiencia energética. Además de ser ecológicamente más amigables, estas viviendas resultan más confortables y son menos costosas en términos de consumo de energía y otros recursos.

El ahorro más simple y eficaz comienza por implementar un cambio de los hábitos de comportamiento. Se logra a partir de una reducción consciente de la cantidad de agua utilizada en nuestras actividades diarias; esto requiere

inexorablemente un cambio de hábitos. Algunas acciones pequeñas pueden derivar en un ahorro del consumo de agua moderado.

<p>Puertas Afuera</p>	<p>Se recomienda evitar el riego durante las horas del día con temperaturas máximas. Reduciendo así la pérdida de agua por evaporación.</p> <p>Remover la tierra al menos 2 veces al año y mantener la altura del pasto en unos 5 a 8 cm, ayuda a retener la humedad del suelo.</p> <p>Preferentemente se deberán cubrir las piscinas durante la noche para minimizar la cantidad de agua evaporada.</p> <p>Para lavar la vereda o el auto, emplear un balde con agua o hidrolavadora en lugar de una manguera.</p>
<p>Puertas Adentro</p>	<p>Utilizar el lavaplatos y lavarropas una vez completada su carga. Existen opciones de programación de ciclos cortos de lavado. Los lavarropas de carga frontal tienen una tasa de consumo hasta un 30% menor que los de eje vertical.</p> <p>No descongelar los alimentos utilizando una corriente de agua caliente.</p> <p>Evitar dejar el grifo abierto mientras uno se cepilla los dientes o se lavan los platos.</p> <p>Mantener en perfecto estado las llaves de cierre y apertura de grifos y llaves de paso de modo de que no ocasionen pérdidas de agua por goteo. Este tipo de pérdidas en sanitarios puede llegar a desperdiciar unos 600 litros diarios.</p>
<p>ULFT – Ultra Low Flush Toilets</p>	<p>La instalación de inodoros de doble descarga y mochila más pequeña permiten un ahorro de agua de entre el 50 y 70%. Estos cuentan con un pulsador doble. Un pulsador permite la descarga parcial, mientras que el segundo emplea el total del agua almacenada. Los dispositivos más modernos cuentan con cisternas externas de como máximo unos 10 a 12 litros de capacidad.</p> 
<p>Aireadores y duchas de bajo flujo</p>	<p>Estos dispositivos ya vienen incorporados en la grifería más moderna. Pero igualmente pueden llegar a adaptarse en casi todos los modelos adosándose al extremo del grifo o ducha. Su diseño permite obtener una mezcla de agua y aire manteniendo buena presión de salida con un ahorro neto de agua del 25%.</p>

Tabla 57 - Recomendaciones para la conservación del agua⁸⁷

⁸⁷ Elaboración propia en base a información provista por “The American Water Works Association” y “The Safe Drinking Water Foundation”; Internet mayo de 2012

Otra medida corriente de optimización del uso de agua en Japón se logra al conectar el drenaje del lavamanos y piletas de lavar al conducto de carga del inodoro. Esta modalidad permite ahorrar más agua al recolectar y reutilizar las aguas grises, que empleamos por ejemplo para lavarnos las manos. En alrededor del cien por cien de los casos esta fuente de agua tiene un bajo nivel de contaminación e impurezas, por tal motivo puede emplearse para como fuente de alimentación de los sanitarios y en algunos casos como fuente de riego de jardines.

13. CONCLUSIONES FINALES

El área geográfica que actualmente ocupa el AMBA, presenta regímenes pluviales apenas compatibles para una familia tipo que cumpla con el siguiente esquema de consumo:

- Vivienda tipo en construcción horizontal (menos de 4 plantas)
- Usos secundarios exclusivamente
- Consumos compatibles del promedio entre la clase B y C

A pesar de contar con un clima de tipo húmedo no es posible satisfacer el 100% del nivel de consumo existente, sin importar la escala socioeconómica. En promedio el nivel de abastecimiento pluvial anual se ubica en torno al 46% de las necesidades de agua totales. Prácticamente ninguna construcción residencial permite un abastecimiento de agua pluvial autosuficiente. De acuerdo a los cálculos expuestos, se requerirá una superficie efectiva de captación per cápita de por lo menos 75 m², para abastecer por completo las necesidades de una persona que de la clase B. Un valor para nada despreciable si se tiene en cuenta que dicha área representa la mitad del tamaño referencial de una vivienda tipo con 4 habitantes.

En tanto que la capacidad óptima de almacenamiento produce una restricción del acceso en algo más del 10% del agua pluvial, como consecuencia de grandes aguaceros aislados. El consumo es tal que no resulta factible, en términos de capacidad de recolección, recolectar agua en la época invernal para utilizarla en primavera – verano.

Si bien el mercado argentino no cuenta con la diversidad de dispositivos SCALL que si tienen otros países desarrollados, es capaz de brindar los materiales y dispositivos necesarios para la construcción de un sistema simple pero eficiente. El grado de sencillez de la infraestructura del sistema propuesto, permite un grado de adaptabilidad satisfactorio tanto en edificaciones nuevas como existentes. Se trata de sistemas eficientes que a diferencia del agua de red permiten la obtención y utilización del agua in situ; sin la necesidad de transportar el agua a través de kilómetros de tuberías. Y, cuando el diseño lo permite, se aprovecha la distribución interna del agua recolectada por gravedad.

A las tasas vigentes que ofertan los principales bancos de la región, la inversión no es recuperable en el corto plazo. El cargo variable del agua potable tendría que ser al menos entre 4 y 5 veces superior al cargo actual sin subsidios, para que se incremente el ahorro neto respecto del agua de red y se consiga un flujo de fondos positivo en un lapso prudencial no mayor a los 10 años. En otras palabras, la tarifa debería posicionarse en torno a los \$12 o 2,60 dólares⁸⁸.

⁸⁸ Según cotización de mayo de 2012.

En aquellas viviendas cuya fuente primaria de agua sea distinta al agua de red, no se evidencia un ahorro neto por la utilización del agua pluvial. De hecho el costo unitario de ésta última, sin tratamiento previo, es levemente superior al agua de pozo aunque inferior al valor medio que cobran las cooperativas. Las ventajas claramente aparecen en cuanto a la calidad del agua de lluvia incluso antes del filtrado. Asimismo una reducción de los volúmenes bombeados se traduce en un menor estrés sobre los acuíferos subterráneos.

Desde el punto de vista regulatorio, no hay restricciones sobre la recolección de agua pluvial dentro de la propiedad privada. A pesar de la libre disponibilidad de las precipitaciones, la legislación no está desarrollada ni adaptada al ámbito de la gestión de aguas pluviales. La política de incentivos para incrementar la eficiencia energética y el cuidado de los recursos naturales de los hogares está muy atomizada y resulta insuficiente; si bien recientemente han surgido proyectos de ley para impulsar sistemas urbanos de aprovechamiento de agua pluvial. Por otro lado, observa un bajo nivel de inversiones en relación a la instalación de medidores de agua particulares del sistema de público. Las tarifas que se cobran, en consecuencia, son fijas y no representan el consumo real de una vivienda. Bajo este esquema tarifario resulta prácticamente inviable la justificación económica del sistema propuesto.

Históricamente, podemos distinguir entre 3 factores centrales que han servido de sustento para implantar una cultura de derroche del agua: la cercanía a una fuente abundante de agua dulce, la política sostenida de subvención del servicio público, y los escasos niveles de inversión pública y privada. Culturalmente estamos acostumbrados como sociedad, a emplear el agua potable para prácticamente todas nuestras actividades cotidianas. Incluso en aquellas tareas donde semejante grado de calidad es injustificado. En su conjunto este comportamiento hace que se acreciente el uso excesivo y desmedido de este recurso. Tanto es así que no se percibe su verdadero valor.

Aquellas políticas que suscriben a prolongar la era de la energía barata no son sostenibles en el tiempo. Por el lado económico terminan demandando una cantidad excedente de recursos puesto que las tarifas en niveles tan bajos incentivan al consumo desmedido. En tanto que dicho comportamiento implica consecuencias negativas sobre la huella ambiental. Lentamente, hacen que el ecosistema se torne más vulnerable. Cada vez más resulta intolerable el incorrecto uso de los recursos naturales, entre ellos el agua. Técnicamente el agua de lluvia resulta un perfecto sustituto para suplir gran parte de las necesidades secundarias de consumo urbano. Bajo este razonamiento, las fuentes de agua pluvial y agua de red o de pozo deben entenderse y aplicarse como fuentes de agua complementarias.

Para lograr la implementación de este tipo de sistemas de recolección en un centro urbano como el AMBA, el SCALL deberá impulsarse de manera integral. Es necesario combinar políticas de inversión a largo plazo con ajustes en las tarifas e incentivos hacia fuentes de agua y energía sostenibles. Un incremento de la demanda de agua pluvial significará menos sobrecarga del sistema público de agua potable y agua pluvial; contrayendo el nivel de inversiones que el Estado debe llevar a cabo para hacer frente al crecimiento de la población. Más aún, el éxito del SCALL, dependerá si como sociedad somos capaces de instaurar un cambio en la cultura de consumo del agua.

En tanto persistan las políticas de subsidios generalizados con tarifas al servicio congeladas, y no exista un marco regulatorio adaptado y desarrollado; no será rentable ni atractiva una inversión de esta naturaleza. De momento queda en nosotros informarnos como se aplica en otras naciones y aprender en consecuencia. Será a partir de un cambio en nuestra cultura de consumo que lograremos darle uso más racional al agua. Indudablemente serán estas las acciones que marcarán la diferencia.

13.1 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El proyecto como tal abarca un marco acotado sobre la viabilidad de la aplicación de dispositivos eficientes para la captación de agua pluvial. De la mano del ya explicado sistema de captación, podemos mencionar algunas aplicaciones adicionales y proyectos alternativos que podrían combinarse para ampliar e incrementar la optimización del recurso agua.

Los equipos de aire acondicionado sin importar el tamaño, condensan parte del agua o humedad presente en el ambiente por enfriamiento del vapor de la atmósfera. Se trata de una fuente de agua limpia, adicional al agua de lluvia. Fundamentalmente podrá ser empleada cuando las condiciones climáticas ameriten el uso de los equipos de refrigeración. En el AMBA estas condiciones ocurren durante 3 a 4 meses al año. Al ser el clima de la región húmedo, aumenta el volumen de condensado que podemos obtener. El volumen de agua dependerá del tamaño y la cantidad de equipos en la vivienda u oficina. Un equipo residencial central puede generar entre 20 y 75 litros diarios. Un equipo individual condensa en torno a los 4 a 7,5 litros de agua por día. En grandes oficinas, por lo general se calculan entre 12 a 38 litros de condensado por cada 100 m² refrigerados⁸⁹.

El problema, como consecuencia de una extensa impermeabilización del suelo urbano en particular en el centro del AMBA sumado al insuficiente nivel de inversiones en infraestructura, es el deterioro del sistema de recolección de aguas pluviales y una deficiencia grave en la gestión de escorrentías, tanto en

⁸⁹ Alliance for Water Efficiency; "Condensate Water Introduction"; sitio de Internet vigente a junio de 2012.

su volumen como en su calidad. Más del 80% del agua residual se vuelca sin tratamiento en el Río de la Plata. En tanto que una pequeña porción del problema se debe a la volatilidad de los factores climáticos.

En su conjunto esto facilita que, al producirse precipitaciones de gran intensidad, aumente considerablemente la escorrentía urbana y el sistema pluvial urbano se torne más proclive a colapsar; provocando inundaciones, pérdidas materiales y serios trastornos para la población. La captación de agua de lluvia alivianaría el caudal que debe soportar el sistema pluvial urbano durante una tormenta. Como ventaja adicional, se reduce el riesgo del lavado del suelo natural en áreas verdes, que se evidencia cuando la capa vegetal superior se ve saturada de agua.

El grado de retención podría correlacionarse con el incentivo tributario que el Estado aplica sobre una propiedad. Bajo la misma línea de pensamiento se podrá considerar la viabilidad de implementar mayor superficie de material permeable en aceras, parques y jardines. Tal es el caso de la ciudad de Portland⁹⁰ donde gracias a la incorporación de franjas de infiltración a través de espacios verdes y adoquines permeables en calles y aceras, se ha eliminado prácticamente la escorrentía proveniente de la lluvia de las calles. Consecuentemente se redujo la necesidad de ampliación de la capacidad de su planta de depuración de aguas.



Estacionamientos

Predios residenciales

Grandes áreas verdes

Tabla 58 - Ejemplos de aplicación de contención modular a gran escala⁹¹

De regularse en el futuro la instalación de colectores de agua de lluvia particulares, podrá extenderse a otras edificaciones. Existe un gran potencial de recolección de agua para usos secundarios en los techos de grandes centros comerciales y playas de estacionamiento⁹². Permanece abierta la posibilidad de analizar la viabilidad de implementar un joint-venture entre los grandes recolectores, que probablemente dispongan de agua más que suficiente para cubrir sus necesidades, y los usuarios o consumidores aledaños. Es de prever exenciones impositivas para con el proveedor de agua.

En intercambiadores de calor o sistemas de refrigeración, por ejemplo de tipo industrial, se requiere generalmente manejar grandes volúmenes de agua

⁹⁰ Estudio de la Cámara Argentina de la Construcción; vigente en la web en abril de 2012.

⁹¹ Fuente; Soluciones creativas Wavin, internet abril 2012

⁹² Es importante se provean los sistemas necesarios para la separación de hidrocarburos y otros residuos peligrosos.

que luego se recirculan. Aunque en muchos casos la toma de agua se hace desde una fuente natural abundante de agua como un río o un lago, en otros casos la misma se obtiene del agua de red. El agua pluvial presenta la ventaja de ser un agua baja en sales que disminuye el riesgo de obstrucción de válvulas y cañerías. El excedente recolectado podrá ser empleado además como reserva de agua anti-incendios.

14. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

14.1 REFERENCIAS PRINCIPALES

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, en cooperación con **BROWN, Chris; GERSTON, Jan; COLLEY Stephen; Dr. KRISHNA, Hari J.**; *“The Texas Manual on Rainwater harvesting” Third Edition Austin, Texas (2005)*

MERCOBRAS S.A.; *Estación Meteorológica Olivos; (2000 - 2011)*, estadísticas sobre los regímenes pluviales, sitio web **“Mercobras.com”**, consultado entre agosto y septiembre de 2011. URL: <http://www.mercobras.com.ar/tablameteo.htm>

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009); *“Total water use per capita by country”*, sitio web **“AQUASTAT online database”**, usos del agua en el mundo, consultado en diciembre de 2011. URL: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>, ANEXO: <http://chartsbin.com/view/u8u>

GARCÍA, Roberto Mariano; (2004) *“Inferencia Estadística y Diseño de Experimentos”*, 734 páginas, primera edición. Editorial Universitaria de Buenos Aires. ISBN 950-23-1295-3

OROZCO, Carmen; PÉREZ SERRANO, Antonio; GONZÁLEZ, Ma. Nieves; RODRÍGUEZ VIDAL, Francisco; ALFAYATE, José Marcos; (2008) *“Contaminación Ambiental, una visión desde la química”*, 682 páginas, primera edición. Editorial “PARANINFO Cengage Learning”. ISBN 978-84-9732-178-5

GLOBAL WATER INTELLIGENCE; (2011) *“Summary of key data from the 2011 GWI Global Water Tariff Survey”*; sitio web consultado en abril de 2012 URL: <http://www.globalwaterintel.com/archive/11/9/market-insight/portugal-looks-to-water-tariff-equilibrium.html>

Arq. DE VIDO, Julio; Ministro de Planificación Federal, inversión pública y servicios bajo la presidencia del Dr. Néstor Carlos Kirchner (2007) *“AYSA, nuestra y para todos”*, entrada agosto 2007, consultado en enero de 2012.

ADLER, Ilán; CARMONA, Gabriela; BOJALIL, José Antonio; (2008) *“Manual de captación e aguas de lluvia para centros urbanos”*, sitio web **“Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente”**, entrada en noviembre de 2011. URL: <http://www.pnuma.org/reccat/esp/documentos/MANUALDECAPTACION%20oct%202008.pdf>, extraído y consultado en noviembre de 2011.

MAYER, Peter; DEOREO, William; OPITZ, Eva; KIEFER, Jack; DAVIS, William; DZIEGIELEWSKI, Benedykt; NELSON, John; (1999) *“Residential End Uses of Water”*, 310 páginas. AWWA: Research Foundation and American Water Works Association. ISBN 1-58321-016-4

LENTINI, Emilio; (2011) *“Servicios de Agua Potable y Saneamiento: lecciones de experiencias relevantes”*, sitio web **“Naciones Unidas”**, cuadro 1 en página 10, consultado en mayo de 2012. URL: <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/9/43139/Lcw392e.pdf>

Dr. GARDUÑO, Manuel Anaya; (2006) *“Manual sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano”*, Introducción páginas IX y X, sitio web **“Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente”**, consultado en diciembre de 2011. URL: <http://www.pnuma.org/reccat/esp/documentos/INDICE.pdf>

INDEC; Censo Nacional; (2010) “Resultados Definitivos. Variables Seleccionadas”, Cuadros y Gráficos: sobre la provisión de agua en el AMBA, sitio web “**Censo 2010**”, consultado en noviembre de 2011. URL: <http://www.censo2010.indec.gov.ar>

GOBIERNO DE BUENOS AIRES; (2011) “Construcción y Mercado Inmobiliario”, Capítulo 17: Dirección General de Estadísticas y Censos, Ministerio de Hacienda. sitio web “**Ministerio de Hacienda**”, consultado en enero de 2012. URL: http://www.buenosaires.gov.ar/areas/hacienda/sis_estadistico/anuario_general/capdinamico.php?idcap=menuder&anio=2010&id=68

CASALE, Dante I.; (1980) “Manual de Obras Sanitarias, Domiciliarias e Industriales”, 5ta edición ampliada y actualizada.

CAMILLONI, Inés; BARROS, Vicente; (2010) “Lluvia – Atlas Ambiental Buenos Aires”, sitio web “**AABA**”, consultado en enero de 2012. URL: http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar/aaba/index.php?option=com_content&task=view&id=322&Itemid=158&lang=es

Lic. NOVACOVSKY, Irene; UNIDAD DE INFORMACIÓN, MONITOREO Y EVALUACIÓN – UIMYE; (2007) “Vivienda en la Ciudad de Buenos Aires”, sitio web “**Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires**”, consultado en febrero de 2012. URL: http://estatico.buenosaires.gov.ar/areas/des_social/evaluacion_programas/informes_condiciones_vida/Vivienda.pdf. URL anexos: http://estatico.buenosaires.gov.ar/areas/jef_gabinete/riachuelo/documentos/villa_20.pdf http://estatico.buenosaires.gov.ar/areas/hacienda/sis_estadistico/villa_31_y_31_bis.pdf

ROCHA, Laura; (2010) “Quieren que edificios porteños junten agua de lluvia en un segundo tanque”, sitio web “**La Nación Online**”, entrada del 16 de abril de 2010, consultado en mayo de 2012. URL: <http://www.lanacion.com.ar/1254730-quieren-que-edificios-portenos-junten-agua-de-lluvia-en-un-segundo-tanque>

BRIÈRE, François G.; (2005) “Distribución de Agua Potable y Colecta de Desagües y de Agua de Lluvia”, página 49, 56 y 57, sitio web “**Google Books**”, extraído de Internet en marzo 2012. URL: http://books.google.com.ar/books?id=kgXhjH-vZ78C&pg=PA184&lpg=PA184&dq=coeficiente+escurrimiento+del+concreto&source=bl&ots=w991yRnLFf&sig=Wtw186BdECqS4jKET94EGePuKmk&hl=es&ei=gp7aTuysBcTzggfz6MSMBA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4&ved=0CDEQ6AEwAw#v=onepage&q=coeficiente%20escurrimiento%20del%20concreto&f=false

ROA REGOLI, Silvia; (2006) “Organización y Regulación de los Servicios de Agua Potable en Argentina, Brasil y Reino Unido”, sitio web “**Asociación de Administradores Gubernamentales**”, consultado en febrero de 2012. URL: <http://www.asociacionag.org.ar/pdfcap/4/Regoli%20Roa,%20Silvia.doc>

Lic. MARTIN, Carla C.; (2008) “Informe de Coyuntura Mensual: Industria de Alimentos y Bebidas”, sitio web “**Alimentos Argentinos**”, vigente a marzo de 2012. URL: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/AyB/informes/anteriores/IM_INDUSTRIA_AYB_MAR_08.pdf

CALCAGNO, Alberto; MENDIBURO, Nora; GAVIÑO NOVILLO, Marcelo (2000) “Informe sobre la Gestión del Agua en la República Argentina”, capítulo 3.2.5 redes de monitoreo hidrometeorológico e hidrológico, sitio web, consultado en marzo de 2012. URL: <http://www.eclac.cl/drni/proyectos/samtac/inar00200.pdf>

EPA; Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos; (2003) “El Agua de Grifo lo que usted debe saber”, consejos para un manejo adecuado del agua potable, sitio web “Environmental Protection Agency”, consultado en marzo de 2012. URL: http://water.epa.gov/drink/guide/upload/book_waterontap_enespanol_full.pdf

MUÑOZ, Alberto D.; (2002) “Cooperativas de Agua en la Argentina”, sitio web consultado en enero de 2012. URL: <http://www.tni.org/sites/www.tni.org/archives/books/aguaargentina.pdf>

UCA; Universidad Católica Argentina; (2005) “Agua: ¿recurso renovable?”, Estudio sobre la disponibilidad y usos del agua en América latina, sitio web “Universidad Católica Argentina”, consultado en enero de 2012. URL: http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo72/files/7-Agua-recurso-renovable_Ferratti.pdf

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE; “Clasificación de los usos del agua”, sitio web consultado en noviembre de 2011. URL: http://www.uach.cl/proforma/insitu/2_insitu.pdf

SANCHEZ PACHÓN, Carlos; (2009) “Gestión Sostenible del Agua en Desarrollo Urbano”, sitio web “Cámara Argentina de la Construcción”, consultado en abril de 2012. URL: http://www.camarco.org.ar/DL_Publicaciones/3%20Gesti%C3%B3n%20Sostenible%20del%20Agua%20en%20el%20Desarrollo%20Urbano%20Borrad.pdf

ARQ. SALOMON, Néstor Hugo; “Provisión de Agua en Viviendas y Edificios”, sitio web “ArquitectOnline” área de pensamiento estratégico, consultado en febrero de 2012. URL: <http://www.arquitectonline.com/nota02.htm>

TRATAMIENTO DE AGUA; (2002 - 2012) Métodos de tratamiento por luz UV, Ozonización, Osmosis inversa, Purificadores de agua, Carbón activado, sitios web consultados entre febrero y marzo de 2012. URL₁: <http://www.carbotecnica.info/uvsteri.html>; URL₂: <http://www.megaozono.com/ozonoagua.htm>; URL₃: <http://www.agua-purificacion.blogspot.com/>; URL₄: <http://www.lenntech.es/biblioteca/osmosis-inversa/>; URL₅: <http://www.excelwater.com/spa/b2c/gac.php>

HERAS HERNÁNDEZ, Francisco; “El Inodoro como Símbolo”, sitio web “CENEAM: Centro Nacional de Educación Ambiental”, consultado en mayo de 2012. URL: <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/MBP/File/H2o/agua01inodoro.pdf>

14.2 REFERENCIAS DE CONSULTA

NAVARRO AGUILERA, María Alejandra; (2007) “Estimación de Distribución de Probabilidad, para Caudales Máximos, en la Región del Maule” Talca, Chile, entrada en febrero de 2012. URL: http://eias.atalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/tesis_de_grado/aguilera_a.pdf

ASSOCIATION FOR RAINWATER HARVESTING AND WATER UTILISATION; (2007) “Rainwater harvesting: a system for conserving resources”, sitio web “Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (fbr)”, consultado en mayo de 2012. URL: <http://www.fbr.de/english0.html>

MARCO LEGAL; Legislación y regulación de las Fuentes de agua, sitios oficiales: ERAS, Ente Regulador de Agua y Saneamientos. URL: <http://www.eras.gov.ar/info-tecnica-normas.asp>
Código Alimentario Argentino. URL: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programa_calidad/marco_regulatorio/CAA/CAPITULOXII.htm

Ley 14.333, Ley impositiva del período fiscal 2012 para la provincia de Buenos Aires. **URL:**
http://www.calp.org.ar/uploads/info_ley_impositiva.pdf

Ley 12.257, Código de Aguas de la Provincia de Buenos Aires. **URL:**
<http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-12257.html>

Ley 11.820, Marco Regulatorio para la Prestación de los Servicios Públicos de Provisión de Agua Potable y Desagües Cloacales en la Provincia de Buenos Aires. **URL:**
<http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-11820.html>

Ing. GRANEL, Álvaro Sánchez; (2002) “Monitores Ambientales en el Gasoducto Buenos Aires – Montevideo”, entrada el 20 de noviembre de 2002, sitio web “**Desarrollo Sostenible**”, consultado noviembre de 2011. **URL:**
<http://dsostenible.com.ar/tecnologias/impacto/gasoductosanchezgranel2.html>

MACEIRA, Alejandro; (2004) “Encuesta sobre el suministro y tratamiento del agua”, sitio web “**Directiva Marco del Agua**”, consultado en abril de 2012. **URL:**
<http://directivamarco.blogspot.com.ar/2006/08/encuesta-sobre-el-suministro-y.html>

FERNANDEZ, Diana; (2010) “Isla Urbana ayuda con la lluvia”, sitio web “**CNNExpansion**”, publicado el 12 de noviembre de 2010, consultado en marzo de 2012. **URL:**
<http://www.cnnexpansion.com/emprendedores/2010/11/11/isla-urbana-ayuda-con-la-lluvia>

COTIZACIÓN del DOLAR; (2009 - 2011) “Consultar dólar histórico”, sitio web consultado en marzo de 2012. **URL:** **<http://www.cotizacion-dolar.com.ar>**

COTIZACIÓN del DOLAR; (2002 - 2012) “Valor histórico del dólar”, sitio web consultado en abril de 2012. **URL:** **<http://www.pullman.com.ar/es/historico-dolar/>**

CODIMAT; (2012) Listado de precios en el rubro Metalurgia, sitio web consultado en abril de 2012; vigente al 13 de junio de 2012. **URL:**
http://www.codimat.com.ar/ListaDePrecios/codigo/lp01_busqxtex.asp?txtrubro=TODO&txtsubrubro=TODO&txtbusqueda=canaleta&button=BUSCAR+

DIARIO UNO; (2009) “El uso racional del agua será una nueva meta para Santa Fe”, sitio web “**UNO diario de Santa Fe**”, entrada 8 de febrero de 2009, consultado febrero de 2012. **URL:** **http://edimpresa.unosantafe.com.ar/15068_08.02.2009/noticias/imprimible.html**

ANEXOS

ANEXO I: REGÍMENES DE PRECIPITACIONES DE ARGENTINA PUBLICADO POR LA FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION)

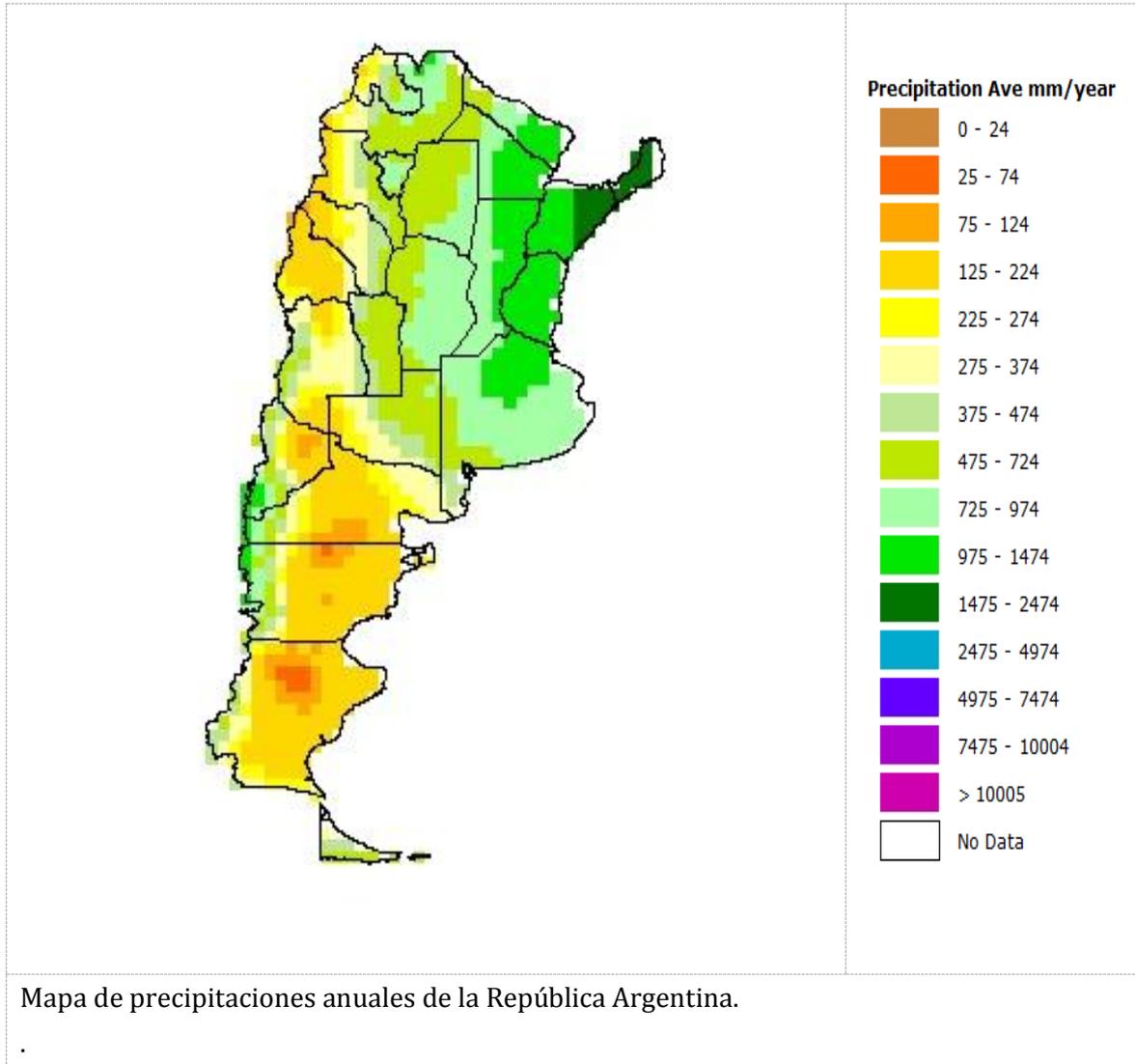


Figura 23⁹³ - Regímenes de precipitaciones promedio

Datos sobre un periodo de 37 años, tomados del Estudio mundial de zonas agroecológicas elaborado por la Dirección de Fomento de Tierras y Aguas (AGL) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en colaboración con el Instituto Internacional para el Análisis Aplicado de Sistemas (IIASA), 2000.

⁹³ Fuente: sitio web oficial de la FAO, Food and Agriculture Organization; extraído en marzo de 2012

ANEXO II: PRUEBA DE BONDAD Y AJUSTE PARA LOS REGISTROS DE PRECIPITACIÓN

DISTRIBUCION GAMMA

$$\lambda = \mu / \sigma^2 = 0,062623638$$

$$r = \mu^2 / \sigma^2 = 0,716221863$$

Hipótesis nula: Los datos siguen una distribución Gamma.

Condición de Rechazo:

CR) $X^2_{obs} \geq X^2_{critico} = \text{Chi}^2 \text{ tabla}$

$\text{Chi}^2 \text{ tabla}$ es aproximadamente 10,6

$X^2_{obs} = \sum \text{Chi}^2 > > 10,6$ por lo tanto se cumple la CR y se rechaza la hipótesis nula con una probabilidad de equivocarnos del 5%.

Rango [mm]	Observaciones	Xi	F(Xi)	Func. Densidad	Prob. Gamma	Ei	Chi 2
0,2-9,29	766	4,745	0,4078	0,0516	0,4078	457,5771	207,888
9,29-18,38	163	13,835	0,7122	0,0215	0,3044	341,4867	93,291
18,38-27,47	82	22,925	0,8514	0,0106	0,1392	156,1860	35,237
27,47-36,56	44	32,015	0,9214	0,0054	0,0700	78,5222	15,178
36,56-45,65	26	41,105	0,9578	0,0029	0,0365	40,9010	5,429
45,65-54,74	15	50,195	0,9772	0,0015	0,0194	21,7124	2,075
54,74-63,83	11	59,285	0,9876	0,0008	0,0104	11,6636	0,038
63,83-72,92	7	68,375	0,9932	0,0004	0,0056	6,3167	0,074
72,92-82,01	2	77,465	0,9963	0,0002	0,0031	3,4413	
82,01-91,1	3	86,555	0,9979	0,0001	0,0017	1,8833	
91,1-100,19	3	95,645	0,9989	0,0001	0,0009	1,0343	
	1122						

Amalgamando intervalos...

Rango mm	Observaciones	Xi	F(Xi)	Prob. Gamma	Ei	Chi 2
0,2-20,2	950	10,2	0,6204	0,6204	696,0671	92,638
20,2-40,2	112	30,2	0,9108	0,2904	325,8784	140,371
40,2-60,2	40	50,2	0,9772	0,0664	74,4486	15,940
60,2-80,2	13	70,2	0,9940	0,0168	18,8389	1,810
80,2-100,2	7	90,2	0,9984	0,0044	4,9474	0,852
	1122					

Tabla 59 - Contraste Chi cuadrado para la distribución Gamma

Al comparar el grado de ajuste según el contraste Chi cuadrado observamos que la distribución Weibull y Log normal se sitúan delante de la gamma con un mejor estadístico – Tabla 59. En una primera instancia rechazamos la distribución Log normal por tratarse de variables donde sus variaciones se estudian en un momento fijo del tiempo. Se la conoce como variable transversal, donde sus valores no se observan como una evolución en el tiempo. El modelo de probabilidad de Weibull se utiliza por lo general en

estudios de confiabilidad de ciertos tipos de sistemas. En algunos casos tiene aplicaciones sobre estudios meteorológicos.

Cuando la comparación se hace respecto a otras pruebas de ajuste, además de la Chi cuadrado, se verifica un mejor ajuste a través de la distribución Gamma tal cual se observa en la Tabla 60.

Distribución	Chi cuadrado
Weibull	393,0214
Lognormal	524,4260
Gamma	554,3209
Exponencial	1139,6185
Pareto	1144,0392
Beta	1381,2086
Extremo Máximo	2471,1266
t de Student	2573,2995
Logística	2807,3191
Normal	3465,6132
BetaPERT	4756,8378
Extremo Mínimo	5489,5098
Triangular	5592,0695
Uniforme	8531,5437

Tabla 60 - Comparativo Chi cuadrado a través de Crystal Ball

Distribución	Anderson - Darling	Kolmogorov - Smirnov	Chi cuadrado
Lognormal	17,8050	0,1012	524,4260
Gamma	18,9695	0,1236	554,3209
Pareto	71,1978	0,1659	1144,0392
Extremo Máximo	78,3316	0,1872	2471,1266
Logística	86,1297	0,2885	2807,3191
t de Student	112,2745	0,2519	2573,2995
Normal	114,1510	0,2570	3465,6132
Weibull	115,5255	0,1401	393,0214
Exponencial	161,7433	0,2415	1139,6185
Extremo Mínimo	169,6464	0,3688	5489,5098
Triangular	1221,9111	0,5293	5592,0695
Beta	1679,9721	0,2148	1381,2086
Uniforme	1794,1408	0,6512	8531,5437
BetaPERT	2569,4651	0,4555	4756,8378

Tabla 61 - Comparativo de ajuste de distribuciones a través de Crystal Ball

ANEXO III: DENOMINACIÓN SEGÚN TIPO DE ÁREA DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES

Tipo		Descripción	Detalle	FOT Máximo
R1	A	Residencial con densidad de ocupación media	Zonas destinadas al uso residencial exclusivo de densidad media con viviendas individuales y colectivas.	1,3 - 2
	B1	Residencial con densidad de ocupación baja	Zonas destinadas al uso residencial exclusivo con viviendas individuales y colectivas de densidad media - baja y altura limitada.	1
	B2	Residencial con densidad de ocupación baja	Área exclusivamente residencial de baja densidad con viviendas individuales y colectivas con valores particulares de estética urbana y valoración histórica.	1
R2	A1	Residencial con densidad de ocupación alta	Zona destinada al uso residencial con alto grado de densificación y consolidación, en las cuales se admiten usos compatibles con la vivienda ($A = \text{ancho de la calle}$).	$(3 \times A)/12,5$
	A2	Residencial con densidad de ocupación alta	Zona destinada a la localización residencial similar al Distrito R2A1, pero con menor intensidad de ocupación total ($A = \text{ancho de la calle}$).	$(2,5 \times A)/12,5$
	B1	Residencial con densidad de ocupación media-alta	Son zonas de carácter residencial similar a las R2A con menor intensidad de ocupación total.	1,6
	B2	Residencial con densidad de ocupación media-alta	Son zonas de carácter residencial similar a las R2A con menor intensidad de ocupación total.	1,2
	B3	Residencial con densidad de ocupación media-alta	Son zonas de carácter residencial similar a las R2A con menor intensidad de ocupación total y con mayor diversidad de usos.	1,2
C	1	Área central	Es el área destinada a localizar el equipamiento administrativo, comercial, financiero e institucional a escala nacional, regional y urbana, en el más alto nivel de diversidad y de densidad, dotada de las mejores condiciones de accesibilidad para todo tipo de transporte de pasajero.	5
	2	Centro principal	Son zonas destinadas a la localización del equipamiento administrativo, comercial, financiero e institucional a escala de sectores urbanos y se desarrollan en correspondencia con vías de alta densidad de transporte público de pasajeros.	5
	3.1	Centro local	Son las zonas destinadas a la localización del equipamiento administrativo, comercial, financiero e institucional, <u>a escala local</u> , con adecuada accesibilidad.	4
	3.2	Centro local - escala barrial	Son las zonas destinadas a la localización del equipamiento administrativo, comercial, financiero e institucional, <u>a escala barrial</u> .	Variable
E	1	Equipamiento comercial mayorista	Son zonas destinadas preferentemente a la localización de usos comerciales mayoristas, siempre que incluyan local de venta.	2 - 3
	2	Equipamiento general	Son zonas donde se localizan actividades que sirven a la ciudad en general y que por sus características admiten la coexistencia restringida con el uso residencial.	2

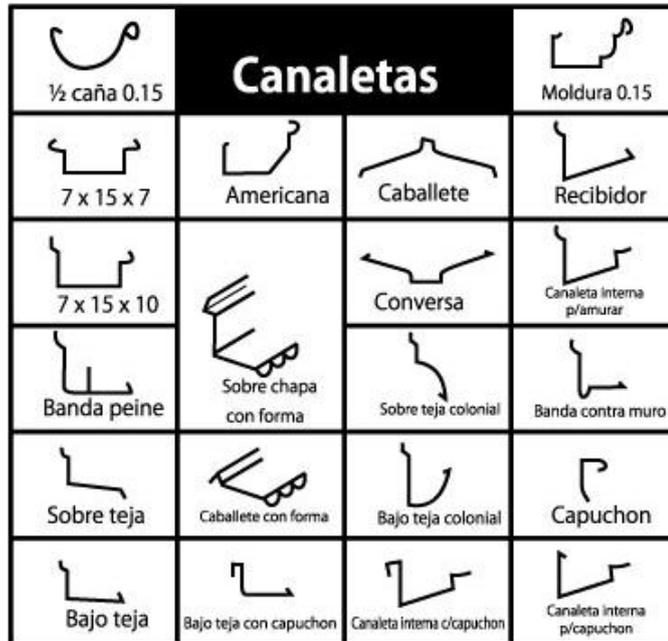
E	3	Equipamiento local	Zonas destinadas a la localización de usos de servicio de las áreas residenciales próximas y que por las características de las actividades permitidas, admiten la coexistencia del uso residencial.	3
	4	Equipamiento especial	Zonas de localización de usos singulares que por sus características requieren terrenos de gran superficie y normas particularizadas para cada actividad.	2
I	1	Industrial (segregadas)	Zonas destinadas a la localización de las industrias permitidas dentro de la ciudad y cuyas características exigen su segregación de otros distritos.	2
	2	Industrial	Zonas destinadas a la localización de las industrias permitidas dentro de la ciudad y que por sus características admiten la <u>coexistencia con el uso residencial</u> en forma restringida.	2

Tabla 62 - Descripción de los tipos de terrenos en la C.A.B.A. según la actividad

Tipo		Descripción	Detalle
Usos Especiales	P	Portuario	Área afectada a la actividad portuaria que requiere condiciones especiales para su desarrollo
	U	Urbanizaciones determinadas	Establecidos con la finalidad de establecer o preservar conjuntos urbanos de características diferenciales
	AE	Arquitectura Especial	Ámbitos o recorridos urbanos que poseen una identidad reconocible por sus características físicas particulares.
	APH	Área de Protección Histórica	Son áreas, espacios o conjuntos urbanos que por sus valores históricos, arquitectónicos, singulares o ambientales.
	RU	Renovación Urbana	Áreas con la necesidad de una reestructuración integral.
	UF	Urbanización Futura	Corresponde a terrenos de propiedad pública, aún no urbanizados, u ocupados por instalaciones y usos pasibles de remoción futura, así como a las tierras destinadas al uso ferroviario, zona de vías, playas de maniobra, estaciones y terrenos aledaños a esos usos.
	UP	Urbanización de Parque	Zonas destinadas a espacios verdes o parqueados de uso público
	ARE	Área de Reserva Ecológica	Se compone de ambientes naturales donde las distintas especies de flora y fauna autóctonas pueden mantenerse a perpetuidad o aumentar su diversidad.
	ADP	Área de Desarrollo Prioritario	Áreas destinadas para la realización de desarrollos públicos o privados superadores de la situación actual.

Tabla 63 - Descripción de los tipos de terrenos en la C.A.B.A. para usos especiales

ANEXO IV: TIPOS DE CANALETAS Y TABLA DE PRECIOS DE LAS MÁS COMUNES EN EL MERCADO

Figura 24⁹⁴ – Formatos de canaletas

	NICOLL	AMAZONAS	RAINGO	Genérico	Promedio
Canaleta [\$/m]	39,83	15,47	4,79	-	\$ 20,03
Unión	13,52	37,41	33,01	-	\$ 27,98
Esquinero	41,6	54,5	53,4	-	\$ 49,83
Embudo	36,08	-	-	-	\$ 36,08
Abrazadera para tubo ø100mm	10,9	7,53	-	-	\$ 9,22
Conducto de bajada ø100mm [\$/m]	36,44	13,05	-	-	\$ 24,75
Codo	28,5	22,45	23	-	\$ 24,65
Soportes interno	42	42,78	44,51	-	\$ 43,10
Soportes externo PVC	10,95	7,86	13,06	-	\$ 10,62
Caño sanitario de PVC ø100mm espesor 1,8mm [\$/m]	-	-	-	9,82	\$ 9,82
	\$/hora	\$/día			
MO: Oficial Zona A	17,11	136,88			

Tabla 64 - Costos promedio de dispositivos de canalización

⁹⁴ Tel Bon, accesorios y productos para el techo; sección “canaletas”. Extraído de la web en enero de 2012.

ANEXO V: ESPECIFICACIONES GENERALES DEL AGUA PORTABLE (LEY HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO 19.587)

Características químicas:

PH 6,5 - 8.5 pH sat. 0,2

Sustancias inorgánicas:

- ✓ Amoníaco (NH₄⁺): Máx. 0,20 mg/l
- ✓ Aluminio residual (A1): Máx. 0,20 mg/l
- ✓ Arsénico (As): Máx. 0,05 mg/l
- ✓ Cadmio (Cd): Máx. 0,005 mg/l
- ✓ Cianuro (CN⁻): Máx. 0,10 mg/l
- ✓ Cinc (Zn): Máx. 5,0 mg/l
- ✓ Cloruro (Cl⁻): Máx. 350 mg/l
- ✓ Cobre (Cu): Máx. 1,00 mg/l
- ✓ Cromo (Cr): Máx. 0,05 mg/l
- ✓ Dureza total (CaCO₃): Máx. 400 mg/l

Fluoruro (F⁻): Para los fluoruros la cantidad máxima se da en función de la temperatura promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida:

- ✓ - Temperatura media y máxima del año (°C)
- ✓ **10.0 - 12.0** contenido límite recomendado de flúor (mg/l)
- ✓ Límite inferior: 0.9: Límite superior: 1.7
- ✓ - Temperatura media y máxima del año (°C)
- ✓ **12.1 - 14.6** contenido límite recomendado de flúor (mg/l)
- ✓ Límite inferior: 0.8: Límite superior: 1.5
- ✓ - Temperatura media y máxima del año (°C)
- ✓ **14.7 - 17.6** contenido límite recomendado de flúor (mg/l)
- ✓ Límite inferior: 0,8: Límite superior: 1,3
- ✓ - Temperatura media y máxima del año (°C)
- ✓ **17.7 - 21.4** contenido límite recomendado de flúor (mg/l)
- ✓ Límite inferior: 0,7: Límite Superior; 1.2
- ✓ - Temperatura media y máxima del año (°C)
- ✓ **21.5 - 26.2** contenido límite recomendado de flúor (mg/l)
- ✓ Límite inferior: 0.7: Límite superior: 1,0
- ✓ - Temperatura media y máxima del año (°C)
- ✓ **26.3 - 32.6** contenido límite recomendado de flúor (mg/l)
- ✓ Límite inferior: 0,6: Límite Superior: 0,8

Características microbiológicas:

Bacterias coliformes: NMP a 37°C-48 hs. (Caldo Mc. Conkey o Lauril Sulfato), en 100 ml; igual o menor de 3.

Escherichia coli: Ausencia en 100 ml. Pseudomonas aeruginosa: Ausencia en 100 ml.

En la evaluación de la potabilidad del agua ubicada en reservorios de almacenamiento domiciliario deberá incluirse entre los parámetros microbiológicos a controlar el recuento de bacterias mesófilas en agar (APC - 24 horas a 37°C): en caso que el recuento supere las 500 U.F. C/ml y se cumplan el resto de los parámetros indicados, sólo se deberá exigir la higienización del reservorio y un nuevo recuento. En las aguas ubicadas en los reservorios domiciliarios no es obligatoria la presencia de cloro activo.

Características físicas:

Turbiedad: Máx. 3 N.T.U.

Color: Máx. 5 Escala Pt-Co.

Olor: Sin olores extraños

Contaminantes orgánicos:

- ✓ THM, máx.: 100 ug/l:
- ✓ Aldrin + Dieldrin, máx.: 0,03 ug/l:
- ✓ Clordano, máx.: 0,30 ug/l:
- ✓ DDT (Total + isómeros), máx.: 1,00 ug/l:
- ✓ Detergentes, máx.: 0,50 mg/l:
- ✓ Heptacloro + Heptacloroepóxido, máx.: 0,10 ug/l:
- ✓ Lindano, máx.: 3,00 ug/l:
- ✓ Metoxicloro, máx.: 30,0 ug/l:
- ✓ 2,4 D, máx.: 100 ug/l:
- ✓ Benceno, máx.: 10 ug/l:
- ✓ Hierro total (Fe): Máx. 0,30 mg/l
- ✓ Manganeso (Mn): Máx. 0,10 mg/l
- ✓ Mercurio (Hg): Máx. 0,001 mg/l
- ✓ Nitrato (NO₃-): Máx. 45 mg/l
- ✓ Nitrito (NO₂-): Máx. 0,10 mg/l
- ✓ Plata (Ag): Máx. 0,05 mg/l
- ✓ Plomo (Pb): Máx. 0,05 mg/l
- ✓ Sólidos disueltos totales: Máx. 1.500 mg/l
- ✓ Sulfatos (SO₄²⁻): Máx. 400 mg/l
- ✓ Cloro activo residual (Cl): Min. 0.2 mg/l

La autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario.

- ✓ Hexacloro benceno, máx.: 0,01 ug/l:
- ✓ Monocloro benceno, máx.: 3,0 ug/l:
- ✓ 1.2 dicloro benceno, máx.: 0,5 ug/l:
- ✓ 1.4 dicloro benceno, máx.: 0,4 ug/l:
- ✓ Pentaclorofenol, máx.: 10 ug/l:
- ✓ 2.4.6 Triclorofenol, máx.: 10 ug/l:
- ✓ Tetracloruro de carbono, máx.: 3,00 ug/l:
- ✓ Dicloroetano, máx.: 0,30 ug/l:
- ✓ Tricloro etileno, máx.: 30,0 ug/l:
- ✓ Tricloro etano, máx.: 10 ug/l:
- ✓ Cloruro de vinilo, máx.: 2,00 ug/l.
- ✓ Benzopireno, máx.: 0,01 ug/l:
- ✓ Tetra cloro eteno, máx.: 10 ug/l:
- ✓ Metil paratión, máx.: 10 ug/l:
- ✓ Paratión, máx.: 35 ug/l:
- ✓ Malation, máx.: 35 ug/l.

ANEXO VI: FACTURACIÓN DEL SERVICIO MEDIDO DE AGUA POTABLE POR EL CONCESIONARIO AYSA (VIGENTE A ENERO 2012)

FACTURACION			
CATEGORIAS	SERVICIO NO MEDIDO Cuota fija	SERVICIO MEDIDO Cargo fijo + Consumo	
Residencial (R) viviendas particulares	<p>A todos los usuarios se les factura una cuota fija compuesta por:</p> <p>TBB: Tasa Básica Bimestral</p> <p>(*) SU: Servicio Universal</p> <p>MA: Mejora Ambiental</p> <p>CMS: Cargo de Mantenimiento del Servicio</p> <p>La TBB es calculada a partir de: la superficie cubierta (SC), la superficie del terreno (ST), el tipo de edificación (E), la ubicación geográfica (Z), las tarifas generales de agua y desagüe cloacal (TG) y el coeficiente de oferta (K).</p>	50% de la cuota fija	Consumo bimestral menos una base libre (20m3), valorizado al precio de m3. (**)
No residencial (NR) Comercios, industrias y servicios		50% de la cuota fija	Consumo bimestral valorizado al precio de m3.
Baldíos (B) Terreno sin construcción		50% de la cuota fija	Consumo bimestral valorizado al precio de m3.

(*) Los cargos SU, MA y CMS son cargos fijos por bimestre, por servicio y por unidad funcional.

(**) Los usuarios residenciales tienen, desde el 1/12/2000 una base libre de 20 m3 en el consumo bimestral.

Tabla 65 - Facturación servicio de agua potable. Fuente: AYSA

ANEXO VII: CONCESIONARIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL AMBA Y OTRAS LOCALIDADES

Prestadores Públicos. Jurisdicciones y plazos de prestación⁹⁵

JURISDICCIÓN	INSTITUCIONES / MUNICIPIOS / CONCESIONARIOS		
Ciudad de Buenos Aires y Partidos de Tigre, San Fernando, San Isidro, Vicente López, San Martín, Tres de Febrero, Avellaneda, Lanús, Quilmes, Lomas de Zamora, E. Echeverría, Almirante Brown, Ezeiza y La Matanza. Partidos de Morón, Hurlingham e Ituzaingó (sólo agua)	Obras Sanitarias de la Nación (OSN) Hasta 1993	Aguas Argentinas S.A. (A.A.) 1993-2006	Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (AYSA) 2006-actual
Florencio Varela	AGOSBA	AZURIX S.A. 1999-2002	Aguas Bonaerenses S.A (ABSA S.A.) 2002-actual
Malvinas Argentinas, José C. Paz, San Miguel, Moreno, Merlo, General Rodríguez, Belén de Escobar.	Hasta 1999	Aguas Bonaerenses S.A (AGBA S.A.) 2000-2006	Aguas Bonaerenses S.A (ABSA S.A.) 2006 - actual
Morón, Hurlingham e Ituzaingó (sólo cloacas)	Los respectivos Municipios		
Berazategui y Marcos Paz	Los respectivos Municipios		

Prestadores Privados. Denominación y área de servicio

PRESTADOR	ÁREA DE PRESTACIÓN
Sudamericana de Aguas S.A.	Comprende sectores de las localidades de Pilar, Presidente Derqui, Tortuguitas, Villa Rosa, Maquinista Savio Oeste, Del Viso, La Lonja, Villa Astolfi, Barrio Los Cachorros, Santa Teresa, Fátima, Zelaya, Manzanares y Almirante Irizar (Partido de Pilar).
Cooperativa COMACO	Barrio Martín Coronado (Partido de Tres de Febrero)

⁹⁵ Fuente: Decretos Provinciales 1666/06, 1677/06, Ley Provincial 12.989, decreto 517/2002. Decretos Nacionales. : Contrato de Concesión Aguas Argentinas S.A., Contrato de Concesión Aguas Bonaerenses S.A., Contrato de Concesión Aguas del Gran Buenos Aires S. A.

ANEXO VIII: DETALLE DEL ÍNDICE PPC QUE MUESTRA EL NIVEL SOCIO HABITACIONAL PARA LA REGIÓN DEL AMBA

Gran Buenos Aires				
Personas por cuarto	Casa	Departamento	Otros	% Hogar
hasta 0,50	440.249	92.750	9.959	18,5%
0,51 - 0,99	439.385	58.910	5.145	17,2%
1,00- 1,49	798.033	128.713	34.492	32,8%
1,50 - 1,99	275.114	29.801	14.641	10,9%
2,00 - 3,00	402.216	37.674	48.300	16,6%
Más de 3,00	92.995	4.408	21.588	4,1%
<i>Subtotal</i>	2.447.992	352.256	134.125	

Tabla 66 - Distribución del grado habitacional para el GBA según Censo 2010

Ciudad Autónoma de Buenos Aires				
Personas por cuarto	Casa	Departamento	Otros	% Hogar
hasta 0,50	75.726	292.566	2.882	32,3%
0,51 - 0,99	68.676	153.237	751	19,4%
1,00- 1,49	84.814	271.423	20.757	32,8%
1,50 - 1,99	17.688	43.080	1.641	5,4%
2,00 - 3,00	26.844	52.887	19.523	8,6%
Más de 3,00	6.566	5.148	5.925	1,5%
<i>Subtotal</i>	280.314	818.341	51.479	

Tabla 67 – Distribución del grado habitacional para la C.A.B.A. según Censo 2010

AMBA					
Personas por cuarto	Casa	Departamento	Otros	% Hogar	
hasta 0,50	515.975	385.316	12.841	22,4%	CLASE A
0,51 - 0,99	508.061	212.147	5.896	17,8%	CLASE B
1,00- 1,49	882.847	400.136	55.249	32,8%	CLASE B
1,50 - 1,99	292.802	72.881	16.282	9,4%	CLASE B
2,00 - 3,00	429.060	90.561	67.823	14,4%	CLASE C
Más de 3,00	99.561	9.556	27.513	3,3%	CLASE C
TOTAL	2.728.306	1.170.597	185.604		

Tabla 68 - Distribución del grado habitacional para el AMBA según Censo 2010

ANEXO IX: TIPOS DE CUBIERTAS MÁS FRECUENTES

Tipo de Superficie	Características
Metálicas	Techos con remanentes de cobre pueden ocasionar descoloración de los artefactos sanitarios. El “Galvalume” es el nombre comercial de un tipo de cubierta metálica muy usado para captura de agua de lluvia. Está recubierto de una aleación con 55% de Aluminio y 45% de Zinc
Tejado (arcilla o concreto)	Son materiales muy abundantes y utilizados en el ámbito de la construcción. Se pueden utilizar tanto para uso de agua potable como para otros usos secundarios que no requieren tal nivel de asepsia. La principal desventaja es la porosidad. Como alternativa es posible aplicar algún tipo de sellador o pintura no tóxica para sellar los poros y evitar la proliferación de bacteria en los mismos y a su vez mejorar la eficiencia de recolección.
Pizarra asfáltica / Asbesto Cemento	Si bien podrían utilizarse para captar agua para irrigación, no son apropiadas para su uso con agua potable por el desprendimiento de toxinas nocivas para la salud. En nuestro país no está permitido el uso de materiales compuestos que contengan asbesto 96 . Asimismo se ha detectado que en promedio los materiales compuestos presentan aproximadamente un 10% de ineficiencia debido a un pobre drenaje o evaporación.
Recubiertas con Membranas Asfálticas	Si bien la mayoría posee una cubierta de aluminio, pueden desprender componentes tóxicos que entran en contacto con el agua. Por lo tanto no es aconsejable su utilización para la captación de agua para consumo humano directo, pero si pueden emplearse para tipos de uso secundarios.
Otros materiales: Madera, Grava, Nylon, Alquitrán	No son superficies comunes en la fisonomía urbana del AMBA. Es posible hallar Generalmente encontramos este tipo de cubiertas en aquellos hogares más humildes. No son frecuentemente aptos para captación de agua para consumo humano directo.

⁹⁶ De acuerdo con la Resolución 823/01 del ministerio de Salud de la Nación; desde el año 2003 todas las estructuras de fibrocemento deben estar libres de asbesto; asimismo se prohíbe en todo el país la importación, producción, comercialización y uso de fibras de asbesto.