

CAPITULO II

ESTUDIOS PRELIMINARES

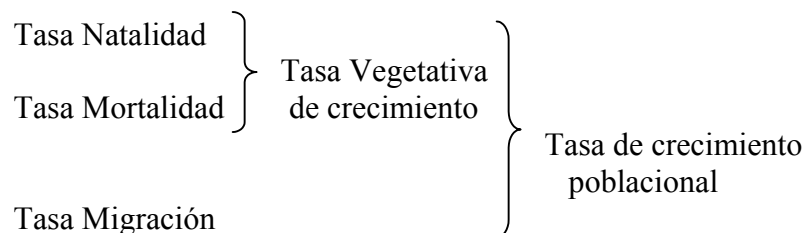
2.1. ESTUDIOS DE POBLACIÓN

En Bolivia, el organismo estatal encargado de llevar los datos oficiales acerca del crecimiento poblacional es el Instituto Nacional de Estadística (<http://www/ine.gov.bo>), cuyos datos abarcan a todo el país. Se cuenta con datos censales de 1976, 1992 y 2001 que son los tres últimos censos y datos extrapolados que el INE va mostrando en su página WEB, en forma anual.

El crecimiento demográfico en las poblaciones, se debe a los siguientes factores: La tasa de natalidad, la tasa de mortalidad y las migraciones. Las dos primeras, constituyen el crecimiento vegetativo. Es muy raro encontrar estos factores sobretodo en poblaciones rurales, en caso de utilizar los mismos el método desarrollado se conoce con el nombre de crecimiento poblacional por método de las componentes.

El crecimiento poblacional, está íntimamente ligado al tamaño del proyecto y por tanto, al periodo de diseño que se analice. Debido a factores imprevisibles, una población no puede ser extrapolada con seguridad a más de 20 años, pues durante periodos más largos, podrían ocurrir fenómenos de crecimiento que distorsionen en alto grado la magnitud del proyecto que se vaya a adoptar.

Crecimiento por componentes



La *Tasa de Crecimiento poblacional* es el aumento (o disminución) de la población por año en un determinado período debido al aumento natural y a la migración neta, expresado como porcentaje de la población del año inicial o base.

La *Tasa Vegetativa de crecimiento* es simplemente los nacimientos menos las defunciones. Si hay más defunciones que nacimientos obtendremos un número negativo, o dicho de otro modo, en lugar de ganar población se pierde.

La *Tasa de Natalidad* es número de niños nacidos vivos en un año, expresado como porcentaje de la población o por cada 1.000 personas; y la *tasa bruta de natalidad* es el cociente entre el número de nacimientos ocurridos durante un periodo determinado (generalmente un año calendario) y la población media del mismo periodo.

La *Tasa de Mortalidad* es número de defunciones ocurridas en un año, como porcentaje de la población o por cada 1.000 personas; y la *tasa bruta de mortalidad* es el cociente entre el número de defunciones de todas las edades ocurridas en un periodo determinado (generalmente un año calendario) y la población estimada a mitad del mismo periodo.

La *Tasa de Migración* es el cociente entre el saldo neto migratorio de un periodo (inmigrantes menos emigrantes) y la población estimada a mitad del mismo periodo.

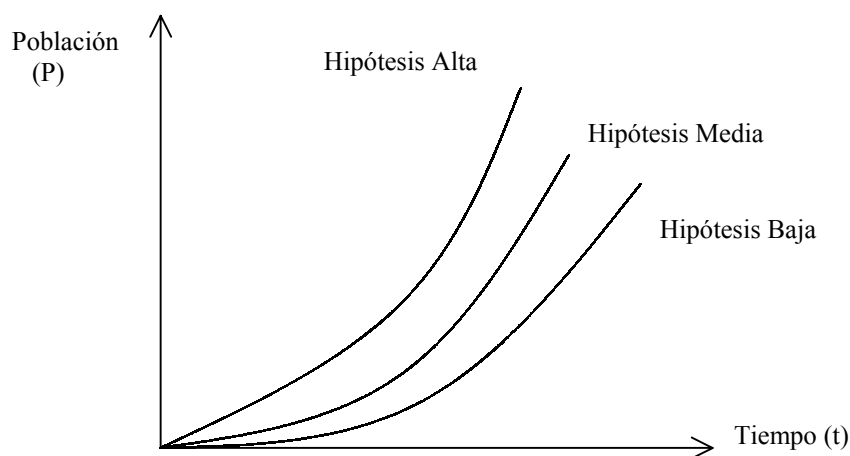


FIG. 2.1 CRECIMIENTO POBLACIONAL SEGÚN DIFERENTES HIPÓTESIS [Ref. Elaboración Propia]

Para proyectar la población, la elección final del método depende, de la experiencia del diseñador y del conocimiento que se tenga acerca de las condiciones *Socio-Económicas* y características de salud de la población, de esta manera se puede tomar una tasa de crecimiento con diferentes hipótesis, las cuales pueden ser altas, medias y bajas según los datos que se tengan ya sea de la INE, de la alcaldía de la región, FPS, FNDR etc.

En la figura 2.1 se observa el crecimiento de una población considerando diferentes hipótesis de diseño

2.1.1 CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA

Para el cálculo de la población futura se podrá utilizar uno de los siguientes métodos de crecimiento, según el tipo de población, dependiendo de las características socio-económicas de la población, y se debe guardar relación de acuerdo en lo que se especifica en la tabla 2.1

Crecimiento aritmético:

Dada por la fórmula:

$$Pf = P_0 \left(1 + i * \frac{t}{100} \right)$$

Crecimiento geométrico:

Dada por la fórmula:

$$Pf = P_0 \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$$

Método de Wappaus:

Dada por la fórmula:

$$Pf = P_0 \frac{(200 + i * t)}{(200 - i * t)}$$

Método exponencial:

Dada por la fórmula:

$$P_f = P_0 * e^{\frac{r*t}{100}}$$

Método (INE)

Dada por la fórmula:

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{r}{100} \right)^t$$

En las expresiones indicadas anteriormente se tienen:

P_f = Población futura (hab)

r = Tasa anual de crecimiento (%)

P_o = Población inicial de referencia (hab)

T = Periodo de diseño, a partir del año dato para la población inicial (años)

I = Índice de crecimiento anual (%)

e = Base de los logaritmos neperianos

Nota.- Debido a que estos métodos ilustran una solución diferente de la población, unos por vía exponencial y otros lineal, ***No se sacan promedios entre distintos métodos.***

2.1.1.1 Alcance del estudio

De acuerdo a la magnitud e importancia de la población, se deben diferenciar claramente las áreas de expansión futura, áreas industriales, áreas comerciales, áreas verdes, etc. Así mismo las áreas de la población deben ser diferenciadas por densidades de población como se establece en la tabla 2.1.

En el área rural se deben diferenciar las áreas de concentración y las áreas de población dispersa.

Tabla 2.1

Metodo a emplear	Poblaciones Pequeñas hasta 5000 hab.	Poblaciones Medianas de 5000 a 20000 hab.	Poblaciones Grandes de 20000 a 100000 hab.	Poblaciones Mayores de 100000 hab.
Crecimiento Aritmetico	X	X		
Crecimiento Geometrico	X	X	X	X
Metodo de Wappaus	X	X	X	X
Comparacion grafica	X (4)	X	X	
Metodos Exponenciales	X (4)	X (4)	X (3)	X
Detallar Zonas		X	X	X
Detallar Densidades		X	X	X
Notas :	.(1)	.(1)	.(1)	.(2)

.(1) A falta de información básica, se puede adoptar un valor técnicamente razonable de "i".

.(2) El valor "i" debe ser justificado necesariamente mediante datos estadísticos, del Instituto Nacional de Estadística (INE).

.(3) Optativo, recomendable

.(4) Sujeto a justificación

Fuente: Norma Boliviana NB 689, pag. 25

Se deberá señalar claramente la localización de establecimientos educativos, cuarteles, hospitales, centros deportivos y otras instituciones, así como la capacidad de albergue de los mismos, que representan consumos de carácter Público/Institucional a ser considerados especialmente en el diseño de las redes de distribución.

2.1.1.2 Correcciones a la población calculada

La población calculada según los métodos descritos deberá ser determinada y ajustada de acuerdo a las consideraciones siguientes:

- a) *Población estable*
- b) *Población flotante*: Se refiere a la población ocasional que signifique un aumento notable y distinto a la población natural o vegetativa.
- c) *Población migratoria*: Que depende de las condiciones de planificación sectorial en relación con los recursos naturales, humanos o económicos de cada localidad.

2.1.2 PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño, es el tiempo en el cual se considera que el sistema funcionara en forma eficiente cumpliendo los parámetros, respecto a los cuales se ha diseñado determinado sistema. El período de diseño, tiene factores que influyen la determinación del mismo, entre los cuales podemos citar:

2.1.2.1 Durabilidad de los materiales

Todos los materiales empleados en la implementación de un sistema de abastecimiento de agua, tienen diferentes “vidas útiles”, así por ejemplo, las obras de H° A° , se deprecian en 50 años y una bomba tiene una vida útil media de 10 años. Esta disparidad en la vida útil de los diferentes componentes de un sistema de agua potable, hace que la determinación de un periodo de diseño uniforme no sea factible con esta consideración.

2.1.2.2 Ampliaciones futuras

Como un sistema de agua, puede en algunos casos demandar fuertes inversiones, a veces se propone construir los mismos por etapas. Estas etapas de construcción, dependen de los aspectos financieros y de la factibilidad que se tenga en su implementación. Todo esto, hace que las etapas iniciales, deben tomar en cuenta las etapas posteriores, a fin de fijar un periodo de diseño en conformidad con las futuras.

2.1.2.3 Rangos de valores

En referencia a la norma NB-689 el periodo económico de diseño recomendado para cada una de las unidades será adoptado de acuerdo a la tabla 2.2

Tabla 2.2 Periodo económico de diseño para unidades del sistema (años)

Unidades	Población (Numero de habitantes)			
	Hasta 5000	De 5000 a 20000	de 20000 a 100000	Mas de 100000
a) Captación				
Manantial y				
Galerías de				
Filtración	20	20	30	30
-Superficial	15	20	30	30
-Pozos	10	10	10	10
b) Líneas de Aducción	20	20	30	30
c) Planta de Tratamiento	15	20	20-30	30
d) Estaciones de Bombeo				
-Estructuras	15	20	30	30
-Equipos				
* Eléctricos	10	10	10-15	10-15
* Combustión				
Interna	5	5	10	10
e) Red de Distribución	20	20	30	30

Fuente: Norma Boliviana NB 689, pag. 28

2.2 TOPOGRAFÍA

Es el primer trabajo que se realiza a fin de poder diseñar un sistema de abastecimiento de agua. Cuando se trate de sistemas de tamaño mediano a grande, el levantamiento debe ser del tipo plani-altimétrico, con una poligonal principal cerrada de primer orden y poligonales secundarias o de relleno que luego deberán ser niveladas. Las curvas de nivel en terrenos con pendientes mayores a 5% deberán ser dibujadas a cada metro y en terreno con pendientes menores a 5% serán dibujadas a 0.5 metros entre curva y curva.

Todo levantamiento topográfico para el diseño deberá estar referenciado a bancos de nivel "bench mark" y deberán construirse dados de hormigón (mojones) en los puntos principales de la poligonal base. Las nivelaciones en las poligonales, deberán ser estacadas cada 20 metros en terrenos planos y cada 10 metros en las curvas y en terrenos con pendiente abrupta

Es importante remarcar que todo levantamiento topográfico debe estar debidamente referenciado. Los BM's se vacían en hormigón, con secciones circulares de 40 a 45 cm de profundidad y un diámetro de 15 cm. Un elemento ideal para cumplir este cometido son las latas de leche vacías de 2 Kg. Al centro del BM se colocará un elemento metálico a tiempo de vaciar, y una inscripción que identifique el banco de nivel.

La precisión requerida para los levantamientos son los siguientes:

Error angular en minutos para cierre de poligonales

$$Ea = \sqrt{N}$$

Ea = Error admisible en minutos

N = Número de ángulos del polígono

Error longitudinal permisible en metros para cada cierre de poligonales

$$EI = 0.03\sqrt{L}$$

EI = Error longitudinal permisible en metros

L = Longitud de la poligonal en kilómetros

Error longitudinal permisible en metros para poligonales abiertas:

$$EI = 0.05\sqrt{L}$$

EI = Error longitudinal permisible en metros

L = Longitud de la poligonal en metros

Error permisible en minutos de nivelación.

$$En = 15\sqrt{L}$$

En = Error permisible expresado en milímetros

L = Longitud nivelada en kilómetros

Los planos deberán dibujarse a escala conveniente. Para la aducción es usual trabajar con escalas 1:5000 en la etapa de planificación luego de decidido el trazo, se dibujan planos a escalas 1:1000; los planos de detalle que sirven para el diseño de los trazos de agua potable y de alcantarillado, se hacen a escalas 1:500 a 1:200 dependiendo del tamaño de la población. Los planos de perfiles tienen escalas verticales usuales de 1:100 a 1:200.

En caso de usar software especial para la generación de curvas de nivel, no se debe olvidar que la máquina interpola alturas de acuerdo a un algoritmo escogido. Esto no siempre lleva a buenos resultados ya que la máquina no reconoce de manera visual el terreno, por lo que, si no se conoce bien el terreno, es preferible dibujar manualmente un plano y luego comparar con el resultado que da la máquina o finalmente digitalizar los resultados.

Los levantamientos para sistemas en poblaciones rurales, permiten que para sistemas pequeños por gravedad, se puedan hacer levantamientos usando eclímetros. Esta regulación se aplica a líneas cuyo desarrollo no sea mayor a los 2000 metros y el sistema sea a gravedad.

2.3 SOCIO - ECONOMÍA

Antes de diseñar un sistema de abastecimiento de agua o alcantarillado, se debe hacer levantamiento *socio-económico* de la población, en el cual se pretende implementar dicho sistema. El levantamiento, debe incluir el tipo de vivienda, los hábitos de higiene, el uso que se le da al agua, el precio que actualmente está pagando por el agua que recibe, las industrias y tipo de industria que se encuentra en el medio.

Normalmente, se realizan levantamientos por muestreo, siendo necesario que la encuesta se realice en viviendas donde exista un solo hogar, puesto que de otro modo, no se pueden extrapolar datos útiles para calcular la curva de demanda. Entre las preguntas se deben incluir los hábitos de higiene de las personas, la calidad visual de las edificaciones existentes, y las preguntas de orden económico (El modelo de las encuestas y preguntas a seguir se muestran en la sección de ANEXOS)

Por otra parte y a objeto de poder cubrir las tarifas, se debe hacer un sondeo de la disposición a pagar por el agua en caso de que el usuario tuviese un servicio continuo y con una buena calidad. En este punto, se deben realizar preguntas que vayan a corroborar su verdadera disposición a pagar, una pregunta como: *¿Cuánto pagará usted por el agua, si tuviese este en forma continua?* no es suficiente, puesto que, el usuario que no tiene agua podría decir que paga mucho más de lo que en realidad está dispuesto a hacerlo. El saber los ingresos económicos familiares promedio de la población es un buen índice, pues para servicios de agua potable y alcantarillado, se puede destinar hasta un tope de 10% del ingreso familiar mensual como aceptable para el pago de estos servicios.

En proyectos rurales, es importante realizar una encuesta social, en realidad para poblaciones muy pequeñas y dispersas se levanta censos totales de la población. La información recolectada es muy importante, pues se trata de conocer las necesidades reales de saneamiento, educación y otro tipo de infraestructura a fin de que sean los propios miembros de la comunidad los encargados de seleccionar su propio estándar de calidad de servicio.

Tabla 2.3 Opciones Técnicas para el abastecimiento de agua potable

OPCION TECNICA		DISPERSION DE LA POBLACION (1)	NIVEL DE SERVICIO	TAMAÑO DE REFERENCIA DE POBLACION (2)	PROPIEDAD DEL SISTEMA	RESPONSABLE DE OP Y MANT (5)
Con distribución por tuberías	Sistemas por gravedad	Concentrada	*Conexiones domiciliarias con o sin regulador de caudal o micromedidor *Piletas publicas (6)	Macro-sistema 2000-5000	Gobierno Municipal	Gobierno Municipal
		Semidisversa	*Conexiones domiciliarias con o sin regulador de caudal o micromedidor *Piletas publicas (6) *Mixto	Min-sistema 500-2000	Gobierno Municipal	Comunidad
		Dispersa	Piletas publicas (6)	Microsistema < 500	Gobierno Municipal	Comunidad
	Sistemas por bombeo	Concentrada	*Conexiones domiciliarias con o sin regulador de caudal o micromedidor	Macro-sistema 2000-5000	Gobierno Municipal	Gobierno Municipal
		Semidisversa	Piletas publicas (6)	Min-sistema 500-2000	Gobierno Municipal	Comunidad
			Microsistema 350 (3)- 500	Gobierno Municipal	Comunidad	
	Protección de vertiente con pileta publica	Semidisversa Dispersa	Piletas publicas (6)	5-x(4)	Comunal o familiar	Comunal o familiar
Sin distribución por tuberías	Bombas manuales con pozo excavado o perforado	Semidisversa	*Multifamiliares (6) *Familiares	5-x(4)	Comunal o familiar	Comunal o familiar
		Dispersa	*Multifamiliares (6) *Familiares		Comunal o familiar	Comunal o familiar
	Aguas de lluvia	Semidisversa	*Familiar *Comunal	No definido	Comunal o familiar	Comunal o familiar
		Dispersa	*Familiar			

Fuente: Manual de Diseño Para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en Poblaciones Menores a 5000 habitantes

- 1) Se clasifica la dispersión de la población considerando la distancia media entre las casas. Para distancias menores a 70 m, la población se denomina concentrada, para distancias entre 70 y 150 m, se denomina semi-dispersa; y para mayores a 150 m se denomina dispersa.

- 2) Rangos de población en base a la experiencia de instituciones del sector. No existe una relación directa entre el tamaño de la población y su dispersión, por ejemplo una comunidad de 300 personas puede ser considerada concentrada, así como una población de 600 personas, puede clasificarse como dispersa. La definición de macro-sistema, mini-sistema y micro-sistema tiene propósitos operativos.
- 3) Población mínima aconsejable por razones de operación y mantenimiento.
- 4) X: Población que podrá ser servida dependiendo del costo operativo en relación a otra alternativa técnica.
- 5) Según la ley de participación popular, los gobiernos Municipales tienen la obligación de administrar, mantener y renovar la infraestructura física de saneamiento básico.
- 6) Una pileta o bomba familiar sirve un número máximo recomendable de 5 familias, quienes tienen derecho exclusivo y la responsabilidad de su operación y mantenimiento.

2.4 ESTABLECIMIENTO DE LA CURVA DE DEMANDA

La determinación de la demanda corresponde a una aproximación teórica sobre proyecciones demográficas y de la dotación que se obtienen a partir de consideraciones socioeconómicas, tales como el nivel económico, servicios básicos, fuerza laboral etc.

En conclusión se puede decir que la determinación y proyección de la demanda de agua están ligadas tanto al aumento de la población como al mejoramiento de las condiciones de vida.

2.4.1 HIPÓTESIS PARA LA PROYECCIÓN DE DEMANDA DE AGUA

El criterio general para el desarrollo de un análisis y proyección de la demanda varía de acuerdo a las características del bien o servicio en cuestión, cuando se trata de bienes de consumo final como es el caso de agua potable y/o alcantarillado, el mercado se asienta directamente en la población consumidora, los estudios de la demanda estarán íntimamente

relacionados con factores demográficos a través de formas directas ya sean censos, encuestas, o bien la recopilación de datos históricos obtenidos por esas mismas vías.

2.4.2 FUNCIONES DE DEMANDA

Las demandas de un conjunto de personas puede representarse mediante una función de demanda de mercado que interprete ordenadamente las demandas colectivas como suma horizontal de las demandas individuales. Las dos formas más utilizadas para funciones de demanda para agua potable son las de tipo lineal y exponencial

a)Función de demanda lineal

$$Q = a + b \cdot P + c \cdot I + d \cdot A$$

Donde:

- Q = Consumo del agua per cápita mes
- a = Constante independiente de Q, P, I o A que afecta al consumo
- P = Precio o tarifa por metro cúbico
- I = Ingreso per capita mes
- A = Disposición o no del usuario a la evacuación adecuada de aguas residuales
(1 = tiene, 0 = no tiene)
- b = Variación en la demanda por cambios en el precio
- c = Variación en la demanda por cambios en el ingreso
- d = Variación en la demanda por disponer alcantarillado

b) Función de demanda exponencial (hipérbola rectangular)

$$Q = a \cdot P^b \cdot I^c \cdot e^{d \cdot A}$$

Donde:

- Q = Consumo del agua per cápita mes
- a = Constante independiente de Q, P, I o A que afecta al consumo
- P = Precio o tarifa por metro cúbico

- I = Ingreso per capita mes
- A = Disposición o no del usuario a la evacuación adecuada de aguas residuales
(1 = tiene, 0 = no tiene)
- b = Elasticidad precio de la demanda
- c = Elasticidad ingreso de la demanda
- d = Diferencia porcentual entre el consumo con y sin disposición adecuada de aguas residuales
- e = Constante 2.71828182

2.4.3 FACTORES DETERMINANTES DE LA DEMANDA DE AGUA

Los factores que determinan la demanda del agua, para uso domestico y uso publico, para el consumo humano urbano y rural, influyen principalmente los siguientes elementos:

- El precio o la tarifa que se cobra por el servicio,
- El ingreso per capita,
- El numero de personas que habita la vivienda,
- La disponibilidad de alcantarillado o características del sistema sanitario utilizado en la vivienda,
- Otras variables como: clima, factores culturales, características de la vivienda y otras variables de menor importancia

La curva de demanda de agua es otra herramienta, con la que se facilita la determinación de la tarifa, ya que es un indicador de la cantidad del servicio que los consumidores desean y son capaces de adquirir en diferentes precios. La curva de demanda no solo refleja lo que la población requiere, *sino también lo que quiere y puede pagar*

2.4.4 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Sabiendo cuales son los factores determinantes de la demanda de agua es necesario saber como obtenerlos de la población para poder estimadas. Los datos vendrán por lo general de una encuesta diseñada particularmente para la estimación de la demanda de agua, las

preguntas son realizadas concernientes al tipo de abastecimiento de agua potable, cantidad de agua consumida, costo de suministro e ingresos. Muchas de las preguntas son realizadas en forma indirecta porque el encuestado desconoce algunos parámetros de evaluación

Las encuestas una vez realizadas deben depurarse evitando que existan contradicciones en las respuestas, el siguiente paso es transferir esta información a una base de datos para su posterior análisis y procesamiento

Se debe mencionar que para una estimación adecuada de la demanda total de agua para uso domestico de una determinada región es necesario dividir esta en grupos de consumidores, debido a que en una sola región es por lo general posible encontrar varios grupos de habitantes con diferentes hábitos de consumo.

La demanda total de agua sobre un sistema de abastecimiento de agua municipal es la suma de todas las demandas individuales obtenida de cada grupo de consumidores respectivamente, durante un periodo determinado. La demanda no es constante, sino que varia durante el día y de acuerdo con la estación. Las variaciones disminuyen a medida que aumenta el periodo a lo largo del cual medimos la demanda, de cada hora a cada día, cada mes o cada año.

La función de demanda de un determinado grupo de consumidores se estima entre todos los subgrupos que la conforman; así pues, el grupo de usuarios residenciales, esta formado por aquellos que están y no están conectados a la red; también un grupo puede estar conformado por beneficiarios con diferentes niveles de ingresos, educación, raza, barrio, etc.

Una vez que se hayan recogido una gran masa de información a través de la encuesta, se requiere procesarla, con el objeto de lograr su sistematización, a fin de facilitar su análisis, se crea una base de datos para la determinación de la curva de demanda. Especificadas las

variables se procede a la regresión múltiple definitiva, la que emitirá como resultado los coeficientes de regresión, con los que la función de demanda se completa.

2.4.5 REGRESIÓN MÚLTIPLE

Los problemas que abarcan mas de dos variables como es el caso del consumo de agua, representa superficies de regresión -se pierde la intuición geométrica- puesto que se requiere un espacio de cuatro, cinco o mas dimensiones. La estimación de un valor a partir de dos o mas variables es un problema de regresión múltiple.

El objetivo principal del análisis de regresión es estimar el valor de una variable aleatoria, en este caso el consumo de agua potable (llamada variable dependiente o variable respuesta), conociendo el valor de un grupo de variables asociadas (llamadas variables independientes o de predicción). La ecuación de regresión es la formula algebraica mediante la cual se estima el valor de la variable dependiente, que para el estudio es el consumo de agua. Por ejemplo se tiene un diagrama de dispersión de datos en la figura 2.2.

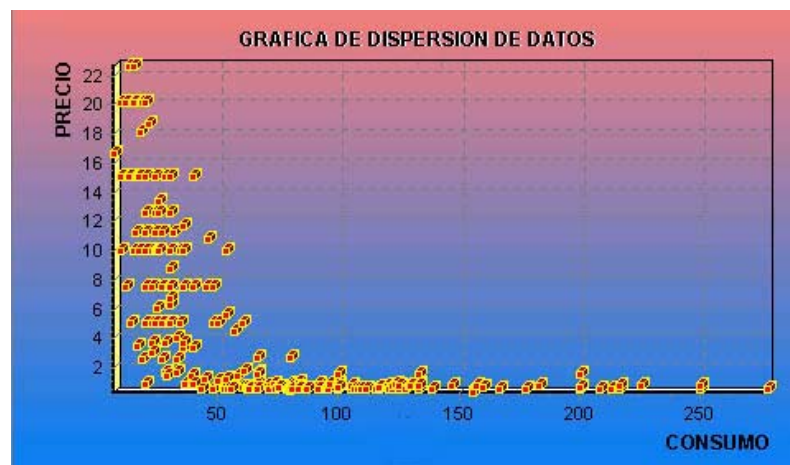


FIG. 2.2 GRAFICO DE DISPERSIÓN DE DATOS [Ref. 7]

En la figura 2.2 la variable mas relevante de nuestro modelo es el precio, se graficaron los datos de consumo y precio, con el propósito de observar la relación funcional de estas dos variables y poder determinar la forma matemática del modelo de regresión que mejor se

ajusta a estos datos. En la figura 2.3 se muestra la mejor curva que se ajusta a esta dispersión de datos.



FIG. 2.3 GRAFICO CURVA DE DEMANDA [Ref. 7]

Para esto se utiliza un programa, [Curva de demanda de agua, Cristian Cuellar], el programa tiene por objeto de estimar el consumo domestico de agua potable de una población procesando un análisis de regresión múltiple a variables extraídas de una encuesta socioeconómica. Obteniendo el consumo actual de la población el programa esta capacitado para elaborar un diagrama de las curvas de demanda.

Una vez culminado el análisis el programa crea un reporte final en el que se presentan la ecuación de demanda, los parámetros estadísticos calificativos de esta y la proyección del consumo de agua potable en el tiempo. La ecuación de demanda permite proyectar el consumo y establecer parámetros de diseño de los sistemas de agua potable.

A continuación se muestra ejemplos de demanda de agua, la tabla 2.4 da un ejemplo de las demandas de agua para usos domésticos en el Reino unido, de lo que se deduce que un consumo de 100 l/persona/día sería una cifra moderada de consumo en casas - habitación moderadas en países de clima templado.

Tabla 2.4 Usos típicos del agua domestica (según Thackray)

uso	consumo l/persona/dia
Descarga del retrete	32
Beber, cocinar y lavar trastos	33
Baños y duchas	17
Lavado de ropa	12
Riego del jardin	1
Lavado del automóvil	1
Total	96

Fuente: Fundamentos de Control de Calidad de Agua, Tebbutt, pag. 98

La tabla 2.5 muestra algunas demandas comunes de agua industrial que, sin embargo, dependen en gran medida de factores tales como el tiempo que tenga la planta, el costo del agua y el incentivo para reciclar en la misma planta. Para muchos usos industriales no se requiere agua potable y cada día se aprovecha más el agua de calidad inferior, como la que proviene de un efluente agua residual.

Tabla 2.5 ejemplos de uso industrial del agua (según Thackray y otros)

Producto o servicio	consumo	unidades
Carbon	250	l/tonelada
pan	1.3	l/kg
productos de carne	16	l/kg
embotellado de leche	3	l/l
fabricacion de cerveza	5	l/l
bebidas gaseosas	7	l/l
productos químicos	5	l/kg
laminado de acero	1900	l/tonelada
fundición de hierro	4000	l/tonelada
fundición de aluminio	8500	l/tonelada
automoviles	5000	l/vehiculo
electro galvanizado	15300	l/tonelada
alfombras	34	l/m2
teñido de textiles	80	l/kg
concreto	390	l/m3
papel	54000	l/tonelada
Cría de vacas lecheras	150	l/vaca día
Cría de cerdos	15	l/cerdo día
Cría de aves de corral	0.3	l/ave día
escuelas	75	l/persona día
hospitales	175	l/persona día
hoteles	760	l/empleo día
tiendas	135	l/empleo día
oficinas	60	l/empleo día

Fuente: "Fundamentos de Control de Calidad de Agua", Tebbutt, Pag. 99

2.5 MANEJO DEL PROGRAMA CURVA DE DEMANDA DE AGUA

Introducción

El programa tiene el objetivo de estimar el consumo doméstico de agua potable de una población procesando un análisis de regresión múltiple a variables extraídas de una encuesta socioeconómica. El programa efectúa la proyección del consumo haciendo que las variables independientes se incrementen en el tiempo de forma geométrica con tasas de crecimiento establecidas por el analista. Por la importancia que tiene la proyección del número de habitantes el programa presenta cuatro distintos métodos de cálculo.

Paso 1.- Ingreso de datos

Todo análisis debe iniciarse con la introducción de información básica sobre el proyecto, sin embargo, esta no es imprescindible para la corrida del programa.

Se ha diseñado el programa de forma que la planilla de datos de encuesta puede importarse de un archivo o introducirse manualmente. Las planillas compatibles con el programa son de extensión “*.dbf”, y pueden ser creadas desde los paquetes Microsoft Excel, Microsoft Access, DBase, Paradox y FoxPro.

En la figura 2.4 se muestra la ficha de introducción de la información básica, esto sucede al acceder al botón del ítem “**Nuevo**”.

The image shows a software window titled "Volcado de Datos de Encuesta...". It contains three tabs: "Información General", "Información Complementaria", and "Encuesta". The "Información General" tab is active. It features several input fields and a list box. The "Nombre del Departamento" field is set to "COCHABAMBA". The "Nombre de la Provincia" field is a list box with "Quillacollo" selected. Other fields include "Nombre del proyecto", "Entidad Ejecutora", and "Nombre del Analista", all of which are currently empty.

FIG. 2.4 FICHA DE INTRODUCCIÓN DE DATOS

Si se decide introducir manualmente de los datos de encuesta, serán imprescindibles los datos de dimensión de la planilla que son el número de variables y muestras. En caso de optar por importar una base de datos en la que se encuentre una planilla ya confeccionada se deberá abrir desde su ubicación como se muestra en la figura 2.5

Culminada con la introducción de la información básica y la planilla de encuesta, se tiene la opción de almacenar la información en registro de un archivo. Esta se la activa desde el menú desplegable "**A**rchivo". El archivo se almacenará con la extensión "*.cxc", creada por el programa.

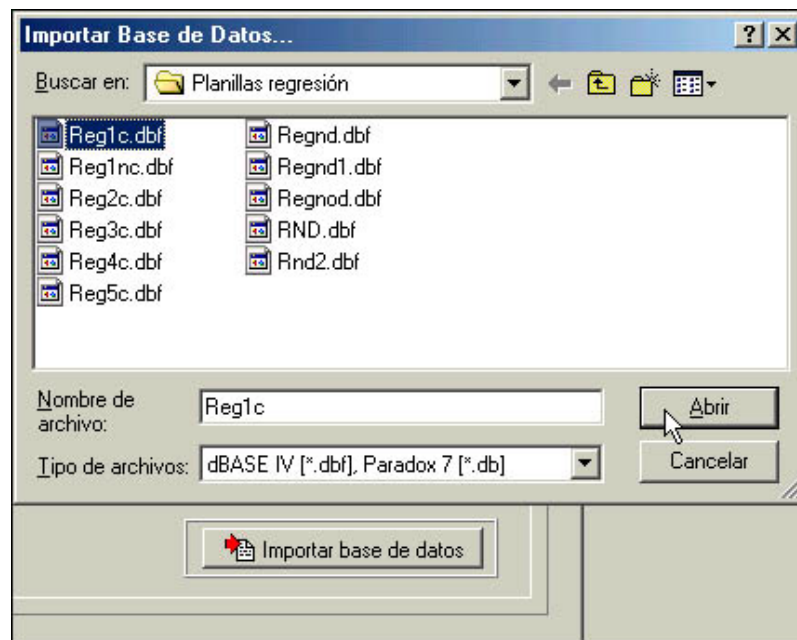


FIG. 2.5 FICHA DE IMPORTADO DE BASE DE DATOS

Paso 2.- Análisis de regresión múltiple

La parte principal del programa es análisis de regresión múltiple, para ello se deben elegir las variables que participarán del proceso, estas son: la variable dependiente (consumo), las variables independientes y la variable muda o dicotómica, que determina la tenencia o no de alcantarillado.

Se diseñó la opción de elegir el tipo de regresión a emplearse, podrá ser lineal o exponencial.

Para iniciar una análisis de regresión se debe accionar el botón de cálculo del menú o de la barra de herramientas que devolverá una ficha mostrada en la figura 2.6. En ella se debe programar la regresión y ejecutarla con el botón de la parte inferior derecha de la ficha.

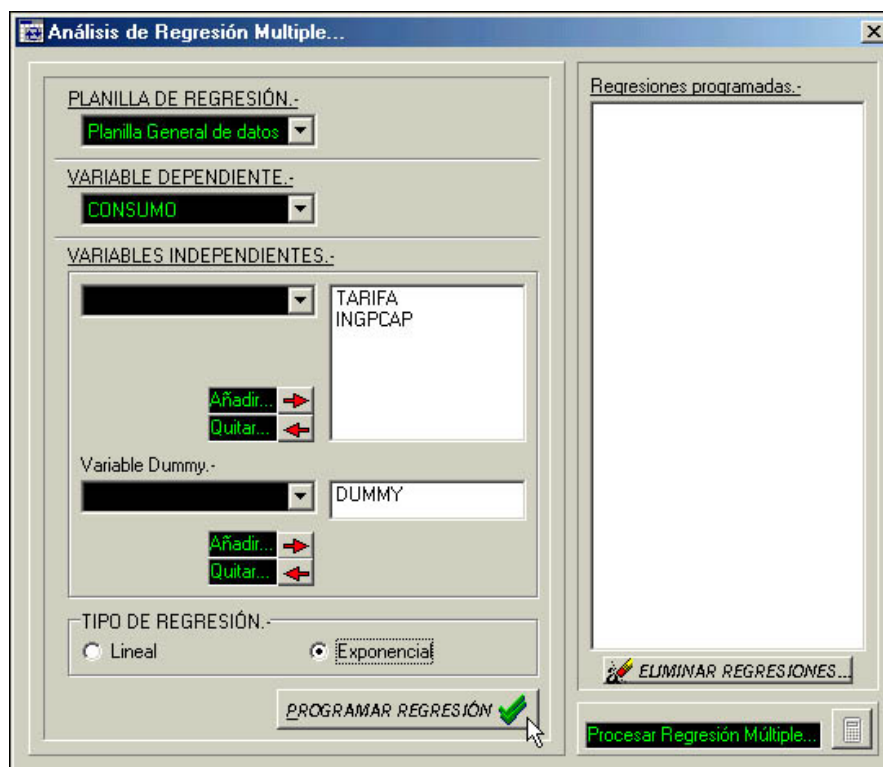


FIG. 2.6 FICHA DE ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

El programa tiene la opción de mostrar el diagrama de dispersión de datos, en un paso previo al análisis de regresión, esto se activa desde el menú desplegable “**Graficar**”, que devuelve una ventana en la que se selecciona las variables que se graficarán en los ejes del plano cartesiano, y devuelve un diagrama como se muestra en la figura 2.7

Por otra parte el programa es capaz de dividir la planilla general de datos de encuesta en otras en 12 diferentes categorías de consumidores. Esto se logra etiquetando una variable, desde el ítem “**Definición de Variables**”. El programa puede procesar la regresión múltiple simultáneamente en todas planillas si existiese una previa categorización de datos. La división en categorías se activa desde el botón “**División de categorías**” desde el menú desplegable “**Resolver**”, que devuelve los datos en planillas divididas en una ficha nueva.

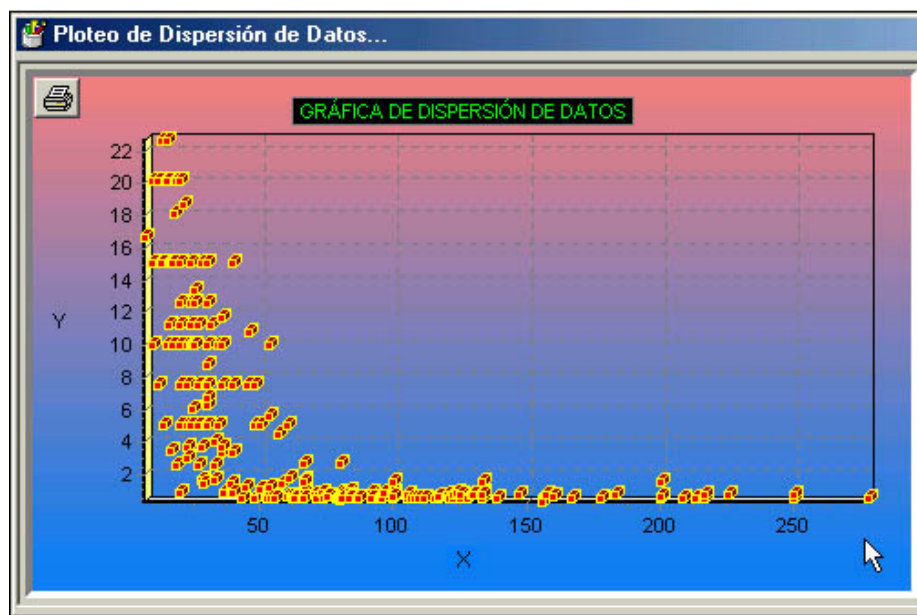


FIG. 2.7 FICHA DE GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS

Paso 3.- Proyección de la demanda

Una vez realizada la regresión se habilitan los botones de acceso para el cálculo de la proyección del consumo, estos devuelven la ficha en la que se definen los datos de proyección y las tasas de crecimiento de las variables independientes, ver figura 2.8. En ésta ficha son introducidos los datos de tiempo de proyección en años, tasa de crecimiento poblacional y elección de método.

El análisis de regresión considera diez variables independientes como máximo, las tasas de crecimiento de éstas son introducidas en la parte lateral derecha de la ficha. Se deberá ejecutar la proyección desde el botón que se encuentra en la parte inferior derecha de la ficha.

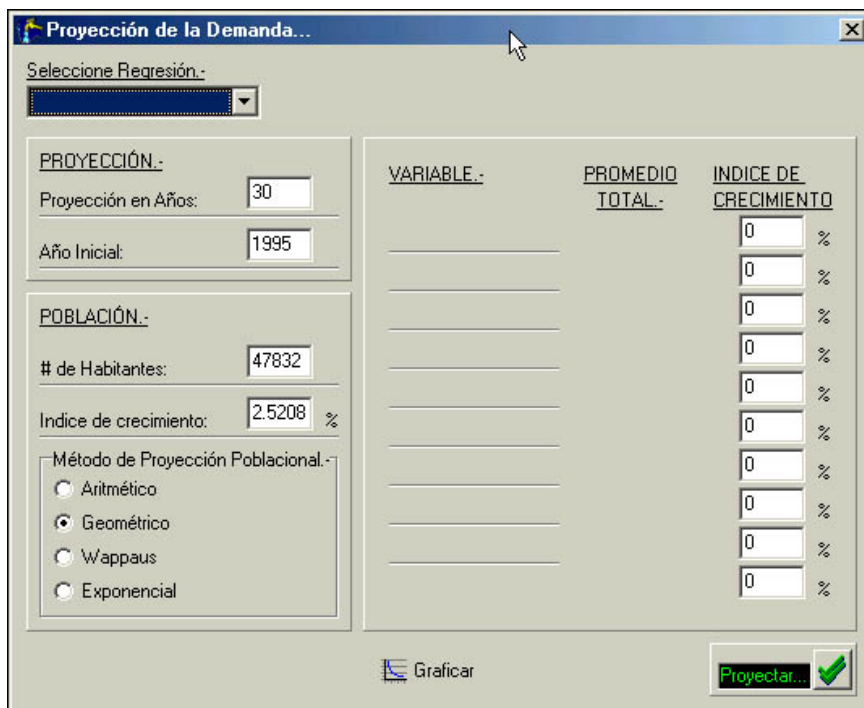


FIG. 2.8 FICHA DE PROYECCIÓN DE DEMANDA

Paso 4.- Visualización y salida de resultados

Existen tres posibilidades de visualizar los resultados de la modelación, estas se exponen en el ítem “Ver” del menú de herramientas.

La primera opción devuelve los estadísticos de la regresión como se muestra en la figura 2.9



FIG. 2.9 FICHA DE ESTADÍSTICOS DE REGRESIÓN

La segunda opción, devuelve la ecuación de demanda correspondiente a una de las regresiones programada, ver figura 2.10

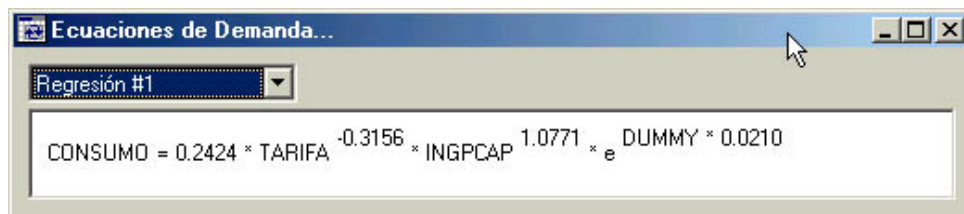


FIG. 2.10 FICHA DE ECUACIONES DE DEMANDA

La ultima opción dibuja la curva de demanda para la regresión seleccionada como se muestra en la figura 2.11

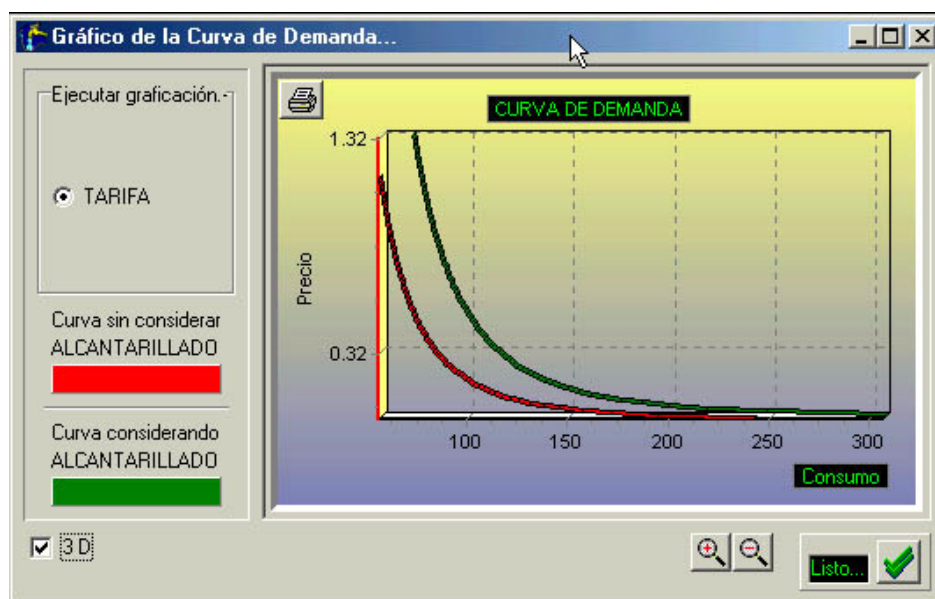


FIG. 2.11 FICHA DE GRAFICO DE CURVAS DE DEMANDA

Una vez culminado el análisis el programa crea un reporte final en el que se presentan la ecuación de demanda, los parámetros estadísticos calificativos de esta y la proyección del consumo de agua potable en el tiempo.

La impresión del reporte final del programa se habilita una vez concluida la ejecución de la regresión y la proyección de los valores del consumo. La opción se activa desde el ítem

“Archivo” del menú principal de herramientas. En la ficha desplegada se puede elegir la impresión de los datos y los resultados del análisis. La ficha de impresión previa se muestra en la figura 2.12

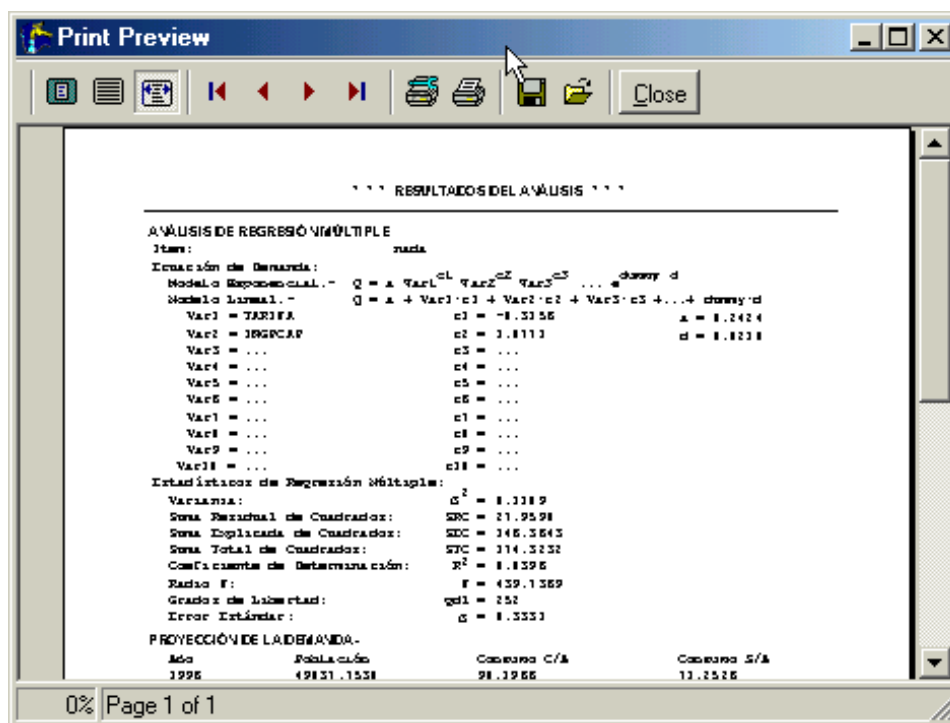


FIG. 2.12 FICHA DE IMPRESIÓN PREVIA

2.6 EJEMPLOS RESUELTOS Y PROPUESTOS

Estimación de la población futura

Ejemplo 2.1

La población de una determinada ciudad es de 11520 habitantes y su tasa de crecimiento es de 1.5 %, se pide proyectar la población a 20 años, utilizando el método aritmético y método geométrico.

Datos:

Población inicial (P_o):	11520 habitantes (hab)
Tasa de crecimiento (i):	1.5 %
Población final (P_f):	X
Proyectar a 20 años (P_f)	

Solución:

Método Aritmético

$$P_f = P_o \left(1 + i * \frac{t}{100} \right)$$

$$P_f = 11520hab \left(1 + 1.5 * \frac{20años}{100} \right) = 14976hab$$

Método Geométrico

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$$

$$P_f = 11520hab \left(1 + \frac{1.5}{100} \right)^{20años} = 15516hab$$

Ejemplo 5.2

Una determinada ciudad tiene una población de 25327 habitantes y una tasa de crecimiento de 1.7 %; calcular la población dentro de 30 años, utilizando el método Wappaus, método exponencial y el método de la INE.

Datos :

Población inicial (P_o): 25327 habitantes (hab)

Tasa de crecimiento (i): 1.7 %

Población final (P_f): X

Proyectar a 30 años (P_f)

Solución:

Método Wappaus:

$$P_f = P_o \left(\frac{200 + i * t}{200 - i * t} \right)$$

$$P_f = 25327 \text{ hab} \left(\frac{200 + 1.7 * 30 \text{ años}}{200 - 1.7 * 30 \text{ años}} \right) = 42665 \text{ hab}$$

Método Exponencial:

$$P_f = P_o * e^{\frac{i * t}{100}}$$

$$P_f = 25327 \text{ hab} * e^{\frac{1.7 * 30 \text{ años}}{100}} = 42177 \text{ hab}$$

Método INE:

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$$

$$P_f = 25327 \text{ hab} \left(1 + \frac{1.7}{100} \right)^{30 \text{ años}} = 41996 \text{ hab}$$

Ejemplo Propuesto 1

La población de una determinada ciudad es de 11520 habitantes y su tasa de crecimiento es de 1.5 %, se pide proyectar la población a 20 años, utilizando el método aritmético, método geométrico, el método Wappaus, método exponencial y el método de la INE.

Ejemplo Propuesto 2

Una determinada ciudad tiene una población de 25327 habitantes y una tasa de crecimiento de 1.7 %; calcular la población dentro de 30 años, utilizando el método aritmético, método geométrico, el método Wappaus, método exponencial y el método de la INE.