

## CAPÍTULO II. ESTUDIOS PRELIMINARES PARA EL DISEÑO DE LAS OBRAS

### ÍNDICE

---

INTRODUCCIÓN .....	1
1. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES .....	2
1.1. ORDENAMIENTO GENERAL.....	2
1.2. FUENTES DE INFORMACIÓN .....	10
2. PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO .....	14
3. ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS.....	15
3.1. ANTECEDENTES A CONSULTAR.....	15
3.2. CONSIDERACIONES GENERALES .....	15
3.3. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA POBLACIÓN .....	17
3.4. METODOLOGÍA DE PROYECCIÓN .....	17
3.4.1. <i>Proyección Demográfica por Ajuste Lineal de la Tendencia Histórica</i> .....	20
3.4.2. <i>Proyección Demográfica por Tasa Geométrica Decreciente</i> .....	22
3.4.3. <i>Proyección Demográfica Por Curva Logística</i> .....	23
3.4.4. <i>Proyección Demográfica Por Relación – Tendencias</i> .....	25
3.4.5. <i>Técnica de los Incrementos Relativos</i> .....	29
3.4.6. <i>Proyección Demográfica por el Método de los Componentes</i> .....	30
3.4.6.1. Datos Básicos .....	31
3.4.6.2. Metodología.....	32
3.4.6.3. Estimaciones del Número de Sobrevivientes.....	34
3.4.6.4. Estimaciones y Proyecciones de Fecundidad .....	34
3.4.6.5. Estimación de los Saldos Migratorios .....	35
3.4.6.6. Ritmo de Crecimiento.....	35
3.4.6.7. Definición de los Indicadores Demográficos .....	35
3.4.6.8. Ejemplo.....	36
3.4.7. <i>Proyección Demográfica Por Crecimiento Urbano</i> .....	41

<b>3.5. POBLACIÓN TEMPORARIA .....</b>	<b>41</b>
3.5.1. <i>Variaciones Temporarias Debidas al Turismo.....</i>	<i>41</i>
<b>3.6. SELECCIÓN DEL MÉTODO A UTILIZAR .....</b>	<b>43</b>
<b>3.7. RESTRICCIONES Y LIMITACIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>3.8. APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS .....</b>	<b>46</b>
<b>3.9. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA .....</b>	<b>50</b>
<b>3.10. EJEMPLOS DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS.....</b>	<b>50</b>
3.10.1. <i>Ejemplo 1: Estudios Demográficos de Charata.....</i>	<i>51</i>
3.10.2. <i>Ejemplo 2: Estudios Demográficos de Olavarria .....</i>	<i>63</i>
3.10.3. <i>Ejemplo 3: Estudios Demográficos de Río Cuarto.....</i>	<i>65</i>
3.10.4. <i>Proyección de Río de Janeiro .....</i>	<i>68</i>
<b>3.11. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA POBLACIÓN (CONDICIONES DE OCUPACIÓN DE LAS AREAS).....</b>	<b>70</b>
<b>4. HORIZONTE Y PERÍODOS DE DISEÑO.....</b>	<b>72</b>
4.1. HORIZONTE DE DISEÑO.....	72
4.2. PERÍODO DE DISEÑO .....	73
4.2.1. <i>Vida Util.....</i>	<i>74</i>
4.2.2. <i>Valores Definidos Para el Período de Diseño.....</i>	<i>75</i>
4.2.3. <i>Período Optimo .....</i>	<i>76</i>
<b>5. ESTUDIO DE MERCADO Y DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE .....</b>	<b>81</b>
5.1. ESTUDIO DEL MERCADO.....	81
5.2. DEMANDA DE SERVICIOS .....	81
5.2.1. <i>Ley de la Demanda .....</i>	<i>82</i>
5.2.2. <i>Elasticidad de la Demanda .....</i>	<i>83</i>
5.2.2.1. <i>Definiciones de Elasticidad .....</i>	<i>85</i>
5.2.3. <i>Demanda de Agua Potable .....</i>	<i>86</i>
5.3. OFERTA DE SERVICIOS.....	89
5.4. MODELO DE DEMANDA.....	91
5.4.1. <i>El Espacio Urbano y la Población.....</i>	<i>92</i>
5.4.2. <i>Otras Consideraciones .....</i>	<i>93</i>
5.5. DETERMINACIÓN DE LOS CONSUMOS DE AGUA POTABLE .....	93
5.5.1. <i>Factores Que Afectan el Consumo .....</i>	<i>93</i>
5.5.2. <i>Tipos de Consumo .....</i>	<i>96</i>
5.5.3. <i>Consumos Característicos .....</i>	<i>97</i>
5.5.3.1. <i>Consumos Domésticos.....</i>	<i>97</i>
5.5.3.2. <i>Consumos Domésticos Servicio Medido y no Medido .....</i>	<i>98</i>
5.5.3.3. <i>Consumo Comercial .....</i>	<i>99</i>
5.5.3.4. <i>Consumo Industrial.....</i>	<i>100</i>
5.5.3.5. <i>Consumos Públicos.....</i>	<i>101</i>
5.5.3.6. <i>Consumos Institucionales.....</i>	<i>102</i>
5.5.3.7. <i>Consumos Temporarios .....</i>	<i>103</i>
5.5.3.8. <i>Fluctuaciones en el Consumo de Agua.....</i>	<i>105</i>
5.6. DOTACIÓN DE CONSUMO.....	110

5.6.1. Dotación Efectiva y Aparente .....	110
5.6.1.1. Dotación de Consumo Media.....	113
5.6.1.2. Dotaciones de Consumos en Distintas Localidades .....	114
5.7. CAUDALES CARACTERÍSTICOS.....	115
5.7.1. Valores de los Coeficientes de Pico.....	121
5.7.2. Cálculo de los Caudales de Consumo .....	122
5.8. CAUDALES DE DISEÑO DE CAPTACIÓN Y DE PRODUCCIÓN.....	125
5.8.1. Caudales de Producción. Agua no Contabilizada .....	125
5.8.2. Caudales de Captación.....	126
5.8.3. Caudales de Diseño .....	126
5.9. UNIDADES DE CONSUMO.....	127
5.10. OFERTA VS DEMANDA .....	128
5.10.1. El Manejo de las Variables .....	135
5.11. EJEMPLO PRÁCTICO DE UN MODELO DE DEMANDA .....	136
5.12. EJEMPLOS DE CÁLCULO .....	144
5.12.1. Ejemplo de Cálculo N°1 .....	144
5.12.2. Ejemplo de Cálculo N° 2.....	149
5.12.2.1. Población .....	149
5.12.2.2. Estudio de Demanda.....	150
5.12.2.3. Modelo de Demanda .....	153
5.12.3. Ejemplo de Cálculo N° 3.....	157
6. INVESTIGACIONES TÉCNICAS DE CAMPO .....	163
6.1. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS .....	163
6.1.1. Introducción.....	163
6.1.2. Alcances.....	163
6.1.2.1. Área a Representar .....	163
6.1.2.2. Clase de Documento .....	164
6.1.2.3. Escalas de Representación.....	164
6.1.2.4. Calidad.....	164
6.1.2.5. Formatos .....	164
6.1.3. Clasificación .....	165
6.1.3.1. Estudios Globales.....	165
6.1.3.2. Estudios Del Area a Servir .....	165
6.1.3.3. Estudios de Detalle.....	166
6.1.3.4. Trabajos de Mensura y Afectaciones .....	166
6.2. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, MECÁNICA DE LOS SUELOS Y FUNDACIONES .....	166
6.2.1. Introducción.....	166
6.2.2. Fundamentos .....	167
6.2.3. Clasificación de los Suelos .....	169
6.2.3.1. Clasificación de los Suelos de Acuerdo con su Plasticidad.....	169
6.2.3.2. Clasificación Unificada.....	172
6.2.4. Etapas de la Investigación .....	179
6.2.4.1. Reconocimiento del Sitio - Recopilación de Antecedentes .....	179
6.2.4.2. Exploración de Suelos .....	179
6.2.4.3. Programa de Sondeos.....	180

6.2.4.4. Ejecución de los Sondeos .....	181
6.2.4.5. Excavación de Pozos .....	181
6.2.4.6. Perforaciones – Equipo Manual .....	182
6.2.4.7. Sondeos con Inyección de Agua .....	182
6.2.4.8. Sondeos con Equipos Mecánicos .....	183
6.2.4.9. Extracción de Muestras .....	188
6.2.5. Estudio de las Condiciones de Cimentación de las Diferentes Estructuras y Evaluación de Métodos Constructivos .....	189
6.2.5.1. Rocas Aflorantes o Subaflorantes .....	189
6.2.5.2. Materiales Granulares Gruesos .....	191
6.2.5.3. Investigaciones en Suelos Finos de tipo Cohesivo o Limo-Arenoso .....	192
6.2.6. Investigaciones Geotécnicas Complementarias .....	194
6.2.6.1. Rocas Aflorantes o Subaflorantes .....	194
6.2.6.2. Materiales Granulares Gruesos .....	194
6.2.6.3. Suelos Finos de Tipo Cohesivo o Limo-Arenoso .....	194
6.3. INFORME TÉCNICO .....	195
6.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	196
6.5. CONSIDERACIONES GENERALES.....	197
6.6. NORMATIZACIÓN.....	197
6.7. ELIMINACIÓN DE AGUA DE LAS EXCAVACIONES. DEPRESIÓN DE LAS NAPAS SUBTERRÁNEAS. BOMBEO Y DRENAJE.....	198
6.7.1. Sistemas de Drenaje.....	199
6.8. YACIMIENTOS Y FUENTES DE PROVISIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	200
6.8.1. Cantidad de Investigaciones .....	201
6.9. RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO .....	202
6.10. FUNDACIONES.....	203
6.10.1. Selección de la Cota y Tipo de Fundación.....	204
6.10.2. Determinación de la Cota de Fundación .....	205
7. BIBLIOGRAFÍA.....	210

## LISTA DE ILUSTRACIONES

### TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Coeficiente de ponderación .....	<b>27</b>
<b>Tabla 2.</b> Tasa global de fecundidad por mujer.....	<b>37</b>
<b>Tabla 3.</b> Proyección de la población femenina de la Provincia de Entre Ríos .....	<b>38</b>
<b>Tabla 4.</b> Índice de masculinidad.....	<b>39</b>
<b>Tabla 5.</b> Estimaciones por sexo .....	<b>40</b>
<b>Tabla 6.</b> Comparación de las metodologías de proyección.....	<b>43</b>
<b>Tabla 7.</b> Grado de exactitud en estimación de población en ciudades grandes .....	<b>45</b>
<b>Tabla 8.</b> Influencia de la tasa de crecimiento de población en la exactitud de las predicciones para 22 ciudades. ....	<b>46</b>
<b>Tabla 9.</b> Comparación de resultados de estimaciones por diferentes métodos con datos censados..	<b>47</b>
<b>Tabla 10.</b> Crecimientos intercensales y tasas medias anuales de la localidad de Charata .....	<b>52</b>
<b>Tabla 11.</b> Proyección demográfica por tasa geométrica decreciente para la localidad de Charata ....	<b>54</b>
<b>Tabla 12.</b> Proyección demográfica de la Localidad de Charata por el método de la Curva Logística. ....	<b>56</b>
<b>Tabla 13.</b> Población de la República Argentina según datos históricos y estimaciones futuras proporcionados por el INDEC–CELADE .....	<b>57</b>
<b>Tabla 14.</b> Proyección demográfica de la Provincia de Chaco .....	<b>57</b>
<b>Tabla 15.</b> Coeficiente de ponderación .....	<b>58</b>
<b>Tabla 16.</b> Proyección demográfica del Departamento Chacabuco .....	<b>59</b>
<b>Tabla 17.</b> Proyección demográfica de la Localidad de Charata .....	<b>59</b>
<b>Tabla 18.</b> Resumen de las proyecciones demográficas .....	<b>59</b>
<b>Tabla 19.</b> Resultados de los métodos de proyección demográfica para la localidad de Charata .....	<b>61</b>
<b>Tabla 20.</b> Crecimientos intercensales y Tasas medias anuales de la Ciudad de Olavarría.....	<b>63</b>
<b>Tabla 21.</b> Resultados de los métodos de proyección demográfica para la Ciudad de Olavarría.....	<b>64</b>
<b>Tabla 22.</b> Crecimiento intercensales y Tasas medias anuales de la Ciudad de Río IV .....	<b>65</b>
<b>Tabla 23.</b> Resultados de los métodos de proyección demográfica para la Ciudad de Río IV .....	<b>66</b>
<b>Tabla 24.</b> Crecimiento intercensal del municipio de Río de Janeiro (Brasil) .....	<b>68</b>
<b>Tabla 25.</b> Resultados de los métodos de proyección demográfica para el Municipio de Río de Janeiro .....	<b>69</b>
<b>Tabla 26.</b> Densidad de habitantes según tipo de construcción .....	<b>71</b>
<b>Tabla 27.</b> Densidad según áreas urbanas .....	<b>71</b>
<b>Tabla 28.</b> Períodos de diseño. Sistema de agua potable .....	<b>75</b>
<b>Tabla 29.</b> Ley de la demanda.....	<b>83</b>
<b>Tabla 30.</b> Análisis de tipos de demanda .....	<b>87</b>
<b>Tabla 31.</b> Consumos de uso doméstico.....	<b>97</b>
<b>Tabla 32.</b> Consumos por tipo de vivienda.....	<b>98</b>
<b>Tabla 33.</b> Consumos típicos para servicio con y sin medidores.....	<b>98</b>
<b>Tabla 34.</b> Consumos en viviendas con y sin medidores.....	<b>98</b>
<b>Tabla 35.</b> Consumos de tipo comercial.....	<b>99</b>
<b>Tabla 36.</b> Consumos comerciales.....	<b>99</b>
<b>Tabla 37.</b> Consumo de aguas en distritos comerciales .....	<b>99</b>
<b>Tabla 38.</b> Consumo de tipo industrial .....	<b>100</b>
<b>Tabla 39.</b> Cantidades típicas de agua utilizada por diversas industrias .....	<b>100</b>
<b>Tabla 40.</b> Consumo de agua en industrias .....	<b>101</b>
<b>Tabla 41.</b> Consumo de agua en diferentes instituciones .....	<b>102</b>
<b>Tabla 42.</b> Consumo de agua en establecimientos educativos .....	<b>102</b>
<b>Tabla 43.</b> Consumos medios en ciudades Norteamericanas .....	<b>114</b>
<b>Tabla 44.</b> Consumos en localidades del Estado de San Pablo - Brasil.....	<b>114</b>
<b>Tabla 45.</b> Dotaciones adoptadas para el proyecto de sistemas de abastecimiento de agua en Brasil .....	<b>115</b>

<b>Tabla 46.</b>	<b>Valores de coeficientes de pico.....</b>	<b>121</b>
<b>Tabla 47.</b>	<b>Aplicaciones de caudales a lo largo del período de diseño .....</b>	<b>127</b>
<b>Tabla 48.</b>	<b>Esquemas unidades de consumo edificio.....</b>	<b>128</b>
<b>Tabla 49.</b>	<b>Sistema de entrada de datos.....</b>	<b>134</b>
<b>Tabla 50.</b>	<b>Sistema de salida de datos .....</b>	<b>135</b>
<b>Tabla 51.</b>	<b>Ejemplo de modelo de demanda.....</b>	<b>138</b>
<b>Tabla 52.</b>	<b>Datos básicos para el cálculo de consumos .....</b>	<b>145</b>
<b>Tabla 53.</b>	<b>Cálculo de consumos residenciales y no residenciales .....</b>	<b>146</b>
<b>Tabla 54.</b>	<b>Caudales característicos residenciales, dotaciones efectivas .....</b>	<b>147</b>
<b>Tabla 55.</b>	<b>Caudales característicos no residenciales .....</b>	<b>148</b>
<b>Tabla 56.</b>	<b>Resumen de caudales no residenciales y dotación aparente.....</b>	<b>149</b>
<b>Tabla 57.</b>	<b>Estudio de demanda de producción.....</b>	<b>154</b>
<b>Tabla 58.</b>	<b>Análisis de producción y consumo .....</b>	<b>159</b>
<b>Tabla 59.</b>	<b>Estudio de demanda.....</b>	<b>160</b>
<b>Tabla 60.</b>	<b>Sistema unificado de clasificación de suelos .....</b>	<b>178</b>
<b>Tabla 61.</b>	<b>Resistencia del suelo a la compresión simple.....</b>	<b>188</b>
<b>Tabla 62.</b>	<b>Carga máxima admisible en función del tipo de suelo .....</b>	<b>202</b>
<b>Tabla 63.</b>	<b>Peso específico aparente y ángulo de Talud natural en función del tipo de suelo .....</b>	<b>203</b>

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Curva teórica de crecimiento poblacional .....	18
<b>Figura 2.</b> Representación gráfica de la ecuación de la recta para la aplicación del método de mínimos cuadrados .....	20
<b>Figura 3.</b> Estimaciones de población para la provincia de Entre Ríos. Método de componentes .....	40
<b>Figura 4.</b> Incremento de error en función del período de predicción.....	45
<b>Figura 5.</b> Dispersión de los resultados entre las estimaciones con el método de la curva logística y los datos del censo 1991 .....	48
<b>Figura 6.</b> Dispersión de los resultados entre las estimaciones del método de las Tasas Decrecientes y los datos del censo 1991.....	48
<b>Figura 7.</b> Dispersión de los resultados entre las estimaciones del método Relación Tendencia y los datos del censo 1991 .....	49
<b>Figura 8.</b> Dispersión de los resultados entre las estimaciones de los diferentes métodos de proyección y los datos del censo 1991 .....	49
<b>Figura 9.</b> Evolución demográfica histórica de la Localidad de Charata .....	52
<b>Figura 10.</b> Proyección demográfica de la Localidad de Charata por el método de tasas geométricas decrecientes .....	54
<b>Figura 11.</b> Proyección demográfica de la Localidad de Charata por el método de la Curva Logística .....	56
<b>Figura 12.</b> Proyección demográfica de la Localidad de Charata - Método Relación Tendencia .....	60
<b>Figura 13.</b> Proyección demográfica de la Localidad de Charata – Técnica de Incrementos Relativos.....	61
<b>Figura 14.</b> Comparación de los resultados de proyección demográfica Localidad Charata .....	62
<b>Figura 15.</b> Evolución demográfica histórica Ciudad de Olavarría .....	63
<b>Figura 16.</b> Comparación de los resultados de proyección demográfica ciudad de Olavarría.....	64
<b>Figura 17.</b> Evolución demográfica histórica de la Ciudad de Río IV .....	66
<b>Figura 18.</b> Comparación de los resultados de proyección demográfica Ciudad de Río IV .....	67
<b>Figura 19.</b> Evolución demográfica histórica del Municipio de Río de Janeiro .....	68
<b>Figura 20.</b> Comparación de los resultados de proyección demográfica del municipio de Río de Janeiro.....	70
<b>Figura 21.</b> Curva de demanda para construcción inicial y ampliaciones futuras .....	79
<b>Figura 22.</b> Función de costos linealizados .....	80
<b>Figura 23.</b> Relación Precio – Demanda.....	83
<b>Figura 24.</b> Curva de demanda con mayor pendiente .....	84
<b>Figura 25.</b> Curva de demanda con pendiente menor .....	84
<b>Figura 26.</b> Identificación de los gráficos Caudal – Tiempo para cada artefacto .....	106
<b>Figura 27.</b> Gráfico típico de una descarga de inodoro .....	107
<b>Figura 28.</b> Gráfico típico de una ducha y un inodoro.....	107
<b>Figura 29.</b> Gráficos caudal – Tiempo para un lavavajillas.....	107
<b>Figura 30.</b> Gráfico caudal – Tiempo para lavarropas .....	108
<b>Figura 31.</b> Sistema de riego por aspersión (5 zonas de riego automático).....	108
<b>Figura 32.</b> Gráfico típico de pérdidas.....	108
<b>Figura 33.</b> Composición total del consumo de verano .....	109
<b>Figura 34.</b> Usos del agua en el interior de la vivienda.....	109
<b>Figura 35.</b> Caudales residenciales de agua potable .....	116
<b>Figura 36.</b> Variación de los consumos a lo largo del año.....	117
<b>Figura 37.</b> Variación de los consumos durante el día de máximo consumo del año .....	117
<b>Figura 38.</b> Variación de los consumos durante el día de mínimo consumo del año.....	118
<b>Figura 39.</b> Diagrama que muestran la relación entre la demanda y la capacidad en el caso de las aguas superficiales y las aguas subterráneas .....	131
<b>Figura 40.</b> Evolución de la población total y la servida con agua potable – (s/Tabla 51) .....	141
<b>Figura 41.</b> Evolución de la cobertura de agua potable - (s/Tabla 51) .....	142
<b>Figura 42.</b> Valores absolutos de demanda y agua no contabilizada.....	142
<b>Figura 43.</b> Relación % de agua no contabilizada Vs. Agua no contabilizada + demanda .....	143
<b>Figura 44.</b> Evolución del porcentaje de agua no contabilizada .....	143
<b>Figura 45.</b> Proyecciones población permanente y turística.....	150
<b>Figura 46.</b> Consumos mensuales de agua potable, sistema medido y no medido.....	152

<b>Figura 47.</b> Comparación de consumos .....	<b>157</b>
<b>Figura 48.</b> Agua entregada por acueducto.....	<b>158</b>
<b>Figura 49.</b> Carta de plasticidad (Según A. Casagrande) .....	<b>170</b>
<b>Figura 50.</b> Carta de plasticidad modificada.....	<b>171</b>
<b>Figura 51.</b> Sondeos con inyección de agua.....	<b>183</b>
<b>Figura 52.</b> Sondeo con equipo mecánico.....	<b>184</b>
<b>Figura 53.</b> Penetrómetro estándar .....	<b>186</b>
<b>Figura 54.</b> Correlación entre el número de golpes para 30 cm de penetración estándar y el ángulo de fricción interna de las arenas .....	<b>187</b>
<b>Figura 55.</b> Relación entre la penetración estándar, la presión vertical y la compacidad relativa para arenas .....	<b>187</b>
<b>Figura 56.</b> Depresión de napas con Well Point.....	<b>199</b>
<b>Figura 57.</b> Ensayo de penetración estándar .....	<b>206</b>



## **INTRODUCCIÓN**

En este Capítulo se describen las tareas y estudios a realizar a fin de evaluar la magnitud del problema que implica solucionar el déficit de abastecimiento de agua potable en una determinada localidad.

Para ello, una vez recopilados todos los antecedentes que puedan reunirse sobre las características de la localidad y de las posibles fuentes de agua a utilizar se deben fijar los parámetros básicos de diseño a fin de establecer la demanda actual de la población a abastecer y, mediante los estudios demográficos, en función del horizonte de diseño adoptado, calcular la demanda futura para diferentes períodos a fin de dimensionar las instalaciones del sistema.

Paralelamente se deben realizar las investigaciones técnicas de campo que consisten básicamente en los estudios topográficos y, de no contar con información suficiente al respecto, los estudios geotécnicos para conocer las características de los suelos necesarias para el dimensionamiento de las diferentes estructuras.

## 1. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

### 1.1. ORDENAMIENTO GENERAL

La etapa de recopilación de los antecedentes existentes en diversos organismos e instituciones es de vital importancia para el conocimiento acabado de la localidad dónde se desarrollará un proyecto.

Se debe poner especial énfasis en la búsqueda de antecedentes referentes a aspectos físicos, aspectos sanitarios, aspectos ambientales, aspectos socio-ecológicos, aspectos relacionados con las fuentes de agua, aspectos socio-económicos, aspectos institucionales, datos comerciales, aspectos operativos, infraestructura urbana, aspectos legales y costos de mano de obra, materiales y energía, según el detalle que se indica a continuación, el que debe ajustarse a las necesidades de cada Proyecto.

#### **Aspectos Físicos**

##### *Meteorológicos*

- Temperatura media, máxima media anual y mínima media anual.
- Precipitación media anual.
- Evapotranspiración potencial.
- Déficit/exceso de agua en el suelo.
- Vientos, direcciones más frecuentes, velocidad media.
- Tipo climático.

##### *Topográficos*

- Recopilación de mapas, fotografías aéreas, e imágenes satelitales existentes.
- Recopilación de planos resultantes de levantamientos altimétricos ya efectuados, en escala conveniente.
- Recopilación de planos resultantes de levantamientos catastrales o semi-catastrales.

##### *Geológicos*

- Reconocimiento geológico de la superficie.
- Recopilación de estudios geológicos existentes.
- Datos referentes a la profundidad media de aparición de rocas y afloramiento de las mismas.
- Características geológicas y geotécnicas del subsuelo.

### *Hidrogeológicos*

- Reconocimiento hidrogeológico de la superficie.
- Recopilación de estudios hidrogeológicos existentes.
- Áreas de recarga.
- Antecedentes sobre la piezometría del agua subterránea, fluctuaciones estacionales, hidrodinámica, profundidad media y de la napa freática. Zonas de recarga, almacenamiento y descarga. Perfiles de perforaciones. Ensayos de bombeo. Información hidroquímica. Características hidrodinámicas.
- Calidad hidroquímica de las aguas subterráneas.

### *Geomorfológicos*

- Recopilación de estudios y mapas geomorfológicos existentes.
- Unidades y subunidades geomorfológicas.
- Identificación de zonas singulares (áreas inundables, salinizadas, erosionadas).
- Caracterización de la fisiografía y el paisaje.

### *Edafológicos*

- Tipos y distribución espacial de suelos (mapas).
- Susceptibilidad a la erosión.
- Déficit/exceso de agua en el suelo.
- Aptitud agrícola.
- Grado de permeabilidad.
- Permeabilidad de los suelos.
- Red de drenaje natural y artificial.

### *Geotécnicos*

- Estudios geotécnicos existentes.
- Información sobre las características del subsuelo.

### *Hidrológicos*

- Comportamiento hidrológico de las formaciones geológicas del área en estudio.
- Datos pluviométricos e hidrométricos existentes.
- Reconocimiento general de la cuenca con relación a los cuerpos de agua existentes, posibles receptores.
- Recopilación de mapas existentes de la cuenca hidrográfica.

- Formas, pendientes, longitud de los cauces, red de distribución de los mismos, curvas hipsométricas.

#### ***Hidráulicos***

- Serie de niveles y caudales de los cuerpos de agua, capacidad de conducción, pendientes hidráulicas.
- Obras antrópicas.

#### ***Aspectos Sanitarios***

- Recopilación de la información existente y los datos estadísticos de los establecimientos asistenciales públicos, centros de salud, sanatorios e instituciones congéneres en lo que respecta a:
- Epidemiología, (epidemias, endemias de enfermedades relacionadas con el agua y la excreta);
- Mortalidad infantil;
- Enfermedades de origen hídrico;
- Cantidades de personas atendidas mensualmente por diarreas agudas y otros síntomas de enfermedades de transmisión por el agua y la excreta, especificando en lo posible las causas que las originaron y tipos de agentes patógenos;
- Capacidad de los establecimientos asistenciales;
- Constancias sobre casos de enfermedades transmisibles a través de la excreta y sus agentes transmisores;
- Datos referentes a la contaminación actual y potencial de los cuerpos de agua como posibles receptores;
- Exámenes físicos, bacteriológicos y análisis químicos de los cuerpos de agua existentes.

#### ***Aspectos Ambientales***

- Recopilación de mapas de vegetación, zoogeográficos y de unidades de conservación.
- Listas de diversidad del área en estudio y/o regiones aledañas ecológicamente equivalentes.
- Recopilación de datos sobre especies de interés epidemiológico (vectores o reservorios de enfermedades de interés sanitario).
- Reconocimiento in-situ de las distintas unidades de vegetación a fin de verificar el grado de perturbación, identificar el tipo de uso antrópico, evaluar sus características espaciales, y validar el análisis de sensibilidad ambiental.
- Recopilación de datos y estudios existentes sobre la calidad ambiental de los cuerpos de agua
  - Demanda biológica de oxígeno;

- Concentración de bacterias coliformes;
  - Abundancia relativa de especies bentónicas, planctónicas e hidrofitas vasculares;
  - Disponibilidad de hábitat para aves acuáticas migratorias.
- Análisis de la tendencia de perturbación de los ecosistemas naturales.

### ***Aspectos Socio-Ecológicos***

- Tipos y frecuencia de usos antrópicos.
- Identificación de los bienes y servicios que brindan los sistemas ecológicos del área de estudio.
- Valoración simbólica de dichos bienes y servicios por parte de la comunidad local.
- Datos sobre el uso de la fauna y flora local tanto por pobladores residentes como por visitantes.
- Actividad de grupos ambientalistas locales (ONGs).
- Legislación vigente de protección y manejo de la fauna, flora, y ecosistemas naturales.
- Tipos y frecuencia de usos antrópicos con relación a los bienes y servicios ecológicos.

### ***Aspectos Relacionados con las Fuentes de Abastecimiento de Agua***

#### ***Fuentes Superficiales y Subterráneas***

Información existente sobre la calidad de la fuente superficial a utilizar para abastecimiento en caso de un sistema nuevo.

- Datos sobre calidad del agua cruda físico-químicos:
  - Turbiedad y color,
  - Oxígeno disuelto,
  - Nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal
  - Fósforo total,
  - Sólidos suspendidos totales,
  - Sólidos disueltos totales,
  - Dureza total ( $\text{CaCO}_3$ )
  - Velocidades de sedimentación,
  - Concentración de metales pesados (cromo, plomo, mercurio, cadmio),
  - Concentración de pesticidas (aldrín, DDT, heptacloro, heptacloroepóxido),

- Demanda química de oxígeno (DQO),
- susceptibilidad a la erosión de las riberas.
- Biológicos:
  - Demanda bioquímica de oxígeno (DBO: 5 días a 20°C )
  - Concentración de bacterias coliformes,
  - Presencia de especies vectores de enfermedades de origen hídrico,
  - Abundancia relativa de especies bentónicas, planctónicas, algas macrófitas e hidrofíticas vasculares,
  - Disponibilidad de hábitat para aves acuáticas migratorias, etc..
- Obras, usos de la fuente
- Disponibilidad del recurso, capacidad máxima, media y mínima
- Información sobre los valores numéricos o niveles guía de calidad de agua.
- Información sobre los usos previstos de la fuente como cuerpo receptor.
- Información específica requerida por los modelos a emplear.

En relación al estudio de las fuentes consultar los Capítulos IV y XVIII de la presente Fundamentación.

### **Aspectos Socio-Económicos y Demográficos**

- Compilación de datos referentes a la creación y evolución histórica de la localidad.
- Población actual y evolución demográfica histórica según los diferentes censos nacionales y provinciales, así como también apreciaciones demográficas municipales necesarias para realizar los estudios demográficos según Numeral 3 Estudio Demográficos. Es conveniente contar con la información de los respectivos radios censales utilizados.
- Población de verano, turística, temporaria, rotación de la población turística.
- Distancias a las ciudades y lugares más importantes de la Provincia y los medios de transporte locales e interurbanos existentes, tanto de pasajeros como de correspondencia y cargas.
- Verificación de la existencia de estudios estadísticos sobre la evolución del número de:
  - Edificaciones y/o estructuras ejecutadas;
  - Conexiones de luz y fuerza motriz;
  - Conexiones de agua.
- Principales industrias, actividades agropecuarias de la región y centros comerciales.

- Ubicación e importancia de los establecimientos industriales, comerciales y oficinas públicas, cantidad de trabajadores y sueldos promedio. Fuentes y uso del agua.
- Tipos de producciones de la zona periférica de los sectores comprendidos en el programa, especialmente las actividades agrícolas, hortícolas y ganaderas;
- Información sobre establecimientos educacionales:
  - Tipo de enseñanza que se imparte;
  - Especializaciones en los distintos niveles,
  - Cantidad de alumnos que asisten a los establecimientos de enseñanza, sexo y edades de los mismos;
  - Capacidad máxima de los establecimientos educacionales.
- Información sobre los medios masivos de comunicación oral y escrita.
- Información sobre las actividades económicas actuales y su evolución.
- Nivel de vida de la población ocupante del área en estudio.
- Informaciones sobre la recaudación de impuestos, tasas y tarifas en el área de influencia del proyecto, caracterizando las fuentes perceptoras y su evolución en el tiempo.
- Valor de la producción industrial

### ***Infraestructura Urbana***

#### ***Desarrollo Urbano***

- Verificación de la existencia de planes maestros de desarrollo urbano, planes de regulación del uso del suelo.
- Zonas hacia las cuales tiende a desarrollarse la localidad.
- Ordenanzas de apertura de calles.
- Datos sobre proyectos o estudios urbanísticos sectoriales existentes en el área de ejecución del proyecto.
- Programas de construcción de viviendas.
- Reconocimiento local de las áreas edificadas: clasificación cuantitativa y cualitativa de las construcciones existentes, categorías, áreas de distribución geográfica.
- Distribución espacial de las viviendas y baldíos en la planta urbana.
- Informaciones sobre las normas y reglamentos para construcción en el área de estudio.
- Análisis de la tendencia de construcción en el área de influencia del proyecto.
- Catastro de los sistemas de agua y desagües cloacales, energía eléctrica, teléfono, gas, etc. existentes y proyectadas, cuyas obras puedan interferir con las del sistema de distribución de agua.

- Planos de proyecto y conformes a obra de pavimentos y cordones cuneta.
- Radios servidos con energía eléctrica. Trazas de las líneas de media tensión en el área de interés del proyecto. Potencia disponible.
- Servicios eléctricos y su capacidad para suministrar la potencia necesaria para la ejecución de las obras y operación de los servicios.

#### ***Abastecimiento Actual de Agua***

- Calidad del agua para consumo humano, ya sea de perforaciones o de planta potabilizadora.
- Planos de la red de agua potable con ubicación planialtimétrica de las tuberías acotadas respecto a la línea municipal. Planos y ubicación de la planta potabilizadora y de las instalaciones complementarias, estaciones de bombeo, reservas, etc. Radio servido actual y futuro. Horizonte del proyecto. Capacidad de las fuentes, de la planta y de las conducciones, actual y previsto. Posibilidades de ampliación.
- Dotación actual y su evolución histórica. Hábitos del uso del agua que presenta la población (riego de cultivos y jardines, otros consumos de agua en actividades externas a las viviendas, etc.). Consumos comerciales e industriales. Forma de prestación del servicio. Previsión de la colocación de medidores. Sistema tarifario y su incidencia en la evolución de la dotación.
- Evolución del número de conexiones y de la población servida en los últimos años. Comparación con la población total.
- Identificación de grandes consumidores de agua potable con el objeto de determinar la ubicación de los grandes consumos de agua potable comerciales y/o industriales;
- Medianos y grandes usuarios de agua. Ubicación, actividad, consumo de agua. Fuentes de agua utilizadas.
- Forma de abastecimiento de la población que no cuenta con conexión al servicio público.
- Evolución de la recaudación a cargo del ente que presta el servicio. Índice de morosidad.
- Comentario sobre el estado de las instalaciones y como se atiende la demanda del servicio.
- Aplicación o no de sistema de medición de consumos domiciliarios, zonas, cantidad de conexiones con micromedición, tendencias, evolución, datos históricos, confiabilidad del sistema de lectura, nivel de pérdidas en el sistema, etc.
- Macromedición, en las plantas de tratamiento, o en caso de fuentes subterráneas en los pozos, caudales de producción y distribución.

#### ***Sistema Actual de Disposición de Excretas***

- Identificación del o los sistemas de disposición de excretas utilizados en la localidad.
- Tipo de efluentes que generan, medianos y grandes usuarios de agua.



- Tratamiento y disposición final de las excretas.
- Capacidad y funcionamiento de los sistemas individuales.

#### *Drenaje Pluvial*

- Información sobre la situación de los desagües pluviales existentes. Organismo responsable de su mantenimiento.

#### *Limpieza Pública*

- Recolección y disposición final de los residuos sólidos. Situación actual y previsiones futuras. Área cubierta por el servicio de recolección.

### ***Características del Organismo que Presta el Servicio de Abastecimiento de Agua***

#### *Aspectos Institucionales*

- Empresa(s) u Organismo(s) que prestan los servicios de agua potable y desagües cloacales.
- Entes de Regulación a nivel provincial y municipal.
- Leyes, ordenanzas y Marcos Regulatorios de la prestación de los servicios, vigentes.

#### *Aspectos Comerciales*

- Catastro de clientes.
- Sistema tarifario. Micromedición.
- Sistema de facturación y cobranza.
- Atención a los clientes.

#### *Aspectos Operativos*

- Catastro de instalaciones y de redes.
- Macromedición.
- Balances hídricos. Agua no Contabilizada.
- Detección y reparación de fugas.
- Centros de control.

#### ***Aspectos Legales***

- Normativa vigente relacionada con restricciones al derecho de propiedad, expropiaciones y constitución de servidumbres para la ejecución de obras públicas, tanto en el ámbito nacional, como provincial y municipal, incluyendo las normas pertinentes contenidas en la Constitución Nacional y en la Constitución de Provincial.
- Normas locales y reglamentaciones administrativas relacionadas con los procedimientos y formalidades a cumplirse con relación al punto anterior.

- Alternativas de financiación previstas en las normas vigentes.
- Identificación y recopilación de las normas aplicables en el orden nacional, provincial, o municipal relacionadas con los problemas derivados del impacto ambiental que pudieren producir obras de esta naturaleza.
- Recopilación de todas las normas, de distintas jerarquías, que contengan referencias vinculadas con la situación institucional respecto de la protección del medio ambiente, en particular las misiones y funciones de los distintos entes públicos o privados, nacionales provinciales o municipalidades que tengan facultades y deberes relacionados con protección ambiental vinculada con la ejecución de obras de saneamiento.
- Legislación ambiental Provincial y Regional, en especial la referida a normas de calidad inherentes al agua superficial.

### ***Costo de Mano de Obra, Materiales y Energía***

- Costos y disponibilidad de materiales de la región que puedan ser empleados con mayor economía.
- Existencia de empresas constructoras y contratistas locales.
- Precios de subcontratistas locales, mano de obra, materiales y equipos y demás elementos para la construcción de obras.
- Costos de explotación del servicio de agua.
- Precio de la energía eléctrica para los servicios públicos de agua y cloacas.
- Existencia de talleres mecánicos y/o eléctricos.
- Facilidades en el ámbito local para la reparación de equipos electromecánicos.
- Precio de combustible y de energía eléctrica.

La enumeración anterior puede ser ampliada y /o modificada según sea el caso, a fin de recoger toda aquella información disponible que resulte conveniente para los estudios a realizar.

## **1.2. FUENTES DE INFORMACIÓN**

Debido a que generalmente la información no se encuentra unificada en un solo organismo es importante mencionar algunos Organismos Públicos a dónde recurrir para recopilar información.

A continuación se mencionan algunos Organismos e Instituciones Nacionales, Provinciales y Municipales que pueden ser consultados sobre la información existente en los mismos:

***A Nivel Nacional***

- AFERAS (Asociación Federal de Entes de Regulación de Servicios Sanitarios)
- AIDIS (Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente)
- CEADO (Centro Argentino de Datos Oceanográficos)
- COFES (Consejo Federal de Entidades de Servicios Sanitarios)
- Consejo Federal de Inversiones
- Dirección Nacional de Minería y Geología
- ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento) (Ex CoFAPyS, Ex SNAP): Sistema SPIDES. (Sistema Permanente de Información de Saneamiento).
- FARN (Fundación Argentina de Recursos Naturales)
- Fundación Vida Silvestre Argentina
- Gas del Estado
- IGM (Instituto Geográfico Militar)
- INA (Instituto Nacional del Ambiente, ex INCYTH)
- INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos)
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria)
- Ministerio de Economía
- Ministerio de Salud y Acción Social
- Parques Nacionales
- Remar (AIDIS)
- Secretaría de Turismo
- Servicio de Hidrografía Naval
- Servicio Geológico Nacional
- Servicio Meteorológico Nacional
- Subsecretaría de Gestión de los Recursos Hídricos de la Nación
- Subsecretaría de Ordenamiento Ambiental de la Nación
- UBA (Universidad de Buenos Aires)

***A Nivel Provincial***

- Delegaciones del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
- Dirección de Inmuebles Fiscales

- Dirección de Recursos Naturales Renovables
- Dirección Provincial de Geología, Minería y Aguas Subterráneas
- Direcciones de Irrigación
- Direcciones de Transporte
- Direcciones Generales de Catastro
- Direcciones Provinciales de Estadísticas y Censos
- Direcciones Provinciales de Hidráulica
- Direcciones Provinciales de Industria y Minería
- Direcciones Provinciales de Turismo
- Direcciones Provinciales de Vialidad
- Direcciones Provinciales del Agua
- Empresas y Organismos Provinciales de Abastecimiento de Agua
- Fundaciones Ambientalistas
- Institutos Provinciales de la Vivienda y Desarrollo Urbano
- Ministerios de Asuntos Sociales y /o Salud
- Ministerios de Economía
- Organizaciones no Gubernamentales
- Registros Inmobiliarios
- Registros Provinciales de Constructores de Obras Públicas
- Secretarías de Educación, Direcciones de Enseñanza Inicial, Primaria y Especial,
- Secretarías de Estado de Agricultura y Ganadería Según la Provincia.
- Secretarías de Estado de Función Pública
- Secretarías de Obras y Servicios Públicos
- Secretarías de Salud Pública
- Universidades Provinciales

#### ***A Nivel Municipal***

- Empresas y Organismos Municipales de Servicios de Agua
- Delegaciones del INTA
- Direcciones de Bosques Locales
- Direcciones de Catastro Municipales

- Direcciones de Obras Públicas Municipales
- Direcciones de Turismo y Promoción

**Otros Organismos**

- Organismos e instituciones que por su actividad cuenten con información de interés para el sistema a proyectar
- Delegaciones del INTA
- Hospitales
- Universidades Locales
- Zonas Sanitarias
- Organizaciones no Gubernamentales

Luego de la recopilación de antecedentes se debe realizar un exhaustivo análisis de los mismos a los efectos de detectar eventuales inconsistencias, falta de datos, errores y necesidades de entrevistas o visitas, para completar la información necesaria para el proyecto.

El análisis de los antecedentes recopilados servirá de base para la toma de decisiones y definir qué datos se debe relevar en el campo. Si bien la recopilación general de datos no reemplaza la información primaria necesaria para el desarrollo de los proyectos, puede ser muy útil para economizar costos en las siguientes etapas.

## **2. PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO**

Para contar con elementos de juicio adecuados para evaluar la demanda actual de la población en estudio y su proyección durante la vida útil del sistema es necesario definir los parámetros de diseño, es decir todos aquellos datos y métodos de cálculo, fundamentados y consistentes, necesarios para elaborar el proyecto del sistema de abastecimiento de agua potable.

Se consideran, entre otros parámetros de diseño a los siguientes:

- 1). Población y su evolución durante el horizonte de diseño.
- 2). Horizonte de diseño período previsto para desarrollar un Plan Director de largo plazo que atienda la demanda de agua potable.
- 3). Período de diseño, lapso a partir de la habilitación de una determinada instalación durante el cual la misma prestará un servicio eficiente.
- 4). Caudal de diseño. Capacidad de una determinada instalación calculada en función de las dotaciones, coeficientes de pico, características del servicio, estimación del agua no contabilizada, etc., que le permitirá captar, potabilizar, elevar, conducir, etc. volúmenes suficientes para atender la demanda durante su respectivo período de diseño.

En los numerales siguientes se desarrollan los conceptos fundamentales referidos a cada uno de los parámetros de diseño.

### 3. ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS

#### 3.1. ANTECEDENTES A CONSULTAR

Las fuentes a consultar para la ejecución de la proyección demográfica son las siguientes:

- Censos nacionales de población y vivienda, información de población de la localidad por fracción y radio para los distintos censos.
- Información cartográfica de la localidad por fracción y radio para los distintos censos.
- Estimaciones y Proyección de Población - Total del País 1950-2050, versión revisada, INDEC-CELADE, Serie de Análisis Demográficos Nro. 5, Buenos Aires, 1995.
- Tendencias del crecimiento de la población urbana en América Latina. Robert W. Fox - Banco Interamericano de Desarrollo.
- Estadísticas vitales de Recursos y Producción de Servicios – Boletín del programa Nacional de Estadísticas de Salud – Ministerio de Salud y Acción Social

Toda la información censal debe ser solicitada al Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) o en las Direcciones Provinciales de Estadística.

#### 3.2. CONSIDERACIONES GENERALES

El objetivo básico es el conocimiento de la población esperables, expresada en términos de habitantes para un área o sector determinado y su agrupamiento en unidades habitacionales.

Las metodologías válidas de aplicación para proyectar la población se desarrollan en el presente Capítulo.

Se debe considerar tipos característicos de población diferenciando:

- Población permanente.
- Población no permanente.
- Afluencia turística.
- Afluencia por trabajo temporario.

Se deben tener en cuenta las área y subáreas comprendidas en el estudio y singularidades de las mismas como son los barrios militares, barrios industriales, barrios alejados que dependen de la provisión del servicio de agua potable desde el centro urbano más cercano, etc.

En algunos casos existen diferentes localidades abastecidas desde una misma captación y de la misma planta potabilizadora. En estos casos se deberá calcular el crecimiento de la población en forma conjunta, o bien separadamente y luego sumados como población a ser abastecida.

Para determinar la población de diseño o población futura, se recurre a una serie de procedimientos denominados de “análisis poblacional”, a partir de los cuales se ha desarrollado una serie apreciable de estudios definidos como “leyes de crecimiento”, cuyas expresiones matemáticas usuales se exponen a continuación, insistiendo en el hecho de que el éxito de la predicción de población depende básicamente del acierto en la selección del modelo matemático que más se ajuste al crecimiento poblacional real de la comunidad motivo de estudio.

Existen varias metodologías para proyectar la población en el tiempo, sobre la base del conocimiento de indicadores adecuados, surgidos de censos nacionales o provinciales o datos aportados por otros mecanismos. Se estiman dichos procedimientos como suficientemente válidos, ya que su estudio profundiza en el conocimiento de las bases de su desarrollo, al mismo tiempo que establece metodologías de sencilla aplicación.

Estos métodos normalmente utilizados son:

- Ajuste lineal de tendencia histórica;
- tasa de crecimiento medio anual constante;
- tasas de crecimiento medio anual decrecientes;
- curva logística;
- relación-tendencia;
- crecimiento urbano y
- componentes.

La descripción de estos métodos se puede encontrar en el Volumen 1 de la Fundamentación de las Normas de Desagües Cloacales COFAPyS (hoy ENOHSA). Aquí se realiza un análisis de revisión y actualización de los procedimientos previstos en las normas citadas, con el criterio de obtener metodologías unificadas, que establezcan una marcada compatibilización entre los parámetros y los datos poblacionales de los estudios que se desarrollen para los servicios de agua potable con los correspondientes a los servicios de desagües cloacales.

La consideración de núcleos poblacionales de diversos tipos, cuyo espectro abarca desde importantes centros urbanos hasta localidades de reducida población, hace necesario profundizar en el tema de las proyecciones, estableciendo diferentes metodologías de aplicación para cada caso e inclusive analizando la conveniencia de distinguir entre diversos sectores de una misma localidad, frente a la diversidad de condiciones que pueden presentarse. En éste sentido, trabajar sobre la base de radios y fracciones censales, en concordancia con la disponibilidad de datos del INDEC y otras organizaciones, puede resultar una forma muy conveniente de operar, facilitando el análisis al mismo tiempo que provee de las herramientas de gestión y control necesarias.



La evaluación del crecimiento demográfico debe realizarse a través de distintos métodos analizándose los resultados obtenidos, para poder seleccionar el más confiable.

Para determinar la población inicial se pueden tomar los datos del Censo Nacional de Población y Vivienda del último censo. Los datos consignados por el INDEC en su publicación corresponden a la fecha de realización del mismo.

Las proyecciones se pueden realizar a partir de este año, considerándose como población inicial la correspondiente a la fecha prevista para la habilitación del sistema, y se deberán extender hasta agotar los horizontes y períodos de diseño, con intervalos que aseguren el mas ajustado conocimiento en los años críticos del análisis.

### **3.3. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA POBLACIÓN**

Se puede analizar la evolución histórica de una localidad a partir de la proyección geométrica de los datos proporcionados por los últimos tres Censos Nacionales y los correspondientes crecimientos intercensales.

De los datos así obtenidos pueden calcularse las tasas medias anuales para cada período, en base a la siguiente expresión:

$$i = 100 \left[ \sqrt[n]{\frac{P_2}{P_1}} - 1 \right]$$

Donde:

$i$  = tasa media de crecimiento porcentual anual durante el período de los “n” años analizados (% / año)

$P_1$  = población al comienzo del período intercensal (habitantes)

$P_2$  = población al final del período intercensal (habitantes)

$n$  = duración del período intercensal (años)

Con los datos de las tasas medias así calculadas se puede realizar un primer análisis de la evolución, en el que podrá observarse si la población está en período de neto crecimiento o si está alcanzando un período de saturación.

### **3.4. METODOLOGÍA DE PROYECCIÓN**

Conviene recordar en primer lugar en qué consiste el crecimiento demográfico y cuál es el objeto y el alcance de los métodos de proyección.

El crecimiento demográfico de una localidad en un determinado período es consecuencia de la acción conjunta de dos procesos: a) el crecimiento vegetativo y b) el movimiento migratorio. El crecimiento vegetativo es la diferencia entre los nacimientos y las

defunciones acaecidas durante el período analizado. El movimiento migratorio representa la entrada y la salida de personas en el mismo período.

La población en un período cualquiera se puede representar por la expresión siguiente:

$$P_{(n+x)} = P_n + (N + I) - (D + E)$$

donde:

$P_n$  = población base en el año n

$P_{(n+x)}$  = población futura en (n + x)

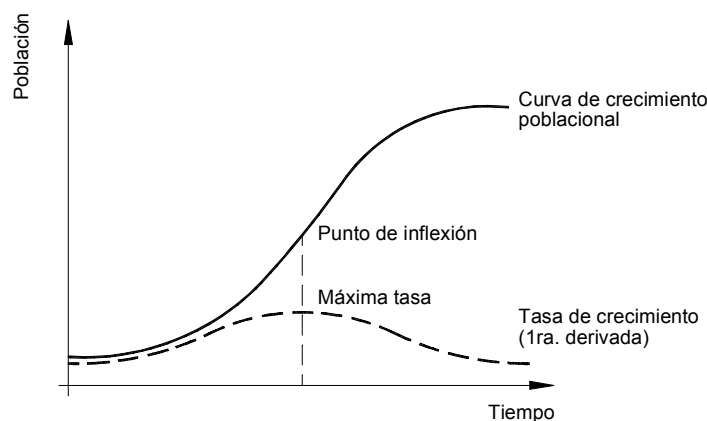
$N$  que representa los nacimientos entre los años n y (n + x)

$I$  que representa las inmigraciones entre los años n y (n + x)

$D$  que representa las defunciones entre los años n y (n + x)

$E$  que representa las emigraciones entre los años n y (n + x)

Este crecimiento puede tener una representación como la que se indica en la **Figura 1**:



**Figura 1.** Curva teórica de crecimiento poblacional

Frente a la indefinición de la evolución de cada uno de los componentes y en particular de la evaluación del proceso migratorio, que es de naturaleza muy compleja, los distintos métodos de proyección normalmente utilizados se limitan a estimar cómo será la evolución de la localidad en el futuro, teniendo en cuenta para ello cómo ha sido la misma en el pasado.

Antes de iniciar el análisis de los distintos métodos, conviene precisar cuáles son las condiciones generales de las proyecciones a realizar con respecto a: el período de proyección, el tamaño de las localidades y las fuentes de información a utilizar.

- **Período de proyección:** En general se lo establece sobre la base del período de diseño o vida útil de las instalaciones, a partir del momento de su habilitación.

La población inicial, debe corresponder a la fecha prevista para la habilitación del sistema.

- **Tamaño:** Los criterios que se presentan en este Capítulo son de aplicación para localidades importantes como de reducida población.

Cuanto más pequeña sea la población considerada o más largo el período de proyección más incierta será la previsión a realizar, puesto que cualquier cambio tendrá una incidencia marcada sobre los índices demográficos.

Para comunidades de menos de 1.000 hab. también puede aplicarse las metodologías, pero antes de la toma de decisión debe realizarse un estudio de movimientos migratorios, planificaciones futuras, radicación de industrias, ya que todos estos factores tienen gran influencia en este tipo de localidades, por este motivo es de aplicación lo establecido oportunamente en la “Normas de Estudios, Diseño y Presentación de Proyectos – Plan Nacional de Agua Potable Rural (SNAP)” para localidades rurales, que consideraba como mínimo un aumento de población del orden del 50% para comunidades de menos de 1.000 de acuerdo a los datos disponibles de distintas regiones rurales del mundo.

- **Fuentes de información:** Las proyecciones demográficas se deben basar en datos de los censos nacionales de población y vivienda, además de los proporcionados por el Ministerio de Salud y Acción Social sobre estadísticas vitales.

Los datos obtenidos de los censos unidos a los resultados de posibles encuestas socio-económicas, permiten utilizando expresiones matemáticas extrapolar la población. Estas expresiones o sus representaciones gráficas indican como ha evolucionado la población en el pasado y solo en forma hipotética como lo hará en el futuro. Dan una tendencia teórica de crecimiento, sin tener en cuenta las fluctuaciones de los nacimientos y defunciones, ni las tendencias migratorias.

Los procedimientos más frecuentemente utilizados para estimar el crecimiento demográfico de una localidad entre dos fechas determinadas son:

- Ajuste lineal de tendencia histórica.
- Tasa decreciente.
- Curva logística.
- Relación tendencia.
- Incrementos relativos.
- Componentes.
- Crecimiento urbano.
- Modelos demográficos.

### 3.4.1. Proyección Demográfica por Ajuste Lineal de la Tendencia Histórica

La proyección demográfica de una localidad por ajuste lineal de tendencia histórica, se efectúa aplicando la recta de ajuste resultante de la regresión lineal de los valores de población total registrados en los últimos tres censos.

La población futura se obtiene así utilizando la fórmula:

$$P_n = a + b \cdot n$$

Donde:

$P_n$  = población total al año  $n$

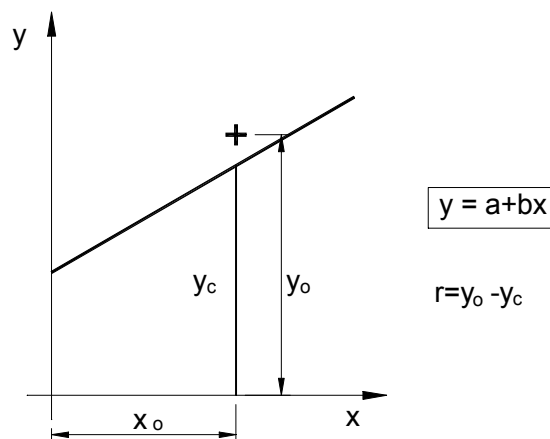
$n$  = número de años medido desde el año calendario inicial de la proyección hasta el año calendario en análisis.

$a$  y  $b$  = coeficientes de la recta.

Los parámetros de la recta de ajuste se obtienen aplicando el método de mínimos cuadrados.

El principio de este método es: que la recta que mejor se ajusta a un conjunto de datos que muestran una ordenación de tendencia lineal, es aquella para la cual la suma de los cuadrados de los residuos es mínima. Se denomina residuo a la diferencia entre un valor estimado y un valor observado.

La aplicación del método de los mínimos cuadrados conduce a la determinación de las constantes  $a$  y  $b$ , de la ecuación de la recta (**Figura 2**):



**Figura 2.** Representación gráfica de la ecuación de la recta para la aplicación del método de mínimos cuadrados

Por medio de la utilización de las dos ecuaciones llamadas normales:

$$\Sigma y = m a + b \Sigma x$$

$$\Sigma y x = a \Sigma x + b \Sigma x^2$$

En las que:

$\Sigma y$  = suma de los valores conocidos de y

$\Sigma x$  = suma de los valores conocidos de x

$\Sigma xy$  = suma de los productos de los valores simultáneos conocidos de x y de y

$\Sigma x^2$  = suma de los cuadrados de los valores conocidos de x

m = número de puntos conocidos

De estas ecuaciones se obtienen los valores de a y de b, coeficientes de la recta que mejor se ajusta al conjunto de puntos dado.

En la práctica se encuentran a menudo tendencias que toman la forma de una parábola, que en general puede adaptarse a una ecuación cuya forma general es:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots$$

Si se considera la ecuación hasta el término que contiene la segunda potencia de x se habla de una parábola de segundo grado, si se considera hasta el término que contiene la tercera potencia de x se habla de una parábola de tercer grado y así sucesivamente.

Suponiendo una parábola de segundo grado, la determinación de los parámetros a, b, y c se efectúa con las siguientes ecuaciones normales:

(en el caso que nos ocupa y representa la población y x el tiempo, año del censo correspondiente por ejemplo)

$$\Sigma y = m \cdot a + b \Sigma x + c \Sigma x^2$$

$$\Sigma x y = a \Sigma x + b \Sigma x^2 + c \Sigma x^3$$

$$\Sigma x^2 y = a \Sigma x^2 + b \Sigma x^3 + c \Sigma x^4$$

Para adaptar las ecuaciones normales a las curvas de tercer grado o más, basta con escribir un número de ecuaciones igual al número de parámetros o constantes.

El grado de regresión o ajuste está dado por la ecuación:

$$r^2 = \frac{\left[ \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{m} \right]^2}{\left[ \sum x^2 - \frac{\sum x^2}{m} \right] \left[ \sum y^2 - \frac{\sum y^2}{m} \right]}$$

Los intervalos entre censos pueden o no ser constantes.

### 3.4.2. Proyección Demográfica por Tasa Geométrica Decreciente

El método utiliza para la proyección futura la siguiente expresión geométrica, similar a la expresión del interés compuesto:

$$P_n = P_0 (1 + i)^n$$

Donde:

$P_n$  = La estimación de población al año "n".

$P_0$  = La población base, que por lo general corresponde al último censo.

$i$  = Tasa media anual de proyección.

$n$  = Número de años transcurridos entre la población base y el año de proyección.

En el caso de las localidades que tuvieron una tasa intercensal decreciente, el método establece que la proyección se realice a tasa constante e igual a la del último período.

Este método define la tasa media anual a emplear basándose en un análisis de las tasas medias anuales de los dos últimos períodos intercensales, por lo tanto se toman como punto de partida los valores extraídos de los tres últimos censos del INDEC.

Las tasas medias anuales históricas se calculan a través de las siguientes expresiones:

$$i_I = \sqrt[n1]{\frac{P_2}{P_1}} - 1$$

$$i_{II} = \sqrt[n2]{\frac{P_3}{P_2}} - 1$$

Donde :

$i_I$  = Tasa media anual de variación de la población durante el penúltimo período censal.

$i_{II}$  = Tasa media anual de variación de la población durante del último período censal.

$P_1$  = Número de habitantes correspondientes al primer Censo en estudio.

$P_2$  = Número de habitantes correspondientes al penúltimo Censo en estudio.

$P_3$  = Número de habitantes correspondientes al último Censo.

$n_1$  = Número de años del período censal entre el primero y segundo Censo.

$n_2$  = Número de años del período censal entre el segundo y el último Censo.

Para definir la tasa con que se proyectará en cada período se comparan tasas  $i_I$  e  $i_{II}$ . Si  $i_{II}$  es mayor que  $i_I$  se toma el promedio de ambas y en caso de ser menor se adopta el valor de la tasa  $i_{II}$ .

Una vez definidas las tasas que se usarán para la proyección se aplica para cada período la expresión general.

### 3.4.3. Proyección Demográfica Por Curva Logística

Este método fue desarrollado por el estadígrafo belga Quetelet y su discípulo Werhulst, a principio del siglo XIX, habiendo sido contrastados sus resultados con la evolución de diversas ciudades europeas de la época.

El método define una curva de crecimiento demográfico que al principio se presenta acelerado, bastante semejante también a la expresión del interés compuesto, para luego presentar un punto de inflexión como consecuencia de una disminución de la tasa de crecimiento y por último tiende a hacerse asintótica lo que representa la saturación.

La curva se ajusta a la siguiente expresión para períodos anuales:

$$P_n = \frac{K}{1 + e^{(b-an)}}$$

donde:

$P_n$  = población del año  $n$

$K$  = constante que representa el valor máximo de  $P_n$ , valor de saturación.

$a$  = constante que determina la forma de la curva.

$b$  = constante que determina la forma de la curva.

$e$  = base de los logaritmos neperianos.

$n$  = número de años considerados.

El ajuste de una curva logística a una serie numérica se hace por medio de los “puntos elegidos”, para lo cual se toman tres puntos de la curva que estén en la línea de la tendencia. De este modo se obtiene un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas que permiten determinar los tres parámetros de la curva.

Para simplificar la resolución del sistema de ecuaciones se toman tres puntos de las abscisas que se encuentren equidistantes (tiempo) y se ubica el comienzo del tiempo (t) en el primero de ellos, de esta forma se obtienen tres puntos en correspondencia con los tres pares de valores tiempo-población (t,p):

Estos puntos serán:

O	P <sub>1</sub>
t <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
2t <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>

Aplicando logaritmos a la expresión general de la curva y transformando, se obtiene:

$$b - an = L_n \frac{K - P_n}{P_n}$$

Reemplazando los tres valores de la población P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> y P<sub>3</sub> se obtiene:

$$b = L_n \left( \frac{K - P_1}{P_1} \right)$$

$$K = \frac{2 P_1 P_2 P_3 - P_2^2 (P_1 + P_3)}{P_1 P_3 - P_2^2}$$

$$a = \frac{L_n \left( \frac{(K - P_2) P_3}{(K - P_3) P_2} \right)}{t}$$

Conviene destacar que al utilizar este método para que la curva logística sea aplicable a los datos, deben verificarse que:

$$P_1 P_3 < P_2^2$$

$$P_1 P_3 < P_2^2 (P_1 + P_3) / 2$$

Estas son condiciones de tipo matemático que resultan de lo siguiente:

Para que se tenga el logaritmo de un número positivo, debe cumplirse que, K sea mayor que P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> y P<sub>3</sub>.

Imponiendo esta condición a la expresión de K, se obtiene lo siguiente:



$$K = \frac{2 P_1 P_2 P_3 - P_2^2 (P_1 + P_3)}{P_1 P_3 - P_2^2} > P_3$$

(Se considerará sólo este caso, suponiendo que normalmente se cumple que  $P_3 > P_2 > P_1$ ).

Adicionalmente, para que la expresión de  $K$  tenga sentido, deberá cumplirse que:

$$P_1 P_3 - P_2^2 < 0$$

Puesto que, de esta manera:

$$\frac{2 P_1 P_2 P_3 - P_2^2 (P_1 + P_3)}{P_1 P_3 - P_2^2} > P_3$$

$$2 P_1 P_2 P_3 - P_2^2 (P_1 + P_3) < P_1 P_3^2 - P_3 P_2^2$$

$$\therefore 0 < (P_3 - P_2)^2$$

Ahora, como  $k > 0$ , deberá también cumplirse que:

$$2 P_1 P_2 P_3 - P_2^2 (P_1 + P_3) < 0$$

Es un método muy exacto de cálculo, que requiere un número adecuado de datos censales. Tiene buenos resultados en aquellas poblaciones estabilizadas y consolidadas.

*Nota:* Como la aplicación del método exige períodos iguales de tiempo, se podrá estimar la población del año 1990 a través de la aplicación del crecimiento geométrico con los datos de los Censos Nacionales.

#### 3.4.4. Proyección Demográfica Por Relación – Tendencias

Este método se basa en el análisis de las relaciones entre la población total del país, de la provincia, del departamento y de la localidad y en las tendencias de evolución de las mismas.

La población total del país entre los años 1950 y 2050, se puede extraer de la publicación Estimaciones y Proyecciones de Población Total del País (versión revisada), INDEC - CELADE, Serie de Análisis Demográfico N° 5, Buenos Aires, 1995. En dicha publicación se considera la población al 30 de Junio de cada año.

Para proyectar la población de la provincia entre el año cero y el final del período de diseño se siguen los pasos que a continuación se detallan:

- 1). Se calcula la relación entre la provincia y el país para los años correspondientes a los tres últimos censos.

En consecuencia se tiene:

$$R_1 = \frac{p_1}{P_{T1}}$$

$$R_2 = \frac{p_2}{P_{T2}}$$

$$R_3 = \frac{p_3}{P_{T3}}$$

Donde:

$P_{T1}$  = población del país según el antepenúltimo censo nacional.

$P_{T2}$  = población del país según el penúltimo censo nacional.

$P_{T3}$  = población del país según el último censo nacional.

$p_1$  = población total de la provincia según el antepenúltimo censo nacional.

$p_2$  = población total de la provincia según el penúltimo censo nacional.

$p_3$  = población total de la provincia según el último censo nacional.

$R_1, R_2$  y  $R_3$  = relaciones entre la población de la provincia y del país correspondiente a los años censados.

2). Luego se calcula el logaritmo natural de las relaciones  $R_1, R_2$  y  $R_3$

3). Se determina el incremento de los logaritmos a través de la diferencia entre ellos.

$$l_1 = \log R_2 - \log R_1 \quad (\text{para } N_1 = \text{años del 1° período intercensal})$$

$$l_2 = \log R_3 - \log R_2 \quad (\text{para } N_2 = \text{años del 2° período intercensal})$$

A continuación se proyecta la relación entre la provincia y el país en períodos de 10 años partiendo del año cero en la forma siguiente:

4). Se calculan los coeficientes de ponderación, que son iguales a la inversa del número de años transcurridos entre el punto medio del período proyectado y el punto medio del período observado.

$$c_{ij} = 1 / (n_j - N_i)$$

donde:

$c_{ij}$  = coeficiente de ponderación

$n_j$  = punto medio del período proyectado

$N_i$  = punto medio del período observado

En la **Tabla 1** se encuentran los valores de los coeficientes de ponderación a utilizar.

Períodos Intercensales (años)	Período desde el último censo hasta el año inicial	Subperíodos de diseño	
	$n_0 = B_0 - A_3$	$n_1 = B_1 - B_0$	$n_2 = B_2 - B_1$
$N_1 = A_2 - A_1$	$C_{10} = \frac{1}{(A_3 + n_0/2) - (A_1 + N_1/2)}$	$C_{11} = \frac{1}{(B_0 + n_1/2) - (A_1 + N_1/2)}$	$C_{12} = \frac{1}{(B_1 + n_2/2) - (A_1 + N_1/2)}$
$N_2 = A_3 - A_2$	$C_{20} = \frac{1}{(A_3 + n_0/2) - (A_2 + N_2/2)}$	$C_{21} = \frac{1}{(B_0 + n_1/2) - (A_2 + N_2/2)}$	$C_{22} = \frac{1}{(B_1 + n_2/2) - (A_2 + N_2/2)}$

$A_1$  = año en que se realizó el antepenúltimo censo nacional.

$A_2$  = año en que se realizó el penúltimo censo nacional.

$A_3$  = año en que se realizó el último censo nacional.

$B_0$  = año previsto para la habilitación de la obra.

$B_1$  = año en que finaliza el primer subperíodo de  $n_1$ .

$B_2$  = año final del período de diseño.

**Tabla 1.** Coeficiente de ponderación

- 5). Se calcula el logaritmo de la relación entre la provincia y el país en el año cero, sumando al logaritmo de la relación verificada en el último año el promedio ponderado de los incrementos observados. Siendo el coeficiente de ponderación de estos incrementos la inversa del número de años transcurridos entre el punto medio del período observado y el proyectado.

$$\log R_4 = \log R_3 + \frac{l_1 \cdot C_{10} + l_2 \cdot C_{20}}{C_{10} + C_{20}}$$

siendo:

$R_4 = \frac{p_0}{P_{T0}}$  = relación entre las poblaciones de la provincia y el país para el año inicial del período de diseño ( $n = 0$ )

$C_{10}, C_{20}$  = coeficiente de ponderación calculados según la **Tabla 1**.

- 6). Se denomina la relación provincia/país para los dos subperíodos de diseño de  $n_1$  y  $n_2$  años, por las siguientes expresiones:

$$\log R_5 = \log R_4 + \frac{I_1 \cdot C_{11} + I_2 \cdot C_{21}}{C_{11} + C_{21}}$$

$$\log R_6 = \log R_5 + \frac{I_1 \cdot C_{12} + I_2 \cdot C_{22}}{C_{12} + C_{22}}$$

$R_5 = p_{n1} / P_{Tn1}$  = relación entre las poblaciones de la provincia y el país para el final del primer subperíodo de diseño.

$R_6 = p_{20} / P_{Tn2}$  = relación entre las poblaciones de la provincia y el país para el final del período de diseño (20 años).

$C_{11}, C_{12}, C_{21}, C_{22}$  = coeficiente de ponderación calculados según indica la **Tabla 1**.

- 7). Para las poblaciones de la localidad del departamento o partido de la provincia se definen relaciones similares a las establecidas en 1), 2) y 3) (los coeficientes de ponderación son siempre los de la **Tabla 1**).

$$L_1 = P_1 / p_1$$

$$L_2 = P_2 / p_2$$

$$L_3 = P_3 / p_3$$

$$I'_1 = \log L_2 - \log L_1 \quad (\text{para } N_1)$$

$$I'_2 = \log L_3 - \log L_2 \quad (\text{para } N_2)$$

$$\log R_4 = \log R_3 + \frac{I'_1 \cdot C_{10} + I'_2 \cdot C_{20}}{C_{10} + C_{20}}$$

$$\log R_5 = \log R_4 + \frac{I'_1 \cdot C_{11} + I'_2 \cdot C_{21}}{C_{11} + C_{21}}$$

$$\log R_6 = \log R_5 + \frac{I'_1 \cdot C_{12} + I'_2 \cdot C_{22}}{C_{12} + C_{22}}$$

- 8). Se obtiene las relaciones de población provincia/país y localidad/provincia para el período de diseño:

$$R_4 = p_0 / P_{T0} = \text{ant} (\log R_4) \quad n = 0$$

$$R_5 = p_{n1} / P_{Tn1} = \text{ant} (\log R_5) \quad n = n_1$$

$$R_6 = p_{n2} / P_{Tn2} = \text{ant} (\log R_5) \quad n = n_1$$

$$L_4 = P_0 / p_0 = \text{ant} (\log L_4) \quad n = 0$$

$$L_5 = P_{n1} / p_{n1} = \text{ant} (\log L_5) \quad n = n_1$$

$$L_6 = P_{n2} / p_{n2} = \text{ant} (\log L_6) \quad n = 20$$

9). Se obtiene los valores de población de la provincia para el período de diseño:

$$p_0 = R_4 \cdot P_{T0} \quad n = 0$$

$$p_{n1} = R_5 \cdot P_{Tn1} \quad n = n_1$$

$$p_{n1} = R_6 \cdot P_{Tn2} \quad n = 20$$

10). De igual manera se proyectan las poblaciones del departamento o partido según corresponda y de la localidad.

Mediante idéntico procedimiento y partiendo de los valores de población estimados, para la provincia anteriormente, se proyecta la población del partido o departamento. Las cuales servirán de base para calcular las estimaciones de población de la localidad.

### 3.4.5. Técnica de los Incrementos Relativos

El método de los incrementos relativos se fundamenta en la proporción del crecimiento absoluto de un área mayor, que corresponde a áreas menores en un determinado período de referencia.

Este procedimiento constituye una alternativa para la elaboración de proyecciones de áreas menores cuando no se dispone de la información sobre niveles y tendencias de dinámica demográfica, necesaria para el uso de métodos demográficos.

En general, cuando el crecimiento de las áreas mayores no presenta cambios bruscos en el período estimado, el uso de esta metodología implica, aceptar a largo plazo una disminución de las diferencias en los ritmos de crecimiento de las áreas componentes.

La información básica necesaria para la aplicación del método es:

- Proyección de la población del área mayor para el período en estudio.
- Población de cada una de las áreas menores correspondiente a las dos últimas fechas censales.

Para la estimación de la población total de cada área se acepta que:

$$P_i^{(t)} = a_i \cdot P_T^{(t)} + b_i$$

Siendo:

$P_i^{(t)}$  = la población del área menor (i) en el año (t)

$P_T^{(t)}$  = la población total del área mayor (T) en el año (t)

El coeficiente de proporcionalidad del incremento de la población del área menor en relación al incremento de la población del área mayor es igual a:

$$a_i = \frac{P_i^{(1)} - P_i^{(0)}}{P_T^{(1)} - P_T^{(0)}} = \frac{P_i}{T_T}$$

$$b_i = \frac{P_i^{(1)} + P_i^{(0)} - \frac{P_i}{P_T} (P_T^{(1)} + P_T^{(0)})}{2}$$

Donde la sumatoria de dichos coeficientes es igual a:

$\sum a_i = 1$  y  $\sum b_i = 0$  cuando se proyecta la totalidad de las áreas correspondientes.

Si se parte de considerar como área mayor, a la República Argentina, las estimaciones pueden ser extraídas de la publicación que realiza el INDEC-CELADE, como por ejemplo Proyecciones de población por sexo y grupo de edad: urbana y rural económicamente activa, 1990-2025 y por provincia 1990-2010 (versión revisada febrero 1996). Serie Análisis Demográfico N° 7, INDEC. Buenos Aires.

De la publicación anterior se pueden extraer las estimaciones para la provincia y aplicar la técnica de los incrementos relativos hasta el final del período de diseño, considerando a la misma como área menor.

Luego será necesario proceder a la estimación de las poblaciones correspondientes al departamento, utilizando como base la proyección de la provincia, ahora considerada como área mayor.

Al nivel de las localidades se realiza el mismo procedimiento, considerando como área mayor al partido o departamento y área menor a la localidad.

### 3.4.6. Proyección Demográfica por el Método de los Componentes

Uno de los principales problemas de los métodos anteriores es que ignoran por completo la composición de la población por edad y sexo que influye sobre los componentes indicados en 3.2 y que en definitiva determina el crecimiento vegetativo y los movimientos migratorios de una localidad.

A través del método de los Componentes se realiza una estimación más rigurosa que en los casos anteriores, al proyectar la población por sexo y grupos quinquenales de edad. La predicción se basa en un análisis detallado de los Componentes, nacimientos, defunciones, inmigraciones y emigraciones.

Los nacimientos y defunciones son predictibles en base a información estadística disponible. Al contrario existen varios factores que afectan a la migración; por esta razón, la determinación exacta de este factor es muy compleja. Esta complejidad limita el uso del método de los componentes para grandes conglomerados. Cuando la migración neta no es significativa, puede suponerse igual a cero; entonces el método se aboca solamente a las proyecciones de tendencias simples de fecundidad y mortalidad y a las estimaciones respecto de los nacimientos y de las defunciones por edad y sexo.

El INDEC ha realizado la proyección de la Argentina, aplicando el método de los componentes (Naciones Unidas, 1956), que consiste en proyectar en forma independiente las variables determinantes de dinámica poblacional: Mortalidad, fecundidad y migraciones. El trabajo se ha realizado de acuerdo a las normas tradicionales del CELADE (Centro Latinoamericano de Demografía) denominadas de "conciliación". (Rincón, 1984). Dichos resultados están referidos a la población al 30 de junio.

### **3.4.6.1. Datos Básicos**

Se debe tener especial cuidado con los datos básicos, que pueden provenir de diversas fuentes de variada calidad, tales como proyecciones en uso, que toman en cuenta censos anteriores, resultados del último censo, información proveniente de registros de nacimientos y defunciones, indicios de movimientos migratorios, datos proporcionados por municipios, encuestas, etc.

Es frecuente encontrar incoherencia en esa variada información y es difícil seleccionar.

El método de "los componentes" parte de una población base discriminada por grupos de edades y sexo y proyecta en forma independiente las variables determinantes de dinámica poblacional: mortalidad, fecundidad y migración.

A continuación se presentan los aspectos relativos a los datos básicos y a la metodología utilizada y las estimaciones y proyecciones de mortalidad, fecundidad y migraciones.

#### ***Estadísticas Vitales***

Los datos de registros de nacimientos y defunciones pueden obtenerse de publicaciones de la Dirección Nacional de Estadísticas de Salud, o de Establecimientos Sanitarios locales.

Los que interesan son:

- Defunciones de menores de 1 año, por sexo y edad, desagregada en día y mes.
- Defunciones generales por sexo y edad para cada año del período utilizado para la elaboración de las tablas de mortalidad.
- Nacimientos por sexo.
- Nacimientos por edad de la madre utilizados para el cálculo de fecundidad por edad.
- Índice de masculinidad, que permitirá analizar el comportamiento, tanto de omisión o migración selectiva por edad y sexo.

### 3.4.6.2. Metodología

La proyección por sexo y edad mediante el método de los componentes necesita de la evaluación y ajuste de la información básica y la de la proyección propiamente dicha.

Primeramente:

- Se determina la población base o inicial a partir de la cual se proyectará la población por sexo y grupo quinquenales de edad.
- Se estiman los niveles pasados y actuales de la mortalidad, fecundidad y migración

Luego:

- Se formula en forma independiente para cada uno de los componentes demográficos la hipótesis de evolución futura de la mortalidad, fecundidad y migración.
- Se realiza la proyección de la población por sexo y grupo quinquenales de edad.

En cuanto a las hipótesis de evolución futura de cada componente es recomendable definir:

- Una sola hipótesis de cambio para la mortalidad dado que no se esperan variaciones importantes en el comportamiento de este componente.
- Diferentes hipótesis de evolución de la fecundidad dado que resulta difícil prever su comportamiento futuro debido a los cambios producidos en su tendencia en los últimos años: alta, media o recomendada y baja.
- Diferentes hipótesis referidas a los saldos migratorios.

La proyección de la población por sexo y grupos quinquenales de edad consiste:

- La aplicación de las relaciones de sobrevivencia por sexo y edad a la población base a fin de estimar cuántas de las personas presentes en el momento de partida de cada tramo de edades (tramo etario) se espera que sobrevivan hasta el quinquenio siguiente. Estas relaciones varían de un quinquenio a otro en función de la evolución supuesta de la mortalidad.
- La estimación del número de nacimientos esperados en cada quinquenio de la proyección aplicando las tasas de fecundidad por edad correspondientes a las mujeres en edades reproductivas (15 a 49 años) a cada tramo etario de la población femenina proyectada.
- La estimación de la población de 0 a 4 años de edad sobreviviente al final de cada quinquenio de la proyección aplicando relaciones de sobrevivencia a los nacimientos previamente proyectados.

Así el número de personas ubicadas en el tramo etario  $x$  durante el período  $t$  es igual al número de personas de edad  $x-n$  en el momento  $t-n$ , multiplicado por la tasa de supervivencia para  $n$  años aplicables a dichas personas. Esto es válido para cada tramo, con excepción de quienes tienen una edad inferior a  $n$ , (ya que los niños menores de  $n$  años no habían nacido  $n$  años atrás). Puede utilizarse cualquier intervalo de tiempo entre dos proyecciones, pero resulta conveniente y habitual computar tasas de supervivencias para 5 años.



Para los tramos etarios de entre 5 a 9 años y hasta el grupo superior, 75 a 79 años, es de aplicación la siguiente expresión:

$$P_x^t = P_{(x-n)}^{(t-n)} \cdot n \cdot S_{(x-n)}$$

Donde:

$n$  = intervalo de tiempo entre dos proyecciones (Valor usual, 5 años)

$x$  = edad del grupo etario.

$(x - n)$  = es la edad base del grupo etario.

$t$  = año de proyección.

$t - n$  = año basa de partida para el cual se conoce el número de individuos del grupo en estudio.

$P_x^t$  = es la población de edad  $x$  al año  $t$

$n S_{(x-n)}$  = es el coeficiente de supervivencia para el grupo etario  $(x-n)$  que sobrevive en los siguientes “ $n$ ” años, entre el período “ $t-n$ ” a “ $t$ ”.

Si por ejemplo en 1980 el número de varones de 10 años de edad es de 100 mil y la tasa quinquenal de supervivencia para los varones de esa edad es estimada en 0,99 para 1980-84, el número de varones de 15 años de edad en 1985 resultará ser:

$$P_{15}^{1985} = P_{10}^{1980} \cdot 5 S_{10}$$

$$P_{15}^{1985} = 100.000 \cdot 0,99 = 99.000$$

Cálculos semejantes pueden efectuarse para todas las edades superiores a los 5 años, así como para el grupo etario superior (que por lo general corresponde a  $x$  años y más). Para este último, digamos 80 años y más, la técnica consiste en multiplicar el número de varones de 75 años y más en 1980, por la tasa de supervivencia correspondiente de modo de obtener el grupo etario de 80 años y más en 1985.

Para las edades inferiores a 5 años es necesario estimar el número anual de nacimientos y de quienes sobreviven, 4, 3, 2 o un año después, según el caso. En el caso de los grupos cuya edad es de 5 años no se utiliza este procedimiento, sino que se usa un coeficiente de supervivencia a partir de los nacimientos hasta el grupo etario de 0 a 4 años, los procedimientos de estimación son descriptos más adelante.

Cabe señalar que mientras la fecundidad afecta sólo al primer grupo etario (0 a 4 años), sea cual fuere la proyección específica, los supuestos sobre mortalidad inciden sobre todos los grupos etarios, incluido el primero.

Para el primer grupo etario:

$$P_{(0-4)}^t = B_{(t-5, t)} \cdot {}^5S_b$$

Donde:

$B_{(t-5, t)}$  = número de nacimientos durante el período (t – 5) a t.

${}^5S_b$  = Coeficiente de supervivencia quinquenal desde el nacimiento hasta el grupo etario 0 a 4 años.

### 3.4.6.3. Estimaciones del Número de Sobrevivientes

Las estimaciones y proyecciones de estas variables se hacen con la construcción de las tablas abreviadas de mortalidad para los dos extremos de las últimas décadas censadas.

En el caso del grupo de los menores de 5 años, la función de la tabla de vida se deriva de los registros de la denominada probabilidad de muertes donde se calcula la probabilidad que tiene una persona de edad exacta “x” de fallecer antes de alcanzar la edad “x + n”, en tanto que en el grupo de 5 años y más, la función que se deriva es la tasa anual media de mortalidad por edad.

Para el lector poco familiarizado con las técnicas de construcción de las tablas de mortalidad, el procedimiento utilizado (Greville, 1946) es ampliamente empleado en demografía y expuesto detalladamente en Ortega (1987).

A partir de las tablas representativas de la mortalidad de los extremos de la década se obtienen por interpolación, tablas para los quinquenios intermedios.

En INDEC tiene publicado en la serie de Análisis Demográfico N° 3 y N° 4 la Tabla completa de mortalidad de la Argentina por sexo (1990 – 1992) y las Tablas abreviadas de mortalidad provinciales por sexo y edad (1990 – 1992).

### 3.4.6.4. Estimaciones y Proyecciones de Fecundidad

Los índices que se utilizan con mayor frecuencia para calcular el número de nacimientos incluyen las tasas de:

- Fecundidad específica según edad. (ASFR)
- Tasa general de fecundidad.(GFR)
- Tasa total de fecundidad.(TFR)

La estimación de la fecundidad, se realiza en base al número de nacimiento por quinquenios, obtenidos de los últimos censos o publicaciones del Ministerio de Salud y Acción Social.

De estas entidades se pueden obtener datos históricos de Tasas globales de fecundidad (por mujer) y Tasas de natalidad (por mil).

#### **Proyección**

Para proyectar la fecundidad a partir del último quinquenio censado se utilizan distintas hipótesis:

- La hipótesis que da origen a la variante media o recomendada, supone un descenso de la fecundidad hasta alcanzar aproximadamente el nivel de reemplazo.
- Las otras dos hipótesis dan origen a las variantes alta y baja, donde se supone diferentes tasas globales de fecundidad.

#### **3.4.6.5. Estimación de los SalDOS Migratorios**

##### ***Estimaciones***

No puede dejar de señalarse la muy poco satisfactoria situación que se presentan en lo que se refiere a información básica, para estimar esta variable demográfica. Solamente a través de análisis indirectos que comparan los valores dados por los censos con los que hipotéticamente se tendrían si la población se comportara como una población cerrada, es posible formular algunas conjeturas razonables.

##### ***Proyección***

Tal como se mencionó, las hipótesis sobre el comportamiento futuro de la migración internacional y provincial se sustentan en los datos inéditos del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1991 y en información proporcionada en los censos de otros países.

Es conveniente elaborar diferentes hipótesis de migración considerando distintos saldos migratorios netos por quinquenios.

#### **3.4.6.6. Ritmo de Crecimiento**

Se deberá analizar el ritmo de crecimiento de cada uno de los componentes del crecimiento total, la tendencia pasada y la evolución esperada en base a las diferentes hipótesis, para poder seleccionar la que a juicio del profesional sea la más conveniente.

#### **3.4.6.7. Definición de los Indicadores Demográficos**

A continuación se definen los indicadores demográficos más importantes para una mejor interpretación del método.

- *Fecundidad específica según edad*: Número de nacimientos por mujer de un grupo etario específico (por lo común, grupos etarios quinquenales, desde 15-19 a 40-44 años). Las tasas específicas de fecundidad de mujeres casadas por tramos de edad están relacionadas con el número de nacimientos por mujer casada.
- *Tasa total de fecundidad*: Total de todas las tasas específicas por tramos etarios (sí éstas se encuentran agrupadas en tramos etarios quinquenales, el total se multiplica por 5 para que arroje la Tasa total de fecundidad).
- *Tasa bruta anual de natalidad*: es el contenido entre el número medio anual de nacidos vivos ocurridos durante un período determinado y la población media de dicho período.

- *Tasa global de fecundidad*: representa el número de niños que en un período dado habría nacido por cada mil mujeres sometidas a las tasas de fecundidad observadas para ese período, bajo un supuesto de mortalidad nula desde el nacimiento hasta el fin de la edad fértil.
- *Tasa bruta de reproducción femenina*: es el número medio de hijas nacidas vivas que tendría una cohorte hipotética de nacimientos femeninos si estuviera sometida a un repertorio dado de tasas de fecundidad por edad suponiendo que la mortalidad es nula antes del término del período reproductivo.
- *Tasa bruta anual de mortalidad*: es el cociente entre el número medio anual de defunciones ocurridas en una población durante un período determinado y la población expuesta al riesgo de morir durante ese período. Esta población equivale a la población media del período.
- *Tasa de mortalidad infantil*: es el cociente entre las defunciones de menores de un año y el total de nacimientos vivos de ese año o el número de nacimiento obtenidos por ponderación entre aquellos ocurridos en el año en estudio y el anterior.
- *Tasa neta de reproducción femenina*: es el número medio de hijas nacidas vivas que tendría una cohorte hipotética de nacimientos femeninos si estuviera sometida a un repertorio dado de tasa de fecundidad y de mortalidad por edad.
- *Tasa de crecimiento natural*: se define generalmente como el cociente entre el excedente anual de nacimiento sobre las defunciones y la población media en el período considerado; es por lo tanto igual a la diferencia (algebraica) entre la tasa de natalidad y la tasa de mortalidad.
- *Tasa anual de migración neta*: es el cociente entre el promedio anual de la migración neta de un cierto período y la población media de ese mismo período.
- *Tasa anual media de crecimiento*: es la tasa de crecimiento natural más la tasa anual de migración neta.
- *Índice de masculinidad*: es la relación entre la población masculina y la femenina.

#### 3.4.6.8. Ejemplo

La **Tabla 3** contiene la proyección de la población femenina de la provincia de Entre Ríos para el año 2020. Se adoptó como población base la publicada por el INDEC en la serie de Análisis Demográfico N° 2, Proyecciones de la Población por Provincia según sexo y grupo de edad, para el año 1990.

Los coeficientes de supervivencia para el primer período de proyección fueron extraídos de las Tablas abreviadas de mortalidad provinciales por sexo y edad (INDEC – 1995).

Cabe acotar que en este caso no se han desarrollado las proyecciones de las tablas abreviadas de mortalidad de Entre Ríos, de las cuales se deberían tomar los coeficientes de supervivencia para el resto de los quinquenios. Como este ejemplo es a título ilustrativo y con el fin de mostrar la aplicación del método, se decidió adoptar coeficientes de supervivencia proporcionales a los estimados para la Argentina en la publicación. “Estimaciones y Proyecciones de población – Total del país (1950 – 2050)” de la Serie de Análisis Demográfico N° 5 (INDEC – 1995).

Se utilizaron las Tasas globales de Fecundidad por mujer extraídas de la publicación “Situación y Evolución Social – Síntesis N° 3” (INDEC – 1995).(**Tabla 2**).

Período	Tasa Global de Fecundidad por mujer
1990 - 1995	3,03
1995 - 2000	2,82
2000 - 2005	2,65
2005 - 2010	2,50
2010 - 2015	2,35
2015 - 2020	2,20

**Tabla 2.** Tasa global de fecundidad por mujer

Edad	1990		1995		2000		2005		2010		2015		2020
	Mujeres	Coeficiente Supervivencia	Mujeres	Coeficiente Supervivencia	Mujeres	Coeficiente Supervivencia	Mujeres	Coeficiente Supervivencia	Mujeres	Coeficiente Supervivencia	Mujeres	Coeficiente Supervivencia	Mujeres
0-4	55.129	0,97084	53.287	0,97371	53.412	0,97537	53.204	0,97757	52.752	0,97954	51.906	0,98131	50.253
5-9	54.462	0,97046	53.521	0,97344	51.886	0,97522	52.096	0,97752	52.011	0,97958	51.672	0,98143	50.935
10-14	54.630	0,96876	52.853	0,97186	52.100	0,97375	50.601	0,97613	50.925	0,97828	50.949	0,98020	50.713
15-19	44.241	0,96717	52.923	0,97046	51.366	0,97255	50.732	0,97509	49.393	0,97738	49.819	0,97943	49.940
20-24	36.534	0,96518	42.789	0,96873	51.360	0,97109	49.956	0,97386	49.469	0,97634	48.276	0,97858	48.794
25-29	35.705	0,96224	35.262	0,96611	41.451	0,96880	49.875	0,97183	48.650	0,97456	48.298	0,97701	47.242
30-34	34.115	0,95840	34.357	0,96269	34.067	0,96582	40.157	0,96919	48.470	0,97223	47.412	0,97496	47.188
35-39	31.897	0,95348	32.696	0,95832	33.075	0,96203	32.902	0,96587	38.920	0,96933	47.124	0,97244	46.225
40-44	28.497	0,94640	30.413	0,95201	31.333	0,95651	31.819	0,96099	31.779	0,96503	37.726	0,96867	45.825
45-49	24.990	0,93599	26.970	0,94266	28.954	0,94827	29.970	0,95365	30.578	0,95850	30.668	0,96286	36.544
50-54	23.185	0,91919	23.390	0,92735	25.423	0,93451	27.456	0,94114	28.581	0,94713	29.309	0,95253	29.529
55-59	21.901	0,89715	21.311	0,90737	21.691	0,91671	23.758	0,92511	25.840	0,93271	27.070	0,93957	27.918
60-64	20.009	0,86586	19.648	0,87872	19.337	0,89086	19.884	1,00153	21.979	0,91121	24.101	0,91997	25.434
65-69	17.303	0,81823	17.325	0,83467	17.266	0,85062	17.227	0,86442	19.915	0,87700	20.027	0,88842	22.172
70-74	14.650	0,75164	14.158	0,77298	14.461	0,79430	14.686	0,81258	14.891	0,82933	17.465	0,84461	17.793
75-79	11.125	0,64320	11.012	0,67043	10.944	0,69848	11.486	0,72248	11.934	0,74471	12.350	0,76518	14.751
80+	9.377		13.187		16.223		18.976		22.008		25.277		28.791
Total	517.750		535.103		554.348		574.787		598.094		619.450		640.048

**Tabla 3.** Proyección de la población femenina de la Provincia de Entre Ríos

Como estas tasas están estimadas hasta el año 2010 se decidió disminuir en 0,15 su valor para los quinquenios posteriores.

Los índices de masculinidad para la determinación de la población total se extrajeron de la publicación “Proyecciones de la Población por provincia según sexo y grupo de edad” – Serie de Análisis Demográfico N° 2 (INDEC – 1995). (**Tabla 4**).

Período	Índice de masculinidad
1990-1995	97,28
1995-2000	96,97
2000-2005	96,81
2005-2010	96,75
2010-2015	96,72
2015-2020	96,70

**Tabla 4.** Índice de masculinidad

En 1990 el número de mujeres en el grupo etario de 10-14 años asciende a 54.630. Se supone que sólo el 96.876 % de ellas sobrevivirá al cabo de 5 años, pasado al grupo etario de 15-19, bajo condiciones estipuladas de mortalidad. En 1995, entonces, el número de mujeres entre 15 y 19 años de edad ascenderá a:

$$54.630 \cdot 0,96876 = 52.923$$

Se supone que en los siguientes cinco años sobrevivirán el 97.046 %, con lo que en 2000 el número de mujeres entre 20-24 años de edad equivaldría a

$$52.923 \cdot 0,97046 = 51.360$$

Cálculos semejantes pueden realizarse para los restantes grupos etarios de la población femenina y para cada grupo de los varones, a objeto de considerar la población total por edad y sexo.

Los grupos etarios que merecen particular atención son el primero y el último. El último, 80 años y más está conformado por sobrevivientes que un lustro antes tenían 75 años o más. Por ejemplo para obtener el número de mujeres de más de 80 años en 1995, se debe multiplicar la población femenina de más de 75 años o más (11.125 + 9.377) por la tasa de supervivencia (0.64320), cuyo resultado será 13.187. De la misma se deberán realizar los cálculos para los siguientes lustros.

El primer grupo corresponde a los niños de 0 a 4 años, nacidos durante el período 1990-95. Para los cuales es necesario estimar el número de nacimientos ocurridos durante el período y su supervivencia hasta 1990. El procedimiento que se describe a continuación supone que la Tasa global de fecundidad por mujer se utilizada como índice para formular supuestos de futuros niveles de fecundidad. Cálculos semejantes pueden hacerse, utilizando indicadores como las Tasa de fecundidad específica o Tasa bruta de natalidad.

Para los grupos etarios de varones se pudo confeccionar una tabla semejante a la anterior donde se tengan en cuenta los coeficientes de supervivencia para cada grupo.

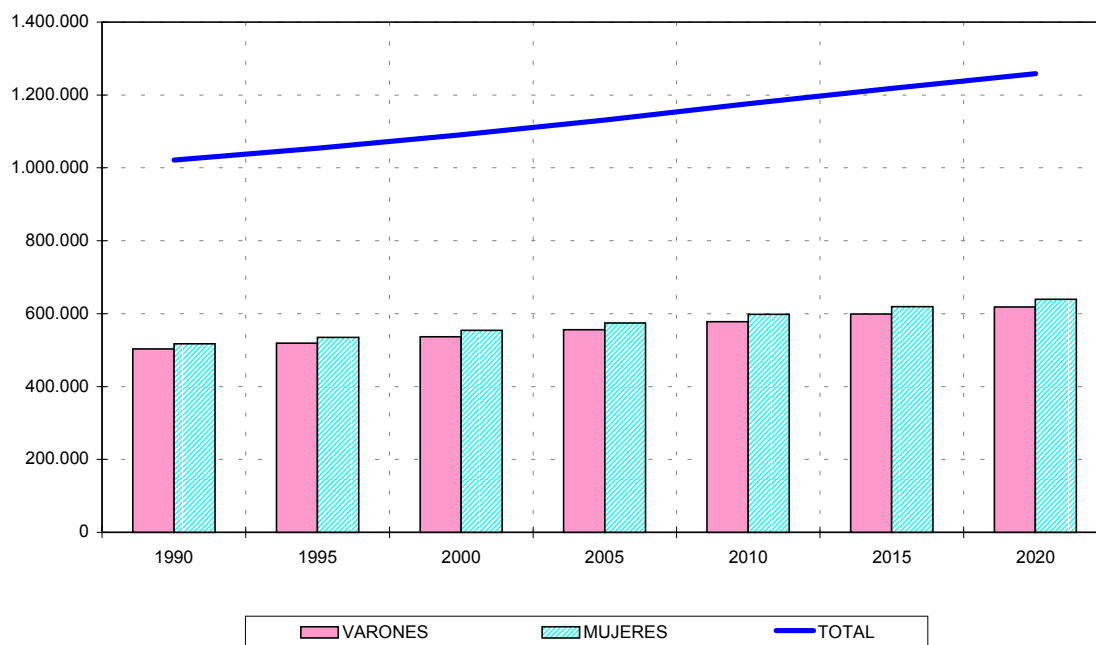
Considerando los valores de índice de masculinidad para cada quinquenio se realizó la **Tabla 5** que contiene las estimaciones por sexo y totales para cada período.

Año	Varones	Mujeres	Total
1990	503.656	517.750	1.021.406
1995	518.889	535.103	1.053.992
2000	536.664	554.348	1.091.012
2005	556.107	574.787	1.130.894
2010	578.477	598.094	1.176.571
2015	599.008	619.450	1.218.458
2020	618.798	640.048	1.258.846

**Tabla 5.** Estimaciones por sexo

Si se comparan estos resultados con los del INDEC se notarán diferencias en los valores obtenidos ya que no se tuvieron en cuenta las migraciones, ni se realizaron las Tablas de mortalidad, de las cuales surgirían los coeficientes de supervivencia para cada quinquenio.

En la **Figura 3** se encuentra la representación gráfica de los valores.



**Figura 3.** Estimaciones de población para la provincia de Entre Ríos. Método de componentes



### **3.4.7. Proyección Demográfica Por Crecimiento Urbano**

Consiste en proyectar simultáneamente todos los centros urbanos provinciales, ajustando el resultado final a la población total de la Provincia para el fin del período de diseño.

Para estimar la población futura se llevan a cabo los siguientes pasos:

- Se estima la población total de la Provincia al fin del período de diseño.
- Se adopta una hipótesis de crecimiento del porcentaje de población urbana en la Provincia y se estima la población urbana total al fin del período de diseño.
- Se proyecta la población por localidad, según se detalla a continuación:
  - Se clasifican las localidades de la Provincia que al último censo hubieran registrado más de 2000 habitantes, en nueve categorías de acuerdo al tamaño: pequeñas, medianas y grandes y de acuerdo a la dinámica de crecimiento: lento, normal y rápido.
  - Se calcula la tasa de crecimiento medio anual intercensal de cada una de las nueve categorías.
  - Se calcula la relación entre las tasas de las nueve categorías.
  - Manteniendo fija la relación verificada entre las distintas categorías, se establecen las tasas de crecimiento que permiten alcanzar la población urbana estimada para el fin del período de diseño.
  - De este modo, partiendo de la población provincial total al fin del período de diseño, se llega a determinar la población de cada centro urbano de la provincia.

## **3.5. POBLACIÓN TEMPORARIA**

En aquellas localidades donde se produzcan variaciones temporarias de población durante el año (debido al turismo o a determinadas actividades temporarias) el proyectista deberá estudiar la situación existente (capacidad de alojamiento, afluencia de turistas, demanda de trabajadores temporarios, etc.) y definir la población temporaria actual, el período en el que ocupa la localidad y la distribución espacial de la misma. Asimismo, se deberá analizar las tendencias de evolución de la actividad que da origen a esa población temporaria y formular las hipótesis de proyección y distribución espacial de la misma acorde con dichas tendencias, dentro del período de diseño. Los valores de población temporaria actual y futura se deben presentar discriminadas respecto de la población permanente de la localidad.

### **3.5.1. Variaciones Temporarias Debidas al Turismo**

De acuerdo a la localidad que se trate la población será diferente durante el período de temporada alta de afluencia turística que fuera de ese período.

Se deberá analizar la oferta de alojamiento incluyendo en una primera aproximación la totalidad de las plazas disponibles en la localidad.

Para su elaboración se pueden obtener datos de la Registros Hoteleros Provinciales, Secretaría de Turismo y en particular efectuar relevamientos censales de la planta urbana. Esto permitirá contabilizar la oferta de unidades en alquiler que se presentan en el mercado en forma temporal y durante las épocas de mayor demanda ya sea en forma indirecta o a través de inmobiliarias.

Se deberá contabilizar las unidades hoteleras como así también las extra – hoteleras. Las primeras comprenden:

- Hoteles.
- Hosterías.
- Residenciales.

y las extra – hoteleras:

- Apart Hoteles.
- Cabañas.
- Campings.
- Casas y departamentos en alquiler.
- Habitaciones en casas de familia.
- Albergues.

De cada clase de establecimiento se determinará las habitaciones por unidad y las plazas por habitación.

Se deberá estudiar la evolución de los porcentajes de ocupación anual en los establecimientos registrados.

- La evolución de los porcentajes de la ocupación hotelera mes por mes.
- Evolución del promedio de estadía de los turistas en temporada alta.

Si la localidad turística se encuentra cercana a un centro urbano importante, con facilidad de acceso a la misma (autopista, transporte, etc.) se deberán tener en cuenta las casas de fin de semana existentes en la localidad.

A veces es imposible realizar un censo diario para medir la cantidad de personas que entran y salen de la localidad; en estos casos es recomendable utilizar métodos confiables de encuestas, aplicando técnicas de muestreo estratificado.

### 3.6. SELECCIÓN DEL MÉTODO A UTILIZAR

En la **Tabla 6**, se observan las ventajas e inconvenientes que presentan los distintos métodos en relación a los siguientes criterios de selección:

- Complejidad de la siguiente implementación;
- Volumen y calidad de la información requerida y
- Probabilidad de que se produzcan desvíos excesivos

Métodos	Nivel de Complejidad de su Implementación	Volumen de Información Requerida	Probabilidad de que se Produzcan Desvíos Excesivos
Matemáticos: a) Ajuste Lineal b) Tasas Geométricas a) Curva logística	Media Baja Media	Baja Baja Baja	Alta Alta Media
De correlación: d) Relación-Tendencia e) Incremento-Relativo f) Crecimiento Urbano	Media Media Media	Baja Baja Media	Media Media Media
Por sexo y grupos de edad: g) Componentes	Alta	Alta	Baja

**Tabla 6.** Comparación de las metodologías de proyección

De la observación de la **Tabla 6** se desprenden las siguientes conclusiones:

- Los tres métodos matemáticos presentan como principal ventaja la facilidad de su aplicación, debido a que su implementación es relativamente sencilla ya que la única información que requieren es la población total de la localidad de los últimos tres censos. Su mayor debilidad es que los resultados pueden fluctuar en un amplio intervalo. En general, tanto el método de ajuste lineal como el de la curva logística, subestiman el crecimiento de localidades relativamente pequeñas. En el extremo opuesto, el método de la tasa media acumulativa constante suele sobrestimar el crecimiento, especialmente si el período de proyección es relativamente largo. En este sentido, el método basado en las tasas medias anuales decrecientes permite controlar el riesgo de sobreestimación implícito en la ley de crecimiento geométrico.
- Los métodos de correlación propuestos exigen un esfuerzo de implementación mayor, sobre todo el método de crecimiento urbano que requiere información sobre todos los centros urbanos provinciales. Como contrapartida, los resultados que se obtienen resultan en general más ajustados, dado que el crecimiento de la localidad

se compatibiliza con el crecimiento de la provincia y con el crecimiento del país en su conjunto.

- El método de los componentes es el de mayor rigor demográfico, pero resulta muy exigente en cuanto a la cantidad y calidad de la información que requiere (inexistente para localidades pequeñas) y, a la vez, su implementación es relativamente compleja.

Del análisis efectuado se desprende que si lo que se busca priorizar es la simplicidad y la facilidad de implementación, convendrá utilizar algún método matemático. Dentro de este grupo, el que garantiza los mejores resultados es el de las tasas medias anuales decrecientes. Por otra parte, si lo que se prioriza es la calidad de los resultados, convendrá utilizar un método de los denominados de correlación. Dentro de este grupo, el que presenta la menor exigencia de información y el menor esfuerzo de implementación, es el de la relación-tendencia.

### 3.7. RESTRICCIONES Y LIMITACIONES

La “predicción de población” es una acción necesaria en casi todos los proyectos de servicio público, considerando que constituye una de los factores más importantes de diseño, con un alto factor de error o incertidumbre. Esto conlleva a la necesidad de realizar, tanto una revisión de los métodos utilizados y la determinación de su exactitud relativa, como un análisis de los factores que influyen en los resultados.

Los factores que determinan la exactitud de los resultados son:

- a) *Selección de población presente.* Todos los métodos parten de una “población presente o actual”, obtenidos de censos oficiales o especiales de un área geográfica específica o cerrada; censos que, en sí mismos, por su ejecución, por los límites del área o las restricciones de movimiento poblacional, tienen un porcentaje de error.
- b) *Modelos de crecimiento.* Con relación a los modelos predictivos utilizados, influyen los siguientes factores: conocimiento de modelos de crecimiento de población, lo cual influye en forma fundamental en la población futura.

Esta restricción tecnológica conlleva a la obtención de diversos resultados para el análisis de iguales datos.

Los métodos en sí mismos, no pueden decirse que sean buenos o malos, además no son “sensibles” a variaciones de condiciones externas; el éxito o fracaso depende esencialmente de la selección del método, modelo o curva que más se ajuste a la tendencia de crecimiento de la población que se estudia.

- c) *Tiempo de predicción.* Estudios realizados por Schmit y Crosetti indicados en el **Tabla 7**, demuestran el incremento de error en función de la extensión del período de extrapolación.

Método	Error %	
	10 años	20 años
Curva Logística	8.8	10.6
Correlaciones	9.3	15.6
Proyección aritmética	14.2	18.8
Proyección geométrica	33.0	61.0
Proyección gráfica	34.9	61.6

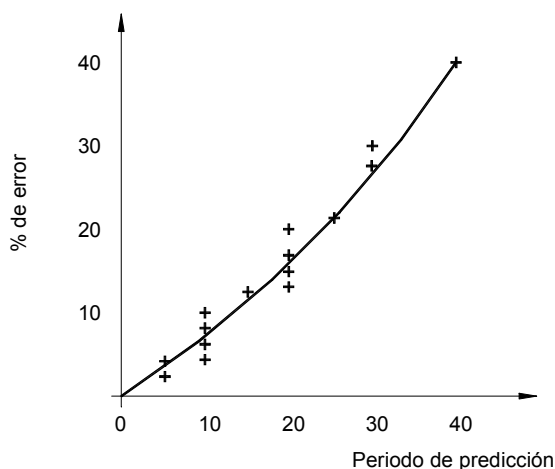
Fuente: Short-cut Methods of Forecasting City Population.  
Marketing. Vol. 17 1953.

Nota: El método de proyección gráfica (no desarrollado en la presente Fundamentación) consiste en la prolongación gráfica de la curva de crecimiento, en base a datos correspondientes a censos efectuados.

Se traza una línea a juicio del proyectista, que se ajuste a los datos, prolongándola hasta el final del período de diseño.

**Tabla 7.** Grado de exactitud en estimación de población en ciudades grandes

Siegel, examinó los resultados de 90 predicciones, reportando los siguientes resultados: 7.6% para predicciones menores a cinco años y 9,6% para períodos mayores. Demostrando un crecimiento exponencial del error en función del período de predicción. Estos datos se representan en la **Figura 4**.



**Figura 4.** Incremento de error en función del período de predicción.

Hoeser evaluó 119 informes técnicos de crecimiento poblacional para 405 casos, encontrando que solo nueve habían dado resultados correctos; 310 tenían errores de 0,5 a 1% para el primer año, un 2% para los 5 años y hasta 42% para 30 años.

Estos resultados indican que a medida que aumenta el período de proyección los errores en las predicciones son mayores independiente del método o modelo utilizado.

- d) *Tasas de crecimiento*: Siegel, Shyrock y Greemberg encontraron que los métodos matemáticos de crecimiento son muy sensibles en lo relacionado con las tasas de crecimiento, como se demuestra en la **Tabla 8**.

Tasas de crecimiento	2 – 3 %	1 – 2 %
% de error	12.16	4.81

**Tabla 8.** Influencia de la tasa de crecimiento de población en la exactitud de las predicciones para 22 ciudades.

- e) *El tamaño de la ciudad o área geográfica*: En el estudio mencionado anteriormente se demostró que el porcentaje de error crece con el tamaño de la ciudad o área geográfica. Pero los modelos demográficos son menos sensibles a este factor, encontrando apenas un 1% de diferencia de errores en estimación de población en (46) ciudades grandes y en (46) pequeñas localidades.

### 3.8. APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS

En la **Tabla 9** se presentan estimaciones de proyección para 27 localidades del Gran Buenos Aires realizadas por los métodos de Curva Logística, Tasa Geométrica Decreciente y Relación Tendencias, estas proyecciones se realizaron tomando como base los censos nacionales de los años '60, '70 y '80.

De la comparación con los datos del censo '91 surge que:

- En el 50% de las localidades no es de aplicación el método de Curva Logística.
- La dispersión mínima y máxima obtenida en la aplicación de cada método es la siguiente:
  - Curva Logística: -20% al +14%
  - Tasa Geométrica Decreciente: -38% al 25%
  - Relación Tendencia: -30% al 1%

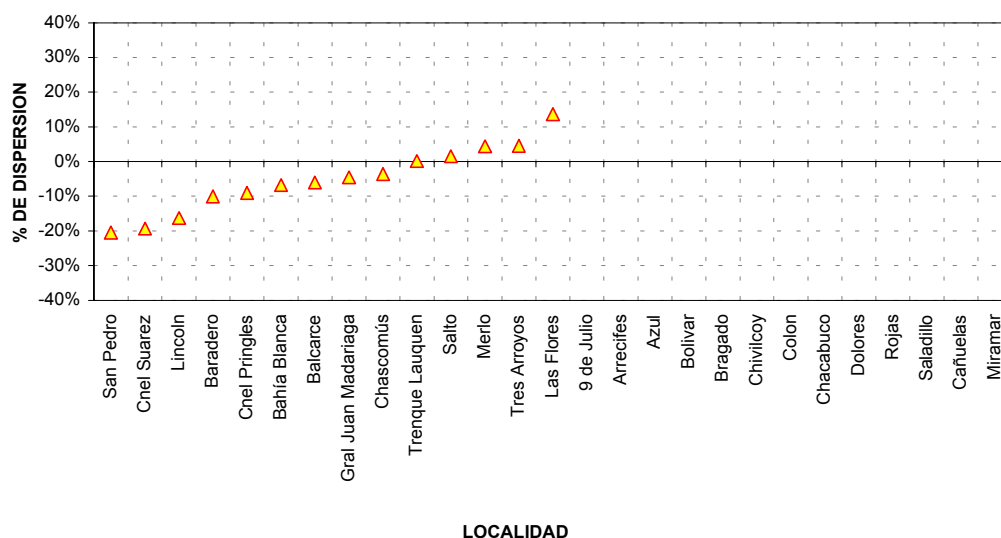
Analizando los resultados se observa que el método que presenta mayor diferencia porcentual entre los valores censados y estimados es el de Tasa Geométrica Decreciente. Mientras que los métodos de Curva Logística y Relación Tendencia presentan una dispersión entre el 34 y el 31% respectivamente.

Se observa que el método de Curva Logística alcanzan tanto valores inferiores como superiores a los reales, mientras que los resultados arrojados por el método de Relación – Tendencia muestra en casi la totalidad de los casos valores inferiores a los reales, debido a la atenuación propia del método al comparar con los crecimientos de las áreas mayores.

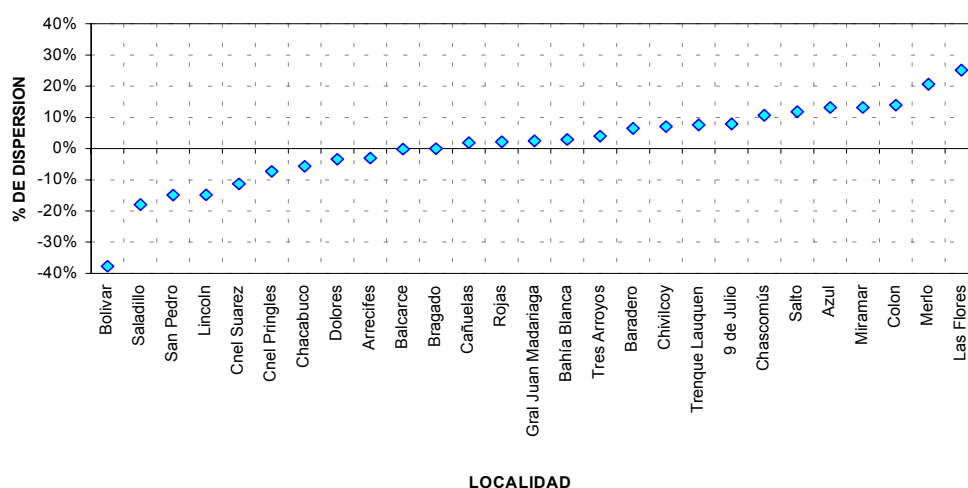
	LOCALIDAD	DATOS CENSO 1991	METODO DE PROYECCION			DIFERENCIA ENTRE LOS VALORES LOS ESTIMADOS Y LOS CENSADOS			DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE L LOS ESTIMADOS Y LOS CENS		
			LOGISTICO	TASA DECRECIENTE	RELACION TENDENCIA	LOGISTICO	TASA DECRECIENTE	RELACION TENDENCIA	LOGISTICO	TASA DECRECIENTE	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	
1	San Pedro	36.841	29.290	31.335	27.458	-7.551	-5.506	-9.383	-20%	-15%	
2	Cnel Suarez	20.726	16.721	18.368	16.550	-4.005	-2.358	-4.176	-19%	-11%	
3	Lincoln	24.397	20.423	20.778	19.179	-3.974	-3.619	-5.218	-16%	-15%	
4	Baradero	23.690	21.316	25.217	20.564	-2.374	1.527	-3.126	-10%	6%	
5	Cnel Pringles	18.303	16.650	16.964	16.629	-1.653	-1.339	-1.674	-9%	-7%	
6	Bahía Blanca	260.096	242.477	267.554	225.050	-17.619	7.458	-35.046	-7%	3%	
7	Balcarce	31.807	29.888	31.750	29.250	-1.919	-57	-2.557	-6%	0%	
8	Gral Juan Madariaga	17.075	16.301	17.490	13.770	-774	415	-3.305	-5%	2%	
9	Chascomús	25.264	24.349	27.950	22.408	-915	2.686	-2.856	-4%	11%	
10	Trenque Lauquen	25.903	25.950	27.873	22.991	47	1.970	-2.912	0%	8%	
11	Salto	20.949	21.275	23.424	18.907	326	2.475	-2.042	2%	12%	
12	Merlo	385.151	402.207	464.630	306.881	17.056	79.479	-78.270	4%	21%	
13	Tres Arroyos	44.923	46.957	46.693	42.555	2.034	1.770	-2.368	5%	4%	
14	Las Flores	18.716	21.275	23.424	18.907	2.559	4.708	191	14%	25%	
15	9 de Julio	30.356		32.747	27.411		2.391	-2.945		8%	
16	Arrecifes	20.999		20.358	18.573		-641	-2.426		-3%	
17	Azul	44.062		49.869	44.420		5.807	358		13%	
18	Bolivar	23.113		14.395	16.172		-8.718	-6.941		-38%	
19	Bragado	31.224		31.207	27.506		-17	-3.718		0%	
20	Chivilcoy	47.671		51.017	44.499		3.346	-3.172		7%	
21	Colon	17.885		20.370	16.475		2.485	-1.410		14%	
22	Chacabuco	30.535		28.789	26.793		-1.746	-3.742		-6%	
23	Dolores	22.060		21.296	19.507		-764	-2.553		-3%	
24	Rojas	17.202		17.568	14.749		366	-2.453		2%	
25	Saladillo	19.094		15.656	14.909		-3.438	-4.185		-18%	
26	Cañuelas	19.016		19.370	15.368		354	-3.648		2%	
27	Miramar	19.569		22.149	16.083		2.580	-3.486		13%	

**Tabla 9.** Comparación de resultados de estimaciones por diferentes métodos con datos censados

Las conclusiones anteriormente mencionadas se extraen de la **Figura 5** a **Figura 7** donde han sido graficadas las diferencias porcentuales entre los valores estimados en los distintos métodos y el censo en 1991 por el INDEC. Para la elaboración de dichos gráficos los datos se ordenaron en forma creciente por método.

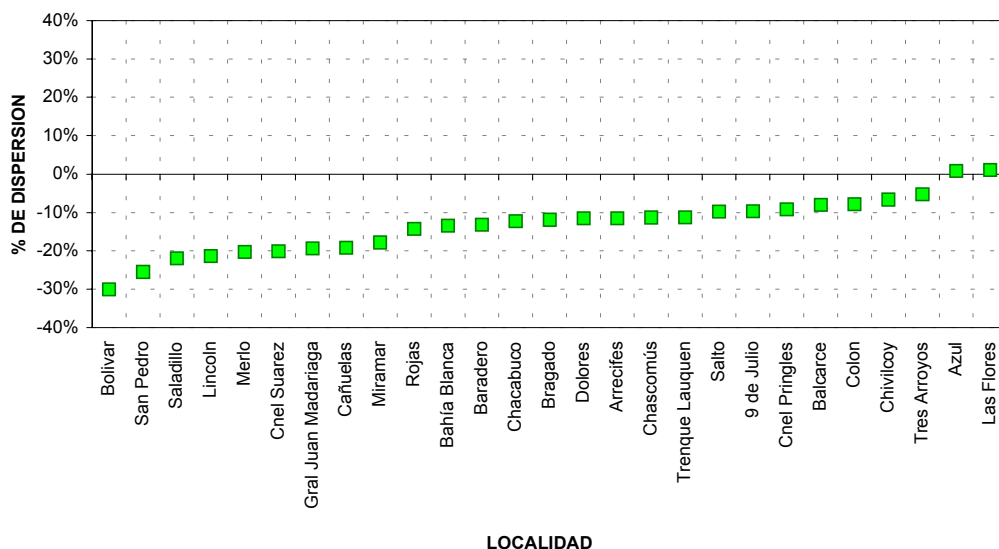


**Figura 5.** Dispersión de los resultados entre las estimaciones con el método de la curva logística y los datos del censo 1991



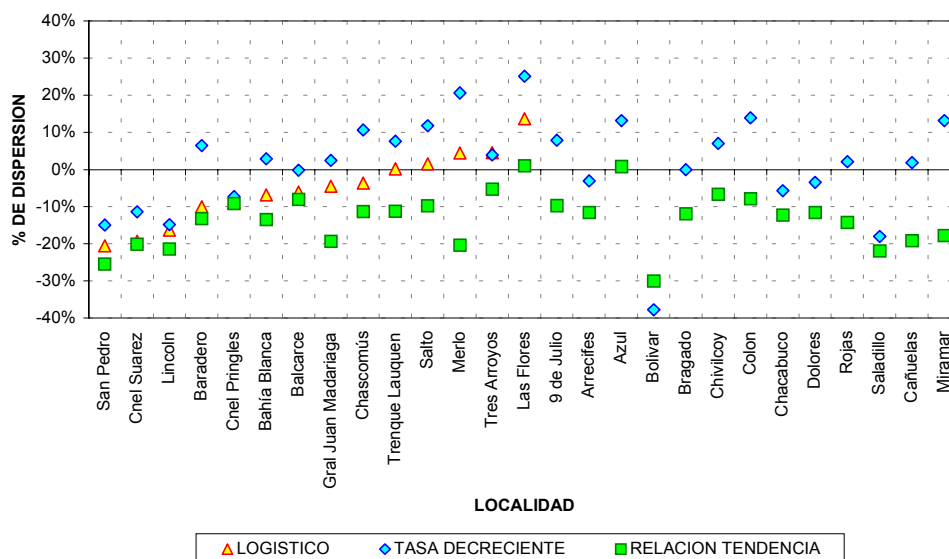
**Figura 6.** Dispersión de los resultados entre las estimaciones del método de las Tasas Decrecientes y los datos del censo 1991





**Figura 7.** Dispersión de los resultados entre las estimaciones del método Relación Tendencia y los datos del censo 1991

La **Figura 8** muestra para cada localidad la dispersión porcentual de las estimaciones realizadas.



**Figura 8.** Dispersión de los resultados entre las estimaciones de los diferentes métodos de proyección y los datos del censo 1991

### 3.9. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

- a) La confiabilidad de los valores obtenidos a través de los métodos de proyección disminuye a medida que la fecha de ejecución de los estudios se aleja del año de realización del último censo de población. Por tal razón, será necesario analizar la consistencia de la proyección confrontado las cifras estimadas por aquella con la evolución verificada por algunos indicadores demográficos indirectos, desde el año del último censo disponible hasta la fecha de ejecución de los estudios.
- b) A tal efecto, se debe comparar la tasa de crecimiento demográfico implícita en la proyección con la tasa de crecimiento que registren indicadores tales como:
- Matricula escolar.
  - Cantidad de conexiones eléctricas.
  - Cantidad de conexiones de agua potable.
  - Padrón electoral.
- c) Otro indicador que puede utilizarse para corroborar la validez de las estimaciones, es el número total de inmuebles edificados existentes en la localidad al momento de realizar los estudios. El recuento de los inmuebles se puede llevar a cabo en oportunidad de efectuar una eventual encuesta socio-económica. A partir del número total de inmuebles se puede estimar el número total de habitantes multiplicando el total de viviendas por la cantidad promedio de habitantes por vivienda. La relación habitante / viviendas es un valor que puede obtenerse del último censo o de los datos recogidos por la encuesta que se realice en la localidad. No obstante, conviene aclarar que los datos sobre población que se infieran de una encuesta de este tipo sólo podrán ser tomados como estimaciones.
- d) Si en la comparación de la proyección demográfica con respecto al promedio de los indicadores indirectos, incluida la eventual encuesta, se produjera un desvío significativo, se deberá reemplazar el método de proyección por otro que minimice la diferencia entre el dato de población total que arroje el método adoptado y la población total que se infiere de los indicadores.

### 3.10. EJEMPLOS DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS

A continuación se desarrollan estudios demográficos de centros urbanos de distintos tamaños de población, con el fin de mostrar la forma de utilización de la metodología y como influyen de los diferentes métodos en los resultados obtenidos de acuerdo al tamaño de la población.

Fueron seleccionadas las siguientes localidades:

Localidad	Año del censo	Población
Charata (Pcia. del Chaco)	1991	15.836
Olavarría (Pcia. de Bs. As.)	1991	75.714
Río IV (Pcia. de Córdoba)	1991	135.373
Río de Janeiro (Brasil)	1996	5.551.538

### 3.10.1. Ejemplo 1: Estudios Demográficos de Charata

En el presente numeral se analizará la evolución histórica, la estimación actual, como punto de partida para realizar la proyección de la población de la localidad de Charata en la provincia del Chaco.

La evaluación del crecimiento demográfico se realiza por medio de distintos métodos analizándose los resultados obtenidos y determinando el más confiable.

En el presente estudio la población inicial coincide con el año 2000 para la localidad de Charata.

El período de proyección fue establecido basándose en el período de diseño de las instalaciones (20 años), definiéndose como horizonte final al año 2020.

Para determinar la población inicial se tomaron los datos del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 1991. Los datos consignados por el INDEC en su publicación corresponden a la fecha de realización del censo, 15 de Mayo de 1991. Los resultados del presente estudio se harán coincidir con el 30 de junio, por lo cual se realizarán las correcciones necesarias.

#### **Evolución Histórica de la Población**

En la **Tabla 10** se presenta la evolución histórica de la localidad a partir del Censo Nacional de 1960 hasta el de 1991 y los correspondientes crecimientos intercensales. Los valores han sido corregidos al 30 de junio. En la misma Tabla se pueden apreciar las tasas medias anuales para cada período intercensal, las que fueron calculadas basándose en la siguiente expresión.

$$i = 100 \left[ \sqrt[n]{\frac{P_2}{P_1}} - 1 \right]$$

Donde:

$i$  = tasa media de crecimiento anual durante el período de “n” años (% / año).

$P_1$  = población al comienzo del período intercensal (habitantes).

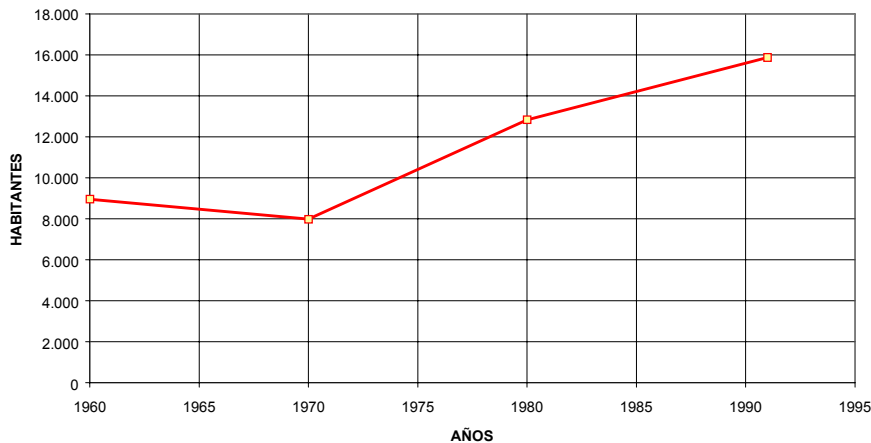
$P_2$  = población al final del período intercensal (habitantes).

$n$  = duración del período intercensal (años).

Año	Habitantes	Crecimiento intercensal %	Tasa media anual %
1960	8.953		
1970	7.975	-10.92	-1.15
1980	12.833	60.91	4.87
1991	15.873	23.69	1.95

**Tabla 10.** Crecimientos intercensales y tasas medias anuales de la localidad de Charata

La evolución histórica de la localidad ha sido representada en el **Figura 9**.



**Figura 9.** Evolución demográfica histórica de la Localidad de Charata

Analizando los resultados anteriores se observa que la localidad de Charata en el período '60 a '70 experimentó un elevado descenso de población, lo cual se vislumbra a través de la tasa media anual negativa. En el período siguiente su recuperación fue considerable, alcanzado el 4,87%, para luego descender al 1,95% en el último período intercensal.

Con respecto a las tendencias, en los últimos dos períodos intercensales, la localidad ha experimentado un descenso de la tasa media anual importante, presentando una clara inflexión, como ocurre en aquellas localidades que tienden a la saturación.

A continuación se desarrollan los siguientes métodos de proyección demográfica:

- Tasa Decreciente.
- Curva Logística.
- Relación – Tendencia.

d) Incrementos Relativos.

**a) Proyección Demográfica por Tasa Geométrica Decreciente**

En este método la tasa media anual a emplear se define basándose en un análisis de las tasas medias anuales de los dos últimos períodos intercensales, por lo tanto se tomaron como punto de partida los valores extraídos de los tres últimos censos del INDEC.

Las tasas medias anuales históricas se calculan a través de las expresiones desarrolladas en el numeral 3.2.2:

$$i_I = \sqrt[n]{\frac{P_{80}}{P_{70}}} - 1$$

$$i_{II} = \sqrt[n]{\frac{P_{91}}{P_{80}}} - 1$$

donde :

$i_I$  = tasa media anual de variación de la población durante el período censal, 1970-1980.

$i_{II}$  = tasa media anual de variación de la población del período censal, 1980-1991.

$P_{70}$  = N° de habitantes correspondientes al Censo de 1970.

$P_{80}$  = N° de habitantes correspondientes al Censo de 1980.

$P_{91}$  = N° de habitantes correspondientes al Censo de 1991.

$n_1$  = número de años del período censal 1970-1980 (10 años)

$n_2$  = número de años del período censal 1980-1991 (11 años)

$$i_{70-80} = \sqrt[10]{\frac{12.833}{7.975}} - 1 = 0,04872$$

$$i_{80-91} = \sqrt[11]{\frac{15.873}{12.833}} - 1 = 0,01952$$

Para definir la tasa con que se proyectará en el período 1991/00 se comparan la tasa  $i_{70/80}$  con la  $i_{80/91}$ , como esta última resulta menor que la primera, se adopta como  $i_{91/00}$  un valor igual al de la tasa  $i_{80/91}$ .

Una vez definida la tasa que se usará para la proyección al año 2000 se aplica la siguiente expresión :

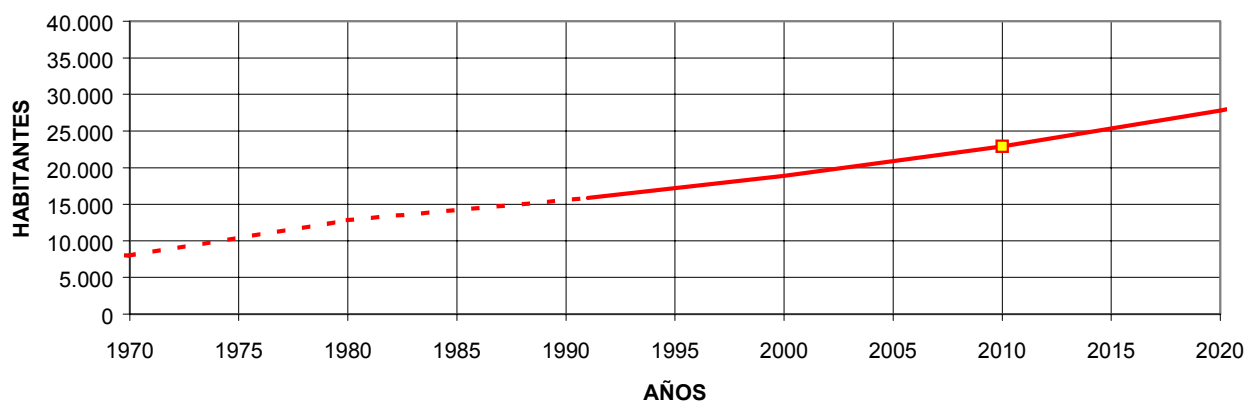
$$P_{00} = P_{91} (1 + i_{91/00})^{(2000-1991)} = 15.873 (1 + 0.01952)^9 = 18.889$$

De la misma manera se calculan las tasas  $i_{00/10}$  e  $i_{10/20}$ . con las cuales se realizarán las proyecciones para los años 2010 y 2020.

En este caso la tasa  $i_{11}$  resulta menor que la  $i_{11}$ , el método establece que la proyección se realice a tasa constante e igual a la del último período, como se observa en el **Tabla 11** donde están consignados los valores de las tasas calculadas y los adoptados para cada período acompañados de los resultados de las proyecciones para los veinte años previstos. (Ver **Figura 10**).

Año	Habitantes	Tasa Media Anual (%/año)	
1970	7.975	$i_{70/80}$	0,04872
1980	12.833		
1991	15.873	$i_{80/91}$	0,01952
2000	18.889	$i_{91/00}$	0,01952
2010	22.917	$i_{00/10}$	0,01952
2020	27.803	$i_{10/20}$	0,01952

**Tabla 11.** Proyección demográfica por tasa geométrica decreciente para la localidad de Charata



**Figura 10.** Proyección demográfica de la Localidad de Charata por el método de tasas geométricas decrecientes

### b) Proyección Demográfica por Curva Logística

El ajuste de una curva logística a una serie numérica se hace por medio de los “puntos elegidos”, para lo cual se toman tres puntos de la curva que estén en la línea de la tendencia. De este modo se obtiene un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas que permiten determinar los tres parámetros de la curva.

Para simplificar la resolución del sistema de ecuaciones se toman tres puntos de las abscisas que se encuentren equidistantes (tiempo) y se ubica el comienzo del tiempo (t) en el primero de ellos, de esta forma se obtienen tres puntos en correspondencia con los tres pares de valores tiempo-población (t,p) según el siguiente detalle :

$$t_1 = 0 \quad P_1 = P_{70} = 7.975 \text{ hab.}$$

$$t_2 = t.. = 10 \quad P_2 = P_{80} = 12.833 \text{ hab.}$$

$$t_3 = 2t = 20 \quad P_3 = P_{90} = 15.569 \text{ hab.}$$

A fin de contar con igual período intercensal (10 años) en el intervalo de tiempo considerado 1970-1991, se estimó la población correspondiente al año 1990, considerando un crecimiento geométrico a partir de los datos de los Censos Nacionales de 1980 y 1991, resultando 15.569 hab.

La curva logística se ajusta a la siguiente expresión para períodos anuales:

$$P_n = \frac{K}{1 + e^{(b-an)}}$$

donde :

$P_n$  = población del año n

$K$  = constante que representa el valor máximo de  $P$  , valor de saturación

$a$  = constante que determina la forma de la curva

$b$  = constante que determina la forma de la curva

$e$  = base de los logaritmos neperianos

$n$  = número de años considerados

Las constantes de cada curva se calculan con las siguientes expresiones:

$$K = \frac{2P_{70}P_{80}P_{90} - P_{80}^2(P_{70} + P_{90})}{P_{70}P_{90} - P_{80}^2} = \frac{2 \cdot 7.975 \cdot 12.833 \cdot 15.569 - 12.833^2(7.975 + 15.569)}{7.975 \cdot 15.569 - 12.833^2} = 17.043$$

$$a = \frac{\ln\left(\frac{(K - P_2)P_3}{(K - P_3)P_2}\right)}{t} = \frac{\ln\left(\frac{[17.043 - 12.833] \cdot 15.569}{[17.043 - 15.569] \cdot 12.833}\right)}{10} = 0,124$$

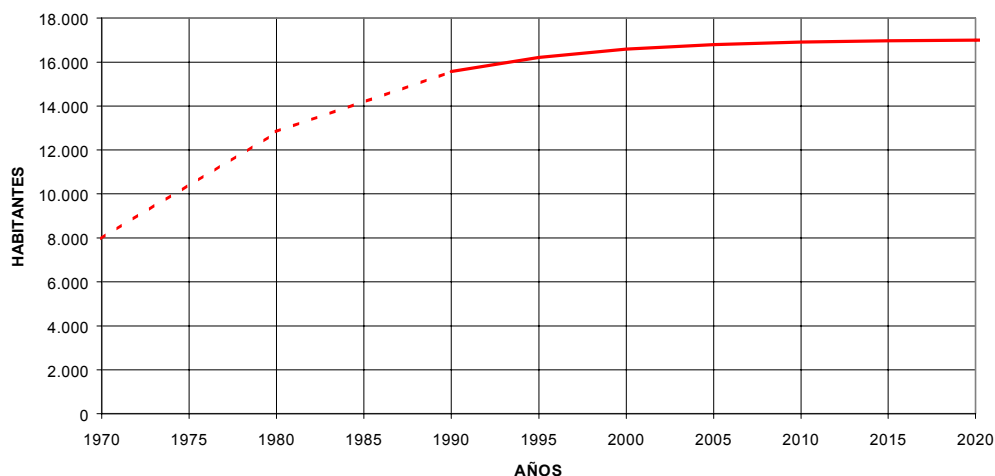
$$b = \ln\left(\frac{K - P_1}{P_1}\right) = \ln\left(\frac{17.043 - 7.975}{7.975}\right) = 0,128$$

Por último en la **Tabla 12** se muestra la proyección de la población, por quinquenios, hasta el final del período de diseño.

Año	Habitantes
1990	15.569
1995	16.218
2000	16.590
2005	16.796
2010	16.910
2015	16.971
2020	17.004

**Tabla 12.** Proyección demográfica de la Localidad de Charata por el método de la Curva Logística

La **Figura 11** muestra la estimación de población que surgen de la aplicación del método.



**Figura 11.** Proyección demográfica de la Localidad de Charata por el método de la Curva Logística

### c) Proyección Demográfica por Relación - Tendencias

Este método se basa en el análisis de las relaciones entre la población total del país, de la provincia del Chaco, del departamento y de la localidad y en las tendencias de evolución de las mismas.



En la **Tabla 13** se puede apreciar la población total del país entre los años 1970 y 2020, cuyos valores se extrajeron de la publicación Estimaciones y Proyecciones de Población Total del País (versión revisada) 1950-2050, INDEC-CELADE. Serie de Análisis Demográfico N° 5, Buenos Aires, 1995. En dicha publicación se considera la población al 30 de Junio de cada año.

Año	Habitantes
1970	23.962.313
1980	28.093.507
1990	32.527.095
2000	37.031.802
2010	41.473.702
2020	45.347.004

Fuente: INDEC-CELADE población al 30 de junio

**Tabla 13.** Población de la República Argentina según datos históricos y estimaciones futuras proporcionados por el INDEC-CELADE

Para el caso de la Provincia del Chaco se usaron los datos de los censos nacionales de los años 1970, 1980 y 1991, interpolando linealmente entre los dos últimos para obtener la población del año 1990.

Para proyectar la población de la provincia entre los años 2000 y 2020 se siguieron los pasos que a continuación se detallan:

- Se calcula la relación entre la provincia del Chaco y el país para los años 1970, 1980 y 1990, valores que se encuentran en la columna 4 de la **Tabla 14**.
- En la columna 5 del mencionada **Tabla**, se calcula el logaritmo de las relaciones.
- Se determina el incremento de los logaritmos a través de la diferencia entre ellos y se consignan en la columna 6.

Año	Población		Relación (3)/(2)	Log.(4)	Incremento	Año medio
	País	Pcia. del Chaco				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1970	23.962.313	566.613	0,02365	-1,62624		
1980	28.093.507	701.392	0,02497	-1,60265	0,02360	1975
1990	32.527.095	826.052	0,02540	-1,59524	0,00741	1985
2000	37.031.802	968.593	0,02616	-1,58243	0,01280	1995
2010	41.473.702	1.120.011	0,02701	-1,56855	0,01388	2005
2020	45.347.004	1.265.739	0,02791	-1,55420	0,01435	2015

**Tabla 14.** Proyección demográfica de la Provincia de Chaco

A continuación se proyecta la relación entre la provincia y el país para los años 2000, 2010 y 2020 en la forma siguiente:

Se calcula la inversa del número de años transcurridos entre el punto medio del período proyectado y el punto medio del período observado.

$$c = 1/(n_1 - n_2)$$

Donde el significado de los coeficientes es igual al indicado en numeral 3.2.4.

*Ejemplo:*

$$n_1 = \frac{1990 + 2000}{2} = 1995$$

$$n_2 = \frac{1970 + 1980}{2} = 1975$$

reemplazando en la fórmula del coeficiente c los valores anteriores

$$c = \frac{1}{(1995 - 1975)} = \frac{1}{20} = 0,050$$

Los restantes resultados de la **Tabla 15** se obtienen de la misma forma:

Se calcula el logaritmo de la relación entre la provincia y el país en el año 2000, sumando al logaritmo de la relación verificada en 1990 el promedio ponderado de los incrementos observados. Siendo el coeficiente de ponderación de estos incrementos la inversa del número de años transcurridos entre el punto medio del período observado y el proyectado.

Para los siguientes años se sigue el mismo procedimiento, encontrándose los valores obtenidos en la **Tabla 14**.

Período Observado	Período Proyectado		
	1990-2000 (1995)	2000-2010 (2005)	2010-2020 (2015)
(1)	(2)	(3)	(4)
1970-1980	0,050	0,033	0,025
1980-1990	0,100	0,050	0,033

**Tabla 15.** Coeficiente de ponderación

De la misma forma en la **Tabla 16** y **Tabla 17**, se proyectan las poblaciones del Departamento Chacabuco y de Charata.

Año	Población		Relación (3)/(2)	Log(4)	Incremento	Año medio
	Pcia. Del Chaco	Dto. Chacabuco				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1970	566.613	14.654	0,02586	-1,58733	0,04003	1975
1980	701.392	19.891	0,02836	-1,54730	-0,01345	1985
1990	826.052	22.712	0,02749	-1,56076	0,00437	1995
2000	968.593	26.900	0,02777	-1,55638	0,00794	2005
2010	1.120.011	31.680	0,02829	-1,54844	0,00947	2015
2020	1.265.739	36.591	0,02891	-1,53898		

**Tabla 16.** Proyección demográfica del Departamento Chacabuco

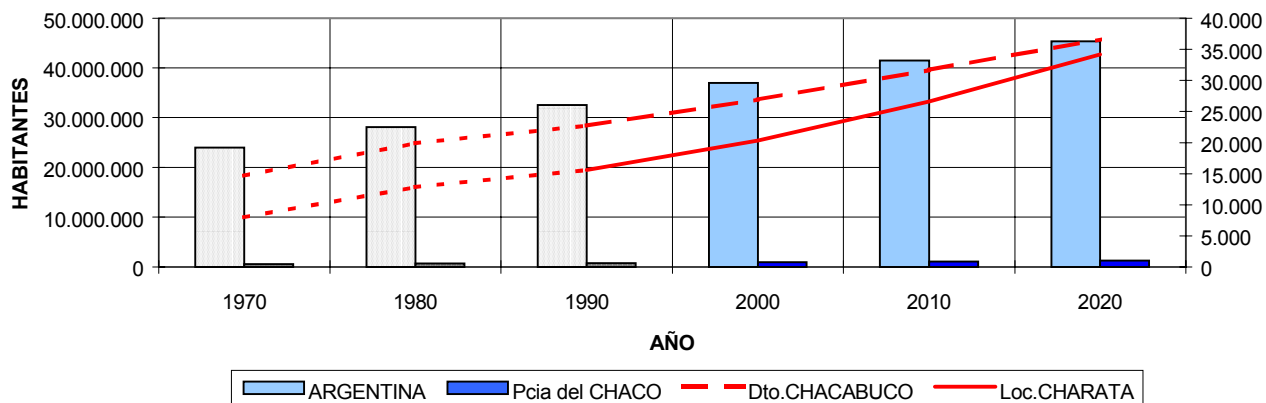
Año	Población		Relación (3)/(2)	Log (4)	Incremento	Año medio
	Dto. Chacabuco	Loc. Charata				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1970	14.654	7.975	0,54422	-0,26423	0,07389	1975
1980	19.891	12.833	0,64515	-0,19034	0,02635	1985
1990	22.712	15.569	0,68550	-0,16399	0,04220	1995
2000	26.900	20.322	0,75545	-0,12180	0,04536	2005
2010	31.680	26.567	0,83863	-0,07643	0,04672	2015
2020	36.591	34.171	0,93388	-0,02971		

**Tabla 17.** Proyección demográfica de la Localidad de Charata

La **Tabla 18** resume las proyecciones demográficas realizadas por este método, representados en la **Figura 12**.

	Año					
	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Argentina	23.962.313	28.093.507	32.527.095	37.031.802	41.473.702	45.347.004
Pcia. del Chaco	566.613	701.392	826.052	968.593	1.120.011	1.265.739
Dto. Chacabuco	14.654	19.891	22.712	26.900	31.680	36.591
Loc. Charata	7.975	12.833	15.569	20.322	26.567	34.171

**Tabla 18.** Resumen de las proyecciones demográficas



**Figura 12.**Proyección demográfica de la Localidad de Charata - Método Relación Tendencia

#### e) Técnica de los Incrementos Relativos

Se parte de considerar como área mayor, a la República Argentina, cuyas estimaciones fueron extraídas de la publicación del INDEC-CELADE, Proyecciones de población por sexo y grupo de edad: urbana y rural y económicamente activa 1990-2025 y por provincia 1990-2010 (versión revisada febrero 1996). Serie Análisis Demográfico N° 7, INDEC. Buenos Aires. Los resultados están referidos a la población al 30 de junio.

Del trabajo anteriormente mencionado, se extrajeron las estimaciones para la provincia del Chaco hasta el año 2010 y se aplicó la Técnica de los Incrementos Relativos para obtener los valores hasta el final del período de diseño, considerando a la misma como área menor.

Luego se procedió a estimar la población del departamento Chacabuco

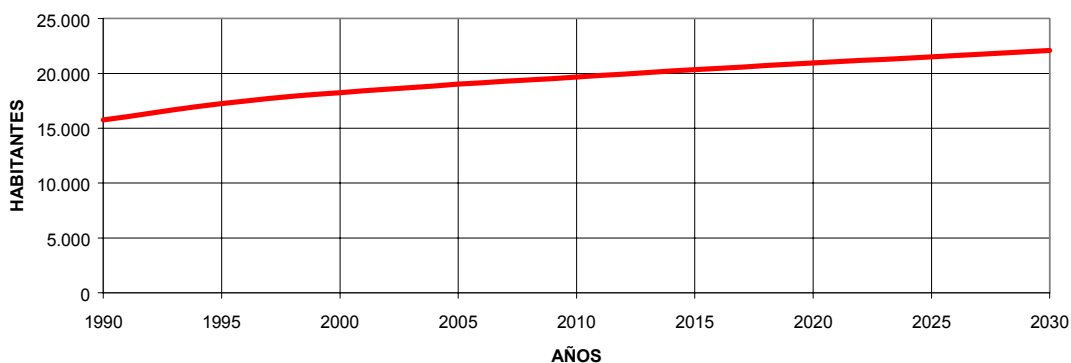
Los valores hasta el año 2000 fueron extraídos de la publicación, Estimaciones de la población por departamento. Período 1990-2005. Serie análisis demográfico N° 8. INDEC, Buenos Aires, 1996.

Los valores restantes fueron calculados, utilizando como base la proyección realizada anteriormente, de la provincia, ahora considerada como área mayor.

Para localidad se realizó el mismo procedimiento, considerando como área mayor al departamento y área menor a la localidad.

En la **Tabla 18** a la **Tabla 20** se encuentran los valores de las proyecciones de la Provincia, el departamento y la localidad, como así también los valores de los coeficientes “ai” y “bi” que surgen de la aplicación del método.

Finalmente el **Figura 13** representan la proyección de la localidad de Charata.



**Figura 13.** Proyección demográfica de la Localidad de Charata – Técnica de Incrementos Relativos

**Comparación de estimaciones de población obtenidos de la aplicación de los diferentes Métodos – Valores adoptados**

En la **Tabla 19** se comparan los resultados que surgen de la aplicación de los distintos métodos.

Año	Método de Proyección				
	Proyección Histórica	Curva Logística	Tasa Geométrica Decreciente	Relación Tendencia	Incrementos Relativos
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1960	8,953				
1970	7,975				
1980	12,833				
1990	15,569	15,569	15,569	15,569	15,569
2000		16,590	18,889	20,322	18,245
2010		16,910	22,917	26,567	19,678
2020		17,004	27,803	34,171	20,936
2030		17,032	33,732	40,588	22,089

**Tabla 19.** Resultados de los métodos de proyección demográfica para la localidad de Charata

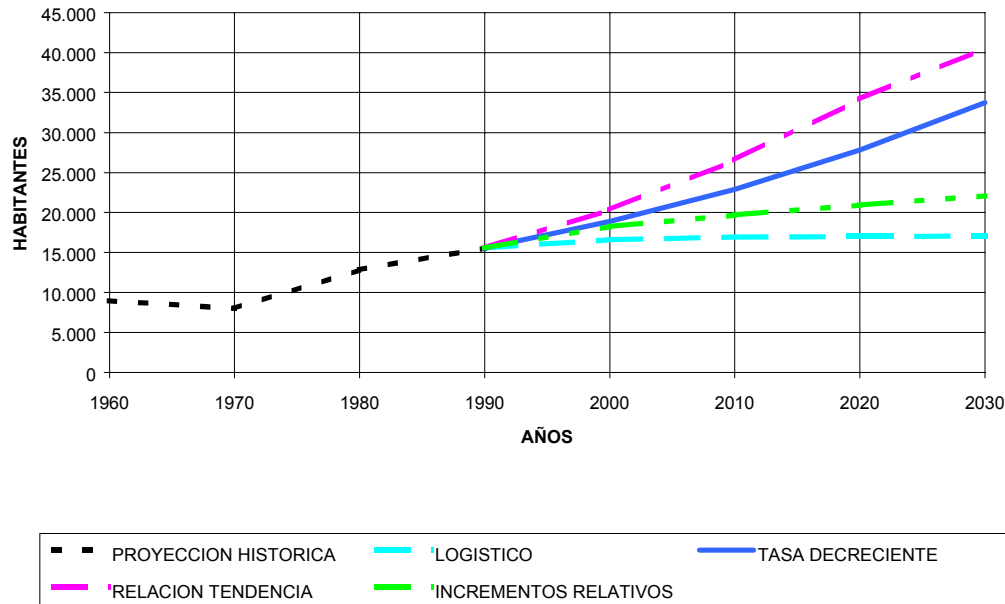
La representación gráfica de dichas proyección se puede apreciar en la **Figura 14**.

Para la localidad de Charata el método de Relación – Tendencia arroja resultados que son muy optimistas, mientras que los valores de la Curva Logística son extremadamente conservadores, presentando una curva muy achatada, como si la población estuviera pronta a la saturación.

Se considera que las estimaciones realizadas por el método de Tasas Geométricas Decrecientes, da valores muy optimistas, donde las tasas medias anuales resultantes son iguales o superiores a la arrojada por el último período intercensal. Situación que se aprecia en la **Figura 14**.

Cabe aclarar que los métodos mencionados, se basan en algoritmos y procedimientos matemáticos que no toman en cuenta los aspectos socioeconómicos involucrados en todo proceso de crecimiento demográfico, por ello y si se quiere llegar a valores que estén del lado de la seguridad, sin tomar tasas excesivamente altas se adoptan las estimaciones que surgen de la Técnica de Incrementos Relativos.

En efecto si bien este último método, también utiliza procedimientos matemáticos, se basa en el comportamiento de las áreas mayores, cuyos resultados han sido extraídos de los análisis realizados por el INDEC a través de la aplicación de los métodos de los Componentes e Incrementos Relativos.



**Figura 14.** Comparación de los resultados de proyección demográfica Localidad Charata

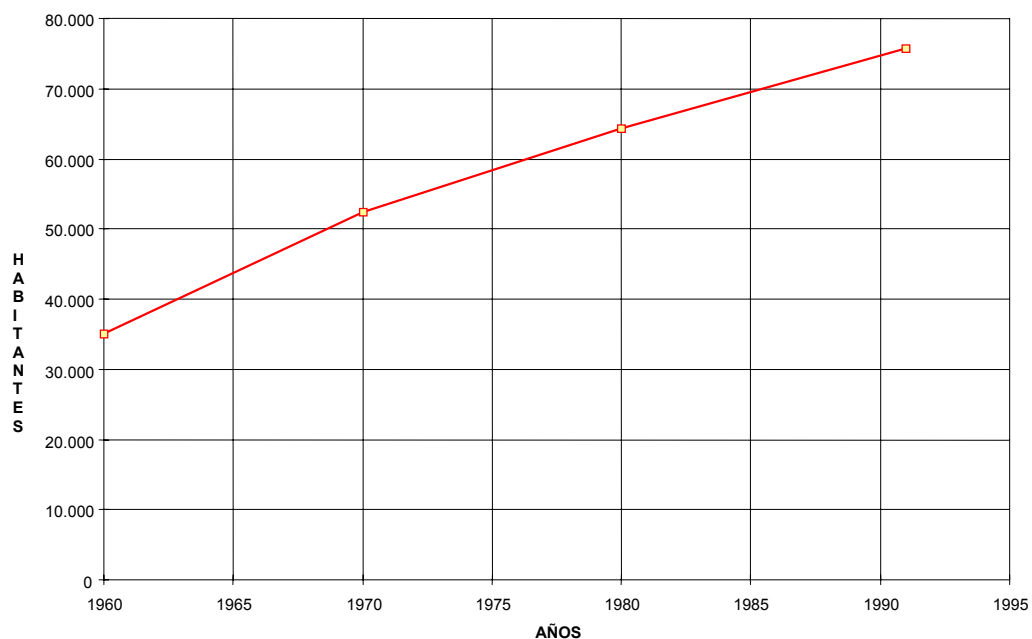
### 3.10.2. Ejemplo 2: Estudios Demográficos de Olavarría

A continuación se desarrolla el análisis de la evolución histórica, la estimación actual, para realizar la proyección futura de la población de la ciudad de Olavarría, ubicada en el partido del mismo nombre en la Provincia de Buenos Aires.

Año	Habitantes	Crecimiento intercensal %	Tasa media anual %
1960	35.107		
1970	53.454	49,41	4,29
1980	64.374	22,73	1,88
1991	75.714	17,62	1,49

**Tabla 20.** Crecimientos intercensales y Tasas medias anuales de la Ciudad de Olavarría

En la **Figura 15**, se aprecia que las tasas medias anuales de crecimiento poblacional han tenido un gran aumento en al década del '60 al '70 y un marcado decrecimiento en los últimos períodos intercensales.



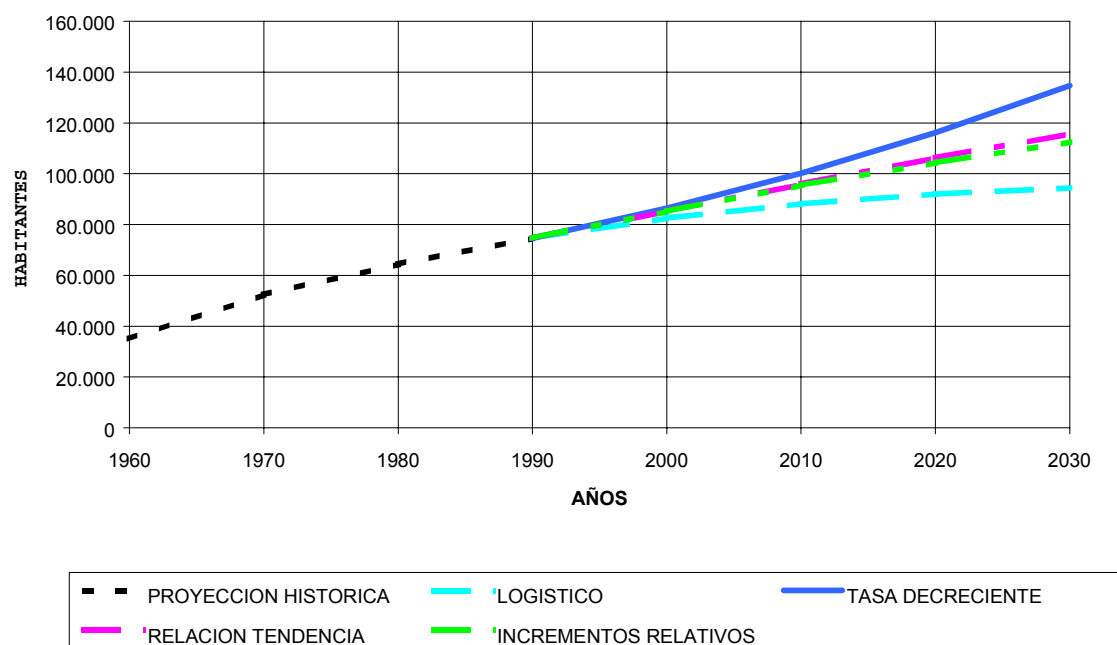
**Figura 15.** Evolución demográfica histórica Ciudad de Olavarría

A continuación se presenta la **Tabla 21** con los resultados de la aplicación de los diferentes métodos de proyección demográfica aplicados al área en estudio, con el objeto de comparar y analizar los mismos.

Año	Método de Proyección				
	Proyección Histórica	Curva Logística	Tasa Geométrica Decreciente	Relación Tendencia	Incrementos Relativos
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1960	35,107				
1970	52,453				
1980	64,374				
1990	74,605	74,605	74,605	74,605	74,605
2000		82,520	86,463	85,215	85,165
2010		88,163	100,205	95,910	95,374
2020		91,958	116,131	106,206	104,277
2030		94,410	134,589	115,673	112,434

**Tabla 21.** Resultados de los métodos de proyección demográfica para la Ciudad de Olavarría

En la **Figura 16** fueron representados dichos resultados



**Figura 16.** Comparación de los resultados de proyección demográfica ciudad de Olavarría



Se observa que el método de tasa decreciente arroja resultados que son muy optimistas, mientras que los valores obtenidos a través de los métodos de Relación-Tendencias e Incremento Relativo se presentan sensiblemente optimista y el de Curva Logística brinda resultados finales conservadores.

Analizando los resultados obtenidos por los diferentes métodos se observa una diferencia entre los valores extremos al año 2030 del 43%. Mientras que los métodos de Incremento Relativo y Relación Tendencia arrojan resultados medios, con estimaciones entre el 19 y el 23% superiores a las proyecciones obtenidas por curva logística. Las tasas medias anuales para el último período proyectado (año 2020-2030) de 0,76 y 0,86% respectivamente.

Si bien todos estos métodos utilizan procedimientos matemáticos, se selecciona el de Incremento Relativo debido a que los resultados del mismo se basan en crecimientos de áreas mayores, proporcionados por estudios realizados por el INDEC.

### 3.10.3. Ejemplo 3: Estudios Demográficos de Río Cuarto

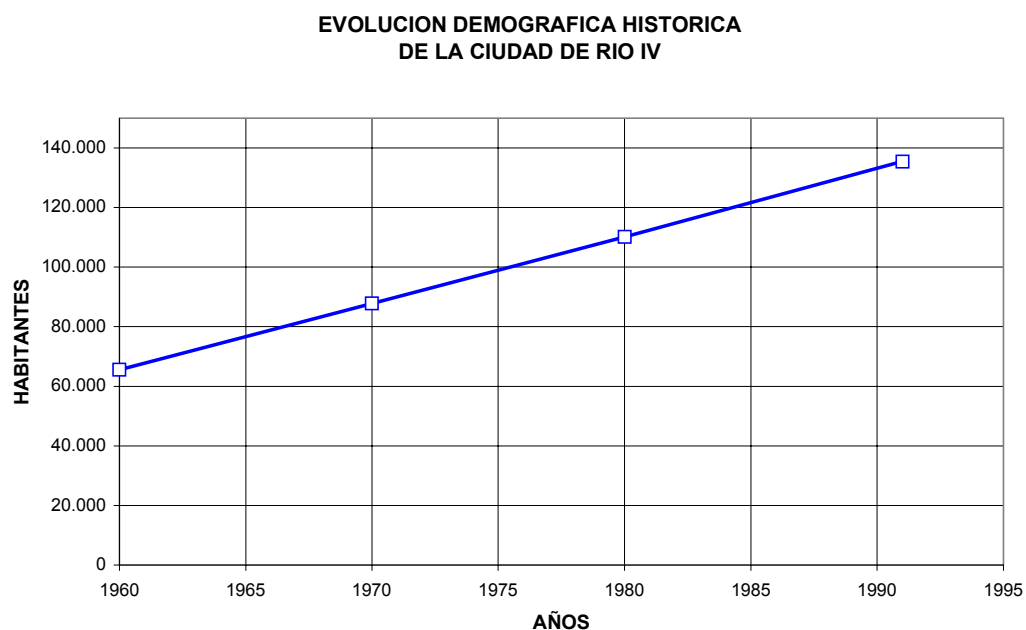
A continuación se desarrolla el análisis de la evolución histórica, la estimación actual, para realizar la proyección futura de la población de la ciudad de Río Cuarto, ubicada en la Provincia de Córdoba.

En la **Tabla 22** se muestra la evolución histórica, porcentajes de crecimiento intercensal y tasas medias anuales.

Año	Habitantes	Crecimiento intercensal %	Tasa media anual %
(1)	(2)	(3)	(4)
1960	65,569		
1970	87,775	33.87	2.96
1980	110,148	25.49	2.30
1991	135,373	22.90	1.89

**Tabla 22.** Crecimiento intercensales y Tasas medias anuales de la Ciudad de Río IV

La evolución histórica de la ciudad de Río IV ha sido representada en la **Figura 17**.

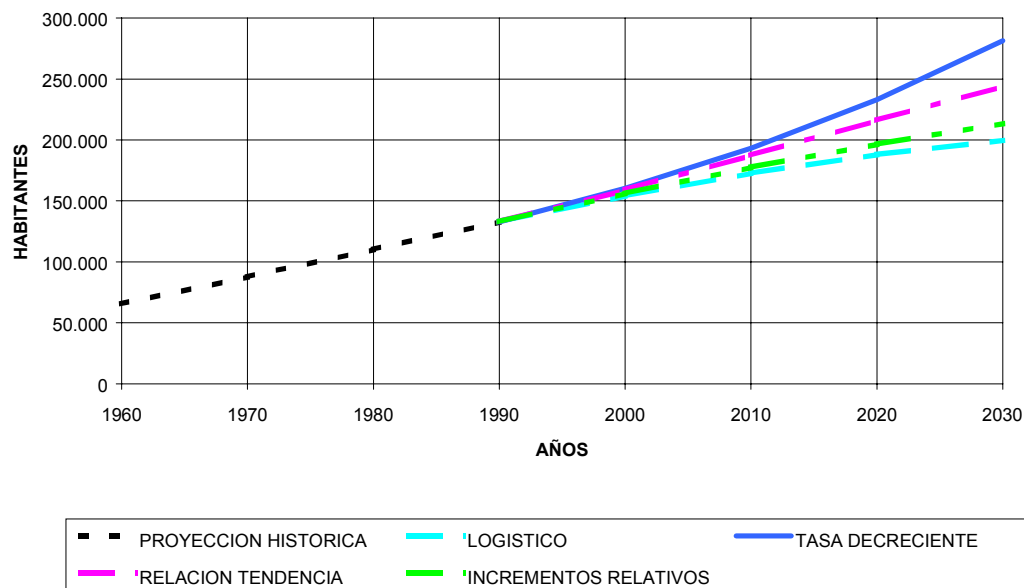


**Figura 17.** Evolución demográfica histórica de la Ciudad de Río IV

A continuación se presenta la **Tabla 23** con los resultados de los diferentes métodos de proyección demográfica, los cuales han sido representados en la **Figura 18**.

Año	Metodo de Proyección				
	Proyección Histórica	Curva Logística	Tasa Geométrica Decreciente	Relación Tendencia	Incrementos Relativos
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1960	65,569				
1970	87,775				
1980	110,148				
1990	132,859	132,859	132,859	132,859	132,859
2000		154,178	160,252	159,006	156,039
2010		172,771	193,294	187,537	177,590
2020		187,973	233,149	216,110	196,382
2030		199,761	281,220	244,013	213,600

**Tabla 23.** Resultados de los métodos de proyección demográfica para la Ciudad de Río IV



**Figura 18.** Comparación de los resultados de proyección demográfica Ciudad de Río IV

Se observa que los métodos de Tasa Geométrica Decreciente y Relación-Tendencias arrojan resultados que son muy optimistas, mientras que la Técnica de Incrementos Relativos y el método de la Curva Logística brindan valores finales bastante conservadores.

Analizando los resultados obtenidos por los diferentes métodos se observa una diferencia, entre los valores extremos al año 2030 del 41%, mientras que el de Relación Tendencia presenta estimaciones en este último año superiores a las obtenidas por el logístico en un 22%.

La diferencia entre los resultados del Método Logístico y la Técnica de Incremento Relativo para el último año es de un 7%.

Al igual que en los ejemplos anteriores se estima conveniente adoptar los valores de las estimaciones resultantes de la Técnica de Incremento Relativo por basarse en proyecciones oficiales (INDEC).

Siendo el valor de la tasa media anual para el último período proyectado (año 2020–2030) igual a 0,84%.

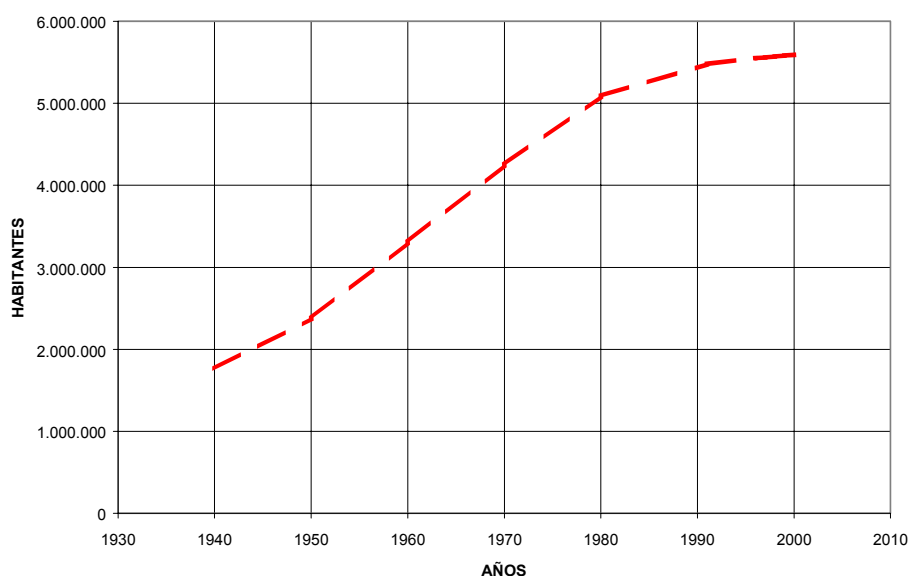
### 3.10.4. Proyección de Río de Janeiro

En la **Tabla 24**, se presenta la evolución histórica de la población de Río de Janeiro acuerdo con los últimos censos nacionales de población, publicados por el Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE), junto con los porcentajes de crecimiento intercensal y las tasas medias anuales.

Año	Municipio Río de Janeiro	
	Habitantes	Crecimiento intercensal %
(1)	(2)	(3)
1940	1,764,141	
1950	2,377,451	34.77
1960	3,307,163	39.11
1970	4,251,918	28.57
1980	5,090,700	19.73
1991	5,480,768	7.66
1996	5,551,538	1.29
1997	5,562,269	0.19
1998	5,573,084	0.19
1999	5,583,983	0.20
2000	5,594,968	0.20

**Tabla 24.** Crecimiento intercensal del municipio de Río de Janeiro (Brasil)

En los dos últimos periodos intercensales las tasas medias anuales han experimentado un decrecimiento, como puede observarse en la **Figura 19**.



**Figura 19.** Evolución demográfica histórica del Municipio de Río de Janeiro

Las datos del año 2000, han sido extraídos de las proyecciones realizadas por la Secretaría de Planeamiento del Estado de Río de Janeiro. Se observa que las tasas medias anuales del municipio de Río de Janeiro se presentan aproximadamente constantes.

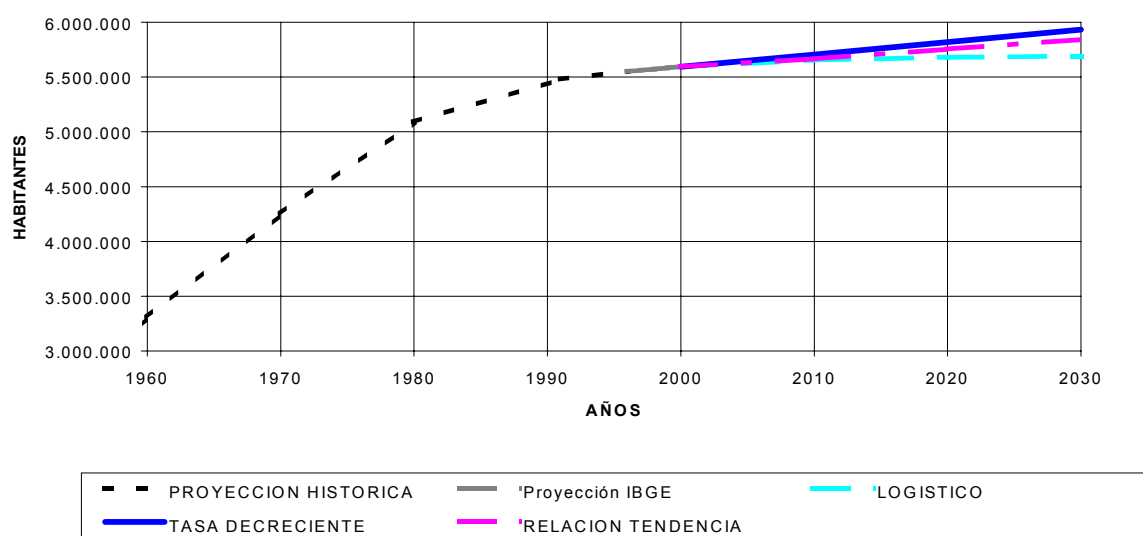
A continuación se presentan los resultados de los diferentes métodos, con el fin de comparar y analizar los resultados obtenidos.

Año			Método de Proyección		
	Proyección Histórica	Proyección IBGE	Logístico	Tasa Decreciente	Relación Tendencia
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1940	1,764,141				
1950	2,377,451				
1960	3,307,163				
1970	4,251,918				
1980	5,090,700				
1991	5,480,768				
1996	5,551,538				
1997		5,562,269			
1998		5,573,084			
1999		5,583,983			
2000		5,594,968			
2010			5,655,843	5,705,035	5,666,086
2020			5,679,846	5,817,267	5,754,536
2030			5,689,224	5,931,708	5,843,156

**Tabla 25.** Resultados de los métodos de proyección demográfica para el Municipio de Río de Janeiro

Como puede observarse en la **Figura 20** este municipio presenta curvas muy achatadas propias de ciudades cercanas a la saturación. No hay una gran diferencia entre los resultados obtenidos de la aplicación de los diferentes métodos.

Entre el método de Curva Logística que arroja los resultados más bajos y el de Tasa Geométrica Decreciente que contiene los mayores valores, la diferencia porcentual está en el orden del 4 %. Por lo tanto, para una población de este tamaño se cree conveniente adoptar los valores del método de Tasa Decreciente con el fin de que la capacidad de las obras proyectadas no se vea superada, debido a la incertidumbre que presentan los métodos desarrollados.



**Figura 20.** Comparación de los resultados de proyección demográfica del municipio de Río de Janeiro

### 3.11. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA POBLACIÓN (CONDICIONES DE OCUPACIÓN DE LAS ÁREAS)

Además de la población actual y la proyección futura es necesario saber en un sistema de distribución de agua potable la densidad de población por sectores que conformen el radio a servir, o sea la distribución espacial.

La intensidad de ocupación de un área urbana es expresada por la densidad demográfica (habitantes por hectárea).

Se debe distinguir la densidad bruta de la densidad neta. La densidad bruta resulta de la relación población/área total, incluyendo espacios verdes, áreas libres y vía pública. Para calcular la densidad neta se considera el área efectivamente ocupada. En los proyectos de Saneamiento, generalmente se considera la densidad bruta.

Los valores que se presentan en la **Tabla 26** son encontrados frecuentemente:

	Hab/ha
Áreas periféricas, casas aisladas, lotes grandes	25-75
Casas aisladas, lotes medianos y pequeños	50-100
Casas contiguas de 1 planta	75-150
Casas contiguas de 2 plantas	100-200
Predios de departamentos pequeños	150-300
Predios de departamentos grandes	300-900
Áreas comerciales	50-150
Áreas industriales	25-75
Densidad global media	50-150

**Tabla 26.** Densidad de habitantes según tipo de construcción

La Comisión Interestadual de la Cuenca Paraná-Uruguay (C.I.E.B.P.U.) al estudiar las Normas Generales de Construcción y Urbanismo para ciudades del interior de la región, estableció los siguientes valores indicativos para densidades de población.

C.I.E.B.P.U. – Densidad de población (Áreas urbanas) Hab/ha (**Tabla 27**).

	Zona Central	Zona junto al Centro	Zona Intermedia	Zona Externa
Densidad neta	250	180	125	75
Densidad bruta	125	100	75	90

**Tabla 27.** Densidad según áreas urbanas

Se deberá establecer una hipótesis de distribución espacial futura basándose en los análisis de distribución actual, tomando como base los resultados obtenidos del último Censo Nacional de población y vivienda, los cuales deben ser proyectados en el período de diseño considerado. Además deberá considerarse el Plan Regulador o Código de Ordenamiento Urbano vigente, el cual limita el número de habitantes por hectárea.

En este caso son de utilidad los datos proporcionados por el INDEC correspondientes a la población urbana, discriminados por fracción al nivel de radio censal. Con el conocimiento del área afectada y el número de habitantes de cada radio se puede calcular la densidad de población.

## 4. HORIZONTE Y PERÍODOS DE DISEÑO

Es de fundamental importancia, establecer los períodos para los cuales se realizarán los estudios y previsiones y se concretarán finalmente los diseños de las diferentes instalaciones cuyo conjunto constituye el proyecto, ya que en función de dichos períodos resultará la magnitud de las obras y consecuentemente de las inversiones necesarias para su materialización.

Los proyectos de ingeniería deben desarrollarse con una adecuada planificación, lo que requiere una correcta evaluación de las alternativas posibles, que deben considerar no solo diferentes soluciones técnicas sino también diferentes períodos de diseño a fin de optimizar las inversiones totales resultantes.

- *Horizonte de diseño*: Es el período de tiempo que permite desarrollar un Plan Director de largo plazo. Debe ser lo suficientemente extenso como para garantizar que todas las metas previstas en la planificación puedan alcanzarse. Por otra parte debe ser tan dilatado en el tiempo como sea posible, ya que ello permitirá evaluar el macro comportamiento del sistema en todos sus aspectos, no quedando limitado por otros parámetros como la vida útil de las instalaciones y/o los períodos de diseño adoptados para obras de ejecución de corto y mediano plazo.
- *Período de diseño*: Es el tiempo, medido en años durante los cuales el sistema y sus partes integrantes pueden cumplir con las funciones para las cuales fue proyectado. Este tiempo debe ser medido desde la efectiva iniciación de operaciones del sistema o de la parte del sistema considerada.
- *Vida útil*: Es el período que una instalación puede operar sin volverse obsoleta.

### 4.1. HORIZONTE DE DISEÑO

Al definir un horizonte de diseño, se está aceptando implícitamente que el proyecto a desarrollar queda englobado en una planificación de mayor alcance, para la que se han determinado las variables en juego y su comportamiento esperado. Es claro que el análisis de estas variables no se realiza en una forma tan detallada como la que se utilizaría para el diseño, pero se fijan tendencias a las que el proyecto debe ajustarse.

Cuando se trata de redes de distribución, por ejemplo, los períodos de diseño suelen quedar acotados entre 20 y 30 años (en algunos casos los Organismos Internacionales de Crédito fijan el período de diseño en 15 años), mientras que la vida útil de estas instalaciones puede llegar a superar los 50 años.

Si la determinación del horizonte de diseño fuera de interés para realizar un macroanálisis de la totalidad o parte del sistema, el mismo debería ser fijado en por lo menos en 50 años, estableciéndose la planificación general del sistema para igual período.

Para el horizonte, se calculan las variables cada 5 años, lo que permite definir el grado de compromiso del sistema con igual frecuencia. Para el período, se conocerán las variables con igual frecuencia, calculándose sus dimensiones físicas del sistema en base a tales



datos. El conocimiento de las necesidades mas allá del período de diseño permitirá establecer secuencias posteriores de duplicación, rehabilitación, recambios parciales, etc. con los consiguientes costos totales (operativos y constructivos) asociados a cada una de las soluciones posibles. Se dispone de ésta manera de una planificación a largo plazo y los costos involucrados en la misma, de forma tal que es posible realizar una adecuada planificación financiera del sistema.

De otra manera, el solo conocimiento de prestaciones y costos hasta el fin del período de diseño, al cabo del cuál seguramente la vida útil de la unidad no está agotada, genera una situación de corte brusco en la temporalidad.

## **4.2. PERÍODO DE DISEÑO**

Cuando se establece el período de diseño, las hipótesis de comportamiento de los parámetros deben extenderse, al menos hasta la finalización de dicho período. No todas las partes integrantes de un sistema de agua potable son diseñadas para un mismo período, ya que el mismo es dependiente de diversos factores:

- Facilidad de ampliación de capacidad de la unidad considerada.
- Facilidad de modulación de la unidad considerada.
- Relación entre el costo de la unidad y el costo total del sistema.
- Grado de dependencia de la prestación en relación a la unidad considerada.
- Posibilidad de rehabilitación, renovación o recambio.
- Posibilidad de obsolescencia tecnológica anticipada.
- Relación con unidades existentes, grado de prestación, estado de conservación y otras características de las mismas.

Incidencia de costos constructivos, de mantenimiento y de reposición/rehabilitación de la unidad considerada en la ecuación económico-financiera del sistema.

- Disponibilidades financieras iniciales.
- Presunta disponibilidad financiera futura.
- Vida útil del tipo de unidad considerada.
- Capacidad ociosa inicial para diferentes períodos de diseño e incidencia de la misma en la ecuación económico-financiera del conjunto.

En la fijación del intervalo en el que queda comprendido el período de diseño, es importante considerar la oportunidad en que se iniciará la operación plena del sistema, ya que previo a ello deberán cumplirse, inexorablemente, una serie de procedimientos que conducen a la iniciación efectiva de la operación, con el sistema en régimen. Estos pasos son, al menos:

- 1). Estudios preliminares.
- 2). Diseño y Proyecto.

- 3). Gestión de financiamiento.
- 4). Licitación y contratación de las obras.
- 5). Construcción de las obras.
- 6). Puesta en marcha de las instalaciones.
- 7). Período de garantía.
- 8). Iniciación de la operación en régimen.

El período de diseño de cada unidad integrante de un sistema suele ser diferente y se establece, básicamente, en función de tres metodologías diferenciadas:

- Fijación del período de diseño igual a la vida útil.
- Fijación de valores definidos en base a experiencia.
- Fijación del período de diseño óptimo.

#### **4.2.1. Vida Útil**

Se puede definir como vida útil de un sistema o parte del mismo al lapso que transcurrirá entre su puesta en servicio y el momento en que por su uso o por falta de capacidad para prestar un servicio eficiente se sobrepasan las condiciones establecidas en el proyecto.

En el primer aspecto intervienen una serie de factores como la duración del material, calidad de la construcción, mantenimiento, en el segundo priman los factores socio-económicos, variación de la población y de la dotación. Estos últimos pueden provocar que el período de durabilidad de los componentes del sistema no puedan ser totalmente aprovechados porque la capacidad de los mismos para prestar un servicio adecuado se hace insuficiente en períodos más cortos.

##### ***Vida útil de una obra civil:***

Es el período de duración de vida, en años, utilizable de la obra donde no corre riesgos su estructura ni la función para la que fue proyectada. Termina cuando se agota la capacidad estructural de la misma.

En el caso de obras civiles y en particular aquellas que deben cumplir con condiciones especiales en obras hidráulicas se suele estimar que la vida útil supere los 50 años.

##### ***Vida útil de un equipamiento:***

Es el período garantizado por el fabricante durante el cual el mismo puede funcionar en condiciones normales de mantenimiento, entendiéndose por tales a las que permiten el funcionamiento continuado del equipo sin que las inversiones para tal fin superen los valores de depreciación.

El concepto generalmente aplicado a instalaciones mecánicas y electromecánicas, para las que la vida útil suele establecerse en 10 años o 100.000 horas. No obstante ello, es

importante considerar las características específicas de cada equipamiento analizado, considerando:

- Factor de uso (continuo o discontinuo), llevando inclusive el análisis a horas anuales para cada año considerado.
- Disponibilidad de equipos de reserva, instalados o no instalados y sistema de rotación de uso.
- Grado de dependencia del sistema del equipamiento analizado, facilidades de mantenimiento, renovación, reposición, mantenimiento.

Un ejemplo típico es el de los equipos de bombeo. Si se establece una estación de bombeo con dos equipos instalados, actuando uno de ellos como reserva y con funcionamiento alternado, aún en el caso de utilización plena, cada equipo habrá trabajado al cabo de 10 años solo 43.800 horas, muy lejos de las 100.000 de vida útil. En la práctica y como consecuencia de una demanda creciente, el total será seguramente inferior a 40.000 horas y no obstante deberán ser sustituidos por haber agotado su capacidad. Un adecuado estudio de modulación, incrementando al cabo de 10 años de 2 a 3 los equipos instalados con igual capacidad cada uno puede, permitir minimizar inversiones.

#### 4.2.2. Valores Definidos Para el Período de Diseño

Habitualmente suele recurrirse a tablas que definen el período de diseño para cada unidad componente de los sistemas, preestablecidas en base a estándar y experiencia recomendable.

La siguiente es una tabla basada en recomendaciones del Banco Mundial, que resulta útil cuando no se dispone de otros elementos justificativos para los períodos de diseño a adoptar.

Los valores indicados en la **Tabla 28** se fundamentan en consideraciones técnico - económicas generales sobre la base del costo mínimo para una tasa de descuento del 10 %.

Sector	Período de diseño
Sistemas de Captación	20 (Superficiales) 10 (Pozos)
Líneas de Impulsión	15
Plantas de Potabilización	10
Obras Civiles básicas	20
Módulo de tratamiento 1ª etapa	10
Instalaciones electromecánicas	10
Tanques de Almacenamiento	10
Redes de Distribución	15
Estaciones de Bombeo	
Obras Civiles	20
Instalaciones electromecánicas	10
Medidores Domiciliarios	5 a 8

**Tabla 28.** Períodos de diseño. Sistema de agua potable

#### 4.2.3. Período Óptimo

El concepto de período óptimo se puede utilizar para identificar las inversiones requeridas por un proyecto. (buscando minimizar el valor presente neto sin dejar de satisfacer la demanda futura).

La determinación del período óptimo de diseño se basa en el modelo de capacidad óptima de cada unidad, utilizando para ello la función de costo específica que le corresponde.

El modelo fue desarrollado por Donald T. Lauría (Planning Small Water Supplies in Developing Countries – Office of Health Agency for International Development, Chapel Hill 1972).

Las bases de un Modelo de Capacidad Óptima pueden sintetizarse en las siguientes premisas:

- La curva de la demanda es una línea recta.
- La capacidad existente será igual a la demanda en el año cero.
- Cada costo de inversión tendrá lugar en el año en que se incrementa la capacidad.
- Se excluyen los costos de operación debido a que dependen de la producción y son independientes de la capacidad instalada. (\*)

Las premisas señaladas con (\*) constituyen materia opinable. No obstante, los resultados prácticos indican que se obtienen aproximaciones suficientemente aceptables como para considerar la validez de las mismas.

#### **Expresión matemática del costo**

La expresión genérica de las ecuaciones de costo de un proyecto o de una parte del mismo puede plantearse por la siguiente forma matemática:

$$C = \alpha \cdot X^a$$

donde:

C = costo (variable dependiente)

X = capacidad (variable independiente)

$\alpha$  = coeficiente

a = exponente (factor de escala de economía)

Por ejemplo:

$$\begin{array}{l} C = \alpha \cdot Q^a \\ \text{ó} \\ C = \alpha \cdot P^a \end{array}$$

donde:

$Q$  = caudal

$P$  = población

Estas funciones, que generalmente permiten ajustar muy bien los valores de los componentes de los sistemas de agua presentan propiedades importantes.

Nótese que  $C = 0$  cuando  $X = 0$  lo que significa que la representación gráfica del costo siempre pasa por el origen.

$$X = 0 \Rightarrow C = 0 \quad (1)$$

La función, en un gráfico bi – logarítmico, está representada por una recta, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\log C = \log \alpha + a \cdot \log X \quad (2)$$

de lo que resulta que el ajuste de la función resultante de un conjunto de datos (pares de valores de  $C$  y  $X$ ) puede obtenerse mediante una regresión lineal (cuadrados mínimos), utilizando para ello el logaritmo de los datos.

La restante propiedad destacable es que la representación de la función costo puede tener varias formas diferentes, dependiendo del valor del exponente. Tres formas son de particular interés para ingenieros y planificadores:

*lineal* ( $a = 1$ ), *cóncava* ( $a < 1$ ) y *convexa* ( $a > 1$ )

#### *Coefficiente $\alpha$*

El coeficiente  $\alpha$  de la función de costo es siempre positivo. Este coeficiente representa el costo de un proyecto o parte del mismo, de capacidad unitaria ( $X = 1$ ).

Dado que la función se plantea para costos a una fecha determinada, es fácil actualizar los costos multiplicando el coeficiente por el porcentaje de variación de costos entre las fechas consideradas.

#### *Exponente $a$ (factor de escala de economía)*

La interpretación del significado del exponente de la función es más complicado que el del coeficiente. Puede ser analizado derivando la función y resolviendo. El resultado será:

$$dC / C = a \cdot (dX / X)$$

es decir:

$$a = (dC / C) / (dX / X)$$

considerando al numerador  $dC$  = variación de costo, se puede escribir:

$$dC / C = \% \text{ de variación de costo}$$

y de igual modo el denominador indica la variación de capacidad

$$dX / X = \% \text{ de variación de capacidad}$$

En consecuencia el exponente ( o factor de escala de economía) de la función representa, aproximadamente, el porcentaje de variación de la variable dependiente (costo) por cada 1% de variación de la variable independiente (capacidad).

Cuando el exponente “a” tiene valores ente 0 y 1 y la variable independiente es la capacidad, el costo requerido para duplicar la capacidad será siempre menor que el doble del costo original. Esto significa que la instalación presenta una economía de escala (al aumentar la capacidad se reduce el costo por unidad de capacidad), lo que tiene implicancias sustanciales en la selección el período de diseño. En este caso la forma gráfica de la función es cóncava.

En algunos casos el exponente es mayor que 1 y la función es siempre convexa. Sin embargo, de esto no debe necesariamente deducirse que la instalación carece de economía de escala.

En efecto, obsérvese que si se plantea la ecuación de costo para una tubería, en la cual la variable independiente es el diámetro, debería tomarse en cuenta que éste no es equivalente a capacidad, ya que esta última debe medirse en unidades de caudal. Si se reemplaza en la ecuación de costo a la variable diámetro por la expresión del caudal deducida de la fórmula de Hazen – Williams, el valor del exponente resulta menor que 1 (aproximadamente 0,6) lo que implica que existe una economía de escala.

La economía de escala para tuberías es generalmente más grande que para otros componentes de las instalaciones de los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento. Si  $a = 0,6$  resulta que doblando el caudal el costo se incrementa sólo alrededor del 60%. El valor del factor de escala para plantas de tratamiento y estaciones de bombeo es generalmente del orden de 0,7.

Mientras que el coeficiente en la función de costos usualmente varía en forma apreciable de un país a otro debido a diferencias de moneda, costo de la mano de obra, índice de inflación, etc., los exponentes para los mismos componentes tienden a ser aproximadamente constantes.

### **Período de diseño óptimo**

El proyecto inicial debe satisfacer la demanda  $D_0$  (expresada, por ejemplo, en miles de  $m^3/año$ ) y tener un exceso de capacidad para cubrir la demanda que se incrementa en el período  $t_1$  a una tasa constante  $t_1 \cdot D$  (ver **Figura 21**).

De la expresión (2):  $\log C = \log \alpha + a \cdot \log X$

$$a = (\log C - \log \alpha) / \log X$$

En el modelo citado precedentemente Lauría propone una expresión basada en soluciones estadísticas para la definición del período óptimo de diseño en base a la siguiente ecuación:

$$t_1 = [2,6 \cdot (1-a)^{1,12}/r] + [0,3 \cdot (1-a)/r] \cdot t_0^{0,85}$$

$t_1$  = período de diseño óptimo

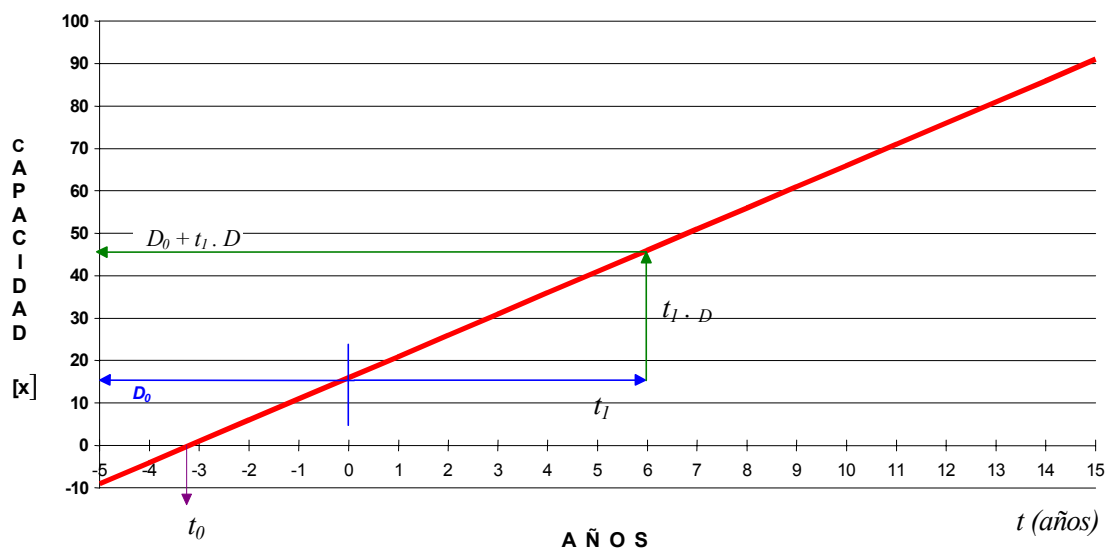
$t_0$  = valor de X para  $C = 0$  (período transcurrido para demanda cero)

$a$  = factor de economía de escala

$r$  = tasa de interés (costo del dinero en el mercado)

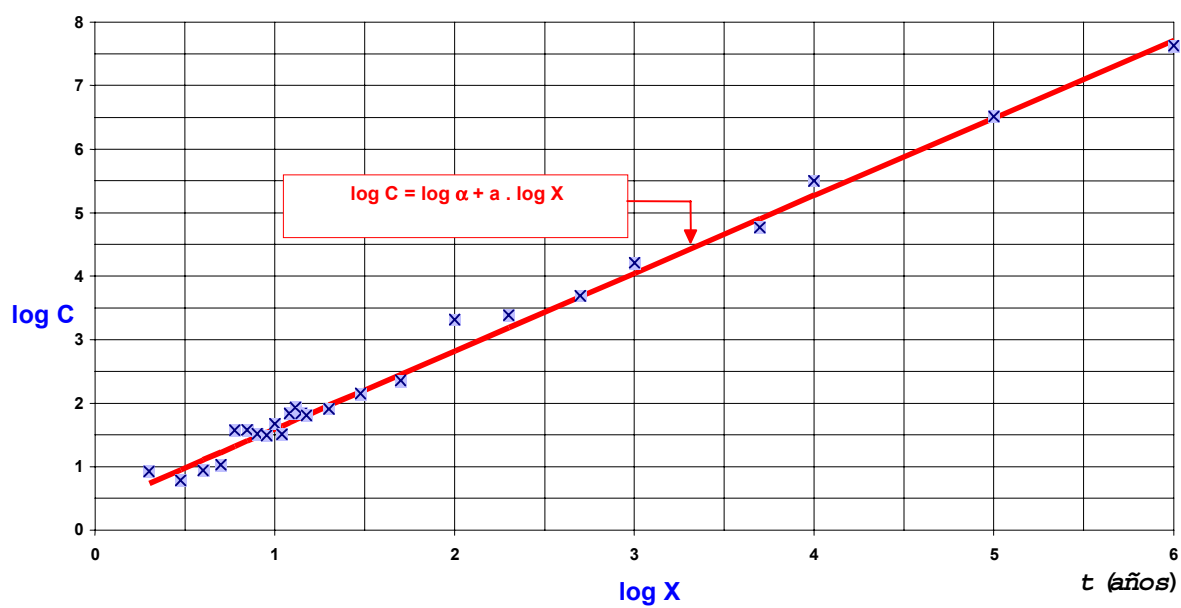
$t_1 \cdot D$  = capacidad para el período de diseño óptimo

$D_0$  = capacidad inicial



**Figura 21.** Curva de demanda para construcción inicial y ampliaciones futuras

Esta metodología implica el conocimiento de Funciones de Costos, generalmente linealizadas (ver **Figura 22**), obtenidas a partir de datos concretos de valores obtenidos del mercado. En general, se puede disponer de la información procesable requerida para determinar funciones de costos básicas, de manera tal que es posible establecer un método aplicable, el que se va perfeccionando en sus resultados a medida que se incorpora nueva y más actualizada información. Las funciones de costos linealizadas se obtienen por un simple método de regresión (cuadrados mínimos), tal como se aprecia en la **Figura 22**, adoptando el logaritmo de la variable independiente (capacidad) y de la dependiente (costo), de acuerdo a la expresión (2).



**Figura 22.** Función de costos linealizados



## **5. ESTUDIO DE MERCADO Y DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE**

### **5.1. ESTUDIO DEL MERCADO**

Una de las situaciones que debe enfrentar el profesional cuando encara el abastecimiento de agua a una localidad es el análisis de los antecedentes que le permitan definir la cuantificación y real dimensión del problema.

La conclusión central de un estudio de mercado es la estimación dentro de ciertos niveles de precios, de la demanda actual y futura de agua en el área a servir.

El mercado de los servicios de saneamiento presenta particularidades que lo convierten en un mercado singular. Otro tipo de servicios (electricidad, gas, teléfono, etc.) están sometidos a un proceso de autorrestricción por parte de los usuarios, ya que es factible establecer conductas de consumo de acuerdo a las posibilidades económicas que cada usuario tiene. Si bien la tendencia actual es la medición de los consumos de agua, la autorrestricción de los consumidores domésticos alcanza a niveles compatibles con las necesidades mínimas a satisfacer en cada vivienda. Aún cuando no puedan pagar el agua mínima que requieren para su subsistencia, consumirán una cantidad acorde con sus necesidades mínimas y estarán dispuestos a afrontar las consecuencias económicas y aún legales por no poder pagar.

De ello resulta que el habitual análisis de elasticidad de la demanda tiene un piso o mínimo, definido por la satisfacción de las necesidades vitales del consumidor, cualquiera sea el precio o tarifa que se fije para el servicio. El techo o máximo es un valor incierto, ya que superada una determinada apetencia de consumo que incluya todos los usos imaginables, aún cuando su capacidad económica lo permita, el usuario no tendrá capacidad de consumir mas. No encuentra usos para el agua. La incertidumbre surge del desconocimiento de los usos posibles que cada individuo puede darle al agua, aunque se sitúa en un entorno conocido. El límite puede surgir también de la propia capacidad del sistema, ya que no podrá proveer mas agua que la que está limitada por las dimensiones de sus componentes.

### **5.2. DEMANDA DE SERVICIOS**

La cuantificación de la Demanda de Agua Potable resulta de determinar en forma detallada los usos y aplicaciones del producto, y del conocimiento de las condiciones en las que los mismos se realizan. De esta forma se busca definir la demanda de consumo total, conformada por los usos domésticos y no domésticos, correspondiendo al análisis de operación del sistema la cuantificación del agua perdida por fugas en las redes y conducciones y la destinada a otros usos específicos y no específicos.

Cada habitante consume, para atender sus usos diarios de higiene, bebida y comida una cantidad promedio de agua expresada en litros por habitante y por día, denominada dotación de consumo doméstico. Esta cantidad de agua, multiplicada por la población servida permite conocer el consumo domiciliario total.

Las actividades comerciales e industriales implican consumos de agua, a los que deben adicionarse los resultantes de actividades comunitarias que se desarrollan en escuelas, hospitales, etc.

La sumatoria de todos éstos conceptos permite conocer el consumo total de agua de una determinada área o zona, involucrando la totalidad de las actividades domésticas y sociales, pero excluyendo usos específicos tales como el lavado y riego de calles, riego de espacios verdes comunes (plazas, parques, etc.), abastecimientos con camiones a usuarios alejados de las redes, etc. Estos se excluyen y se consideran separadamente, por cuanto es posible que del análisis del sistema surja la conveniencia y posibilidad de abastecerlos separadamente o mediante otras fuentes de agua.

Previo al análisis de la demanda de servicios de agua potable se desarrollarán en forma genérica, algunos conceptos económicos para luego particularizarlos al caso del agua potable.

La demanda se podría entender como una lista de cantidades que los consumidores estarían dispuestos a comprar a los posibles precios de mercado. En consecuencia constituye una serie de relaciones entre precios y cantidades.

El precio es un determinante de gran importancia para la demanda, pero no el único. Influyen en la demanda además, del precio del bien: ingreso del consumidor, distribución del ingreso entre los miembros de la sociedad, precio de otros bienes, preferencias de los consumidores, tamaño de la población.

Todos los elementos que inciden sobre la demanda pueden expresarse matemáticamente como;

$$Q = f(G, N, Y, P1, P2, .....Pn)$$

Donde:

$Q$  = cantidad demandada del bien 1

$f$  = función de

$G$  = preferencias de los consumidores

$N$  = tamaño de la población

$Y$  = ingreso promedio de los habitantes

$P1$  = Precio del bien 1

$P2...Pn$  = Precio de los demás bienes sustitutos o complementarios

### 5.2.1. Ley de la Demanda

En general, las cantidades demandadas de un producto aumentan a medida que se reduce el precio, es decir, hay una relación inversa entre las cantidades demandadas y el precio del producto. Esta relación es lo que se conoce como la ley de la demanda, la que

establece que: "las cantidades de un producto que los consumidores están dispuestos a comprar, varían inversamente con el precio.

La relación de la demanda de un bien y su precio, se puede visualizar en la siguiente **Tabla 29**.

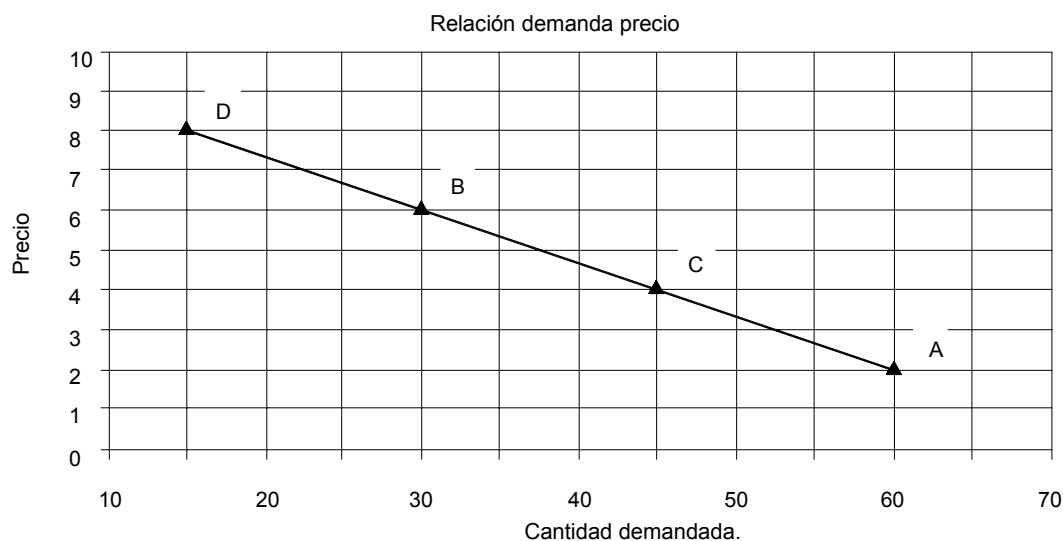
Bien	Precio de la Unidad	Unidades demandadas
A	2	60
B	4	45
C	6	30
D	8	15

**Tabla 29.** Ley de la demanda

Según lo expresado, la ley de la demanda puede ser representada en un sistema coordinado como una curva descendente de izquierda a derecha llamada Curva de Demanda, **Figura 23**.

### 5.2.2. Elasticidad de la Demanda

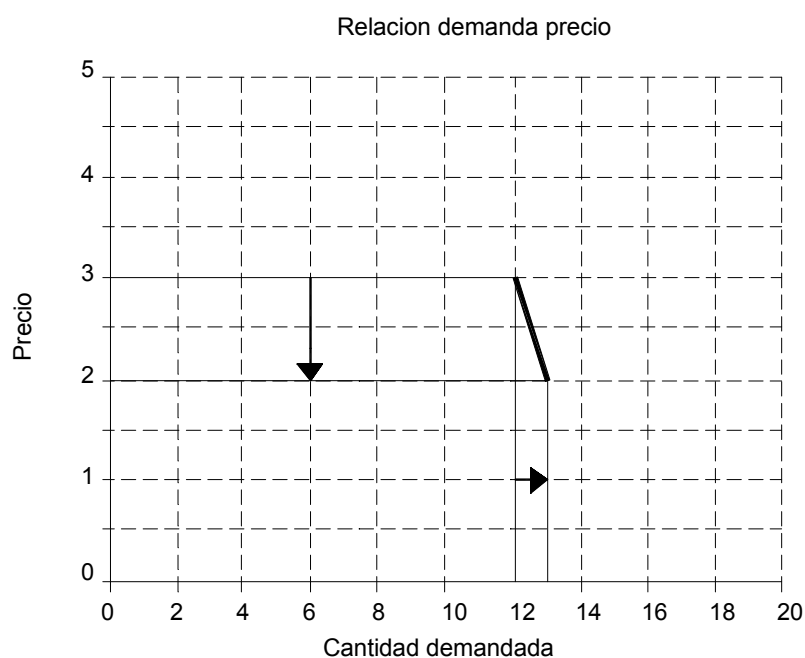
Para cualquier alteración en el precio, la curva de la **Figura 23** muestra el aumento o disminución respectiva que experimenta la cantidad demandada. El conocimiento de la Ley de demanda por sí sola no es suficiente para la toma de decisiones.



**Figura 23.** Relación Precio – Demanda

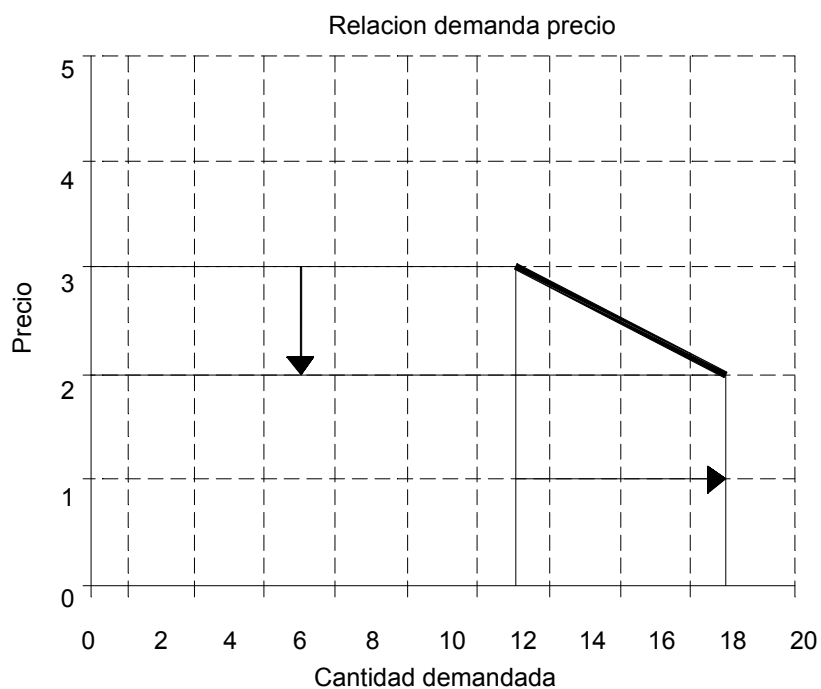
Según la hemos caracterizado hasta ahora la curva es decreciente, y la forma de esta curva da información acerca de cómo reaccionan los demandantes ante modificaciones del precio.

Por ejemplo si la curva presenta gran pendiente implica que los consumidores no modificarán mucho su comportamiento en relación a un cambio de precio, ver **Figura 24**.



**Figura 24.** Curva de demanda con mayor pendiente

Por el contrario una curva con poca pendiente significa que una modificación en el precio induce a los consumidores a variar sus hábitos en relación al consumo ,ver **Figura 25**.



**Figura 25.** Curva de demanda con pendiente menor

En cada caso el ingreso es igual al precio de mercado multiplicado por el número de unidades vendidas a ese precio. De allí la importancia que tiene saber si la modificación en el precio hará variar en mayor o menor grado la cantidad vendida lo que influirá en los ingresos por ventas.

### 5.2.2.1. Definiciones de Elasticidad

#### ***Elasticidad precio***

Es el cambio proporcional de la cantidad demandada, dividido por el cambio proporcional del precio. Es el resultado absoluto, desde un punto de partida (valor inicial del producto).

#### ***Elasticidad precio de la demanda***

Es un número que indica la reacción de los consumidores de un producto frente a los cambios en el precio del mismo.

Expresión matemática de la elasticidad

$$E = \frac{\% \text{ de cambio en la cantidad comprada}}{\% \text{ de variación en el precio del producto}}$$

Tomando como referencia dos puntos de la curva de demanda y aplicando la definición matemática de la elasticidad se tiene:

$$E = \text{Variación porcentual de } Q / \text{Variación porcentual de } P$$

Expresada también como:

$$E = (\Delta Q / Q) / (\Delta P / P)$$

Donde:

$\Delta$  = Incremento

$Q$  = Cantidad demandada

$P$  = Precio

Si se expresan los incrementos  $\Delta$  como diferencias, la fórmula queda como:

$$E = ((Q2 - Q1) / Q1) / ((P2 - P1) / P1)$$

Donde:

$Q1$  = Cantidad inicial

$Q2$  = Cantidad modificada

$P1$  = Precio Inicial

$P_2$  = Precio modificado

Se habla de demanda elástica de un producto cuando un determinado porcentaje de variación en el precio produce un aumento porcentual mayor en las ventas. En caso de producir un aumento porcentual menor que el proporcional se dice que es inelástica. Los diferentes casos se pueden ver en la **Tabla 30**.

### 5.2.3. *Demanda de Agua Potable*

Se define como demanda en un servicio de agua potable, a la cantidad y calidad de agua que satisface los requerimientos del usuario, incluyendo además todos aquéllos usos no directamente requeridos por el usuario pero que hacen al funcionamiento de toda la infraestructura social y al sistema de abastecimiento en particular.

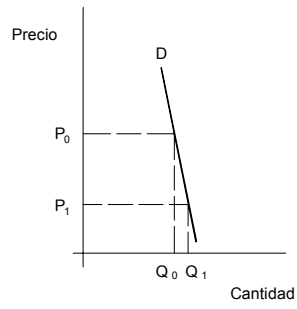
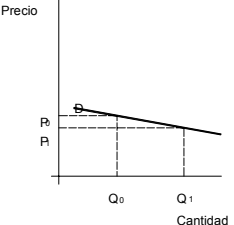
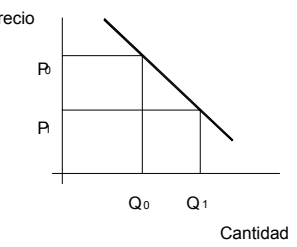
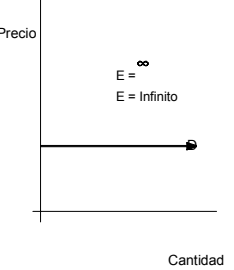
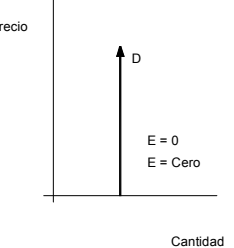
Se debe tener en cuenta que para la satisfacción de dicha demanda existen condiciones particulares como:

- Limitaciones por producción insuficiente.
- Estado operativo del sistema, lo que puede ocasionar dificultades en la entrega al consumo de volúmenes suficientes y/o con adecuada calidad.
- Régimen tarifario que se aplique.

Numerosas experiencias muestran que a partir de la implementación de servicios de agua potable en localidades que no disponen del mismo, progresivamente se incrementa el consumo unitario (dotación), a medida que los habitantes adquieren conciencia de las posibilidades de su uso y las ventajas y comodidades que el mismo les ofrece.

Similarmente, en servicios existentes, cuando existe una demanda, insatisfecha, aún cuando los usuarios no cuenten con parámetros fácilmente visualizables que les indiquen tal situación, al alcanzarse la disponibilidad plena, con buena calidad de servicio, se verifica un automático aumento de la demanda, lo que se pone de manifiesto mediante un incremento progresivo de la dotación, hasta que la demanda total sea atendida.

Sobre la magnitud de este fenómeno existen opiniones diferentes, cada una de ellas ligada a experiencias particulares. Pero es dable destacar que la consideración del crecimiento de las dotaciones en el tiempo no puede ser realizada aisladamente del contexto que le confiere el sistema tarifario que se implemente y asociado a él la política de medición de consumos que se aplique.

Tipo de demanda	Definición	Figura
A) <i>demanda inelástica</i>	Cuando la cantidad demandada varía proporcionalmente menos que el precio del bien, se habla de demanda inelástica o rígida y su valor numérico será menor que 1, es decir se obtiene como resultado que la variación de la cantidad demandada es menor que la variación en el precio,	
B) <i>demanda elástica</i>	Cuando la cantidad demandada varía proporcionalmente más que el precio, estamos en un caso de demanda elástica. Su valor numérico es mayor que uno, o sea que una variación en el precio dará como resultado que la cantidad demandada experimente una variación mayor que la sufrida por el precio.	
C) <i>demanda igualitaria</i>	Cuando la cantidad demandada y el precio varían en la misma proporción nos enfrentamos a una demanda de elasticidad igual a la unidad (1), o demanda de elasticidad unitaria	
D) <i>demanda perfectamente elástica</i>	a) Cuando la cantidad demandada es infinita se dice que la demanda es perfectamente elástica, se representa con una recta paralela al eje X.	
E) <i>demanda perfectamente inelástica</i>	b) Cuando la elasticidad es igual a cero se dice que la demanda es perfectamente inelástica (recta paralela al eje Y). La cantidad demandada no varía ante cualquier cambio del precio	

**Tabla 30.** Análisis de tipos de demanda

La elasticidad de la demanda surge de un análisis determinístico, que considera todas las variables técnicas, sociales y económicas en juego. El límite mínimo queda fijado por la satisfacción de las necesidades elementales de los usuarios, la que, por sector, atiende pautas socioeconómicas y socioculturales. El límite máximo, más impreciso que el anterior, está regulado por condiciones locales tales como clima, topografía, usos y costumbres, poder adquisitivo, características urbanas del área, nivel de la población en todos sus aspectos y calidad del servicio. Suelen aceptarse dos premisas básicas a este respecto:

- 1). Una mayor calidad de servicio, expresada en términos de presiones, caudales y calidad del agua suministrada, implica un mayor consumo de agua potable. Es de destacar que ello no siempre redundaría en la necesidad de una mayor producción, ya que la mayor calidad de servicio usualmente obedece a buenos niveles operativos, disminuyendo sensiblemente las pérdidas y fugas en las redes y el agua no contabilizada.
- 2). La disponibilidad de servicio cloacal implica un aumento de los consumos de agua potable.

Los datos aportados por estudios recopilados por la OCDE (Organización Europea de Cooperación y Desarrollo Económico) (Tarification des services relatifs à l'eau - 1987) resumidos por VALIRON (1991) indican para sistemas tarifarios basados en la micromedición elasticidades comprendidas entre -0,05 y -0,40 con valores típicos de -0,10 para usos residenciales y de -0,30 para algunos usos industriales con estacionalidad.

Ello es concordante con experiencias colombianas que arrojan valores típicos de -0,11 también para sistemas con micromedición. De ello surge que incrementos de la tarifa del orden del 100 % indicarían reducciones en el consumo residencial de solo el 10 %.

Pero, al analizarse la perdurabilidad del efecto, es destacable la experiencia francesa, relatada por Daniel V. Fernández Pérez en su publicación La Gestión de Agua Urbana (1995).

Se estima que el impacto del incremento de las tarifas de agua del 40 %, ocurrido en Francia en 1971, desapareció en 2 a 3 años para los consumos residenciales, en tanto que su efecto sobre los consumos industriales tuvo un carácter permanente.

En consecuencia, un estudio de tal tipo solo podrá basarse en experiencias conocidas, que considere el punto de la curva de demanda en la que se esté operando.

### ***El efecto de elasticidad***

La reacción individual de los consumidores ante las variaciones del precio del agua (elasticidad de la demanda) es débil. En el caso de las necesidades esenciales es muy baja, por definición, y probablemente también lo es para la industria, aunque esto no se ha determinado.

La elasticidad de la demanda colectiva es mayor ante las variaciones de los ingresos de los consumidores (cuando éstas no están en consonancia con las modificaciones de los precios); su efecto puede ser una respuesta de "crecimiento nulo" a tarifas basadas en la estimación del costo de todos los bienes según sus valores económicos. El problema se



agrava si, como ocurre con frecuencia, hay un aumento simultáneo de los precios de otros bienes y servicios. A medida que las grandes ciudades crecen, la población de los distritos de bajos ingresos aumenta con mucha mayor rapidez que el número de consumidores que probablemente paguen el costo completo del agua y, por lo tanto, subvencionen a los demás; estos usuarios son los mayores contribuyentes de los ingresos de un servicio público, y su número disminuye constantemente en términos relativos.

En general, resulta difícil predecir la reacción de los consumidores ante las modificaciones del precio del agua. No obstante, independientemente de las variaciones entre las regiones (en términos tanto porcentuales como absolutos), la estructura del consumo residencial suele ser tal que:

- Un gran número de pequeños consumidores (a menudo del 60% al 80% de la población) es responsable de una pequeña parte del consumo total (con frecuencia menos del 30%); por ello es limitado el efecto en los ingresos del servicio público del establecimiento de tarifas subvencionadas para este grupo.
- Los consumidores medios representan generalmente del 20% al 40% de la población y del consumo total; los aumentos de las tarifas para este tramo tienen efectos importantes en los ingresos del servicio público.
- El grupo de elevado consumo se compone por lo general de una cantidad reducida de conexiones privadas; la elasticidad es baja (inexistencia de otras fuentes), el ingreso total es muy sensible a las variaciones de los precios para este grupo.
- Las subvenciones cruzadas resultan menos eficaces cuando el número de pequeños consumidores es mayor que el de los consumidores medios, mientras que el grupo de elevado consumo permanece prácticamente invariable (a menos que se establezcan tarifas excesivamente altas para el grupo de consumo elevado).

### **5.3. OFERTA DE SERVICIOS**

El análisis de la Oferta de Servicios es uno de los puntos más importantes del Proyecto. Es necesario distinguir algunos aspectos sobresalientes, de manera tal que se configure un panorama de opciones aplicables, realizables y sostenibles en el tiempo.

La determinación, lo más precisa posible, del actual estado de cada servicio constituye, sin duda, la base de trabajo más confiable. Es por lo tanto necesario extremar todos los esfuerzos posibles para alcanzar un conocimiento acabado de cada parte componente del sistema.

En el proyecto de reacondicionamiento o ampliación de un sistema de abastecimiento de agua potable es necesario, al menos, identificar y cuantificar las máximas prestaciones alcanzables por las siguientes instalaciones del sistema actual:

- 1). Fuentes de agua.
- 2). Obras de captación.
- 3). Conducciones de agua cruda.
- 4). Conducciones de agua tratada.

- 5). Instalaciones de elevación de agua cruda.
- 6). Instalaciones de elevación de agua tratada.
- 7). Instalaciones de potabilización de agua, considerando separadamente cada una de sus partes.
- 8). Reservas de agua cruda.
- 9). Reservas de agua tratada.
- 10). Instalaciones principales y auxiliares de desinfección.
- 11). Sistema de conducciones principales de distribución de agua (redes maestras).
- 12). Sistema de conducciones secundarias de distribución de agua (redes secundarias).
- 13). Conexiones domiciliarias.
- 14). Sistemas de Pitometría, Macromedición y Micromedición.
- 15). Sistemas de mando, telemando y control operacional.

La definición de la máxima prestación, generalmente los máximo caudales, surgirá no solo de las dimensiones o características físicas de cada componente (por ejemplo diámetro de una conducción y material). Sino que será necesario una evaluación del estado de ese componente, para conocer la máxima prestación actual y la futura posible, en base a tareas de reacondicionamiento o rehabilitación. Una conducción de hierro fundido, de cierta antigüedad, puede actualmente ver restringida su capacidad en función de su estado (por ejemplo incrustaciones o deposiciones), pero es posible recuperar parcialmente o totalmente su máxima capacidad de conducción si se realizan ciertos trabajos como su desincrustación y revestimiento interior con mortero de cemento o pinturas epoxy.

También será necesario tener en consideración el concepto de que se entiende por agua no contabilizada, lo que engloba múltiples aspectos. En forma simplificada, puede decirse que el agua no contabilizada es la diferencia entre los volúmenes de producción y los de consumo.

No obstante ello, es necesario realizar una serie de apreciaciones adicionales, ya que hay una parte de la producción que se convierte en insumo para la empresa proveedora del servicio. El agua que se consume internamente en la planta de tratamiento o durante las limpiezas de redes luego de reparaciones o también para la desobstrucción de colectoras, es agua producida, en la mayoría de los casos, por la misma empresa y utilizada para usos propios de la empresa, debiendo en consecuencia ser considerada como un insumo e integrada a los costos.

Por otra parte, la idea de agua no contabilizada, debe ser asociada al concepto de contabilizar. En Alemania, algunas empresas prestadoras del servicio tienen contadores instalados en sus equipos auxiliares, de manera tal que se mide el agua que se usa para limpiezas, desobstrucciones, reparaciones, etc. En consecuencia, esta cantidad de agua si se contabiliza, pero no se consume por los usuarios. En instalaciones donde la diferencia entre producción y consumo superaba el 30 % de la producción, este método de contabilizar indicó que las pérdidas efectivas en las redes eran responsables de solo algo mas del 20%.

Bajo estas premisas, debe discutirse el concepto, adoptando en definitiva indicadores que permitan conocer en cuánto es necesario incrementar la producción de agua para satisfacer la demanda, atendiendo a que parte del agua producida será consumida por la propia empresa (y conocida si se establecen los adecuados métodos de medición y control) y que parte se perderá como consecuencia de las pérdidas en el sistema, considerando además que hay otros usos no contabilizados, tales como conexiones clandestinas, riegos de plantas y parques, errores en la misma medición, distribución gratuita, etc.

El conocimiento de la máxima capacidad de prestación y de la cantidad de agua no contabilizada es muy importante, ya que permitirán analizar alternativas que consideren la recuperación de capacidades y los costos consecuentes de los trabajos que es necesario realizar para la puesta en estado de las instalaciones. En estas condiciones, pueden estudiarse, al menos, dos situaciones alternativas extremas de oferta de servicio en base a las instalaciones actuales:

- Instalaciones en su estado actual y su producción histórica, en base a la información procesada.
- Instalaciones actuales reacondicionadas y/o rehabilitadas, incluyendo la cuantificación de agua destinada a otros usos, estimando el incremento de disponibilidad en base a los trabajos a realizar sobre las instalaciones.

Conocida la demanda y su variación en el tiempo, es posible contraponerla con la oferta actual, de lo que surgirá para cada año en análisis el déficit que es necesario cubrir.

La cobertura de este déficit debe ser realizada atendiendo a los criterios de costo mínimo, que consideran períodos de diseño usualmente aceptables como óptimos para cada parte componente de cada sistema.

El análisis de oferta no debe circunscribirse exclusivamente a las capacidades de las instalaciones, desde un punto de vista solamente cuantitativo, expresado en cantidades de agua a proveer. En términos de oferta debe incluirse el concepto de calidad de servicio.

Para agua potable, debe sumarse a la cantidad de agua la presión disponible en las redes y la calidad del agua suministrada, compatible con las normas y estándares en uso.

## **5.4. MODELO DE DEMANDA**

Una de las primeras tareas a desarrollar es el establecimiento de un Modelo de Demanda que permita definir la magnitud del problema y consecuentemente plantear soluciones adecuadas para el mismo.

El Modelo de Demanda no es inamovible. La concepción inicial puede variar sustancialmente a lo largo del desarrollo de las distintas etapas del trabajo, pero sirve siempre de base para iniciar las acciones a partir de datos conocidos o asumidos, permitiendo relacionar muchas de las variables y estudiar la incidencia de cada una de ellas en los resultados finales.

El Modelo de Demanda es una herramienta dinámica de planificación y gestión, que debe ser planteada desde la concepción misma del sistema.

Es posible desarrollar un modelo a partir de un sistema de datos de entradas y salidas, de tal manera que el mismo suministre la información necesaria para:

- Analizar la proyección de la demanda como base del diseño del sistema.
- Realizar el seguimiento posterior de la evolución de la demanda, con el sistema implementado, de tal manera que puedan realizarse correcciones adecuadas, anticipando los efectos de las modificaciones originadas por las variables.
- Realizar estudios de sensibilidad del comportamiento de la demanda y consecuentemente del sistema, frente a variaciones acotadas de las variables.
- Definir la oportunidad de las inversiones.
- Analizar alternativas de evolución de la demanda, frente a la definición de diferentes situaciones de cobertura y sus efectos sobre el sistema y las inversiones.

#### **5.4.1. El Espacio Urbano y la Población**

El área de proyecto debe ser caracterizada en sus aspectos urbanísticos y demográficos, como definición de base para establecer los aspectos espaciales que sean de interés y aplicación.

En consecuencia, el modelo debe permitir dividir el área de proyecto en tantas zonas como sea necesario, definiendo para cada una de ellas, al menos:

- Superficie de la zona.
- Población actual de la zona y población futura, para cada período considerado, calculada sobre la base de indicadores de crecimiento que serán datos de entrada del modelo.
- Cobertura del servicio de agua potable.
- Cobertura del servicio de desagües cloacales.
- Disponibilidad de otros servicios.
- Cobertura de pavimentos.
- Densidad de población.
- Estimación de coeficientes de ocupación total y espacios verdes.
- Existencia de comercios e industrias en la zona.
- Disponibilidad de servicios comunitarios en la zona, tales como escuelas, hospitales, clubes, etc. su capacidad actual y estimación de su futura expansión.

La totalidad de los datos deben ser establecidos para el año inicial del análisis y para años futuros, en base a indicadores de crecimiento y de actividades.

### 5.4.2. Otras Consideraciones

El Modelo de Demanda debe establecer las dotaciones de agua potable y dotación aparente de agua potable, (Ver Dotación de Agua y Dotación Aparente numeral 5.6.1. del presente Capítulo). Sobre la base del conocimiento de las características de la población a servir, sus actividades y su evolución futura. Estas dotaciones no son fijas en el tiempo y están notablemente influenciadas por factores que tienen en cuenta:

- Establecimiento del servicio: hay una demostrada variación en la cantidad de agua que consume la población en función del tiempo histórico de disponibilidad del servicio. Inicialmente, cuando el servicio de agua potable recién está implantado, los pobladores aún no han detectado la totalidad de los usos que pueden realizar y en consecuencia, a medida que van incorporando conocimientos sobre aplicaciones del agua, incrementan su consumo hasta alcanzar un standard que es compatible con sus reales necesidades.
- Las restricciones económicas que impone la medición de los consumos. Son múltiples las alternativas posibles de régimen tarifario medido, las que dependen de los costos y de decisiones políticas de la autoridad de aplicación. En este contexto, dependiendo del régimen tarifario que se aplique, las restricciones de consumo autoimpuestas por los usuarios pueden variar dentro de un amplio rango, dependiendo en consecuencia de la capacidad de pago de la franja de población considerada y de la relación entre ésta y el régimen que se aplique.
- Nivel socioeconómico de la población y características de las viviendas. Los mayores niveles socioeconómicos denotan mayores consumos de agua, ya que adoptan rápidamente mejores hábitos de limpieza e higiene. También, mejoras en los niveles de vivienda están acompañados de mayores consumos de agua.
- Establecimiento de zonas comerciales, industriales o de usos comunitarios en la zona, implican aumentos de la dotación aparente. (Ver Dotación de Agua y Dotación Aparente numeral 5.6.1. del presente Capítulo).
- Disponibilidad de servicio de desagües cloacales, ya que desaparecen las restricciones al consumo de agua potable que imponen la falta de un servicio centralizado de desagües. Los pozos absorbentes y fosas sépticas son fuertemente limitantes del consumo de agua, dado el alto costo de desagote de estas instalaciones.

## 5.5. DETERMINACIÓN DE LOS CONSUMOS DE AGUA POTABLE

El consumo de agua es función de una serie de factores intrínsecos de la localidad para la que se proyecta su abastecimiento de agua potable o bien la ampliación u optimización del mismo. Este es variable de una a otra localidad, así como también dentro de distintos sectores de la misma localidad.

### 5.5.1. Factores Que Afectan el Consumo

Los principales factores que influyen en el consumo de agua de una localidad pueden ser sintetizadas de la siguiente forma:

**Factores genéricos:**

*a). Tamaño de la localidad*

En las ciudades grandes donde hay importantes sectores con acceso a mayor confort y equipamiento, el consumo de agua por habitante es mayor que en localidades pequeñas en las cuales el uso del agua se limita a atender necesidades de uso doméstico. Lógicamente existen en nuestro país ciudades pequeñas con altos consumos, pero generalmente debido al riego de jardines y veredas.

*b). Características de la localidad*

No hay duda de que será diferente el consumo per cápita en ciudades de características distintas, dependiendo de sus actividades principales industriales, comerciales, balnearios, etc.

El consumo de agua se encuentra muy afectado por la actividad industrial, por lo tanto en los estudios previos para estimar la dotación, debe considerarse cuidadosamente tipo y cantidad de industrias a abastecer, o se podrá, en determinados casos decidir si se abastecerá o no a determinada industria.

*c). Clima*

El clima influye en el consumo de agua, elevándolo en aquellas comunidades situadas en regiones tórridas y secas y disminuyendo su volumen de agua consumida en las regiones templadas o frías.

*d) Hábitos higiénicos*

En una población sanitariamente educada el consumo será mayor, ya que el agua es un elemento fundamental para la higiene individual y del medio ambiente.

*e). Existencia de sistemas de desagües cloacales*

En los aglomerados humanos que cuentan con redes cloacales a través de las cuales los líquidos residuales son fácilmente eliminables, o en aquellas localidades ubicadas en terrenos permeables, donde es difícil la colmatación de los pozos absorbentes el consumo de agua es más elevado que en otras localidades, donde es dificultosa la disposición de las aguas servidas.

Se ha comprobado, en localidades donde se han construido redes cloacales hasta un aumento del 100% en la dotación al cabo de 10 años.

**Factores específicos:**

*a). Modalidad del abastecimiento*

Los consumos de agua potable en comunidades con servicio público de abastecimiento son mayores que en aquellas donde se cuenta con un sistema individual y/o en algunos casos de sistemas rudimentarios.

En el primer caso se tratará de agua potable, sanitariamente segura, disponible dentro de la vivienda en cantidades satisfactorias para atender las necesidades.

En el caso de los sistemas individuales tiene gran influencia la instalación, las características de la napa en calidad y cantidad.

En los abastecimientos rudimentarios, el agua se obtiene con dificultad, en muchos casos a precio relativamente alto, generalmente de aspecto desagradable y peligrosa para la salud.

***b). Calidad del agua***

El agua potable tiene mucha mayor oportunidad de ser utilizada que un agua con la turbiedad, dureza, con olor o sabor desagradables.

Cuando es mejorada la calidad del agua por medio de tratamientos, se observa un inmediato aumento del consumo.

***c). Presión en la red***

La presión en la red afecta el agua no contabilizada porque incide en las pérdidas y el consumo porque incide en los derroches.

Partiendo del principio de que el caudal a través de un orificio es proporcional a la raíz cuadrada de la altura de carga, es claro que las pérdidas que puedan existir en las juntas de las cañerías aumentan con la presión.

Los derroches en las instalaciones internas también crecen con la presión, pues es mayor el caudal que sale en un determinado tiempo por una canilla abierta o un artefacto defectuoso.

***d). Control del consumo***

Cuando el uso del agua es controlado por medio de medidores y además la tarifa es progresiva en función del propio consumo, el valor del mismo per cápita es inferior al registrado en localidades con servicio "por canilla libre".

El uso de medidores generalmente provoca una disminución en el consumo cuando el agua desperdiciada es pagada por los usuarios, puesto que los mismos suelen modificar su comportamiento y proceder a la reparación de las instalaciones.

Es interesante destacar que en muchos servicios de nuestro país previo a la implementación de la facturación de los consumos con servicio medido se realizaron experiencias de doble facturación, es decir se le enviaba al usuario los m<sup>3</sup> consumidos (medidos) y el monto que debería abonar por dicho volumen de este modo se fue tomando conciencia tanto del uso del agua potable, como de las pérdidas que tenía cada usuario en su instalación domiciliaria.

***e) Costo del agua***

En aquellos servicios en que los costos son soportados directamente por los usuarios (en el caso de que existan medidores o tasas diferenciales, para los distintos tipos de conexiones) es evidente que su precio será mayor si el agua es captada a gran distancia,

a un nivel muy inferior o si se requiere un tratamiento para su potabilización, que en el caso de contarse con agua naturalmente potable distribuida por gravedad desde una zona cercana a la localidad.

### **5.5.2. Tipos de Consumo**

En el abastecimiento de una localidad, deben ser consideradas varias formas de consumo de agua, que se pueden diferenciar del siguiente modo:

#### *Uso doméstico*

- descarga de inodoros
- aseo corporal
- cocina
- bebida
- lavado de ropa
- riego de jardines y patios
- limpieza en general
- lavado de automóviles

#### *Uso comercial*

- hoteles
- bares
- restaurantes
- estaciones de servicio

#### *Uso industrial*

- agua como materia prima
- agua consumida en el procesamiento industrial
- agua utilizada para la congelación
- agua necesaria para las instalaciones sanitarias, comedores, etc.

#### *Uso público*

- limpieza de vías públicas
- riego de jardines públicos
- grifos públicos
- edificios públicos



- piscinas públicas y recreo

#### *Usos especiales*

- agua para apagado de incendios
- instalaciones deportivas
- ferrocarriles
- puertos y aeropuertos
- estaciones terminales de ómnibus

#### *Pérdidas*

(Este tema ha sido tratado en el Capítulo XIV – Criterios para la Evaluación Optimización y Rehabilitación de Instalaciones Existentes de la presentes Fundamentaciones).

- pérdidas en las aducciones y conducciones en general
- pérdidas en la planta potabilizadora
- pérdidas en las reservas
- pérdidas en la red de distribución
- pérdidas en las instalaciones domiciliarias

### **5.5.3. Consumos Característicos**

A continuación en la **Tabla 31** y **Tabla 32** se presentan valores usuales extraídos de diferentes bibliografías para cada tipo de usuario:

#### **5.5.3.1. Consumos Domésticos**

Tipo de Uso Doméstico	Cantidad	Unidad
Bebida y Cocina	10-20	L / hab . día
Lavado de ropa	10-20	L / hab . día
Baño y lavado de manos	25-55	L / hab . día
Instalaciones sanitarias	15-25	L / hab . día
Otros usos	15-30	L / hab . día
Subtotal	75-150	L / hab . día
Desperdicios en el interior de la vivienda	25-50	L / hab . día
Total	100-200	L / hab . día
Lavado de automóviles	100-200	L./ vez
Regado de jardines	1-3	L. / m <sup>2</sup>

Fuente: CETESB, Projeto de Distribucao de Agua

**Tabla 31.** Consumos de uso doméstico

Tipo de Establecimiento	Cantidad	Unidad
<i>Unidad de vivienda residencial</i>		
Edificio de departamentos con suministro individual	300-400	L / hab. día
Vivienda con suministro público de agua sin medidor	300-500	L / hab. día
Vivienda privada con abastecimiento individual	300-400	L / hab. día
Vivienda privada con suministro público de agua, sin medidor	400-800	L / hab. día

Fuente: Metcalf – Eddy

**Tabla 32.** Consumos por tipo de vivienda

### 5.5.3.2. Consumos Domésticos Servicio Medido y no Medido

Al establecerse la dotación es muy importante considerar el sistema de provisión que deberá prevalecer. En particular si la provisión es con micromedidores domiciliarios y tarifas adecuadas o sin ellos. La experiencia demuestra que frecuentemente la adopción generalizada de micromedidores (servicio medido) proporciona reducciones permanentes en el consumo del orden del 25 a 50 %.

En otras palabras, la inexistencia de medidores lleva a aumentos del consumo del 33 al 100%. (Investigación realizada por el Prof. Rivas Mijares en Venezuela, cita de Projeto de Distribucao de Agua, CETESB).

En la **Tabla 33** y **Tabla 34** se puede observar valores típicos de consumos para servicios con y sin medidor.

Población	Servicio con Medidores	Servicio sin Medidores
Hasta 5.000 habitantes	100-150 L/hab.	200-300 L /hab . día
De 5.000 a 25.000 hab.	150-200 L /hab.	300-400 L / hab . día
De 25.000 a 100.000 hab.	200-250 L /hab	400-500 L / hab . día
Encima de 100.000 hab.	250-300 L /hab	500-600 L / hab . día

Fuente: CETESB, Projeto de Sistemas Distribucao de Agua

**Tabla 33.** Consumos típicos para servicio con y sin medidores

Tipo de Viviendas	Cantidad	Unidad
<i>Unidad de viviendas, aguas residuales</i>		
Viviendas privadas por abastecimiento individual, con medidor	190-285	L / hab . día
Casa de apartamentos, por abastecimiento individual	285-380	L / hab . día
Vivienda privada por abastecimiento público, sin medidor	380-755	L / hab . día

Fuente: Abastecimiento y distribución de agua, Aurelio Hernandez Muñoz

**Tabla 34.** Consumos en viviendas con y sin medidores

### 5.5.3.3. Consumo Comercial

En la **Tabla 35**, **Tabla 36** y **Tabla 37** se pueden apreciar diferentes valores para consumos de tipo comercial.

Tipo de Comercio	Cantidad	Unidad
<i>Oficinas Comerciales:</i>		
Per cápita	50	L / día
Por m <sup>2</sup> de área útil	10	L / día
<i>Comercios:</i>		
Pequeños (hasta 50 m <sup>2</sup> ), valor mínimo	500	L / día
Grandes, por m <sup>2</sup> de superficie	8	L / día
<i>Restaurantes:</i>		
Por cada servicio de comida	25	L
<i>Bares:</i>		
Pequeños (hasta 50 m <sup>2</sup> ), valor mínimo	2000	L / día
En general, por m <sup>2</sup> de superficie	40	L / día
Hoteles y pensiones, por huésped	120	L / día
Hospitales, por cama, valor mínimo	250	L / día

Fuente: CETESB, Projeto de Sistemas Distribucao de Agua

**Tabla 35.** Consumos de tipo comercial

Tipo	Cantidad	Unidad
<i>Unidades de vivienda, servicios:</i>		
Hoteles	150-220	L. / hab . día
Pensión	120-200	L. / hab . día
Alojamiento con media pensión	400-600	L. / hab . día
<i>Restaurantes incluyendo lavabos y sanitarios</i>		
Medio	25-40	L. / hab . día
Solo residuos de cocina	10-20	L. / hab . día
Servicio rápido de barra	15	L. / hab . día
Servicio rápido para llevar	4-8	L. / hab . día
<i>Teatros:</i>		
Cubierto con asiento dos funciones diarias	10-20	L. / hab . día
Al aire libre incluyendo puesto de alimentos	12-20	L. / hab . día

Fuente: Metcalf – Eddy

**Tabla 36.** Consumos comerciales

Tipo	Cantidad	Unidad
<i>Establecimiento</i>		
Centro comercial	230	L / día / empleados por unidad
Pequeño negocio	75	L / día / empleados por unidad

Fuente: Abastecimiento y distribución del Agua – Aurelio Hernandez Muñoz

**Tabla 37.** Consumo de aguas en distritos comerciales

#### 5.5.3.4. Consumo Industrial

A continuación en las **Tabla 38**, **Tabla 39** y **Tabla 40** se dan algunos valores de consumo que pueden ser utilizados como valor de referencia de la magnitud de los consumos de agua que puede esperarse en distintas actividades industriales según distintas fuentes.

Tipo	Cantidad	Unidad
Uso sanitario de los empleados por habitante. <i>Usos en procesos industriales (consumo muy variable):</i>	70	L / día
Mataderos, por kg. carne	250-450	L / día
Curtiembres, por kg. cuero	50-60	L / día
Lácteos, por kg. prod.	1-5	L / día
Papel, por kg.	100-400	L / día
Azucarera, por kg. azúcar	50-100	L / día
Tejidos de algodón, por kg.	10-20	L / día

Fuente: Projeto de Distribucao de Agua, CETESB

**Tabla 38.** Consumo de tipo industrial

Tipo de industria	Intervalo de caudal	Unidad
<i>Conservera</i>		
Duraznos y peras	50-70	(m <sup>3</sup> /kg)
Otras frutas y vegetales	4-35	(m <sup>3</sup> /kg)
<i>Química</i>		
Amoníaco	100-130	(m <sup>3</sup> /kg)
Dióxido de carbono	60-90	(m <sup>3</sup> /kg)
Gasolina	7-30	(m <sup>3</sup> /kg)
Lactosa	600-800	(m <sup>3</sup> /kg)
Azufre	8-10	(m <sup>3</sup> /kg)
<i>Alimentaria y bebidas</i>		
Cerveza	10-16	(m <sup>3</sup> /kg)
Pan	2-4	(m <sup>3</sup> /kg)
Envasado de carne(peso en vivo)	15-20	(m <sup>3</sup> /kg)
Productos lácteos	10-20	(m <sup>3</sup> /kg)
Whisky	60-80	(m <sup>3</sup> /kg)
<i>Pasta y papel</i>		
Pasta	250-800	(m <sup>3</sup> /kg)
Papel	120-160	(m <sup>3</sup> /kg)
<i>Textil</i>		
Blanqueado (algodón)	200-300	(m <sup>3</sup> /kg)
Tintura (algodón)	30-60	(m <sup>3</sup> /kg)

Fuente: Metcalf – Eddy

**Tabla 39.** Cantidades típicas de agua utilizada por diversas industrias

	m <sup>3</sup> / día	
	Por empleado	Por m <sup>2</sup> de planta
Productos de alimentación	7,9	13,5
Productos lácteos	9,5	29,2
Conservas de frutas	6,8	8,2
Azucareras	36,8	6,3
Tintura y acabado textiles, excepto lana	2,5	11,3
Textiles en general	0,5	3,2
Aserraderos	44,1	7,3
Cartones	17,1	88,5
Industrias químicas orgánicas e inorgánica	20,0	9,2
Materiales plásticos, excepto vidrios	5,7	2,4
Drogas	1,2	7,7
Jabón, detergentes, cosméticos	2,0	7,8
Pinturas, barnices, lacados, esmaltes	3,2	11,5
Agricultura química	6,1	3,5
Productos químicos diversos	3,8	2,2
Refinerías de petróleos	14,5	1,8
Productos derivados del petróleo y del carbón	1,5	1,3
Curtido y acabado de pieles	2,8	8,4
Productos de vidrio	0,5	2,1
Cemento hidráulico	7,3	2,6
Ladrillo, rasillas	1,1	--
Alfarería	1,1	3,4
Yesos	7,9	0,1
Canterías	0,9	2,9
Asbestos abrasivos	3,2	5,6
Altos hornos, acero y laminación	2,5	0,1
Hierro y fundición del acero	1,4	5,8
Fundiciones secundarias, refinados	1,9	1,3

Fuente: Abastecimiento y distribución del Agua – Amelino Hernandez Muñoz

**Tabla 40.** Consumo de agua en industrias

Las cifras que se consideran como normales para zonas industriales son:

- Caudales en zonas industriales (usos industriales) 47 m<sup>3</sup> / Ha. día.
- Caudales en zonas industriales (usos sanitarios personal) 30 – 95 L/hab.día.

#### 5.5.3.5. Consumos Públicos

El consumo público puede presentar variaciones extremas, dependiendo de la extensión de las medidas de control puestas en práctica por el servicio. En general el consumo público corresponde al 10-30% del consumo doméstico es decir residencial. Si se considera al consumo por cualquier concepto se estima en (5 a 15%) del consumo total.

### 5.5.3.6. Consumos Institucionales

En la **Tabla 41** y **Tabla 42** se indican, a título informativo, consumos en diversas establecimientos.

Como en las Tablas anteriores los valores mencionados muestran una gran dispersión ya que reflejan experiencias singulares citadas por diferentes autores, de difícil generalización. Es por ello que el proyectista deberá estimar los consumos de acuerdo a su propia experiencia y a las características particulares de cada establecimiento o industria.

Instituciones	l / plaza y día
<i>Escuelas y colegios:</i>	
Diarias con cafetería	38-57
Diarias con cafetería y mostradores	57-75
Internados	285
<i>Teatros:</i>	
Cubiertos, por asiento, dos funciones por día	11
Al aire libre, incluyendo estante de comidas, por coche (3 ½ personas)	11-20
<i>Estaciones de servicio de automóviles:</i>	
Por vehículo servido	38
Por juego de bombas	1.890
<i>Almacenes</i>	
De 8 m. de extensión lineal principal	1.750
Cada adición de 8 m.	1.515
<i>Clubs campestres:</i>	
Tipo residente	380
Tipo transitorio, sirviendo comidas	65-95
<i>Oficinas</i>	
Fábricas, vertidos sanitarios por turno	57-130
Lavadero autoservicio, por máquina	950-1.900
Boleras, por pista	750
Piscinas y playas, lavabos y duchas	38-57
Aparcamientos de pic – nic, lavabos, agua corriente	20-38
Campos de ferias (basados en asistencia diaria)	3,8
Asambleas, por asiento	7,6
Aeropuerto, por pasajero	20

Fuente: Abastecimiento y distribución del agua – Amelio Hernandez Muñoz

**Tabla 41.** Consumo de agua en diferentes instituciones

Tipo	Cantidad	Unidad
<i>Escuelas:</i>		
Diurna con cafetería y comedor	40-60	L. / persona . día
Diurna con cafetería y duchas	60-80	L. / persona . día
Internado	200-400	L. / persona . día

Fuente: Metcalf – Eddy

**Tabla 42.** Consumo de agua en establecimientos educativos

### 5.5.3.7. Consumos Temporarios

En los casos de consumos temporarios de agua potable se deben considerar varios factores:

#### ***Sistemas de agua potable existentes***

En estos casos, el sistema puede o no tener medición de consumos:

##### *Con medición de consumos*

Cuando se estudian los consumos en base a los consumos históricos, dichos consumos incluyen lo consumido por los habitantes correspondientes a las actividades temporarias y las no domésticas aumentando la dotación, calculando la media de estos consumos se obtendrá una dotación aparente que se puede utilizar para el cálculo de la demanda media de consumo de agua potable. En consecuencia si se trata de la ampliación de un sistema, la base de cálculo será esa (ver numeral 5.6.1. Dotación Efectiva y Aparente del presente Capítulo).

##### *Sin medición de consumos*

En el caso de no existir medición de consumos se debe realizar otro tipo de estimación, analizando la actividad temporaria en particular. En relación a los casos de afluencia turística hay varias situaciones, a saber:

- Caso de ciudades donde la afluencia turística supera ampliamente la población permanente del lugar y además, se mantiene uniforme durante un largo período de tiempo, y con distintas rotaciones como es el caso, por ejemplo de Mar del Plata de rotación turística cada quince días y afluencia de fines de semana.
- Casos como suele ocurrir en las ciudades turísticas del Sur de nuestro país donde la rotación puede ser de aproximadamente siete a diez días y debido a las grandes distancias de los centros urbanos la cantidad de turistas suele ser bastante menor que la población permanente. En estos casos el consumo se puede calcular teniendo en cuenta las estadísticas de turismo por temporada y asignando un consumo per capita afectado por un factor relacionado con la rotación turística (ver Ejemplo N° 2 Numeral 5.12.2.) y analizar al mismo tiempo si la capacidad de la instalación es suficiente para cubrir la demanda pico de la producción de la población permanente y la turística, en ese caso en la temporada turística habrá mayor demanda pero en el caso que el consumo turístico se concentre justo en los períodos del año de bajo consumo de la población estable, no hay necesidad de incluirla en los cálculos. En otros casos donde exista una gran concentración turística en un solo momento dado, y el consumo de la misma coincide con el máximo consumo de la población permanente sí se deberá incluir en el cálculo.
- Un tercer caso es el de lugares turísticos cercanos a grandes centros urbanos donde existen muchas casas cuyos propietarios no las habitan permanentemente sino sólo los fines de semana, en estos casos no sería población turística sino no permanente y sus consumos diarios equivalentes al de una unidad habitacional común afectada de un coeficiente de reducción (por menor cantidad de días o por menor (o mayor) cantidad de litros), debido a que en lugar de utilizar el servicio 30 días / mes se utiliza sólo los fines de semana. Existen casos de mayor dotación, (ver Ejemplo N° 3 Numeral 5.12.3.).

En el primer caso mencionado se deberá analizar como cubrir, desde el punto de vista del sistema de abastecimiento esas fluctuaciones de consumo. Por ejemplo, tener infraestructura de reserva, alternando su funcionamiento en operación normal para mantener el sistema a punto, mantenida como reserva de producción (por ejemplo perforaciones que cubran el caudal necesario o plantas de tratamiento moduladas).

En el segundo caso es posible que si se diseña un sistema para el caudal máximo diario y se analiza también el pico máximo horario, puede ser que éste último cubra los consumos originados por la afluencia turística. En estos casos estos picos podrían cubrirse con mayor capacidad de reserva y bombeo cuando corresponda.

La dotación en el segundo caso es menor o mayor que la de la población permanente; es decir tendrá:

$$\frac{Pob_p \cdot dot_p + Pob_{np} \cdot dot_{np}}{Pob_p + Pob_{np}} = dot_r$$

donde:

$Pob_p$  = Pob. permanente servida con agua

$Pob_{np}$  = Pob. no permanente servida con agua

$dot_p$  = dot. población permanente

$dot_{np}$  = dot. población no permanente

$dot_r$  = dotación ponderada resultante

En casos como el tercero donde prácticamente la población no permanente tiene un nivel estable durante todo el año el proyectista deberá, en forma similar al caso anterior, calcular una dotación ponderada en relación a la población a servir permanente y no permanente.

En todos los casos se deberá realizar una evaluación de los consumos picos de la población temporaria y comparar con la demanda pico de la población estable, previo a definir como cubrir las demandas.

### **Sistema de agua potable a proyectar**

En los casos en que el diseño del sistema de agua potable sea nuevo, el proyectista deberá analizar cuidadosamente los consumos temporarios a fin de poder cuantificar:

- duración (semanas, meses, etc.).
- cantidad (debidos a trabajos eventuales, actividades turísticas, preparación de temporada turística, otros).

Luego deberá proyectarlos en el tiempo, definiendo si permanecen en el mismo nivel o aumentan progresivamente, en el período de diseño considerado.



Dependiendo del análisis realizado se estará en condiciones de determinar si el sistema que se desea proyectar tendrá capacidad para servir a la población permanente y no permanente. Seguramente en algunos casos el consumo temporario será mínimo y en otros no despreciable con el cual se deberá incluir en el cálculo del consumo.

El proyectista deberá tener en cuenta distintas alternativas de solución al problema, por ejemplo donde el recurso es escaso, se puede plantear la obligación de instalar de reservas domiciliarias de buena capacidad para poder disminuir la capacidad pico de producción de agua en el sistema.

#### 5.5.3.8. Fluctuaciones en el Consumo de Agua

Es de gran importancia además de los consumos medios, conocer las fluctuaciones de los mismos. A tal efecto se indican en la siguiente tabla las fluctuaciones de consumos medios de agua para diversos aparatos domésticos, la existencia de los mismos en una unidad de consumo y la frecuencia en su utilización influye directamente en las variaciones de consumo domiciliario.

Aparato	Intervalo de caudal
Lavadora automática con secado incluido	110-200 L/carga
Lavavajillas automático	15-30 L/carga
Lavadora automática sin secado	130-200 L/uso
Bañera	90-110 L/uso
Fuente de caudal continuo para beber	4-5 L/min.
Manguera de incendios 38 mm, 13 mm, en la boquilla 20 m de carga	140-160 L/min.
Manguera de jardín, 16 mm, 8 m de carga	10-12 L/min.
Manguera de jardín, 19 mm, 8 m de carga	16-20 L/min.
Rociador césped, 280 m2 de césped, 25 mm por semana	6000-7500 L/sem.
Ducha, 16 mm, 8 m de carga	90-110 L/uso
Lavabo	4-8 L/min.
Retrete, válvula de descarga discontinua 170 kN/m2	90-110 L/min.
Retrete con cisterna	15-25 L/uso

Con relación a las fluctuaciones de caudal es de interés citar un estudio realizado, entre otros objetivos, con el de identificar los registros de caudal –tiempo correspondiente a cada uso del agua en 16 viviendas monitoreadas (Flow Trace Analysis To Assess Water Use Publicado en el JOURNAL de la AWWA de enero de 1996, y Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental, AIDIS N°26 año 1996, Tras las huellas de los consumos domiciliarios).

En el citado estudio realizado en la ciudad de Boulder, El Colorado, EE.UU., se midieron 10.000 eventos de uso del agua en usuarios residenciales que fueron registrados en una base de datos pudiendo identificar los usos vinculados con los mayores consumos. Los autores partieron del criterio de conocer con mayor exactitud las cantidades de agua erogada en cada uno de los consumos residenciales para poder proyectar la demanda. El estudio fue realizado con sensores domiciliarios, que efectuaban un registro de caudal de agua cada diez segundos y grababan los datos en data loggers.

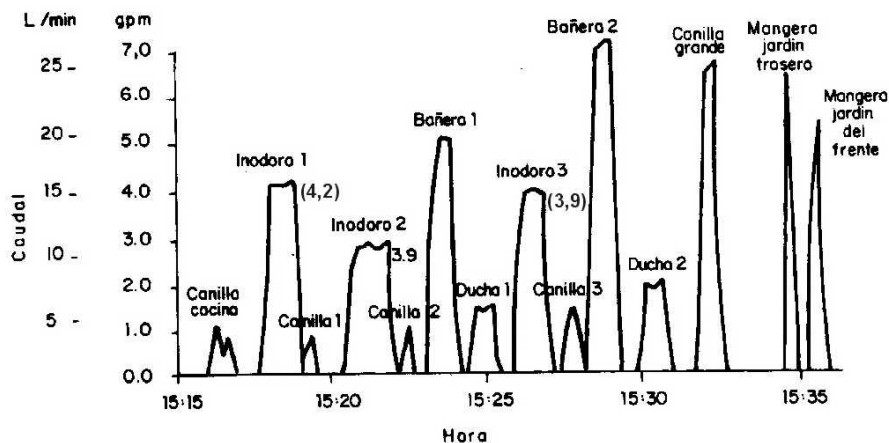
El método permitió una desagregación total del uso del agua en eventos individuales pudiendo observarse variaciones en los patrones de consumo, los que pasarían desapercibidos con la medición de valores medios.

Se categorizaron nueve usos finales de agua: inodoros, duchas, bañeras (baño de inmersión), lavavajillas, lavarropas, riego, canillas, pérdidas y piletas de natación.

En el siguiente cuadro se pueden observar algunos de los datos procesados:

Usuarios	Cantidad de viviendas	Consumo total 1000 gal (m <sup>3</sup> )/viv	Consumo interior 1000 gal (m <sup>3</sup> )/viv	Consumo exterior 1000 gal (m <sup>3</sup> ) / viv
Area completa	228	165(631)	88(338)	77(293)
Viviendas con riego automático	120	151(574)	92(350)	59(224)
Por aspersión				
Viviendas con riego automático	108	182(696)	86(327)	96(369)
Grupo estudiado	16	185(703)	89(338)	96(365)

A continuación de la **Figura 26** a la **Figura 32** se pueden observar los distintos gráficos caudal-tiempo para cada artefacto:



( ) : Volumen total de la descarga en galones

**Figura 26.** Identificación de los gráficos Caudal – Tiempo para cada artefacto

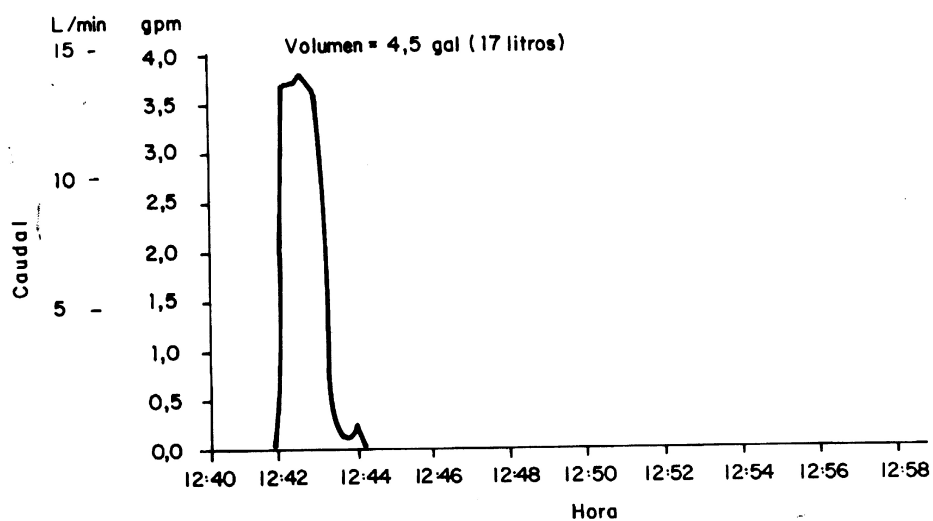


Figura 27. Gráfico típico de una descarga de inodoro

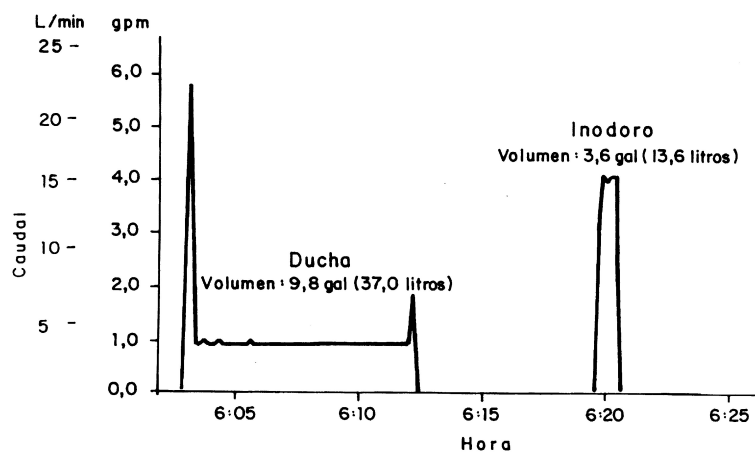


Figura 28. Gráfico típico de una ducha y un inodoro

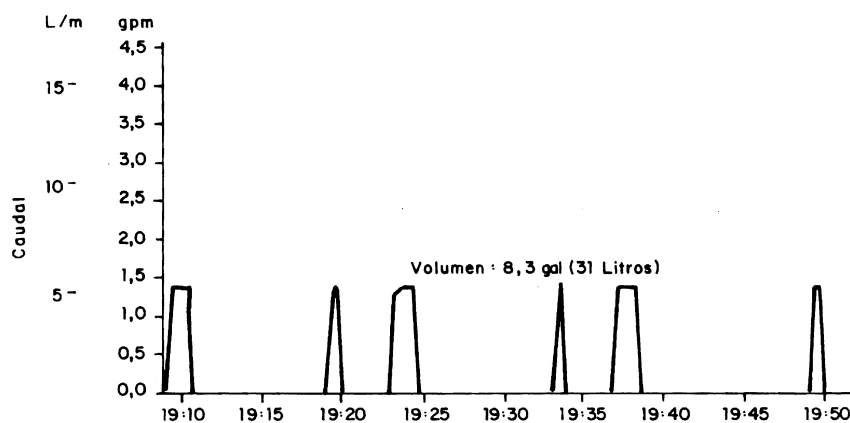
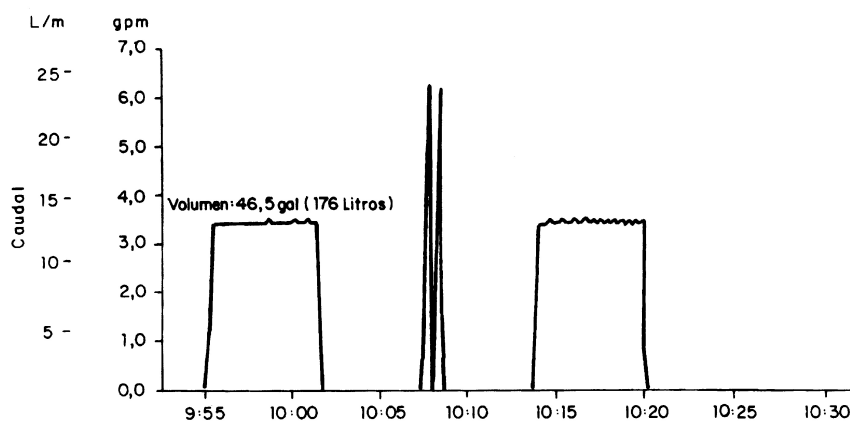
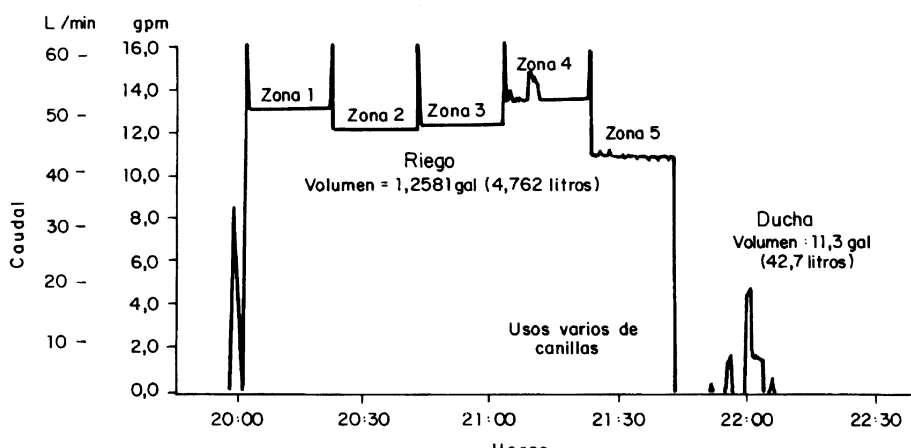


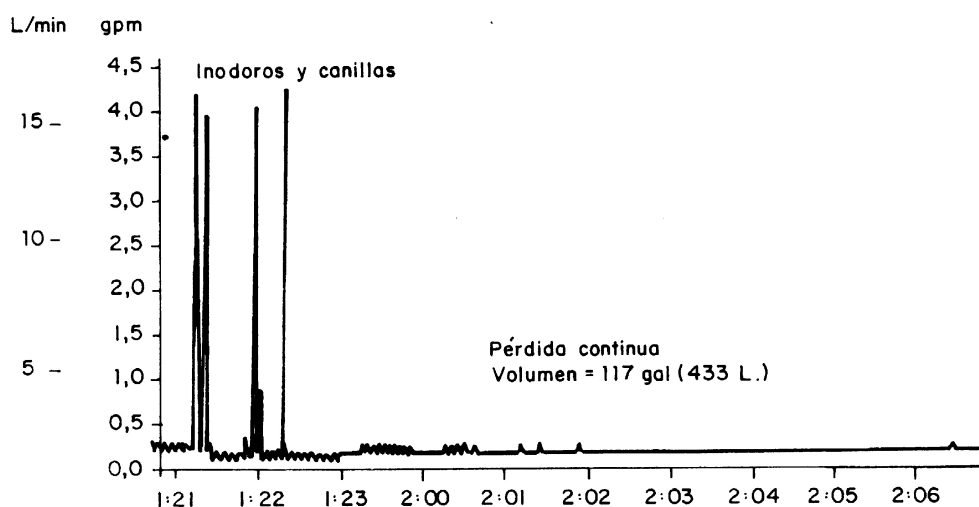
Figura 29. Gráficos caudal – Tiempo para un lavavajillas



**Figura 30.** Gráfico caudal – Tiempo para lavarropas

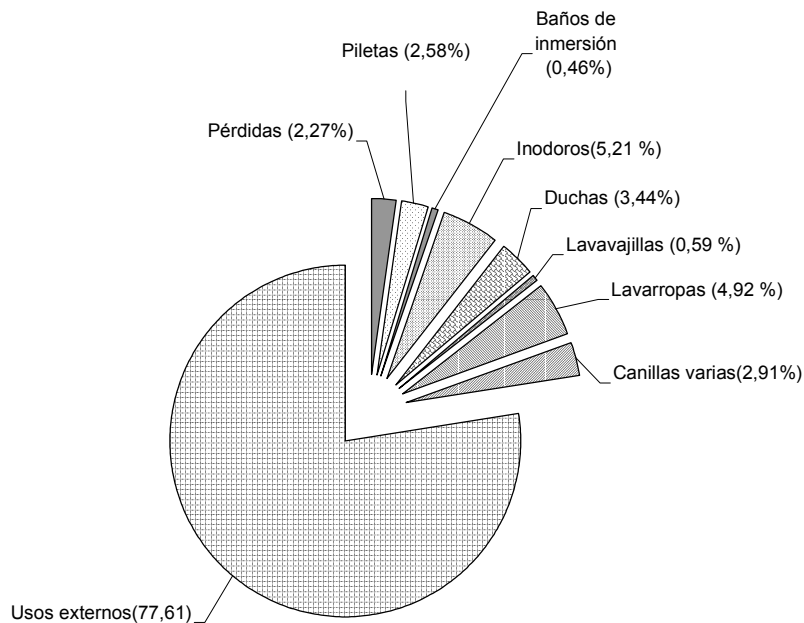


**Figura 31.** Sistema de riego por aspersión (5 zonas de riego automático)

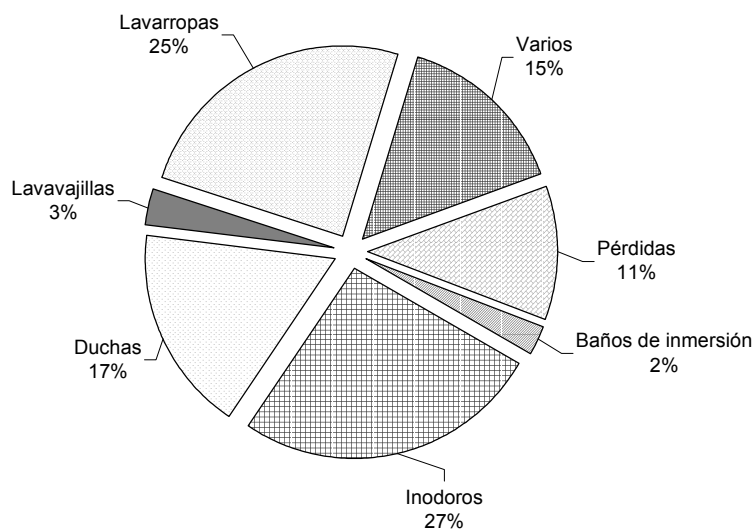


**Figura 32.** Gráfico típico de pérdidas

Como conclusión del trabajo se pueden observar la **Figura 33** y **Figura 34**:



**Figura 33.** Composición total del consumo de verano



**Figura 34.** Usos del agua en el interior de la vivienda

## 5.6. DOTACIÓN DE CONSUMO

### 5.6.1. Dotación Efectiva y Aparente

Para agua potable, el concepto de consumo medio de agua potable o dotación efectiva, expresado constituye la cantidad de agua promedio consumida en el año  $n$  por cada habitante servido y se expresa como:

$$D_n (\text{Its} / \text{hab} \cdot \text{día}) = \text{Dotación Efectiva (en el año } n)$$

Es importante diferenciar en una localidad los consumos de agua potable. Una identificación básica que es necesario realizar es la correspondiente a las características del consumidor. Desde este punto de vista, los consumos pueden ser identificados como:

- Consumos Residenciales.
- Consumos No Residenciales (Comprende los usos públicos, usos industriales y comerciales, etc.).

La dotación efectiva para cada uno de los tipos de consumos es diferente.

El cociente entre el consumo medio total de agua potable, por cualquier concepto, y la población servida exclusivamente, se denomina *Dotación Aparente*, y queda expresada por.

$$Da_n (\text{Its} / \text{hab} \cdot \text{día}) = \frac{\text{Consumo Total Residencial} + \text{Consumo Total no Residencial}}{\text{Población Total Servida}} =$$

$$= \text{Dotación Aparente (en el año } n)$$

donde todos los consumos como la población están referidos al año  $n$

o también:

$$Da_n = \frac{Q_c}{P_s}$$

$$Da_n (\text{Its} / \text{hab} \cdot \text{día}) = Q_c / P_s = \text{Dotación Aparente (en el año } n)$$

siendo:

$$Q_c = \text{Caudal medio diario de agua potable del año } n = \frac{\text{consumo total del año } n}{N^\circ \text{ de días del año } n}$$

$$P_s = \text{Población servida con conexiones domiciliarias de agua potable en el año } n$$

La *Dotación Aparente* expresa un consumo teórico asignado a cada habitante, en base a todos los tipos de consumos de agua esperados en la localidad, sin distinguir si los mismos son de carácter residencial o no residencial (comerciales, industriales, municipales, etc.). Esta metodología tiene como consecuencia una gran simplicidad de cálculos, pero no permite la desagregación de consumos y el estudio separado de su

variabilidad en el tiempo. Es habitualmente utilizada para realizar cálculos estimativos y comparativos.

La metodología de *Dotación Aparente* puede ser perfeccionada, considerando separadamente los habitantes servidos por agua potable exclusivamente de aquellos que cuentan con servicio de agua potable y desagües cloacales. Es común la consideración de que quienes cuentan con servicio de desagües cloacales tienen consumos de agua potable entre un 10 % y un 30 % mayores con respecto a aquellos que solo cuentan con servicio de agua.

Si se realiza una separación de los tipos de usuarios, corresponde la consideración de cada tipo de usuario de los sistemas de agua potable y desagües cloacales:

- Usuarios Residenciales
  - Con servicio de agua potable exclusivamente
  - Con servicios de agua potable y desagües cloacales.
- Usuarios No Residenciales
  - Servicios de Infraestructura:
    - ❖ Escuelas
    - ❖ Hospitales
    - ❖ Otros
  - Servicios Municipales:
    - ❖ Plazas, jardines, etc.
    - ❖ Riego y limpieza de calles
    - ❖ Otros
  - Usos Comerciales:
    - ❖ Hoteles, cabañas
    - ❖ Bares y restaurantes
    - ❖ Piscinas de natación
    - ❖ Locales comerciales
    - ❖ Peluquerías
  - Usos Industriales de alto consumo de agua:
    - ❖ Lavaderos
    - ❖ Estaciones de servicios
    - ❖ Envasadoras de gaseosas
    - ❖ Fabricas de helados

- ❖ Curtiembres
- ❖ Tintorerías
- ❖ Otras industrias con consumo de agua bajo ó alto en sus procesos

En todos los casos, debe realizarse un estudio de los consumos esperados originados en el proceso industrial involucrado, considerando además la demanda de agua que surge por usos propios del personal, correspondientes a higiene, limpieza y consumo directo del mismo.

- Usos Recreacionales
- Usos Temporales y/o Eventuales y/o Contingentes
- Agua para obras en construcción
- Agua para incendios

Cuando se realiza un estudio detallado como el señalado precedentemente, debe considerarse para cada tipo de consumo la evolución esperada en el tiempo, en base a indicadores de expansión de la localidad.

Habitualmente, dada la dificultad de realizar un estudio detallado de usos de agua no residenciales, se calculan los consumos como la sumatoria de:

- C1 *Consumos Residenciales*, a los que corresponde una Dotación Residencial (Dr), expresada como litros por día y por habitante servido
- C2 *Consumos No Residenciales* correspondientes a usos de infraestructura, tales como escuelas y hospitales.
- C3 *Grandes Usuarios*, cuyo consumo puede ser fácilmente estimado, tales como hoteles (litros/huésped o habitación), bares y restaurantes (litros/mesa) o industrias radicadas en la localidad y que pueden aportar información concreta sobre los consumos. Otra forma, es estimar el consumo de los Grandes Usuarios como un porcentaje del consumo de los Usuarios Residenciales.

Para este efecto se utilizan los datos obtenidos del análisis de las diferentes zonas, su actual estructura urbanística y funcional y la esperada en el futuro. Se proyecta el desarrollo que puede esperarse por una mayor densidad de la edificación y de la concentración de actividades comerciales y del sector servicios en los centros y subcentros urbanos, la expansión de las áreas habitacionales e industriales en las zonas periféricas y rurales y los resultados de dar satisfacción plena a la demanda en zonas servidas deficitariamente.

Mediante este análisis se determina la demanda cuantitativa de agua potable por cada habitante en cada zona individualmente y en el total de las áreas de servicios, para cada año considerado. Es importante destacar que para asegurar una correcta proyección, es necesario considerar simultáneamente la expansión que denotará el servicio cloacal.



### 5.6.1.1. Dotación de Consumo Media

Es importante definir el criterio a seguir para fijar la dotación de consumo medio de agua, ya que esta dotación puede surgir de valores medidos o de la aplicación de Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable. En el primero de los casos las diferencias pueden ser importantes, según la metodología estadística que se aplique sobre los valores disponibles.

Evidentemente, de no existir registros confiables de macromedición y micromedición de agua potable, es conveniente remitirse directamente a las dotaciones establecidas en la bibliografía. No necesariamente, éstos registros deben pertenecer a la localidad en estudio, ya que es posible aplicar valores conocidos de otras áreas de características similares. En estos casos, el proyectista debe poder identificar claramente las similitudes y diferencias, para aplicar las correcciones que sean necesarias.

De existir registros confiables de macro y micromedición, los mismos deben abarcar por lo menos registros de volúmenes mensuales de los últimos 36 meses para que posean consistencia estadística. Los datos disponibles permitirán calcular la dotación media por períodos de 12 meses basándose en la siguiente expresión:

$$Da_n = V_{acn} / P_{sn} \cdot d_n$$

Donde:

$Da_n$  = dotación media de agua potable en el año  $n$

$V_{acn}$  = volumen total de agua consumida en 12 meses

$P_{sn}$  = población media para el período

$d_n$  = cantidad de días del año

La dotación inicial de agua a adoptar puede obtenerse como promedio de los valores parciales:

$$Da_o = (Da_1 + Da_2 + \dots + Da_n) / n$$

En este punto, es importante analizar si se observa o no una tendencia hacia el crecimiento de la dotación de agua, la que de verificarse, deberá ser tomada en cuenta por el proyectista.

Otro aspecto importante es el de asegurarse que se está tomando el valor adecuado de  $V_{acn}$  basándose en los valores medidos. Si existen registros confiables de macromedición y micromedición, los volúmenes  $V_{acn}$  estarán en valores intermedios entre los arrojados por la macromedición y la micromedición, ya que los primeros incluyen el agua no contabilizada en la red de distribución mientras que es muy probable que los segundos midan por defecto, por falta de mantenimiento y reposición.

En casos especiales, los micromedidores pueden arrojar lecturas en exceso, cuando se producen situaciones de falta de agua y se registra el aire que pasa por los mismos.

Si sólo se cuenta con macromedición, habrá que reducir los valores medidos en función del agua no contabilizada estimada en la red, que puede oscilar entre no menos del 15 al 20 %, hasta 40 % o más, según el estado de la misma.

Si sólo se cuenta con micromedición, será conveniente aumentar los volúmenes medidos, para compensar los errores mayoritariamente en defecto de los medidores domiciliarios. Estos errores suelen estimarse entre no menos del 5% y el 30% ó más, según el estado de los medidores.

#### 5.6.1.2. Dotaciones de Consumos en Distintas Localidades

Los valores siguientes son señalados como representativos, en los Estados Unidos:

**Consumo medio y pérdida estimada como agua no contabilizada en ciudades Norteamericanas (Fair&Geyer)**

	Variación (L/hab. día)	Media (L/hab. día)
Consumo Doméstico	57-265	133
Consumo Comercial e Industrial	38-380	114
Consumo Público	19-75	38
Pérdidas estimadas	38-152	95
Total	152-872	380

**Tabla 43.** Consumos medios en ciudades Norteamericanas

**En Brasil son conocidos los datos admitidos en el Estado de San Pablo:**

	D.O.S.(1) (1951)	D.A.E.-SP(1)	SAEC,SP (2) (1972)	Unidad
Consumo Doméstico	85	140 a 200	180	l /hab . día
Consumo Comercial e Industrial	50	100 a 110	150	l /hab . día
Consumo Público	25	15 a 20	20	l /hab . día
Pérdidas estimadas	40	45 a 70	50	l /hab . día
Total	200	300 a 400	400	l /hab . día

(1) Previsión variable con los años

(2) Fuente: Azevedo – Acosta, Manual de Hidráulica

(Fuente: Projeto de Distribucao de Agua, CETESB)

**Tabla 44.** Consumos en localidades del Estado de San Pablo - Brasil

Algunos proyectos realizados para grandes ciudades brasileiras se basaron en las siguientes dotaciones (valores medios anuales, Fuente: Projeto de Distribucao de Agua, CETESB):

Ciudad	Población	Cuota/Cap.
Río de Janeiro	4.200.000	400
São Paulo	5.300.000	350
Belo Horizonte	1.100.000	300
Salvador	900.000	200
Curitiba	500.000	250
Campinas	350.000	300
Maringá	90.000	200
São Carlos	70.000	250
Jacarezinho	25.000	200
Jaguarão	16.000	165

**Tabla 45.** Dotaciones adoptadas para el proyecto de sistemas de abastecimiento de agua en Brasil

Debe tenerse en cuenta que para obtener los caudales de diseño, además de los consumos indicados se deberán considerar el agua no contabilizada que comprende las pérdidas del sistema, como se indica en el Numeral 5.5 del presente Capítulo.

## 5.7. CAUDALES CARACTERÍSTICOS

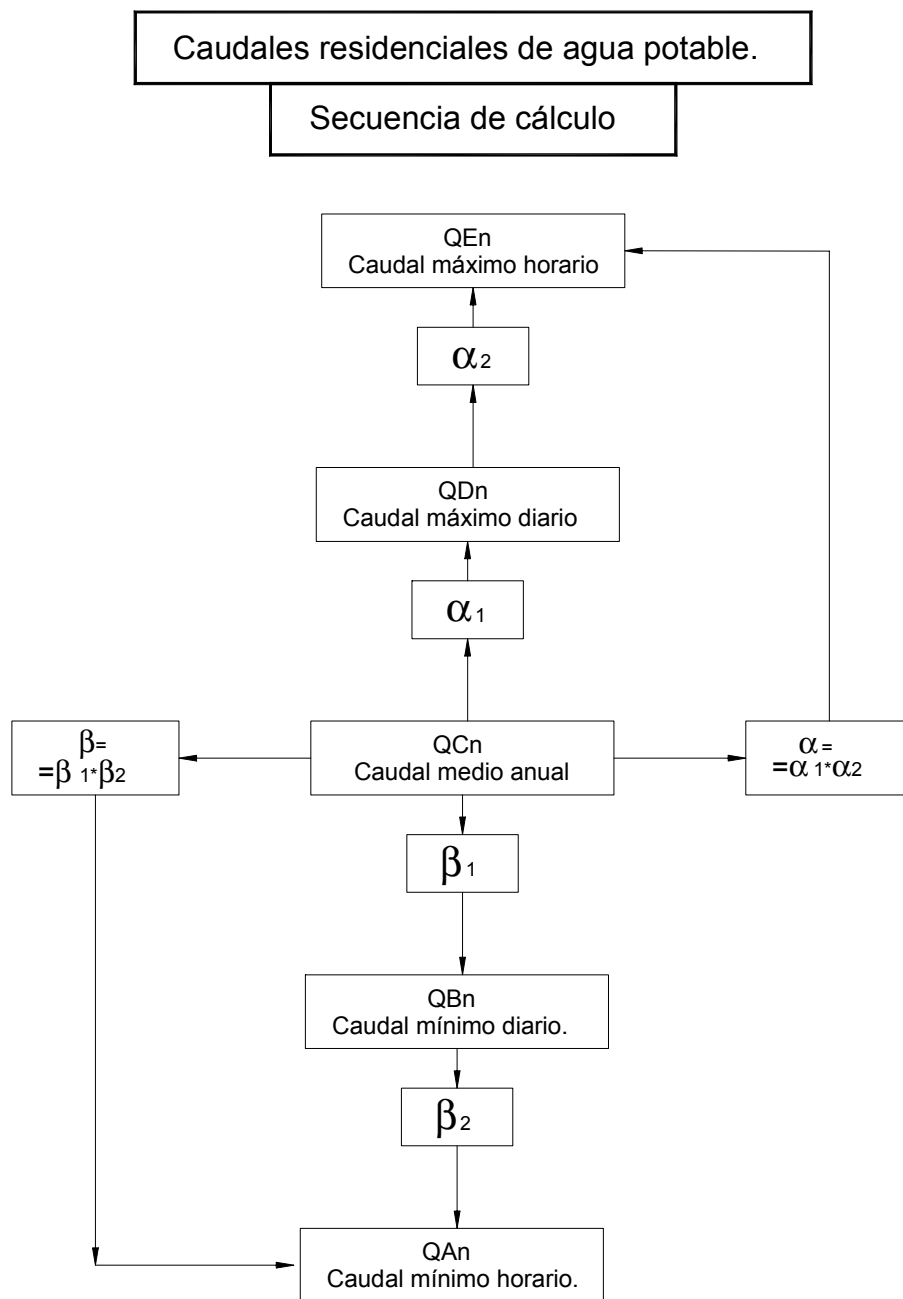
En un sistema de agua potable, pueden definirse cinco caudales característicos para cada año de período de diseño basados en los valores de las dotaciones de consumo.

Siguiendo la nomenclatura establecida en las Normas de Desagües Cloacales del COFAP y S (hoy ENOHSa) y con el objeto de unificar la misma y los criterios que se aplican para su evaluación, se adoptan para el año  $n$  las siguientes denominaciones:

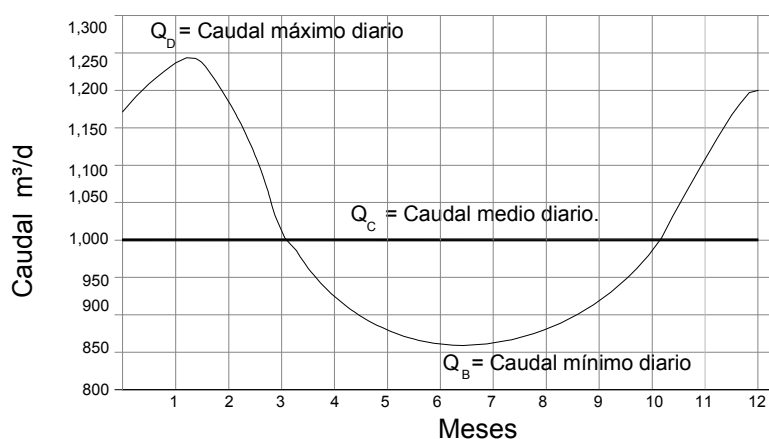
Caudal	Nomenclatura
Medio diario	$Q_{Cn}$
Máximo diario	$Q_{Dn}$
Máximo horario	$Q_{En}$
Mínimo diario	$Q_{Bn}$
Mínimo horario	$Q_{An}$

Los caudales característicos utilizados en los sistemas de agua potable pueden identificarse en el diagrama de la página siguiente.

Estos caudales deben incrementarse con el valor del agua no contabilizada y/o con el valor del agua utilizada en la producción para obtener los caudales de diseño.



**Figura 35.** Caudales residenciales de agua potable



**Figura 36.** Variación de los consumos a lo largo del año

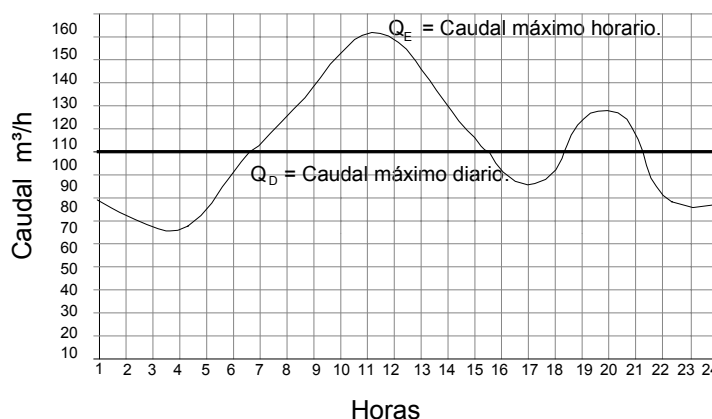
En la **Figura 36** se aprecia la variación típica de los caudales diarios del sistema durante todo un año. El promedio anual de esos caudales diarios se denomina *Caudal Medio Diario Anual* y se identifica como  $Q_C$  en el gráfico.

Obsérvese que  $Q_C$  indica, en realidad, el caudal promedio de agua potable consumida y no brinda información sobre la variación de los caudales diarios a lo largo de ese año.

Para caracterizar esa variación es necesario identificar a los caudales diarios máximo y mínimo del año, designados por  $Q_D$  y  $Q_B$  en el gráfico, respectivamente.

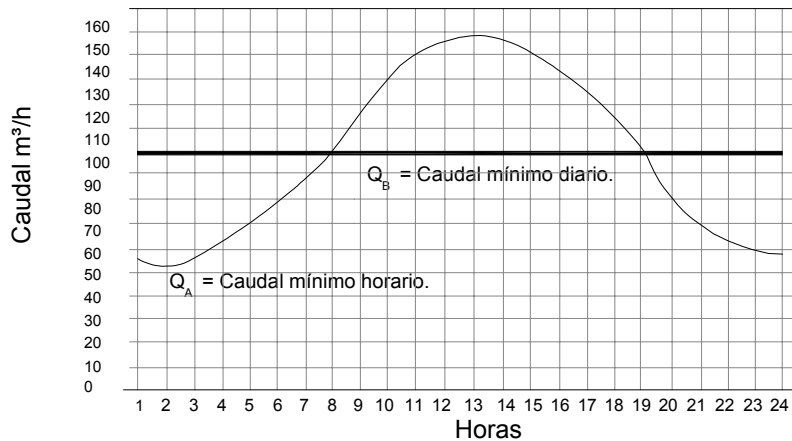
A su vez, estos caudales representan volúmenes de agua consumida en un lapso de 24 horas, pero no brindan información sobre cómo varían los caudales horarios durante ese período.

Para ello, es necesario identificar, por una parte, cuál es el *Caudal Máximo Horario* " $Q_E$ " que se consume durante el día en que se produce el *Caudal Máximo Diario*  $Q_D$  (ver **Figura 37**). Este caudal horario se considera el máximo absoluto de ese año.



**Figura 37.** Variación de los consumos durante el día de máximo consumo del año

Por otra parte, el caudal horario mínimo absoluto de ese año será el *Caudal Mínimo Horario*  $Q_A$  que se consume durante el día en que se produce el *Caudal Mínimo Diario*  $Q_B$  (ver **Figura 38**).



**Figura 38.** Variación de los consumos durante el día de mínimo consumo del año

Obsérvese que  $Q_D$  y  $Q_B$  representan el caudal promedio diario de los caudales horarios en las curvas de los gráficos.

Como surge de su propia definición, el *Caudal Medio Diario*  $Q_{Cn}$ , por representar un promedio anual, resulta útil para calcular parámetros asimilables a ese período, tales como consumos de energía, de productos químicos, costos operativos en general, volúmenes anuales varios, etc.

A su vez, los caudales máximos diarios  $Q_{Dn}$  permiten definir la capacidad de las instalaciones de bombeo y, en general, de todas aquellas unidades donde existan volúmenes que puedan regular el efecto de los caudales máximos horarios  $Q_{En}$ , mientras que estos caudales máximos horarios ( $Q_{En}$ ) establecen las dimensiones de todas aquellas conducciones y unidades no vinculadas a volúmenes de regulación.

Finalmente, los caudales mínimos diarios  $Q_{Bn}$  y horarios  $Q_{An}$  permiten verificar las condiciones de autolimpieza, de no sedimentación en conducciones, como así también presiones en redes de sistemas de agua potable.

### **Coeficientes de Pico**

Tal como se dijo, las dotaciones son valores medios anuales y en consecuencia sus productos por la población dan como resultado demandas medias anuales, expresadas en litros/día o  $m^3/día$ . Las demandas de agua potable sufren variaciones estacionales, diarias y aún horarias, las que pueden ser expresadas en función de la demanda media.

Para este efecto es necesario establecer los habituales coeficientes de pico de los caudales residenciales:

$\alpha_1$  = relación entre la demanda media del día de mayor consumo y la demanda media anual.

$\alpha_2$  = relación entre la demanda máxima horaria y la demanda media del día de mayor consumo.

$\alpha = \alpha_1 \cdot \alpha_2$  = relación entre la demanda máxima horaria y la demanda media anual.

$\beta_1$  = relación entre la demanda media del día de menor consumo y la demanda media anual.

$\beta_2$  = relación entre la demanda mínima horaria y la demanda media del día de menor consumo.

$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$  = relación entre la demanda mínima horaria y la demanda media anual.

Los caudales  $Q_A$ ,  $Q_B$ ,  $Q_D$ ,  $Q_E$  se obtienen a partir del caudal medio  $Q_C$ , aplicando diferentes coeficientes de caudal, definidos habitualmente como:

$$\alpha_1 = \frac{Q_D}{Q_C} = \text{coeficiente máximo diario}$$

$$\alpha_2 = \frac{Q_E}{Q_D} = \text{coeficiente máximo horario}$$

$$\beta_1 = \frac{Q_B}{Q_C} = \text{coeficiente mínimo diario}$$

$$\beta_2 = \frac{Q_A}{Q_B} = \text{coeficiente mínimo horario}$$

De donde surge:

$$\alpha = \alpha_1 \cdot \alpha_2 = \frac{Q_E}{Q_C}$$

$\alpha$  = coeficiente total máximo horario

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 = Q_A / Q_C$$

$\beta$  = coeficiente total mínimo horario

Como consecuencia de la aplicación de estos coeficientes, las demandas residenciales expresadas en unidades de caudales ( $m^3/día$ ,  $m^3/seg$ ,  $lts/seg$ ), serán las siguientes:

$$Q_{Cn} = \text{Caudal medio anual}$$

$$Q_{Dn} = Q_{Cn} \cdot \alpha_1 = \text{Caudal máximo diario}$$

$$Q_{En} = Q_{Cn} \cdot \alpha = \text{Caudal máximo horario}$$

$$Q_{Bn} = Q_{Cn} \cdot \beta_1 = \text{Caudal mínimo diario}$$

$$Q_{An} = Q_{Cn} \cdot \beta = \text{Caudal mínimo horario}$$

*El subíndice  $n$  indica el año en consideración.*

Los valores de los coeficientes pueden permanecer invariables en el tiempo o variar, dependiendo de las condiciones y características del servicio bajo las que se determinan y definen. Por ejemplo, la disponibilidad de grandes reservas domiciliarias en cada vivienda, puede hacer disminuir el coeficiente de pico horario ( $\alpha_2$ ), ya que los incrementos de consumo puntuales en cada vivienda serán amortiguados por la disponibilidad de la reserva. Cambios en la asignación del destino de ciertas zonas (de residencial a comercial o industrial, etc.) pueden también motivar estas variaciones.

Los coeficientes de pico residenciales no son directamente utilizables, en localidades importantes, para consumos de otro tipo, tales como comerciales, industriales, etc. Aún dentro de una misma localidad, diferentes áreas pueden presentar coeficientes de pico distintos, según su destino.

En consecuencia, para cada sector de consumo considerado, es necesario establecer reglas o métodos de análisis que permitan conocer como varían los caudales en su conjunto, sobre la base de una adecuada desagregación de su composición.

Es necesario determinar, en base a los antecedentes de cada servicio y aún dentro de ellos en cada zona, los coeficientes que determinan los picos estacionales, diarios y horarios, ya que la magnitud de las obras requeridas y el análisis de las prestaciones de las instalaciones existentes son totalmente dependientes de los valores resultantes. Estos coeficientes denotan su propia elasticidad, ya que se ven fuertemente incididos por los mismos factores que la demanda media. De no disponerse de antecedentes procesables, una comparación con localidades similares, de las que se tenga información, puede suplir tal falencia.

La variabilidad de los coeficientes de pico para zonas de diferente actividad, dentro de una misma área urbana, es fácilmente visualizable si se analiza una gráfica de la marcha horaria de los caudales para un día cualquiera, en los que las actividades de cada zona sea representativa de la media anual.

Los caudales que resultan de éste análisis deben ser considerados para cada sector componente del servicio total, compatibilizando las actividades con los valores de pico que se utilicen.

No siempre existen registros confiables que puedan ser utilizados, por lo que una metodología válida es la de realizar comparaciones con otras zonas o áreas de tamaño y comportamiento esperable similar. El criterio básico que debe primar, es que siempre será necesario monitorear el comportamiento de las variables que definen la demanda, introduciendo en etapas sucesivas las correcciones necesarias.



Ello implica que en todo proyecto será necesario prever y asegurar la disponibilidad de una implementación logística tal que permita el monitoreo de variables, para que ello permita un ajuste posterior de los parámetros.

### 5.7.1. Valores de los Coeficientes de Pico

Los siguientes resultados surgen de observaciones estadísticas, realizadas en varias regiones:

Los datos explicitados en la **Tabla 46**, son datos típicos de coeficientes de pico.

En los países de clima variable, los valores del coeficiente  $\alpha_1$  son más elevados.

Las variaciones horarias del consumo dan origen al coeficiente  $\alpha_2$  correspondiente a la hora de mayor demanda.

Los valores de  $\alpha_2$  son obtenidos a través de observaciones sistemáticas, de medidores instalados aguas abajo de los reservorios de distribución.

Las obras de toma de agua, bombeo de agua cruda, aducción, tratamiento, acumulación y distribución deben ser proyectadas teniendo en cuenta el coeficiente  $\alpha_1$  relativo a los días de mayor consumo.

	$\alpha_1$	$\alpha_2$
Alemania (Hütte)	1,6 a 2,0	1,5 a 2,5
España (Lazaro Urra)	1,5	1,6
Estados Unidos (Fair-Geyer)	1,2 a 2,0 (media 1,5)	2,0 a 3,0
Francia (Debauve-Imbeaux)	1,5	1,5
Inglaterra (Gourley)	1,2 a 1,4	1,5 a 2,0
Italia (Galizio)	1,5 a 1,6	-
Uruguay (OSE)	1.5	1.5
En el Estado de San Pablo han sido adoptados los siguientes valores:		
Interior del Estado	1,25	
Ciudad de San Pablo (D.A.E.)	1,50	

Fuente: Manual de Hidráulica – José M. de Azevedo Netto – G.Alvarez –Tomo 2. Editorial E. Blucher - 1977

**Tabla 46.** Valores de coeficientes de pico

Siempre que fuesen previstos reservorios de distribución con capacidad adecuada, esos reservorios serán capaces de suplir los volúmenes excedentes en las horas de gran consumo, de modo que las instalaciones situadas aguas arriba no precisan ser dimensionadas con el coeficiente  $\alpha_2$ .

En esas condiciones, el sistema de distribución sería calculado con los dos coeficientes ( $\alpha_1$  y  $\alpha_2$ ).

Los coeficientes multiplicados constituyen lo que se denomina “coeficiente de pico o máximo horario total” ( $\alpha$ ):

$$\alpha = \alpha_1 \cdot \alpha_2$$

Los valores más comunes del coeficiente de pico ( $\alpha$ ) están comprendidos entre 1,8 y 2,6.

### **Coeficientes a adoptar si se carece de datos de campo**

Dado que generalmente se carece de datos de campo, es necesario fijar los rangos de valores a adoptar por el proyectista, para lo cual se analizarán previamente los factores que influyen en la elección de cada coeficiente.

El coeficiente máximo diario  $\alpha_1$  define el máximo apartamiento positivo, a lo largo de un día, respecto del caudal promedio anual. En un sistema de agua potable está definiendo la relación entre consumos de verano y consumos medios del año, razón por la cual suele vincularse a  $\alpha_1$  con la relación entre la temperatura media del día más cálido y la temperatura media anual de la localidad (o con la amplitud térmica de la misma, a falta de mayores datos).

El coeficiente máximo horario  $\alpha_2$  en un sistema de agua está definido, fundamentalmente, por los siguientes factores:

- Tamaño de la localidad y uniformidad en el horario de actividades.
- Alta concentración de consumos específicos del verano en unas pocas horas del día (por ejemplo, horario de riego de jardines y huertas, en zonas residenciales).
- Grandes usuarios con consumos instantáneos elevados.

Las localidades más pequeñas, con consumos casi exclusivamente domésticos, con comercios y actividades que se interrumpen al mediodía, generan altos picos horarios entre las 11:00 y las 14:00 horas. La red de agua potable debe responder muy rápidamente a estos picos de consumo, si bien las reservas domiciliarias contribuyen a atenuarlos.

Este esquema se repite en localidades grandes que conservan pautas uniformes de horarios (por ejemplo con gran porcentaje de población empleada en la administración pública, en un establecimiento importante, etc.) por lo que es necesario separar la incidencia del tamaño de la población, de la incidencia de la uniformidad de horarios.

## **5.7.2. Cálculo de los Caudales de Consumo**

Los caudales originados en el uso residencial del agua son el producto de la dotación de agua originada en el consumo residencial por la población que recibe el servicio, afectando éste resultado del coeficiente de pico correspondiente, para disponer de los caudales extremos en cada momento considerado.

Tal como ya se expresara, una de las formas de calcular los caudales es la resultante de la aplicación de consumos diferenciados, según una tipificación de consumidores de acuerdo a la siguiente clasificación:

C<sub>1</sub> Consumos Residenciales.

$C_2$  Consumos No Residenciales.

$C_3$  Grandes Usuarios.

De ésta manera, el caudal medio total, para el año  $n$ , se compondrá de:

$$Q_{Cn} = Q_{C1n} + Q_{C2n} + Q_{C3n}$$

$$Q_{C1n} = P_n \cdot Dr_n$$

donde:

$$P_n = \text{población del año } n$$

$$D_{urn} = \text{dotación usuario residencial del año}$$

Esta expresión puede ser perfeccionada considerando separadamente la población que cuenta con servicio de agua potable y de desagües cloacales (cuya dotación se asume mayor) de la población que solo cuenta con servicio de agua potable:

$$P_{acn} = \text{población que en el año } n \text{ cuenta con servicios de agua potable y de desagües cloacales.}$$

$$D_{acn} = \text{dotación en el año } n \text{ de la población que cuenta con servicios de agua potable y de desagües cloacales.}$$

$$P_{an} = \text{población que en el año } n \text{ cuenta solo con servicio de agua potable.}$$

$$D_{an} = \text{dotación en el año } n \text{ de la población que cuenta solo con servicios de agua potable.}$$

$$Q_{C1n} = P_{acn} \cdot D_{acn} + P_{an} \cdot D_{an}$$

El consumo medio de los consumos no residenciales identificados como correspondientes a hospitales y escuelas surge de la consideración, para cada año, del número de unidades de consumo esperable y la dotación específica aplicable a cada uno de ellos.

Habitualmente, sin que ello sea excluyente de otras modalidades posibles, los consumos de los hospitales se expresan en función de camas u otra forma de comodidades que permitan evaluar la cantidad de pacientes/día.

En las escuelas, los caudales resultan, para cada año, de la consideración del número de alumnos esperables y el consumo medio por alumno.

$$Q_{C2n} = \sum P_{nm} \cdot D_{nm}$$

$$P_{nm} = \text{Población no residencial del año } n$$

$$D_{nm} = \text{Dotación no residencial del año } n$$

La población no residencial, para los casos precedentes considerados, surgen de:

$A_n$  = Alumnos del año  $n$

$H_n$  = Camas hospitalarias del año  $n$

La dotación no residencial, según el tipo de consumidor, puede ser expresada como:

$D_{en}$  = Dotación escolar del año  $n$ , como litros / día . alumno

$D_{hn}$  = Dotación hospitalaria del año  $n$ , como litros / día . cama

De esta manera:

$$Q_{C2n} = \sum P_{nm} \cdot D_{nm} = A_n \cdot D_{en} + H_n \cdot D_{hn}$$

Para un mayor detalle y exactitud del cálculo, es posible establecer una diferenciación de los consumos no residenciales según el área de servicios: con agua potable y desagües cloacales o solamente con agua potable, aunque dada la institucionalidad de éste tipo de consumos, salvo razones de restricción muy marcadas, la diferencia no suele ser tan importante o al menos tan marcada como en los consumos residenciales.

Los consumos correspondientes a grandes usuarios no pueden ser determinados mediante una regla fija, ya que son totalmente dependientes de cada situación particular que se observe.

Así, es posible establecer el mismo a partir de la sumatoria de consumos detectados de grandes usuarios puntuales:

$$Q_{C3n} = \sum q_{GUn}$$

$q_{GUn}$  = consumos de grandes usuarios para el año  $n$

Cuando ello no es posible, debido al desconocimiento de consumos puntuales que pudieran generarlos, suelen ser determinados a partir de la consideración de un porcentaje de los caudales residenciales para tal fin:

$$Q_{C3n} = \zeta (\%) \cdot Q_{C1n}$$

Cada uno de los caudales así determinados, para cada año considerado, debe ser afectado por sus propios coeficientes de pico, ya que las variaciones anuales y diarias de los caudales, según las fuentes identificadas de consumo, no es la misma. Consumos no residenciales originados en actividad escolar pueden tener valores de pico y horas de pico diferentes de los correspondientes a los consumos residenciales y situación similar puede darse con los consumos de los grandes usuarios.

Este desfase debe ser considerado al adoptar los valores de cada día del año y de cada hora, de tal forma que el resultado de su aplicación sea el máximo (o el mínimo) esperable.

De ésta manera, el coeficiente  $\alpha_n$  de la máxima hora de consumo del año  $n$  puede resultar de la sumatoria de los coeficientes  $\alpha$  de cada tipo de consumo ( $\alpha_{C1} + \alpha_{C2} + \alpha_{C3}$ ), sin que cada sumando sea el máximo absoluto esperable para el mismo, pero de manera tal que la sumatoria sea máxima.

En la práctica, salvo la disponibilidad de registros amplios y muy confiables, tal discriminación es de muy difícil aplicación, recurriéndose a métodos simplificados para la determinación de los coeficientes de pico y caudales correspondientes.

## 5.8. CAUDALES DE DISEÑO DE CAPTACIÓN Y DE PRODUCCIÓN

Los caudales característicos calculados en el punto 5.7 se basan en los consumos esperados, según los diferentes tipos de consumidores y la oportunidad considerada.

Un sistema total de agua potable comprende, al menos, las siguientes etapas:

- Captación.
- Tratamiento.
- Almacenamiento.
- Transporte.
- Distribución.

No siempre las etapas de almacenamiento y transporte se producen en la secuencia enunciada.

### 5.8.1. Caudales de Producción. Agua no Contabilizada

En las etapas de almacenamiento, transporte y distribución enunciadas se produce una merma en la cantidad de agua disponible, ya que los procesos correspondientes a cada una de ellas y las fallas de todo tipo (técnicas, administrativas y contables) generan disminuciones en la cantidad real de agua disponible, lo que para cada etapa puede expresarse como:

$$Q_s = Q_i - \Delta i - ANC$$

$$Q_s = \text{caudal de salida de cada etapa}$$

$$Q_i = \text{caudal ingresante a cada etapa}$$

$$\Delta i = \text{agua perdida en el proceso}$$

$$ANC = \text{agua no contabilizada} = \Delta t + \Delta a + \Delta c$$

$$\Delta t = \text{agua no contabilizada por fallas técnicas}$$

$$\Delta a = \text{agua no contabilizada por fallas administrativas}$$

$$\Delta c = \text{agua perdida por fallas contables}$$

Debe interpretarse que los términos correspondientes a los últimos tres conceptos (fallas) no siempre corresponden a pérdidas efectivas. Por ejemplo, la mala contabilización de los medidores (macros o micros) se considera como una pérdida por falla técnica y la no contabilización de los valores correspondientes como falla contable.

El concepto es que todas las pérdidas mencionadas precedentemente, aceptando que no todas ellas constituyen pérdidas físicas efectivas, son habitualmente englobadas en la definición de agua no contabilizada, genérica para todas las etapas. No se incluye en el concepto de agua no contabilizada los consumos internos conocidos, tales como los originados en las diferentes subetapas de una planta de tratamiento.

Se entiende entonces:

$$Q_{prod} = Q_{cons} + ANC$$

$$Q_{prod} = Q_{cons} / (1 - \phi_{ANC})$$

$$Q_{cons} = \text{Caudal característico basado en las dotaciones de consumo (según 4.5)}$$

$$\phi_{ANC} = \text{fracción del agua producida no contabilizada}$$

Esta fracción incluye los consumos clandestinos, consumos no registrados por falencias administrativas o comerciales, pérdidas físicas en el transporte y distribución (redes y conexiones), falsos registros de medidores, conexiones clandestina, usos públicos no registrados, etc.

### 5.8.2. Caudales de Captación

Entre la etapa de captación y producción, debe adicionarse un porcentaje correspondiente a éste último proceso:

$$Q_{cap} = Q_{prod} + \Delta_{prod}$$

$$Q_{cap} = \text{agua captada}$$

$$Q_{prod} = \text{agua producida}$$

$$\Delta_{prod} = \text{agua utilizada en la producción}$$

Este último suele ser un concepto claramente conocido y por lo tanto definido.

### 5.8.3. Caudales de Diseño

En la **Tabla 47** se han volcado algunas aplicaciones habituales para cada uno de los caudales a lo largo del período del diseño.

Período	Mínimo del día menor consumo	Mínimo diario anual	Medio diario anual	Máximo diario anual	Máximo del día mayor consumo
	$Q_A$	$Q_B$	$Q_C$	$Q_D$	$Q_E$
Inicial	Verificaciones especiales optativas	Verificación de Unidades de Plantas, equipos de dosificación, macromedición, etc.	Costos operativos	----	----
10 Años	----	----	Costos operativos	Capacidad de la 1 <sup>ra</sup> etapa de la Planta	Estaciones de bombeo 1 <sup>ra</sup> etapa. Capacidad de la 1 <sup>ra</sup> etapa de reserva
20 Años	----	----	Costos operativos	Capacidad de la Fuente. Capacidad de las conducciones hasta las reservas. Caudal Estación de Bombeo ( $Q_b$ ) <sup>***</sup>	Capacidad redes y conductos de alimentación a la red. Estación de Bombeo de la 2 <sup>da</sup> etapa, capacidad de reserva de 2 <sup>da</sup> etapa y capacidad de equipos de dosificación, macromedición, etc.

Nota: Para  $Q_b$  <sup>\*\*\*</sup> (caudal de bombeo) según sea el caso debe utilizar  $Q_D$  para obras de toma y aducciones, en otros casos por ejemplo impulsión a un tanque elevado de distribución se debe efectuar un balance de caudales utilizando  $Q_D$  ó  $Q_E$  en función del cálculo de la variación del volumen almacenado y variaciones de presión en la distribución.

**Tabla 47.** Aplicaciones de caudales a lo largo del período de diseño

## 5.9. UNIDADES DE CONSUMO

La definición de los aspectos cuantitativos referidos a las estructuras operativa y comercial de cada servicio, implican el conocimiento de los siguientes parámetros para cada servicio que se presta, individualmente para cada unidad en consideración y para el conjunto de ellas cuando se trate de prestaciones que abarquen un conjunto:

- Número de conexiones.
- Número de unidades con servicio efectivo.
- Número de clientes.

El primero de los aspectos se refiere, exclusivamente, al hecho físico del elemento de interconexión entre la red externa de servicio y las instalaciones intradomiciliarias, acompañado de atributos tales como diámetro de la conducción, presencia o ausencia de elemento de medición, etc. Un mayor detalle corresponde al catastro comercial, donde además figura, nombre del cliente, dirección, número de medidor, código de servicio (medido, no medido), datos de la vivienda, etc.

El segundo aspecto está referido a la identificación de las reales unidades que demandarán servicio de agua potable. El número de conexiones no es concordante con el número de unidades con servicio efectivo, ya que una conexión puede servir a varias unidades o una unidad puede contar con dos o más conexiones. Cuando el número de inmuebles afectados al régimen de propiedad horizontal es significativo frente al número total, las diferencias entre conexiones y unidades con servicio pueden ser significativas.

En el ejemplo siguiente se pueden observar, precisamente y en forma numérica, las diferencias apuntadas, las que contribuyen a identificar cada uno de los conceptos ya apuntados.

Supongamos un edificio en el que existen (ver **Tabla 48**), en total 17 unidades habitacionales (UH), 3 cocheras (COCH) y 2 locales comerciales (LC).

De acuerdo a la reglamentación en práctica y aún vigente en numerosos servicios, el conjunto que sirve de ejemplo tiene una única conexión domiciliaria para agua potable. Si dispone de servicio de desagües cloacales, también tendrá una única conexión a este sistema.

En la práctica, las unidades con real demanda de servicios serán 19, resultantes de la suma de 17 unidades habitacionales y 2 locales comerciales.

Bajo un sistema de facturación de consumos presuntos en función de superficies, edades, calidad de edificación y localización, habrá 22 clientes (17 UH + 2 LC + 3 COCH). Si se aceptara la facturación unificada a la sociedad civil Consorcio, máxime si se trata de servicio medido, habrá en cambio un solo y único cliente.

Si se utilizara facturación separada, el prestador podría optar por facturar por cliente y si la UH 15 fuera del mismo dueño que el LC 1 y la COCH 2, podría decirse que un cliente recibe tres facturas y es propietario de 2 unidades con servicio efectivo.

	UH 16	UH 17
UH 13	UH 14	UH 15
UH 10	UH 11	UH 12
UH 7	UH 8	UH 9
UH 4	UH 5	UH 6
UH 1	UH 2	UH 3
LC 1	LC 2	
COCH 1	COCH 2	COCH 3

**Tabla 48.** Esquemas unidades de consumo edificio

En definitiva para el ejemplo planteado, hay 17 unidades de consumo residenciales, 2 unidades de consumo no residenciales, una conexión de agua potable, una conexión de desagües cloacales y un número variable de clientes que dependerá del agrupamiento que se realice en función del régimen tarifario vigente y la estructura comercial que se adopte.

## 5.10. OFERTA VS DEMANDA

La definición de la capacidad de las obras a ejecutar surge del conocimiento de los caudales esperables como medios, máximos (diarios y horarios) y mínimos. Es necesario



por ello suponer valores típicos zonales o regionales para los coeficientes de pico, a aplicar sobre los caudales medios resultantes.

La comparación entre lo existente, su grado de cobertura y funcionamiento (oferta de servicios) versus demanda, ya sea que se encuentre satisfecha, insatisfecha, bien atendida o con deficiencias, constituye el resultado clave para determinar y cuantificar las inversiones y actividades necesarias para una eficiente operación del servicio y el volumen de facturación que podrá esperarse al satisfacer la demanda presente y la que se proyecta para el futuro.

Las situaciones singulares que surgen de localidades en las que la oferta inicial de servicio es cero (no hay servicio) constituyen apenas condiciones de borde del problema a afrontar, por lo que puede englobarse dentro de una metodología general, que aborde todos los aspectos involucrados en el estudio de demanda.

El diagnóstico que debe llevarse a cabo comprende el análisis de los siguientes aspectos:

- La caracterización de las zonas de servicio:
  - Según sus funciones: urbanas: industrial, comercial, agrícola, mixto, subcentros, centros urbanos.
  - Por indicadores de estructura social.
  - Por niveles de consumo representativos, tomando como base la experiencia e información disponible tal como producción y consumo per cápita, producción y consumo por unidad de consumo, etc.
- La identificación de grandes usuarios puntuales, actuales y previstos.
- La evaluación de la población actual y futura esperable en cada zona de servicio, con indicación de densidades y número de habitantes por vivienda.
- Las tendencias de radicación de la población y de crecimiento del área.
- La definición de los parámetros del servicio existentes en cada zona:
  - Cobertura poblacional del sistema de abastecimiento de agua.
  - Estado general de los sistemas.
  - Tipo de fuentes de producción de agua (superficial/subterráneo).
  - Cobertura poblacional del sistema de desagües cloacales, en los casos de existir y/o disposición de los efluentes (pozos sépticos, etc.).
  - Disposición de los efluentes de los procesos de potabilización.
  - Cantidad de agua producida y disponibilidad de producción.
- Las condiciones de la calidad del agua potable y de la red de abastecimiento de agua: edad, presión operativa, funcionalidad (grado de incrustación, pérdida de carga, frecuencia de averías, tipo de averías, etc.), roturas de derivaciones domiciliarias.

- La interrelación entre el sistema eléctrico y el sistema de agua potable, lo que en algunos casos puede adquirir significativa importancia dada la configuración de los mismos atendiendo a la necesidad de establecer suministros alternativos de energía en puntos singulares si el sistema eléctrico denota fallas críticas.
- La cobertura de servicios técnicos: cuadrillas de reparación, servicios de mantenimiento, obras de rehabilitación ejecutadas y proyectadas.
- Variables que reflejen la relación entre costos operativos, costos de mantenimiento, costos de nuevas obras, tarifas y recaudación, para visualizar la problemática de la incidencia de estos factores en la tarifa resultante y la respuesta de pago de los usuarios.

Los puntos precedentes pueden ser considerados dentro de un “check list” que debe integrar todo proyecto, ya que su identificación y la disponibilidad de respuesta a las cuestiones que plantean son imprescindibles para lograr implementar un adecuado Modelo de Demanda, el que debe acompañar al proyecto en toda su planificación y gestión e inclusive en las evaluaciones ex-post destinadas a verificar su funcionamiento y a introducir correcciones en los supuestos de base para futuros proyectos.

Los resultados deben poder expresarse en forma numérica y gráfica, en tablas y planos, para facilitar su interpretación y análisis ya que constituyen la base del conocimiento de la situación actual. Al mismo tiempo, esta información de base debe ser compatible con los requerimientos del modelo de evaluación a aplicar, tanto en sus contenidos como en los formatos y soportes informáticos en que se presenten.

### ***Determinación de la demanda futura***

Para la determinación de la demanda futura es necesario, en primer lugar, cuantificar la demanda insatisfecha de la población actualmente abastecida, que surge a raíz de fallas operativas (cortes periódicos, reducciones de caudales y presiones en las redes, elevado número de fugas), insuficiencia de caudales, insuficiencia de presiones y otras causas que impiden que el usuario satisfaga plenamente su demanda en tiempo y forma.

La estimación del aumento previsto de la demanda de agua se basa en un conocimiento detallado del entorno del sistema y en particular en las previsiones sobre el crecimiento demográfico, el aumento del consumo por habitante y los planes de desarrollo que pueden influir en la demanda industrial u otras. La ejecución de un proyecto de abastecimiento de agua potable puede modificar la situación en una localidad; por ejemplo la disponibilidad de agua puede estimular el desarrollo de algunos sectores o incentivar a la población aledaña a radicarse dentro del radio servido por la red de distribución. Estos cambios posibles deben ser tenidos en cuenta en el análisis.

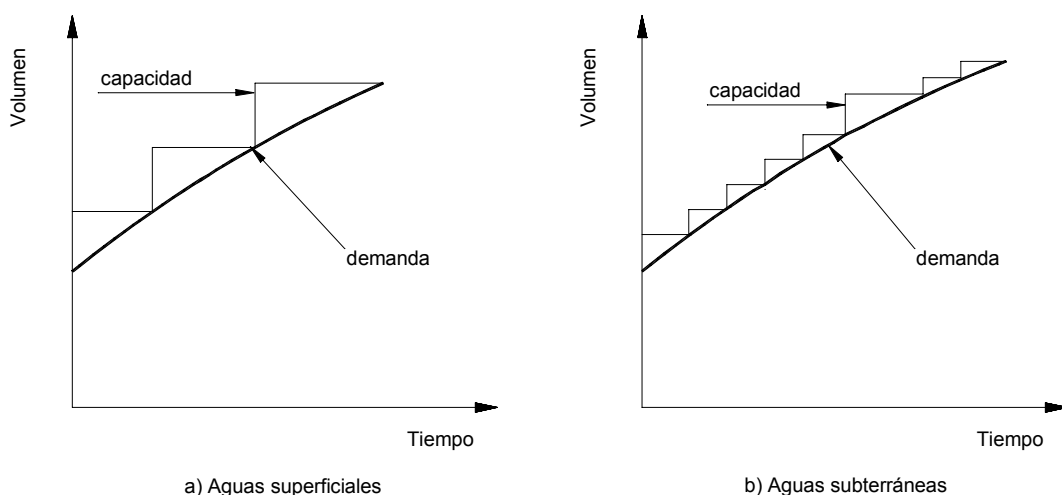
Para estimar el aumento de demanda deben considerarse los posibles cambios de las expectativas y las necesidades percibidas de la comunidad que tenderá a contar con una mayor disponibilidad de agua y mayor comodidad de acceso a la misma. El diseño debe ser flexible para que esta evolución no perturbe el funcionamiento del sistema.

Se debe analizar los volúmenes de agua que serán consumidos por los usuarios, además de las pérdidas dentro de sus sistemas domiciliarios. Se debe tener también en cuenta, en forma realista, el agua perdida en la distribución.

Al diseñar el sistema se debe adoptar una decisión sobre las previsiones de aumento de la demanda. Desde un punto de vista de economías de escala, la asignación de un margen considerable posee ventajas claras, no obstante lo cual se debe cuidar que las previsiones no sean excesivas, porque el resultado puede ser un sistema sobredimensionado con altos costos de capital y baja utilización durante los primeros años de funcionamiento.

En general es más simple adecuar la producción al crecimiento paulatino de la demanda en sistemas abastecidos con fuente subterránea, por los menores plazos de ejecución de las obras y la menor inversión puntual requerida, lo que lleva a menores inversiones ociosas hasta que se iguale la demanda con el incremento de producción.

A continuación se puede observar la relación entre la demanda y la capacidad de producción para el caso de aguas superficiales **Figura 39a** y aguas subterráneas **Figura 39b**.



**Figura 39.** Diagrama que muestran la relación entre la demanda y la capacidad en el caso de las aguas superficiales y las aguas subterráneas

Tal como se dijo, las dotaciones son valores medios anuales y en consecuencia sus productos por la población dan como resultado demandas medias anuales, expresadas en litros/día o  $m^3/día$ . Las demandas de agua potable sufren variaciones estacionales, diarias y aún horarias, las que pueden ser expresadas en función de la demanda media.

Los coeficientes que relacionan los tres valores anteriores pueden permanecer inmutables en el tiempo o variar, dependiendo de las condiciones y características del servicio bajo las que se determinan y definen.

En consecuencia, el modelo que permita calcular la evolución de la demanda de agua debe disponer de alternativas para dejar fijos en el tiempo los coeficientes de pico de demanda o establecer variaciones en el tiempo de los mismos. Las fuentes que aportarán información para la definición de los consumos, dotaciones y coeficientes de pico podrán, alternativamente, ser:

- Referencias bibliográficas.
- Normas en uso.
- Experiencia de los profesionales intervinientes.
- Información procesada.
- Otros antecedentes disponibles.

Hasta este punto, y para un horizonte de diseño amplio, se habrá fijado la demanda de agua potable, expresada finalmente como caudales esperables en cada año y de acuerdo a previsiones de crecimiento de cada área y dentro de ésta cada zona en que fue subdividida.

El horizonte de análisis y el paso del tiempo serán fijados por el proyectista, de acuerdo a las características especiales de cada proyecto. Habrá un paso de tiempo standard (por ejemplo de (1) un año), el que podrá ser variado adecuándolo a las condiciones particulares de la situación que se analiza.

El modelo debe estar compuesto de dos partes:

- a). Sistema de Ingreso de Datos
- b). Sistema de Salida

A título ilustrativo, en la **Tabla 49** y **Tabla 50** se presenta un ejemplo de cómo puede elaborarse y presentarse los datos de entrada y salida de un modelo de demanda.

En general, tanto en la entrada como en la salida de datos, hay un conjunto de referencias que caracterizan al valor que toma cada variable:

- a). Un indicador alfanumérico, que da nombre y define la variable, acompañado usualmente de dos subíndices:

z que define la zona en análisis

(no indicado en el ejemplo) que define el año en consideración, según una nomenclatura que puede considerar el año calendario (1997, 1998, 2000, 2002, etc.) o el año cronológico del proyecto (0, 1, 3, 5, 10, etc.) contado desde el inicio. En el modelo a desarrollar (ver **Tabla 51**) el paso standard será de un (1) año, pudiendo ser variado a voluntad, ya que puede resultar de interés formular análisis rápidos de situación con pasos de tiempo mayores.

- b). Un indicador numérico de fila, de tal forma que las referenciaciones de los textos puedan identificar rápidamente la variable (variable n, z, fila N°, donde ya se tenía un indicador de zona y un valor n del año, se agrega ahora un número de fila y un nombre de variable correspondiente al año en cuestión).
- c). La descripción, breve pero muy clara, del contenido de la variable.

- d). Las unidades de la variable. En algunos casos, puede ser necesario expresar los valores en varias formas de unidades, de acuerdo a su aplicación y a formas usuales, tal es el caso de los caudales en los que pueden requerirse resultados en:

[ m<sup>3</sup>/día ]

[ m<sup>3</sup>/hora ]

[ m<sup>3</sup>/seg ]

[ l/seg ]

En estas situaciones, puede resultar conveniente utilizar mas de una fila para definir cada variable, según las unidades en que resulte expresada.

MODELO de DEMANDA de AGUA POTABLE Sistema de INGRESO de DATOS										
Localidad:				Referencias:						
Area:		Norte								
Zona:		A1								
Año Inicial de análisis:				1997						
				Años						
		Unidad	Situación Actual	1999	2004	2009	2014	2019	2024	2029
				0	5	10	15	20	25	30
Espacio Público y Población										
Superficie de Zona		[Ha]	632.64	645.29	709.82	780.80	858.88	902	902,00	902,00
Población Actual		[hab]	35.264							
Densidad de Poblacion de la Zona		[hab/Ha]	55.74	57	63	70	77	89	106	126
Tasa de Crecimiento. de la Población		0/00		35,00	40,00	42,50	40,00	38,00	36,00	35,00
Poblacion. Servida con Agua Potable		[hab]	17.856							
Cobertura de Servicio de Agua Potable		%	50.64	51	85	95	95	96	96	96
Población. Servida con Desagues		[hab]	12.540							
Cobertura de Servicios de Desagues		%	35,56	36	60	85	90	90	90	90
Otros Servicios y Pavimentación										
Electricidad			X	X	X	X	X	X	X	X
Gas			-	-	X	X	X	X	X	X
Desagues Pluviales			X	X	X	X	X	X	X	X
Teléfono			X	X	X	X	X	X	X	X
Pavimentación			X	X	X	X	X	X	X	X
Escuelas										
Nº de Alumnos		Nº	11,837	12,251	14,906	18,354	22,330	26,908	32,113	38,140
Consumo de agua por alumnos		[l/al*día]	40	40	40	40	40	40	40	40
Hospitales										
Nº de Camas		Nº	71	73	81	90	99	109	119	129
Consumo de agua por cama		[l/c*día]	220	220	250	250	250	250	250	250
Coeficiente de ocupación Total		%	19,51	20,00	22,00	25,00	27,00	31,00	37,00	44,00
Areas Verdes		%	9,50	9,50	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Comercios										
Industrias										
Demanda de Agua Potable										
Dotación Domestica Inicial										
Usuarios agua solamente		[l/hab*día]	142							
Usuarios agua + desagues		[l/hab*día]	160							
Indice de Crec. Dotación Residencial										
Usuarios agua solamente		%			20	-5				
Usuarios agua + desagues		%			17	-5				
Dotación Aparente Inicial										
Usuarios agua solamente		[l/hab*día]	196							
Usuarios agua + desagues		[l/hab*día]	220							
Indice de Crecimiento Dotación Aparente										
Usuarios agua solamente		%			22	-7				
Usuarios agua + desagues		%			15	-7				
Consumo de grandes Usuarios Iniciales		[m3/día]	172							
Indice. de Crecimiento de Consumo de Grandes Usuarios										
Usuarios		%			16	10	10	10	10	10
Micromedición De Consumos										
Usuarios Residenciales agua solamente		%	20	20	50	60	60	60	60	60
Usuarios Residenciales agua + desagues		%	27	27	60	72	72	72	72	72
Usuarios No Residenciales agua solamente		%	52	52	80	80	80	80	80	80
Usuarios No Residenciales agua + desagues		%	60	60	100	100	100	100	100	100
Grandes Usuarios		%	80	80	100	100	100	100	100	100
Coeficientes de pico:		α <sub>1</sub>	1,31	1,31	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
		α <sub>2</sub>	1,40	1,40	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
		α <sub>1</sub> + α <sub>2</sub> - α	1,83	1,83	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10

Tabla 49. Sistema de entrada de datos

DEMANDA de AGUA POTABLE SISTEMA de SALIDA									
Localidad:		Referencias:							
Area:	Norte								
Zona:	A1								
Año Inicial de análisis:		1997							
	Unidad	Situación Actual	Años						
			1999	2004	2009	2014	2019	2024	2029
			0	5	10	15	20	25	30
Superficie de la Zona	[Ha]	632,64	645,29	709,82	780,80	858,88	902,00	902,00	902,00
Población	[hab]	35.264	36.496	44.406	54.679	66.525	80.163	95.669	113.625
Densidad de Poblacion de la Zona	[hab/Ha]	55,74	56,56	62,56	70,03	77,46	88,87	106,06	125,97
Población Servida c/Agua	[hab]	17.856	18.614	37.745	51.945	63.199	76.956	91.842	109.080
Población Servida c/Desagues	[hab]	12.540	13.139	26.643	46.477	59.873	72.146	86.102	102.262
Cobertura de Servicio de Agua	%	50,64	51,00	85,00	95,00	96,00	96,00	96,00	96,00
Cobertura de Servicio de Desagues	%	35,56	36,00	60,00	85,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Consumo de agua de Escuelas	[m3/día]	473	490	596	734	893	1.076	1.285	1.526
Consumo de agua de Hospitales	[m3/día]	16	16	20	22	25	27	30	32
Dotación Domestica Usuarios Agua Solamente	[l/hab*día]	142	142	170	162	162	162	162	162
Dotación Domestica Usuarios de Agua+Desagues	[l/hab*día]	160	160	187	178	178	178	178	178
Dotación Aparente Usuarios Agua Solamente	[l/hab*día]	196	196	239	222	222	222	222	222
Dotación Aparente Usuarios Agua+Desagues	[l/hab*día]	220	220	253	235	235	235	235	235
Consumo de Grandes Usuarios	[l/hab*día]	172	172	200	219	241	266	292	321
<b>Micromedición</b>									
Usuarios Residenciales agua solamente	%	20	20	50	60	60	60	60	60
Usuarios Residenciales agua +desagues	%	27	27	60	72	72	72	72	72
Usuarios No Residenciales agua solamente	%	52	52	80	80	80	80	80	80
Usuarios No Residenciales agua + desague	%	60	60	100	100	100	100	100	100
Grandes Usuarios	%	80	80	100	100	100	100	100	100
<b>Coeficientes de pico agua potable:</b>									
$\alpha_1$		1,31	1,31	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
$\alpha_2$		1,40	1,40	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
$\alpha=\alpha_1*\alpha_2$		1,83	1,83	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
<b>Caudales De Agua Potable</b>									
Medio Anual	[m3/día]	3.973	4.136	9.595	12.371	15.069	18.310	21.828	25.899
Máximo Diario	[m3/día]	5.204	5.418	13.433	17.319	21.096	25.635	30.559	36.258
Máximo Horario	[m3/día]	7.266	7.585	20.149	25.979	31.644	38.452	45.838	54.387
Desagregación de Volumen Medio Anual de Agua Potable									
Consumo Domestico	[m3/día]	2.761	2.880	6.879	9.151	11.186	13.609	16.242	19.290
Escuelas/Sanatorios	[m3/día]	489	506	616	757	918	1.103	1.314	1.558
Comercios/Industrias	[m3/día]	880	578	1.900	2.244	2.723	3.332	3.980	4.729
Grandes Usuarios	[m3/día]	172	172	200	219	241	266	292	321

Tabla 50. Sistema de salida de datos

### 5.10.1. El Manejo de las Variables

Independientemente de la forma de desarrollo y evaluación posterior de un proyecto, el Modelo de Demanda siempre debe ser establecido, ya que el mismo constituye el conocimiento de las prestaciones que se esperan del sistema. Es posible establecer alternativas de algunas variables, tales como crecimiento de la población, cobertura de

cada servicio, dotaciones de agua, etc., con lo que se obtiene un panorama variado de demandas esperables, panorama que debe ser ajustado de acuerdo a los condicionamientos económicos, financieros y ambientales que surjan de las respectivas evaluaciones.

Este modelo también permite realizar un estudio de sensibilidad analizando cómo incide sobre alguna variable, las variaciones posibles de otras variables.

### **5.11. EJEMPLO PRÁCTICO DE UN MODELO DE DEMANDA**

En la **Tabla 51** se da un ejemplo de modelo de demanda de una localidad de nuestro país y algunos de los resultados de la misma se pueden observar en la **Figura 40**, **Figura 41**, **Figura 42**, y **Figura 43**.



LOCALIDAD: SAN ANDRES			PERIODO DE DISEÑO									
FILA	DESCRIPCION	UNIDAD	SIT. INIC.	AÑOS DEL PERIODO DE DISEÑO								
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	POBLACION TOTAL	[hab]	10.407	10.673	10.957	11.241	11.524	11.808	12.176	12.543	12.911	
2	Habitantes/Vivienda	N°	3,91	3,90	3,89	3,88	3,87	3,86	3,85	3,84	3,83	
3	COBERTURA PORCENTUAL AGUA POTABLE	[%]	58,99	60,00	60,00	60,00	70,00	80,00	86,00	86,50	87,00	
4	POBLACION SERVIDA AGUA POTABLE	[hab]	6.139	6.404	6.574	6.744	8.067	9.446	10.471	10.850	11.232	
5	UNIDADES de CONSUMO AGUA POTABLE [UCA]	N°	1570	1.642	1.690	1.738	2.084	2.447	2.720	2.825	2.933	
6	Incremento Total [UCA]	N°		72	48	48	346	363	272	106	107	
7	Incremento [UCA] por Densificación	N°		7	5	5	35	36	27	11	11	
8	Incremento [UCA] por Ampliación	N°		65	43	43	312	326	245	95	97	
9	COBERTURA PORCENTUAL DESAGUES CLOACALES	[%]	11,39	11,39	11,39	11,39	32,00	52,00	68,00	69,50	71,00	
10	POBLACION SERVIDA DESAGUES CLOACALES	[hab]	1.189	1.216	1.248	1.280	3.688	6.140	8.279	8.718	9.167	
11	UNIDADES con REQUERIMIENTO DESAGUES CLOACALES [URD]	N°	304	312	321	330	953	1.591	2.150	2.270	2.393	
12	Dotación Media de Consumo de Agua Potable	[l/hab*día]	150	155,25	170,00	175,00	180,00	185,00	190,00	195,00	200,00	
13	CONSUMO MEDIO DOMICILIARIO de AGUA POTABLE [UD]	[m3/día]	921	994	1.118	1.180	1.452	1.748	1.989	2.116	2.246	
14	CONSUMO MEDIO AGUA POTABLE GRANDES USUARIOS [GU]	[m3/día]	9	10	11	12	15	17	20	21	22	
15	CONSUMO MEDIO TOTAL de AGUA POTABLE	[m3/día]	930	1.004	1.129	1.192	1.467	1.765	2.009	2.137	2.269	
16	PORCENTAJE de AGUA NO CONTABILIZADA	[%]	30	30,00	29,00	28,00	27,00	26,00	25,00	24,00	23,00	
17	PRODUCCION MEDIA NECESARIA de AGUA POTABLE	[m3/día]	1435	1.435	1.590	1.656	2.009	2.385	2.679	2.812	2.947	
18	Coeficiente de Pico Estacional		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
19	PRODUCCION PICO de AGUA POTABLE	[m3/día]	2.870	2.869	3.180	3.311	4.018	4.770	5.358	5.623	5.893	
20	Dotación Media de Producción RESULTANTE	[l/hab*día]	234	224	242	245	249	253	256	259	262	
21	Dotación Pico de Producción RESULTANTE	[l/hab*día]	468	448	484	491	498	505	512	518	525	

LOCALIDAD: SAN ANDRES			PERIODO DE DISEÑO											
FILA	DESCRIPCION	UNIDAD	AÑOS DEL PERIODO DE DISEÑO											
			9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	POBLACION TOTAL	[hab]	13.278	<b>13.646</b>	14.072	14.497	14.923	15.348	<b>15.774</b>	16.198	16.622	17.046	17.470	<b>17.894</b>
2	Habitantes/Vivienda	N°	3,82	3,81	3,80	3,79	3,78	3,77	3,76	3,75	3,74	3,73	3,72	3,71
3	COBERTURA PORCENTUAL AGUA POTABLE	[%]	87,50	88,00	88,50	89,00	89,50	90,00	91,00	92,00	93,00	94,00	95,00	95,00
4	POBLACION SERVIDA AGUA POTABLE	[hab]	11.619	12.008	12.453	12.903	13.356	13.814	14.354	14.902	15.458	16.023	16.597	16.999
5	UNIDADES de CONSUMO AGUA POTABLE [UCA]	N°	3.041	3.152	3.277	3.404	3.533	3.664	3.818	3.974	4.133	4.296	4.461	4.582
6	Incremento Total [UCA]	N°	109	110	125	127	129	131	154	156	159	162	166	121
7	Incremento [UCA] por Densificación	N°	11	11	13	13	13	13	15	16	16	16	17	12
8	Incremento [UCA] por Ampliación	N°	98	99	113	114	116	118	138	141	143	146	149	109
9	COBERTURA PORCENTUAL DESAGUES CLOACALES	[%]	72,50	74,00	75,50	77,00	78,50	80,00	81,50	83,00	84,50	86,00	87,50	89,00
10	POBLACION SERVIDA DESAGUES CLOACALES	[hab]	9.627	10.098	10.624	11.163	11.714	12.279	12.856	13.444	14.046	14.660	15.286	15.926
11	UNIDADES con REQUERIMIENTO DESAGUES CLOACALES [URD]	N°	2.520	2.650	2.796	2.945	3.099	3.257	3.419	3.585	3.755	3.930	4.109	4.292
12	Dotación Media de Consumo de Agua Potable	[l/hab*día]	225,00	235,00	245,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
13	CONSUMO MEDIO DOMICILIARIO de AGUA POTABLE [UD]	[m3/día]	2.614	2.822	3.051	3.226	3.339	3.453	3.589	3.726	3.865	4.006	4.149	4.250
14	CONSUMO MEDIO AGUA POTABLE GRANDES USUARIOS [GU]	[m3/día]	26	28	31	32	33	35	36	37	39	40	41	42
15	CONSUMO MEDIO TOTAL de AGUA POTABLE	[m3/día]	2.640	2.850	3.082	3.258	3.372	3.488	3.624	3.763	3.903	4.046	4.191	4.292
16	PORCENTAJE de AGUA NO CONTABILIZADA	[%]	22,00	21,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
17	PRODUCCION MEDIA NECESARIA de AGUA POTABLE	[m3/día]	3.385	3.608	3.852	4.072	4.215	4.360	4.531	4.703	4.879	5.057	5.238	5.365
18	Coeficiente de Pico Estacional		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
19	PRODUCCION PICO de AGUA POTABLE	[m3/día]	6.770	7.216	7.704	8.145	8.431	8.720	9.061	9.407	9.758	10.115	10.477	10.731
20	Dotación Media de Producción RESULTANTE	[l/hab*día]	291	300	309	316	316	316	316	316	316	316	316	316
21	Dotación Pico de Producción RESULTANTE	[l/hab*día]	583	601	619	631	631	631	631	631	631	631	631	631

**Tabla 51.** Ejemplo de modelo de demanda

- Fila 1: Corresponde a la población total proyectada en el período de diseño. La metodología de su cálculo se encuentra en el Numeral 3. Estudios Demográficos del presente Capítulo.
- Fila 2: El número inicial de habitantes por vivienda surge de la consideración de los resultados de los Censos. Se ha explicitado, a lo largo del período de diseño, la tendencia demostrada de disminuir el número de habitantes que corresponden a una misma vivienda, como consecuencia de la descentralización que se produce, entre otros factores, por fraccionamiento de las familias (casamientos), planes de viviendas, partición de herencias, etc. (se deberá analizar este valor para cada caso particular, según los factores socio-económicos predominantes al momento de la realización del estudio).
- Fila 3: La cobertura porcentual de agua responde, en el estado inicial del servicio de acuerdo a la información relevada por el proyectista. Para los años siguientes se ha establecido una proyección de cobertura que estará relacionada con la posibilidad de realización de inversiones.
- Fila 4: La población servida con agua potable resulta de aplicar el porcentaje de cobertura a la población total de la localidad.
- Fila 5: Las unidades de consumo de agua son el resultado de la población servida dividida por el número de habitantes por vivienda.
- Fila 6: Se determina el incremento anual de unidades de consumo de agua, en base a los valores del año considerado y el inmediato anterior.
- Fila 7: Habitualmente, el incremento de unidades de consumo surge por dos razones:
- a. incremento por densificación dentro del área servida.
  - b. incremento por expansión del área servida.
- La estimación de los porcentajes que corresponden a una u otra situación ha sido realizada considerando la situación inicial del servicio y el grado de cobertura que el mismo presenta, así como las posibilidades de expansión territorial de la localidad.
- En la Fila 7 se muestra el incremento por densificación dentro del área servida en cada año.
- Fila 8: En esta fila se calcula el incremento de unidades de consumo por ampliación del área servida.
- Fila 9: Corresponde a la cobertura de desagües cloacales que se establece en función de las previsiones en cuanto a la extensión de redes y ampliaciones de plantas de tratamiento o bien en base a la ejecución de nuevos enlaces a colectoras existentes
- Fila 10: La población servida con desagües cloacales surge de aplicar el porcentaje de cobertura a la población total de la localidad.

Fila 11: Se determina el incremento anual de unidades con requerimiento de desagües cloacales como la población servida con desagües cloacales dividido la cantidad de habitantes por vivienda.

Fila 12: La Dotación Media de Consumo de agua potable es el resultado del procesamiento de la información recopilada. En algunos casos conociendo la producción puede deducirse directamente la dotación de producción y luego la media, pero en otros es necesario efectuar correcciones a la información obtenida para adecuar el valor resultante a las características del servicio que se presta.

Si bien puede pensarse que esta dotación media puede disminuir por la instalación de medidores domiciliarios se ha estimado que se producirá un sostenido crecimiento por las mejoras en el abastecimiento y la paulatina disminución del número de habitantes por vivienda, ya que hay consumos que son intrínsecos de la vivienda misma y casi independientes del número de moradores de la misma.

Fila 13: Representa el consumo medio domiciliario, como consecuencia del producto entre la población servida y la dotación media de consumo.

Fila 14: El consumo medio de grandes usuarios representa la estimación de consumos de agua de usuarios no residenciales con consumos específicos significativos. Habitualmente, como el dato conocido es la población servida y su proyección, estos consumos se expresan como un porcentaje del consumo total correspondiente a esta población. El porcentaje es variable según una estimación que atiende la posibilidad de consumidores de carácter industrial y/o comercial y dentro de éstos al tamaño relativo de los mismos.

Fila 15: El consumo medio total es la sumatoria de los consumos medios de los conceptos indicados en las Filas 13 y 14.

Fila 16: El porcentaje de agua no contabilizada surge del análisis del estado de las redes e instalaciones y de la política operativa que se aplique, ya que se involucran en este concepto las pérdidas, fugas, usos para limpieza de redes, agua perdida durante las reparaciones, agua destinada a otros usos y agua que se provee en muchos conceptos, pero que no es cuantificada.

Se ha asumido que a partir del valor inicial, se establecerá una política operativa tendiente a una drástica reducción de pérdidas y fugas en las cañerías de las redes y las conexiones domiciliarias, así como contabilizar los consumos significativos que no puedan o deban ser atribuidos a los usuarios.

Es práctica aceptada establecer un horizonte del orden del 19 al 20% de la producción total, ya que tratar de bajar este porcentaje en la mayoría de los casos, no resulta económicamente conveniente.

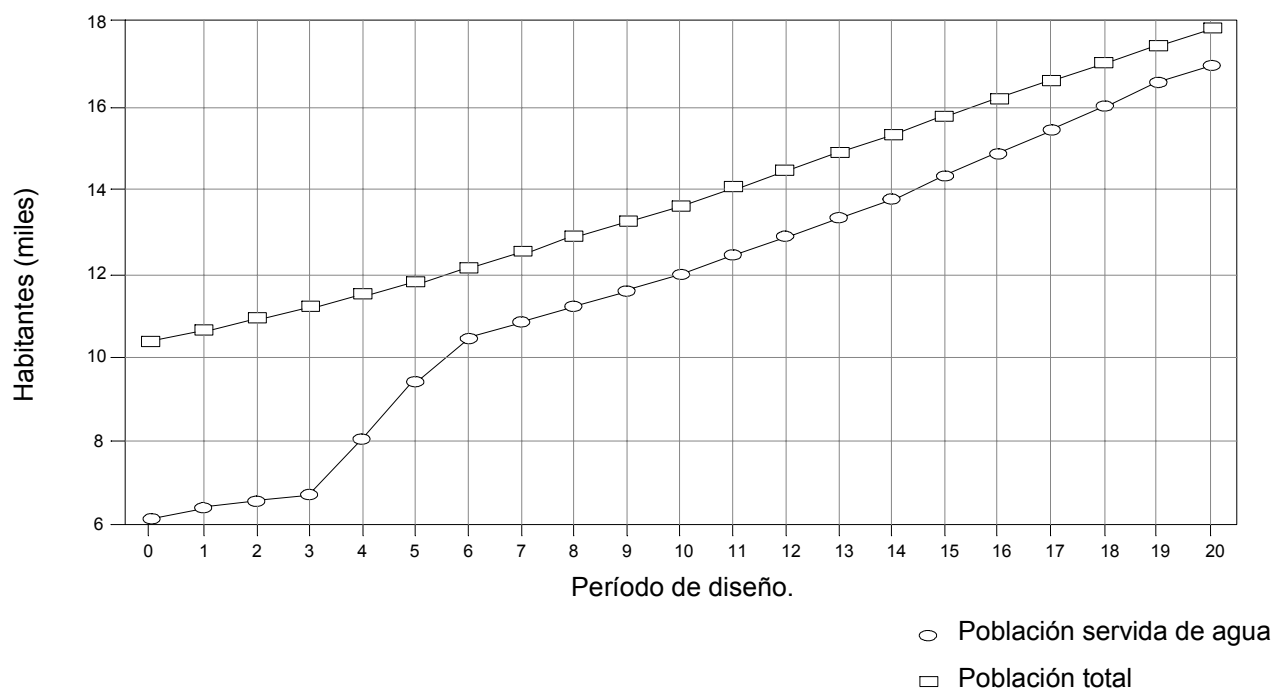
Fila 17: Como consecuencia del porcentaje de agua no contabilizada, surge la demanda media de producción de agua potable, ya que el sistema deberá satisfacer los consumos medios y el porcentaje de agua que se aplica a este concepto.

Fila 18: Coeficiente de pico estacional. Mediante este coeficiente se calculan los mayores consumos estacionales (estivales). Se han utilizado coeficientes correspondientes a los valores informados de la localidad en estudio.

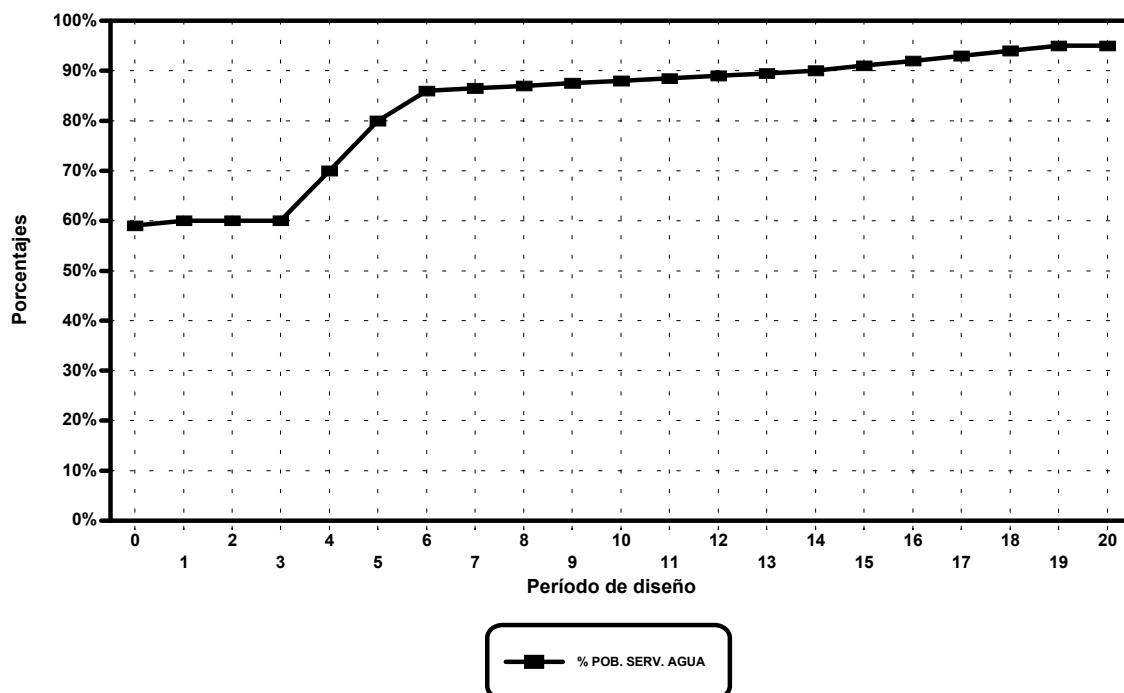
Fila 19: La demanda pico de producción diaria es la resultante del producto de la demanda media por el coeficiente de pico estacional.

Fila 20: En esta fila se indica el valor resultante de dotación media de producción, como cociente entre la demanda de producción de agua de cada año y la población servida para el mismo. De esta manera se referencia toda la producción al dato esperable de población, el que resulta el más controlable de los indicadores de consumo, ya que la población es cuantificable de múltiples formas.

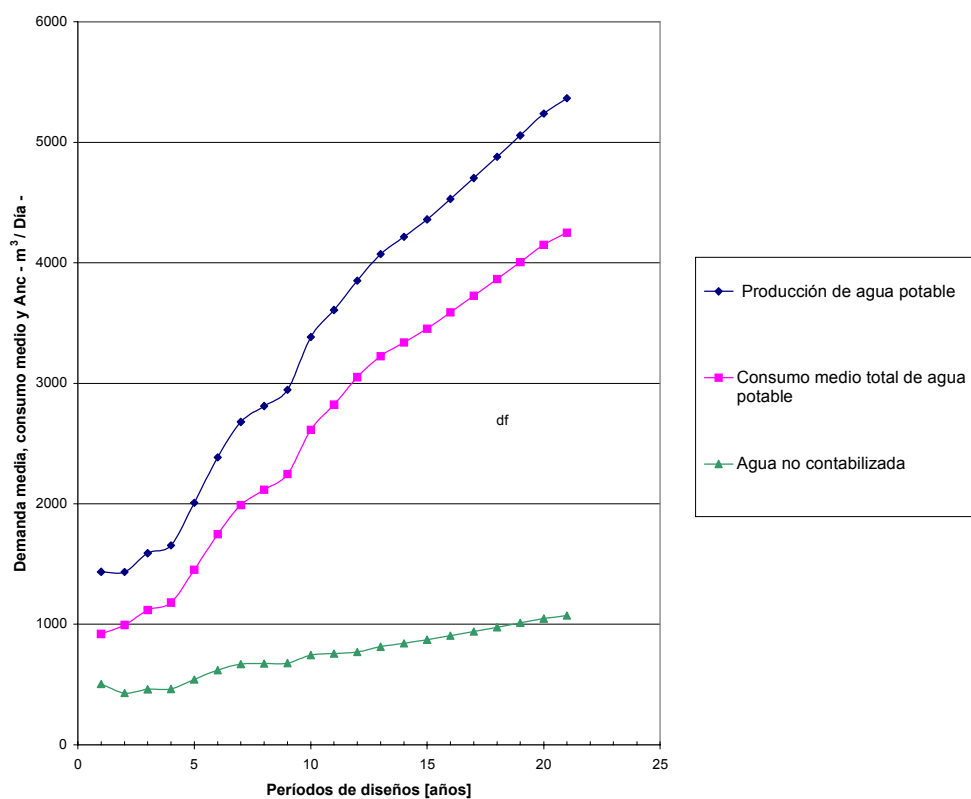
Fila 21: Idem Fila 20, para la demanda pico (estacional) de producción.



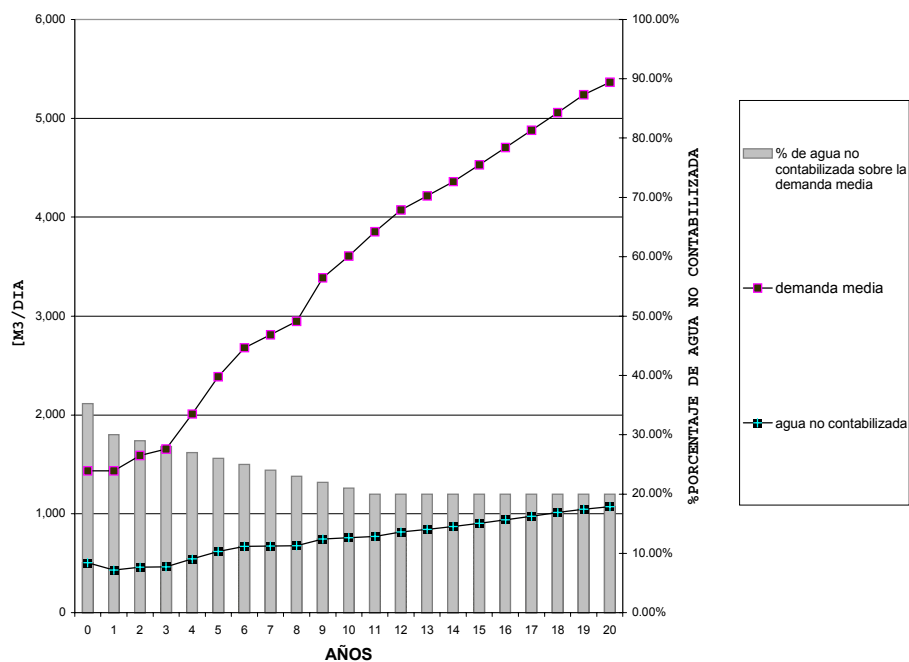
**Figura 40.** Evolución de la población total y la servida con agua potable – (s/Tabla 51)



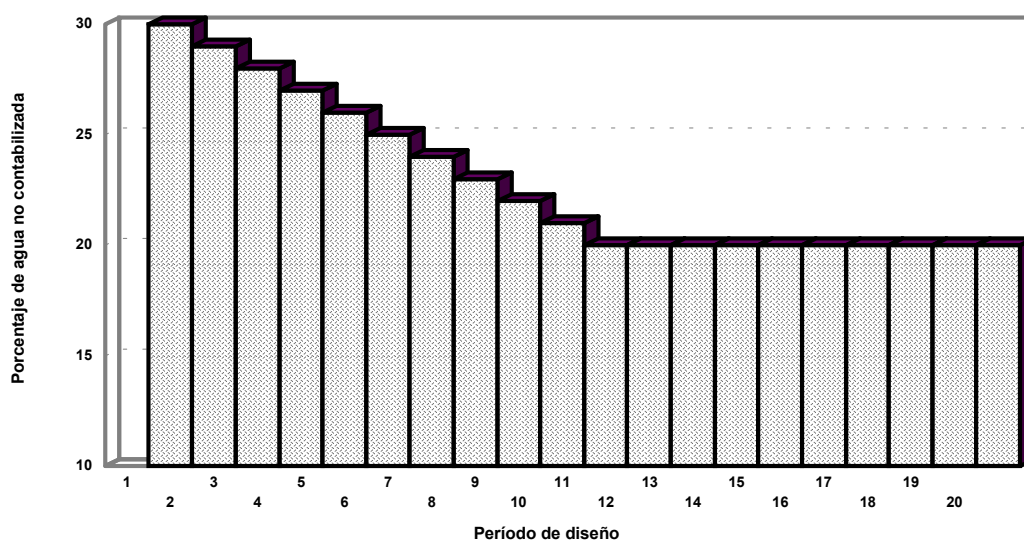
**Figura 41.** Evolución de la cobertura de agua potable - (s/Tabla 51)



**Figura 42.** Valores absolutos de demanda y agua no contabilizada



**Figura 43.** Relación % de agua no contabilizada Vs. Agua no contabilizada + demanda



**Figura 44.** Evolución del porcentaje de agua no contabilizada

## 5.12. EJEMPLOS DE CÁLCULO

A continuación se desarrollan tres ejemplos numéricos relacionados con los temas tratados en el Numeral 2. Parámetros Básicos de Diseño, del presente Capítulo.

### 5.12.1. Ejemplo de Cálculo N°1

El Ejemplo N° 1 tiene como objetivo calcular consumos y caudales, así como también la dotación efectiva y aparente en el caso de una localidad que no posee sistema de abastecimiento de agua potable. Se consideran los consumos típicos a partir de los datos de la localidad.

En la **Tabla 43** se puede observar los datos básicos de la población de la localidad en cuestión y los valores utilizados para cada tipo de consumo.

La localidad considerada en este ejemplo no posee servicio público de agua potable, por ese motivo para la situación inicial explicitada en la fila 6 de la **Tabla 52** figura cobertura cero para la situación inicial.

En cuanto a la dotación de consumo efectiva se considera 190 l/hab . día, valor que aumenta con la incorporación del servicio de desagües cloacales a 228 l/hab . día (fila 8).

En el caso de los consumos institucionales correspondientes a hospitales y escuelas, se ha desagregado el cálculo de los consumos en dos componentes, a saber: consumos propios de los alumnos y camas (filas 13 y 19) en los casos de escuela y hospital respectivamente, más el consumo de agua potable debido al personal que trabaja en cada institución (fila 15 y 20 para escuelas y hospitales respectivamente).

Para el cálculo de los consumos de tipo comercial, se han considerado tres casos, hoteles, teatros y cines y piscinas privadas (filas 22 a 36). En relación a estas últimas se ha considerado que trabajan con diferente tecnología de recambio de agua. La piscina 1 se recambia un porcentaje de caudal referido al volumen total de la misma de 3 % por hora, considerado durante 8 horas, según el caso se podrá considerar también 24 hs. En la piscina 2 se recambia un 10 % del volumen total, una vez por día.

En el ejemplo se han considerado dos industrias (filas 37 a 55), en el caso de la industria 1 se abastecerá de agua para consumo de personal (bebida, duchas, usos sanitarios) y limpieza además de agua para el proceso. Cabe señalar que el proyectista puede, en función de disponibilidad de la fuente, resolver abastecer desde esta última a la industria 1 o no. En general se debe tener en cuenta que si se dispone de agua suficiente, la industria es un gran consumidor y se puede facturar al precio correspondiente, ahora si la fuente es escasa se deberá analizar, en particular, la conveniencia de su abastecimiento. En algunos casos el proyectista la deberá incluir obligatoriamente por la no existencia de otra fuente de dónde la industria se pueda autoabastecer.

En la industria 2 se abastecerá de agua para limpieza y personal y no para tecnología.



<b>SISTEMA NUEVO</b>							
<b>DATOS INICIALES:</b>							
Fila N°	ESPACIO URBANO Y POBLACION	Unidad	Descripción	Sit. Inicial	Año 1	Año 10	Año 20
1	Superficie de la zona	[Ha]	Sup.z	650,00	650,00	650,00	650,00
2	Población	[hab]	Ptot.	30.250	31.097	39.807	43.735
3	Densidad de población de la zona	[hab/ha]	Dpob	46,54	47,84	61,24	67,28
4	Población servida con agua	[hab]	Pserv.a.= Pob. Tot*Cob. Ag./100	0	12.439	27.865	37.175
5	Población servida con desagües cloacales	[hab]		0	0	19.903	32.801
6	Cobertura de servicio de agua	%	Cob. Ag	0,00	40,00	70,00	85,00
7	Cobertura de servicio de desagües	%	Cob. Des	0,00	0,00	50,00	75,00
8	Dotación efectiva de consumo	l/hab*día	Dot. Ef. Cons.	190,00	190,00	228,00	228,00
9	<b>USUARIOS NO RESIDENCIALES</b>						
10	<b>Consumos institucionales</b>						
11	<b>Escuelas</b>						
12	Cantidad de alumnos	[N°]	N°al.	6.050	6.219	7.961	8.747
13	Consumo de agua por alumno	l/al*día	Dot.C(ag/al)	50,00	50,00	50,00	50,00
14	Cantidad de personal	[N°]	N°pers.	303	363	436	523
15	Personal	l/pers/día	Dot.C(ag./empl.)	75,00	75,00	75,00	75,00
16	Hospitales						
17	N° de camas	[N°]	N°cam.	3.025	3.110	3.981	4.373
18	N° de empleados	[N°]	N°empl.	303	311	398	437
19	Consumo de agua por cama	l/cama*día	Dot.C(ag./cam.)	500,00	500,00	500,00	500,00
20	Consumo del personal	l/persona*día	Dot.C(ag./empl.)	50,00	50,00	50,00	50,00
21	<b>Consumos comerciales</b>						
22	<b>Hoteles</b>						
23	Hotel	[N°]	N° hot.	10	12	15	17
24	Cantidad de camas	[N°]	N°total de camas (1)	900	1.080	1.350	1.530
25	Consumo por huésped	l/hab*día	Dot.C(ag./huésped . día)	150,00	150,00	150,00	150,00
26	<b>Teatros y Cines</b>						
27	Cantidad	[N°]	N° t+c	3	3	5	6
28	Cubierto con asiento con 2 funciones diarias	l/hab*día	Dot. C(ag./espec.)	15,00	15,00	15,00	15,00
29	Capacidad promedio	[espectadores]	N° total de espec.(2)	750	750	1350	1500
30	<b>Piscinas de natación</b>						
31	Piscina 1						
32	Volumen	[m3]	Vag.= (L *A *H) (3)	2100,00	2100,00	2100,00	2100,00
33	Tecnología: cambio continuo del agua 3-6% Vol tot./hora durante 8 horas	[m3]	Cons. Ag. Tec.Adoptado 3%/hora	504,00	504,00	504,00	504,00
34	Piscina 2						
35	Volumen	[m3]	Vag.	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00
36	Tecnología: cambio discontinuo del agua 10% Vol tot./día	[m3]	Cons. Ag. Tec.10%/día	750,00	750,00	750,00	750,00
37	<b>Consumos industriales</b>						
38	<b>Industria 1 (AZUCARERA)</b>						
39	Superficie	[m2]	Sup.ind1	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00
40	Cantidad de turnos	[N°]	Tur.	2	2	2	2
41	N° de empleados	[N°/ turno]	N°empl.	50,00	50,00	50,00	50,00
42	Agua para bebida	l/empl*día	Dot.C(ag.p/beb..)	3,00	3,00	3,00	3,00
43	Sevicio Sanitario	l/empl*día	Dot. C(ag./sanit.)	55,00	55,00	55,00	55,00
44	Higiene personal [duchas]	l/empl*día	Dot. C(ag./duchas.)	100,00	100,00	100,00	100,00
45	Agua para limpieza instalaciones	l/dia/m2	Dot. C(ag./limp.)	3,00	3,00	3,00	3,00
46	Agua para proceso	[m3/dia/m2]	C(ag./proc..)	6,30	6,30	6,30	6,30
47	<b>Industria 2</b>						
48	Superficie	[m2]	Sup.ind2	500,00	500,00	500,00	500,00
49	Cantidad de turnos	[N°]	N° tur.	1,00	1,00	1,00	1,00
50	Cantidad de operarios	[N°]	N° oper.	25,00	25,00	25,00	25,00
51	Agua para bebida	l/empl*día	Dot. C(ag.p/beb..)	3,00	3,00	3,00	3,00
52	Sevicio Sanitario	l/empl*día	Dot. C(ag./sanit.)	55,00	55,00	55,00	55,00
53	Higiene personal [duchas]	l/empl*día	Dot. C(ag./duchas.)	100,00	100,00	100,00	100,00
54	Agua para limpieza instalaciones	l/dia/m2	Dot. C(ag./limp..)	3,00	3,00	3,00	3,00
55	Agua para proceso	[m3/dia/m2]	C(ag./proc..)	0,00	0,00	0,00	0,00

Notas: (1) Se consideran 90, 120, 160 y 240 camas para los años 0, 1, 10 y 20 respectivamente.

(2) Se consideraron 250, 250, 450, y 500 espectadores promedio para cada teatro y/o cine para los años 0, 1, 10 y 20

(3) Se consideró L = 30, A = 20, y H = 3.5 para todo el periodo.

**Tabla 52. Datos básicos para el cálculo de consumos**

Luego de haber definido las dotaciones de consumo a utilizar por cada uso del agua potable, residencial y no residencial se puede calcular cada uno de los consumos. En la

**Tabla 52** se calculan dichos consumos y al pie de la Tabla se encuentra la fórmula utilizada para el cálculo.

En el caso de los consumos públicos en el ítem correspondiente a riego de calles, plazas, jardines etc., no se ha considerado consumo porque el proyectista deberá tratar y proponer alternativas de abastecimiento de agua para dichos uso, para los que no es necesario potabilizar el agua. Es indispensable y sobre todo en ciudades dónde por ejemplo, existe una fuente cercana a la ciudad, que se ejecuten instalaciones especiales para dichos consumos, se tendrá en cuenta que el costo de la instalación es una inversión inicial, en cambio el costo de producción de agua en particular en el caso que sea necesario el tratamiento completo es un costo mayor y muchas veces no cobrado.

Los consumos especiales como el agua para incendios deberán ser analizados en especial, ya que existen muchas metodologías para su cálculo. En este caso se ha considerado un caudal disponible desde el punto de vista de consumo, que luego debe implementarse la posibilidad de su uso en las instalaciones.

56	<b>CALCULOS</b>						
57	<b>CONSUMOS RESIDENCIALES</b>						
58	Consumos domésticos	[m3/día]	$Q_{C1} = (1)$	0	2.363	6.353	8.476
59	<b>CONSUMOS NO RESIDENCIALES</b>						
60	Consumos institucionales						
61	Escuelas	[m3/día]	$Q_{C2nr \text{ escuelas}, n} = (2)$	325	338	431	477
62	Hospitales	[m3/día]	$Q_{C2nr \text{ hospitales}, n} = (3)$	1.528	1.570	2.010	2.209
63	<b>Consumos industriales</b>						
64	Industria 1	[m3/día]					
65	Agua para cons. de personal y limp.	[m3/día]	$Q_{C2nr \text{ Ind1}, n} = (4)$	19,40	19,40	19,40	19,40
66	Agua para tecnología	[m3/día]	$Q_{C3 \text{ GU ind1}, n} = (5)$	7.560	7.560	7.560	7.560
67	Industria 2	[m3/día]					
68	Agua para cons. de personal y limp.	[m3/día]	$Q_{C2nr \text{ Ind2}, n} = (6)$	5,45	5,45	5,45	5,45
69	Agua para tecnología	[m3/día]	$Q_{C3 \text{ GU ind2}, n} = (7)$	0,00	0,00	0,00	0,00
70	<b>Consumos comerciales</b>						
71	Hoteles	[m3/día]	$Q_{C2nr \text{ Hot}, n} = (8)$	135	162	203	230
72	Teatros y Cines	[m3/día]	$Q_{C2nr \text{ (t+c)}, n} = (9)$	11,25	11,25	20,25	22,50
73	Piscinas de natación	[m3/día]	$Q_{C3 \text{ GU piscinas}, n} = (10)$	1254	1254	1254	1254
74	Consumos Públicos						
75	públicos, fuentes etc	[m3/día]	No se considera abast. con AP				
76	Grifos Públicos	[m3/día]	(11)	0,00	118,17	317,66	423,79
77	<b>Consumos especiales</b>						
78	Agua para incendios	[m3/día]	(12)	0,00	236,34	635,32	847,58
79	<b>Resumen consumos</b>						
80	Consumos residenciales	[m3/día]	$Q_{C1r, n} = (13)$	0,00	2363,37	6353,16	8475,82
	<b>Consumos no residenciales</b>						
81	Consumos institucionales	[m3/día]	$Q_{C2nr \text{ (inst.)}, n} = (14)$	1852,81	1908,59	2440,98	2685,17
82	Consumos Comerciales	[m3/día]	$Q_{C2nr \text{ (comerciales.)}, n} = (15)$	146,25	173,25	222,75	252,00
83	Consumos Públicos	[m3/día]	$Q_{C2nr \text{ (públicos.)}, n} = (16)$	0,00	118,17	317,66	423,79
84	Consumos especiales	[m3/día]	$Q_{C2nr \text{ (especiales.)}, n} = (17)$	0,00	236,34	635,32	847,58
85	Consumos Industriales	[m3/día]	$Q_{C2nr \text{ (Ind1+ Ind2.)}, n} = (18)$	24,85	24,85	24,85	24,85
86	Consumos residenciales y no residenciales	[m3/día]	$Q_{C1r, n} + Q_{C2nr, n} = (19)$	2023,91	4824,57	9994,72	12709,21
87	Consumos grandes usuarios	[m3/día]	$Q_{C3 \text{ GU}, n} = (20)$	8814,00	8814,00	8814,00	8814,00
88	Consumos totales	[m3/día]	$Q_C = (21)$	10837,91	13638,57	18808,72	21523,21

**Tabla 53.** Cálculo de consumos residenciales y no residenciales

- (1)  $Q_{C1} = \text{Pob. Serv. Agua} \cdot \text{Dot. consumo efectiva}, n/1000$
- (2)  $Q_{C2nr \text{ escuelas}, n} = (N^\circ \text{ al} \cdot \text{Dot. Cons (ag/al)} + N^\circ \text{ empl.} \cdot \text{Dot. Cosn (ag./empl.)})/1000$
- (3)  $Q_{C2nr \text{ hospitales}, n} = (N^\circ \text{ camas} \cdot \text{Dot. Cons(ag/cam.)} + N^\circ \text{ empl.} \cdot \text{Dot. C(ag./empl.)})/1000$
- (4)  $Q_{C2nr \text{ Ind1}, n} = (N^\circ \text{ Tur.} \cdot N^\circ \text{ empleados} \cdot (\text{ConsAg.beb.} \cdot \text{Csan.} + \text{Cduch})/\text{empl})/1000 + \text{Cag.limp. Inst.} \cdot \text{Sup Ind 1}/1000.$
- (5)  $Q_{C3 \text{ GU Ind1}, n} = \text{Sup ind1} \cdot C(\text{ag/proceso})$

- (6)  $Q_{C2nr} \text{ Ind}2, n = \text{idem } 3 \text{ para Ind. } 2$
- (7) No se va abastecer con agua potable el agua para el proceso industrial 2.
- (8)  $Q_{C2nr} \text{ Hot}, n = (N^\circ \text{ total de camas} * \text{Dot. cons ag/cama}) / 1000$
- (9)  $Q_{C2nr} (t+c), n = (N^\circ (t+c) * \text{Dot. C ag./espec.}) / 1000$
- (10) Cag. Tech 3%/h. \* 8 h. + Cag. Tech. Adoptado 10%/día
- (11)  $(\text{Pob serv. Ag.} * \text{Dot. Efect.} / 1000) * 5 / 100$
- (12) 10% de los consumos residenciales
- (13)  $Q_{C3} \text{ GUIND } 1 + Q_{C3} \text{ Gunpiscinas}$
- (14)  $Q_{C2nr} \text{ r n escuelas} + Q_{C2nr} \text{ r n hospitales}$
- (15)  $Q_{C2nr} \text{ (comerciales)}, n = (2) + (3)$
- (16) Idem (11)
- (17)  $Q_{C2nr} \text{ (especiales)}, n = \text{idem } (12)$
- (18)  $Q_{C2nr} (\text{Ind } 1 + \text{Ind } 2), n = (4) + (6)$
- (19)  $Q_{C1r}, n + Q_{C2nr}, n = \sum (13) \text{ a } (18)$
- (20)  $Q_{C3} \text{ Gu}, n = (5) + (10)$
- (21)  $Q_C = \sum \text{filas } 86 + 87$

Nota =  $Q_{C1}, n$  = caudal medio residencial del año n  
 $Q_{C2nr}, n$  = caudal medio no residencial del año n  
 $Q_{C3} \text{ Gu}, n$  = caudal grandes usuarios del año n

En las filas 81 a 87 se resumen los consumos por ítem, clasificados en C1, consumos residenciales, C2, consumos no residenciales y C3 consumos de grandes usuarios entre los que se ha considerado el agua para la Industria 1 (sólo el agua para proceso) y el agua para las piscinas que si bien es comercial se –puede considerar un gran usuario.

Como se ha mencionado en el desarrollo del numeral 4 del presente capítulo, se hace muy difícil calcular en forma desagregada los consumos, por ello es conveniente agruparlos en los grupos mencionados y en muchos casos como porcentaje de los consumos residenciales.

89	CAUDALES CARACTERÍSTICOS						
90	Coeficientes de pico de agua potable						
91		$\alpha_1 = 1,31$					
92		$\alpha_2 = 1,4$					
93		$\alpha = 1,834$					
94		$\beta_1 = 0,7$					
95		$\beta_2 = 0,5$					
96		$\beta = 0,35$					
97	Caudales característicos residenciales						
98	Caudal medio diario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{Cn}$	0,00	2.363,37	6.353,16	8.475,82
99	Caudal máximo diario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{Dn} = Q_{Cn} * a_1$	0,00	3.096,02	8.322,64	11.103,33
100	Caudal máximo horario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{En} = Q_{Cn} * a$	0,00	4.334,42	11.651,70	15.544,66
101	Caudal mínimo diario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{An} = Q_{Cn} * b_1$	0,00	1.654,36	4.447,21	5.933,08
102	Caudal mínimo horario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{Bn} = Q_{Cn} * b$	0,00	827,18	2.223,61	2.966,54
103	Dotaciones de consumo residenciales						
104	Dotación media de consumo efectiva	[l/hab*día]	$\text{Dot}_{\text{med cons efec}} = (22)$		190,00	228,00	228,00
105	Dotación máxima diaria de consumo efectiva	[l/hab*día]	$\text{Dot}_{\text{máx diaria cons efec}} = (23)$		248,90	298,68	298,68
106	Dotación máxima horaria de consumo efectiva	[l/hab*día]	$\text{Dot}_{\text{máx horaria cons efec}} = (24)$		348,46	418,15	418,15
107	Dotación mínima diaria de consumo efectiva	[l/hab*día]	$\text{Dot}_{\text{mín diaria cons efec}} = (25)$		133,00	159,60	159,60
108	Dotación mínima horaria de consumo efectiva	[l/hab*día]	$\text{Dot}_{\text{mín horaria cons efec}} = (26)$		66,50	79,80	79,80

- (22)  $Q_{Cn} / (\text{Pob.serv.ag, n } 1000)$
- (23)  $Q_{Dn} / (\text{Pob.serv.ag, n } 1000)$
- (24)  $Q_{En} / (\text{Pob.serv.ag, n } 1000)$
- (25)  $Q_{An} / (\text{Pob.serv.ag, n } 1000)$
- (26)  $Q_{Bn} / (\text{Pob.serv.ag, n } 1000)$

**Tabla 54.** Caudales característicos residenciales, dotaciones efectivas

En la **Tabla 54**, se ha realizado el cálculo de los caudales característicos ya explicados con anterioridad en el desarrollo del capítulo. El cálculo de estos caudales no incluye el agua no contabilizada, porque el objetivo es aclarar el cálculo de caudales característicos y las dotaciones efectiva y aparente.

En la **Tabla 55** se han calculado los caudales característicos para usuarios no residenciales.

En el caso de las escuelas no se ha considerado la aplicación del coeficiente  $\alpha_1$  debido a que en general el mes de mayor consumo corresponde en nuestro país al mes de enero y en ese período no hay clases.

En el caso de los comercios, como se dijera anteriormente no se han considerado las piscinas debido a que lo consideramos un caudal constante a entregar, lo mismo que los caudales para proceso en el caso de la industria. Estas son decisiones que deberá tomar el proyectista según las condiciones particulares y las reglamentaciones vigentes en la localidad dónde se va a ejecutar el proyecto.

109	CAUDALES CARACTERISTICOS NO RESIDENCIALES					
110	Escuelas y hospitales					
111	Caudal medio diario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{Cn} = (27)$	1.908,59	2.440,98	2.685,17
112	Caudal máximo diario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{Dn} = (28)$	2.395,42	3.064,16	3.369,83
113	Caudal máximo horario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{En} = (29)$	3.218,31	4.117,52	4.527,15
114	Caudal mínimo diario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{An} = (30)$	1.437,47	1.837,91	2.022,58
115	Caudal mínimo horario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{Bn} = (31)$	887,83	1.134,32	1.249,57
116	Comercios					
117	Caudal medio diario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{Cn} = (32)$	173,25	222,75	252,00
118	Caudal máximo diario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{Dn} = (33)$	226,96	291,80	330,12
119	Caudal máximo horario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{Dn} = (34)$	317,74	408,52	462,17
120	Caudal mínimo diario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{Dn} = (35)$	121,28	155,93	176,40
121	Caudal mínimo horario	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{Dn} = (36)$	60,64	77,96	88,20
122						
123	Industrias					
124	Agua de uso general, limpieza, personal duchas, etc.	[m <sup>3</sup> /día]	$(Q_{climp} + Q_{pers})_n = (37)$	24,85	24,85	24,85
125	Agua para proceso industrial	[m <sup>3</sup> /día]	$Q_{CProceso.n} = (38)$	7.560,00	7.560,00	7.560,00
126	Caudal medio diario	[m <sup>3</sup> /día]	$(Q_{climp} + Q_{pers})_n$	24,85	24,85	24,85
127	Caudal máximo diario	[m <sup>3</sup> /día]	$(Q_{climp} + Q_{pers})_n * a_1$	32,55	32,55	32,55
128	Caudal máximo horario	[m <sup>3</sup> /día]	$(Q_{climp} + Q_{pers})_n * a$	45,57	45,57	45,57
129	Caudal mínimo diario	[m <sup>3</sup> /día]	$(Q_{climp} + Q_{pers})_n * b_1$	17,40	17,40	17,40
130	Caudal mínimo horario	[m <sup>3</sup> /día]	$(Q_{climp} + Q_{pers})_n * b$	8,70	8,70	8,70

- (27)  $Q_{C2nr\ inst} = Q_{C2nr\ esc,n} + Q_{C2nr\ hosp}, n = (2) + (3)$
- (28)  $(Q_{C2nr\ escuelas} + Q_{C2nr\ hospitales} * \alpha_1)$
- (29)  $(Q_{C2nr\ escuelas} + Q_{C2nr\ hospitales} * \alpha)$
- (30)  $(Q_{C2nr\ escuelas} + Q_{C2nr\ hospitales} * \beta_1)$
- (31)  $(Q_{C2nr\ escuelas} + Q_{C2nr\ hospitales} * \beta)$
- (32)  $Q_{C2nr\ comerciales}, n = Q_{C2nr\ hoteles}, n + Q_{C2nr} (teatros + cines), n = (8) + (9)$
- (33)  $Q_{C2nr\ comerciales}, n = (Q_{C2nr\ hoteles}, n + Q_{C2nr} (teatros + cines)) * \alpha_1$
- (34)  $Q_{C2nr\ comerciales}, n = Q_{C2nr\ hoteles}, n + Q_{C2nr} (teatros + cines) * \alpha$
- (35)  $Q_{C2nr\ comerciales}, n = Q_{C2nr\ hoteles}, n + Q_{C2nr} (teatros + cines) * \beta_1$
- (36)  $Q_{C2nr\ comerciales}, n = Q_{C2nr\ hoteles}, n + Q_{C2nr} (teatros + cines) * \beta$
- (37)  $(Q_{C\ Ind.1.} + Q_{C\ Ind.2.})_n = (Q_{climp} + Q_{pers})_{ind1+ind2}, n$
- (38)  $Q_{C3\ GU}, n = Q_{CProc. Ind.1.} + Q_{CProc. Ind.2.}$

**Tabla 55.** Caudales característicos no residenciales

En la **Tabla 56** se ha calculado la dotación media aparente considerando el total de caudales excluidos los grandes usuarios (Industria 1 y piscinas ) relacionándolo con la población servida con agua.

131	CAUDALES CARACTERÍSTICOS NO RESIDENCIALES					
132	Caudal medio diario	[m³/día]	$Q_{C2nr,n} =$	2.106,69	2.688,58	2.962,02
133	Caudal máximo diario	[m³/día]	$Q_{C2nm} * a_1 =$	2.654,93	3.388,51	3.732,51
134	Caudal máximo horario	[m³/día]	$Q_{C2nm} * a_2 =$	3.581,62	4.571,62	5.034,89
135	Caudal mínimo diario	[m³/día]	$Q_{C2nm} * b_1 =$	1.576,14	2.011,23	2.216,38
136	Caudal mínimo horario	[m³/día]	$Q_{C2nm} * b_2 =$	957,17	1.220,98	1.346,46
137	<b>Dotación de consumo aparente</b>					
138	Dotación media de consumo aparente	[l/hab*día]	$Dot_{med\ cons\ ap} = (39)$	387,86	358,69	341,88

$$(39) \quad (Q_{C1r,n} + Q_{C2nr,n}) / (Pob. \text{ serv. ag. } n * 1000)$$

(no se han considerado las carga puntuales de grandes consumidores)

**Tabla 56.** Resumen de caudales no residenciales y dotación aparente

### 5.12.2. Ejemplo de Cálculo N° 2

Para el presente ejemplo se ha elegido una población cuya característica es que, además de la población permanente, tiene población turística en verano y en invierno no siendo la cantidad de turistas tal que sea necesario ampliar la capacidad del sistema especialmente debido a dicho consumo, tal como se expresara en el numeral referido a consumos temporarios.

Esta localidad tiene usuarios con sistema medido y usuarios con sistema no medido, es decir, los consumos de estos últimos se estiman.

En la localidad existe un Barrio Militar perteneciente al Regimiento el que al momento del análisis poseía su propio sistema de abastecimiento de agua potable por lo que no se le debe incluir en el estudio. Eventualmente en aquellos casos que corresponda debe ser incluido si el abastecimiento depende del sistema en estudio.

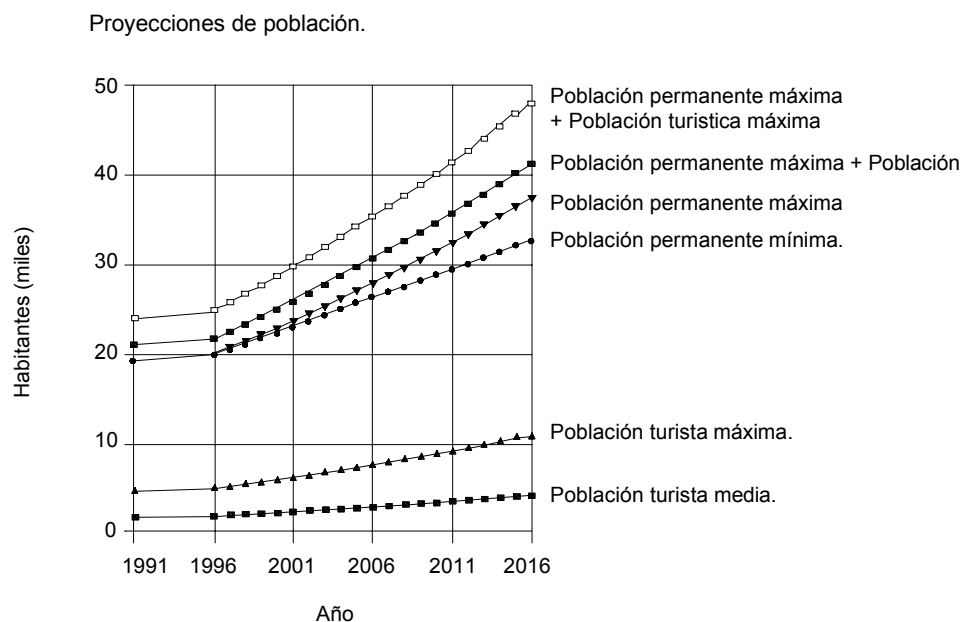
#### 5.12.2.1. Población

En el ejemplo que nos ocupa se presentan dos alternativas de crecimiento demográfico para la población permanente de la ciudad A:

- Alternativa de Crecimiento Poblacional Permanente (mínima)
- Alternativa de Crecimiento Poblacional Permanente (máxima)

Estas dos alternativas se han proyectado desde el año inicial y hasta el año 20 del periodo de diseño.

Por otra parte se ha estimado la población turística dando valores medios y máximos de la misma para los mismos años, según la capacidad existente en la localidad para recibir turistas.



**Figura 45.** Proyecciones población permanente y turística

En la **Figura 45** se ilustran los datos de los crecimientos poblacionales correspondientes a la población permanente mínima y máxima, y a la población turística media y máxima y sus combinaciones de interés para el análisis.

En este caso se ha adoptado la población permanente máxima para el desarrollo de los cálculos.

#### 5.12.2.2. Estudio de Demanda

##### **Población Permanente**

Las poblaciones de proyección utilizadas para el ejemplo son las siguientes:

		Población Permanente	Población B° Militar (1)	Población permanente Sin B° Militar
Año 0	1996	19.303 hab.	502 hab	18.801 hab.
Año 5	2001	22.728 hab.	653 hab	22.075 hab.
Año 10	2006	26.965 hab.	879 hab	26.086 hab.
Año 15	2011	31.944 hab.	1.600 hab	30.344 hab.
Año 20	2016	36.923 hab.	2.322 hab	34.601 hab

Nota: (1) ver introducción al ejemplo

### ***Población Turística***

	Población Turística Máximo	Población Turística Media
Año 0	4.704 hab.	1.732 hab.
Año 5 2001	5.683 hab.	2.091 hab.
Año 10 2006	7.151 hab.	2.630 hab.
Año 15 2011	8.114 hab.	2.983 hab.
Año 20 2016	9.076 hab.	3.336 hab.

### ***Cantidad de Usuarios por Tipo de Servicio***

#### **Agua Potable (UCA, Unidades de Consumo de Agua Potable)**

##### ***Servicio Medido***

El servicio de abastecimiento de Agua Potable actualmente posee tres categorías de usuarios según el tipo de conexión.

La cantidad de usuarios por categoría es la siguiente:

	Año inicial
Categoría 1	3.353
Categoría 2	91
Categoría 3	61
Total de unidades de consumo de agua potable: 3.505	

##### ***Servicio No Medido***

La cantidad de usuarios del servicio no medido es de: 866

Total de unidades de consumo Servicio Medido y No Medido:

$$3.505 + 866 = 4.371 \text{ UCA}$$

### ***Cobertura Actual de los Servicios de Agua Potable***

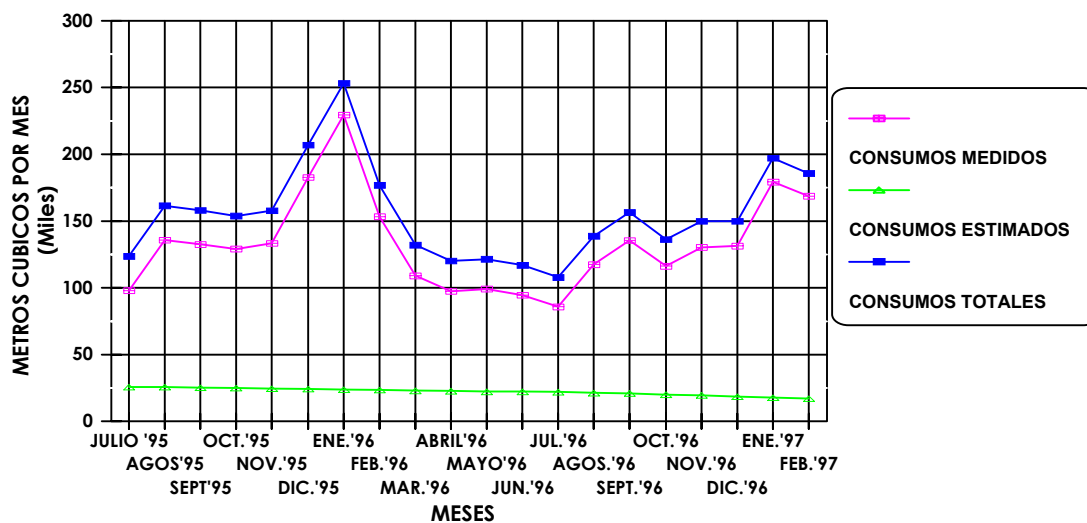
#### ***Agua Potable***

Población Permanente c/B° Militar Año inicial	19.303 hab.
Población Permanente s/B° Militar Año inicial	18.801 hab.
Cobertura de servicio s/B° Militar Año inicial	99,74 %
Población servida Año inicial	18.752 hab.

El prestador posee un catastro de usuarios con su correspondiente base de datos de lecturas de mediciones, sobre la base de la que se calculo una dotación aparente de consumo domiciliario de agua potable, esta dotación contiene otros consumos aparte de

los domiciliarios por ejemplo escuelas, hoteles, comercios etc., pero es de utilidad para realizar el cálculo y las proyecciones.

A continuación se muestra la **Figura 46** con los consumos mensuales informados por el prestador en base a datos del sistema medido y de los consumos estimados. En casos como este el proyectista puede tener una buena aproximación considerando los valores correspondientes al sistema medido.



**Figura 46.** Consumos mensuales de agua potable, sistema medido y no medido

Dotación Media Aparente de Consumo Domiciliario de Agua Potable

$$\text{Sistema Medido} \quad \frac{37,09 \text{ m}^3 / \text{conex} / \text{mes}}{1000 \cdot 30 \cdot 4,29} = 288 \text{ l/hab.d}$$

Esta dotación se calculó en base al catastro de usuarios del prestador según el que para el sistema medido dio como resultado un promedio de 37,09 m<sup>3</sup>/mes el que dividido por treinta días y por la cantidad de habitantes por vivienda da como resultado 288 l/hab.día

Dotación Media Aparente Consumo Domiciliario de Agua Potable

Sistema No Medido 140 l/hab.d

En el caso del sistema no medido y en base a las estimaciones del prestador, se calculó que el consumo promedio para dicho tipo de usuarios se de 18 m<sup>3</sup>/mes, lo que calculado de igual modo que el año anterior da como resultado 139,86 l/hab.d, adoptando el valor de 140 l/hab.d.



Se lo denominó aparente debido a que el valor incluye todo tipo de consumos.

Dotación Media Total de Consumo de Agua Potable

258 l/hab.d

Por último se calculó una dotación de consumo medio total como, ponderada entre los dos valores precedentes.

$$\left(37,09 \text{ m}^3 / \text{mes} / \text{conex.} \cdot 3505 + 18 \text{ m}^3 / \text{mes} / \text{conex.}\right) / 4371 / 30 / (4,29 \cdot 1000)$$

### 5.12.2.3. Modelo de Demanda

#### Introducción

En la **Tabla 57** se desarrolla el Modelo de Demanda, representado por los parámetros esperables para cada año del período de diseño en el servicio de agua potable. A partir del estado inicial del servicio, ha sido posible determinar los incrementos de capacidad de producción de agua y de procesamiento de desagües requeridos en cada año.

			PERIODO DE DISEÑO AÑOS											
N° Fila			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	POBLACION PERMANENTE	[hab]	19.303	19.663	20.429	21.195	21.962	22.728	23.494	24.260	25.026	25.793	26.965	
2	B° MILITAR		502	502	540	577	615	653	691	728	766	804	879	
3	POBLACION PERMANENTE SIN B°MILITAR	[hab]	18.801	19.161	19.889	20.618	21.347	22.075	22.804	23.532	24.260	24.989	26.086	
4	POBLACION TURISTICA MAXIMA	[hab]	4.704	4.704	4.949	5.194	5.438	5.683	5.928	6.172	6.417	6.662	7.151	
5	POBLACION TURISTICA MEDIA	[hab]	1.732	1.732	1.822	1.912	2.001	2.091	2.181	2.271	2.361	2.450	2.630	
6	POBLACION TOTAL MAXIMA	[hab]	23505	23.865	24.838	25.812	26.785	27.758	28.732	29.704	30.677	31.651	33.237	
7	POBLACION TOTAL MEDIA	[hab]	20.533	20.893	21.711	22.529	23.348	24.166	24.985	25.803	26.621	27.439	28.716	
8	Habitantes/Vivienda	[hab/viv]	4,29	4,29	4,28	4,27	4,26	4,25	4,24	4,23	4,22	4,21	4,20	
9	COBERTURA PORCENTUAL AGUA POTABLE													
9	POBLACION PERMANENTE	[%]	99,74	99,74	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	
10	POBLACION PERMANENTE SERVIDA AGUA POTABLE	[hab]	18751,59	18.752	19.492	20.205	20.920	21.634	22.347	23.061	23.775	24.490	25.564	
11	POBLACION TOTAL MAXIMA SERVIDA AGUA POTABLE	[hab]	23.456	23.456	24.441	25.399	26.358	27.317	28.275	29.233	30.192	31.152	32.715	
12	POBLACION TOTAL MEDIA SERVIDA CON AGUA POTAE	[hab]	20.484	20.484	21.313	22.117	22.921	23.725	24.528	25.332	26.136	26.940	28.194	
13	UNIDADES de CONSUMO AGUA POTABLE SISTEMA MEDIDO [UCA]	N°	3505	3.905	4.008	4.164	4.321	4.479	4.638	4.798	4.958	5.119	5.356	
14	Incremento Total SISTEMA MEDIDO[UCA]	N°		400	103	156	157	158	159	159	160	161	237	
15	UNIDADES de CONSUMO AGUA POTABLE SISTEMA NO MEDIDO [UCA]	N°	866	466	546	568	589	611	632	654	676	698	730	
16	UNIDADES de CONSUMO AGUA POTABLE TOTALES [UC	N°	4371	4.371	4.554	4.732	4.911	5.090	5.271	5.452	5.634	5.817	6.087	
17	Consumo máximo población turística	[m3/día]	705,60	705,60	742,35	779,10	815,70	852,45	889,20	925,80	962,55	999,30	1072,65	
18	Consumo mínimo población turística	[m3/día]	259,80	259,80	273,27	286,74	300,15	313,65	327,15	340,65	354,15	367,50	394,50	
19	Dotación Media Aparente de Consumo de Agua Potable Sistema Medido	[l/hab*día]	288,19	288,00	288,00	288,00	288,00	288,00	288,00	288,00	288,00	288,00	288,00	
20	Dotación Media de Consumo de Agua Potable Sistema No medido	[l/hab*día]	139,86	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70	
21	Dotación Media Total de Consumo de Agua Potable	[l/hab*día]	258,80	265,75	265,75	265,75	265,75	265,75	265,75	265,75	265,75	265,75	265,75	
22	CONSUMO MEDIO TOTAL de AGUA POTABLE	[m3/día]		4.983	5.180	5.370	5.559	5.749	5.939	6.128	6.318	6.508	6.794	
23	PORCENTAJE de AGUA NO CONTABILIZADA	[%]		26,00	25,00	24,00	23,00	22,00	21,00	20,00	19,00	19,00	19,00	
24	DEMANDA MEDIA APARENTE de PRODUCCION de AGL	[m3/día]		6.734	6.906	7.065	7.220	7.371	7.517	7.661	7.800	8.035	8.387	
25	Coefficiente de Pico Estacional		1,35	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	
26	DEMANDA PICO APARENTE de PRODUCCION de AGUA	[m3/día]		9.091	9.324	9.538	9.747	9.950	10.149	10.342	10.530	10.847	11.323	
27	Dotación Media de Producción RESULTANTE	[l/hab*día]		359	354	350	345	341	336	332	328	328	328	
28	Dotación Pico de Producción RESULTANTE	[l/hab*día]		485	478	472	466	460	454	448	443	443	443	

			PERIODO DE DISEÑO AÑOS									
N° Fila			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	POBLACION PERMANENTE	[hab]	27.961	28.957	29.952	30.948	31.944	32.940	33.936	34.931	35.927	36.923
2	B° MILITAR		1.023	1.168	1.312	1.456	1.601	1.745	1.889	2.033	2.178	2.322
3	POBLACION PERMANENTE SIN B°MILITAR	[hab]	26.938	27.789	28.640	29.492	30.344	31.195	32.047	32.898	33.749	34.601
4	POBLACION TURISTICA MAXIMA	[hab]	7.344	7.536	7.729	7.921	8.114	8.306	8.499	8.691	8.884	9.076
5	POBLACION TURISTICA MEDIA	[hab]	2.701	2.771	2.842	2.913	2.983	3.054	3.125	3.195	3.266	3.336
6	POBLACION TOTAL MAXIMA	[hab]	34.282	35.325	36.369	37.413	38.458	39.501	40.546	41.589	42.633	43.677
7	POBLACION TOTAL MEDIA	[hab]	29.639	30.560	31.482	32.405	33.327	34.249	35.172	36.093	37.015	37.937
8	Habitantes/Vivienda	[hab/viv]	4,19	4,18	4,17	4,16	4,15	4,14	4,13	4,12	4,11	4,10
9	COBERTURA PORCENTUAL AGUA POTABLE											
	POBLACION PERMANENTE	[%]	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00
10	POBLACION PERMANENTE SERVIDA AGUA POTABLE	[hab]	26.399	27.234	28.067	28.902	29.737	30.571	31.406	32.240	33.074	33.909
11	POBLACION TOTAL MAXIMA SERVIDA AGUA POTABLE	[hab]	33.743	34.770	35.796	36.823	37.851	38.877	39.905	40.931	41.958	42.985
12	POBLACION TOTAL MEDIA SERVIDA CON AGUA POTAE	[hab]	29.100	30.005	30.909	31.815	32.720	33.625	34.531	35.435	36.340	37.245
13	UNIDADES de CONSUMO AGUA POTABLE SISTEMA MEDIDO [UCA]	N°	5.544	5.733	5.923	6.114	6.306	6.498	6.692	6.886	7.082	7.278
14	Incremento Total SISTEMA MEDIDO[UCA]	N°	188	189	190	191	192	193	194	194	195	196
15	UNIDADES de CONSUMO AGUA POTABLE SISTEMA NO MEDIDO [UCA]	N°	756	782	808	834	860	886	913	939	966	992
16	UNIDADES de CONSUMO AGUA POTABLE TOTALES [UC	N°	6.300	6.515	6.731	6.948	7.165	7.384	7.604	7.825	8.047	8.270
17	Consumo máximo población turística	[m3/día]	1101,60	1130,40	1159,35	1188,15	1217,10	1245,90	1274,85	1303,65	1332,60	1361,40
18	Consumo mínimo población turística	[m3/día]	405,15	415,65	426,30	436,95	447,45	458,10	468,75	479,25	489,90	500,40
19	Dotación Media Aparente de Consumo de Agua Potable Sistema Medido	[l/hab*día]	288,00	288,00	288,00	288,00	288,00	288,00	288,00	288,00	288,00	288,00
20	Dotación Media de Consumo de Agua Potable Sistema No medido	[l/hab*día]	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70	77,70
21	Dotación Media Total de Consumo de Agua Potable	[l/hab*día]	265,75	265,75	265,75	265,75	265,75	265,75	265,75	265,75	265,75	265,75
22	CONSUMO MEDIO TOTAL de AGUA POTABLE	[m3/día]	7.015	7.237	7.459	7.681	7.902	8.124	8.346	8.568	8.789	9.011
23	PORCENTAJE de AGUA NO CONTABILIZADA	[%]	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
24	DEMANDA MEDIA APARENTE de PRODUCCION de AGL	[m3/día]	8.661	8.935	9.208	9.482	9.756	10.030	10.304	10.577	10.851	11.125
25	Coefficiente de Pico Estacional		1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350
26	DEMANDA PICO APARENTE de PRODUCCION de AGUA	[m3/día]	11.692	12.062	12.431	12.801	13.171	13.540	13.910	14.279	14.649	15.019
27	Dotación Media de Producción RESULTANTE	[l/hab*día]	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328
28	Dotación Pico de Producción RESULTANTE	[l/hab*día]	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443

**Tabla 57.** Estudio de demanda de producción

## Análisis

Las filas que componen la Tabla del Modelo de Demanda han sido numeradas correlativamente, para facilitar su explicación e interrelación.

Fila 1: Corresponde a la población total permanente proyectada en el período de diseño (20 años). Para ello, se han utilizado los resultados que surgen del estudio demográfico realizado.

Fila 2: Población B° Militar actualmente con sistema propio de abastecimiento de agua y desagües lo que nos indica que no se debe tener en cuenta a los efectos del análisis de la demanda de producción de agua potable.

Fila 3: Población permanente sin el B° Militar.

Fila 4: Proyección de población turística máxima en función de la capacidad existente y proyectada no sólo en hotelería sino también en casos particulares.

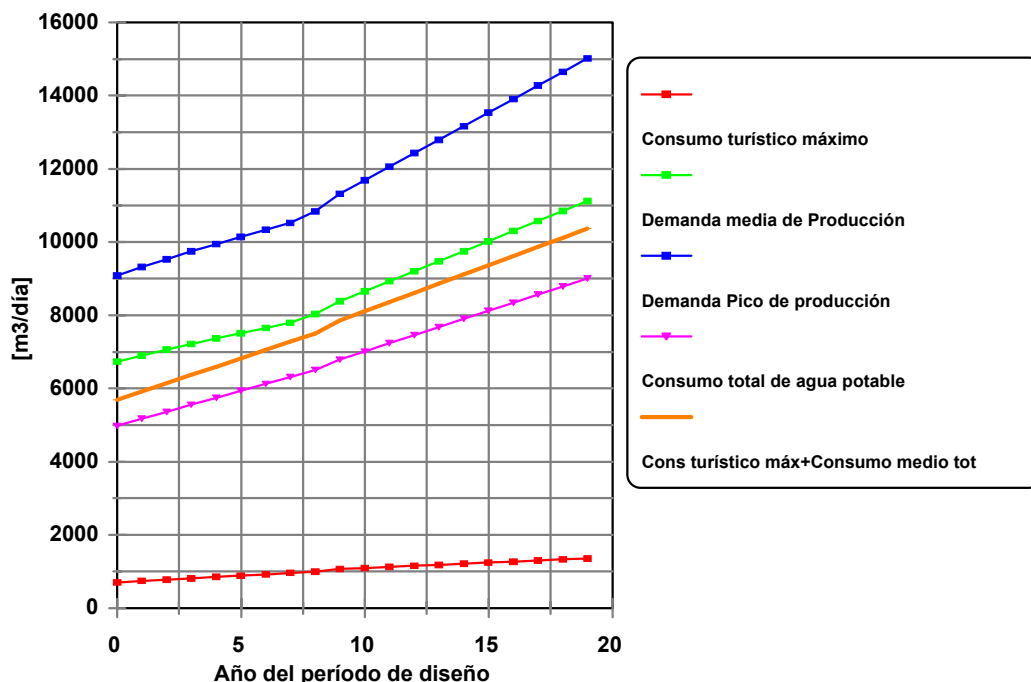
Fila 5: Proyección de población turística media.

Fila 6: Población total máxima como sumatoria de la población permanente sin B° Militar y la población turística máxima.

Fila 7: Idem anterior pero con la población media.

- Fila 8: El número inicial de habitantes por vivienda surge de la consideración de los resultados de los Censos. Existe en esta localidad la tendencia de disminuir el número de habitantes que corresponden a una misma vivienda, como consecuencia de la descentralización que se produce, entre otros factores, por fraccionamiento de las familias (casamientos), planes de viviendas, partición de herencias, etc. (Puede haber otros casos donde el efecto sea el contrario, que crezca el número de habitantes por vivienda).
- Fila 9: La cobertura porcentual de agua potable para la población permanente responde en el año inicial del servicio de acuerdo a la información suministrada por el prestador del servicio y al relevamiento realizado por el proyectista. Para los años siguientes se ha establecido una proyección de cobertura, la que se constituye en meta a ser satisfecha por el prestador y que tendrá directa relación con las posibilidades de superación del servicio.
- Fila 10: La población permanente servida con agua potable para el primer año resulta de multiplicar las cuentas por la cantidad promedio de usuarios por cuatro y para los años subsiguientes el porcentaje de cobertura a la población permanente total de la localidad.
- Fila 11: La población total máxima servida con agua potable resultó de la suma de la población permanente más la población turística máxima considerando que la misma tiene un 100% de cobertura.
- Fila 12: La población total media servida con agua potable surge de la suma de la población permanente servida más la población turística servida con agua potable (100%).
- Fila 13: Las unidades de consumo de agua potable del sistema medido surge como la diferencia entre las unidades de consumo totales y los estimados.
- Fila 14: El incremento total de UCA del Sistema Medido surgen para el primer año de las conexiones que se conectarán al servicio medido hasta fin de ese año y para los restantes referenciando los valores del año considerado con el inmediato anterior.
- Fila 15: Para el primer año se consideran los UCA Sistema No Medido que se proyecta hacia fin del año 1997, para el 2do. Año y en adelante se considera un incremento anual del 12%.
- Fila 16: Las unidades de consumo de agua son el resultado de la población servida dividida por el número de habitantes por vivienda.
- Fila 17: Se calculó como la población turística máxima como si todos los turistas estuvieran juntos el mismo día y que consumo tendrían con una dotación con 150 litros por habitante y por día `hecho que no es real, solo para tener idea del máximo consumo. Según las estadísticas de turismo el máximo se ve en invierno porque en dos semanas se concentra el 55% de la población turística del año con una rotación de 8 días y en verano el otro 45% distribuido en 4 meses con una rotación de 12 días, además se debe tener en cuenta que el consumo por huésped de un hotel no es el mismo que en un campamento.

- Fila 18: Idem fila 17 para la población turística mínima.
- Fila 19: La Dotación Media aparente de Consumo de agua potable es el resultado del procesamiento de la información suministrada por el prestador del servicio en base al sistema medido e incluyendo todo tipo de consumos, residenciales y no residenciales.
- Fila 20: La Dotación Media del Sistema No Medido para el primer año se calculó en base a un consumo estimado de  $10 \text{ m}^3/\text{mes}$  usuario dado que parte de las conexiones del sistema no medido, se proyecta pasarlas al sistema medido a fin del primer año.
- Fila 21: Es el promedio ponderado de las dotaciones expresadas en filas 19 y 20.
- Fila 22: Representa el consumo medio total, como consecuencia del producto entre la población servida y la dotación media aparente total de consumo.
- Fila 23: El porcentaje de agua no contabilizada es el resultado del estado de las redes y de la política operativa que se aplique, ya que se involucran en este concepto las pérdidas, fugas, usos para limpieza de redes, agua perdida durante las reparaciones, agua destinada a otros usos y agua que se provee en muchos conceptos, pero que no es medida.
- Se ha asumido que a partir del valor inicial se establecerá una política operativa tendiente a una drástica reducción de pérdidas y fugas en las cañerías de las redes y las conexiones domiciliarias, así como contabilizar los consumos significativos que no puedan o deban ser atribuidos a los usuarios.
- Es práctica general establecer un horizonte del orden del 19 al 20% de la producción total, ya que tratar de bajar este porcentaje no resulta económicamente conveniente.
- Fila 24: Como consecuencia del porcentaje de agua no contabilizada, surge la demanda media aparente de producción de agua potable, ya que el sistema deberá satisfacer los consumos medios y el porcentaje de agua que se aplica a este concepto.
- Fila 25: Coeficiente de pico estacional. Mediante este coeficiente se figuran los mayores consumos estacionales (estivales).
- Fila 26: La demanda pico aparente es la resultante de la sumatoria del producto de la demanda media por el coeficiente de pico estacional.
- Fila 27: En esta fila se explícita el valor resultante de dotación media aparente de producción, como cociente entre la demanda de producción de agua de cada año y la población servida para el mismo. De esta manera se referencia toda la producción al dato esperable de población, el que resulta el más controlable de los indicadores de consumo, ya que la población es cuantificable de múltiples formas.
- Fila 28: Idem Fila 26, para la demanda pico aparente (estacional) de producción.



**Figura 47.** Comparación de consumos

En la **Figura 47** se realizó una comparación de consumos con la población turística máxima calculada en la fila 17, valor que es mucho más del real, dado que es al máximo posible entre hoteles y casas de familia. No se consideró necesario sumarlo al consumo de la población permanente para el cálculo de la demanda de producción. Se debe tener en cuenta que en el procesamiento de la dotación aparente estos consumos ya están considerados porque los usuarios del sistema medio los incluyen (ya sea por los hoteles, cabañas, etc., o casas de familia que en temporada estival aumentan el consumo por visitas o huéspedes).

### 5.12.3. Ejemplo de Cálculo N° 3

La presente localidad se caracteriza por poseer consumos de fin de semana debido a su cercanía a un centro urbano de importancia. A su vez la fuente de abastecimiento de un sistema regional, en este caso un acueducto que abastece a varias localidades está limitada por la capacidad que el mismo le puede proveer.

#### **Población**

La población estable está constituida fundamentalmente por personas que atienden las necesidades de los visitantes, en su mayoría procedentes del Centro urbano cercano. El Censo de 1991 arrojó un total de 2.941 habitantes, que ocupaban un total de 819 viviendas, pero debe señalarse que, además, al procederse al censamiento, se encontraban 566 viviendas más que figuraban como “desocupadas”. Esta expresión

incluye diversos supuestos, tales como, en este caso, las casas de veraneo, que suelen permanecer cerradas cuando sus dueños se encuentran en la ciudad.

En materia de viviendas predominaban las denominadas Casa A en uno de los radios censales, es decir las que reúnen todas las condiciones de habitabilidad, con 86,2 por ciento. EL resto estaba compartida por pequeñas cantidades de casas de diversas condiciones hasta completar las 403 de este sector.

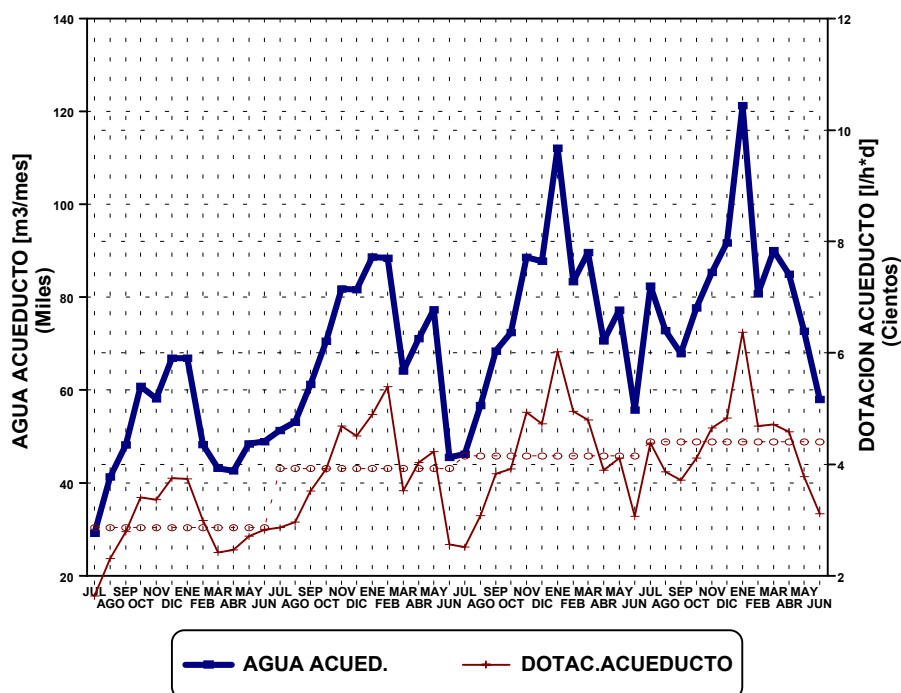
En otro de los radios censados la gran mayoría, en este caso 94,3 por ciento de las viviendas eran de clase A.

Se calculó la siguiente proyección de la población para los próximos veinte años, expresada en cifras correspondientes a cada quinquenio.

Proyección de la población	
Año	Población (hab.)
0	3.552
5	4.162
10	4.752
15	5.337
20	5.892

### Análisis

En la **Tabla 58** siguiente se analizan los datos de caudales provenientes del acueducto en base a datos históricos. En la **Figura 48** se puede observar un gráfico con los valores de la tabla mencionada.



**Figura 48.** Agua entregada por acueducto

AÑO	MES	ENTREGA ACUED.		POB TOTAL	POB SERV.	DOTAC, ACUEDUCTO			AGUA NO CONT.	DOTAC CONSUMO
		[m3/mes]				[l/h*d]			[%]	[l/h*d]
92	JUL	29.176	MAX	66.900	5.763	163	MAX	374	9%	342
	AGO	41.295	MED	50.237	5.763	231	MED	287	8%	265
	SEP	48.200	min	29.176	5.763	279	min	163	6%	154
	OCT	60.840			5.763	341				
	NOV	58.150			5.763	336	MAX/MED	1,306		1,290
	DIC	66.900			5.763	374	min/MED	0,570		0,579
	93	ENE	66.892		5.763	374				
	FEB	48.284			5.763	299				
	MAR	43.181			5.763	242				
	ABR	42.621			5.763	247				
	MAY	48.438		6.067	5.763	271				
	JUN	48.870			5.763	283				
94	JUL	51.324	MAX	88.700	5.775	287	MAX	539	11%	481
	AGO	53.145	MED	69.566	5.787	296	MED	392	9%	357
	SEP	61.226	min	45.489	5.799	352	min	256	7%	238
	OCT	70.501			5.811	391				
	NOV	81.800			5.823	468	MAX/MED	1,374		1,346
	DIC	81.600			5.835	451	min/MED	0,653		0,666
	94	ENE	88.700		5.847	489				
	FEB	88.446			5.859	539				
	MAR	64.100			5.871	352				
	ABR	71.118			5.883	403				
	MAY	77.341		6.218	5.907	422				
	JUN	45.489			5.919	256				
95	JUL	46.200	MAX	112.158	5.932	251	MAX	602	12%	532
	AGO	56.700	MED	75.725	5.944	308	MED	415	9%	378
	SEP	68.389	min	46.200	5.956	383	min	251	7%	234
	OCT	72.416			5.968	391				
	NOV	88.571			5.981	494	MAX/MED	1,451		1,408
	DIC	87.745			5.993	472	min/MED	0,605		0,618
	95	ENE	112.158		6.005	602				
	FEB	83.380			6.018	495				
	MAR	89.606			6.030	479				
	ABR	70.628			6.042	390				
	MAY	77.234		6.373	6.054	412				
	JUN	55.677			6.054	307				
96	JUL	82.454	MAX	121.309	6.067	438	MAX	637	12%	560
	AGO	72.796	MED	82.131	6.079	386	MED	440	9%	400
	SEP	67.850	min	58.016	6.091	371	min	312	7%	290
	OCT	77.771			6.104	411				
	NOV	85.323			6.116	465	MAX/MED	1,449		1,399
	DIC	91.741			6.128	483	min/MED	0,708		0,724
	96	ENE	121.309		6.140	637				
	FEB	80.715			6.153	469				
	MAR	90.002			6.165	471				
	ABR	84.900			6.177	458				
	MAY	72.695		6.532	6.205	378				
	JUN	58.016			6.205	312				

Tabla 58. Análisis de producción y consumo

		PERIODO DE DISEÑO											
Fila N°		SIT.INI.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	POBLACION PERMANENTE	[hab]	3.552	3.674	3.796	3.918	4.040	4.162	4.280	4.398	4.516	4.634	4.752
2	POBLACION NO PERMANENTE	[hab]	2980	3010	3040	3070	3101	3132	3163	3195	3227	3259	3292
3	POBLACION TOTAL	[hab]	6532	6683,8	6835,9	6988	7141	7294	7443	7593	7743	7893	8044
4	Habitantes/Vivienda (permanente)		3,57	3,56	3,55	3,54	3,53	3,52	3,51	3,50	3,49	3,48	3,47
5	Habitantes / Vivienda (no permanente)		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	COBERTURA PORCENTUAL AGUA POTABLE	[%]	77,55	78,00	80,00	80,00	84,00	84,00	92,00	92,00	92,00	92,00	95,00
7	POBLACION SERVIDA AGUA POTABLE	[hab]	5.183	5.332	5.591	5.713	6.127	6.252	6.986	7.123	7.262	7.642	
8	UNIDADES de CONSUMO AGUA POTABLE [UCA]	N°	1.634	1.677	1.721	1.765	1.809	1.852	1.896	1.939	1.983	2.028	
9	Incremento Total [UCA]	N°			43	44	44	44	43	44	44	44	44
10	Dotación Media de Consumo de Agua Potable	[l/hab*día]	308,00	308,00	308,00	308,00	308,00	308,00	308,00	308,00	308,00	308,00	308,00
11	CONSUMO MEDIO DOMICILIARIO de AGUA POTABLE [UD]	[m3/día]	1.596	1.642	1.722	1.760	1.887	1.926	2.152	2.194	2.237	2.354	
12	CONSUMO MEDIO AGUA POTABLE GRANDES USUARIOS [G]	[m3/día]	48	49	52	53	57	58	65	66	67	71	
13	CONSUMO MEDIO TOTAL de AGUA POTABLE	[m3/día]	1.644	1.692	1.774	1.812	1.944	1.984	2.216	2.260	2.304	2.424	
14	PORCENTAJE de AGUA NO CONTABILIZADA	[%]	30,00	30,00	30,00	30,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	20,00	
15	DEMANDA MEDIA de PRODUCCION de AGUA POTABLE	[m3/día]	2.349	2.416	2.534	2.589	2.592	2.645	2.955	3.013	3.072	3.030	
16	Coeficiente de Pico Estacional		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
17	DEMANDA PICO de PRODUCCION de AGUA POTABLE	[m3/día]	2.746	2.825	2.962	3.027	3.030	3.092	3.454	3.522	3.591	3.542	
18	Dotación Media de Producción RESULTANTE	[l/hab*día]	453	453	453	453	423	423	423	423	423	423	397
19	Dotación Pico de Producción RESULTANTE	[l/hab*día]	530	530	530	530	494	494	494	494	494	494	464

Fila N°		PERIODO DE DISEÑO									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 POBLACION PERMANENTE	[hab]	4.869	4.986	5.103	5.220	5.337	5.448	5.559	5.670	5.781	5.892
2 POBLACION NO PERMANENTE	[hab]	3325	3358	3392	3425	3460	3494	3529	3565	3600	3636
3 POBLACION TOTAL	[hab]	8194	8344	8495	8645	8797	8942	9088	9235	9381	9528
4 Habitantes/Vivienda (permanente)		3,46	3,45	3,44	3,43	3,42	3,41	3,40	3,39	3,38	3,37
5 Habitantes / Vivienda (no permanente)		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6 COBERTURA PORCENTUAL AGUA POTABLE	[%]	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00
7 POBLACION SERVIDA AGUA POTABLE	[hab]	7.784	7.927	8.070	8.213	8.357	8.495	8.634	8.773	8.912	9.052
8 UNIDADES de CONSUMO AGUA POTABLE [UCA]	N°	2.072	2.117	2.162	2.207	2.252	2.297	2.341	2.385	2.430	2.476
9 Incremento Total [UCA]	N°	44	45	45	45	46	44	44	45	45	45
10 Dotación Media de Consumo de Agua Potable	[l/hab*día]	308,00	308,00	308,00	308,00	308,00	308,00	308,00	308,00	308,00	308,00
11 CONSUMO MEDIO DOMICILIARIO de AGUA POTABLE [UD]	[m3/día]	2.397	2.441	2.485	2.530	2.574	2.617	2.659	2.702	2.745	2.788
12 CONSUMO MEDIO AGUA POTABLE GRANDES USUARIOS [G]	[m3/día]	72	73	75	76	77	78	80	81	82	84
13 CONSUMO MEDIO TOTAL de AGUA POTABLE	[m3/día]	2.469	2.515	2.560	2.606	2.651	2.695	2.739	2.783	2.827	2.872
14 PORCENTAJE de AGUA NO CONTABILIZADA	[%]	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
15 DEMANDA MEDIA de PRODUCCION de AGUA POTABLE	[m3/día]	3.087	3.143	3.200	3.257	3.314	3.369	3.424	3.479	3.534	3.589
16 Coeficiente de Pico Estacional		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
17 DEMANDA PICO de PRODUCCION de AGUA POTABLE	[m3/día]	3.608	3.675	3.741	3.807	3.874	3.938	4.002	4.067	4.131	4.196
18 Dotación Media de Producción RESULTANTE	[l/hab*día]	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397
19 Dotación Pico de Producción RESULTANTE	[l/hab*día]	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464

**Tabla 59.** Estudio de demanda

Las filas que forman las planillas de Proyección de Demanda de Agua Potable se numeraron correlativamente para facilitar su interrelación y comprensión.

Fila 1: Corresponde a la población total proyectada en el período de diseño. Se planteó en base a los datos del Estudio Demográfico.

Fila 2: Proyección población no permanente.

Fila 3: Sumatoria población permanente y no permanente.



- Fila 4: El número de habitantes por vivienda se calculó a partir de los valores obtenidos de los Censos. Se ha explicitado a lo largo de los 20 años la tendencia demostrada de disminuir el número de habitantes para cada vivienda.
- Fila 5: Habitantes por vivienda población no permanente año cero.
- Fila 6: La cobertura porcentual de agua corresponde, en año cero, al estado inicial del servicio de acuerdo a la información suministrada por el prestador. Para los siguientes años se estableció una proyección de la cobertura, la cual se constituye en meta a ser alcanzada por el prestador.
- Fila 7: La población servida con agua potable resulta de aplicar el porcentaje de cobertura a la población total de la localidad.
- Fila 8: Las unidades de consumo de agua son el resultado de la población servida dividida por el número de habitantes por vivienda de la población permanente (3,57 hab/vivienda) menos los de la población no permanente (5 hab/viv).
- Fila 9: El incremento de las unidades de consumo de agua se calcula referenciando los valores del año considerado y el inmediato anterior.
- Fila 10: La Dotación Media del Consumo de agua potable es el resultado del procesamiento de la información suministrada por los distintos organismos que tienen a su cargo el sistema de agua. Si bien ésta tiende a disminuir con la instalación de medidores domiciliarios, se mantiene constante ya que hay otros factores que influyen haciendo que aumente y que contrarrestan al primero.
- Fila 11: Representa el consumo medio domiciliario, como consecuencia del producto entre la población servida y la dotación media de consumo.
- Fila 12: El consumo medio de grandes usuarios representa la estimación del consumo de agua de usuarios no residenciales con consumos específicos significativos. Habitualmente, como el dato conocido es la población servida y su proyección, estos consumos se expresan como un porcentaje del consumo total correspondiente a esta población, variando de acuerdo a una estimación que toma en cuenta la posibilidad de consumo para uso industrial y/o comercial, como así también al tamaño relativo de los mismos.
- Fila 13: El consumo medio total es la sumatoria de los dos anteriores.
- Fila 14: El porcentaje de agua no contabilizada es el resultado del estado de las redes y de la política operativa que se aplique, ya que en este concepto se agrupan las fugas, pérdidas, volúmenes destinados a limpieza de redes, agua perdida durante las reparaciones, agua destinada a otros usos y agua que se provee en muchos conceptos pero que no se mide.
- Fila 15: Al aplicar el porcentaje descrito a la demanda media de consumo, surge la demanda media de producción de agua potable, debiendo el sistema satisfacer los consumos medios más el porcentaje de agua que se aplica a este concepto.
- Fila 16: Coeficiente de Pico Estacional. Con este coeficiente se estiman los mayores consumos estacionales (estivales). Aplicándose los valores obtenidos del

procesamiento de datos que figuran en la tabla de Análisis de Producción y Consumo de la **Tabla 59**.

Fila 17: La demanda pico es la resultante del producto de la demanda media por el coeficiente de pico estacional.

Fila 18: En esta fila se explicita el valor resultante de dotación media de producción, como cociente entre la demanda de producción de agua de cada año y la población servida para el mismo. De esta manera se referencia toda la producción al dato esperable de población, el cual es el más controlable de los indicadores de consumo, ya que es cuantificable de distintas formas.

## 6. INVESTIGACIONES TÉCNICAS DE CAMPO

Son aquellos estudios necesarios para ejecutar el diseño de las obras, incluyen básicamente los trabajos a realizar para conocer las características del área donde se ejecutarán las diferentes instalaciones.

Si de la recopilación de información inicialmente realizada no se han obtenido suficientes antecedentes respecto a la topografía y geotecnia de la zona o los mismos no resultaran suficientemente confiables se debe encarar los estudios.

### 6.1. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

#### 6.1.1. *Introducción*

Para la elaboración de un diseño de ingeniería es necesario disponer de información de base sobre la cual se desarrollará el mismo. La documentación topográfica es generalmente el primer elemento requerido e indispensable al iniciar los estudios.

No es posible pensar en la realización de un diseño de esta naturaleza sin disponer de un adecuado conocimiento del terreno en el que se va a emplazar.

Es esencial establecer fehacientemente estas necesidades para cada etapa de diseño y previamente a su ejecución, con el fin de prever su obtención y disponer de los plazos inevitables para su logro.

El resultado de un estudio topográfico, o documentación final, es una serie de documentos gráficos y/o numéricos que expresan la morfología del terreno; es un modelo a escala sobre el que pueden dimensionarse y cuantificarse cada uno de los elementos que componen la obra. El método de obtención puede ser mediante compilación y procesamiento de información existente o mediante relevamiento. Este a su vez puede ser topográfico, fotográfico, aerofotográfico o por sensores remotos.

#### 6.1.2. *Alcances*

Los alcances de los estudios topográficos se deben determinar según el tipo y la finalidad de los mismos, cuyo objetivo será de servir a las diferentes disciplinas y etapas del diseño.

Deberá determinarse el tipo y cantidad de documentación a obtener como resultado del estudio, estableciéndose claramente los parámetros correspondientes a cada uno de ellos, a saber:

##### 6.1.2.1. *Área a Representar*

Delimitación de la zona necesaria para abarcar el objetivo correspondiente a cada documento, previéndose posibles modificaciones o futuras ampliaciones.

#### **6.1.2.2. Clase de Documento**

De acuerdo al contenido y la forma de representación un documento puede clasificarse como planimetría, altimetría, planialtimetría, sección o perfil (transversal o longitudinal), plano de detalles, modelo numérico del terreno, etc.; la altimetría puede representarse mediante "curvas de nivel" o mediante "cotas", o ambas formas.

También puede ser un documento que combine diferentes formas de representación, por ejemplo los planos de trazas para proyecto de conductos o canales en los que se representa por separado y en correspondencia vertical la planimetría y el perfil longitudinal del terreno, incluyendo asimismo detalles de cruces especiales e interferencias a la obra.

#### **6.1.2.3. Escalas de Representación**

La determinación de la escala de representación de la información contenida en un plano es fundamental y prioritaria para una correcta evaluación y dimensionamiento, así como para establecer la metodología de obtención del contenido para cumplir con los requisitos de precisión y densidad establecidos.

Asimismo y en correspondencia con la escala, deberá establecerse la equidistancia cuando el plano contenga información altimétrica representada por isolíneas.

#### **6.1.2.4. Calidad**

La calidad de un documento topográfico está determinada principalmente por tres elementos: precisión, densidad y claridad de representación. Estos valores están relacionados a una adecuada elección del método de obtención de la información, de la forma de representación, de las escalas y de los formatos.

Otro elemento importante que hace a la calidad es el contenido de información de sistemas de referencia, que provea una biunívoca correspondencia entre el terreno y su representación, facilitando el replanteo de las obras proyectadas. El documento debe contener, cuando corresponda, grilla de coordenadas horizontales con indicación del sistema y los parámetros y unidades que lo determinan, indicación del sistema altimétrico utilizado y su unidad de medida, ubicación, nomenclatura y parámetros de marcas colocadas o encontradas en el terreno (mojones, estacas, puntos fijos, señales), indicación del norte geográfico, y cualquier otra cosa que sirva a los fines enunciados.

#### **6.1.2.5. Formatos**

Las láminas muy grandes son difíciles de manipular. Asimismo los planos muy fragmentados dificultan su interpretación y utilización. Deberá planificarse cuidadosamente seleccionando tamaño, distribución y número de láminas, en la escala prevista, para cada documento gráfico a elaborar.

Los formatos deberán ser normalizados ajustándose a las especificaciones del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (I.R.A.M.), normas para Dibujo Técnico: Formatos, elementos gráficos y plegado de láminas.

### **6.1.3. Clasificación**

La división impuesta a los estudios topográficos en:

- Globales
- Del área a servir
- De detalle
- De mensura y afectaciones

obedece a razones de densidad y exactitud de información en los tres primeros y de naturaleza de uso para los últimos.

#### **6.1.3.1. Estudios Globales**

Estos estudios se realizan fundamentalmente en base a compilación de información existente. Se debe cuantificar el nivel y la densidad de datos de los que se dispone para poder evaluar la factibilidad de su utilización.

En el caso de que la información existente no alcance para satisfacer las necesidades mínimas de la evaluación general, se deberá recurrir a apoyos y procesos especiales que podrán ser complementarios de la compilación o como recurso único de elaboración; estos serán trabajos mínimos, prácticamente expeditivos, con el fin de no elevar los costos en aspectos que no requieren mayor exactitud.

#### **6.1.3.2. Estudios Del Area a Servir**

Son los estudios que proveen la información topográfica necesaria para el diseño de las obras de captación, potabilización, almacenamiento, transporte y distribución de agua potable. Comprenden las áreas urbanas que serán abastecidas y las alternativas de emplazamiento de las fuentes, plantas y redes.

Es necesario recopilar la información disponible, tanto topográfica como catastral y de infraestructura existente, para planificar los levantamientos que deberán realizarse para alcanzar los objetivos perseguidos.

La documentación a elaborar estará compuesta principalmente por planialtimetrías obtenidas por relevamiento realizado con este fin específico. La información catastral y de servicios existentes debe ser volcada en los planos para lo que debe preverse el levantamiento de elementos que permitan su relacionamiento planimétrico y altimétrico cuando corresponda.

En el caso de existir levantamientos planialtimétricos suficientemente actuales y en escala adecuada, podrán ser utilizados pero deberán ser verificados, actualizados y complementados con el levantamiento de algunos puntos que sirvan para estos controles y que sean de interés especial para esa obra en particular.

Es conveniente que todos los levantamientos sean referidos a un sistema geodésico único. Si bien este requerimiento no era imprescindible en los planteos clásicos, la creciente adopción de sistemas georreferenciados (GIS, LIS, etc.) está imponiendo esa modalidad, a tal punto que fue objeto de una resolución del VIII Congreso Nacional de Cartografía (Santa Fe, junio de 1991).

### **6.1.3.3. Estudios de Detalle**

Están orientados a servir al proyecto de detalle de las obras estructurales tales como obras de toma, de bombeo, plantas potabilizadoras, tanques o piletas de almacenamiento, etc.

Deberán efectuarse por levantamiento topográfico y contendrán la información del terreno y de la infraestructura de servicios existente.

De existir obras subterráneas que condicionen el diseño o entorpezcan su construcción deberán ser accedidas descubriendo tapas de registro o realizando pozos de inspección, para determinar con precisión sus dimensiones y posición planialtimétrica.

Al realizar el levantamiento se deberán colocar puntos de referencia planimétricos y altimétricos relacionados al sistema de este los que serán utilizados para el replanteo y control de la obra.

### **6.1.3.4. Trabajos de Mensura y Afectaciones**

Los bienes inmuebles privados que queden comprometidos por el proyecto de las obras deberán ser expropiados o indemnizados. La afectación puede resultar total o parcial, ya sea en su área o en su derecho dominial, limitando su uso.

Para esto se deberán realizar planos de Mensura para expropiación o establecimiento de servidumbre de los sectores afectados, que servirán para la transmisión del derecho real correspondiente.

Asimismo se debe proveer de la información necesaria para valorar el bien o la afectación al mismo, por lo que debe efectuarse el relevamiento de las mejoras afectadas. Esto se realiza por medio de planillas en las que se describen los diferentes tipos de accesiones describiendo materiales, medidas de estos y estados de conservación; en el caso de construcciones se deberá adjuntar un croquis de las mismas identificando los diferentes tipos de materiales y antigüedad, además de las medidas que permitan calcular superficies cubiertas y semicubiertas.

## **6.2. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, MECÁNICA DE LOS SUELOS Y FUNDACIONES**

### **6.2.1. Introducción**

Al encarar un diseño de ingeniería, una de las primeras dificultades con la que se tropieza, es la de definir los alcances de los denominados "Estudios Básicos".

Por las características particulares que presenta la Mecánica de Suelos, la definición del tipo y cantidad de las Investigaciones Geotécnicas, plantea, por lo general, una dificultad especial.

Esta circunstancia, unida a que, generalmente, los profesionales encargados de redactar las Especificaciones Técnicas que integran los pliegos de licitación no son especialistas en la materia, ha dado origen a que, en muchas ocasiones, las mismas resulten inadecuadas para los problemas técnicos a resolver.

Las consecuencias de lo expresado anteriormente son ampliamente conocidas: el proyectista se encuentra con que los parámetros que requiere para su trabajo son inadecuados o bien insuficientes y en consecuencia, debe solicitar la ejecución de estudios adicionales, con la implicancia económica y demoras en el proyecto que esto implica; o lo que resulta más grave, debe adoptar parámetros ponderados y necesariamente conservativos, que implican un encarecimiento de la obra; o estimar valores tentativos que, por lo común, dan origen a reclamos de adicionales por parte de las empresas contratistas.

Teniendo en cuenta el marco de referencia de las presentes Fundamentaciones y poniendo especial énfasis en la consideración de la problemática socio-económica de las localidades a servir y en la necesidad de adiestrar al personal que asuma la responsabilidad de la instrumentación del programa, se detallan a continuación, los criterios a seguir para lograr una adecuada planificación de los Estudios Geotécnicos.

### **6.2.2. Fundamentos**

La mecánica de suelos, como rama de la ingeniería civil, se fundamenta en criterios científicos y se apoya en modelos matemáticos comunes a otras disciplinas de la ingeniería.

No obstante, dado que su objeto de estudio son los diferentes materiales que componen la superficie de la corteza terrestre, desde el punto de vista de su comportamiento mecánico ante las acciones exteriores originadas por los distintos tipos de estructuras a implantar y teniendo en cuenta, que cada estructura puede transmitir al subsuelo solicitaciones diversas, la gran cantidad de combinaciones posibles de los factores antes mencionados hace que no puedan formularse postulados de validez universal que sean susceptibles de una normatización estricta.

La mecánica de los suelos es una ciencia eminentemente cualitativa, que muestra los fenómenos estudiados para cuerpos ideales y los aplica al suelo real con una serie de limitaciones, que si son bien evaluadas permiten una apreciación cuantitativa de los mismos suficientemente aproximada, tanto más acertada, cuanto mejor se tengan en cuenta las condiciones del suelo y más se aproximen al estado de tensiones a que se le va a someter, los ensayos que se pueden materializar en el laboratorio.

La limitación más importante es la toma de muestras, ya que la misma puede presentar alteraciones o no representar un conjunto homogéneo.

En definitiva, el conocimiento de la Mecánica de Suelos permite elegir el tipo de fundación adecuada, técnica y económicamente, prever el comportamiento del conjunto obra – suelo, establecer métodos de mejoramiento de suelos para distintas aplicaciones o

evitar inconvenientes por la falta de estabilidad o permanencia en su comportamiento como así también determinar el equipo necesario para realizar las excavaciones.

Es imprescindible tener en cuenta la interacción entre suelo – fundación – estructura ya que toda deformación del suelo es seguida de inmediato por la fundación que apoya sobre el mismo, y transmitida por ésta a la superestructura y viceversa. Esto sucede en cualquier tipo de obra. El terreno soporte, la fundación y la estructura forman una sola unidad pero con características de materiales distintos y con diferente rigidez, de modo que los asentamientos de las distintas partes de la estructura no siguen exactamente a las del suelo, lo que origina una redistribución de las cargas, sobrecargando aquellos elementos que se han asentado menos.

Esto obliga al calculista a prever todas las posibilidades, no sólo por la variación de las condiciones y asentamientos en el transcurso del tiempo, sino por los distintos factores que condicionan el comportamiento del suelo y la estructura.

En los suelos es importante la determinación de la máxima capacidad soporte y las deformaciones de los mismos, tanto para la determinación de la resistencia al corte del terreno como para estimar los posibles asentamientos.

El caso de presión sobre entibados u otras obras de contención suelen afectar los problemas de ruptura y deformación.

Los problemas de deformación pueden tener una gran importancia práctica, pues hay deformaciones del suelo que siendo de gran plasticidad no manifiestan roturas, las cuales en algunos casos no pueden ser seguidas por las estructuras rígidas y por lo tanto se puede producir agrietamiento o destrucción de las mismas.

Efectivamente, si bien pueden realizarse clasificaciones y tipificaciones de suelos en función de su génesis, características geomecánicas, circunstancias geomorfológicas, etc., para cada tipo de suelo, en función del tipo de solicitaciones de la estructura y según se considere material de fundación o como elemento constitutivo de la misma, pueden plantearse diferentes métodos de investigación, cuya implementación depende, a su vez, de diversos factores tanto de índole técnica como económica y eventualmente, logística.

Las circunstancias antedichas hacen que, si bien cada uno de los métodos de investigación tanto de campo como de laboratorio se encuentran normatizados o son susceptibles de serlo, su implementación y aplicación a cada caso en particular requiera de la participación de un especialista, interactuando con técnicos de otras disciplinas que concurren a un proyecto determinado.

En otro orden de cosas, cabe señalar que tanto para la realización de las investigaciones de campo, como para la ejecución de los ensayos de laboratorio, esenciales para esta disciplina, se requiere de personal calificado y de equipos, cuyo alto valor hace que solamente una empresa dedicada de lleno a esta especialidad pueda encarar estas tareas a costos compatibles con los de los proyectos.

El objetivo del presente texto es el de suministrar elementos de juicio para la elaboración de programas de trabajos y metodologías de investigación para cada tipo de material que pueda presentarse (suelos finos, materiales granulares gruesos, rocas), acorde con las características de los diferentes proyectos a elaborar, planteando las distintas alternativas posibles.



Asimismo, se indican las circunstancias ante las cuales las características particulares de algunos materiales pueden requerir una investigación de detalle, cuya necesidad de implementación es adecuadamente acotada (suelos expansivos, colapsables, susceptibles de licuefacción, etc.).

Para cada una de las determinaciones cuya implementación sea indicada, se detallan las normas existentes cuyo seguimiento se aconseja.

### **6.2.3. Clasificación de los Suelos**

Se cree conveniente introducir la clasificación de suelos más utilizada en la ingeniería sanitaria con el fin de facilitar la interpretación de los ensayos.

Toda clasificación debe ser práctica y sencilla, usar una terminología generalizada, recurrir a ensayos de fácil ejecución y sobre todo debe fijar los límites entre una y otra categoría basada en condiciones que fijen cambios importantes en las propiedades y comportamiento del suelo.

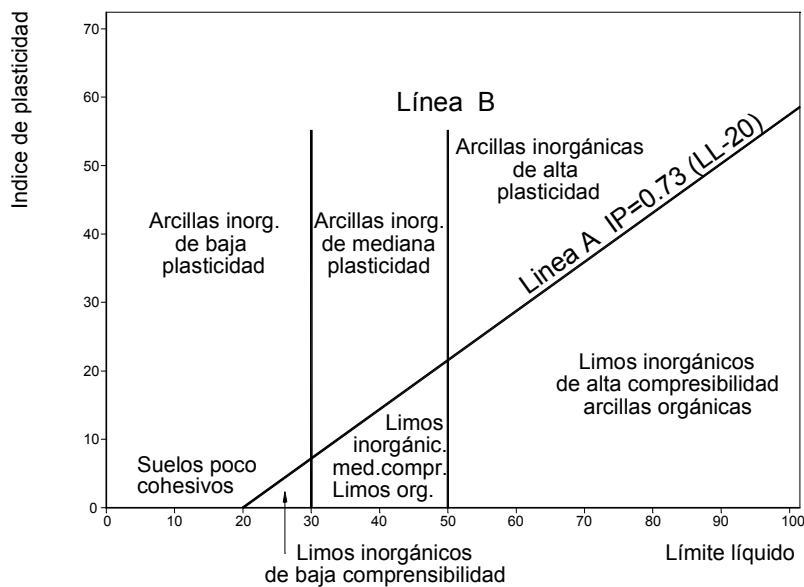
#### **6.2.3.1. Clasificación de los Suelos de Acuerdo con su Plasticidad**

Según A. Casagrande y conforme a su comportamiento, los suelos cohesivos se pueden clasificar, de acuerdo con su plasticidad, en ocho grupos:

- 1). Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
- 2). Arcillas inorgánicas de mediana plasticidad
- 3). Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- 4). Limos inorgánicos de alta compresibilidad
- 5). Limos inorgánicos de media compresibilidad
- 6). Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- 7). Arcillas orgánicas
- 8). Limos orgánicos

Una persona experimentada puede distinguir visualmente un suelo de otro. Pero el método corrientemente utilizado para diferenciar los distintos tipos de suelos es la realización de ensayos que permitan ubicar los mismos en alguna zona de la carta de plasticidad (ver **Figura 49**), en la cual las abscisas representan el límite líquido (L.L.) y las ordenadas el índice plasticidad (I.P.). La **Figura 49** está dividida en seis zonas por una línea que responde a la ecuación:  $I.P. = 0,73 (L.L. - 20)$  y otras dos verticales que corresponden a los valores de L.L. 30 y 50.

El grupo al cual pertenece un suelo dado viene determinado por el nombre de la zona de la carta de plasticidad que contiene el punto que representa los valores de L.L. e I.P. para dicho suelo.



**Figura 49.** Carta de plasticidad (Según A. Casagrande)

Todos los puntos que representan las arcillas inorgánicas están situados por encima de la línea A, mientras que todos los puntos que representan los limos inorgánicos están situados por debajo, de modo que si se sabe que un suelo es inorgánico puede ser clasificado con el simple conocimiento de los valores de L.L. e I.P.

Sin embargo los puntos que representan las arcillas orgánicas están normalmente situados en la misma zona que les corresponde a los limos inorgánicos de alta compresibilidad y los puntos que representan los limos orgánicos en la zona de los limos inorgánicos de media compresibilidad. Este inconveniente es fácilmente evaluable ya que los suelos orgánicos se distinguen por su olor característico y por ser además de colores oscuros. En casos de duda se debe determinar el L.L. del material fresco y también después de secado a estufa. Si el secado a estufa disminuye el valor del L.L. en un 30% o más el suelo es orgánico.

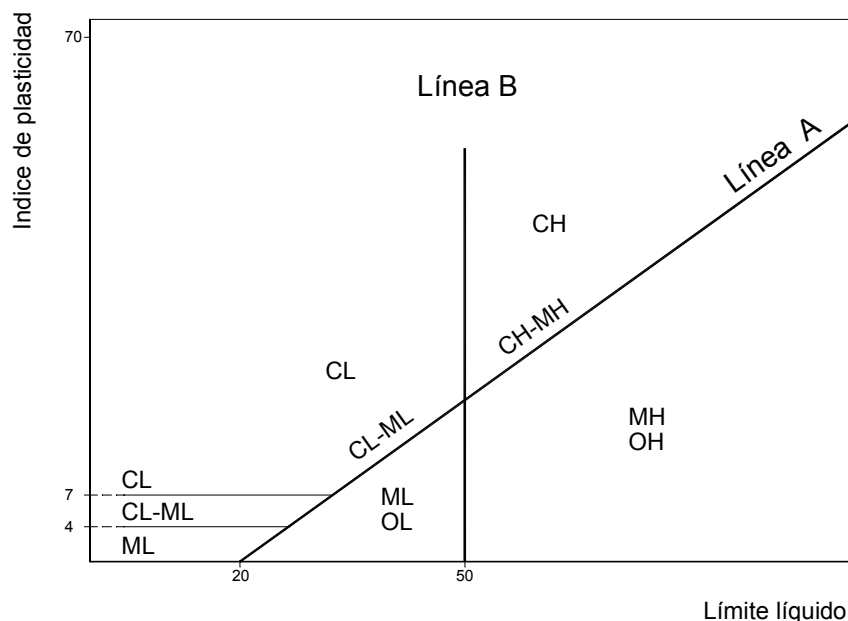
Además si un suelo inorgánico y otro orgánico están representados en un mismo punto del gráfico, la resistencia del material seco es muy superior en el caso del suelo orgánico con respecto al inorgánico.

La experiencia indica además que a medida que aumenta el L.L. de las muestras aumenta también su plasticidad y compresibilidad.

Las muestras para efectuar los límites de Atterberg no necesitan ser inalteradas, pero a pesar de ello, las mismas pueden ofrecer datos muy importantes en la determinación del comportamiento del suelo.

Del uso y análisis de la **Figura 49** de Casagrande, llamado comúnmente Carta de Plasticidad, ha surgido su modificación. (Ver **Figura 50**). Se ha reducido de seis a cuatro

la cantidad de sectores en que se divide el gráfico, manteniendo las líneas A y B, utilizando para todos los casos el concepto de compresibilidad en lugar del de plasticidad.



**Figura 50.** Carta de plasticidad modificada

En las zonas que quedan por encima de la línea A se ubican los suelos arcillosos, que se simbolizan con la letra C (del inglés Clay). La zona por debajo de esta línea representa los suelos inorgánicos que se consideran limos, simbolizados con la letra M (del sueco Mo ó Mjala, utilizado para designar suelos finos poco o nada plásticos).

También bajo la línea A se encuentran los suelos con contenido de materia orgánica, para los que se usa el símbolo O.

La línea B separa los suelos de alta compresibilidad, de los de media o baja. Para los primeros se añade al símbolo genérico la letra H (del inglés High compressibility) y en los segundos la L (Low compressibility). Quedan así ubicados los seis grupos CL, CH, ML, MH, OL, y OH.

Como en suelos poco plásticos, con L.L. inferiores a 20, se puede tener valores bajos de I.P., se ha completado el gráfico con los trazos horizontales que corresponden a I.P. = 4 y 7.

Los suelos arcillosos (CL) se encuentran por encima de la línea de I.P. = 7 y los limosos (ML) por debajo de la de 4.

En los casos en que el valor de I.P. está comprendido entre 4 y 7 los suelos tienen propiedades intermedias entre limos y arcillas y se los designa con la simbología dual CL – ML. Del mismo modo se usa el símbolo doble para designar los suelos cuya representación dé puntos sobre la línea A.

### 6.2.3.2. Clasificación Unificada

Este sistema consiste en utilizar conjuntamente los conceptos de granulometría y de plasticidad para ubicar un suelo dentro de determinada categoría. La misma no tiene en cuenta la estructura, compacidad, cimentación, etc. del suelo, solamente hace referencia a las partículas del suelo.

Los criterios utilizados son:

- La curva granulométrica (tamices A.S.T.M.)
- Los límites de Atterberg
- El contenido de materia orgánica
- Suelos de grano gruesos
  - Gravas
  - Arenas
- Suelos de grano fino
  - Limos
  - Arcillas
- Suelos orgánicos

El sistema unificado de clasificación de suelos considera tres grandes grupos de suelos:

- 1). *Suelos gruesos*
- 2). *Suelos finos*
- 3). *Suelos altamente orgánicos o fibrosos*

Excluyendo los suelos altamente orgánicos, que no tienen aplicación en ingeniería, se puede apreciar que un suelo es clasificado como grueso cuando más de la mitad de sus partículas quedan retenidas en el Tamiz 200 (T200, tamaño de partícula igual a 0,074 mm). Para considerarlo como fino, más de la mitad (en peso) debe pasar por otro tamaño de malla. Por lo tanto el T200 aparece como el límite práctico entre las arenas y los limos.

#### 1). *Suelos Gruesos*

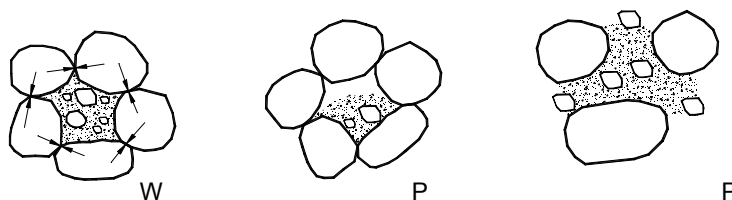
Comprende las gravas G (del inglés Gravel) y las arenas o suelos arenosos con símbolo genérico S (del inglés Sand).

Las gravas y arenas se separan con el tamiz N° 4 (T4, tamaño de partícula igual a 4,76 mm). Un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa, (retenida en T200), no pasa el T4 y es del grupo S si más de la mitad pasa por esa malla.

Tanto las arenas como las gravas se clasifican como limpias de finos, si la fracción que pasa por T200 es menor del 5%. En cambio se consideran “con finos” si la parte de material que atraviesa al T200 supera el 12%. Por lo tanto es necesario que haya menos de un 5% de material fino, para considerar que su presencia no induzca al suelo, propiedades cohesivas, comportándose como estrictamente granular.

Por otra parte, con un 12% de fino, el material restante queda influenciado suficientemente para que su comportamiento manifieste el efecto de la fracción fina.

La fracción limpia se analiza respecto a su posible comportamiento teniendo en cuenta su distribución granulométrica, y se lo llama bien graduado W (well) cuando cumple las condiciones de tener sus coeficientes de uniformidad (Cu), y curvatura (Cc) dentro de ciertos límites. Si no cumple con ellos es porque faltan tamaños o están mal distribuidos y se lo designa como pobremente graduados P (Poorly graded).



Se puede apreciar en los croquis que anteceden que un material granular bien graduado forma una estructura o esqueleto con sus granos más gruesos, y los otros tamaños son adecuados en cantidad y distribución para llenar los poros que forman las partículas mayores, asegurando la permanencia de ese comportamiento. Es decir forman suelos de resistencia estable.

En cambio los suelos pobremente graduados o dejan los poros parcialmente vacíos, permitiendo una mayor deformabilidad, o no forman un esqueleto básico capaz de transmitir esfuerzos.

En los suelos con finos, se verifica el comportamiento de la fracción fina. Si los valores de plasticidad determinan puntos por encima de la línea A, con I.P. superiores a 7, la parte ligante es arcillosa C (esto involucra condiciones plásticas, o bastante cohesiva, para la parte de suelo fino). Si los valores resultan representados por debajo de la línea A, e inferiores a I.P. = 4, la parte fina resulta limosa (M).

Este contenido de finos afecta las características de resistencia del suelo, así como la relación esfuerzo – deformación y la capacidad de drenaje de la fracción gruesa, con mayor o menor intensidad según la proporción de la fracción fina y el tipo, arcilloso o limoso.

Cuando el suelo tiene un contenido de finos comprendido entre 5% y 12%, el Sistema Unificado los considera como casos de frontera adjudicándose un símbolo doble. Por ejemplo, un símbolo GP – GC indica una grava graduada con un contenido de 5% y 12% de finos plásticos (arcillosos).

Cuando un material no cae claramente dentro de un grupo, deberá usarse también símbolos dobles correspondientes a casos límite o de frontera.

Por ejemplo el símbolo GW – SW se usa en un material bien graduado con menos del 5 % de finos, donde la fracción gruesa está formada por iguales proporciones de grava y arena.

## **2). Suelos Finos**

Se clasifican según la carta de plasticidad en arcillas, limos o suelos orgánicos, de baja compresibilidad (L) cuando el L.L. < 50 y de alta compresibilidad (H) cuando es superior al mismo.

Los términos L y H no se refieren a plasticidad sino a compresibilidad. La primera propiedad se expresa en función de los parámetros L.L. e I.P., mientras que la compresibilidad es una función directa del L.L., de modo que un suelo es compresible a mayor L.L..

Similarmente a los suelos gruesos, cuando un material fino no cae claramente en uno de los grupos, se usará el símbolo doble de los casos de frontera. Por ejemplo MH – CH representaría un suelo fino con L.L. > 50%, e I.P. tal que el material quede situado prácticamente sobre la línea A.

En los suelos gruesos, en general, deben proporcionarse los siguientes datos:

- nombre típico,
- porcentajes aproximados de grava y arena;
- tamaño máximo de las partículas,
- angulosidad,
- dureza,
- características de su superficie;
- nombre local geológico,
- cualquier otra información pertinente, de acuerdo con la aplicación ingenieril que se va a hacer del material.

En suelos gruesos en estado inalterado, se añadirán datos sobre:

- estratificación,
- compacidad,
- cementación,
- condiciones de humedad
- características de drenaje.

En los suelos finos se proporcionarán en general, los siguientes datos:

- nombre típico, grado
- carácter de su plasticidad;
- cantidad y tamaño máximo de las partículas gruesas;
- color del suelo húmedo,
- olor;
- nombre local geológico;
- y cualquier otra información descriptiva pertinente.

Respecto del suelo en estado inalterado, deberá agregarse información relativa a:

- estructura,
- estratificación,
- consistencia en los estados inalterado y remoldeado,
- condiciones de humedad
- características de drenaje.

### ***Identificación del campo de los suelos finos***

En la **Tabla 60** representativa de la Clasificación Unificada se ha incluido una serie de experiencias de campo, donde, sin efectuar ensayos de laboratorio, se puede establecer, con mucha aproximación, la clasificación del material. Estos ensayos son los de dilatancia, tenacidad, y resistencia en seco.

#### ***Dilatancia***

Esta prueba, denominada también reacción al sacudimiento, se realiza mojando una pequeña muestra de suelo que pasa tamiz 40, y formando con ella una pastilla del tamaño de una nuez, que se sacude vigorosamente en la palma de la mano con movimientos horizontales, y golpeando una mano con la otra. Después de sacudirla varias veces se inspecciona la superficie de la pastilla. Si se forma una superficie suave, pulida y de aspecto lustroso, se trata de un limo. Si no aparece la película superficial, se trata de arcilla, debido a la propiedad de las arcillas de retener el agua superficial.

Una vez inspeccionada la superficie, la pastilla se estruja entre los dedos hasta que se endurece y se rompe bajo la presión, o se deforma en un escurrimiento plástico. Pueden suceder los siguientes casos:

#### ***Reacción rápida***

Indica falta de plasticidad, y es propia de los limos inorgánicos, polvo de roca o arena muy fina. Las arenas finas tienen una reacción muy rápida.

#### ***Reacción lenta***

Indica un limo ligeramente plástico o arcilla limosa con permeabilidad relativamente baja.

### *Falta de reacción*

Indica una arcilla o un material orgánico de considerable plasticidad y muy baja permeabilidad. La presión produce un escurrimiento plástico y no hay endurecimiento de la pastilla.

### *Tenacidad*

Con unos 15 gramos se amasa una masa de consistencia suave que se gira hasta obtener un bastoncito (o rolito) de unos 3 mm de diámetro. Se observa como aumenta la rigidez del rolito a medida que el suelo se acerca al LP. Sobrepasado el LP, los fragmentos en que se parte el rolito se juntan de nuevo, se amasan ligeramente entre los dedos, y se repite el proceso de rolado. Si se puede volver a formar los rollos de 3 mm, sin dificultad, y en repetidas ocasiones, quiere decir que el suelo es muy tenaz, es decir, se tiene la propiedad de retener el agua durante el manipuleo, señal de una buena cohesión. Si se desmorona fácilmente significa que no es capaz de retener la humedad, o sea tienen una menor plasticidad.

Cuanto más alta sea la posición del suelo respecto a la línea A, (CL y CH), es más rígido y tenaz el rolito cerca del L.P. y más rígida se nota la muestra al romperse entre los dedos, abajo del L.L. En suelos ligeramente sobre la línea A, tales como arcillas glaciales (CL y CH), los rolitos son de mediana tenacidad cerca de su L.P., y la muestra comienza a desmoronarse en el amasado, al bajar el contenido de agua. Los suelos que caen bajo de la línea A (ML, MH, OL y OH) producen rolitos poco tenaces cerca del L.L., casi sin excepción. En el caso de suelos orgánicos y micáceos que caen muy por debajo de la línea A, los rolitos se muestran débiles y esponjosos.

### *Resistencia en estado seco*

Después de separar por tamizado las partículas retenidas en el T40, se modela una pastilla de suelo hasta consistencia pastosa, añadiendo agua si es necesario. Luego de secar las pastillas completamente en estufa, plancha caliente, al sol, o secado al aire, se prueba la resistencia mediante su aplastamiento entre los dedos. Esta resistencia es una medida del carácter y del porcentaje de la fracción coloidal contenida en el suelo. La resistencia en ese estado seco crece cuando aumenta la plasticidad.

Gran resistencia en estado seco es característica de las arcillas del grupo CH, mientras que un limo inorgánico tipo, posee una ligera resistencia en este estado.

Arenas muy finas limosas y limos tienen más o menos la misma ligera resistencia, pero pueden distinguirse por el tacto, cuando se pulveriza la muestra seca. Las arenas finas se sienten ásperas, mientras que un limo típico tiene el suave tacto de la harina.

### *Color*

Suele ser un dato útil en las exploraciones de campo. Por ejemplo el color negro y otros tonos oscuros suelen ser indicativos de la presencia de materia orgánica. Los colores claros y brillantes son propios más bien de suelos inorgánicos.



### *Olor*

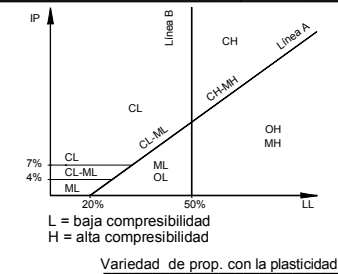
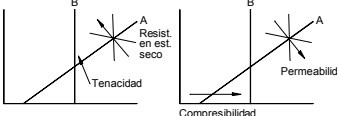
Los suelos orgánicos CH y OL tienen por lo general un olor distintivo, que puede usarse para identificación. El olor es particularmente intenso si el suelo está húmedo y disminuye con la exposición al aire, aumentando por el contrario con el recalentamiento de la muestra húmeda.

En resumen, identificar un suelo, es encasillarlo dentro del sistema de clasificación. En el Sistema Unificado, el símbolo que representa el encuadramiento dentro de determinadas características, está definiendo con bastante claridad, el posible comportamiento del material, ya que da una idea de las propiedades mecánicas o hidráulicas, atribuyéndole las del grupo en el que se sitúa la muestra. Naturalmente, la experiencia tiene un papel muy importante en la utilidad que pueda sacarse de esta clasificación.

En la **Tabla 60** se encuentra la clasificación unificada de suelos.

La referencia de la simbología utilizada en la misma se detalla a continuación

<i>G</i>	=	Grava
<i>S</i>	=	Arena
<i>M</i>	=	Limo
<i>C</i>	=	Arcilla
<i>O</i>	=	Suelo orgánico
<i>W</i>	=	Bien gravado
<i>P</i>	=	Mal gravado
<i>L</i>	=	Baja compresibilidad
<i>H</i>	=	Alta compresibilidad

Sistema unificado de clasificaciones de suelos.											
Suelos gruesos Ret. T <sub>200</sub> > 50 %	Gravas Ret. T <sub>4</sub> > 50 %	Gravas limpias (con poco o nada de finos) Pasa T <sub>200</sub> < 5%	GW	Bien graduada con todos los tamaños incluidos.			Coef. de uniformidad $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$		Coef. de curvatura $1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} < 3$	Paso T <sub>200</sub> entre 5% y 12% Clasif. dual GW - GM GW - GC GP - GM GP - GC	Para T <sub>200</sub> < 5% Cantidad de G y S aprox. iguales
		Gravas con finos Pasa T <sub>200</sub> < 12%	GP	Mal graduada o bien faltan tamaños.			No cumple con C <sub>u</sub> y C <sub>c</sub>				
			GM	Gravas limosas (Mezcla de G,S y M) Fracción fina poco o nada plástica.			IP debajo de línea A o bien IP < 4		4 < IP < 7 doble símbolo GM - GC		
			GC	Gravas arcillosas (Mezcla de G,S y G fracción fina plástica.			IP arriba de línea A o bien IP < 7				
	Arenas Pasa T <sub>4</sub> > 50 %	Arenas limpias (con poco o nada de finos) Pasa T <sub>200</sub> < 5%	SW	Bien graduada con todos los tamaños en cantidad apreciable.			C <sub>u</sub> > 6		1 < C <sub>c</sub> < 3	Paso T <sub>200</sub> entre 5% y 12% Clasif. dual SW - SM SW - SC SP - SM SP - SC	GW - SW GW - SP GP - SW GP - SP
			SP	Mal graduada o bien faltan tamaños			No cumple con C <sub>u</sub> y C <sub>c</sub>				
		Gravas con finos Pasa T <sub>200</sub> < 12%	SM	Arena limosa (Mezcla S y M)			Fracción fina IP bajo de línea A, o IP < 4		Arriba de la línea A y con 4 < IP < 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.		
			SC	Arena arcillosa (Mezcla S y C)			Fracción fina IP sobre de línea A, o IP < 7				
	Suelos finos Ret. T <sub>200</sub> < 50 %	Suelos baja compresibilidad LL < 50%			Resist.en seco	Dilatancia	Tenacidad				
			ML	Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula					
CL			Medida a alta	Nula a muy lenta	Media						
OL			Ligera a media	Lenta	Ligera						
Suelos alta compresibilidad LL < 50%		MH	Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media						
		CH	Alta a muy alta	Nula	Alta						
		OH	Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media						
Suelos altamente orgánicos (Turbas y otros suelos muy orgánicos.)		Pt	Identificables por color, olor, sensación esponjosa y frecuent.textura fibrosa.				No tienen casi aplicación en Ingeniería Civil				

Nota: Las partículas de 0.074 mm de diámetro (malla Ø200, T<sub>200</sub>) son aproximadamente visibles a simple vista.

**Tabla 60.** Sistema unificado de clasificación de suelos

#### **6.2.4. Etapas de la Investigación**

La optimización de un programa de investigaciones geotécnicas implica, necesariamente, la implementación de las siguientes etapas:

- Reconocimiento del sitio – Recopilación de antecedentes
- Exploración de suelos
- Programa de sondeo
- Ejecución de sondeos

##### **6.2.4.1. Reconocimiento del Sitio - Recopilación de Antecedentes**

Para elaborar un programa racional de investigaciones resulta fundamental conocer las características geológicas del área.

La bibliografía geológica regional puede proporcionar un primer panorama con respecto al tipo de materiales predominantes, pero las características puntuales de los distintos proyectos a encarar hacen necesario el reconocimiento expeditivo de los diferentes lugares donde se emplazarán las obras. Esta tarea deberá estar a cargo de un profesional (geólogo o ingeniero especialista en geotecnia), quien deberá elaborar un informe conteniendo recomendaciones con respecto al tipo de investigación más adecuado y puntualizando las singularidades que puedan requerir un estudio preferencial.

La tarea de reconocimiento en el sitio debe ser complementada, con la recolección de datos geotécnicos que ayuden a la elaboración del programa de investigaciones de campo a implementar. Estos datos, podrán obtenerse en municipios, delegaciones de Entes Oficiales o empresas constructoras locales.

Se deberá obtener información acerca de:

- Posición del nivel freático
- Existencia de formaciones geológicas o geomorfológicas singulares (presencia de "mallines", posibilidad de existencia de suelos expansivos o colapsables, etc.).
- Existencia de canteras comerciales de suelos seleccionados o áridos para la elaboración de hormigones.
- Existencia de empresas proveedoras de hormigones elaborados.

La correcta implementación de esta etapa elimina la posibilidad de investigaciones no previstas, al mismo tiempo posibilita el avance en la elaboración de los esquemas preliminares del proyecto sobre bases firmes.

##### **6.2.4.2. Exploración de Suelos**

Al estudiar el proyecto de la fundación es indispensable un cierto conocimiento del suelo sobre el cual se va a apoyar la misma. Se debe distinguir entre los estudios de suelos para obras pequeñas y para obras más importantes.

Conociendo el tipo de suelo y las características generales cualitativas del material hasta una determinada profundidad, con un coeficiente de seguridad más o menos alto se pueden adoptar, valores conservativos de tensiones para el cálculo de la cimentación.

Resulta más económico en obras pequeñas usar estos valores conservativos generales que realizar un estudio más exhaustivo.

En estos casos el estudio se debe limitar al conocimiento de los estratos atravesados mediante análisis granulométricos que permitan clasificarlo y a determinaciones de límites de consistencia o plasticidad, humedades naturales y a veces ensayos de penetración.

No siempre será necesario buscar las constantes físicas del material ni tampoco los valores de consolidación.

Por el contrario, cuando se trate de obras de gran envergadura, la economía que puede resultar en la fundación de la misma puede ser muy superior a cualquier costo de exploración y ensayos. Aquí puede ser conveniente la extracción de muestras sin perturbar, la ejecución de ensayos de laboratorio minuciosos, que permitan un estudio profundo de todas las variables para fijar tensiones adecuadas de trabajo y terreno como así también prever la posibilidad de asentamientos de la construcción.

#### **6.2.4.3. Programa de Sondeos**

Los sondeos consideran tanto la excavaciones de pozos a cielo abierto, (cuando el suelo lo permite), como las perforaciones mediante equipos especiales, ya sean manuales o mecánicos. El objetivo fundamental es conocer la estratigrafía del terreno.

En un terreno cualquiera es indispensable fijar la relación de los lados. Cuanto más extendida sea la planta en una dirección con respecto a la otra, habrá mayor necesidad de sondeos para obtener un perfil representativo. Cuanto más cuadrada sea la planta mayor la posibilidad de reducir al mínimo el número de sondeos.

El número de sondeos aconsejables es de dos, cualquiera sean la forma y dimensiones del terreno a edificar. Se debe comenzar por efectuar los sondeos en los extremos de la obra, y según las condiciones de igualdad o diferencia de un sondeo con respecto al otro surgirá la necesidad de colocar puntos intermedios o no.

Es más aconsejable realizar tres perfiles, ya que mediante tres puntos se puede determinar un plano.

A título informativo se transcriben a continuación las normas recomendadas en Brasil, sobre la cantidad de sondeos por metro cuadrado de superficie.

- Superficies hasta 200 m<sup>2</sup>, cantidad mínima 2 sondeos.
- Superficies hasta 400 m<sup>2</sup>, cantidad aconsejable 3 sondeos.
- Superficies entre 400 m<sup>2</sup> y 3.000 m<sup>2</sup>, aumentar un sondeo cada 400 m<sup>2</sup>.
- Superficies entre 3.000 m<sup>2</sup> y 10.000 m<sup>2</sup>, aumentar un sondeo cada 1.000 m<sup>2</sup>.

Se recomienda que cuando el suelo sea más o menos uniforme, la separación entre sondeos no supere los 30 metros, reduciendo esta a 10 m para el caso de terrenos variables.

Respecto a la profundidad, es necesario tener presentes las nociones de distribución de presiones verticales y el concepto del bulbo de presiones.

La Norma Brasileña establece como profundidad deseable:

$$p = C.a$$

siendo

$p$  = profundidad de sondeo

$C$  = coeficiente

$a$  = menor dimensión de la estructura

$$C = 1,5 \text{ para } a < 15 \text{ m}$$

$$C = 1,0 \text{ para } a > 25 \text{ m}$$

Y para valores intermedios:

$$C = 1,5 - 0,05 (a - 15)$$

En realidad lo que determina la profundidad de los sondeos son las características geológicas de la zona. Según los antecedentes de uniformidad o variabilidad en la estratigrafía del terreno se puede predecir con cierta seguridad la longitud adecuada de los mismos.

#### **6.2.4.4. Ejecución de los Sondeos**

Se pueden usar distintos procedimientos. Los más usuales son:

- Excavación directa de pozos o calicatas.
- Perforación de sondeos de pequeño diámetro.

La excavación de pozos permite la observación visual directa del material, y la obtención de muestras inalteradas de gran tamaño. Cuando las profundidades son grandes, sobre todo en material desmoronable, es necesario efectuar entubaciones que suelen ser onerosas, por cuyo motivo en esos casos es preferible el empleo de perforaciones.

#### **6.2.4.5. Excavación de Pozos**

El terreno cohesivo no ofrece ninguna dificultad. El operario excava directamente con la pala de mango corto, y en suelo duro lo afloja con un pico pequeño. El material se extrae con un balde de lona, elevado mediante un dispositivo de torno o roldana.

Si se encuentra terreno sin cohesión puede resultar húmedo o seco. En el primer caso, se puede excavar sin dificultad, autosoportándose el suelo mientras se trate de profundidades pequeñas. Esto permite reforzarlo mediante una castigada con mortero cementicio que le da estabilidad por un período prudencial de tiempo.

Si el espesor del manto incoherente es grande, o está muy seco, será necesario efectuar entubaciones de protección.

#### **6.2.4.6. Perforaciones – Equipo Manual**

Se usan útiles similares a la conocida pala vizcachera o pala alambrador, constituida por dos semicilindros desplazados de modo que al girar los bordes cortantes hacen introducir el suelo dentro del útil.

El útil excavador suele tener de 40 a 60 cm de longitud, y los tramos de barra de prolongación entre 1,00 y 1,20 m.

En suelos cohesivos duros son recomendables útiles en forma de barrena o taladro helicoidal que cortan el suelo con facilidad, y recogen el material excavado entre las alas de la hélice.

En suelos rocosos se requiere el auxilio de útiles más pesados, como los trépanos, elementos macizos de acero terminados inferiormente en un bisel simple o en cruz.

En suelos arenosos existe la probabilidad de desmoronamientos. Si se trata de material húmedo puede resultar estable durante la perforación, pero el descenso y extracción repetida de los útiles, pronto le hace perder estabilidad, de manera que se requiere la protección de las paredes con caños de revestimiento, que se suelen designar como “caños camisa”.

#### **6.2.4.7. Sondeos con Inyección de Agua**

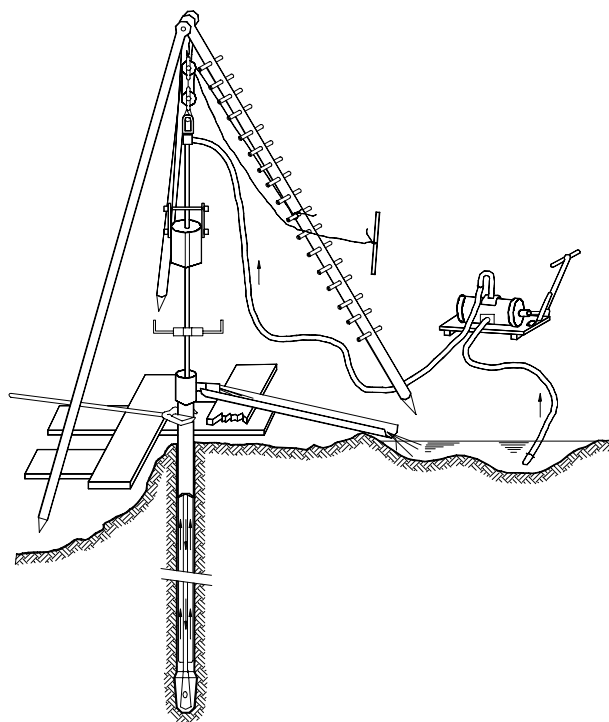
Para trabajar con mayor rapidez se suele recurrir a la extracción del suelo de la perforación por arrastre con agua a presión. En la **Figura 51** se puede apreciar el sistema en conjunto.

Se dispone de un circuito cerrado de agua, captada con una bomba manual o a motor de un depósito colocado a ras del suelo. Mediante manguera flexible se lleva el agua hasta el extremo superior de las barras de sondeo. El empalme de la manguera con el caño se hace por intermedio de una cabeza especial que puede girar libremente respecto al caño, para evitar que la rotación de éste durante la perforación enrede la manguera.

El agua, con la presión suministrada por la bomba penetra hasta el útil de perforación, este gira, desmenuzando el suelo, y el agua, sube por el espacio anular entre la barra y la perforación o caño camisa en su caso, arrastrando hasta arriba el material excavado.

En la parte superior, el agua con el suelo en suspensión son conducidos al depósito que cierra el circuito.

En ese punto se vierte a través de un tamiz donde queda retenido el suelo grueso. El limo es decantado en un sector de quietamiento, y la arcilla queda en suspensión y continúa en el proceso de inyección.



**Figura 51.** Sondeos con inyección de agua

Si bien es un proceso muy rápido, pierde claridad en la detección del cambio del material del suelo, pues los arrastres llegan a la superficie algo mezclados. A cada metro debe interrumpirse la perforación para proceder a los ensayos de resistencia y toma de muestras, por lo tanto la indeterminación no es excesiva, y el método es bastante usado.

#### **6.2.4.8. Sondeos con Equipos Mecánicos**

Los dos sistemas más utilizados son:

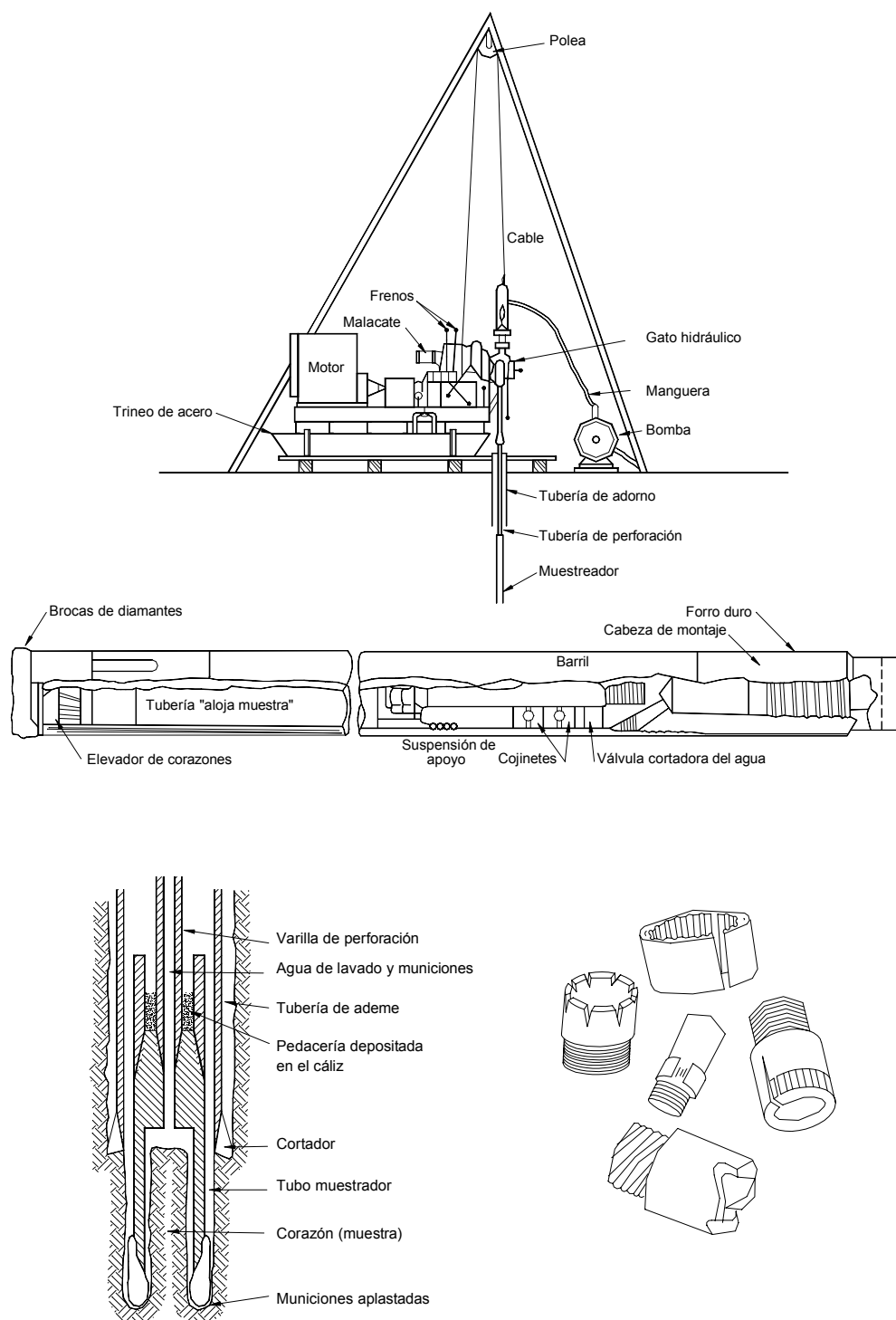
- A percusión.
- Por rotación.

El primer sistema consiste en un equipo que en forma alternativa levanta un útil y lo deja caer desde cierta altura, rompiendo el suelo por el efecto del impacto, y haciéndolo penetrar en tubos extractores del material.

El segundo, por el giro de las barras conectadas a un equipo motor a través de un reductor de velocidad desplaza útiles diversos, que van desde la barrera helicoidal hasta las brocas de perforación en roca.

Tanto en los sistemas a percusión como en los rotativos, se puede recurrir o no al empleo de la inyección de agua, como método auxiliar de extracción del terreno perforado.

Para perforar roca se emplean máquinas perforadoras a rotación, con brocas de diamante o tipo cáliz. (ver **Figura 52**).

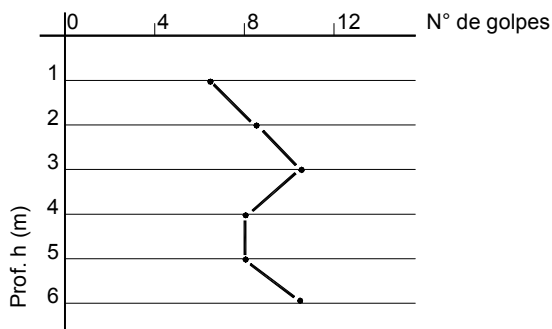


**Figura 52.** Sondeo con equipo mecánico



Este ensayo proporciona valores absolutos de resistencia del terreno en forma eficiente.

Al hacer ensayos a cada metro de profundidad, se obtienen una serie de valores que permiten visualizar la resistencia relativa de los distintos mantos atravesados, como lo demuestra el siguiente dibujo.



Del testigo sacado del extractor se hacen ensayos de granulometría, humedad y límites de consistencia.

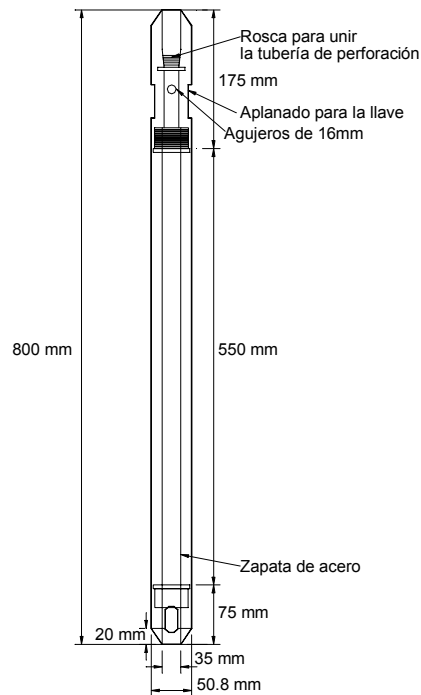
Por lo tanto se puede conocer la clase de terreno que corresponde al número de golpes necesario para la hincada a cada profundidad, y el estado de humedad en que se hallaba el suelo.

Como el objeto del sondeo es el conocimiento de las características del suelo en lo que se refiere a su composición, como a su capacidad resistente, durante la operación de perforación, cada metro, o cada vez que se observa un cambio importante en las características del terreno, se suspende el avance y se efectúa un ensayo de resistencia a la penetración, procediéndose a la extracción de muestras para efectuar las pruebas de identificación y comportamiento.

Terzaghi ideó un sacatestigos o penetrómetro (ver **Figura 53**) en forma tal, que al tiempo de extraer la muestra de suelo, obtenía una idea de su resistencia por el número de golpes necesario para hundirlo a una cierta profundidad.

El sacatestigos se prolonga con una serie de tramos de caño y finalmente arriba un tramo con cabeza para golpear. El extractor queda apoyado en el fondo de la perforación, y la cabeza de golpear en la superficie. Mediante un martillo de peso normalizado (63,5 Kg.) que se deja caer desde 75 centímetros de altura se tiene una acción dinámica que produce un trabajo constante, que es la unidad de medida para evaluar el trabajo necesario para hincar 30 cm. el penetrómetro.

Como al efectuarse la perforación se suele perturbar un poco el terreno, se introduce primero 15 cm. el penetrómetro, sin contar los golpes. Luego, ya en condiciones normales se cuenta el número de golpes para introducirlo los 30 cm. subsiguientes. Cuanto más resistente es el terreno, mayor será el número de golpes necesario para hincar el sacatestigos.



**Figura 53.** Penetrómetro estándar

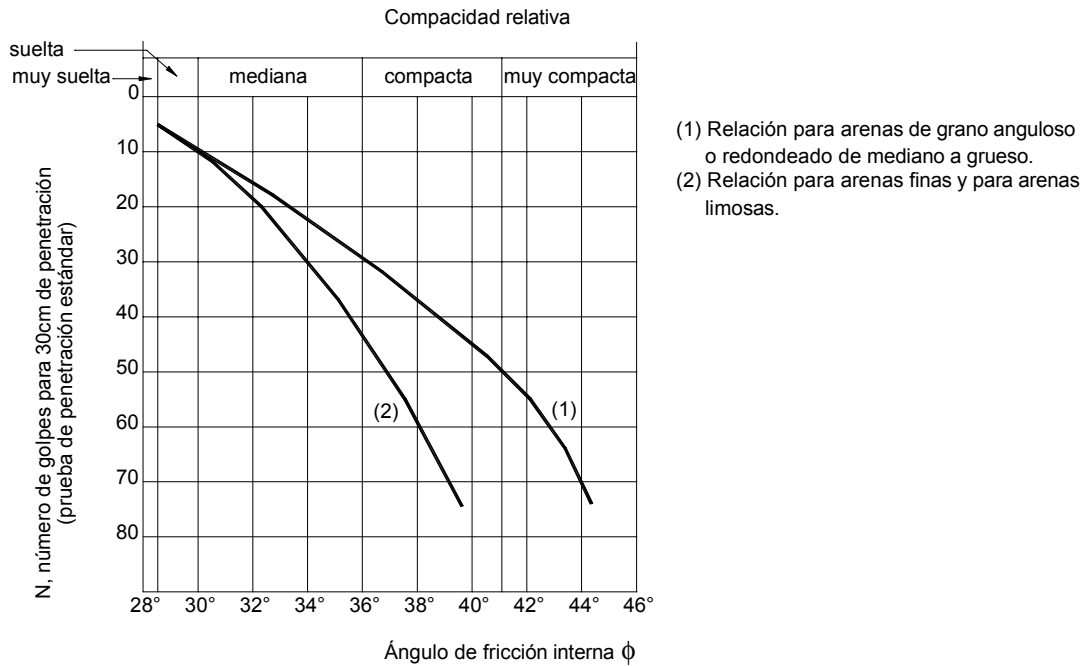
La utilidad e importancia de la prueba de penetración estándar radica en las correlaciones realizadas en el campo y en el laboratorio en diversos suelos, que permiten relacionar aproximadamente la compacidad y el ángulo de fricción interna,  $\phi$ , en arenas y el valor de la resistencia a la compresión simple,  $q_u$ , en arcillas, con el número de golpes necesarios en el suelo, para que el penetrómetro estándar logre entrar los 30 cm especificados. Para obtener estas relaciones basta realizar la prueba estándar en estratos accesibles o de aquellos que se puedan obtener muestra inalteradas confiables y determinar los valores de los conceptos señalados por los métodos usuales de laboratorio; con un número de comparaciones suficientes pueden obtenerse correlaciones estadísticas confiables. En la práctica esto se ha logrado en los suelos friccionantes, para los que existen tablas y gráficos dignos de crédito y aplicación.

En el caso de suelos arcillosos plásticos, las correlaciones de la prueba estándar con  $q_u$  son menos confiables.

La **Figura 54** contiene la correlación entre el N° de golpes y el ángulo de fricción interna  $\phi$  de arenas y suelos predominantemente friccionantes.

En la gráfica se observa que al aumentar el número de golpes se tiene mayor compacidad relativa y consecuentemente, mayor ángulo de fricción interna. También se ve que en arena limpias medianas o gruesas para el mismo número de golpes, se tiene un  $\phi$  mayor que en las limpias finas o limosas.

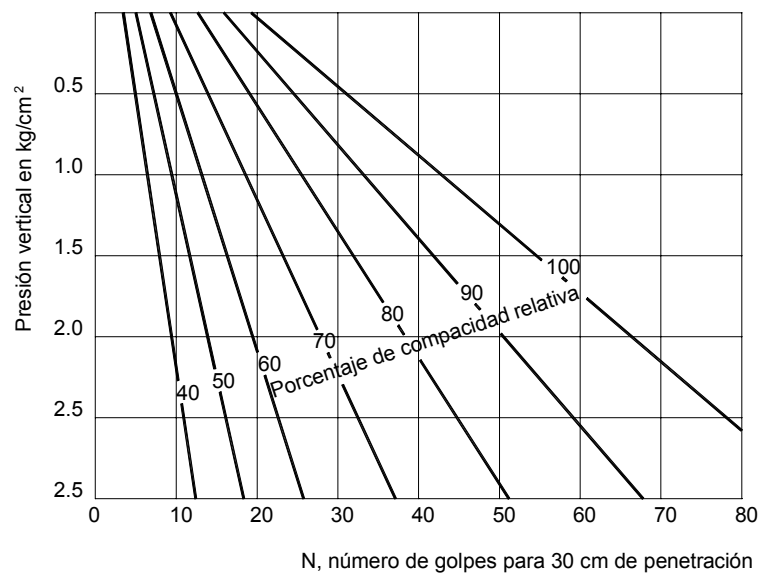
La **Figura 54** no toma en cuenta la influencia de la presión vertical sobre el número de golpes que es importante, según han demostrado investigaciones más recientes.



Fuente: Juárez Badillo – Rico Rodríguez – Fundamentos de la Mecánica de Suelos

**Figura 54.** Correlación entre el número de golpes para 30 cm de penetración estándar y el ángulo de fricción interna de las arenas

En la **Figura 55** se presentan resultados experimentales que demuestran que a mayor número de golpes corresponden diferentes compactadades relativas, según sea la presión vertical actuante sobre la arena, la cual, a su vez, es función de la profundidad a que se realiza la prueba.



Fuente: Juárez Badillo – Rico Rodríguez – Fundamentos de la Mecánica de Suelos

**Figura 55.** Relación entre la penetración estándar, la presión vertical y la compactadad relativa para arenas

Para pruebas en arcillas, Terzaghi y Peck dan la correlación entre el N° de golpes y la resistencia a la compresión simple para diferentes consistencias de suelos, que se presenta en la **Tabla 61**.

Consistencia	N° de golpes, N	Resistencia a la compresión simple, $q_u$ kg / cm <sup>2</sup>
Muy blanda	< 2	< 0.25
Blanda	2 – 4	0.25 – 0.50
Media	4 – 8	0.50 – 1.0
Firme	8 – 15	1.0 – 2.0
Muy firme	15 – 30	2.0 – 4.0
Dura	> 30	> 4.0

**Tabla 61.** Resistencia del suelo a la compresión simple

Puede observarse en la **Tabla 61**, que prácticamente, el valor de  $q_u$ , en Kg / cm<sup>2</sup> se obtiene dividiendo por 8 el número de golpes.

Sin embargo cabe mencionar que las correlaciones de la tabla sólo deben usarse como valores orientativos, pues los resultados prácticos han demostrado que pueden existir serias dispersiones y, por lo tanto, las resistencias obtenidas por este procedimiento no deben servir de base para proyectos.

#### 6.2.4.9. Extracción de Muestras

Se contemplan dos casos distintos: muestras inalteradas o alteradas.

Las muestras alteradas son las que se emplean en los ensayos de identificación clásicos: granulometría, límites de plasticidad y aún de humedad, aunque en este último caso se requiere conservar el terreno recién extraído dentro de recipientes herméticos que mantengan el contenido de humedad hasta que se haga el ensayo de laboratorio.

Las muestras sin alterar serán destinadas a los ensayos de consolidación, corte directo, compresión triaxial o simple, o sea los que van a dar la información necesaria para conocer la resistencia o comportamiento mecánico del terreno.

En excavado de pozo a cielo abierto se puede extraer la muestra con todo cuidado. En el caso de muestras sin perturbar es corriente conservar la misma dentro del dispositivo que sirve para extraerla, que puede consistir en un tubo de paredes delgadas y borde cortante, a veces del diámetro exacto del que corresponde a los aparatos de consolidación o compresión triaxial.

Se coloca el dispositivo sobre la superficie del terreno en estudio, y haciendo presión sobre él se lo introduce en el suelo, el cual se va excavando lateralmente para facilitar el descenso sin producir mayores perturbaciones. Cuando está totalmente lleno se tapa el extremo superior y con una pala o cuchara de albañil, se corta la parte inferior para retirar la muestra intacta.

Se sella luego para impedir pérdidas de humedad, y con la menor vibración posible, se la transporta al laboratorio.

Cuando el material incoherente está constituido por arena con gravilla, se suele hacer un cajón de madera de dimensiones bastante superiores a la muestra deseada, para poder descartar la parte que se halla en contacto con el exterior. Si en estado natural el terreno tiene una cierta cohesión se puede recortar un pan de suelo y colocarlo dentro de un cajón de madera de tamaño superior al de la muestra preparada, llenando el excedente con arena fina, con cierta humedad para evitar que la absorba el testigo preparado.

Con respecto a las muestras alteradas no existen problemas, sea terreno superficial o profundo. Se ha visto que el sacamuestras estándar empleado en el ensayo de penetración permite obtener testigos que resultan aptos para ensayos de granulometría, humedad, y aún límites de consistencia.

#### **6.2.5. Estudio de las Condiciones de Cimentación de las Diferentes Estructuras y Evaluación de Métodos Constructivos**

Como se mencionó anteriormente en base a los resultados obtenidos en la etapa de reconocimiento previo y en función de los requerimientos del proyecto, es posible definir el tipo y la cantidad de investigaciones a realizar durante la segunda fase de estudios.

Deben plantearse metodologías que, cumplimentando requisitos mínimos, aseguren la adecuada resolución de los diferentes problemas geotécnicos presentados por las obras en estudio.

A continuación, se indican los criterios mínimos a tener en cuenta, en función de las características de los materiales predominantes en cada sitio.

En forma esquemática, se pueden considerar tres tipos de materiales que, por sus características, requieren metodologías de investigación bien diferenciadas: Rocas Aflorantes o Subaflorantes, Materiales Granulares Gruesos y Suelos Finos de tipo Cohesivo o Limo-Arenoso.

Debe tenerse en cuenta que difícilmente, para un emplazamiento dado, se presente solamente una de las circunstancias mencionadas anteriormente, siendo lo más probable que, en distintos sectores del emplazamiento, se encuentren diferentes condiciones geotécnicas o, por lo menos, exista algún punto con características particulares respecto al resto.

##### **6.2.5.1. Rocas Aflorantes o Subaflorantes**

A los efectos de la presente fundamentación, se define como "roca" a aquellos materiales que por su grado de consistencia, cementación, resistencia y conformación masiva, resulten difícilmente excavables con métodos mecánicos o manuales convencionales.

Teniendo en cuenta que el objetivo de la presente normativa es el de elaborar proyectos que puedan ser construidos en localidades con diferentes características, en lo que hace a las condiciones geotécnicas del subsuelo, y que las circunstancias socio-económicas de las localidades a servir obligan a dejar de lado tecnologías constructivas de alta

complejidad, en general, la magnitud de las cargas a transmitir por las estructuras será relativamente moderada y se tenderá a buscar sistemas de fundación de tipo convencional. En consecuencia, los métodos de investigación para materiales rocosos deberán responder a estas premisas.

Por lo tanto, las investigaciones de campo en sitios donde se presenten rocas aflorantes, se deberán realizar mediante reconocimientos geológico - geotécnicos superficiales, que podrán ser complementados con perforaciones expeditivas realizadas mediante el empleo de equipos portátiles a roto- percusión, que permiten una evaluación cualitativa del grado de alteración y/o fracturación de la roca, con una precisión adecuada a los requerimientos de proyectos de estas características.

En el caso de tratarse de rocas subaflorantes, deberá determinarse, mediante excavaciones a cielo abierto, el espesor de los materiales de cubierta y, una vez detectado el techo de roca, se procederá según lo indicado para el caso de rocas aflorantes.

Se deberán obtener muestras típicas de los materiales de cubierta y de la roca, las que serán cuidadosamente identificadas y acondicionadas para su envío al laboratorio.

El informe a elaborar deberá contener, como mínimo, los siguientes datos:

- Plano de ubicación de las distintas exploraciones efectuadas.
- Cota de la boca del sondeo referido a una cota fija de terreno o nivel de vereda.
- Consideraciones geológicas y geomorfológicas regionales.
- Espesor y tipo de material de cubierta.
- Descripción litológica de los materiales rocosos.
- Grado de fracturación y/o alteración del techo de roca.
- Espesor aproximado de la roca alterada.
- Tipo de alteración: meteorización, alteración química, etc.
- En el caso de observarse condiciones topográficas especiales, análisis de la posibilidad de deslizamientos.
- Existencia de capa freática, determinando las posibles fluctuaciones del nivel de la misma.
- Registro fotográfico detallado que permita interpretar y/o visualizar las circunstancias indicadas anteriormente.

En el laboratorio, se deben efectuar, como mínimo, las siguientes determinaciones:

***Sobre el Material de Cubierta:***

- Análisis granulométrico por tamizado, incluyendo delimitación de la fracción menor de 74 micrones por lavado sobre tamiz N° 200. (Norma IRAM 10.512 - ASTM D 422).
- Límites de Atterberg Líquido y Plástico. (Norma IRAM 10.501/10.502 - ASTM D 4318/D 424).

- Clasificación según Sistema Unificado de Casagrande. (Norma E-3 Bureau of Reclamation).
- Análisis químico de agresividad al hierro y al hormigón. (Norma DIN 4030 - "Evaluación de Agresividad de Suelos y Aguas de O.S.N.").

***Sobre las Muestras de Roca:***

- Examen Petrográfico. (Normas ASTM C-295/85)
- Ensayo de carga puntual. ("The point-load strength test" - Rock Engineering, J. Franklin/M. Dusseault, 1989)
- Determinación de Peso Específico Absoluto. (Norma IRAM 1503/1533 - ASTM D 854)
- Determinación de Peso Específico Aparente. (Norma IRAM 1533)
- Absorción. (Norma IRAM 1533 - ASTM C 127)
- En caso de tratarse de rocas sedimentarias, se deben ejecutar, además, las determinaciones indicadas para el material de cubierta.

**6.2.5.2. Materiales Granulares Gruesos**

En aquellos emplazamientos donde, como resultado de la etapa de reconocimiento, se establezca que los materiales de fundación estarán constituidos preponderantemente por mantos de gravas de potencia adecuada, entendiéndose por esto que las cargas a transmitir por las fundaciones de las estructuras interesarán solamente a los mismos o bien a materiales subyacentes de mayor competencia (rocas), las investigaciones de campo se deben efectuar mediante calicatas o pozos a cielo abierto, cuya profundidad será la adecuada para asegurar esta circunstancia.

La excavación de las calicatas podrá efectuarse mediante métodos manuales o bien mecánicos (retroexcavadora).

Durante la ejecución de las calicatas, se deben llevar a cabo, en forma sistemática, las siguientes operaciones:

- Delimitación de la secuencia y espesor de los distintos estratos por reconocimiento tacto-visual de los materiales extraídos y de las paredes de la excavación. (Norma E-3 Bureau of Reclamation)
- Obtención de muestras representativas de cada manto. (Norma E-1 Bureau of Reclamation)
- Determinación de densidades "in situ". (Norma E-24 Bureau of Reclamation)
- Medición del nivel del agua libre subterránea

Sobre las muestras extraídas, se deben ejecutar los siguientes ensayos de laboratorio:

- Análisis granulométrico por tamizado. (Norma IRAM 10.512)

- Límites de Atterberg: Líquido y Plástico. (Norma IRAM 10.501/10.502 - ASTM D 4381 / D 424)
- Clasificación según el Sistema Unificado de Casagrande. (Norma E-3 Bureau of Reclamation)
- Determinación de Densidades Máximas y Mínimas. (Normas E-12 Bureau of Reclamation)
- Análisis Químico de Agresividad al Hierro y al Hormigón (Norma DIN 4030 - "Evaluación de agresividad de suelos y aguas" de O.S.N.)

### **6.2.5.3. Investigaciones en Suelos Finos de tipo Cohesivo o Limo-Arenoso**

Los programas y metodologías operativas correspondientes a la investigación de las características geotécnicas de los suelos finos, son las más difundidas, al ser estos materiales los que presentan mayor diversidad en lo que hace a su génesis, comportamiento geomecánico, dificultad de tipificación, etc.

Paradójicamente, son los suelos finos los que, en general, dan origen a la mayor disparidad de criterios para la evaluación de sus propiedades geomecánicas y de la interacción suelo-estructura.

Esta circunstancia hace que deba tenerse especial cuidado al proponer una metodología de investigación para estos materiales, dado que también son ellos los que dan origen a la mayor cantidad de problemas en las estructuras, cuando se trata de estudiarlos en forma simplificada confiándose en la amplia experiencia existente.

Los estudios básicos de campo, para la investigación de suelos finos, se deben realizar en base a perforaciones ejecutadas por métodos manuales o mecánicos.

Durante la ejecución de los sondeos, se deben llevar a cabo en forma sistemática las siguientes operaciones:

- Ensayo normal de penetración: El número (N) de golpes necesarios para hacer penetrar el sacamuestras 30 cm en un suelo no alterado por el avance de la perforación, constituye una valoración cuantitativa de la compacidad relativa de los diferentes mantos atravesados. (Norma I.R.A.M 10.517).
- Recuperación de muestras representativas del subsuelo, su identificación y acondicionamiento en recipientes adecuados para mantener inalteradas sus condiciones naturales de estructura y humedad. (Norma I.R.A.M. 10.517).
- Delimitación de la secuencia y espesor de los diferentes estratos por reconocimiento tacto - visual de los suelos extraídos. (Norma E - 3 Bureau of Reclamation).
- Medición del nivel de agua libre subterránea.

Los datos obtenidos de las determinaciones anteriormente indicadas, deben volcarse en planillas adecuadas a tal fin, donde se deben consignar circunstancias especiales que pudieran producirse durante el transcurso de la perforación (desmoronamientos, fugas de agua de inyección, detección de niveles freáticos y artesianos, presencia de obstáculos, etc.).



Este requisito resulta de fundamental importancia, pues es el elemento que permitirá al profesional a cargo de la ejecución del estudio definir una de las mayores incógnitas que se plantea, a priori en la investigación de suelos finos: profundidad de los sondeos.

En efecto, en base a los datos obtenidos durante la ejecución del sondeo, y en función del conocimiento previo de las características de la estructura a proyectar, deberá definirse, en el sitio, la profundidad final que alcanzarán las perforaciones.

Si bien, a este respecto, no existen criterios uniformes que tengan validez universal, en general pueden emplearse los siguientes:

- En el caso de que los resultados de la perforación indiquen claramente la factibilidad de realizar fundaciones directas, podrá considerarse como profundidad mínima de los sondeos, la resultante de adicionar al nivel de fundación previsto dos veces el ancho de la fundación, (caso de zapatas aisladas). Para estructuras de cargas distribuidas sobre grandes áreas horizontales, tales como algunas unidades de las plantas potabilizadoras, la profundidad de las investigaciones deberá ser tal que garantice la presencia de un manto que asegure la continuidad de las características geotécnicas del suelo de fundación y, por ende, que no se produzcan asentamientos diferenciales incompatibles con la estructura.
- En el caso de fundaciones profundas deben considerarse dos circunstancias: penetración mínima del pilote en mantos resistentes (de 3 a 5 veces el diámetro del mismo) y adicionar a la longitud resultante un mínimo de 5,00 a 10,00 metros, dependiendo del diámetro del mismo, a los efectos de asegurar la continuidad de los mantos consistentes que alojarán a la punta del pilote.

Los criterios anteriormente expuestos, no tienen validez absoluta y deben ser considerados como elementos orientativos. Finalmente, resulta obvio destacar que siempre resulta aconsejable adoptar un criterio conservador al definir la longitud de los sondeos.

Todas las muestras extraídas deben ser sometidas a las siguientes determinaciones de laboratorio:

- Contenido Natural de Humedad. (Norma E-9 Bureau of Reclamation)
- Límites de Atterberg: Líquido y Plástico. (Norma IRAM 10.501/10502 - ASTM D 4318/D 424)
- Análisis Granulométrico (Norma IRAM 10.512)
- Descripción Macroscópica de las muestras: color, olor, presencia de óxidos, conchillas, etc. (Norma E-3 Bureau of Reclamation)
- Clasificación según el Sistema Unificado de Casagrande. (Norma E-3 Bureau of Reclamation)
- Determinación de Pesos Unitarios Húmedos y Secos. (Norma I.R.A.M. 1533)
- Ensayo de Compresión Triaxial No Consolidados, No Drenados, con el contenido natural de humedad sobre muestras típicas. (Norma E-17 Bureau of Reclamation)
- Análisis Químico de Agresividad sobre muestras de suelo y agua. (Norma DIN 4030 - "Evaluación de Agresividad de Suelos y Aguas" de O.S.N.).

Los resultados obtenidos de los estudios básicos descriptos en el presente numeral, unidos a los requerimientos particulares de cada proyecto, permiten definir los alcances y, eventualmente, la necesidad de implementar la tercera etapa de investigaciones, referidas a Estudios Geotécnicos Especiales de Laboratorio.

La necesidad y alcance de estos Estudios Complementarios, deben ser ampliamente justificados por el especialista interviniente mediante un informe de avance donde proponga el tipo y cantidad de determinaciones que considera necesario ejecutar, el que debe ser autorizado por el Organismo interviniente, previamente a su implementación.

En función de los datos preliminares obtenidos durante la etapa de reconocimiento previo, se estará en condiciones de prever las determinaciones especiales que, eventualmente, pudieran requerirse.

#### **6.2.6. Investigaciones Geotécnicas Complementarias**

La implementación de determinaciones geotécnicas complementarias se justificará cuando, los datos obtenidos de las investigaciones básicas descriptas precedentemente, no puedan cumplimentar todos los requerimientos del proyecto.

Esta circunstancia se presentará cuando los materiales detectados, o bien las circunstancias geomorfológicas del sitio, presenten singularidades que justifiquen un estudio de detalle.

A continuación, se indican, para cada tipo de material, las determinaciones especiales de laboratorio que pueden requerirse y bajo qué circunstancias.

##### **6.2.6.1. Rocas Aflorantes o Subaflorantes**

Se considera que, la fundación de obras en materiales de estas características, no requerirá estudios complementarios.

##### **6.2.6.2. Materiales Granulares Gruesos**

Cuando el nivel freático afecte las profundidades interesadas por las obras, y ante la necesidad de realizar excavaciones, se podrán requerir:

- Ensayo de permeabilidad. (Norma IRAM 10.508/E-14 Bureau of Reclamation).
- Ensayo de Compresión Triaxial Consolidado Drenado. (Norma E-17 Bureau of Reclamation).

##### **6.2.6.3. Suelos Finos de Tipo Cohesivo o Limo-Arenoso**

Estos materiales son los que, por sus características, pueden plantear dificultades en la definición de sus parámetros y requerir mayores investigaciones.

Dado que resulta prácticamente imposible cubrir todas las eventualidades particulares que pueden presentarse, a continuación se analizan las circunstancias más frecuentes.

### **Suelos Saturados**

La presencia del nivel freático a profundidades interesadas por las eventuales construcciones y/o excavaciones, puede requerir determinaciones especiales como las que a continuación se detallan:

- Ensayo de permeabilidad. (Norma E-13 Bureau of Reclamation).
- Ensayo de Compresión Triaxial bajo diferentes condiciones de saturación, consolidación y drenaje. (Norma ASTM D-2850/E-17 Bureau of Reclamation).

### **Suelos Comprensibles**

En suelos de baja consistencia, donde se necesite un análisis detallado de las características de compresibilidad, se puede realizar la siguiente determinación:

- Ensayo de consolidación unidimensional. (Norma IRAM 10.505/ASTM D-2435)

### **Suelos Colapsables**

Ante la presencia de suelos de estructura metaestable, susceptibles de disminuir la resistencia al corte al incrementarse su contenido natural de humedad pueden requerirse:

- Ensayo de consolidación unidimensional. (Norma IRAM 10.505/ASTM D-2435)
- Ensayo de Compresión Triaxial bajo diferentes condiciones de saturación. (Norma ASTM D-2850/E-17 Bureau of Reclamation)

## **6.3. INFORME TÉCNICO**

Los informes técnicos a elaborar en función de los datos y resultados obtenidos de las determinaciones de campo y laboratorios efectuados, debe abarcar, como mínimo, los siguientes aspectos:

### **Memoria Descriptiva**

La Memoria Descriptiva debe comprender en primer lugar los resultados obtenidos de la etapa de Reconocimiento del Sitio y Recopilación de Antecedentes (2.2.4.), que justifique la metodología de trabajo finalmente adoptada, explicándose las circunstancias por las cuales las mismas pudieron haber experimentado variaciones durante su implementación.

Deberá incluirse a continuación una descripción detallada del o de los métodos de investigación implementados, números de exploraciones, profundidad de las mismas y su ubicación planialtimétrica con relación a los distintos elementos de proyecto (trazas de redes, estructuras de la planta potabilizadora, etc.).

### **Resultados Obtenidos**

Todos los resultados obtenidos de las determinaciones de campo y laboratorio efectuadas deberán ser presentados en gráficos y planillas adecuadas a tal fin.

Se debe indicar, para cada determinación, la norma y procedimiento seguido durante su ejecución, realizándose un análisis detallado de los parámetros obtenidos y la justificación de la implementación de las investigaciones geotécnicas complementarias, siendo de aplicación para estas últimas, lo indicado anteriormente en las investigaciones básicas.

## 6.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En las conclusiones, deberán consignarse todos los parámetros de diseño necesarios para la ejecución del proyecto y las recomendaciones necesarias para su correcta implementación.

Específicamente, deben consignarse, como mínimo, los siguientes datos:

### ***Fundaciones de Estructuras***

- Descripción del Perfil Geotécnico en cada emplazamiento.
- Soluciones Alternativas de Fundación (si las hubiese).
- Para Fundaciones Directas:
  - Nivel mínimo de cimentación, compatible con los requerimientos de proyecto.
  - Tensiones de trabajo a distintos niveles, en función de la geometría de la fundación.
  - Coeficientes de balasto vertical para distintas profundidades (valores ponderados).
- Para Fundaciones Profundas:
  - Evaluación de las distintas alternativas de pilotes: Hincados Premoldeados, Hincados Moldeados "in situ" (con o sin perforación previa), Excavados y Hormigonados "in situ", etc.
  - Longitudes estimadas o mínimas de los pilotes (según el tipo de pilote).
  - Capacidad de carga admisible por fricción y por punta.
  - Coeficiente de balasto horizontal en función de la profundidad y de la geometría del pilote.
- En general, toda otra recomendación que resulte de importancia para la implementación de la solución propuesta: métodos de excavación, estabilidad de las paredes de las excavaciones, precauciones a adoptar ante la presencia de suelos compresibles, expansivos, colapsables, etc., sistemas de abatimiento del nivel freático, diagramas de empuje a considerar para el dimensionamiento de las estructuras de contención de las excavaciones, riesgo sísmico, etc.

### **Red de Agua Potable**

Revisten especial importancia los parámetros y recomendaciones que permiten realizar una adecuada planificación de las secuencias constructiva y, en consecuencia, deben suministrarse parámetros y recomendaciones orientados hacia esa finalidad.

En especial, debe consignarse los siguientes datos:

- Perfil estratigráfico
- Posición del nivel freático
- Sistemas de abatimiento
- Métodos de excavación
- Estabilidad de las paredes de las zanjas, en función de la secuencia de excavación de las mismas
- Precauciones a adoptar durante el relleno de las excavaciones
- Etc.

## **6.5. CONSIDERACIONES GENERALES**

En proyectos de las características de los analizados en las presentes Fundamentaciones, la adecuada interacción entre los equipos de proyecto y los especialistas en cada una de las disciplinas intervinientes, reviste una importancia trascendente. En el caso específico de la Especialidad Geotécnica, esta interacción resulta fundamental.

En consecuencia, deberá contemplarse un período de asistencia técnica del especialista durante la etapa de ajuste del proyecto.

## **6.6. NORMATIZACIÓN**

Existen numerosos antecedentes, tanto locales como extranjeros, de normatizaciones para la investigación geotécnica.

El origen de estas normatizaciones se encuentra en la necesidad de algunos entes oficiales de crear un marco de referencia para el adecuado seguimiento y control de sus diferentes emprendimientos y, en consecuencia, generalmente están dirigidos al ámbito de interés de dichas instituciones, y comprenden sólo algunos aspectos de la investigación geotécnica.

Dado que todas las obras de Ingeniería Civil presentan aspectos comunes, la circunstancia mencionada en el párrafo anterior ha dado origen a que para un determinado ensayo o determinación de campo, existan varias normas las que, en general, sólo difieren en detalles.

Esta circunstancia ha motivado que en diferentes países se hayan elaborado normas de validez universal, como es el caso de A.S.T.M., DIN, etc.

En Argentina, los esfuerzos realizados por IRAM. y el C.I.R.S.O.C., todavía se encuentran incompletos.

De igual forma, existen determinaciones que por responder a temas muy específicos o de reciente utilización, no se encuentran normatizadas y para su implementación debe recurrirse a las publicaciones de los Congresos, Simposios y Reuniones Técnicas de la especialidad que periódicamente se realizan en todo el Mundo.

En nuestro país, las instituciones nacionales y extranjeras, cuyas Normas, Recomendaciones y/o Publicaciones Técnicas resultan de uso común, son las siguientes:

- 1). Sociedad Argentina de Mecánica de Suelos (S.A.M.S.)
- 2). International Society of Soil Mechanics and Foundation
- 3). Engineering (I.S.S.M.F.E.)
- 4). International Society of Rock Mechanics (I.S.R.M.)
- 5). Dirección Nacional de Vialidad (Normas Vialidad)
- 6). Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (I.R.A.M.)
- 7). American Society for Testing Materials (Normas A.S.T.M.)
- 8). American Society of Civil Engineers (A.S.C.E.)
- 9). Deutsches Institut fur Normung (Normas D.I.N.).
- 10). American Association of State Highway Officials (Normas A.A.S.H.O.)
- 11). U.S. Bureau of Reclamation (Earth Manual)

El listado anterior resulta lógicamente incompleto, dado que las publicaciones de estas Instituciones se encuentran ampliamente difundidas y, teniendo en cuenta que el objetivo del presente trabajo es facilitar la realización de los estudios a efectuar se indican como elemento de consulta, las Normas y/o Recomendaciones emanadas de las mismas.

## **6.7. ELIMINACIÓN DE AGUA DE LAS EXCAVACIONES. DEPRESIÓN DE LAS NAPAS SUBTERRÁNEAS. BOMBEO Y DRENAJE**

En la excavación para la construcción de cualquier estructura y colocación de cañerías con nivel freático alto, hay que drenar la napa debiendo realizarse los trabajos necesarios para deprimir el nivel.

Para la defensa contra avenidas de aguas superficiales se pueden construir zanjas de guardia, ataguías, tajamanes o terraplenes.

Los métodos de eliminación del agua se pueden clasificar en dos grandes sistemas:

- 1). Por gravedad: es decir el agua pasa del punto más alto al más bajo, sin el auxilio de energía exterior
- 2). Por bombeo: procesos eléctricos o térmicos

En excavaciones a realizar por debajo del nivel de la napa, al efectuar el movimiento de tierra, el agua tenderá a evacuar en la zona excavada y el suelo a invadir dicha zona; en estos casos se deberá considerar la estabilidad de la zona circundante.

Cuando la excavación se realice clavando tablestacas, es decir elementos de contención, para que el suelo adyacente no rellene la zona de trabajo puede suceder que al deprimir el agua en la zona interna, se produzca una corriente de la zona lateral a la interna, tendiendo a arrastrar material produciendo asentamiento en la zona adyacente.

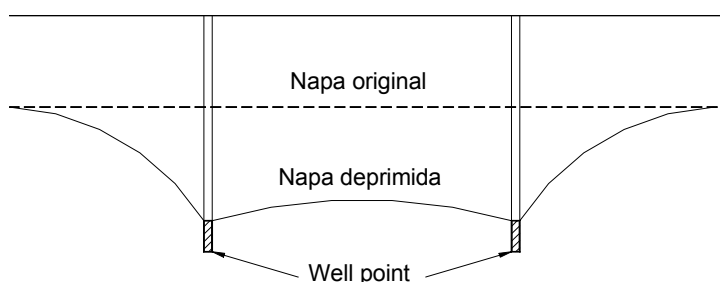
### 6.7.1. Sistemas de Drenaje

#### **Drenes de zanja**

Los drenes de zanja utilizan la fuerza de gravedad para deprimir la napa, para la cual se coloca en el fondo una capa impermeable (suelo-cemento) y encima de ella caños porosos.

#### **Pozos de bombeo**

El diámetro del pozo depende del caudal a evacuar. Se pueden colocar uno o varios pozos de bombeo, toda la zona comprendida entre los mismos sufrirá el descenso del nivel de la napa y permitirá trabajar en toda una zona, no sólo en las inmediaciones de la bomba.



**Figura 56.** Depresión de napas con Well Point

Un tipo particular de bombeo, es el de las puntas coladoras Well Point (ver **Figura 56**), constituido por tubos de un par de pulgadas de diámetro, con filtro en la parte inferior. Para la implementación de este sistema se debe excavar hasta la zona próxima a la napa, a partir de la cual se colocan tubos a 1,50 m. cerrando de esta manera el circuito.

Estos tubos se conectan a un sistema colector y todo el conjunto a un equipo de bombeo, mediante una bomba de vacío se elimina el agua al exterior, produciendo una depresión de 3 – 4 m. que permite excavar nuevamente hasta alcanzar dicho nivel. Si hace falta ir más abajo, se coloca un nuevo sistema que permitirá trabajar a una nueva profundidad. De esta manera se secará el lugar donde se ejecutarán las obras. Este método trabaja por etapas a distintas profundidades con la utilización de elementos pequeños, fáciles de instalar, pero muy numerosos.

### ***Depresión con electro ósmosis***

El procedimiento de electro ósmosis, es un método que permite favorecer el drenaje a través del paso de una corriente eléctrica. Es utilizado en terrenos de baja permeabilidad (arcillosos, arcilloso-limoso). Al ser los suelos muy blandos se producen grandes desplazamientos, dificultando el apuntalamiento del terreno que tiende a volcarse, sumado al empuje del agua que favorece al corrimiento del suelo. Al bombear el agua el terreno se seca rápidamente debido a la baja permeabilidad del mismo.

### ***Termo ósmosis***

Lo mismo que en el procedimiento de electro ósmosis, el pasaje del agua se realiza a través de un medio poco permeable, solicitando el pasaje del agua por termo ósmosis, que utiliza la temperatura para originar la migración.

## **6.8. YACIMIENTOS Y FUENTES DE PROVISIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Dadas las características de los proyectos a elaborar se considera conveniente agotar las posibilidades de utilización de los suelos existentes en el propio emplazamiento de las obras (suelos provenientes de desmontes) para la provisión de materiales para la construcción de la obra y, en el caso de que esto no resulte factible, debe limitarse al inventario de canteras existentes cercanas a cada sitio, obteniéndose muestras típicas de las mismas para la realización de ensayos de caracterización en laboratorio.

Estos ensayos se limitarán a los estrictamente necesarios para la obtención de los parámetros básicos de diseño requeridos por los distintos proyectos.

En resumen, se considera que, dados los volúmenes reducidos de materiales que pueden requerirse, no se justifica realizar investigaciones tendientes a la búsqueda de nuevas fuentes de provisión de materiales, siendo aconsejable adaptar los proyectos a las características de los suelos del emplazamiento o, en segunda instancia, a la de los materiales existentes en canteras ya inventariadas.

Los ensayos de laboratorio a realizar, para cada tipo de material, deben ser los siguientes:

### ***Rocas***

- Examen petrográfico. (Norma ASTM C-295/85)
- Durabilidad por ataque con Sulfato de Sodio. (Norma IRAM 1512)
- Ensayo de Abrasión "Los Angeles".(Norma IRAM 1532)



### ***Materiales granulares gruesos***

- Análisis granulométrico por tamizado. (Norma IRAM 10512/ASTM D-422)
- Determinación de Densidades Máximas y Mínimas. (Norma E-12 Bureau of Reclamation)
- Ensayo de Abrasión "Los Angeles". (Norma IRAM 1532)
- Ensayos de permeabilidad. (Norma IRAM 10508 / E-14 Bureau of reclamation)
- Análisis Químico de Agresividad al hierro y al hormigón. (Norma DIN 4030 - "Evaluación de agresividad de suelos y aguas" de O.S.N.)

### ***Suelos finos***

- Análisis granulométrico por tamizado. (Norma IRAM 10512/ASTM D-422)
- Límites de Atterberg: Líquido y Plástico. (Norma IRAM 10501/10502 - ASTM D-4318/D-424)
- Ensayo de Compactación Proctor. (Norma AASHTO T-99)
- Ensayo de Comprensión Triaxial bajo diferentes condiciones de saturación, consolidación y drenaje. (Norma E-17 Bureau of reclamation)
- Ensayo de Permeabilidad. (Norma E-13 Bureau of reclamation)
- Análisis Químico de Agresividad. (Norma DIN 4030 - "Evaluación de agresividad de suelos y aguas" de O.S.N.)

### ***6.8.1. Cantidad de Investigaciones***

Las cantidades de investigaciones a implementar, en todos los casos, dependen del tipo de proyecto y de la extensión real del mismo.

Con idéntico criterio al empleado cuando se definieron los tipos de investigaciones a realizar, a continuación se indica, en función de cada obra, los lineamientos generales mínimos que deben seguir los programas de investigaciones.

El carácter de mínima que se da a las cantidades que se indican a continuación, surge de la imposibilidad de evaluar, a priori, las variaciones estratigráficas que pueden presentarse en cualquier emplazamiento y que pueden requerir la densificación de las investigaciones.

### ***Red de Agua Potable***

Si bien, desde el punto de vista de las cargas a transmitir al terreno, el diseño de la red de agua potable prácticamente no plantea interrogantes geotécnicos, no ocurre lo mismo cuando se trata de evaluar los métodos constructivos a emplear en la ejecución de las excavaciones necesarias para la instalación de los conductos.

En consecuencia, las trazas deberán ser investigadas mediante exploraciones sistemáticas, acordes al tipo de material existente en cada zona.

La secuencia mínima a requerir, será de 1 (una) investigación cada 300 metros de traza. La profundidad de las mismas deberá ser como mínimo de 1,50 metro en cada punto de la traza.

### Plantas de potabilización

La cantidad mínima de investigaciones a realizar en los predios destinados a la construcción de las Plantas Potabilizadoras, depende del área ocupada y de las características de la Planta. Como criterio general se debe considerar la ejecución de 1 (una) investigación como mínimo cada 500 m<sup>2</sup>.

Las mismas deberán ser ubicadas estratégicamente, en función de las localizaciones previstas para las principales estructuras.

## 6.9. RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

Como valores guía de la resistencia característica de los terrenos se transcribe a continuación la **Tabla 62** confeccionada por la Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones, presentándose las características mecánicas de algunos suelos:

Tipo de suelo	Profundidad mínima de cimentación (m)	Carga admisible a la profundidad mínima para cimientos de 1 m (kg/cm <sup>2</sup> )	Incremento de carga admisible por cada 0,30 m de profundidad (%)	Carga máxima admisible (kg/cm <sup>2</sup> )
I. Rocas en buen estado				
a) Isótropas	-	30	20	60
b) Estratificadas sanas	-	10	20	20
II. Terrenos no coherentes consolidados				
a) Gravas arenosas	0,30	4	15	8
b) Arenosos gruesos	0,30	2	15	4
c) Arenosos finos	0,50	1,5	15	3
III. Terrenos no coherentes sueltos				
b) Gravas arenosas	0,30	3	15	5
c) Arenosos gruesos	0,30	2	15	3
d) Arenosos finos	0,30	1	15	1,5
IV. Terrenos coherentes				
a) Arcillosos duros	1,00	4	-	-
b) Arcillosos semiduros	1,00	2	-	-
c) Arcillosos blandos	1,00	1	-	-
d) Arcillosos fluidos				
V. Fangos turbosos y terrenos pantanosos en general		Se determinarán experimentalmente		
VI Terrenos de relleno sin consolidar		Se determinarán experimentalmente		

**Tabla 62.** Carga máxima admisible en función del tipo de suelo

En terrenos sin coherencia si la distancia de la capa freática a la superficie de cimentación es menor que el ancho de esta superficie, las cargas admisibles dadas por la tabla deben reducirse en  $0,5 \text{ Kg/cm}^2$ .

La **Tabla 63** contiene valores característicos de peso específico aparente  $\gamma$  y ángulo de talud natural  $\phi$ , según el tipo de terreno:

Clases de terrenos	Peso específico aparente ( $\text{t/m}^3$ ) ( $\gamma$ )	Angulo del talud natural ( $\phi$ )	Tangente del ángulo de talud natural
1. Arena gruesa seca	1,5	35	0,70
Arena fina seca	1,6	35	0,70
Arena fina con humedad natural débil	1,8	40	0,84
Arena fina saturada	2,0	25	0,47
2. Gravilla angulosa	1,8	45	1,00
Gravilla rodada	1,9	30	0,58
3. Grava húmeda	1,6	30 a 40	0,58 a 0,84
4. Tierra de relleno esponjada seca	1,4	40	0,84
Tierra de relleno esponjada con humedad débil	1,6	45	1,00
Tierra de relleno esponjada saturada	1,8	30	0,58
Tierra de relleno apisonada seca	1,7	40	0,84
5. Arcilloso, esponjado seco	1,5	40	0,84
Arcilloso, esponjado con humedad débil	1,6	45	1,00
Arcilloso, esponjado saturado	2,0	20	0,36
Arcilloso, apisonado seco	1,8	40	0,84
Arcilloso, apisonado con humedad adecuada	1,9	70	2,75
Arcilla esponjada seca	1,6	40	0,84
Arcilla esponjada húmeda	2,0	20	0,36
Arcilla densa con humedad normal	2,5	70	2,75

**Tabla 63.** Peso específico aparente y ángulo de Talud natural en función del tipo de suelo

## 6.10. FUNDACIONES

La selección de una fundación superficial o profunda dependerá de la capacidad soporte del suelo en las diferentes cotas, la naturaleza del terreno, o la mejora que represente el efecto de profundidad.

Cuando se trata de proyectar una cimentación se necesita disponer de cierta información:

- 1). Magnitud de las cargas actuantes.
- 2). Características de la estructura a cimentar.
- 3). Características del subsuelo.
- 4). Topografía superficial del lugar de trabajo y sus adyacencias.

5). Características y estado de las construcciones vecinas.

El análisis de los elementos anteriormente mencionados conducen al proyecto de la cimentación, el cual debe considerar:

- 1). Cota de fundación.
- 2). Selección del tipo de fundación, en función de esa cota y de la naturaleza del terreno.
- 3). Procedimientos constructivos.
- 4). Procedimientos respecto a las construcciones vecinas.

### **6.10.1. Selección de la Cota y Tipo de Fundación**

Se deben determinar cuáles son los mantos de suelo aptos para apoyar la fundación. La solución suele no ser única, sino múltiple. Normalmente se puede apoyar en distintos niveles. La selección debe hacerse en función de un análisis técnico – económico, pues a condiciones satisfactorias de seguridad para varias soluciones, corresponden costos diferentes.

En consecuencia, en primer término se debe establecer cuáles son los mantos que ofrecen la seguridad adecuada. Para ello se debe aplicar el criterio que corresponda según el tipo de suelo:

- En suelos blandos: criterio de deformación.
- En suelos duros: criterio de rotura.

Hallar las cotas posibles para fundar, implica fijar las tensiones admisibles, o sea la capacidad de carga del terreno a esas cotas, o en otras palabras el coeficiente de seguridad disponible.

En el primer caso se debe aplicar el coeficiente de seguridad a la tensión límite que produce deformaciones aceptables por la estructura; en el caso de suelos duros el coeficiente afectará, a la tensión límite de rotura o de fluencia del suelo a utilizar.

Elegidas las cotas de apoyo posibles, se está en condiciones de prever los distintos tipos de cimentación que pueda corresponder a cada estructura. Esos tipos de fundación dependerán de la naturaleza del terreno disponible para apoyo, o de la dificultad para atravesar los mantos y acceder a él.

Resultan de este análisis varios tipos de fundación técnicamente aceptables, y un orden de prioridad respecto a las condiciones de comportamiento. Es el momento de hacer incidir en la selección el criterio económico para que la solución a adoptar sea el resultado más conveniente desde el punto de vista técnico – económico.

El estudio económico debe encaminarse a hallar la solución que, a similitud de comportamiento represente un costo menor.

El término “costo” tiene un carácter muy amplio. No se trata solamente del valor intrínseco de los materiales, mano de obra y gastos generales involucrados directamente

por los trabajos, sino al conjunto de todos los elementos o circunstancias con implicancia económica. Así se deben considerar:

- El costo intrínseco de la construcción.
- El tiempo de ejecución. Implicancia en:
  - Mayores costos.
  - Renta perdida.
  - Multas por exceso en plazo.
- El costo comercial de distintas soluciones.
- La disponibilidad de equipos en el momento conveniente.
- Los daños y perturbaciones a vecinos.
  - Indemnizaciones.
  - Trabajos adicionales.
  - Reparaciones.
  - Paralización de trabajos por demandas legales.

Un factor generalmente determinante de la solución a adoptar es la presencia de agua subterránea, su cantidad y calidad. El proceso constructivo debe tener en cuenta esa presencia y las posibles variaciones según la época del año en que se prevé ejecutar los trabajos.

### **6.10.2. Determinación de la Cota de Fundación**

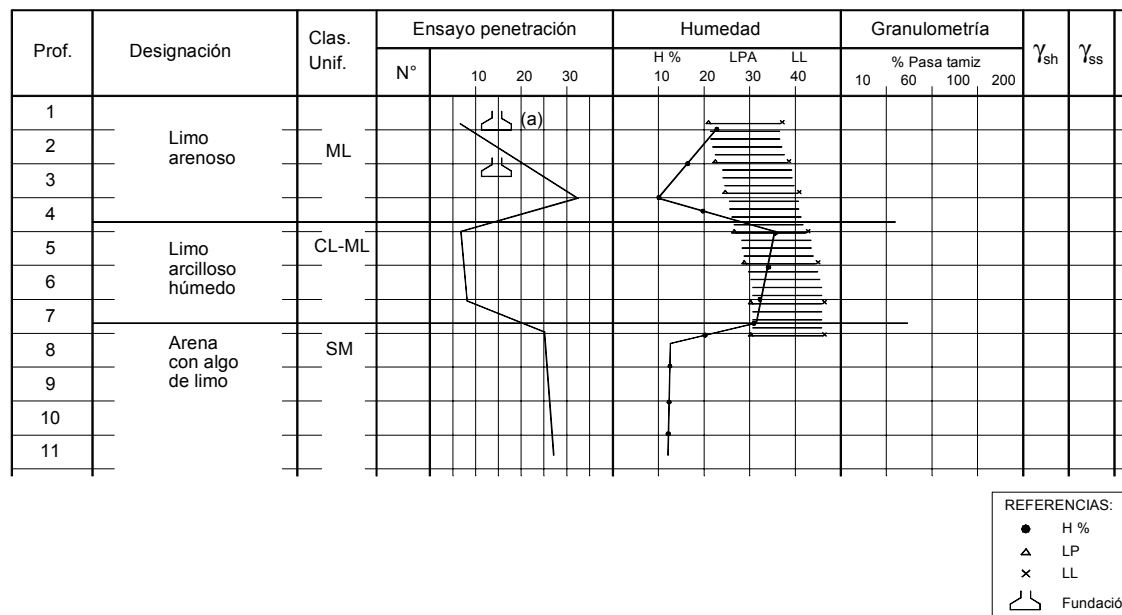
La determinación de la cota de fundación se puede hacer a través de la interpretación del ensayo de penetración estándar. (S.P.T.)

El número de golpes dado (N) por el S.P.T. da una idea de la resistencia al corte del material ensayado. Los valores de N se deberán relacionar con los datos suministrados por el estudio del perfil del suelo, a los fines de fijar la cota y tipo de fundación a adoptar.

A título de ejemplo se analiza a continuación el perfil esquematizado en la **Figura 57** del cual se puede extraer las siguientes conclusiones:

En primer lugar se analiza el diagrama de penetración, en forma aislada del resto de los elementos suministrado por el cuadro, observándose que la resistencia del suelo aumenta con la profundidad hasta los 3 m., a partir de la cual decrece bruscamente hasta valores muy bajos. Luego se incrementa nuevamente y se mantiene con consistencia uniforme por debajo de los 7 m.

Puede ocurrir que la estructura tenga una carga pequeña, y que la resistencia del suelo a 1 m. de profundidad sea suficiente para ubicar allí la fundación, debido a que la misma crece por debajo de dicha cota y las tensiones que llegan a los 4 m. puedan ser compatibles con la baja resistencia de ese manto. Luego la fundación prevista en (a) sería aceptable.



**Figura 57.** Ensayo de penetración estándar

La presencia de un subsuelo o de una carga mayor no permitirá usar la cota de 1,0 m. y en este caso no podría fundar a 2,5 m. de profundidad, ya que según el valor de N las presiones en este estrato son importantes.

Sin embargo, como la fundación induce a la profundidad de 4 m., presiones mayores a las admitidas por el estrato blando allí detectado, por lo tanto no se podrá usar toda la capacidad de carga correspondiente al terreno de cota 2,50 m.; y de fundar a ese nivel, se deberá hacer con tensiones restringidas que no afecten a la capa subyacente.

Todo lo expuesto es válido suponiendo un terreno estable, y prescindiendo de las condiciones en que se encuentra en el momento del ensayo.

Si se analiza el perfil en forma simultánea con las columnas que indican el tipo de suelo, y el estado de su humedad natural, y se refiere ésta a los límites de consistencia, se podrán variar las conclusiones anteriores.

El estrato correspondiente a 2,50 m. de profundidad es un limo arenoso, con un contenido de humedad muy por debajo del LP., es decir, alejado del estado plástico. Cuando ese suelo se humedezca por infiltraciones superficiales, o ascenso capilar desde pozos absorbentes por ejemplo, su consistencia cambiará en forma apreciable. El pico de resistencia que muestra el diagrama de penetración desaparecerá, y el riesgo de asentamiento se hará considerable. En consecuencia, la resistencia aparente señalada por el SPT., es transitoria, y el estrato no resulta apto para fundar en él, de tal manera que se deberá buscar el manto estable existente debajo de los 7 m.

En definitiva, el análisis del perfil del terreno debe hacerse considerando en forma conjunta:

- El tipo de suelo.
- El ensayo de penetración.
- El estado de humedad respecto a los límites de consistencia.

De estudios similares se obtendrán conclusiones sobre los distintos estratos que presentan resistencia adecuada para la fundación de la estructura.

Por lo tanto se debe visualizar en forma simultánea todo el perfil, lo que permite establecer el efecto relativo entre los distintos estratos.

Capas resistentes como la superficial, si son seguidas por un estrato blando, ven restringidas las posibilidades de soportar cargas pesadas. Sin embargo pueden resultar aptas para construcciones livianas, cuando los bulbos de presiones de las fundaciones no afecten a los mantos blandos con tensiones superiores a las admisibles.

Esto obliga, en muchos casos a usar tensiones admisibles inferiores a las que corresponderían a la resistencia a la penetración medida in situ para ese estrato, por estar restringida su capacidad por la del subyacente o a elegir una cota más alta, de menor capacidad soporte, pero con un espesor mayor de terreno consistente que redistribuya mejor las cargas limitando de esta manera la acción sobre la capa blanda inferior.

Lo dicho se refiere a los valores obtenidos por el ensayo de penetración, independientemente de la humedad de suelo en el momento de medirse la resistencia a la penetración. Si como muestra la **Figura 57**, la humedad está muy por debajo de la correspondiente al campo plástico, conforme resulte la sensibilidad de ese material respecto a la variación de la misma puede suceder que el pico de resistencia sea eventual, es decir, desaparezca al producirse cierto humedecimiento y en el estrato considerado.

Cuando existan subsuelos es preciso recurrir a capas más profundas, en cuyo caso la fundación podrá ser mediante pilotes, pilares, cilindros, o cualquier otro tipo de fundación profunda.

En este análisis, además de la capacidad de carga del estrato resistente profundo se necesita estudiar las características de los mantos ubicados por encima de él, para verificar si habrá o no colaboración friccional, y de acuerdo con la naturaleza de los mismos prever las facilidades o dificultades constructivas que en definitiva determinarán el tipo de fundación profunda a elegir.

También se necesita conocer las características de los mantos subyacentes a aquel que sirva de apoyo a la fundación, pues las cargas serán transmitidas a mayor profundidad a través de la estructura de cimentación donde deberá considerarse el bulbo de presiones producido por la misma.

Con el análisis precedente se está en condiciones de establecer en forma preliminar la cota y tipo de fundación a emplear. Deberán entonces establecerse las verdaderas características de los mantos en función de los parámetros de resistencia que indican los estudios del terreno ( $\phi$  y  $C$  para distintos niveles), densidad aparente, y resultados de ensayos de consolidación o compresión confinada, en las condiciones más desfavorables que se pueda prever, para establecer la capacidad soporte en función de los criterios de

deformación o de resistencia, según cuales sean las condiciones del terreno y el tipo de cimentación a diseñar.

A continuación se presentan algunas consideraciones particulares relativas a distintos suelos.

Cuando se trate de arenas, o en general suelos granulares, el aspecto más significativo será el grado de densidad. Si la arena es densa no habrá problemas de cimentación. Si es suelta se puede prever asentamientos, por factores externos a la estructura misma (escurrimiento de agua, vibraciones, hincas de pilotes en la vecindad, etc.) aunque es difícil cuantificar su magnitud. En el caso de arcillas, si éstas son fuertemente preconsolidadas, las fundaciones tendrán un excelente comportamiento, mientras que en mantos blandos se deberá prever asentamientos de mayor o menor magnitud, o bien expansiones nocivas en construcciones livianas, cuando el material sea ávido de agua absorbiéndola en proporciones inadecuadas.

En suelos limosos, que presenten en forma limitada propiedades de fricción y cohesión, si su plasticidad es muy baja deben tratarse como arenas muy finas, de baja capacidad soporte, si son de alta plasticidad como arcillas, pero con cohesión mucho más limitada que aquellas. En definitiva, son suelos de menor calidad que las arenas y las arcillas. Tenzaghi y Peck indican que no deben ser usados como apoyo de fundaciones superficiales cuando el número de golpes en el ensayo de penetración estándar sea inferior a 10.

Dentro de los terrenos limosos merecen un párrafo especial los suelos loésicos, de amplia difusión en el país, y en todo el mundo.

Estos suelos, pese a ser fundamentalmente limosos, por su proceso de formación eólica, tienen una estructura distinta a la de los limos depositados por sedimentación hidráulica. Los vínculos cohesivos son de naturaleza diferente, compuestos por sales solubles, o arcillas, que al humedecerse se lubrican y permiten una gran deformación, sumamente rápida designada con el nombre de colapso, para caracterizar el brusco pasaje de un estado a otro de consistencia.

En estos suelos el ensayo de penetración no tiene significado alguno por la irregularidad del comportamiento con distintos tenores de humedad. La resistencia no sólo varía con diferencias muy grandes, sino con localizaciones muy particulares. Es factible tener colapso en un sector humedecido, y conservar casi toda su consistencia a muy corta distancia. Ello provoca inconvenientes muy grandes en las cimentaciones por lo que la solución consiste en atravesar el manto de terreno colapsable y apoyar sobre mantos inferiores de resistencia estable.

En el caso de fundaciones superficiales, si se requiere buscar la máxima capacidad soporte de terreno de apoyo, porque los estratos subyacentes son de buena naturaleza, se pueden hacer ensayos de carga directa, a escala grande, para determinar en forma cuantitativa los máximos valores de tensión admisible y su coeficiente de seguridad.

En fundaciones profundas, cuando se dispone de estratos muy resistentes para apoyar en ellos el extremo de los pilotes o pilares, no suelen presentarse dudas, y ser perfectamente aceptables las fórmulas dinámicas de capacidad de carga. Será necesario tomar previsiones para la hincas de pilotes, y fijar tensiones admisibles en forma similar a la de fundaciones superficiales para el caso de pilares o pilotes de gran diámetro.



En suelos blandos, con gran participación de la resistencia friccional a veces es necesario recurrir a pilotes de prueba y a ensayos de carga sobre ellos para establecer su real capacidad soporte.

Se pueden establecer algunas reglas generales para la elección preliminar del tipo de fundación.

- Cuando el terreno está formado por un manto superficial de espesor considerable, y suficientemente compacto o consistente, puede adoptarse como selección previa, una fundación superficial, siempre que no se tenga capas compresibles a profundidades afectables por tensiones importantes.
- Cuando fuera necesario utilizar fundaciones directas sobre terrenos compresibles, deberá proyectarse placas extensas (plateas) apoyadas a cierta profundidad para que el terreno excavado equilibre aproximadamente el peso de la estructura.
- Cuando debajo de una capa superficial consistente, se tenga una capa compresible se debe prever en forma preliminar fundación mediante pilotes o pilares que atravesando el manto blando transmitan las cargas a mantos resistentes profundos y se deberá considerar cómo atravesar el manto duro superficial.
- Cuando la capa superficial esté constituida por un suelo blando, y existan terrenos firmes a 7,0 ó más metros de profundidad, la primera solución a intentar es la de fundaciones profundas.

Luego de estimadas algunas soluciones alternativas, el cálculo económico definirá el orden de prioridad de las distintas variantes.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

### **Numeral 1.**

- HYTSA Estudios y Proyectos S.A., COFAP y S, Consejo Federal de Agua Potable y Saneamiento, Normas de Estudio, Criterios de Diseño y Presentación de Proyectos de Desagües Cloacales para localidades de hasta 30000 habitantes.

### **Numeral 2.**

- HYTSA Estudios y Proyectos S.A. – COFAP y S, Consejo Federal de Agua Potable y Saneamiento – Normas de Estudio, Criterios de Diseño y Presentación de Proyectos de Desagües Cloacales Para Localidad de Hasta 30.000 habitantes.
- HYTSA Estudios y Proyectos S.A. – Curso Sobre Estudio de Demanda – Ing. Jorge Nisman /1998.
- SNAP, Servicio Nacional de Agua Potable – Normas de Estudios Diseño y Presentación de Proyectos.

### **Numeral 3.**

- Houser, G. C. – How Accurately Can Engineers Predict Future Population Grown of Cities. – American City: 124 – 126, Sep. 1928.
- HYTSA Estudios y Proyectos S.A., COFAP y S, Consejo Federal de Agua Potable y Saneamiento, Normas de Estudio, Criterios de Diseño y Presentación de Proyectos de Desagües Cloacales para localidades de hasta 30000 habitantes.
- INDEC – CELADE - Estimación y Proyecciones de Población. Total del País (versión revisada) - 1950 - 2050. Se ve Análisis Demográfico N° 5 – 1995.
- INDEC – CELADE – Proyecciones de la Población Provincial Según Sexo y Grupos de Edad 1990 – 2020 – Serie Análisis Demográfico N° 2 – 1995.
- INDEC – Estimaciones de la Población por Departamento – Período 1990 – 2005. Serie de Análisis Demográficos N° 8 - Buenos Aires 1996.
- INDEC - Estimaciones de la Población por Departamento Período 1990 - 2005 - Serie Análisis Demográfico N° 8 – 1996.
- INDEC – Proyecciones de Población Por Sexo y Grupo de Edad: Urbanas – Rural y Económicamente Activa (1990 – 2025) y Por Provincia (1990 – 2010). (Versión revisada febrero 1996) – Serie Análisis Demográfico N° 7 – 1996.
- INDEC - Situación y Evolución Social - Síntesis N° 3 – 1995.
- INDEC – Tabla Completa de Mortalidad de la Argentina por Sexo 1990 – 1992 – Serie de Análisis Demográfico N° 3 – 1995.
- INDEC – Tablas Abreviadas de Mortalidad Provinciales Por Sexo y Edad 1990 – 1992 – Serie de Análisis Demográfico N° 4.

- Jag Moban Segbal - Introducción a las Técnicas de Proyección de la Población y la Fuerza de Trabajo – 1989.
- Mattelart, A. – Manual de Análisis Demográfico – Santiago de Chile, Universidad Católica de Chile, Centro de Investigaciones Sociológicas, 1964.
- Ministerio de Salud y Acción Social – Estadísticas Vitales de Recursos y Producción de Servicios Cifras Provisorias – Año 1995 – Buenos Aires - 1996.
- Programa Regional OPS/EHP/CEPIS de Mejoramiento de Calidad de Agua Para Consumo Humano. Ing. José M. Perez Carrion – Manual de Instrucción. Ciclo: Conceptos Generales Sobre Aprovechamiento de Agua – Módulo: Análisis Poblacional – 1981.
- Schmitt, R. & Crosetti, A. – Accuracy of the ratio – correlation method for estimating post – censal population. – Land Economics, 30:279, Aug. 1954.
- Siegel, S. J. Forecasting The Population of Small Areas - Land Economics, 29:72, Feb. 1953.
- Siegel, S.J., Shyrock, J.S. & Greemberg, B. – Accuracy of post – Censal Estimates of Population for States and Cities - American Sociological Review, 19:440, 1950.

**Numeral 4.**

- HYTSA Estudios y Proyectos S.A. – Curso Sobre Estudio de Demanda – Ing. Jorge Nisman / 1998.
- Hytsa Estudios y Proyectos S.A., Cofapys, Consejo Federal de Agua Potable y Saneamiento, Normas de Estudio, Criterios de Diseño y Presentación de Proyectos de Desagües Cloacales para localidades de hasta 30000 habitantes.

**Numeral 5.**

- Aldo Bruno Mattion, El Proyecto en Ingeniería, El Ateneo, 1992.
- Babbitt Harold E., Baumann Robert – C.E.C.S.A. – Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras - 1981.
- Banco Interamericano de Desarrollo, Guía para la Evaluación de Proyectos de Agua Potable, 1978.
- Celia Medina Nava, Economía para Ingenieros, Alfaomega, 1992.
- CETESB – Projeto de Sistemas Distribuição de Água – Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição Das Águas. CETESB. Abes, BHN. Sao Paulo – 1975.
- Cetesb-Abes, Técnica de Abastecimiento e Tratamiento de Agua , Tomos 1 y 2, 2da Edición.
- Colegio de Ingenieros, Canales y Puertos Colección Senior N° 6, Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid (U.P.M.) 1993 - Aurelio Hernandez Muñoz, Abastecimiento y Distribución de Agua.

- Daniel V. Fernández Pérez, Gestión del Agua Urbana Abastecimiento y Saneamiento, Colegio de Ingenieros de Canales Caminos y Puertos, Colección Senior, N°14, Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, 1995.
- Eng. Jose M. de Azevedo Netto, Nng.Eduardo Ferreira Borba Junior, Eng.Tetsuaki Misawa y otros, Cetesb, Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Basico e de Controle de Poluicao das Aguas Projeto de Sistemas de Distribucao de Agua Sao Paulo, 1975 Capitulo 1.
- Engs. J. M. de Azevedo Netto, E. Ferreira y Borba Junior, Tetsuaki Misawa y Otros – Cetesb, Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Basico e de Controle de Poluição Das Aguas – Projeto de Sistemas de Distribuição de Água – Sao Paulo, 1975 – Capitulo 1
- Fair, Geyer y Okun , Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales. Tomo 1, Limusa, 1997.
- Gordon M. Fair, John C..Geyer, Daniel A. Okun, Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales Abastecimiento De Agua Y Remoción de Aguas Residuales, México 1968, Volumen 1.
- HYTSA Estudios y Proyectos S.A. – Curso Sobre Estudio de Demanda – Ing. Jorge Nisman /1998.
- HYTSA Estudios y Proyectos S.A., Cofapys, Consejo Federal de Agua Potable y Saneamiento, Normas de Estudio, Criterios de Diseño y Presentación de Proyectos de Desagües Cloacales para localidades de hasta 30000 habitantes.
- Ingeniería Sanitaria y Ambiental, AIDIS – Revista N° 26.
- J. M. de Acevedo Netto – Guillermo Acosta Alvarez, Manual de Hidráulica Harla, México 1976
- Jairo Alberto Romero Rojas, Calidad de Agua, Alfaomega, 2da Edición, Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999.
- Metcalf and Eddy – Ingeniería Sanitaria Tratamiento Evacuación y Reutilización de Aguas Residuales, Editorial Labor, 1985.
- Muñoz, Aurelio Hernández Colegio de Ingenieros, Canales y Puertos Colección Senior N° 6, Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid (U.P.M.) 1993, Abastecimiento y Distribución de Agua.
- OMS, Organización Mundial de la Salud, Gestión Financiera del Abastecimiento del Agua y del Saneamiento, Manual, Ginebra, 1995.
- OMS, Organización Mundial de la Salud, Operation and Maintenance of Urban Water Supply and Sanitation Systems, A Guide for Managers, World Health Organisation, GENEVA, 1994.
- Palotás Laszlo, Manual del Ingeniero, Tomo III, Editorial Técnica, Budapest, 1985.
- Ricardo Alfredo Lopez Gualla. Diseño de Acueductos y Alcantarillados Segunda Edición, Alfaomega, Escuela Colombiana de Ingeniería. 1999.

- SNAP, Servicio Nacional de Agua Potable – Normas de Estudios Diseño y Presentación de Proyectos.
- Subsecretaría de Programación y Coordinación con el Sector Público, Guía para la Evaluación de Proyectos Urbanos, Agua Potable y Alcantarillado. Documento de Trabajo SP N°26 abril 1989. Programa de Asistencia Técnica para la Gestión del Sector Público Argentino Préstamo Banco Mundial 2712-AR.
- Walski Thomas , Awwa Journal, Management and Operations, Noviembre 1987.

#### **Numeral 6.**

- Abastecimientos de Agua, José Paz Maroto, José Paz Casañe, Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1962.
- Anuarios Hidrográficos, Agua Y Energía Eléctrica, Buenos Aires, Publicación Periódica.
- Anuarios Hidrográficos, Dirección Nacional De Construcciones Portuarias y Vías Navegables, Publicación Periódica, Última Edición: Buenos Aires 1980.
- Aportes Técnicos (gráficos), Revista "Ingeniería Sanitaria y Ambiental", N° 6, AIDIS, Buenos Aires, Febrero de 1992.
- Cartografía de Areas de Riesgo, Notas Sobre Ambientalismo, UNESCO, Buenos Aires, 1991.
- Compendio General de Topografía Teórico Práctica, Agrim. Roberto Müller, El Ateneo, Buenos Aires.
- Diseño de Abastecimiento de Agua Potable a Comunidades Rurales, Manual de curso de posgrado, Escuela de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería de la U.B.A., Buenos Aires, 1967.
- Encuentro Fotogramétrico, Publicación Anual, Asociación Argentina de Fotogrametría y Ciencias Afines, Buenos Aires.
- Hidrología de las Grandes Llanuras, Volúmenes I, II y III (Coloquio Olavarría 1983), Comité Nacional Para El Programa Hidrológico Internacional (CONAPHI), Buenos Aires, 1984.
- Instrucción Hidrográfica N° 03/83 Sobre Cartas en Escalas 1:50.000 o Mayores, Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires, 1983.
- Instrucciones Hidrográficas Preliminares, Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires, 1976.
- Instrucciones Para Estudios de Provisión de Agua Potable, Ing. Otto E. Bodenbender, Revista O.S.N. N° 69, Buenos Aires, 1943.
- Inventario de Levantamientos Aerofotogramétricos Sobre Centros Urbanos y de Imágenes Satelitarias, Servicio de Hidrografía Naval (Publicación H.1032), Buenos Aires, 1981.
- Juárez Badillo – Rico Rodríguez – Fundamentos de la Mecánica de Suelos – Tomo N° 1 –1990

- Manual de Mediciones Hidrográficas e Hidrométricas, Laboratorio Hidráulico de Delft, Proyecto de Asistencia Técnica Holandesa, 1980.
- Manual de sensores remotos, Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, Buenos Aires, 1980.
- Measurement of surface microtopography, S. D. Wall, T. G. Farr, J. P. Muller, P. Lewis, F. W. Lebert, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. LVII, N° 8, Virginia, August 1991.
- Normas de Diseño, Materiales e Uniformidad de Instalaciones y Equipos en los Aprovechamientos del SNAP, Tomo III, Pliegos, Servicio Nacional De Agua Potable, Buenos Aires, 1987.
- Normas de Diseño, Materiales y Uniformidad de Instalaciones y Equipos en los Aprovechamientos del SNAP, Tomo II, Normas de Estudios, Diseños y Presentación de Proyectos, Plan Nacional de Agua Potable Rural, Subsecretaría de Recursos Hídricos, Servicio Nacional de Agua Potable y Saneamiento Rural (SNAP), Buenos Aires, 1991.
- Normas N°18 - Comisiones de Estudio Para Proyectar Obras Nuevas de Saneamiento - Instrucciones Generales Para Estudios de Campaña Relativos a la Preparación de Proyectos de Obras de Provisión de Agua Potable, Obras Sanitarias de La Nación, Buenos Aires, 1943.
- Normas para Levantamientos Hidrográficos, Bureau Hydrográfico Internacional, Mónaco 1987.
- Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, American Society Of Photogrammetrie (Revista mensual), Church Falls, Virginia.
- Plan de Vuelo Fotogrametricos - Especificaciones Generales, Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires, 1983.
- Pliego de Especificaciones Técnicas Mínimas Para la Construcción de Obras Civiles Externas de Provisión de Agua (Título 8), Ing. Julio Santa María, Servicio Nacional de Agua Potable y Saneamiento Rural (SNAP), Subsecretaría de Recursos Hídricos, Buenos Aires, 1985.
- Resumen de la Principal Bibliografía Mundial Relacionada con los Sensores Remotos Aplicados a la Evaluación y Manejo de los Recursos Naturales, Aeroterra S.A., Incyth, Buenos Aires, 1975.
- Revista del Instituto Geográfico Militar, I.G.M., Publicación anual o semestral del Instituto Geográfico Militar, Buenos Aires.
- Seminario Internacional Hidrológico de Grandes Llanuras, Memoria UNESCO (PHI) Y Comité Nacional Para El Programa Hidrológico Internacional (C.O.N.A.P.H.I), Buenos Aires, 1989.
- Special GIS Issue - Land Use / Land Cover, Photogrammetric Engineering And Remote Sensing, Vol. LVII, N° 11, Virginia, November 1991.
- Special Issue: Integration of Remote Sensing and Gis, Photogrammetric Engineering And Remote Sensing, Vol. LVII, N° 6, Virginia, June 1991.

- Standard and Specifications for Geodetic Control Networks. Federal Geodetic Control Committee, NOAA, Rockville Maryland (USA), 1984.
- Stereo Elevation Determination Techniques for Spot Imagery, Doug C. Brockelbank, Ashley P. Tam, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. LVII, N° 8, Virginia, August 1991.
- Supplement N°2-1980 to General Instructions for Hydrographic Surveyors, Hydrographer Of The Navy, Londres, 1980.
- Tablas de Mareas, Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires, Publicación Anual.
- Terzaghi y Peck – Mecánica de los Suelos en la Ingeniería Práctica.
- The Geodesist Handbook, Asociación Internacional de Geodesia, París, 1985.
- Topografía (2 tomos), Manuel Chueca Pazos, Editorial Dossat, Madrid, 1982.
- Tratado de Construcciones Civiles (Tomo II), Obras Públicas e Hidráulicas, Ing C. Levi, Gustavo Gili, Barcelona, 1920.
- Tratado de Hidrología Agrícola, Dr. Ing. Agr. Marcelo Conti, Biblioteca Agronómica y Veterinaria, Tomo I, Facultad de Agronomía y Veterinaria, U. B. A., Buenos Aires, 1938.
- Tratado General de Topografía, Dr. W. Jordan, Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona.
- Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales, Eddy-Metcalf, Labor, Barcelona, 1981.
- Urban Hydrological Modeling and Catchment Research: International Hydrological Programme, M. B. Mc Pherson, F. C. Zuidena, A Contribution to the International Hydrological Programme, UNESCO, París, 1978.
- Vademécum del Topógrafo, Heinz Wittke, Gustavo Gili, Barcelona, 1976.