

2ej 163



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**Facultad de Ingeniería**

**METODO PROBABILISTICO PARA LA DETERMINACION  
RACIONAL DEL GASTO DE DISEÑO DE UN SISTEMA  
DE DISTRIBUCION DE AGUA, EN FUNCION DE LA  
EFICIENCIA.**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**I N G E N I E R O C I V I L**

P r e s e n t a :

**ALONSO SORDO VERAZA**

México, D. F.

1981



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## INTRODUCCION

La demanda de agua de una ciudad moderna exige un sistema comunal muy importante y complejo. La primera etapa en el diseño del sistema de abastecimiento, es la determinación de la cantidad y la calidad de agua con las provisiones adecuadas para las demandas futuras; después debe localizarse la fuente segura de captación y, finalmente, diseñarse el sistema de distribución. Por lo general, el agua en su fuente de captación suele no ser adecuada para su consumo como bebida y, por consiguiente, debe incluir la instalación de purificación como parte integral del sistema.

La utilización del agua no solo varía de ciudad a ciudad, según tamaño, población, condiciones climáticas, industrialización y otros factores, sino que para la misma urbe depende de la estación, del día y aún de la hora, por ello la planeación de un sistema de abastecimiento de agua requiere que el uso probable de agua y sus variaciones, se estimen lo mejor posible<sup>1</sup>.

Así, la planeación deberá:

- 1) Determinar la población y proyectar su crecimiento en el cuadro de las condiciones locales.
- 2) Localizar una fuente segura de agua de la mejor calidad posible.
- 3) Diseñar el almacenamiento necesario y las obras de conducción desde la fuente.
- 4) Determinar las características físicas, químicas y biológicas del agua y diseñar las instalaciones adecuadas para su tratamiento.
- 5) Diseñar el sistema de distribución, incluyendo estaciones de bombeo, almacenamientos elevados, arreglo y dimensiones de la tubería maestra, localización de hidrantes para incendios, etc.
- 6) Preparar el establecimiento de una organización que se encargue del mantenimiento y operación del sistema de abastecimiento, del sistema de distribución y la planta de tratamiento.

El agua se proporciona para consumos domésticos, recreativos, ornamentales, agropecuarios, contra incendios, comerciales, industriales y públicos, contabilizando las pérdidas y desperdicios. Los citados consumos se ven afectados por los factores generales mencionados, tales como: el clima; las características de la población; el tipo y cantidad de establecimientos comerciales e industriales; las cuotas de agua y medición; las facilidades de drenaje; etc. Aparte de los factores específicos propios del servicio; calidad de agua; presión de la red; control del consumo; etc.

La estimación de la demanda de agua se hace seleccionando un valor de uso "per capita" para el diseño, que relacionado con la proyección de la población futura da el uso total promedio (futuro). Como el uso de agua varía casi continuamente, es importante encontrar los valores de uno máximo diario y uno máximo horario. Finalmente, es necesario tener especialmente en cuenta el consumo en combate de incendios, ya que si bien es de volumen anual pequeño, el gasto utilizado en el momento de siniestro es muy elevado lo que exige considerar un gasto mayor y adjuntarlo al uso promedio para el día de mayor demanda<sup>2</sup>.

1 Ray A. Linsley y Josep B. Franzini.- Ingeniería de los Recursos Hidráulicos, CECSA, México, D. F., 1977, p. 545.

2 Idem p. 503.

Los sistemas de distribución para entregar el agua al consumidor individual en la cantidad necesaria y presión satisfactoria, constituyen con frecuencia, la inversión principal en los sistemas de abastecimiento de agua municipales.

El diseño del sistema de distribución por tubería requiere del plano detallado de la ciudad, con la topografía y la especificación del uso potencial de las diferentes subáreas. Con ello, se forma el esqueleto del sistema con las líneas maestras de alimentación desde la obra de almacenamiento, con la suficiente capacidad para satisfacer las demandas probables máximas estimadas para cada subárea de la ciudad. Los cálculos hidráulicos únicamente pueden ser aproximados, porque no es posible considerar todos los factores que afectan el escurrimiento y en poblaciones grandes el nivel de incertidumbre en las previsiones sobre el crecimiento de la población, del comercio, de la industria y los usos del suelo, es muy grande.

Para conjuntos habitacionales, la planeación del sistema de abastecimiento de agua no es tan compleja. La estimación de la demanda probable se puede hacer con información precisa, ya que en cada proyecto queda perfectamente reglamentado el uso del suelo y se conocen los factores que afectan la utilización del agua, tales como el clima, tipo de población, cuotas de agua, etc. Asimismo, la determinación de las demandas futuras, es relativamente sencilla, porque se construyen viviendas tipo o porque se establecen restricciones de construcción y subdivisión de los predios<sup>3</sup>.

En la actualidad, la estimación de la demanda de agua en conjuntos habitacionales, se realiza con los mismos criterios utilizados para sistemas municipales y los cálculos hidráulicos de la tubería también tienen la misma aproximación.

El cálculo hidráulico de la tubería, se basa en la máxima demanda horaria del día de mayor consumo. Para calcularla, se afecta a la dotación media anual futura -- (en litros/habitante/día) de dos coeficientes: el de variación diaria, que permite pasar del consumo medio anual, al consumo medio del día de mayor consumo (o máximo diario), que oscila en general entre 1.2 y 1.5; y el de variación horaria, que lleva del consumo medio, al consumo máximo durante el día de mayor consumo y varía entre 1.5 y 2.0. La dotación media anual se considera como constante en las bases del proyecto y vale decir, que no se prevé su aumento dentro del período fijado para establecer la población futura.

En un sistema de tubos es necesario conocer de antemano toda su geometría y el gasto de diseño de cada parte. La selección del diámetro de los tubos admite muchas variantes debido a la diversidad de criterios, sin embargo, en el caso de la vivienda rige el de la economía, tanto en el monto de la inversión inicial cuanto en la operación y conservación. El diámetro más económico de cada uno de los tramos será aquel para el cual es mínima la suma de los costos de la instalación, conservación y servicios, los correspondientes al personal y material necesario para mantener en funcionamiento el sistema, además de los costos de la energía en el caso de una planta de bombeo<sup>4</sup>.

Para obtener el diámetro más económico, existen métodos aproximados aplicables a instalaciones de bombeo (continuo e intermitente), redes de distribución de agua

<sup>3</sup> Banco de México, S.A. - Vivienda de Interés Social Tipo VAIM, VIS-A, VIS-B. Programa Financiero de Vivienda FOVI/FOGA, México, D. F., 1980, p. 13.

<sup>4</sup> Gilberto Sotelo Avila. - Hidráulica General. Volumen 1, Fundamentos. LIMSA, México, D. F., 1974, p. 365.

potable 6 industrial e instalaciones hidroeléctricas con turbina.

Si el criterio de economía es general en el caso de la vivienda, se torna más exigente para la de interés social, por destinarse a personas cuyos ingresos son -- iguales al salario mínimo o un poco mayor. Bajo estas circunstancias, es necesario desarrollar los métodos de diseño, construcción y mantenimiento que permitan proporcionar una vivienda de costo mínimo a los demandantes, por consiguiente, de be aplicarse el mismo criterio a los sistemas de abastecimiento de agua potable. Los métodos utilizados para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en conjuntos habitacionales, deben llevar al mayor número de alternativas adecuadas a las diferentes características que presentan los proyectos; su parte fundamental es la determinación del gasto de diseño, y el criterio utilizado para su cálculo es igual al de grandes poblaciones que incluye márgenes de seguridad no -- necesarios para el caso de conjuntos de viviendas, donde es menor el nivel de incertidumbre en las previsiones de crecimiento <sup>5</sup>.

El objeto de esta tesis es demostrar la pertinencia de un método probabilístico, para determinar el gasto de diseño de un sistema de distribución de agua potable de un conjunto habitacional, que permita una selección racional del gasto en función de la eficiencia de la red. Se revisa una aplicación probabilística desarrollada para calcular el gasto de diseño de redes de distribución en edificios habitacionales; se le ha incluido la eficiencia como una variable del sistema; y, se han analizado los resultados para diferentes valores de la nueva variable.

Desde luego, se toman en cuenta los costos de la vivienda de interés social, afectados por el gran crecimiento de la demanda de habitación, por el aumento de salarios de mano de obra, el encarecimiento de los materiales de construcción, etc. -- Asimismo, se atiende al fenómeno en relación a las instalaciones hidráulica y sanitaria, y se esclarece la importancia y proporción que tienen estas instalaciones en la construcción de conjuntos habitacionales. Con ello se pretende dar una perspectiva de la repercusión que tiene en materia económica, la determinación racional del gasto de diseño para estos sistemas.

En seguida-segunda parte- se explica el método de Hunter que se escogió porque se basa en la aplicación del método probabilístico para determinar el gasto de diseño de sistemas de distribución de agua potable en edificios habitacionales. Hace la conceptualización del problema como conjuntos de eventos iguales que corresponden a la operación de los diferentes tipos de muebles de plomería que demandan su ministros de agua al sistema de distribución y los relaciona por separado de -- acuerdo al modelo binomial de probabilidad, para obtener el gasto total demandado por cada conjunto y luego sumarlos no algebraicamente mediante un artificio ideado por él.

La introducción de la eficiencia como variable del sistema, se desarrolla una vez expuesta la aplicación del método probabilístico y aceptada su utilización en la solución de nuestro problema. En el capítulo respectivo -el cuarto- se demuestra que el modelo binomial de probabilidad permite la introducción de la eficiencia de la red como variable, sin afectar el desarrollo adecuado del método y, también, se presenta un programa para el procesamiento electrónico de datos que permite la aplicación sencilla del modelo seleccionado a cualquier tipo de mueble y la obtención de resultados para diferentes niveles de eficiencia.

<sup>5</sup> Idem nota 3.

Con la herramienta diseñada se obtuvieron datos para diferentes tipos de muebles de plomería y para niveles de eficiencia desde el 10% al 99%, para ponderar los resultados obtenidos con un carácter crítico que permite valorar la aplicación -- del mismo en relación a los rangos de las variables que intervienen. A continuación se analizan los resultados comparativamente: aplicación del modelo binomial de probabilidad a diferentes conjuntos de eventos iguales y bajo diversos niveles de eficiencia; uso del artificio ideado por Hunter para la adición de las demandas de los diferentes conjuntos; y, resultados finales obtenidos del gasto de diseño del sistema de distribución a diferentes niveles de eficiencia.

Por último, las conclusiones y perspectivas afirman la viabilidad de aplicar el método probabilístico, en la determinación del gasto de diseño de sistemas de distribución de agua en conjuntos de vivienda de interés social y la pertinencia de llegar a la adaptación de la metodología al problema de la vivienda de interés social en las diferentes zonas de nuestro país.

Quiero agradecer al Ing. Federico Alcaraz Lozano su dirección para el desarrollo de esta tesis y por haberme confiado un tema producto de profunda experiencia e investigación personal; al Lic. Manuel Velázquez de la Parra y al Ing. Eduardo Espinoza, el apoyo en materia de información; al Ing. Carlos Ramos la asesoría en el procesamiento automatizado de datos; al Lic. Salvador Camacho y al Sr. Germán Mendoza la colaboración en la producción de apoyos gráficos; y al Lic. Ernesto Enriquez Coyro y al Lic. Ernesto Enriquez Rubio la corrección del documento final.

Considero justo también hacer un reconocimiento a las personas e instituciones -- que me han dado la formación personal, profesional y académica que me permiten la posibilidad de optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

Agosto de 1981.

## I N D I C E

### CAPITULO 1

#### EL COSTO DE LAS INSTALACIONES HIDRAULICAS EN LA VIVIENDA

1.1) Dinámica del Costo de la Vivienda de Interés Social.	11
1.2) Comportamiento del Costo de las Instalaciones Hidráulica y Sanitaria en la Vivienda de Interés Social.	12
1.3) Participación del Costo de las Instalaciones, Hidráulica y Sanitaria en la Construcción de Conjuntos Habitacionales.	12

#### ANEXOS:

A.1) Índice Nacional del Costo de Edificación de la Vivienda de Interés Social.	14
A.2) Índices Comparativos de los Valores Señalados para la Vivienda de Interés Social por Zonas.	16
A.3) Índice Nacional del Costo de Edificación de la Vivienda de Interés Social por Ciudades.	18
A.4) Índice del Costo de las Instalaciones Hidráulica y Sanitaria de la Vivienda de Interés Social.	20
A.5) Precios de Materiales de Construcción de la Edificación de Vivienda de Interés Social.	22
A.6) Costo de la Mano de Obra en la Edificación de la Vivienda de Interés Social.	24
A.7) Presupuesto de Construcción de Conjuntos Habitacionales de 50 a 100 Viviendas.	26

### CAPITULO 2

#### METODO HUNTER EN LA DETERMINACION DEL GASTO DE DISEÑO

2.1) Bases para la Aplicación de la Teoría de la Probabilidad.	28
2.2) Aplicación de la Teoría de Probabilidad a Sistemas Simples.	29
2.3) Aplicación del Método a Sistemas Mixtos.	33
2.4) Determinación del Gasto de Diseño de Sistemas Mixtos.	36

#### ANEXOS:

A.8) Probabilidad de Encontrar "r" de "n" Excusados en Operación en Cualquier Instante Arbitrario de Observación.	37
A.9) Probabilidad de Encontrar "m" Excusados de Válvula de Flujo en Operación Simultánea.	38
A.10) Valores "np" Correspondientes a "m" (Sumatoria de la Probabilidad de Poisson).	39
A.11) Relación del Número de Muebles de Diseño "m" con el Número Total de Muebles "n" de Sistemas Simples.	40
A.12) Relación del Gasto de Diseño "Q" con el Número Total de Muebles "n" de Sistemas Simples.	41



A.13) Peso de los Muebles según su Demanda Relativa.	42
A.14) Demanda de Sistemas Simples para el Total de Unidades Mueble.	43
A.15) Relación del Gasto de Diseño con el Total de Unidades Mueble del Sistema.	44
A.16) Gasto de Diseño Contra Unidades Mueble de Sistemas Mixtos, Partes Media y Alta de la Curva.	45
A.17) Gasto de Diseño Contra Unidades Mueble de Sistemas Mixtos, Parte Baja de la Curva.	47

### CAPITULO 3

#### MODIFICACION AL METODO DE HUNTER, INTRODUCIENDO LA EFICIENCIA COMO UNA VARIABLE DEL SISTEMA.

3.1) Aplicación de la Teoría de la Probabilidad a Sistemas Simples, Introduciendo la Eficiencia como Variable del Sistema.	48
3.2) Aplicación del Método a Sistemas Mixtos, Introduciendo la Eficiencia como Variable del Sistema.	50
3.3) Determinación del Gasto de Diseño de Sistemas Mixtos, para Diferentes Niveles de Eficiencia.	51

#### ANEXOS:

A.18) Número de Muebles de Diseño " $m(i)$ " y Gasto de Diseño " $Qd(i)$ " de un Sistema de 100 Excusados de Válvula de Flujo, según el Nivel de Eficiencia " $e(i)$ ".	52
A.19) Programa para Calcular el Gasto de Diseño de Sistemas Simples a Diferentes Niveles de Eficiencia.	53
A.20) Gasto de Diseño " $Q$ " con el Número Total de Muebles " $n$ " de Sistemas Simples, para el 99% de Eficiencia " $e$ ".	65
A.21) Relación del Gasto del Diseño " $Q$ " con el Número Total de Muebles " $n$ " de Sistemas Simples.	67
A.22) Cuadro Comparativo de Lectura Hechas en las Gráficas de Gasto de Diseño para el Número de Muebles de Sistemas Simples, Calculadas en Base a la Sumatoria Exponencial de Poisson y a la Distribución Binomial de Probabilidad.	68
A.23) Peso de la Demanda Relativa de los Muebles para el 99% de Eficiencia.	69
A.24) Gasto de Diseño con el Total de Unidades Mueble de Sistemas Simples para el 99% de Eficiencia.	70
A.25) Gastos de Diseño Contra Unidades Mueble de Sistemas Mixtos, para el 99% de Eficiencia.	72

### CAPITULO 4

#### EVALUACION DE RESULTADOS

4.1) Obtención del Gasto de Diseño de Sistemas Simples, a Diferentes Niveles de Eficiencia.	73
4.2) Cálculo de las Unidades Mueble de Peso de los Diferentes Tipos de Mueble del Sistema, para Diferentes Niveles de Eficiencia.	74

4.3) Determinación del Gasto de Diseño de Sistemas Mixtos, para Diferentes Niveles de Eficiencia.	75
ANEXOS:	
A.26) Gasto de Diseño "Q" para el Número Total de Muebles "n" de Sistemas Simples, para la Eficiencia "e".	76
A.27) Probabilidad de Encontrar Cero Muebles en Operación Simultánea.	88
A.28) Variación del Gasto de Diseño según el Nivel de Eficiencia y el Tamaño del Sistema.	89
A.29) Gasto de Diseño "Q" con el Número Total de Muebles "n" de Sistemas Simples, para Diferentes Niveles de Eficiencia "e".	90
A.30) Peso de la Demanda Relativa de los Muebles para Diferentes Valores de Eficiencia "e".	102
A.31) Peso de la Demanda Relativa de los Muebles para Diferentes Valores de Eficiencia "e", Tomando "n" como Variable Independiente.	114
A.32) Peso de la Demanda Relativa de los Muebles para Diferentes Valores de Eficiencia "e".	126
A.33) Peso de la Demanda Relativa de los Muebles para Diferentes Valores de Eficiencia "e", Tomando "n" como Variable Independiente.	127
A.34) Cuadro Comparativo de los Valores de las Unidades - Mueble, según el Criterio de Cálculo.	128
A.35) Peso de la Demanda Relativa para el 99% de Eficiencia Calculado para Sistemas de 500 a 1000 Muebles.	129
A.36) Peso de la Demanda Relativa para el 99% de Eficiencia Calculado para Sistemas de 1500 a 3000 Muebles.	130
A.37) Valores Comparativos del Gasto de Diseño según el Criterio de Cálculo.	131
A.38) Gastos de Diseño "Q" para el Total de Unidades Mueble "fn" de los Sistemas Simples, para Diferentes Niveles de Eficiencia.	132
A.39) Gastos de Diseño con el Total de Unidades Mueble -- del Sistema, para Diferentes Niveles de Eficiencia.	144
A.40) Gasto de Diseño Contra Unidades Mueble de Sistemas Mixtos, para Diferentes Niveles de Eficiencia.	156
A.41) Variación del Gasto de Diseño de Sistemas Mixtos en Relación al Nivel de Eficiencia.	168
CAPITULO 5	
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.	169
BIBLIOGRAFIA.	171

## CAPITULO 1

### EL COSTO DE LAS INSTALACIONES HIDRAULICAS EN LA VIVIENDA

- 1.1) Dinámica del Costo de la Vivienda de Interés Social.
  - 1.2) Comportamiento del Costo de las Instalaciones Hidráulica y Sanitaria en la Vivienda de Interés Social.
  - 1.3) Participación del Costo de las Instalaciones Hidráulica y Sanitaria en la Construcción de Conjuntos Habitacionales.
- Anexos.

Se analiza el costo de las Instalaciones Hidráulica y Sanitaria en la vivienda de interés social no solo desde el punto de vista de cada unidad habitacional sino abarcando el nivel conjuntos habitacionales y dentro de un contexto nacional.

#### 1.1) Dinámica del Costo de la Vivienda de Interés Social.

La población de México tiene una tasa de crecimiento anual de 3.5% (según el censo de 1970), que la llevó de 13 a 65 millones de habitantes de principios de este siglo al año de 1978, y con la característica de su concentración, cada día mayor en las ciudades. En consecuencia, en la mayor parte de los asentamientos humanos del territorio y particularmente en las ciudades grandes (con más de un millón de habitantes), son comunes el uso irregular, especulación y el alto costo del suelo; la carencia e insuficiencia de equipamiento e infraestructura; y las dificultades para obtener vivienda. En 1976 el 35% de la población urbana y el 84% de la población rural, carecieron de agua potable; el 57% de la población total, no tuvo servicios de alcantarillado; y el déficit acumulado de vivienda, fue estimado en un mínimo de 2.3 millones de unidades<sup>6</sup>.

Tales problemas se muestran mas graves al contemplar que el comportamiento del -- costo de la vivienda de interés social en los últimos años presenta un incremento exponencial<sup>7</sup> a partir de 1974, tomando como base de 100.0, el año de 1979, el índice del costo de mano de obra se eleva hasta 280.8 y el de materiales a 305.4, lo que da un índice general de costo de 297.2. Esto significa que en el término de cinco años, el incremento del costo ha sido del 197.2% con un alza anual del 39.0%<sup>8</sup>.

Por supuesto, este fenómeno se presenta de manera irregular en todo el país<sup>9</sup>, dependiendo de la disponibilidad de mano de obra calificada; el salario mínimo de cada zona; la consecución y costos de los servicios; el acceso a materiales de -- construcción; los precios de acarreo de materiales de construcción; etc. Para visualizar el panorama nacional del problema, se analizó en las principales plazas del país<sup>10</sup>. De las dieciseis ciudades incluidas cinco rebasaron el índice de -- 300.0 y el promedio de las restantes es de 294.16; y la diferencia entre el mayor de 325.1 (Tapachula) y el menor de 271.2 (San Luis Potosí), de 53.9 unidades, es

<sup>6</sup> José López Portillo.- Distrito Federal, 1973, p.119.

<sup>7</sup> Ver anexo 1, pp. 14.

<sup>8</sup> Banco de México, S.A.- Indicadores Económicos, Cuaderno Mensual 12 del Volumen VII. Serie Información Económica, México, D.F., 1979, p. 56.

<sup>9</sup> Ver anexo 2, pp. 16.

<sup>10</sup> Ver anexo 3, pp. 18.

únicamente el 18% del valor del índice promedio general<sup>11</sup>.

## 1.2) Comportamiento del Costo de las Instalaciones Hidráulica y Sanitaria en la Vivienda de Interés Social.

La importancia que tiene el lograr un máximo de satisfacción a costo mínimo obliga a que los aspectos urbanísticos, arquitectónicos y de ingeniería de los proyectos, sean consecuentes con las condiciones físicas del medio y las necesidades sociales y económicas; de los estratos de la población a quienes esté dirigida<sup>12</sup>.

Conocido el costo de la vivienda en general, hay que precisar si las instalaciones hidráulica y sanitaria, sufren de la misma manera, el incremento en costo; -- respecto a los materiales<sup>13</sup>, se observa que el índice del costo es de 319.9 ó sea, mayor el índice general de 305.4, en tanto, el índice de mano de obra, de 256.4, es menor al general respectivo de 280.8. La comparación indica que el incremento en costo de las instalaciones hidráulica y sanitaria sufre el fenómeno de manera semejante al nacional de la vivienda<sup>14</sup>.

Puede comprobarse que el precio de los materiales para las instalaciones hidráulica y sanitaria, en comparación con otros materiales de construcción, se encuentra entre los que tienen mayor tendencia al incremento<sup>15</sup>. El precio que nos interesa se encuentra únicamente por abajo de los correspondientes a herrería y a instalaciones eléctricas y la diferencia entre el índice mayor 366.1 de herrería y el de instalaciones hidráulica y sanitaria de 319.9, de 46.2 unidades, solo un 14%.

Por otro lado, el costo de la mano de obra para las instalaciones hidráulica y sanitaria se encuentra en los niveles más bajos<sup>16</sup>, apenas 3.2 puntos sobre el valor mínimo de 253.2, una diferencia, de 1%.

## 1.3) Participación del Costo de las Instalaciones Hidráulica y Sanitaria en la Construcción de Conjuntos Habitacionales.

Visualizado el incremento de los costos de la edificación de vivienda y, específicamente, los de las instalaciones hidráulica y sanitaria, precisemos la proporción de esta variable. Para ello, aún a pesar de no contar con la información a nivel nacional. Se consideraron los renglones presupuestarios en la construcción de conjuntos habitacionales obtenido de varios proyectos entre 50 y 150 viviendas y de características similares desarrollados por una constructora<sup>17</sup>. Se agrupan en tres apartados el de edificación, correspondiente a los costos de construcción de los muros exteriores hacia dentro o bajo la losa; el de obras exteriores, destinado a los elementos integradores de las viviendas al conjunto habitacional; y, el de infraestructura, que incluye las obras indispensables al conjunto para su funcionamiento como tal. Respecto al primero, el costo representa el 80.7% del total, del que el 7.9% corresponde a instalaciones hidráulica y sanitaria, que es el 10% de la edificación. Las obras exteriores valen el 12.7% del total, del ---

11 Banco de México, S. A. - Indicadores ... Op.Cit., p.60.

12 Banco de México, S. A. - Vivienda ... Op.Cit., p.18.

13 Ver anexo 4, p. 20.

14 Banco de México, S. A. - Indicadores ... Op.Cit., p.58.

15 Ver anexo 5, p. 22.

16 Ídem 6, p. 24.

17 Ídem 7, pp. 26.

---

cual alcantarillado sanitario y red de agua potable, representan el 1.7% y 1.1% - respectivamente, el 22% del total de estas obras. Por último la infraestructura absorbe del total del costo el 6.6%; del cual 79% se destina al agua potable, --- 5.2% del renglón de infraestructura.

Así el costo de las instalaciones hidráulica y sanitaria absorben aproximadamente un 15.9% del costo total de edificación. Como estas instalaciones son esenciales en cualquier tipo de vivienda resulta ineludible optimizar los costos, a través - del desarrollo de métodos de diseño y construcción de tales sistemas. El método que se propone en esta tesis aplicando el método de Hunter para determinar el gasto de diseño de instalaciones en edificios, tiende a proporcionar la mejor solu-ción al adaptarlo a la vivienda de interés social.

INDICE NACIONAL DEL COSTO DE EDIFICACION  
DE LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

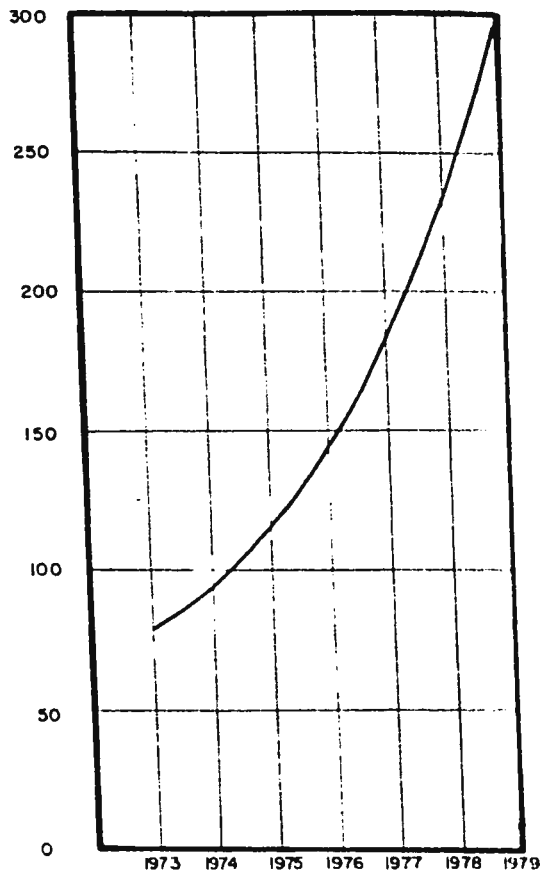
AÑO	INDICE GENERAL	INDICE DE MATERIALES	INDICE DE MANO DE OBRA
1973	78.3	78.8	77.2
1974	100.0	100.0	100.0
1975	115.6	116.8	113.1
1976	144.6	144.2	145.3
1977	190.1	186.5	197.1
1978	226.3	223.7	231.6
1979	297.2	305.4	280.8

Valores a noviembre 1979.

Valores del indice promedio anual, base 1979 = 100

Fuente: Banco de México, S.A.

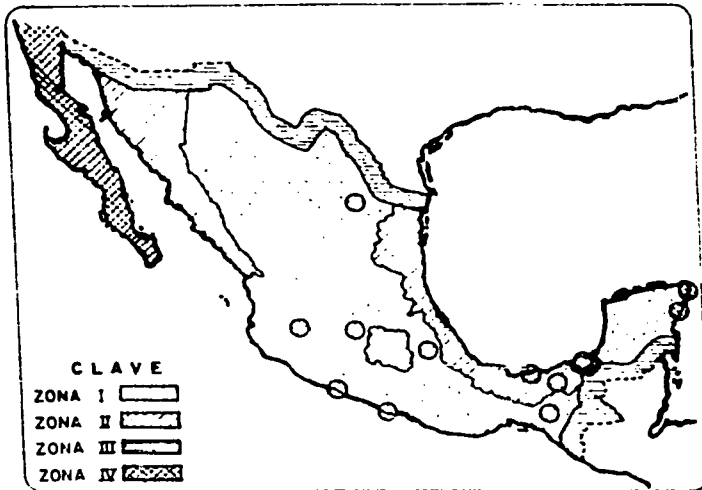
## INDICE NACIONAL DEL COSTO DE EDIFICACION DE LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL



VALORES A NOVIEMBRE 1979  
VALORES DEL INDICE PROMEDIO ANUAL, BASE 1974=100

FUENTE BANCO DE MEXICO, S A

# INDICES COMPARATIVOS DE LOS VALORES SEÑALADOS PARA LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL POR ZONAS



FUENTE : PROGRAMA FINANCIERO DE VIVIENDA FOVI - FOGA ,  
FEBRERO 1980



INDICES COMPARATIVOS DE LOS VALORES SEÑALADOS PARA LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL POR ZONAS.

Z O N A S	V I V I E N D A		INGRESO MENSUAL DE LOS SUJETOS DE CREDITO
	TIPO	VALOR*	
I) Comprende los Estados de Aguascalientes, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tlaxcala, Yucatán, Zacatecas.	VAIM	100	5
	VISA	150	8
	VISB	242	13
II) Comprende el Distrito Federal, los Estados de México, Morelos, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y las zonas metropolitanas de las ciudades de Acapulco, Gro.; Guadalajara, Jal.; Monterrey, N.L.; Puebla, Pue.; Querétaro, Qro.; y las zonas urbanas de Ciudad Lázaro Cárdenas, Mich. y Tuxtla Gutiérrez, Chis.	VAIM	118	6
	VISA	187	10
	VISB	266	14
III) Comprende una faja de cien Km a lo largo de nuestras fronteras Norte y Sur (a excepción de la zona fronteriza del Estado de Baja California Norte), Isla del Carmen, Camp. y el area metropolitana de Coahuila, Ver. y Villahermosa, Tab.	VAIM	136	7
	VISA	204	11
	VISB	288	15
IV) Comprende los Estados de Baja California Norte, Baja California Sur, la Isla de Cozumel y Ciudad Cancún, Quintana Roo.	VAIM	154	8
	VISA	222	12
	VISB	315	16
VAIM:	Vivienda de interés social para acreditados de ingresos mínimos.		
VISA:	Vivienda de interés social para acreditados de ingresos bajos.		
VISB:	Vivienda de interés social para acreditados de ingresos medios.		
NOTA * :	Los valores son en porcentaje relativo al valor de la vivienda VAIM de zona I.		
FUENTE:	Programa Financiero de Vivienda FOVI-FOGA, febrero 1980.		

INDICE NACIONAL DEL COSTO DE EDIFICACION DE LA VIVIENDA DE INTERES  
SOCIAL POR CIUDADES.

INDICE GENERAL

CIUDAD	INDICE GENERAL 1979
Acapulco	284.5
Cd. Juárez	291.4
Culiacán	310.1
Cd. de México	296.4
Guadalajara	314.9
León	286.5
Mérida	280.5
Mexicali	284.3
Monterrey	309.7
Morelia	299.4
Puebla	301.0
San Luis Potosí	271.2
Tapachula	325.1
Toluca	286.0
Torreón	277.0
Veracruz	288.5

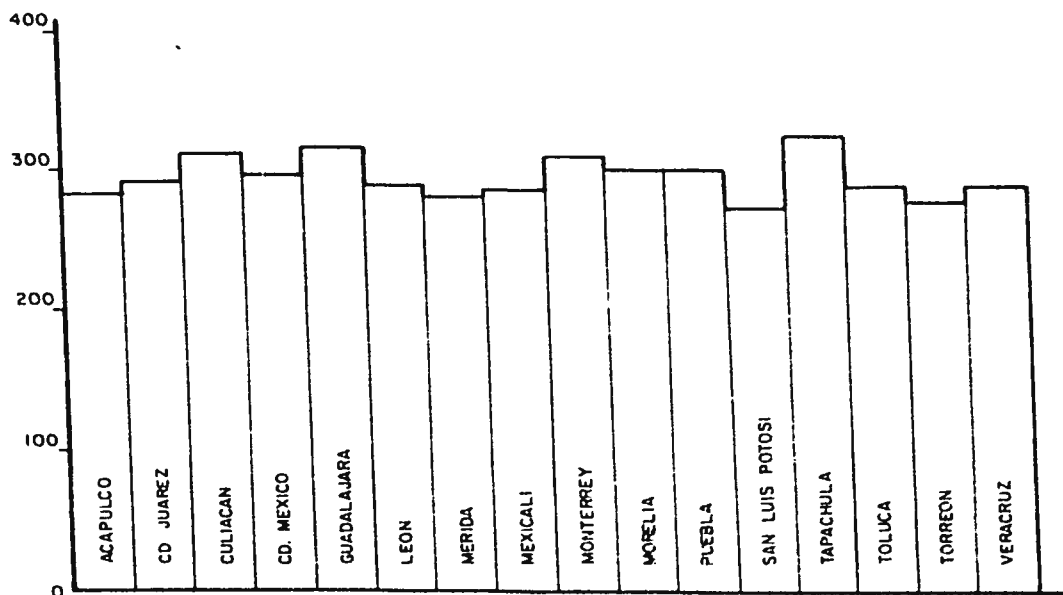
Valores a noviembre de 1979

Valores del índice promedio anual, base 1974 = 100

FUENTE: Banco de México, S.A.

# INDICE NACIONAL DEL COSTO DE EDIFICACION DE LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL POR CIUDADES

## INDICE GENERAL



VALORES DEL INDICE PROMEDIO ANUAL, BASE 1974 = 100

FUENTE BANCO DE MEXICO, S A

INDICE DEL COSTO DE LAS INSTALACIONES HIDRAULICA Y SANITARIA DE:  
LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL.

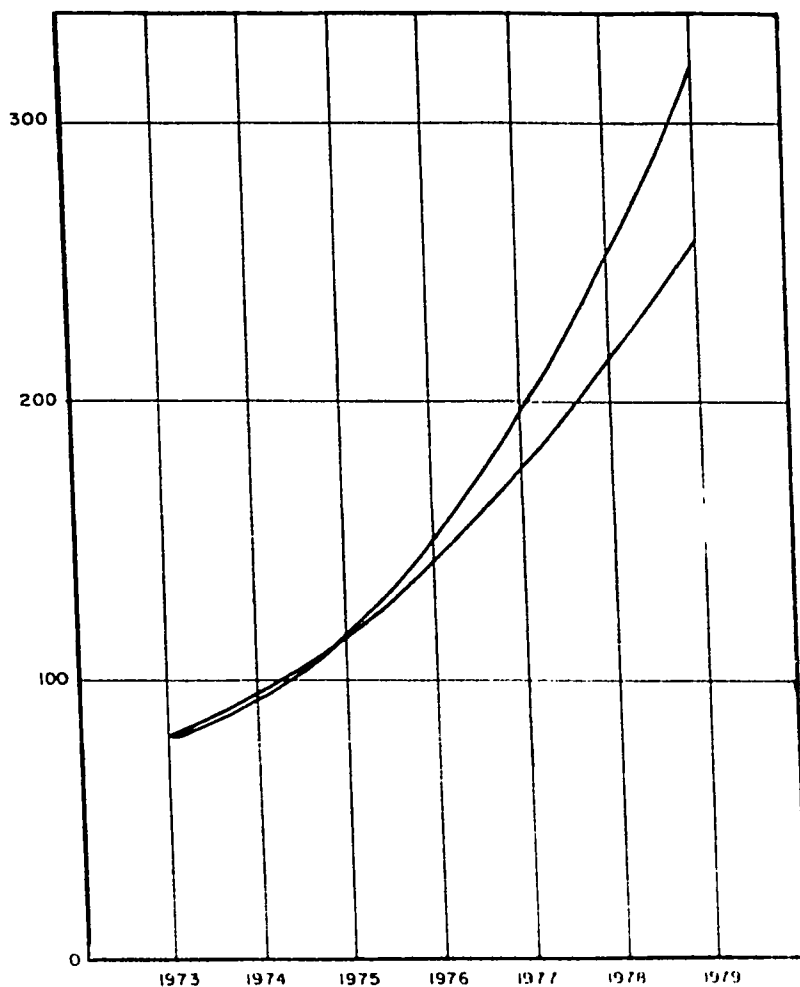
AÑO	INDICE DE MATERIALES	INDICE DE MANO DE OBRA
1973	79.0	80.6
1974	100.0	100.0
1975	117.0	111.3
1976	150.7	140.8
1977	208.8	184.5
1978	234.8	214.9
1979	139.9	256.4

Valores a noviembre 1979

Valores del índice promedio anual, base 1974 = 100

FUENTE: Banco de México, S.A.

**INDICE DEL COSTO DE LAS  
INSTALACIONES HIDRAULICA  
Y SANITARIA DE LA VIVIENDA  
DE INTERES SOCIAL**



VALORES DEL INDICE PROMEDIO ANUAL, BASE 1974 = 100  
FUENTE BANCO DE MEXICO, S A

PRECIOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION EN  
LA EDIFICACION DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

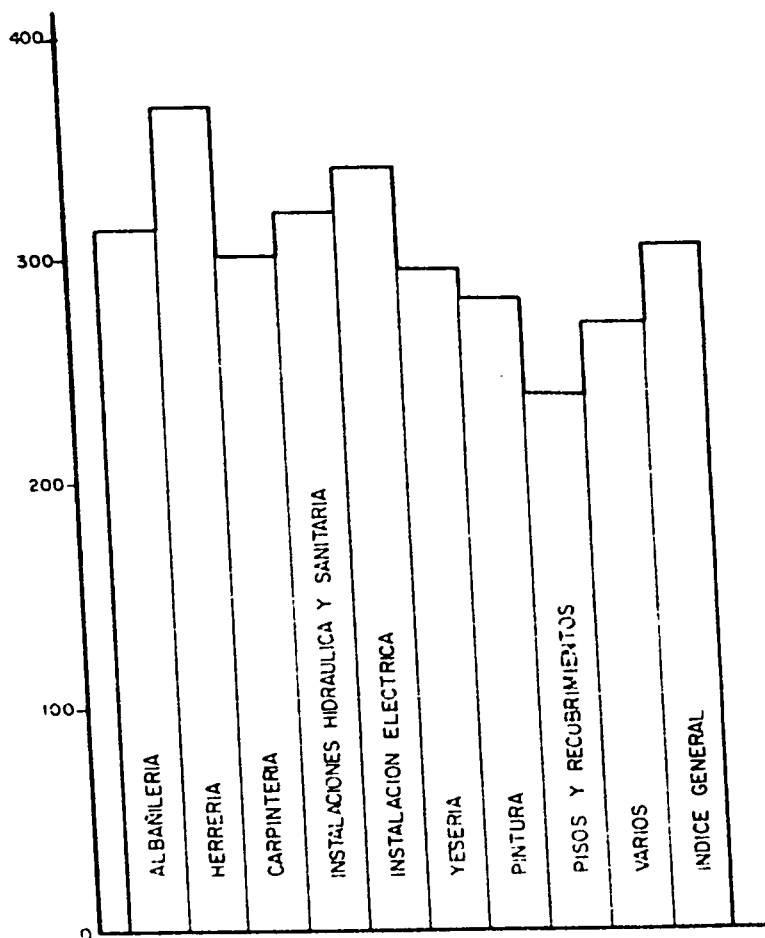
ESPECIALIDAD	INDICE DE PRECIO
Albañilería	309.2
Herrería	366.1
Carpintería	300.4
Instalaciones Hidráulica y Sanitaria	319.9
Instalación Eléctrica	337.0
Yesería	294.3
Pintura	284.2
Pisos y Recubrimientos	238.9
Varios	273.0
Indice General	305.4

Valores a noviembre de 1979.

Valores del índice promedio anual, base 1974 = 100

FUENTE: Banco de México, S.A.

## PRECIOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION EN LA EDIFICACION DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL



VALORES DEL INDICE PROMEDIO ANUAL, BASE 1974 = 100

FUENTE BANCO DE MEXICO, S A

COSTO DE LA MANO DE OBRA EN LA EDIFICACION DE  
LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

E S P E C I A L I D A D	I N D I C E D E C O S T O
Albañilería	290.3
Herrería	247.3
Carpintería	320.8
Instalaciones Hidráulicas y Sanit.	256.4
Instalación Eléctrica	295.7
Yesería	290.8
Pintura	267.2
Pisos y Recubrimientos	295.5
Varios	253.2
Indice General	280.8

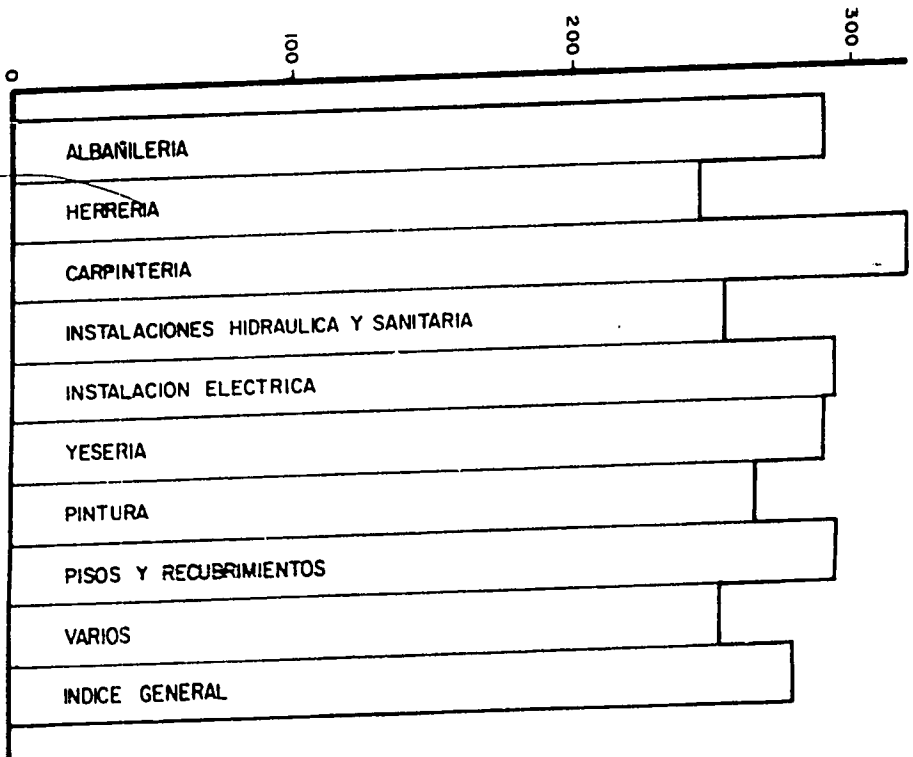
Valores a noviembre 1979

Valores del indice promedio anual, base 1974 = 100

FUENTE: Banco de México, S.A.



**COSTO DE LA MANO DE OBRA EN LA  
 EDIFICACION DE LA VIVIENDA  
 DE INTERES SOCIAL**



VALORES DEL INDICE PROMEDIO ANUAL, BASE 1974 = 100  
FUENTE: BANCO DE MEXICO, 5 A.

PRESUPUESTO DE CONSTRUCCION DE CONJUNTOS HABITACIONALES DE 50 A 100  
VIVIENDAS

E D I F I C A C I O N

80.70

I Preliminares y Cimentación	7.49
II Estructuras	9.38
III Albañilería	40.90
IV Pintura	3.38
V Herrería	3.82
VI Vidriería	0.88
VII Carpintería	2.99
VIII Cerrajería	0.39
IX Instalaciones Hidráulica y Sanitaria	* 7.87
X Instalación Eléctrica	3.60

O B R A S    E X T E R I O R E S

12.66

I Alcantarillado Sanitario	* 1.68
II Alcantarillado Pluvial	1.23
III Red de Agua Potable	* 1.11
IV Urbanización	5.69
V Areas Públicas	0.93
VI Plazas	0.62
VII Accesos y Esquinas	1.40

I N F R A E S T R U C T U R A

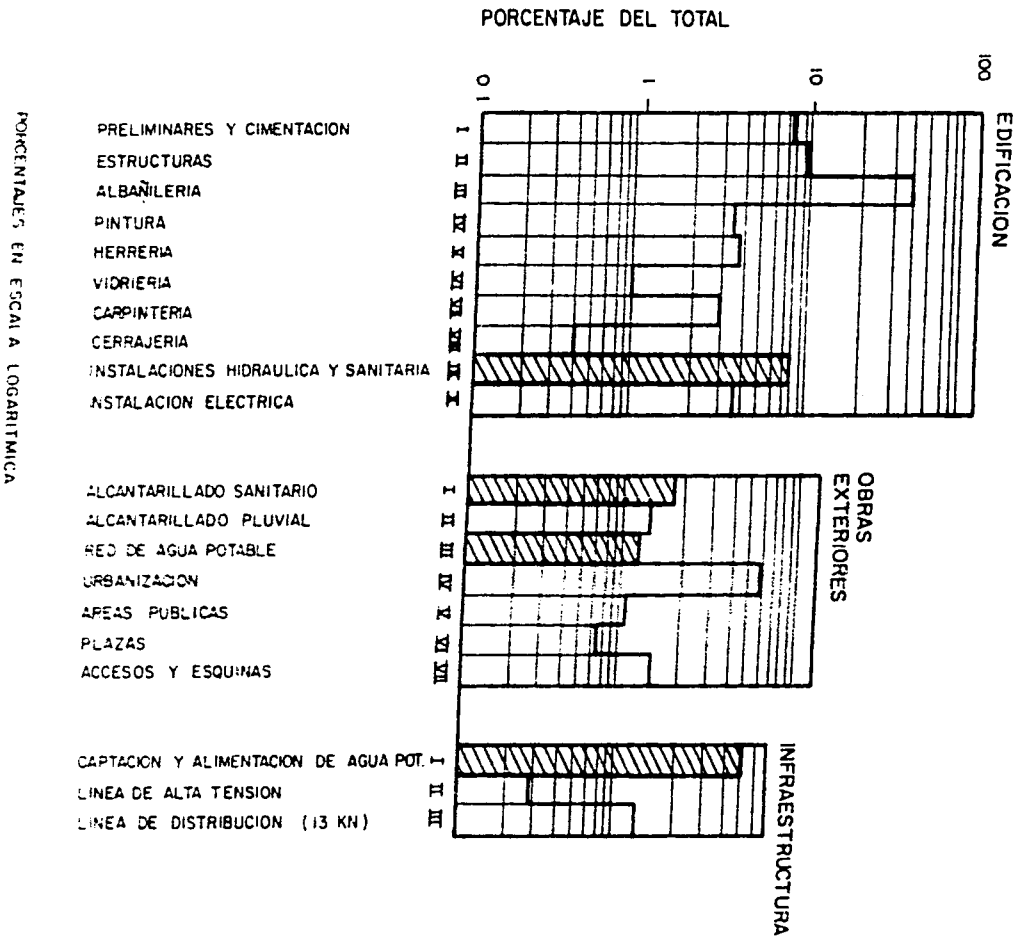
6.64

I Captación y Alimentación de Agua Potable	* 5.19
II Línea de Alta Tensión	0.28
III Línea de Distribución (13 KN)	1.17

T O T A L

100.0

# PRESUPUESTO DE CONSTRUCCION DE CONJUNTOS HABITACIONALES DE 50 A 100 VIVIENDAS



## CAPITULO 2

### METODO DE HUNTER EN LA DETERMINACION DEL GASTO DE DISEÑO.

- 2.1) Bases para la Aplicación de la Teoría de la Probabilidad.
- 2.2) Aplicación de la Teoría de Probabilidad a Sistemas Simples.
- 2.3) Aplicación del Método a Sistemas Mixtos.
- 2.4) Determinación del Gasto de Diseño de Sistemas Mixtos.

Los sistemas de distribución de agua potable y drenaje se calculan determinando el gasto de diseño y el diámetro de los tubos que serán usados<sup>18</sup>.

La solución del primer paso es complicado, en atención que el uso de los muebles de plomería en los edificios habitacionales es intermitente e irregular, durante el día, por ejemplo: los muebles de baño por lo común trabajan con mayor frecuencia por la mañana al despertar y antes de retirarse a dormir por la noche, y en la tarde durante los comerciales de T.V.; el fregadero de cocina, opera intensivamente después de los alimentos; la llave de cubetas o de jardín funciona en la segunda parte de la mañana y con menor frecuencia antes de las 6:00 horas.

Ya que la operación de los muebles es intermitente y el total del tiempo de servicio real es mucho menor al de no operación, es excesivo (excepto para sistemas muy pequeños) tomar como gasto de diseño el valor del gasto máximo potencial, que es la suma de los consumos de todos los muebles en operación simultánea; para tal gasto potencial el diámetro de la tubería sería muy grande y el costo del sistema de plomería, prohibitivo.

Una idea de la magnitud del gasto de diseño en comparación con el gasto potencial, la da el funcionamiento de un sistema hipotético de 100 excusados de tanque en donde cada operación aleatoria tiene una frecuencia promedio de 5 minutos y una duración de 9 segundos; en cualquier instante arbitrario de observación el número de muebles de diseño es menor que el número de muebles del sistema<sup>19</sup>.

Existen métodos para determinar los gastos de diseño en edificios, de las diferentes partes del sistema de distribución de agua y del sistema de drenaje: a) el empírico, b) el alemán de la raíz cuadrada, y c) el de la probabilidad.

De estos se analiza el tercero, para esclarecer la posibilidad de adaptarlo a la solución del problema planteado en esta tesis.

#### 2.1) Bases para la Aplicación de la Teoría de la Probabilidad.

En la aplicación de la teoría de la probabilidad para el diseño de gastos, Hunter (del National Bureau of Standards) consideró que las operaciones de los muebles del sistema eran eventos aleatorios<sup>20</sup>. Aunque no es completamente cierta la afirmación sirve como base firme para el método.

<sup>18</sup> Manual, VICENT T. MANAS, P.E. National Plumbing Code Handbook-Standards and Design Information. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, 1957.

<sup>19</sup> Ver anexo 8, p. 37.

<sup>20</sup> Ya-lun Chou, Análisis Estadísticos, INTERAMERICANA, México, D. F., 1974, p.72.

Hunter determinó la frecuencia máxima de uso en un edificio residencial para los excusados de válvula, excusados de tanque y regadera de baño; se basó en estadísticas de hoteles y departamentos, durante los períodos de mayor uso. También de terminó valores característicos del promedio de uso de agua por los diferentes muebles y del tiempo de una operación simple de cada uno.

Al considerarse un sistema de distribución de agua de gran tamaño, en donde los muebles estarán sujetos en cierto momento del día a congestión de uso, el problema consiste en determinar el gasto de diseño asignado a los diferentes tubos del sistema de distribución para dar un "servicio satisfactorio", que, definido por Hunter, "es en donde la interrupción del servicio a causa de factores controlados, como diámetro y arreglo de la tubería, es poco frecuente y es de su suficiente corta duración para no causar inconveniencias en el uso de los muebles o ninguna condición insalubre en el sistema". Ahora bien, asumieron que el sistema dará un servicio satisfactorio o estará adecuadamente diseñado, si la tubería es de tales proporciones que el sistema surte de manera suficiente el gasto demandado por el número "m" del total de "n" muebles del sistema, de modo que no más de los "m" muebles se encontrarán en probable operación simultánea, más del 1% del tiempo. Esto conlleva a que las interrupciones causadas por factores controlados, tales como el diámetro y arreglo de la tubería, es poco frecuente y de -- una corta duración que no causa inconvenientes en el uso de los muebles o ninguna condición insalubre en el sistema.

El valor de 1% fue elegido arbitrariamente por Hunter y se ha utilizado desde -- 1940, porque no lleva a un diseño insuficiente: no obstante, podría ser que el sistema estuviera sobrediseñado y es muy posible que el valor de 2% u otro, produz -- ca el adecuado, pero solo registros continuos de demanda de agua en sistemas de muchos muebles, dará la evidencia necesaria para comprobarlo.

Una consideración adicional es que, si la carga de diseño es excedida por la demanda, ¿cuál será el efecto en el sistema?. Si este comprende un gran número de muebles y el valor de "m" se estableció de acuerdo al párrafo anterior, entonces la probabilidad de que (m + 1) muebles estén en operación simultánea es muy remota, la que (m + 2) lo estén, es aun más remota, etc.; es decir, que pequeñas sobrecargas no tienen efectos apreciables en el sistema si el total de muebles es razonablemente grande.

## 2.2) Aplicación de la Teoría de Probabilidad a Sistemas Simples.

Si los sistemas simples son los que tienen un mismo tipo de mueble, supongamos - un ejemplo (hipotético): solo consta de excusados de válvula de flujo; tiene un gran número "n" de esos muebles; el tiempo "T" son los segundos promedio entre - los usos de cada uno; la duración "t" en segundos es la demanda de suministro -- del sistema por cada uso, es decir, el tiempo empleado en cada operación sencilla; entonces la probabilidad "p" de encontrar cada mueble en particular operación, en cualquier instante arbitrario de observación del sistema es:

$$P = \frac{t}{T}$$

(E1)

Igualmente la probabilidad que este mueble (o cualquier otro) no fuera encontrado en operación:

$$q = 1 - p = 1 - \frac{1}{n} \quad (E2)$$

Note que los otros  $(n-1)$  muebles quizás están, en el instante de la observación, sin nada que hacer, con las probabilidades dadas en las ecuaciones (E1) y (E2).

Ahora determinemos la probabilidad de que dos muebles sean encontrados en operación (simultáneamente), en cualquier instante elegido arbitrariamente para la observación, pasando por alto que los otros  $(n-2)$  muebles quizás estén en operación en ese instante. Ya vimos que la probabilidad de encontrar en operación al primero de los dos muebles seleccionados en "p", asimismo la probabilidad de encontrar operando al segundo es "p". Entonces la probabilidad de que ambos sean encontrados en operación (simultáneamente) es "p<sup>2</sup>", por la ley de eventos independientes<sup>21</sup>. De manera similar la probabilidad de encontrar en operación simultánea, tres excusados es "p<sup>3</sup>" y de la misma forma hasta llegar a la probabilidad de encontrar "n" en operación simultánea que es "p<sup>n</sup>".

consideramos en seguida, la probabilidad de que dos de los "n" excusados, pero no los otros  $(n-2)$ , sean encontrados en operación en un momento de observación elegido arbitrariamente; las probabilidades son:

de encontrar al 1º excusado en operación:	p
de encontrar al 2º excusado en operación:	p
de encontrar al 3º excusado sin operar:	1-p
de encontrar al 4º excusado sin operar:	1-p
-----	- -
de encontrar al "n" excusado sin operar:	1-p

La probabilidad de este evento compuesto, tomado en el instante elegido de la observación, es el producto de las anteriores probabilidades o sea:

$$P = (1-p)^{n-2} p^2 \quad (E3)$$

Pasando a un caso más general, en el que dos de los "n" excusados, pero no los otros "n-2" excusados, sean encontrados en operación en el instante de observación seleccionado arbitrariamente. Se ha demostrado que la probabilidad de encontrar dos excusados en particular pero no de otros "n-2" excusados, en operación es  $(1-p)^{n-2} p^2$ . Hay formas de seleccionar dos excusados fuera de los "n" muebles, como combinaciones de "n" cosas tomando dos a un tiempo, pero en el caso general examinado, interesa determinar cuantas formas de seleccionar "r" cosas de un total de "n" elementos. Este número está dado por la expresión de combinaciones<sup>22</sup>

$$C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} \quad (E4)$$

<sup>21</sup> Idem, p. 93.

<sup>22</sup> Idem, p.100.

$$C_r^n = \text{Número de combinaciones de "r"}$$

$$! = \text{factorial}$$

$$n = \text{número de elementos total}$$

$$r = \text{número de elementos de la combinación}$$

Podemos ya escribir la expresión general de la probabilidad en que cualquiera "r" muebles y esos "r" únicamente fuera del total de "n" muebles, sean encontrados -- en operación en un instante de observación seleccionado arbitrariamente.

$$P_r^n = C_r^n (1-p)^{n-r} p^r \quad (E5)$$

Quando observamos al sistema, es cierto que podemos encontrar algún número "r" de los "n" muebles en operación, donde "r" puede tener cualquier valor de cero a "n".

En la teoría de probabilidad, la certeza es representada por el número 1, por lo tanto, si sumamos todas las posibilidades de la ecuación (E 5), que es la probabilidad de un evento particular fuera de aquellos mencionados únicamente, tenemos la relación siguiente:

$$P_r^n = \sum_{r=0}^{r=n} C_r^n (1-p)^{n-r} p^r = 1 \quad (E6)$$

Notamos también que la ecuación (E 5) representa uno de los términos de la ecuación (E 6) que muestra la distribución binomial<sup>23</sup> como en cualquier texto de álgebra.

$$[p + (1-p)]^n$$

Así el modelo que tenemos que utilizar en este problema es la distribución binomial tipo<sup>24</sup>.

Estamos en posibilidad de ver como determinar el número "m" de muebles, fuera del total de "n" muebles que consideramos que están en operación simultánea, con el propósito de determinar al gasto de diseño de un sistema. Una vez establecido el valor de "m", el gasto de diseño se encuentra multiplicando "m" por el promedio de gasto demandado por un mueble.

<sup>23</sup> Seymour Lipschuts. - Probabilidad, Serie SCWEM de Teoría y Problemas. MCGRAW-HILL, Cali, 1973, p. 108.

<sup>24</sup> Ya- Iam Chou. - Análisis ... Op. Cit., p.153.

$$Q_d = m q \quad (E7)$$

- $Q_d$  = Gastos de diseño  
 $m$  = Número de muebles en operación simultanea  
 $q$  = Gasto promedio demandado por un mueble.

El criterio que se usará para el diseño adecuado se basa en lo siguiente: Se considera que el sistema opera satisfactoriamente, si este es de proporción tal, que surte adecuadamente la demanda de gasto simultánea de un número "m" de los "n" muebles que comprende el sistema, tal que mas de "m" muebles no estén en probable operación simultánea más del 1% del tiempo.

Esta condición se expresa así:

$$P_0^n + P_1^n + \dots + P_{m-1}^n + P_m^n = 0.99 \quad (E8)$$

- $m$  = El entero menor para el cual la relación es verdadera.  
 $P_0^n$  = Probabilidad de encontrar ninguno de los "n" muebles - en operación, uno en operación, dos en operación, etc. Donde "r" va de cero a "m".  
 0.99 = Eficiencia del sistema.

El menor valor entero de "m" para el que la ecuación (E 8) es verdadera, es el número de muebles para el cual el sistema debe diseñarse.

La ecuación (E 8) es suficiente para producir el valor deseado de "m", pero el cálculo es muy laborioso por lo que se desarrollan métodos para reducirla. Existen tablas disponibles que dan la sumatoria de el remanente de la serie de la ecuación (E 8), o sea:

$$P_m^n + P_{m+1}^n + \dots + P_n^n = 0.01 \quad (E9)$$

que también puede representarse como:

$$\sum_{r=m+1}^{n-r} C_r^n (1-p)^{n-r} p^r = 0.01 \quad (E10)$$

La que corresponde a la forma dada en las tablas de probabilidad de distribución binomial, excepto la expresión (1-p) que se reemplaza por la letra "q" según la ecuación (E 2).



Después, procediendo con un ejemplo para determinar el gasto de diseño de un sistema hipotético de 100 excusados de válvula de flujo, asumiremos que cada excusado en el sistema se opera con una frecuencia promedio de cada 300 segundos y que cada operación dura 9 segundos, calcularemos los valores de  $P_r^n$  hasta satisfacer la ecuación (E 8):

1º Cálculo de la probabilidad de operación de un mueble.

$$P = \frac{t}{T}$$

$$P = \frac{9}{300} = 0.03$$

2º La probabilidad del mueble de no estar en operación.

$$q = 1 - p$$

$$q = 1 - 0.03 = 0.97$$

3º La probabilidad de encontrar de 0 a 'm' excusados en operación simultánea.

$$P_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} (1-p)^{n-r} p^r$$

La ecuación (E 8) se cumple cuando  $m=8$ , que es el número de excusados en probable operación simultánea, previsión para la cual debe hacerse el diseño del sistema<sup>25</sup>.

El gasto de diseño para el suministro de la tubería principal esta dado por:

$$Q_d = mq = 8q$$

q = promedio de gasto ( g p m ) por cada operación de la válvula de flujo.

### 2.3) Aplicación del Método a Sistemas Mixtos.

Antes de poder determinar las curvas, dando valores de "m" para varios valores de "n", de las tres clases de muebles aquí consideradas (excusados de válvulas de flujo, excusados de tanque y regaderas), tendremos que tomar valores apropiados de "t" y "T" para esos muebles. Hunter consideró el problema en su tiempo con valores ordenados en la forma siguiente: excusados válvula, t = 9 seg, T = 300 seg, t/T=0.030; excusados tanque, t = 60 seg, T = 300 seg, t/T = 0.020; regaderas de baño, t = 60 seg, T = 900 seg, t/T = 0.067.

Estos valores son para uso congestionado; por ejemplo, para el uso de baños en una estación pública en las condiciones de más tránsito y de regaderas en departamentos u hoteles durante las horas pico de la mañana. Así mismo, los valores de "T" son los más críticos esperados en condiciones desusadas, como en barracas de la armada o en escuelas durante el receso. No obstante, algunos casos requieren

<sup>25</sup>Ver anexo 9, p. 38.

tratamiento especial.

Con las aclaraciones anteriores se puede determinar la relación entre "m" y "n" - para los tres muebles en estudio. Al considerar valores muy altos de "n", Hunter recurrió a la sumatoria exponencial de Poisson<sup>26</sup>, que es una aproximación a las series dadas por la ecuación (E 9) y produce valores más exactos para valores pequeños de "p", digamos, para "p" entre 0.10 ó 0.15.

Las curvas de distribución de Poisson se utilizaron para preparar la tabla de Valores de "np" correspondientes a Valores de "m"<sup>27</sup>, que forman la base de cálculo de las curvas de probabilidad del sistema de plomería que se considerarán en adelante. El valor de "np" es el correspondiente a la probabilidad que más de -- "m" muebles no se encuentren en operación simultánea más del 1% del tiempo; estos valores no deben usarse para probabilidades "p" mayores de 0.15, por que arrojan resultados que son un 10% mayores aproximadamente.

Las relaciones de "m" y "n" se calculan de la siguiente manera:

Se divide el valor de "a=np" correspondiente al valor tomado de "m", por el valor de "p" del tipo de muebles involucrado y resulta el número total "n"<sup>28</sup>.

En el tiempo transcurrido desde que Hunter estableció valores de frecuencia de -- uso y del tiempo de una operación para diferentes muebles, los diseños de muebles de plomería han cambiado de manera que tales valores debieran ser revisados. El valor adoptado por Hunter y las curvas derivadas, son usadas porque fundamentan muchos códigos de plomería y no discrepan mayormente.

El siguiente paso es multiplicar el valor de "m" correspondiente a los valores dados de "n" excusados de válvula, por el rango promedio de flujo que se considera que cada válvula de flujo libera durante una operación, con lo que tendremos la -- curva de gasto para este mueble y seguiremos el mismo proceso con los otros para obtener sus curvas de gasto.

Siguiendo a Hunter, consideramos que los rangos de flujo son q=27 (gpm) para la -- válvula de flujo, q=4 (gpm) para el tanque de flujo y q=8 (gpm) para regaderas, -- con los que obtendremos las curvas del número de muebles del sistema simple contra el gasto de diseño<sup>29</sup>.

Así, si tenemos un sistema compuesto exclusivamente de "n" excusados de tanque, o -- operando a la frecuencia promedio considerada de una vez cada 5 minutos, podemos -- encontrar a la curva de excusados de tanque de la figura mencionada con este -- valor y leer el rango de flujo de diseño en la escala de ordenadas. El mismo -- procedimiento se usará con los otros muebles.

Pero en la práctica los sistemas no comprenden exclusivamente un tipo de muebles -- sino, un número variable de lavabos, fregaderos, excusados, regaderas y varios -- muebles especiales, como llaves de jardín, etc. Ahora bien, no sería aconsejable -- proporcionar una curva para cada mueble, como se mostró para los tres tipos del --

<sup>26</sup> Ya-lan Chou-Análisis ... Op.Cit., p. 162.

<sup>27</sup> Ver anexo 10, p. 39.

<sup>28</sup> *Ibidem* II, p. 40.

<sup>29</sup> *Ibidem* 12, p. 41.

ejemplo, obtener los respectivos rangos de flujo y sumarlos. Al hacerlo, resultará sobrediseñado el sistema, ya que, no es pertinente la suma algebraica porque la función de probabilidad debe entrar en el resultado, en otras palabras, si obtenemos el gasto de diseño particular para "n1" excusados de válvula otro para -- "n2" excusados de tanque y aún un tercero para "n3" regaderas de baño no se obtiene el gasto de diseño del sistema como un todo, sumando los tres gastos de diseño de grupos individuales, ya que el gasto de diseño del sistema será algo menor que tal suma algebraica. La combinación de los gastos puede sacarse mediante la teoría de la probabilidad, método muy complicado para su uso práctico.

Hunter formuló un procedimiento muy ingenioso que lleva a resultados solo aproximados, pero que según probaremos, comparándolo con la teoría de probabilidad, produce resultados con 0.5% de aproximación, muy satisfactoria para este problema.

Hunter asignó "factores de gasto muebles" o "unidades mueble de peso" a cada uno, para representar la magnitud de sus gastos en la frecuencia máxima considerada. - Suele considerarse, que solo el rango promedio de flujo de un mueble dado, determina sus efectos en el gasto del sistema, pero es fácil demostrar la falsedad de esta consideración mediante un sistema hipotético constituido por 1000 excusados de válvula, cada uno de los cuales es operando una vez cada 5 minutos en promedio y con descargas de 4 gal. de agua con un rango promedio de 27 gpm en 9 segundos. La demanda de los 1000 muebles es el rango de flujo promedio basado en 4 gal. usados en un período de 5 minutos, o sea,  $(1000 \times 4/5) = 800$  gpm. Así, el rango de uso de agua de los 1000 muebles usados de acuerdo a la suposición anterior fluctuará alrededor del flujo de 800 gpm. Ahora bien, tomando el mismo sistema pero con la diferencia que los excusados de válvula se suponen en operación en un promedio de cada 60 min, el rango de flujo promedio sería  $(1000 \times 4/60) = 66.7$  gpm: lo que conduce claramente a que la frecuencia de uso no se puede ignorar en sistemas integrados por un gran número de muebles.

Los "factores de gasto mueble" o "unidad mueble de rango" de excusados de válvula, excusados de tanque y regaderas, se determinaron como sigue:

Primero, una "unidad mueble de rango" o "de peso" igual a 10 es arbitrariamente - asignada a un excusado de válvula; segundo, según la gráfica de "Relación del Gasto de Diseño 'Q' con el Número Total de Muebles 'n' de Sistemas Simples" los números de excusados de válvula, excusados de tanque y regaderas de baño que corresponden a un flujo de 150 gpm son 57, 133 y 164 respectivamente. Por lo tanto, el gasto en un sistema constituido por 57 excusados equipados con válvula de flujo y usados con la frecuencia promedio especificada anteriormente, no será mayor a 150 gpm., probablemente más de 1% del tiempo; lo mismo ocurre para los 133 excusados de tanque y para los 164 regaderas de baño correspondientes a 150 gpm; y, en forma similar se continúa con rangos de 200, 250 y 300 gpm.

Refiriéndonos ahora al flujo de 150 gpm multiplicamos 10 unidades mueble por 57 y dividimos entre 133, para obtener la correspondiente "unidad mueble de peso" de - 4.29 para excusados tanque. Este rango de flujo y las otras "unidades mueble de peso" individuales se calcula de la misma manera para cada nivel de gasto.

Las "unidades muebles de peso" de excusados de tanque y de regaderas de baño, crecen con relación a las "unidades muebles de peso" de excusados de válvula cuando se incrementa el flujo; pero la razón parece aproximarse a un límite en lugar de tener un aumento indefinido. Las "unidades muebles de peso" de los excusados de tanque y regaderas de baño son promediadas en los rangos de flujo considerados. - La incertidumbre en la determinación del gasto de diseño es tan grande, que no tiene objeto intentar expresar las "unidades muebles de peso" con todas sus frac-

ciones, para estos tres muebles tan cerca de la base de 10 (para los excusados de válvula); entonces, la "unidad mueble de peso" de un excusado de tanque será aproximada al número 5 y la de regadera al número 4<sup>30</sup>.

Se debe enfatizar que las "unidades mueble de peso" no expresan rangos de flujo - sino al contrario, son números puros que ponderan el efecto de los gastos de los muebles en el sistema de plomería. El único fin del procedimiento es hacer posible el cálculo del gasto de diseño directamente para sistemas que contengan diferentes clases de muebles, cada uno con su gasto característico.

Se calculó la demanda relativa a las unidades mueble, que da el número de unidades "fn" para cada una de las tres clases de muebles, considerando el número de muebles "n" y la unidad de peso "f", en donde para cada tipo de mueble, el valor de "fn" se obtiene con la multiplicación del valor de "n" por el valor entero "f" seleccionado anteriormente<sup>31</sup>.

#### 2.4 Determinación del Gasto de Diseño de Sistemas Mixtos.

La curva general de gasto de diseño fué determinada, un tanto arbitrariamente<sup>32</sup>, con el valor de la demanda relativa al total de las unidades mueble en tres ramas que se unen en las coordenadas (1000, 200) aproximadamente y se vuelven a separar para continuar en divergencia. Por medio de esta gráfica se trazó la de gasto de diseño de sistemas mixtos en dos secciones<sup>33</sup>: 1º) La que va de  $fn=0$  hasta  $fn=1,000$  que tiene dos ramas; y 2º) la que prolonga hasta  $fn=30,000$ .

Hunter hizo esta división en atención a que los excusados proveen la mayor parte del gasto en edificios habitacionales, la rama superior se aplica cuando el edificio esté provisto con excusados de válvula y la inferior en el caso de equipamiento con excusados de tanque y regaderas de baño.

Para edificios muy grandes, donde el rango de "fn" es mayor que 1000, la 2ª sección de la gráfica está trazada siguiendo la curva de excusados de válvula (extrapolada por computación) hasta el valor de  $fn = 30,000$ . La curva está trazada a su vez, en dos ramas: la primera para valores de  $fn$  de 1,000 a 15,000 (que se lee desde la izquierda y hacia arriba) y a la segunda para valores de 15,000 hasta 30,000 (que se lee de la derecha y hacia abajo). Esto cubre los mayores rangos de valores de "fn" que se encuentran en la práctica.

Para edificios pequeños muchas veces es conveniente leer el gasto de diseño con más aproximación, con el uso de un tercer diagrama para un rango de valores de unidades mueble de 0 hasta 200<sup>34</sup>.

<sup>30</sup> Ibidem 13, p. 42.

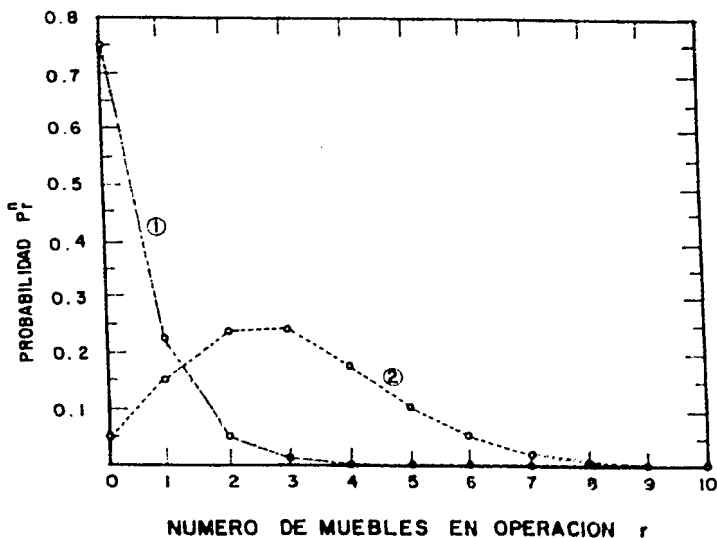
<sup>31</sup> Ibidem 14, p. 43.

<sup>32</sup> Ibidem 15, p. 44.

<sup>33</sup> Ibidem 16, pp. 45.

<sup>34</sup> Ibidem 17, p. 47.

**PROBABILIDAD DE ENCONTRAR "r" DE "n"  
EXCUSADOS EN OPERACION EN CUALQUIER  
INSTANTE ARBITRARIO DE OBSERVACION**



- ① —○— VALORES DE  $P_r^n$  PARA  $n=10$   
 —●— MUEBLES DE DISEÑO PARA  $n=10$   
 ② —○— VALORES DE  $P_r^n$  PARA  $n=100$   
 —●— MUEBLES DE DISEÑO PARA  $n=100$

$$P_r^n = \binom{n}{r} (1-p)^{n-r} p^r$$

$$p = \frac{1}{T}$$

$t = 9$  segundos

$T = 300$  segundos

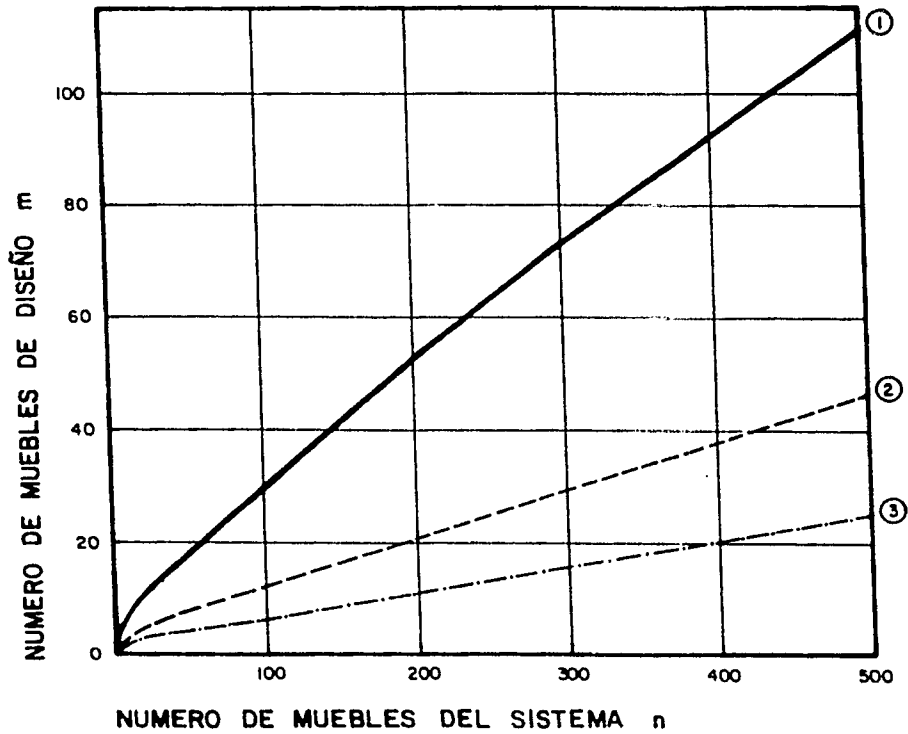
PROBABILIDAD DE ENCONTRAR "m" EXCUSADOS DE VALVULA DE FLUJO EN OPERACION  
SIMULTANEA.

m	$P_r^n$	$M_r^n$
0	0.0480	0.0480
1	0.1470	0.1950
2	0.2250	0.4200
3	0.2270	0.6470
4	0.1705	0.8175
5	0.1013	0.9188
6	0.0496	0.9684
7	0.0206	0.9890
8	0.0740	0.9964

VALORES "np" CORRESPONDIENTES A "m"  
(SUMATORIA DE LA PROBABILIDAD DE POISSON).

m	a = np	m	a = np
1	0.25	18	10.30
2	0.60	20	11.80
3	0.95	25	16.25
4	1.35	30	19.50
5	1.85	35	23.45
6	2.35	40	27.50
7	2.90	45	31.55
8	3.50	50	35.65
9	4.10	60	44.15
10	4.75	70	52.85
12	6.00	80	61.55
14	7.42	90	70.30
16	8.85	100	79.00

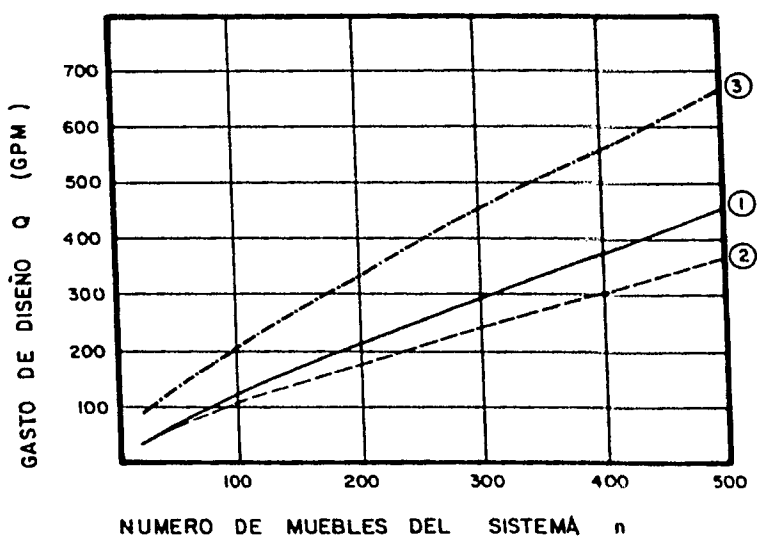
**RELACION DEL NUMERO DE MUEBLES DE DISEÑO "m" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLES**



SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE ——— ①  
 SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO - - - - ②  
 SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA DE FLUJO - · - · ③



# RELACION DEL GASTO DE DISEÑO "Q" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLES



- SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE      ——— (1)
- SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO      - - - - (2)
- SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA DE FLUJO      - · - · - (3)

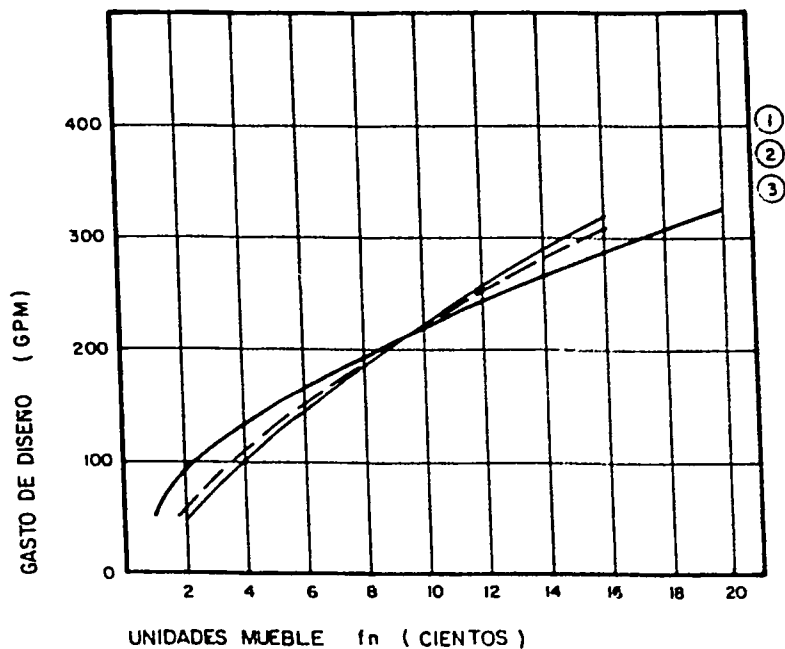
PESO DE LOS MUEBLES SEGUN SU DEMANDA RELATIVA

DEMANDA	EXCUSADO VALVULA		EXCUSADO TANQUE		REGADERA	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
150	57	10	133	4.29	164	3.48
200	97	10	187	5.19	234	4.15
250	138	10	245	5.63	310	4.45
300	178	10	307	5.87	393	4.53
PESO PROMEDIO		10		5.25		4.15
VALOR ELEGIDO "f"		10		5		4

DEMANDA DE SISTEMAS SIMPLES PARA EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE

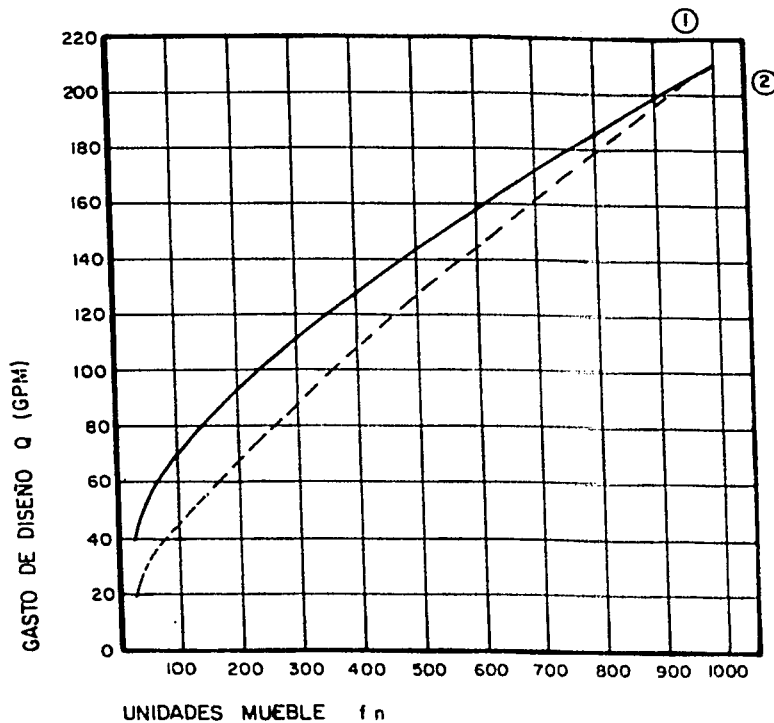
DEMANDA	EXCUSADO VALVULA		EXCUSADO TANQUE		REGADERA	
	(GPM)	n	fn	n	fn	n
150	57	570	133	665	164	656
200	97	970	187	935	234	936
250	138	1380	245	1225	310	1240
300	178	1780	307	1535	333	1572

## RELACION DEL GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE DEL SISTEMA



SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE ——— ①  
 SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO - - - ②  
 SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA ——— ③

# GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARTE MEDIA DE LA CURVA

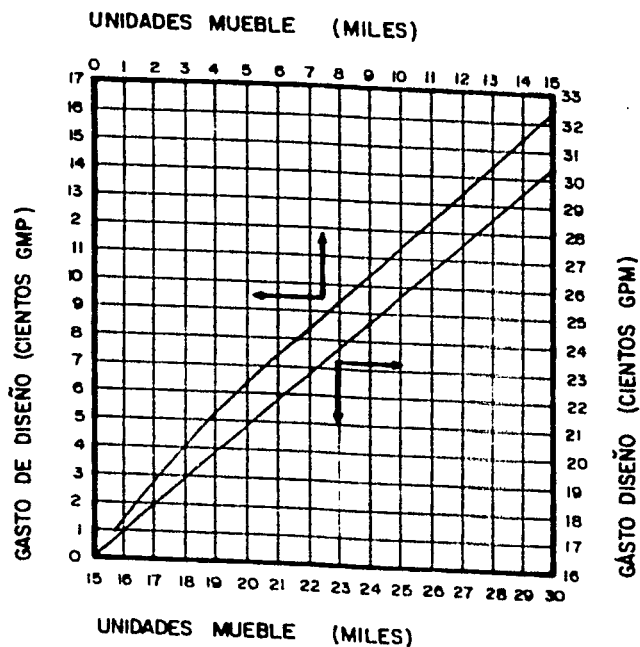


SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA DE FLUJO

CURVA PROMEDIO DE EXCUSADOS DE TANQUE Y REGADERAS DE BAÑO

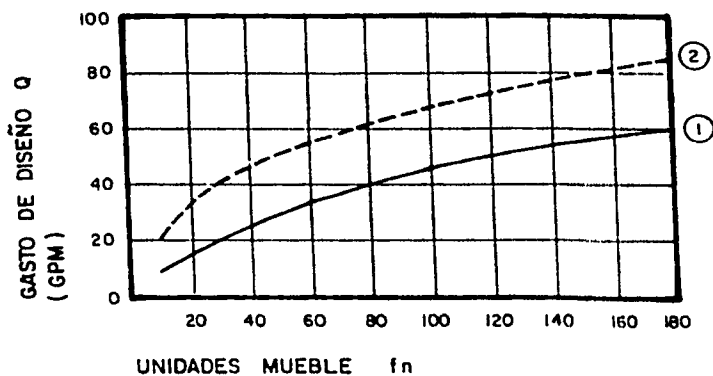
— ①  
 - - - ②

# GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARTE ALTA DE LA CURVA



— SISTEMAS MIXTOS DE EXCUSADOS DE TANQUE, DE REGADERAS DE BAÑO Y EXCUSADOS DE BAÑO

## GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARTE BAJA DE LA CURVA



CURVA PROMEDIO DE SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE Y REGADERAS DE BAÑO ——— ①  
 SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA DE FLUJO - - - - ②

## CAPITULO 3

### MODIFICACION AL METODO DE HUNTER, INTRODUCIENDO LA EFICIENCIA COMO UNA VARIABLE DEL SISTEMA.

- 3.1) Aplicación de la Teoría de la Probabilidad a Sistemas Simples, Introduciendo la Eficiencia como Variable del Sistema.
- 3.2) Aplicación del Método a Sistemas Mixtos, Introduciendo la Eficiencia como Variable del Sistema.
- 3.3) Determinación del Gasto de Diseño de Sistemas Mixtos, para Diferentes Niveles de Eficiencia.

El diseño adecuado de un sistema de suministro de agua debe tener como objetivo - que todos los muebles funcionen bien con el gasto y la presión pertinentes.

El método probabilístico de Hunter supone una operación aleatoria de los "n" muebles del sistema y calcula el gasto de diseño a través de un número "m" de ellos que operan simultáneamente, de tal manera que más de esos muebles no estarán en operación simultánea mas del 1% del tiempo. Esto quiere decir que en algunos momentos que suman el 1% del tiempo, el gasto demandado será mayor al previsto pero solo en las horas de mayor concentración; el método generalmente conduce a gastos de diseño elevados aún cuando es muy racional.

Los gastos calculados de la manera señalada responden a normas elevadas de funcionamiento pero en instalaciones para la vivienda en los países en desarrollo, donde el factor de costo es determinante, es innecesario calcular el gasto para un 99% de eficiencia.

En esta tesis se modifica el método de Hunter, en un intento de hacerlo más adaptable a las diferentes circunstancias, mediante la introducción de la eficiencia "e" como una variable del sistema: así el proyectista puede hacer una determinación más racional del gasto de diseño.

#### 3.1) Aplicación de la Teoría de la Probabilidad a Sistemas Simples, Introduciendo la Eficiencia como Variable del Sistema.

Al determinar el gasto de diseño según el nivel de eficiencia "e" (en porcentaje), debe cumplirse con el "servicio satisfactorio" definido por Hunter; de tal manera que no haya inconveniencias en el uso de los muebles ni condición insalubre en el sistema. Partiremos del principio que el sistema estará adecuadamente diseñado - si la tubería puede proporcionar con suficiencia el gasto demandado por número -- "m" del total de "n" muebles del sistema, de modo que no mas de "m" muebles se en contrarán en probable operación simultánea mas de  $(100-e)\%$  del tiempo.

Esto es, modificaremos el método variando el 99% seleccionado por Hunter para desarrollarlo exactamente como ha sido explicado anteriormente. Así mismo, utilizaremos los valores característicos para cada tipo de mueble, del tiempo promedio - entre cada uso, del tiempo promedio de operación y del gasto de cada uno, a fin - de poder hacer una comparación con sus resultados.

De acuerdo a lo anterior, tendremos el mismo desarrollo para la aplicación de la teoría de la probabilidad a un sistema simple hasta llegar a la ecuación (E. 8), en donde la eficiencia quedará como una variable "e" y no como un valor constante --



igual a 0.99, de la siguiente manera:

$$P_0^n + P_1^n + \dots + P_{m-1}^n + P_m^n = e \quad (E8')$$

- $m$  = El entero menor para el que la relación es verdadera.  
 $n$  = Número total de muebles del sistema.  
 $P_r^n$  = Probabilidad de encontrar cero muebles en operación, uno, dos, etc., donde  $r$  va de cero a  $m$ .  
 $e$  = Eficiencia del sistema, como variable.

Así mismo, la sumatoria del remanente de la serie de la ecuación (E 8') será expresado con la eficiencia "e" como variable.

$$P_{m+1}^n + P_{m+2}^n + \dots + P_{n-1}^n + P_n^n = (1-e) \quad (E9)$$

Que a su vez también puede presentarse como:

$$\sum_{r=m+1}^{r=n} C_r^n (1-p)^{n-r} p^r (1-e) \quad (E10)$$

Si siguiendo el mismo ejemplo del sistema hipotético de 100 excusados de válvula de flujo con valores de  $T=300$  segundos y  $t=9$  segundos, calcularemos los valores del  $P_r^n$  hasta satisfacer la ecuación (E 8'). tomando los valores de 80%, 90%, 95% y 99% para "e".

- 1) Cálculo de la probabilidad de operación de cada mueble.

$$p = \frac{t}{T} = \frac{9}{300} = 0.03$$

- 2) Cálculo de la probabilidad de no estar en operación de cada mueble.

$$q = 1-p = 1-0.03 = 0.97$$

- 3) Cálculo de la probabilidad de encontrar de cero a "n" excusados en operación simultánea.

$$P_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} (1-p)^{n-r} p^r$$

Cuando la eficiencia se tiene como variable, el valor de "m" tomará diferente ---

valor para cada valor de "e" y por consiguiente habrá también diferentes valores del gasto de diseño; al tomar entonces los distintos valores de "e", se obtiene el valor de "m", de acuerdo a la ecuación (E 8') y, se calcula el gasto de diseño aplicando la ecuación (E 7') del capítulo anterior, por ejemplo, para valores de 80%, 90%, 95%, 99% de "e", los correspondientes de "mq" son 4q, 5q, 6q y 8q<sup>35</sup>.

### 3.2 Aplicación del Método a Sistemas Mixtos, Introduciendo la Eficiencia como variable del Sistema.

Para el uso del método tomando la eficiencia como variable para sistemas mixtos de muebles, tomaremos las tres clases de muebles utilizados por Hunter (excusados de válvula de flujo, excusados de tanque y regaderas de baño), los valores característicos de tiempo promedio entre los usos de cada mueble individual "T", el tiempo de duración de la demanda de suministro del sistema ó de cada operación del mueble "t" y el promedio de gasto de cada operación "q": excusados de válvula, t = 9 seg, T = 300 seg, q = 27 gpm; excusados de tanque, t = 60 seg, T = 300 seg, q = 4 gpm; regaderas de baño t = 60 seg, T = 900 seg, q = 8 gpm.

Con estos valores determinaremos la relación de "m" y "n" para diferentes valores de "e", con el cálculo de la probabilidad binomial directamente (mediante la aplicación de un programa en computadora)<sup>36</sup>, a diferencia de Hunter que hizo una aproximación con la sumatoria exponencial de Poisson. Se procesó el programa para obtener los valores del gasto de diseño de los sistemas simples y se graficaron los datos<sup>37</sup> para comparar con la gráfica obtenida por Hunter<sup>38</sup>, haciendo lecturas del número de muebles para los mismos valores de gasto de diseño en una u otra gráfica; revelan que la aproximación es buena ya que las diferencias promedio para excusados de válvula, excusados de tanque y regaderas de baño son únicamente del 2.3%, 3.8% y 1% respectivamente, lo que indica la conveniencia de continuar con el método de Hunter<sup>39</sup>.

Una vez dibujada la gráfica del gasto de diseño para el número total de muebles de sistemas simples al 99% de eficiencia y comprobar la ausencia de grandes diferencias con la obtenida por Hunter, se procede de la misma manera que éste a obtener las unidades mueble de peso. En la gráfica se hicieron lecturas en 150, 200, 250 y 300 GPM de demanda, de los valores del número de muebles correspondientes a cada tipo, fue asignado el peso de 10 a los excusados de válvula y se calcularon los pesos para los otros muebles, dividiendo la lectura de excusados de válvula entre la lectura del otro tipo de muebles y multiplicando el resultado por 10, para cada una de las demandas; se obtuvo el peso promedio para excusados de tanque y regaderas de baño y se asignó el valor de la unidad mas cercana como la "unidad mueble de peso" de 5 y 4 respectivamente<sup>40</sup>.

35 Ver anexo 18, p. 52.

36 Ibidem 19, pp. 53.

37 Ibidem 20, pp. 65.

38 Ibidem 21, p. 67.

39 Ibidem 22, p. 68.

40 Ibidem 23, p. 69.

Con el valor de los pesos relativos (números que expresan el efecto de los gastos de los diferentes tipos de muebles del sistema de distribución de agua) es posible determinar directamente el gasto de diseño de sistemas que estén formados con varios tipos de muebles, con rangos de flujo distintos, ya que al multiplicar los pesos relativos de cada tipo de mueble por el número de muebles correspondiente, obtendremos resultados con unidades homogéneas. Los que sumados permiten la lectura en la gráfica de gastos de diseño y unidades mueble.

### 3.3 Determinación del Gasto de Diseño de Sistemas Mixtos, para Diferentes Niveles de Eficiencia.

Para obtener los gastos de diseño relacionados con las unidades mueble, se multiplicaron los valores del número de muebles del sistema "n" por el valor del peso relativo "f" (correspondiente al tipo de mueble), de tal manera que el producto "fn" es el número de unidades mueble correspondiente al número "n" de muebles de un sistema simple y a su gasto de diseño "Q" y con los datos se hicieron dos diagramas: uno para un rango menor de 3,000 unidades mueble<sup>41</sup>, y el otro, hasta para 30,000<sup>42</sup>. En el primero, con el valor de las unidades mueble del sistema hace la lectura del gasto de diseño en la curva que corresponde al tipo de mueble predominante y en el segundo la lectura se realiza en una sola curva para sistemas mixtos.

Hemos visto que es viable aplicar el método de Hunter variando el nivel de eficiencia que él determinó en 99%; aplicamos el método en todos y cada uno de los pasos establecidos por Hunter y solo resta hacerlo para diferentes valores de la eficiencia.

<sup>41</sup> Ibidem 24, pp. 70.

<sup>42</sup> Ibidem 25, p. 72.

NUMERO DE MUEBLES DE DISEÑO "m(i)" Y GASTO DE DISEÑO "Qd(i)"  
 DE UN SISTEMA DE 100 EXCUSADOS DE VALVULA DE FLUJO, SEGUN  
 EL NIVEL DE EFICIENCIA "e(i)".

e (i)	$P_n$ r	$P_n$ r	m (i)	Qd (i)
0.80	0.0480	0.0480	0	
	0.1470	0.1950	1	
	0.2250	0.4200	2	
	0.2270	0.6470	3	
0.90	0.1705	0.8175	4	4 q
	0.1013	0.9188	5	5 q
0.95	0.0496	0.9684	6	6 q
0.99	0.0206	0.1590	7	
	0.0740	0.9964	8	8 q

PROGRAMA PARA CALCULAR EL GASTO DE DISEÑO DE SISTEMAS SIMPLES A DIFERENTES NIVELES DE EFICIENCIA.

Al iniciar, el suscrito, el estudio de la modificación del método de Hunter, - encontró, desde luego, como razón del uso de la sumatoria exponencial de Poisson de considerar solo unos cuantos tipos de muebles para el diseño de las gráficas, lo laborioso que es el cálculo de la probabilidad binomial requerido. Además, - los análisis correspondientes llevan a un proyecto de largo plazo y, seguramente poco viable pues no sería de aplicación inmediata.

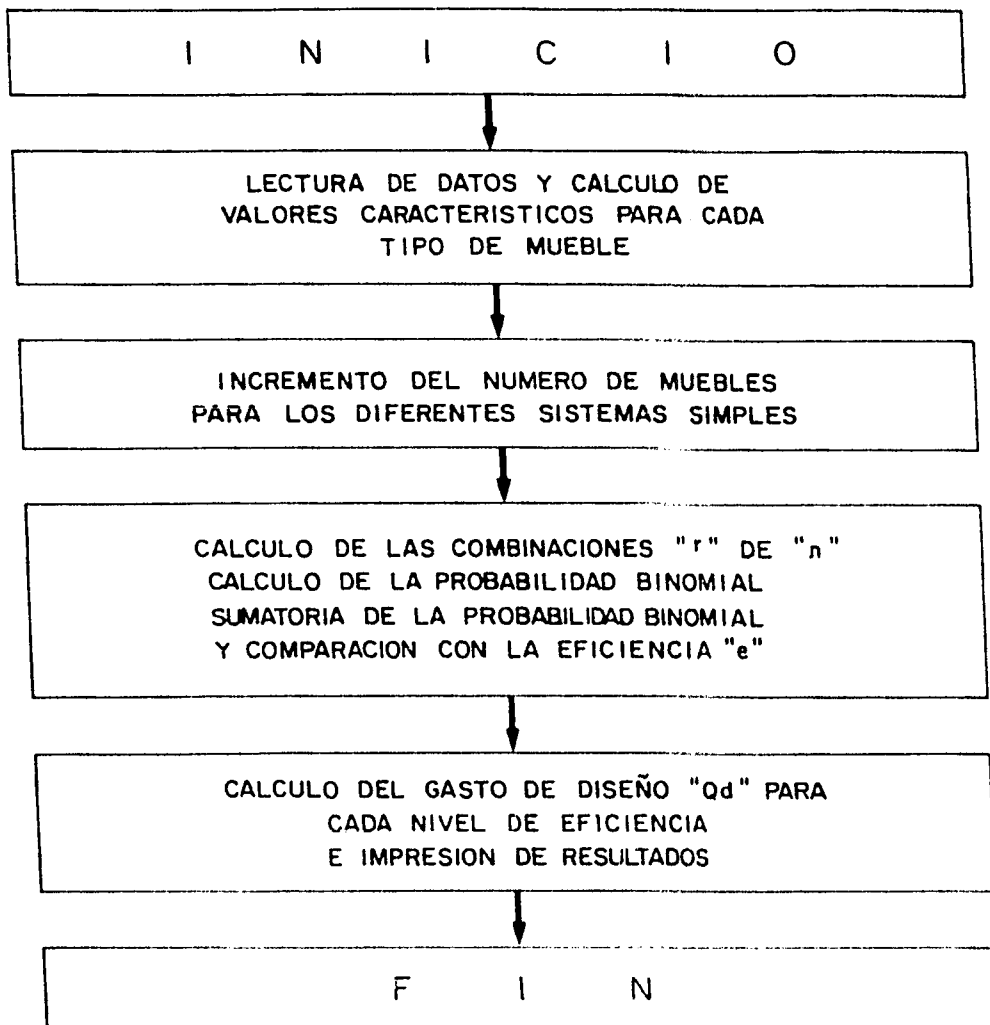
El procesamiento automatizado de datos le brindaba la posibilidad de realizar - tal tipo de cálculo, laborioso y con grandes riesgos de acumulación de errores, en forma muy rápida y sin el mencionado problema de acumulación. Al efecto y - desarrollo un programa de computadora de la aplicación del método de la probabilidad a los sistemas simples para calcular el gasto de diseño.

Denominó al programa " Gasto de Diseño de Sistemas Simples, Según el Método de - Hunter" que se destina al cálculo del gasto de diseño de sistemas simples a diferentes niveles de eficiencia, según el método de Hunter, con la aplicación del - método de la probabilidad a los sistemas simples y con la introducción de los valores característicos del tipo de mueble y la eficiencia del sistema como variable. Sin embargo para los efectos de esta tesis el suscrito utilizó los tipos de mueble con sus valores característicos tal como los presenta Hunter en el diseño de sus gráficas.

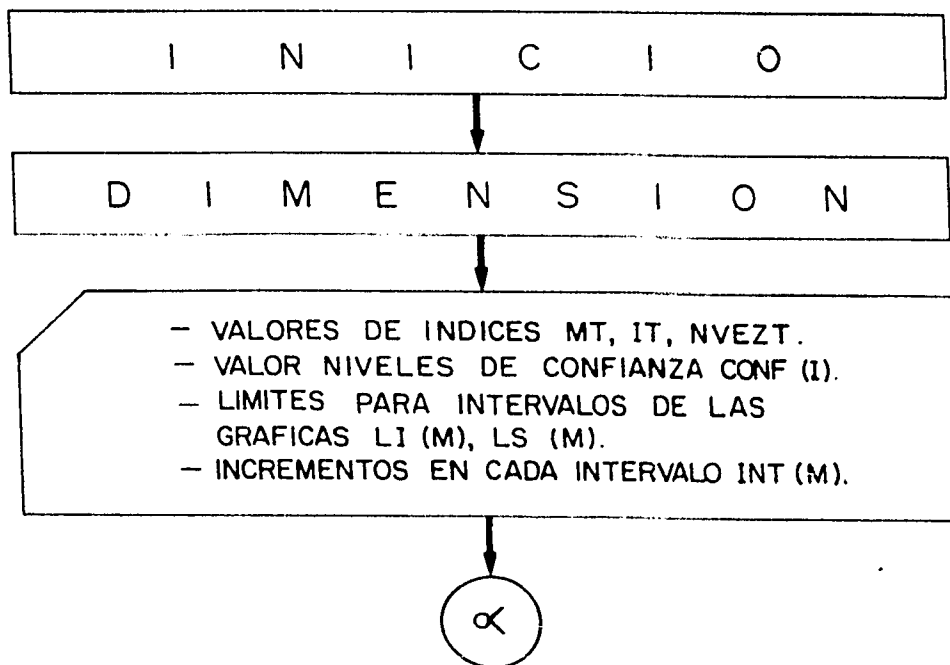
El diagrama de bloques muestra que el programa se basa en la probabilidad binomial para determinar los muebles de diseño y con esto llega al gasto de diseño para sistemas simples. La mecánica del programa se explica en el diagrama de flujo y el - listado del programa que están acompañados de una tabla de variables elaborada en orden de su aparición en el diagrama.

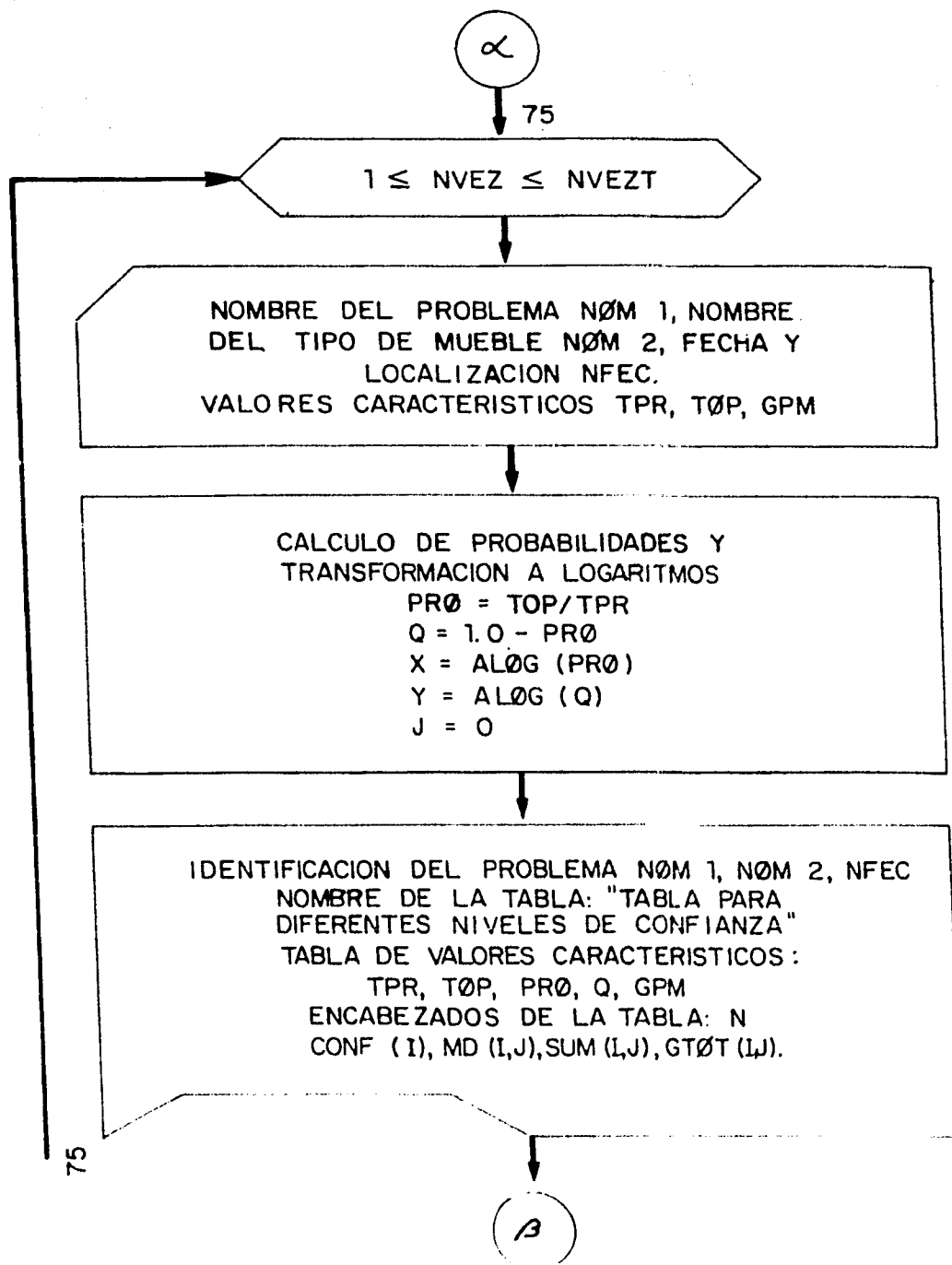
Con esto el suscrito obtuvo las tablas de gasto de diseño para los diferentes tipos de muebles agrupados en sistemas simples hasta de cinco mil muebles, con varios valores de la eficiencia.

**DIAGRAMA DE BLOQUES  
GASTO DE DISEÑO DE SISTEMAS SIMPLES,  
SEGUN EL METODO DE HUNTER**

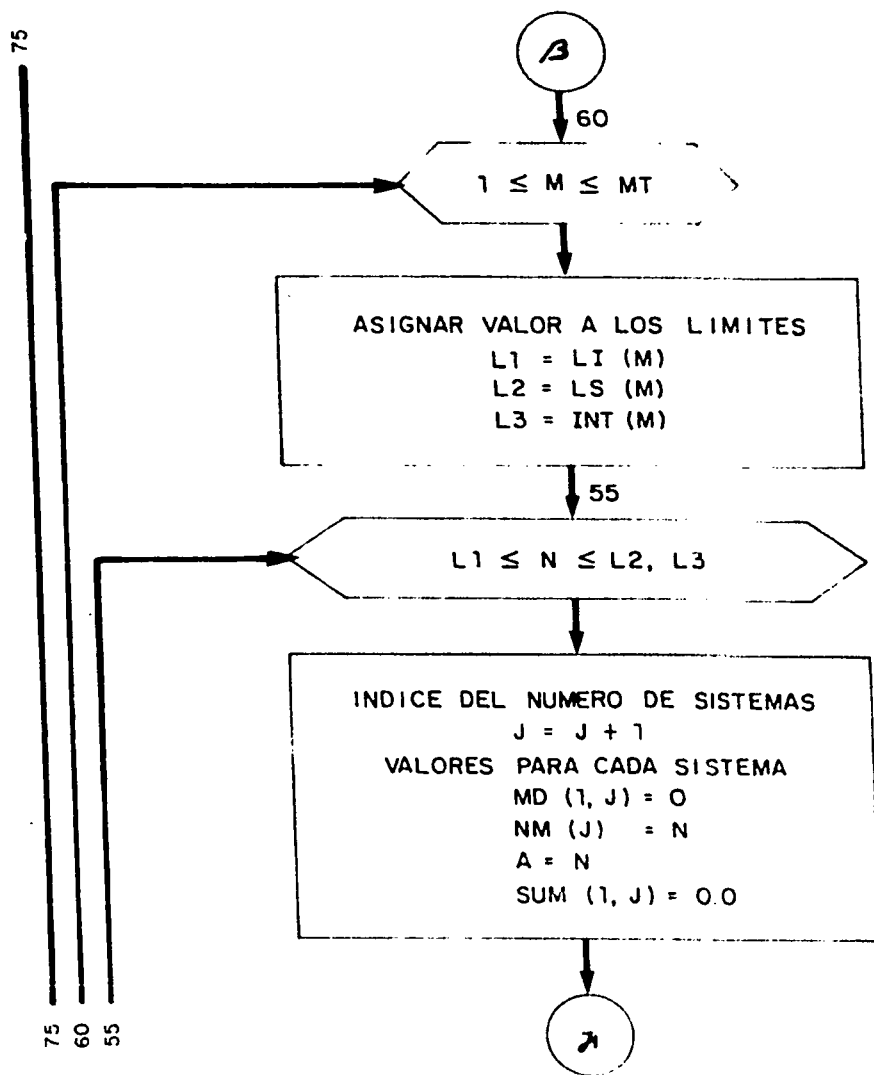


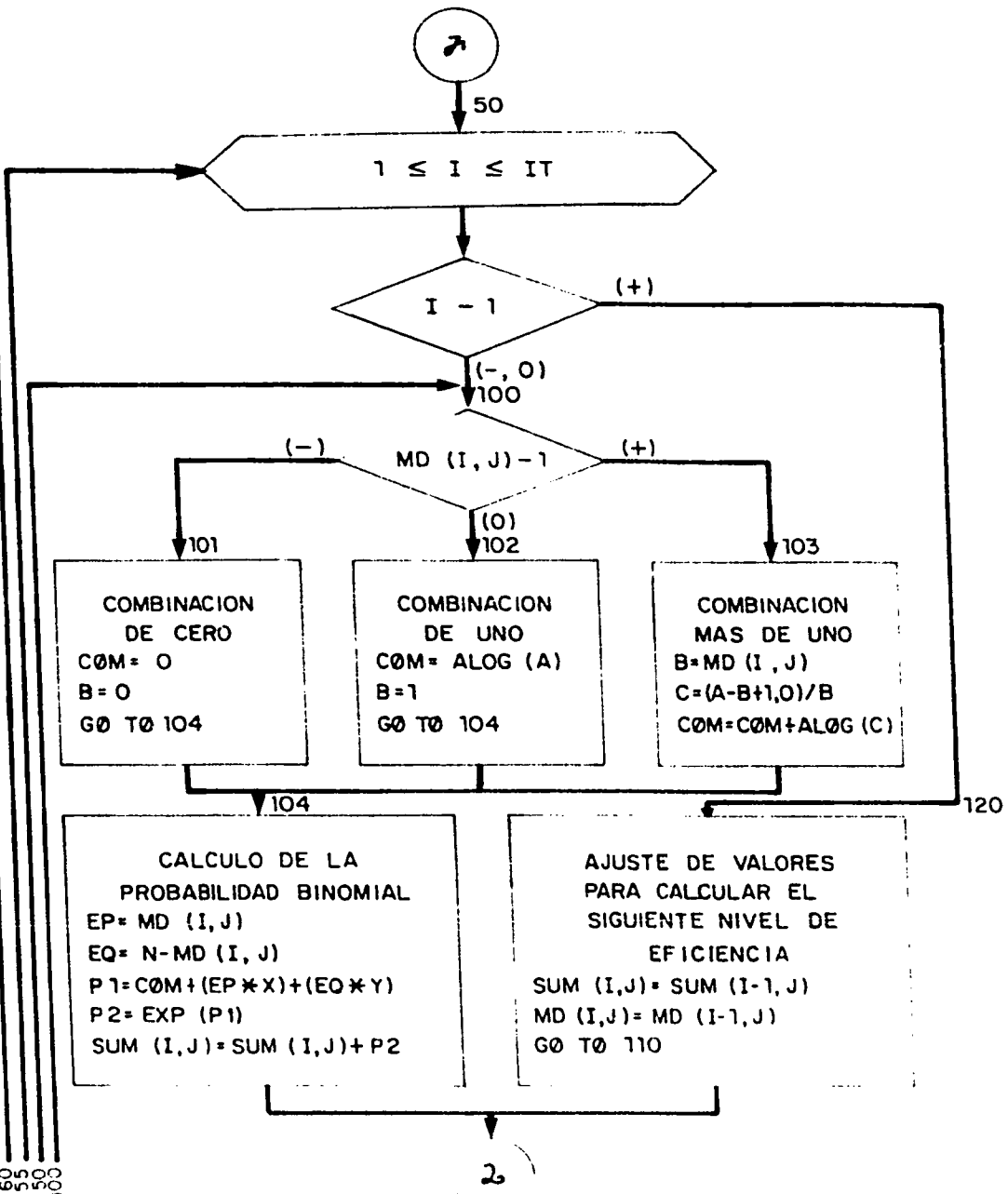
**DIAGRAMA DE FLUJO  
GASTO DE DISEÑO DE SISTEMAS SIMPLES,  
SEGUN EL METODO DE HUNTER**









75  
60  
55

75  
60  
55  
50  
100

2

110

(-,0)

SUM(I,J) - CONF(I)

(+)

111

INCREMENTO DE MUEBLES DE DISENO  
MD(I,J) = MD(I,J) + 1  
GO TO 100

112

CALCULO DEL GASTO DE DISENO  
GTOT(I,J) = GPM \* B

VALORES DE CADA SISTEMA Y CON CADA NIVEL DE CONFIANZA: NM(J), CON F(I), MD(I,J), SUM(I,J), GTOT(I,J).

CONTINUE 50

CONTINUE 55

CONTINUE 60

CONTINUE 75

FIN



TABLA DE VARIABLES DEL PROGRAMA " GASTO DE DISEÑO DE SISTEMAS SIMPLES, SEGUN EL METODO DE HUNTER.

MT	=	Número de intervalos de la gráfica de sistemas del mismo tipo - de mueble, con valores diferentes del incremento de número de - muebles.
IT	=	Número de diferentes niveles de eficiencia por calcular.
NVEZT	=	Número de tipos diferentes de muebles que se calcularán.
CONF(1)	=	Valores de los niveles de confianza.
I	=	Indice para los diferentes valores del nivel de confianza.
LI (M)	=	Valores de los límites inferiores de cada intervalo.
LS (M)	=	Valores de los límites superiores de cada intervalo.
INT(M)	=	Valores de los incrementos del número de muebles para cada <u>inter</u> valo.
M	=	Indice para los diferentes valores de los límites e incrementos del número de muebles.
NVEZ	=	Indice para los diferentes tipos de muebles.
NOM1	=	Nombre para identificar el problema.
NOM2	=	Nombre del tipo de mueble.
NFEC	=	Fecha de cálculo y localización del proyecto.
TPR	=	Tiempo promedio entre cada uso de un mueble en SEG.
TOP	=	Tiempo de cada operación de un mueble en SEG.
GPM	=	Gasto de cada operación de un mueble en GPM (este valor puede - darse en LPS sin afectar el desarrollo del programa).
PRØ	=	Probabilidad de encontrar en operacion un mueble.
Q	=	Probabilidad de no encontrar en operación un mueble.
X	=	Logaritmo base "e" de PRØ.
Y	=	Logaritmo base "e" de Q.
j	=	Indice progresivo de cada sistema de diferente número de muebles del mismo tipo.
N	=	Variable que toma los valores del número de muebles de cada -- sistema

- MD(I,J)= Valor del número de muebles de diseño para el nivel de confianza I del sistema J.
- SUM(I,J)= Valor de la probabilidad de simultaneidad para el nivel de confianza I del sistema J.
- GTØT(I,J)= Valor del gasto de diseño para el nivel de confianza I del sistema J en (GPM) ó (LPS).
- LI = Límite inferior de cada intervalo.
- L2 = Límite superior de cada intervalo.
- L3 = Incremento del número de muebles de cada intervalo.
- NN (J) = Número de muebles del sistema J.
- A = Número de muebles del sistema como variable de punto flotante.
- COM = Valor del logaritmo de la expresión de combinaciones.
- B = Número de muebles de diseño.
- PI = Valor del logaritmo de la probabilidad binomial.
- P2 = Valor real de la probabilidad binomial.

```

        DIMENSION CONF(9), LI(9), LS(9), INT(9), SUM(5,50), NM(50), MD(5,50)
        DIMENSION NOM1(40), NOM2(40), NFEC(40), GTOT(5,50)
C      GASTO DE DISEÑO DE SISTEMAS SIMPLES, SEGUN EL METODO DE HUNTER.
C      PROGRAMA PARA CALCULAR EL GASTO DE DISEÑO DE SISTEMAS SIMPLES A
C      DIFERENTES NIVELES DE EFICIENCIA, SEGUN EL METODO DE HUNTER.
C      NUMERO DE DIFERENTES INTERVALOS ENTRE SISTEMAS DEL MISMO TIPO,
C      NUMERO DE NIVELES DE EFICIENCIA, NUMERO DE TIPOS DE MUEBLES.
        READ(2,5)MT, IT, NVEZT
C      NIVELES DE EFICIENCIA.
        READ(2,3) (CONF(I), I=1, IT)
C      NUMERO DE MUEBLES MENOR DE CADA INTERVALO.
        CALL INFO
        READ(2,4) (LI(M), M=1, MT)
C      NUMERO DE MUEBLES MAYOR DE CADA INTERVALO.
        READ(2,4) (LS(M), M=1, MT)
C      INCREMENTO DE MUEBLES PARA CADA SISTEMA DEL INTERVALO.
        READ(2,4) (INT(M), M=1, MT)
C      HAZ HASTA 75 PARA CADA TIPO DE MUEBLE.
        DO 75 NVEZ=1, NVEZT
C      IDENTIFICACION DEL PROGRAMA Y FECHA DE CALCULO.
        READ(2,1) NOM1, NOM2, NFEC
C      VALORES CARACTERISTICOS DEL TIPO DE MUEBLE.
        READ(2,2)TPR, TOP, GPM
C      PROBABILIDAD DE UN MUEBLE DE ENCONTRARSE EN OPERACION.
        PRO=TCP/TPR
C      PROBABILIDAD DE UN MUEBLE DE NO ENCONTRARSE EN OPERACION.
        Q=1.0-PRO
C      TRANSFORMACION DE VALORES A LOGARITMOS.
        X=ALOG(PRO)
        Y=ALOG(Q)
C      INDICE PROGRESIVO DE REFERENCIA DEL SISTEMA.
        J=0
        WRITE(5,6)NOM1, NOM2, NFEC
        WRITE(5,7)
        WRITE(5,11)TPR, TOP, PRO, Q, GPM
        WRITE(5,12)
C      HAZ HASTA 60 PARA CADA INTERVALO ENTRE SISTEMAS.
        DO 60 M=1, MT
        LI=LI(M)

```

```

L2=LS(M)
L3=INT(M)
C   HAZ HASTA 55 PARA CADA SISTEMA.
DO 55 N=L1, L2, L3
C   CONTADOR DEL INDICE PROGRESIVO DE REFERENCIA DEL SISTEMA.
J=J+1
C   MUEBLES DE DISEÑO (DEL NIVEL DE EFICIENCIA I, DEL SISTEMA J).
MD(1, J)=0
C   NUMERO DE MUEBLES (DEL SISTEMA J).
NM(J)=N
C   NUMERO DE MUEBLES EN PUNTO FLOTANTE.
A=N
C   PROBABILIDAD BINOMIAL ACUMULADA (DEL NIVEL DE EFICIENCIA I, DEL
C   SISTEMA J).
SUM(1, J)=0.0
C   HAZ HASTA 50 PARA CADA NIVEL DE EFICIENCIA.
DO 50 I=1, IT
IF (I-1)100, 100, 120
C   VALIDACION DE LA PROBABILIDAD ACUMULADA Y DE LOS MUEBLES DE
C   DISEÑO PARA UN NIVEL DE EFICIENCIA MAYOR.
120 SUM(I, J)=SUM(I-1, J)
MD(I, J)=MD(I-1, J)
GO TO 110
C   CALCULO DE COMBINACIONES PROBABLES.
100 IF (NM(I, J)-1)101, 102, 105
101 COM=0
B=0
GO TO 104
102 COM=ALOG(A)
B=1
GO TO 104
105 B=MD(I, J)
C=(A-B+1.0)/B
COM=COM+ALOG(C)
C   CALCULO DE LA PROBABILIDAD BINOMIAL DE OPERACION SIMULTANEA.
104 EP=MD(I, J)
EQ=N-MD(I, J)
C   SUMATORIA DE PROBABILIDAD BINOMIAL.
PI=COM*(EP*X)+(EQ*Y)

```

```

P2=EXP(P1)
SUM(I, J)=SUM(I, J)+P2
C   COMPARACION DE LA PROBABILIDAD ACUMULADA CON NIVEL DE EFICIENCIA.
110 IF (SUM(I, J)-CONF(I))111, 112, 112
C   INCREMENTO DE MUEBLES DE DISEÑO.
111 MD(I, J)=MD(I, J)+1
    GO TO 100
C   CALCULO DEL GASTO TOTAL DE DISEÑO (DEL NIVEL DE EFICIENCIA I, DEL
C   SISTEMA J).
112 GTOT(I, J)=GPM*B
    WRITE(5,13)NM(J), CONF(I), MD(I, J), SUM(I, J), GTOT(I, J)
50  CONTINUE
55  CONTINUE
60  CONTINUE
75  CONTINUE
1   FORMAT(40A2, /, 40A2, /, 40A2)
2   FORMAT(3F10.3)
3   FORMAT(8F10.3)
4   FORMAT(8I10)
5   FORMAT(3I5)
6   FORMAT(1H1, //, 30X, 40A2, //, 30X, 40A2, //, 30X, 40A2, /)
7   FORMAT(30X, 'TABLA PARA DIFERENTES NIVELES DE CONFIANZA', ////)
11  FORMAT(30X, 'TIEMPO PROMEDIO ENTRE USOS DE UN MUEBLE', 3X, F6.2,
11X, 'SEG', /, 30X, 'TIEMPO DE CADA OPERACION DE UN MUEBLE', 3X, F
26.2, 1X, 'SEG', /, 30X, 'PROBABILIDAD DE OPERACION DE UN MUEBLE',
35X, F8.4, /, 30X, 'PROBABILIDAD DE NO OPERACION DE UN MUEBLE', 3X, F6
4.4, /, 30X, 'GASTO DE CADA OPERACION DE UN MUEBLE', 3X, F6.2, 1X
5, 'GPM'////)
12  FORMAT(30X, 'MUEBLES DEL NIVEL DE MUEBLES PARA PROBABILIDAD
IDE GASTO EN', /, 32X, 'SISTEMA', 5X, 'CONFIANZA', 6X, 'DISEÑO', 7X, 'SIM
ULTANEIDAD', 7X, 'GPM', /)
13  FORMAT(32X, 15, 9X, F5.5, 7X, 15, 11X, F9.7, 7X, F7.2)
    CALL EXIT
    END

```

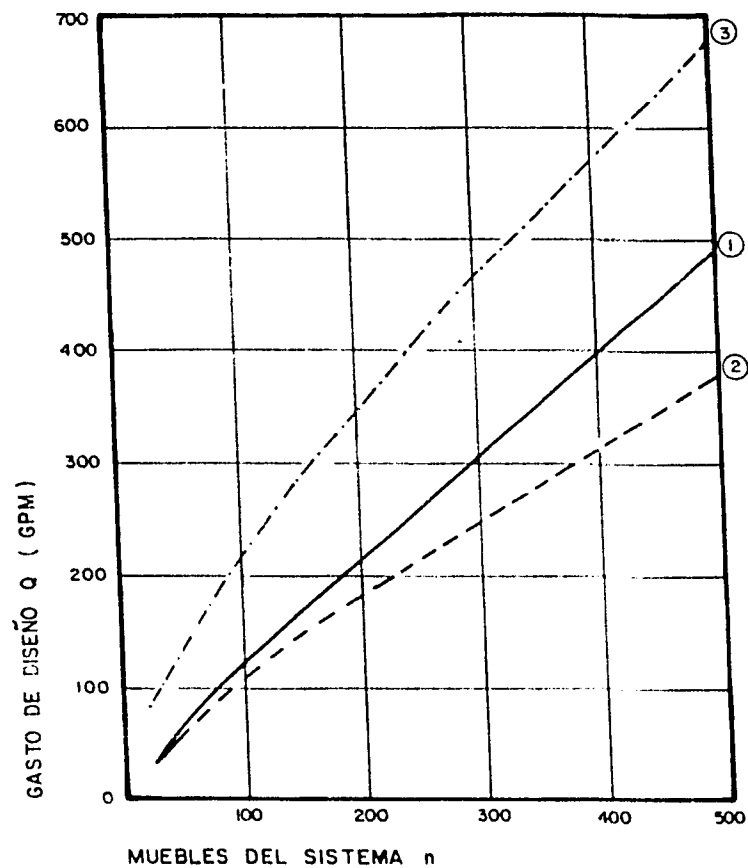


GASTO DE DISEÑO "Q" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS  
SIMPLES, PARA EL 99% DE EFICIENCIA "e"

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERAS DE BAÑO
20	81	32	32
40	108	56	56
60	135	80	72
80	189	100	88
100	216	120	104
120	243	140	120
140	243	156	136
160	270	176	152
180	297	196	160
200	324	216	176
300	459	308	248
400	567	396	312
500	675	488	376

Nota: Datos calculados en función de la distribución binomial de probabilidad

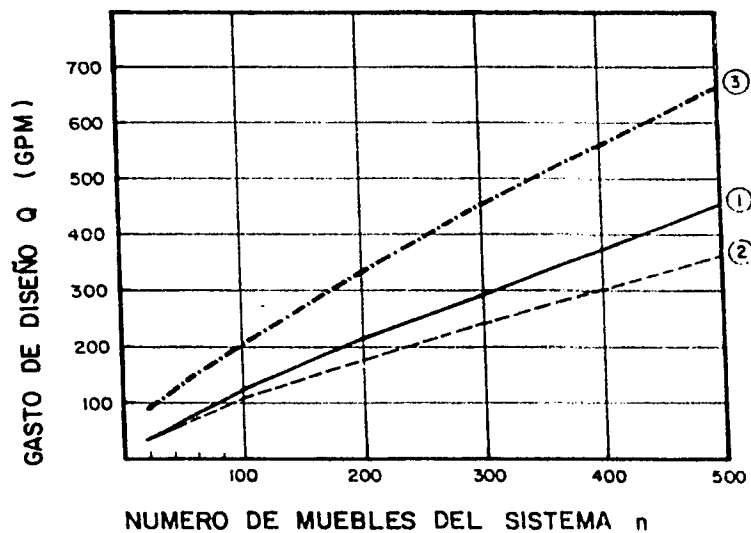
**GASTO DE DISEÑO "Q" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 99 % DE EFICIENCIA "e"**



- SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE ..... ①  
 SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO ..... ②  
 SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA ..... ③

NOTA GRAFICA OBTENIDA EN FUNCION DE LA DISTRIBUCION BINOMIAL DE PROBABILIDAD

**RELACION DEL GASTO DE DISEÑO "Q" CON EL  
NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n"  
DE SISTEMAS SIMPLES**



SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE

— (1)

SISTEMAS DE REGADERA DE BAÑO

- - - (2)

SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA DE FLUJO

- · - · (3)

NOTA GRAFICA OBTENIDA EN FUNCION DE LA SUMATORIA EXPONENCIAL DE POISSON

CUADRO COMPARATIVO DE LECTURAS HECHAS EN LAS GRAFICAS DE GASTO DE DISEÑO PARA EL NUMERO DE MUEBLES DE SISTEMAS SIMPLES, CALCULADAS EN BASE A LA SUMATORIA EXPONENCIAL DE POISSON Y A LA DISTRIBUCION BINOMIAL DE PROBABILIDAD.

GASTO DE DISEÑO "Q" (GPM)	NUMERO DE MUEBLES						DIFERENCIA					
	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO		EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	SP	DB	SP	DB	SP	DB	VAL	%	VAL	%	VAL	%
100	30	30	80	80	90	90	0	0	0	0	0	0
200	100	95	190	185	230	230	5	5	5	3	0	0
300	180	180	310	300	390	380	0	0	10	3	10	3
400	260	250	440	400			10	4	40	9		
500	350	340					10	5				
600	440	430					10	2				
Diferencia												
Promedio								2.3		3.8		1.0

SP = Sumatoria exponencial de Poisson

DB = Distribución binomial de probabilidad

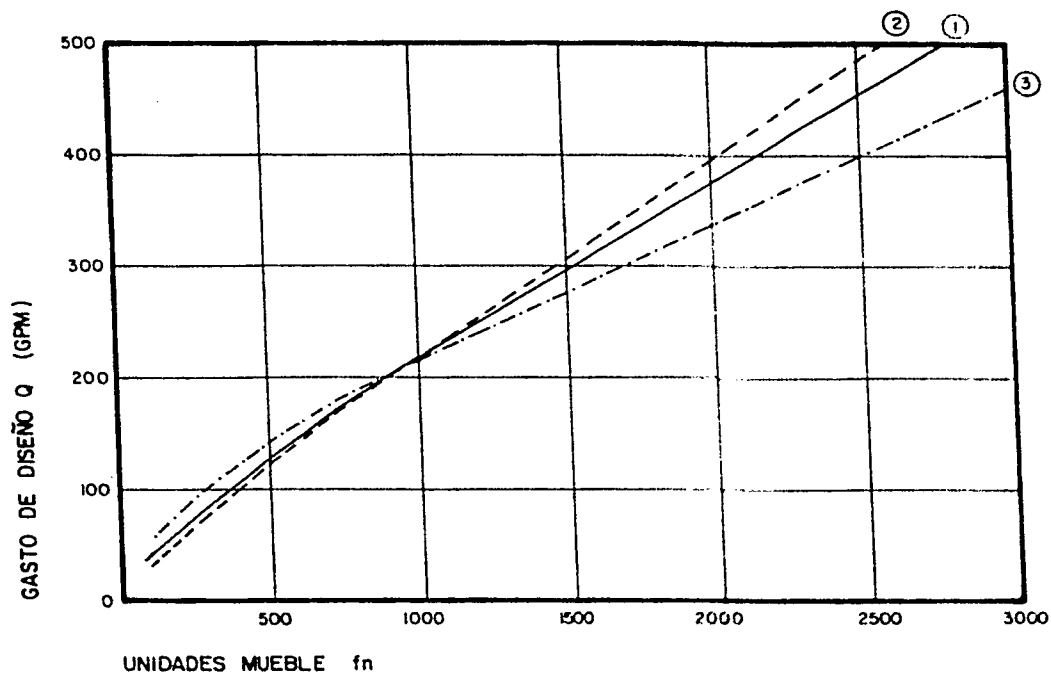
PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES  
 PARA EL 99% DE EFICIENCIA

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
150	60	10	130	4.62	157	3.82
200	94	10	183	5.14	227	4.14
250	132	10	238	5.55	305	4.33
300	170	10	298	5.70	382	4.45
PESO PROMEDIO	10		5.25		4.19	
VALOR ELEGIDO "f"	10		5		4	

GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 99% DE EFICIENCIA.

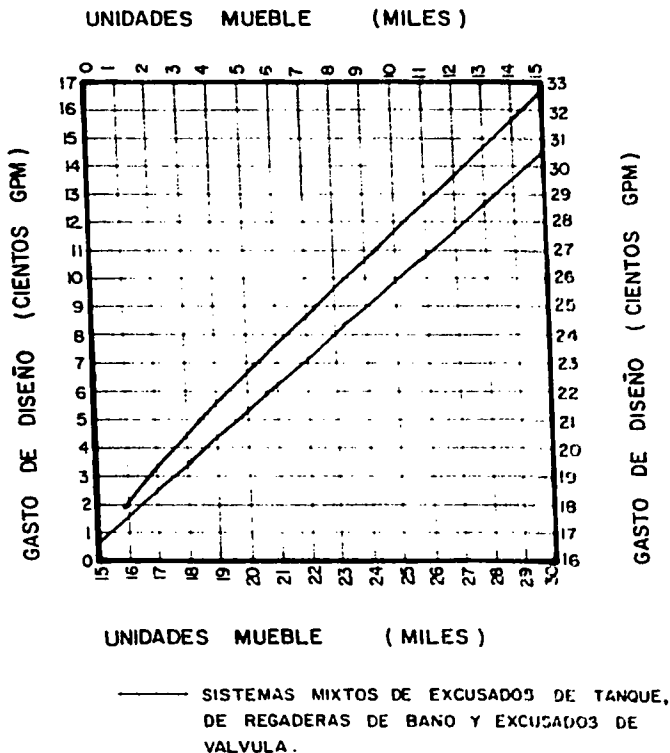
MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	fn	Q	fn	Q	fn	Q
20	200	81	100	32	80	32
40	400	108	200	56	160	56
60	600	135	300	80	240	72
80	800	189	400	100	320	88
100	1000	216	500	120	400	104
120	1200	243	600	140	480	120
140	1400	243	700	156	560	136
160	1600	270	800	176	640	152
180	1800	297	900	196	720	160
200	2000	324	1000	216	800	176
300	3000	459	1500	308	1200	248
400	4000	567	2000	396	1600	312
500	5000	675	2500	488	2000	376
600	6000	756	3000	576	2400	440
700	7000	864	3500	664	2800	504
800	8000	972	4000	756	3200	560
900	9000	1080	4500	844	3600	624
1000	10000	1161	5000	932	4000	688
1500	15000	1647	7500	1344	6000	984
2000	20000	2106	10000	1768	8000	1280
2500	25000	2592	12500	2188	10000	1568
3000	30000	3024	15000	2604	12000	- - -

**GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS SIM- PLES PARA EL 99% DE EFICIENCIA**



- ① — SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE  
 ② - - - SISTEMAS DE HEGADERAS DE BAÑO  
 ③ - · - · SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA

## GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARA EL 99 % DE EFICIENCIA





## CAPITULO 4

### EVALUACION DE RESULTADOS

- 4.1) Obtención del Gasto de Diseño de Sistemas Simples, a Diferentes Niveles de Eficiencia.
- 4.2) Cálculo de las Unidades Mueble de Peso de los Diferentes Tipos de Mueble del Sistema, para Diferentes Niveles de Eficiencia.
- 4.3) Determinación del Gasto de Diseño de Sistemas Mixtos, para Diferentes Niveles de Eficiencia.

Al analizar los resultados obtenidos al introducir la eficiencia como variable del sistema de distribución de agua potable, al método desarrollado por Hunter, se pone de manifiesto la validez de la modificación del método y viabilidad de la aplicación de sus resultados.

Dividiremos el desarrollo del método para su evaluación a diferentes niveles de eficiencia en tres etapas: Obtención del Gasto de Diseño de Sistemas Simples; Cálculo de las Unidades Mueble de Peso de los Diversos tipos de Muebles del Sistema; y, Determinación del Gasto de Diseño de Sistemas Mixtos.

Se valora la eficiencia de 10% a 99% con el fin de no limitar arbitrariamente a un rango y medir el impacto de la variable en el método de Hunter.

#### 4.1) Obtención del Gasto de Diseño de Sistemas Simples, a Diferentes Niveles de Eficiencia.

Se obtuvieron los datos del gasto de diseño de sistemas simples para los niveles de eficiencia del 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 85%, 90%, 95% y 99% en los sistemas simples de excusados de válvula de flujo, excusados de tanque y regaderas de baño y según los valores característicos que determinó Hunter para cada mueble <sup>43</sup>.

Se analizaron los resultados para los sistemas de menor número de muebles con el fin de saber el rango inferior en que el método funciona. La distribución binomial, para valores pequeños de "p" (como en nuestro caso), forma una gráfica de tipo hiperbólico en la que el valor inicial corresponde a la probabilidad de encontrar cero muebles en operación simultánea. Este primer valor se calcula elevando la probabilidad "q" a la "n" potencia, con lo que identificaremos el límite buscado:

El límite de aplicación del método se establecerá con base en el mueble que tiene el menor valor de "p" (ó mayor valor de "q") y, en nuestro caso, será de 73% en sistemas de 10 excusados de válvula y de 5% en sistemas de 100 <sup>44</sup>.

Para obtener el gasto de diseño de sistemas simples en diferentes niveles de eficiencia, no es válido extrapolar linealmente, ya que en este caso afecta no linealmente tanto el nivel de eficiencia cuanto el número de muebles del sistema.

<sup>43</sup> Ver anexo 26, pp. 76.

<sup>44</sup> Ibidem 27, pp. 88.

A continuación, se muestra que la variación (el porcentaje) del gasto de diseño para los valores de la eficiencia del 10% al 99% en los sistemas simples de excu- sados de válvula de 10 muebles, 500 muebles y 3000 muebles, no se comporta de la misma manera según el tamaño ya que el promedio para un sistema de 10 muebles es de 30, para uno de 500 muebles, de 11% y para el de 3000, 4% únicamente<sup>46</sup>. Así mismo, el comportamiento es diferente para distintos valores de la eficiencia, - la variación es mayor en los niveles extremos y de magnitudes pequeñas en los in- termedios.

#### 4.2) Cálculo de las Unidades Mueble de Peso de los Diferentes tipos de Mueble - del Sistema, para Diferentes Niveles de Eficiencia.

Con los datos ya obtenidos, se dibujaron las gráficas de gasto de diseño de Sis- temas Simples, para los valores de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 85%, - 90%, y 99%, de eficiencia<sup>46</sup>, y mediante ellas se comprueba la conveniencia - del método usado, su validez para cualesquiera niveles de eficiencia, y su apli- cabilidad independientemente del tamaño del sistema.

Las unidades mueble de peso que obtuvo Hunter se basan en lecturas hechas, en la gráfica de gasto de diseño contra número total de muebles de sistemas simples, - del número de muebles correspondiente a gastos entre 150 GPM y 300 GPM<sup>47</sup>. En cambio, para dibujar la referida gráfica, la variable independiente es "n" y la dependiente es "Q" y que Hunter para formar la tabla del peso relativo de la de- manda efectuó las lecturas a la inversa, es decir, tomó como variable indepen- diente al gasto "Q" para efectuar las lecturas del número de muebles del sistema simple "N" como variable independiente.

Por lo tanto, se realizaron las lecturas en las gráficas de cada nivel distinto de eficiencia y se usaron las mismas gráficas dentro del mismo rango, para tomar los valores del número de muebles de sistemas simples para leer el gasto de dise- ño como variable dependiente<sup>48</sup>. Con las nuevas lecturas se calculan las "uni- dades muebles de peso" de cada nivel de eficiencia con el fin de observar las di- ferencias al modificar que la variable independiente sea el gasto de diseño<sup>49</sup>, o el número de los muebles del sistema<sup>50</sup>.

Se comprueba que la variación no es suficientemente grande para invalidar el mé- todo ya que no representa variaciones promedio de más del 15% ni variaciones re- lativas mayores del 6%<sup>51</sup>. Con esto queda demostrado también, que el método es aplicable a cualquier nivel de eficiencia.

Ya que los valores de las "unidades mueble de peso" se obtienen haciendo lectu- ras entre 150 y 300 GPM de gasto de diseño, que corresponde a sistemas simples - de entre 100 y 400 muebles totales, se calcularon las "unidades mueble de peso"- para los intervalos de 500 a 1000 muebles<sup>52</sup>, y 1500 a 3000 muebles<sup>53</sup>, en los

46 Ibidem 28, p. 89.

46 Ibidem 29, pp. 90.

47 Ibidem 30, pp. 102.

48 Ibidem 31, pp. 114.

49 Ibidem 32, p. 126.

50 Ibidem 33, p. 127.

51 Ibidem 34, p. 128.

52 Ibidem 35, p. 129.

53 Ibidem 36, p. 130.

que se nota un incremento de 2 y 1 unidades, al valor de las "unidades mueble de peso" de excusados de tanque y regaderas de baño respectivamente. Estos valores resultan de tomar "n" como variable independiente pero la comparación es válida, como ya se ha demostrado, y corrobora la conveniencia de tomar un rango más amplio o bien tomar diferentes valores de las unidades mueble de peso según tamaño del sistema.

#### 4.3) Determinación del Gasto de Diseño de Sistemas Mixtos, para Diferentes Niveles de Eficiencia.

El hacer la lectura del gasto de diseño para sistemas mixtos en una sola gráfica, implica una transformación en unidades homogéneas que permite sumar las distintas clases de mueble. El artificio utilizado por Hunter resuelve el problema de no tener que efectuar la lectura en varias gráficas, una para cada tipo de mueble, asignando pesos relativos a los diferentes tipos de mueble para que al multiplicarlos por el número de muebles de cada tipo en el sistema resulten unidades homogéneas, las que se suman algebraicamente y dan por resultado el número total de unidades mueble del sistema mixto.

Sin embargo, se encuentra que los resultados obtenidos a través de las "unidades mueble de peso" son inferiores a los que arroja la suma de los gastos de diseño para el número de muebles de sistemas simples ó la correspondiente al número de unidades mueble de cada tipo <sup>54</sup>.

Resulta que el artificio de las "unidades Mueble de peso", también produce una disminución del valor del gasto de diseño, que corresponde a la que se efectuaría como resultado de análisis probabilístico de encontrar en operación simultánea diferentes tipos de mueble de plomería. Cálculo para el que no tenemos información suficiente.

En base a las unidades mueble obtenidas para los diferentes valores de la eficiencia "e", se calcularon los valores del gasto de diseño de los sistemas simples, para los valores correspondientes de la Eficiencia <sup>55</sup>, y se dibujaron las gráficas en los intervalos de  $0=fn=3000$  <sup>56</sup> /  $0=fn=30,000$  <sup>57</sup>.

Se esclarece que no es suficiente aplicar un factor de reducción al gasto de diseño para el 99% de eficiencia para obtener el de otro nivel ya que no hay una relación proporcional en la variación del gasto de diseño y el nivel de eficiencia del sistema <sup>58</sup>.

<sup>54</sup> Ibidem 37, p. 131.

<sup>55</sup> Ibidem 38, pp. 132.

<sup>56</sup> Ibidem 39, pp. 144.

<sup>57</sup> Ibidem 40, pp. 156.

<sup>58</sup> Ibidem 41, p. 168.

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n"  
 DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 99 % DE EFICIENCIA "e"

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERA DE BAÑO
20	81	32	32
40	108	56	56
60	135	80	72
80	189	160	88
100	216	120	104
120	243	140	120
140	243	156	136
160	270	176	152
180	297	196	160
200	324	216	176
300	459	308	248
400	567	396	312
500	675	488	376

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n"  
 DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 95% DE EFICIENCIA "e"

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERA DE BAÑO
20	54	28	24
40	81	48	40
60	108	68	56
80	135	88	72
100	162	108	88
120	189	124	104
140	216	144	112
160	243	160	128
180	243	180	144
200	270	196	152
300	378	288	216
400	486	372	280
500	594	460	344

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n"  
 DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 90% DE EFICIENCIA "e"

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERA DE BAÑO
20	54	24	24
40	81	44	40
60	108	64	56
80	108	84	64
100	135	100	80
120	162	120	96
140	189	136	104
160	216	156	120
180	216	172	128
200	243	188	144
300	351	276	208
400	432	360	264
500	540	448	328

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n"  
 DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 85% DE EFICIENCIA "e"

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERA DE BAÑO
20	27	24	16
40	54	44	32
60	81	60	48
80	108	80	64
100	135	96	72
120	162	116	88
140	162	132	96
160	189	148	112
180	216	168	120
200	216	184	136
300	324	268	192
400	432	352	256
500	513	436	312

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n"  
 DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 80% DE EFICIENCIA "e"

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERA DE BAÑO
20	27	20	16
40	54	40	32
60	81	60	48
80	108	76	56
100	108	92	72
120	135	112	80
140	162	128	96
160	189	144	104
180	189	160	120
200	216	180	128
300	297	264	192
400	405	384	248
500	486	432	304



GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n"  
 DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 70% DE EFICIENCIA "e"

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERA DE BAÑO
20	27	20	16
40	54	36	24
60	54	56	40
80	81	72	48
100	108	88	64
120	108	104	72
140	135	120	88
160	162	140	96
180	162	156	112
200	189	172	120
300	270	256	176
400	378	336	232
500	459	420	288

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n"  
 DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 60% DE EFICIENCIA "e"

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERA DE BAÑO
20	27	16	8
40	27	36	24
60	54	52	32
80	81	68	48
100	81	84	56
120	108	100	72
140	135	116	80
160	135	132	88
180	162	148	104
200	162	164	112
300	270	248	168
400	351	328	224
500	432	408	280

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n"  
 DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 50% DE EFICIENCIA "e"

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERA DE BAÑO
20	0	16	8
40	27	32	24
60	54	48	32
80	54	64	40
100	81	80	56
120	81	96	64
140	108	112	72
160	135	128	88
180	135	144	96
200	162	160	104
300	243	240	160
400	324	320	216
500	405	400	264

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n"

DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 40% DE EFICIENCIA "e"

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERA DE BAÑO
20	0	12	8
40	27	28	16
60	27	44	24
80	54	60	40
100	54	76	48
120	81	92	56
140	108	108	64
160	108	124	80
180	135	140	88
200	135	152	96
300	216	232	152
400	297	312	200
500	378	392	256

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n"  
 DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 30% DE EFICIENCIA "e"

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERA DE BAÑO
20	0	12	8
40	27	28	16
60	27	40	24
80	27	56	32
100	54	72	40
120	81	88	48
140	81	100	64
160	108	116	72
180	108	132	80
200	135	148	88
300	189	224	144
400	270	304	192
500	351	380	240

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n"  
 DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 20% DE EFICIENCIA "e"

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERA DE BAÑO
20	0	8	0
40	0	24	8
60	27	36	16
80	27	52	24
100	54	68	40
120	54	80	48
140	54	96	56
160	81	112	64
180	81	124	72
200	108	140	80
300	162	216	128
400	243	292	176
500	324	368	232

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n"  
 DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 10% DE EFICIENCIA "e"

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERA DE BAÑO
20	0	8	0
40	0	20	8
60	0	32	16
80	27	44	24
100	27	60	32
120	27	72	40
140	54	88	48
160	54	104	56
180	81	116	64
200	81	132	72
300	135	204	120
400	216	280	160
500	270	356	208

PROBABILIDAD DE ENCONTRAR CERO MUEBLES EN OPERACION SIMULTANEA

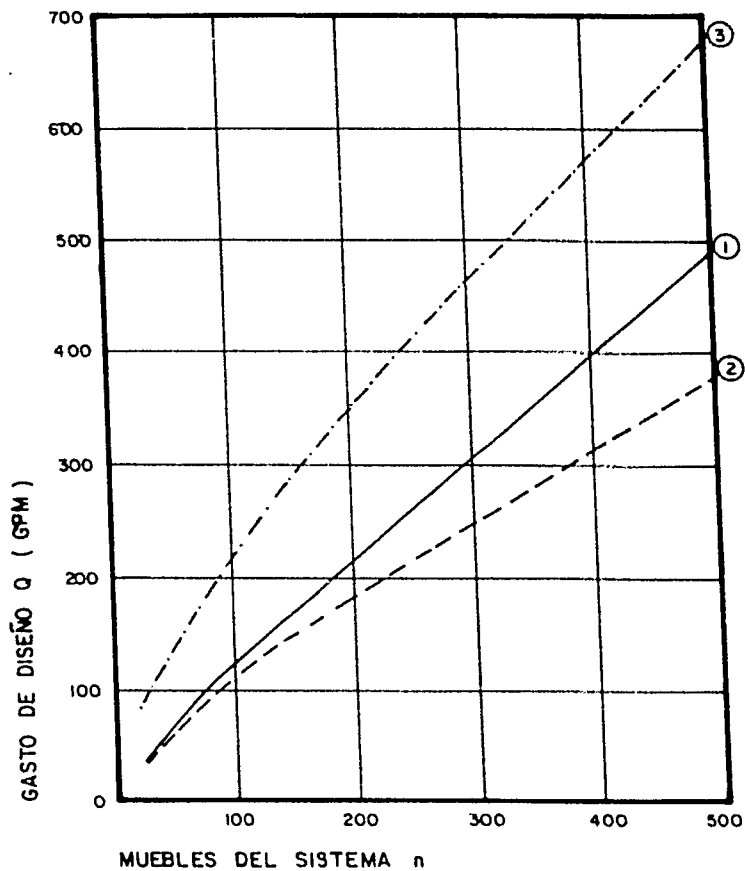
MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA q=0.97	EXCUSADOS DE TANQUE q=0.80	EXCUSADOS DE BANO q=0.93
10	0.73	0.11	0.48
20	0.54	0.01	0.23
30	0.40		0.11
40	0.30		0.05
50	0.22		0.03
60	0.16		0.01
70	0.12		
80	0.19		
90	0.06		
100	0.05		



VARIACION DEL GASTO DE DISEÑO SEGUN EL NIVEL DE EFICIENCIA Y EL TAMAÑO DEL SISTEMA

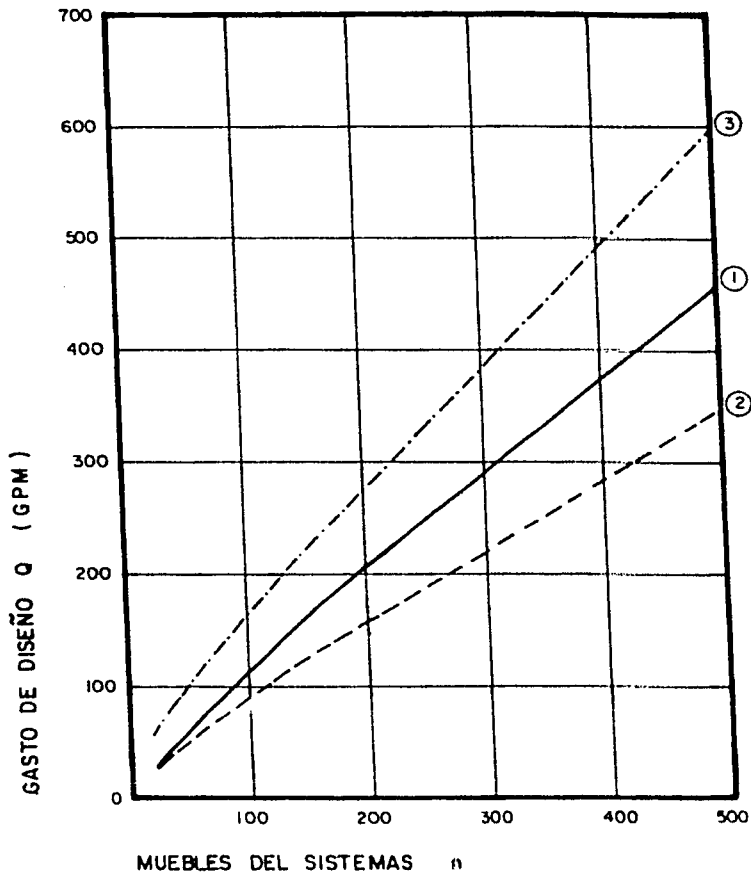
NIVELES DE EFICIENCIA	10 EXCUSADOS DE VALVULA		500 EXCUSADOS DE VALVULA		3000 EXCUSADOS DE VALVULA	
	%	GPM	%	GPM	%	GPM
99	216		675		3024	
90	135	60	540	25	2754	10
80	108	26	486	11	2646	4
70	81	33	459	6	2565	3
60	81	0	432	6	2484	3
50	54	50	405	7	2430	2
40	54	0	378	7	2349	3
30	54	0	351	8	2295	2
20	54	0	324	8	2214	4
10	27	100	270	20	2106	5
FRMEDI0		30		11		4

**GASTO DE DISEÑO "Q" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 99 % DE EFICIENCIA "e"**



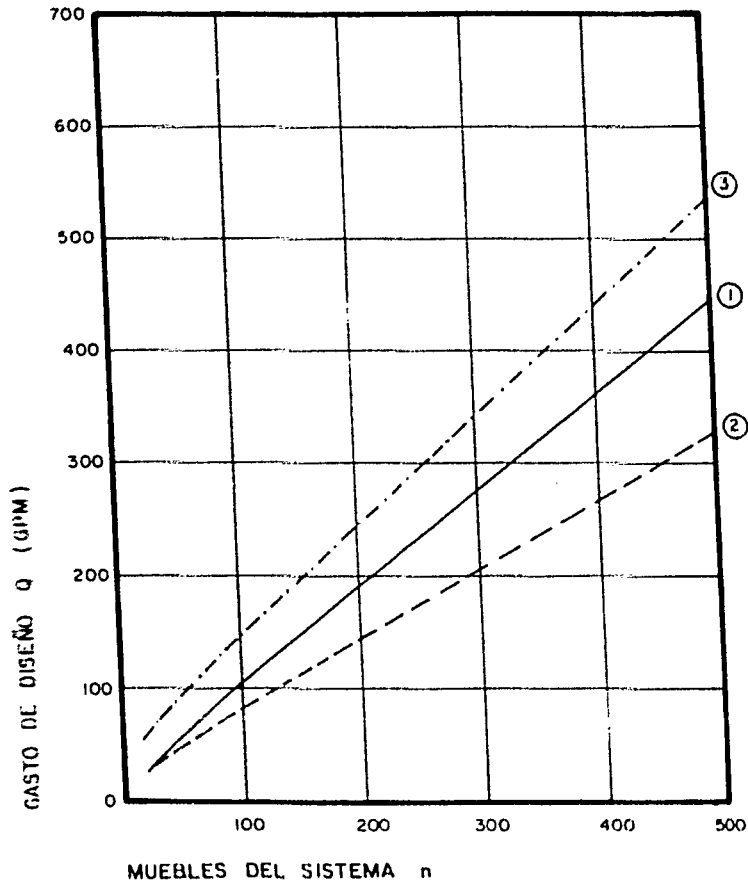
- ① SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE ———
- ② SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO - - - -
- ③ SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA - · - ·

**GASTO DE DISEÑO "Q" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLS, PARA EL 95 % DE EFICIENCIA "e"**



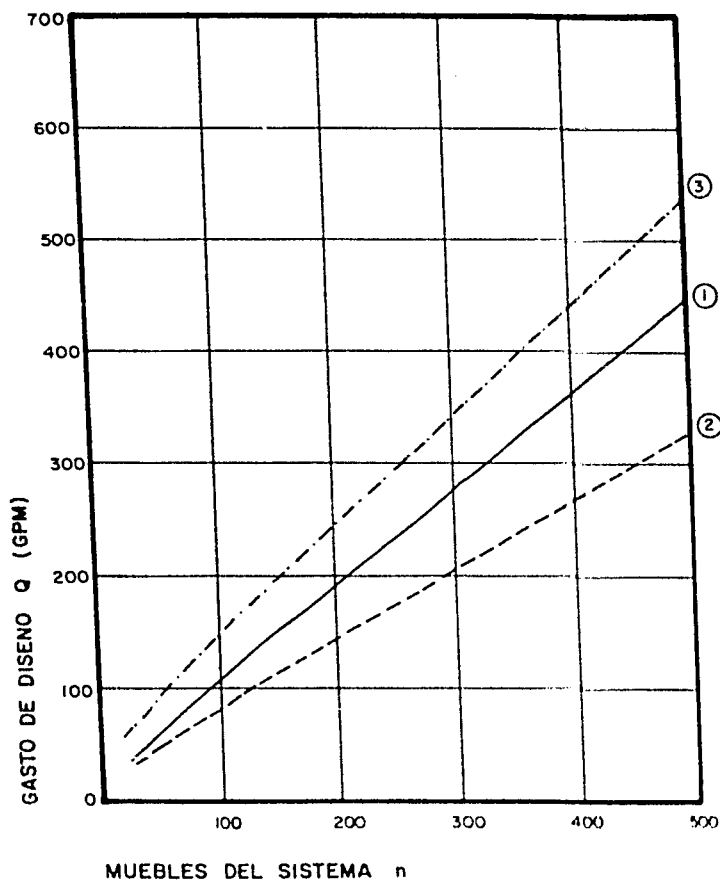
- (1) SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE .....  
 (2) SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO .....  
 (3) SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA .....

**GASTO DE DISEÑO "Q" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 90% DE EFICIENCIA "e"**



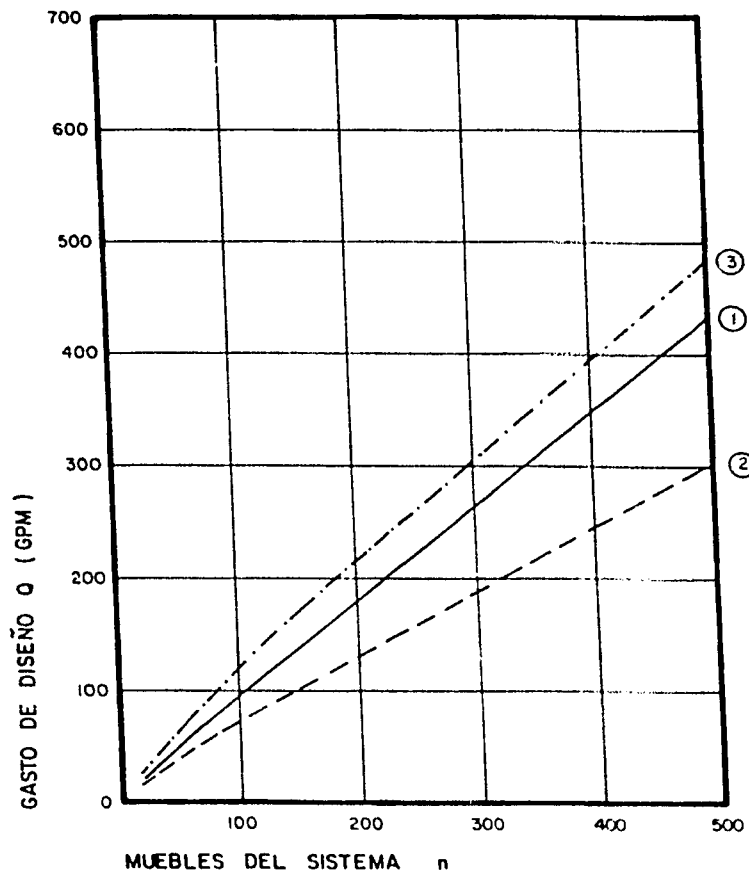
- (1) SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE ———
- (2) SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO - - - -
- (3) SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA - . - . -

**GASTO DE DISEÑO "q" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLS, PARA EL 85 % DE EFICIENCIA "e"**



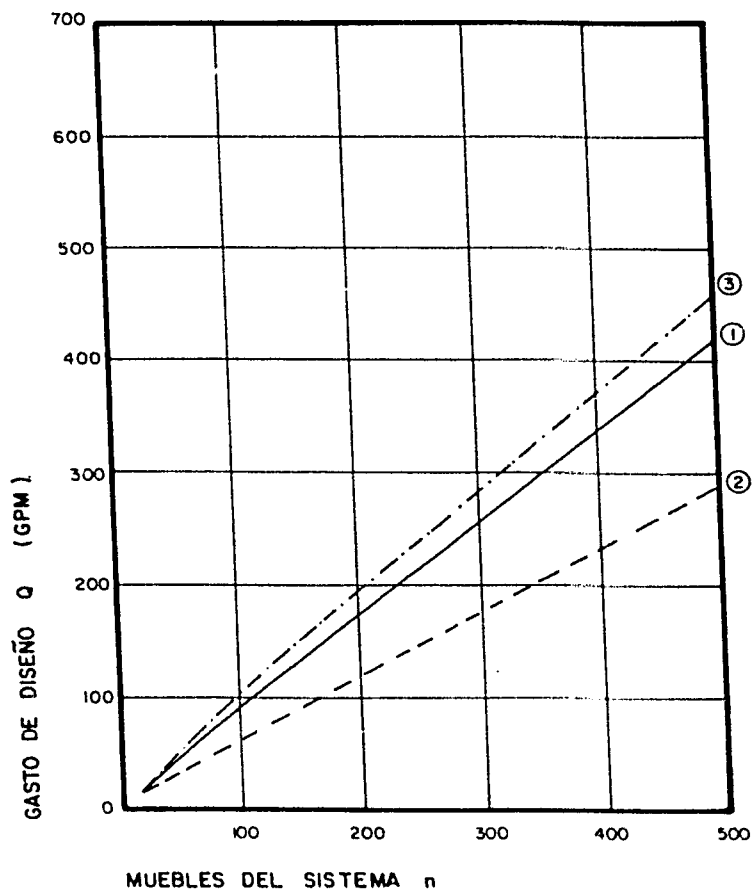
- ① SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE ———  
 ② SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO - - - - -  
 ③ SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA - . - . -

**GASTO DE DISEÑO "G" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLÉS, PARA EL 80% DE EFICIENCIA "e"**



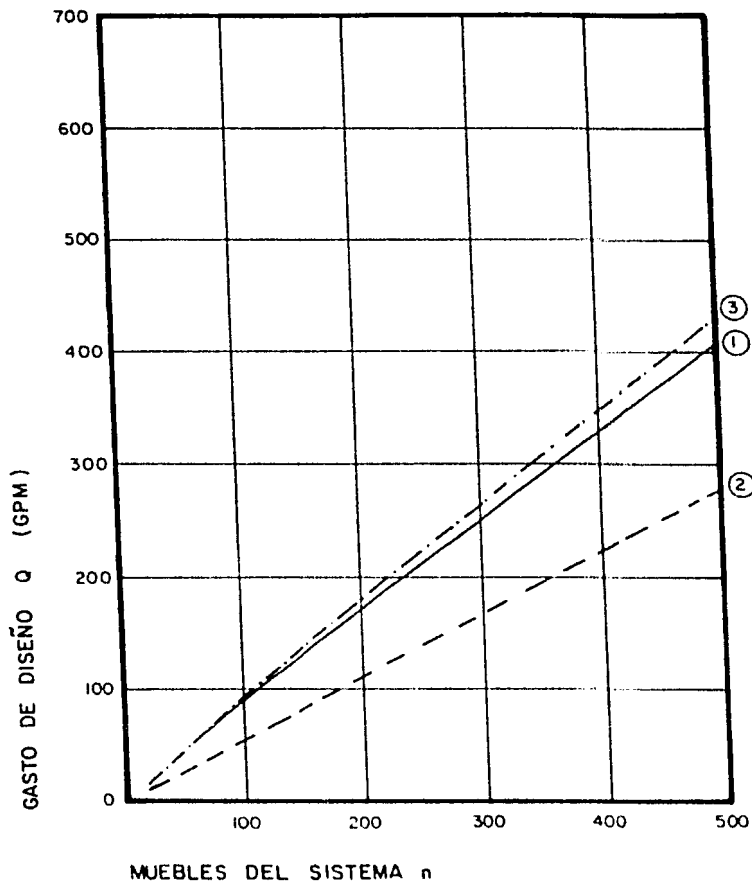
- ① SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE ———  
 ② SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO - - - -  
 ③ SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA - - - -

**GASTO DE DISEÑO "Q" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLES PARA EL 70% DE EFICIENCIA "e"**



- (1) SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE ———  
 (2) SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO - - - -  
 (3) SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA - · - ·

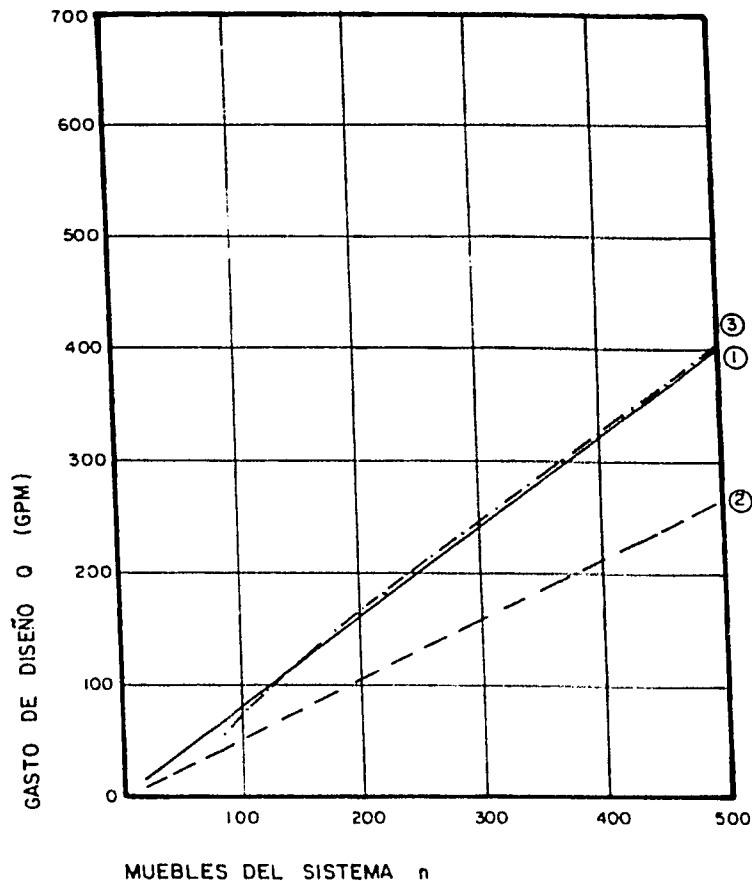
**GASTO DE DISEÑO "Q" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLS, PARA EL 60% DE EFICIENCIA "e"**



- ① SISTEMA DE EXCUSADOS DE TANQUE — — — — —  
 ② SISTEMA DE REGADERAS DE BAÑO - - - - -  
 ③ SISTEMA DE EXCUSADOS DE VALVULA - · - · -

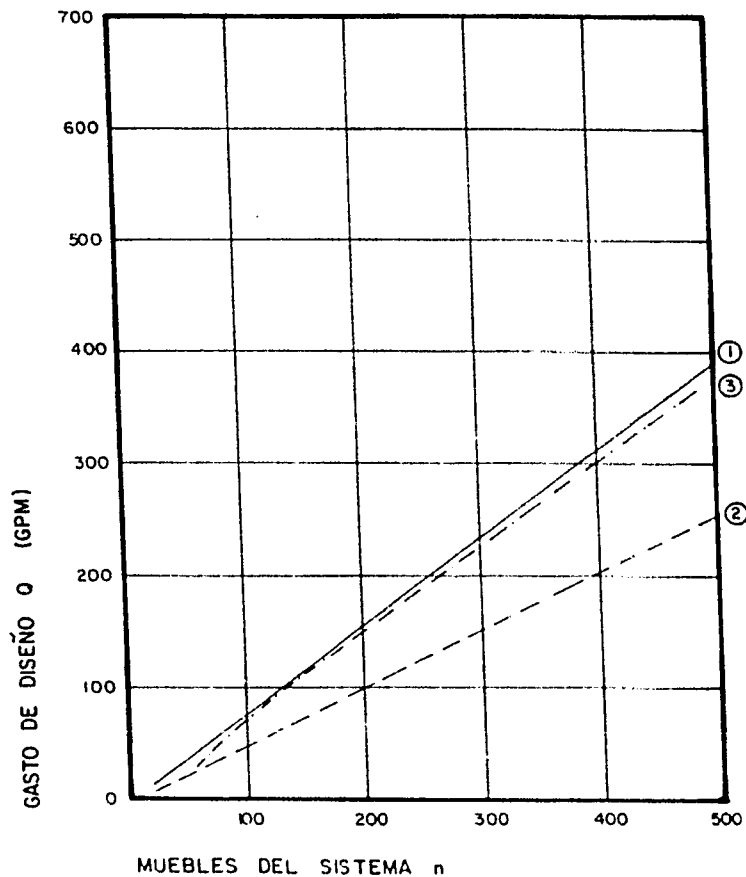


**GASTO DE DISEÑO "G" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 50% DE EFICIENCIA "e"**



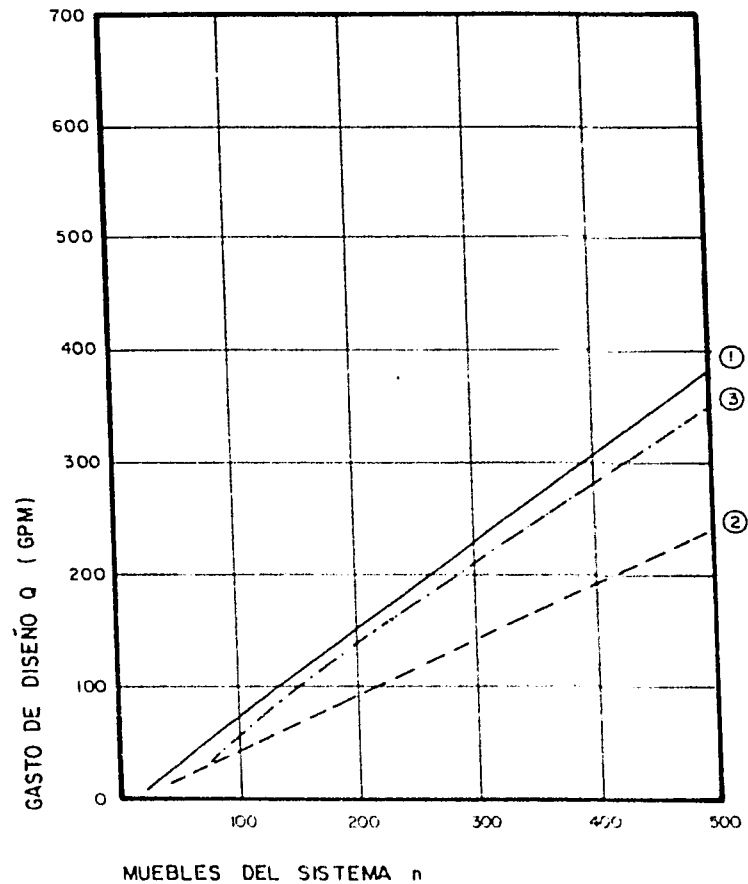
- ① SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE ———
- ② SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO - - - - -
- ③ SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA - · - · -

**GASTO DE DISEÑO "G" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 40% DE EFICIENCIA "e"**



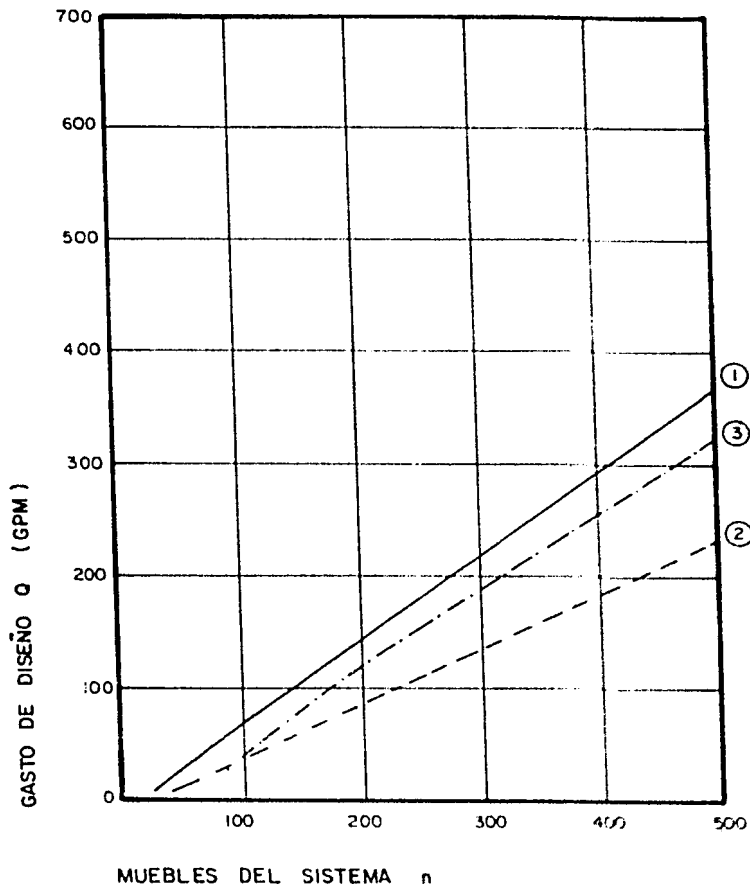
- (1) SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE -----  
 (2) SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO -----  
 (3) SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA -----

**GASTO DE DISEÑO "g" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLS, PARA EL 30% DE EFICIENCIA "e"**



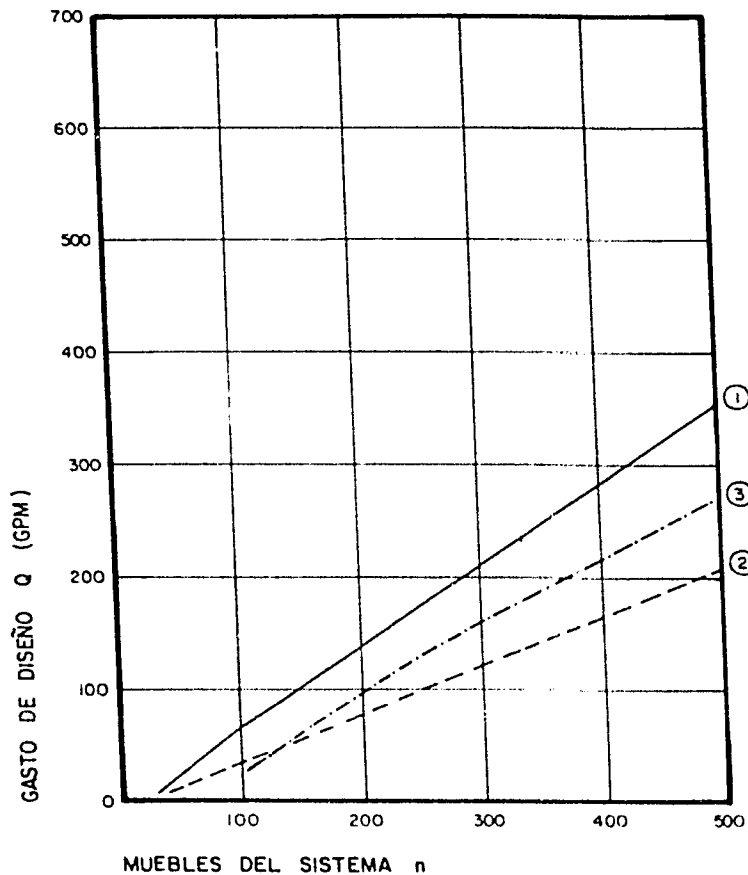
- ① SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE -----
- ② SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO - - - -
- ③ SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA - - - -

**GASTO DE DISEÑO "G" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 20% DE EFICIENCIA "e"**



- ① SISTEMA DE EXCUSADOS DE TANQUE  
 ② SISTEMA DE REGADERAS DE BAÑO  
 ③ SISTEMA DE EXCUSADOS DE VALVULA

**GASTO DE DISEÑO "Q" CON EL NUMERO TOTAL DE MUEBLES "n" DE SISTEMAS, SIMPLS PARA EL 10% DE EFICIENCIA**



- ① SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE ———
- ② SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO - - - -
- ③ SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA - · - · -

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES  
PARA EL 99% DE EFICIENCIA

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
150	60	10	130	4.62	157	3.82
200	94	10	183	5.14	227	4.14
250	132	10	238	5.55	305	4.33
300	170	10	298	5.70	382	4.45
PESO PROMEDIO	10		5.25		4.19	
VALOR ELEGIDO "F"	10		5		4	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES  
 PARA EL 95% DE EFICIENCIA

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	GALONES POR MINUTO	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES
150	93	10	140	6.64	195	4.77
200	135	10	195	6.92	273	4.95
250	182	10	254	7.17	352	5.17
300	226	10	313	7.22	430	5.26
PESO PROMEDIO	10		6.99		5.04	
VALOR ELEGIDO "f"	10		7		5	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES

PARA EL 90% DE EFICIENCIA

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
150	104	10	152	6.84	212	4.91
200	154	10	212	7.26	293	5.26
250	205	10	270	7.56	375	5.47
300	257	10	327	7.86	453	5.67
PESO PROMEDIO		10		7.38		5.33
VALOR ELEGIDO "f"		10		7		5



PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES  
 PARA EL 85% DE EFICIENCIA

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
150	123	10	162	7.59	225	5.47
200	172	10	222	7.75	310	5.55
250	225	10	282	7.98	390	5.77
300	276	10	340	8.12	476	5.80
PESO PROMEDIO		10		7.86		5.65
VALOR ELEGIDO "F"		10		8		6

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES

PARA EL 80% DE EFICIENCIA

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
150	130	10	167	7.78	235	5.53
200	182	10	225	8.09	320	5.69
250	239	10	285	8.39	407	5.87
300	295	10	342	8.63	493	5.98
PESO PROMEDIO	10		8.22		5.77	
VALOR ELEGIDO "F"	10		8		6	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES  
 PARA EL 70% DE EFICIENCIA

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
150	150	10	172	8.72	255	5.88
200	207	10	232	8.92	342	6.05
250	265	10	295	8.98	432	6.13
300	320	10	355	9.01	520	6.15
PESO PROMEDIO		10		8.91		6.06
VALOR ELEGIDO "f"		10		9		6

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES  
 PARA EL 60% DE EFICIENCIA

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	GALONES POR MINUTO	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES
150	165	10	175	9.43	270	6.11
200	225	10	237	9.49	358	6.28
250	285	10	300	9.50	450	6.33
300	342	10	365	9.37	537	6.37
PESO PROMEDIO		10		9.45		6.27
VALOR ELEGIDO "f"		10		9		6

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES  
 PARA EL 50% DE EFICIENCIA

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
150	177	10	182	9.73	285	6.21
200	242	10	250	9.68	380	6.37
250	305	10	312	9.78	475	6.42
300	370	10	377	9.81	568	6.51
PESO PROMEDIO		10		9.75		6.38
VALOR ELEGIDO "f"		10		10		6

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES  
 PARA EL 40% DE EFICIENCIA

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	GALONES POR MINUTO	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES
150	200	10	193	10.36	300	6.67
200	268	10	257	10.43	395	6.78
250	332	10	322	10.31	490	6.78
300	398	10	383	10.39	585	6.80
PESO PROMEDIO		10		10.37		6.76
VALOR ELEGIDO "f"		10		10		7

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES  
 PARA EL 30% DE EFICIENCIA

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
150	217	10	198	10.96	315	6.89
200	285	10	263	10.84	417	6.83
250	357	10	328	10.88	519	6.98
300	425	10	392	10.84	620	6.85
PESO PROMEDIO		10		10.88		6.86
VALOR ELEGIDO "F"		10		11		7

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES  
 PARA EL 20% DE EFICIENCIA

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
150	242	10	208	11.63	330	7.33
200	316	10	275	11.49	432	7.31
250	392	10	343	11.43	533	7.35
300	465	10	410	11.34	637	7.30
PESO PROMEDIO		10		11.47		7.33
VALOR ELEGIDO "f"		10		11		7



PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES

PARA EL 10% DE EFICIENCIA

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
150	233	10	217	10.74	365	6.38
200	372	10	235	15.83	480	7.75
250	462	10	357	12.94	600	7.70
300	550	10	425	12.94	718	7.66
PESO PROMEDIO	10		13.11		7.37	
VALOR ELEGIDO "F"	10		13		7	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES,

EL 99% DE EFICIENCIA "e", TOMANDO

"h" COMO VARIABLE INDEPENDIENTE

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
100	215	10	120	5.58	105	4.88
200	355	10	215	6.42	180	5.37
300	455	10	305	6.70	245	5.38
400	565	10	395	6.99	310	5.49
PESO PROMEDIO	10		6.42		5.28	
VALOR ELEGIDO "f"	10		6		5	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES,  
 PARA EL 95% DE EFICIENCIA "e", TOMANDO  
 "n" COMO VARIABLE INDEPENDIENTE

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
100	160	10	110	6.88	85	5.31
200	270	10	205	7.59	155	5.74
300	380	10	290	7.63	215	5.66
400	485	10	370	7.63	280	5.77
PESO PROMEDIO	10		7.43		5.62	
VALOR ELEGIDO "T"	10		7		6	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES,  
 PARA EL 90% DE EFICIENCIA "e", TOMANDO  
 "n" COMO VARIABLE INDEPENDIENTE

DEMANDA GALONES POR MINUTO	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
100	145	10	105	7.24	80	5.52
200	245	10	190	7.76	140	5.71
300	340	10	275	8.09	205	6.03
400	440	10	360	8.18	265	6.02
PESO PROMEDIO	10		7.82		5.82	
VALOR ELEGIDO "f"	10		8		6	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES,  
 PARA EL 85% DE EFICIENCIA "e", TOMANDO  
 "n" COMO VARIABLE INDEPENDIENTE

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
100	125	10	100	8.00	75	6.00
200	230	10	180	7.85	135	5.87
300	320	10	255	8.28	195	6.09
400	420	10	350	8.33	255	6.07
PESO PROMEDIO	10		8.11		6.01	
VALOR ELEGIDO "f"	10		8		6	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES,

PARA EL 80% DE EFICIENCIA "e", TOMANDO

"n" COMO VARIABLE INDEPENDIENTE

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
100	120	10	95	7.29	70	5.83
200	215	10	180	8.37	130	6.05
300	305	10	265	8.69	190	6.25
400	395	10	350	8.86	245	6.20
PESO PROMEDIO	10.00		8.46		6.08	
VALOR ELEGIDO "f"	10		8		6	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES,

PARA EL 70% DE EFICIENCIA "e", TOMANDO

"n" COMO VARIABLE INDEPENDIENTE

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
100	100	10	90	9.00	60	6.00
200	195	10	175	8.79	120	6.15
500	280	10	255	9.11	175	6.25
400	370	10	335	9.05	230	6.22
PESO PROMEDIO	10.00		9.03		6.16	
VALOR ELEGIDO "f"	10		9		6	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES,

PARA EL 60% DE EFICIENCIA "e", TOMANDO

"n" COMO VARIABLE INDEPENDIENTE

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
100	90	10	90	10.00	80	8.89
200	180	10	170	9.44	110	6.11
300	265	10	250	9.43	165	6.23
400	375	10	356	9.47	225	6.00
PESO PROMEDIO	10.00		9.59		6.81	
VALOR ELEGIDO "f"	10		10		7	



PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES,

PARA EL 50% DE EFICIENCIA "e", TOMANDO

"n" COMO VARIABLE INDEPENDIENTE

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
100	70	10	80	11.43	50	7.14
200	165	10	160	9.70	105	6.36
300	245	10	240	9.80	160	6.53
400	325	10	320	9.85	210	6.46
PESO PROMEDIO	10.00		10.19		6.62	
VALOR ELEGIDO "f"	10		10		7	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES,

PARA EL 40% DE EFICIENCIA "e", TOMANDO

"n" COMO VARIABLE INDEPENDIENTE

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
100	65	10	75	11.54	50	7.69
200	150	10	155	10.33	100	6.67
300	225	10	235	10.44	150	6.67
400	300	10	310	10.33	205	6.38
PESO PROMEDIO	10.00		9.70		6.96	
VALOR ELEGIDO "F"	10		10		7	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES,

PARA EL 30% DE EFICIENCIA "e", TOMANDO

"n" COMO VARIABLE INDEPENDIENTE

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BANO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
100	55	10	75	13.64	45	8.18
200	135	10	150	11.11	95	7.04
300	210	10	250	10.95	145	6.90
400	280	10	305	10.89	190	6.79
PESO PROMEDIO	10.00		11.65		7.23	
VALOR ELEGIDO "f"	10		12		7	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES,

PARA EL 20% DE EFICIENCIA "e", TOMANDO

"n" COMO VARIABLE INDEPENDIENTE

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
100	40	10	70	17.50	35	8.75
200	120	10	140	11.67	85	7.08
300	190	10	220	11.58	135	7.11
400	255	10	295	11.57	185	7.25
PESO PROMEDIO	10.00		13.08		7.55	
VALOR ELEGIDO "f"	10		13		8	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES,

PARA EL 10% DE EFICIENCIA "e", TOMANDO

"n" COMO VARIABLE INDEPENDIENTE

DEMANDA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
100	--	10	65	--	--	--
200	95	10	135	14.21	75	7.89
300	160	10	210	13.13	120	7.50
400	215	10	280	13.02	165	7.67
PESO PROMEDIO	10.00		13.45		7.69	
VALOR ELEGIDO "f"	10		13		8	

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES PARA DIFERENTES VALORES DE LA EFICIENCIA "e"

"e" %	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERAS DE BAÑO
99	10	5	4
95	10	7	5
90	10	7	5
85	10	8	6
80	10	8	6
70	10	9	6
60	10	9	6
50	10	10	6
40	10	10	7
30	10	11	7
20	10	11	7
10	10	13	7

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA DE LOS MUEBLES PARA DIFERENTES VALORES DE LA EFICIENCIA "e", TOMANDO "h" COMO VARIABLE INDEPENDIENTE.

"e" %	EXCUSADOS DE VALVULA	EXCUSADOS DE TANQUE	REGADERAS DE BAÑO
99	10	6	5
95	10	7	6
90	10	8	6
85	10	8	6
80	10	8	6
70	10	9	6
60	10	10	7
50	10	10	7
40	10	10	7
30	10	12	7
20	10	13	8
10	10	13	8

CUADRO COMPARATIVO DE VALORES DE LAS UNIDADES MUEBLE, SEGUN EL CRITERIO DE CALCULO.

" e "	VARIACION PARA EXCUSADOS DE BAÑO			VARIACION PARA REGADERAS DE BAÑO		
	U.M.P. f ( Q )	U.M.P. f ( n )	VAR (%)	U.M.P. f ( Q )	U.M.P. f ( n )	VAR (%)
99	6	5	0.20	5	4	0.25
95	7	7	0.00	6	5	0.20
90	8	7	0.14	6	5	0.20
85	8	8	0.00	6	6	0.00
80	8	8	0.00	6	6	0.00
70	9	9	0.00	6	6	0.00
60	10	9	0.11	7	6	0.17
50	10	10	0.00	7	6	0.17
40	10	10	0.00	7	7	0.00
30	12	11	0.09	7	7	0.00
20	13	11	0.18	8	7	0.14
10	13	13	0.00	8	7	0.14
VAR PROM			0.14			0.11
VAR ABS	114	108	0.05	79	72	0.06



PESO DE LA DEMANDA RELATIVA PARA EL 99% DE EFICIENCIA, CALCULADA PARA SISTEMAS DE 500 A 1000 MUEBLES.

DEMANDA	EXCUSADO DE VALCULA		EXCUSADO DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
500	675	10	484	7.17	376	5.57
600	756	10	572	7.57	440	5.82
700	864	10	660	7.80	504	5.83
800	972	10	748	7.70	560	5.76
900	1080	10	832	7.70	624	5.78
1000	1161	10	920	7.92	688	5.93
PESO PROMEDIO		10		7.64		5.78
VALOR ELEGIDO "f"		10		8		6

PESO DE LA DEMANDA RELATIVA PARA EL 99% DE EFICIENCIA, CALCULADA PARA SISTEMAS DE 1500 A 3000 MUEBLES.

DEMANDA	EXCUSADO DE VALVULA		EXCUSADO DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f	NUMERO DE MUEBLES	PESO f
1500	1647	10	1344	8.16	984	5.97
2000	2106	10	1768	8.40	1280	6.08
2500	2592	10	2188	8.44	1568	6.05
3000	3024	10	2604	8.61	1846	6.10
PESO PROMEDIO		10		8.40		6.05
VALOR ELEGIDO "f"		10		8		6

VALORES COMPARATIVOS DEL GASTO DE DISEÑO, SEGUN  
EL CRITERIO DE CALCULO

NUMERO n	GASTOS DE DISEÑO $\approx Q_i f(n)$	GASTOS DE DISEÑO $\approx Q_i f(fn)$	GASTOS DE DISEÑO $Q_i f (\approx fn)$	VARIACION	VARIACION
100	440	480	325	+ 9	- 26
200	716	735	540	+ 3	- 25
500	1539	1395	1120	- 9	- 27
1000	2781	2380	2040	- 14	- 27
1500	3975	3340	2910	- 10	- 27

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE "fn"

DE LOS SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 99 % DE EFICIENCIA

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	fn	Q	fn	Q	fn	Q
20	200	81	100	32	80	32
40	400	108	200	56	160	56
60	600	135	300	80	240	72
80	800	189	400	100	320	88
100	1000	216	500	120	400	104
120	1200	243	600	140	480	120
140	1400	243	700	156	560	136
160	1600	270	800	176	640	152
180	1800	297	900	196	720	160
200	2000	324	1000	216	800	176
300	3000	459	1500	308	1200	248
400	4000	567	2000	396	1600	312
500	5000	675	2500	488	2000	376
600	6000	756	3000	576	2400	440
700	7000	864	3500	664	2800	504
800	8000	972	4000	756	3200	560
900	9000	1080	4500	844	3600	624
1000	10000	1161	5000	932	4000	688
1500	15000	1647	7500	1344	6000	984
2000	20000	2106	10000	1768	8000	1280
2500	25000	2592	12500	2188	10000	1568
3000	30000	3024	15000	2604	12000	

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE "fn"  
 DE LOS SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 95 % DE EFICIENCIA

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	fn	Q	fn	Q	fn	Q
20	200	54	140	28	100	24
40	400	81	280	48	200	40
60	600	108	420	68	300	56
80	800	135	560	88	400	72
100	1000	162	700	108	500	88
120	1200	189	840	124	600	104
140	1400	216	980	144	700	112
160	1600	243	1120	160	800	128
180	1800	243	1260	180	900	144
200	2000	270	1400	196	1000	152
300	3000	378	2100	288	1500	216
400	4000	486	2800	372	2000	280
500	5000	594	3500	460	2500	344
600	6000	675	4200	544	3000	400
700	7000	783	4900	632	3500	464
800	8000	864	5600	716	4000	520
900	9000	972	6300	800	4500	584
1000	10000	1053	7000	888	5000	640
1500	15000	1512	10500	1304	7500	928
2000	20000	1971	14000	1720	10000	1216
2500	25000	2403	17500	2132	12500	1496
3000	30000	2862	21000	2544	15000	

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE "fn"  
 DE LOS SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 90 % DE EFICIENCIA

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	n	fn	Q	fn	Q	fn
20	200	54	140	24	100	24
40	400	81	280	44	200	40
60	600	108	420	64	300	56
80	800	108	560	84	400	64
100	1000	135	700	100	500	80
120	1200	162	840	120	600	96
140	1400	189	980	136	700	104
160	1600	216	1120	156	800	120
180	1800	216	1260	172	900	128
200	2000	243	1400	188	1000	144
300	3000	351	2100	276	1500	208
400	4000	432	2800	360	2000	264
500	5000	540	3500	448	2500	328
600	6000	621	4200	532	3000	384
700	7000	729	4900	616	3500	440
800	8000	810	5600	700	4000	496
900	9000	918	6300	784	4500	560
1000	10000	999	7000	868	5000	616
1500	15000	1458	10500	1280	7500	896
2000	20000	1890	14000	1692	10000	1184
2500	25000	2322	17500	2104	12000	1464
3000	30000	2754	21000	2512	15000	

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE "fn"

DE LOS SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 85 % DE EFICIENCIA

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	n	fn	Q	fn	Q	fn
20	200	27	160	24	120	16
40	400	54	320	44	240	32
60	600	81	480	60	360	48
80	800	108	640	80	480	64
100	1000	135	800	96	600	72
120	1200	162	960	116	720	88
140	1400	162	1120	132	840	96
160	1600	189	1280	148	960	112
180	1800	216	1440	168	1080	120
200	2000	216	1600	184	1200	136
300	3000	324	2400	268	1800	192
400	4000	432	3200	352	2400	256
500	5000	513	4000	436	3000	312
600	6000	594	4800	520	3600	368
700	7000	702	5600	604	4200	432
800	8000	783	6400	688	4800	488
900	9000	864	7200	772	5400	544
1000	10000	972	8000	852	6000	600
1500	15000	1404	12000	1264	9000	880
2000	20000	1836	16000	1676	12000	1160
2500	25000	2268	20000	2084	15000	1440
3000	30000	2700	24000	2492	18000	

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE "fn"

DE LOS SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 80 % DE EFICIENCIA

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	fn	Q	fn	Q	fn	Q
20	200	27	160	20	120	16
40	400	54	320	40	240	32
60	600	81	480	60	360	48
80	800	108	640	76	480	56
100	1000	108	800	92	600	72
120	1200	135	960	112	720	80
140	1400	162	1120	128	840	96
160	1600	189	1280	144	960	104
180	1800	189	1440	160	1080	120
200	2000	216	1600	180	1200	128
300	3000	297	2400	264	1800	192
400	4000	405	3200	384	2400	248
500	5000	486	4000	432	3000	304
600	6000	567	4800	512	3600	360
700	7000	675	5600	596	4200	416
800	8000	756	6400	680	4800	472
900	9000	837	7200	760	5400	528
1000	10000	918	8000	844	6000	584
1500	15000	1377	12000	1252	9000	864
2000	20000	1782	16000	1660	12000	1144
2500	25000	2214	20000	2068	15000	1416
3000	30000	2646	24000	2472	18000	



GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE "fn"  
 DE LOS SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 70 % DE EFICIENCIA

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	n	fn	Q	fn	Q	fn
20	200	27	180	20	120	16
40	400	54	360	36	240	24
60	600	54	540	56	360	40
80	800	81	720	72	480	48
100	1000	108	900	88	600	64
120	1200	108	1080	104	720	72
140	1400	135	1260	120	840	88
160	1600	162	1440	140	960	96
180	1800	162	1620	156	1080	112
200	2000	189	1800	172	1200	120
300	3000	270	2700	256	1800	176
400	4000	378	3600	356	2400	252
500	5000	459	4500	420	3000	288
600	6000	540	5400	500	3600	344
700	7000	621	6300	580	4200	400
800	8000	702	7200	664	4800	456
900	9000	810	8100	744	5400	512
1000	10000	891	9000	828	6000	568
1500	15000	1296	13500	1232	9000	840
2000	20000	1728	18000	1636	12000	1112
2500	25000	2133	22500	2040	15000	1384
3000	30000	2565	27000	2444	18000	1656

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE "fn"  
 DE LOS SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 60% DE EFICIENCIA

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	n	fn	Q	fn	Q	fn
20	200	27	180	16	120	8
40	400	27	360	36	240	24
60	600	54	540	52	360	32
80	800	81	720	68	480	48
100	1000	81	900	84	600	56
120	1200	108	1080	100	720	72
140	1400	135	1260	116	840	80
160	1600	135	1440	132	960	88
180	1800	162	1620	148	1080	104
200	2000	162	1800	164	1200	112
300	3000	270	2700	248	1800	168
400	4000	351	3600	328	2400	224
500	5000	432	4500	408	3000	280
600	6000	513	5400	488	3600	328
700	7000	594	6300	572	4200	384
800	8000	675	7200	652	4800	440
900	9000	756	8100	732	5400	496
1000	10000	837	9000	812	6000	552
1500	15000	1269	13500	1216	9000	816
2000	20000	1674	18000	1616	12000	1088
2500	25000	2079	22500	2020	15000	1360
3000	30000	2484	27000	2420	18000	1624

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE "fn"

DE LOS SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 50% DE EFICIENCIA

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	fn	Q	fn	Q	fn	Q
20	200	0	200	16	120	8
40	400	27	400	32	240	24
60	600	54	600	48	360	32
80	800	54	800	54	480	40
100	1000	81	1000	80	600	56
120	1200	81	1200	96	720	64
140	1400	108	1400	112	840	72
160	1600	135	1600	128	960	88
180	1800	135	1800	144	1080	96
200	2000	162	2000	160	1200	104
300	3000	243	3000	240	1800	160
400	4000	324	4000	320	2400	216
500	5000	405	5000	400	3000	264
600	6000	486	6000	480	3600	320
700	7000	567	7000	560	4200	376
800	8000	648	8000	640	4800	424
900	9000	729	9000	720	5400	480
1000	10000	810	10000	800	6000	536
1500	15000	1215	15000	1200	9000	800
2000	20000	1620	20000	1600	12000	1064
2500	25000	2025	25000	2000	15000	1336
3000	30000	2430	30000	2400	18000	1600

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE "fn"  
 DE LOS SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 40% DE EFICIENCIA

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	n	fn	Q	fn	Q	fn
20	200	0	200	12	140	8
40	400	27	400	28	280	16
60	600	27	600	44	420	24
80	800	54	800	60	560	40
100	1000	54	1000	76	700	48
120	1200	81	1200	92	840	56
140	1400	108	1400	108	980	64
160	1600	108	1600	124	1120	80
180	1800	135	1800	140	1260	88
200	2000	155	2000	152	1400	96
300	3000	216	3000	232	2100	152
400	4000	297	4000	312	2800	200
500	5000	378	5000	392	3500	256
600	6000	459	6000	468	4200	304
700	7000	540	7000	548	4900	360
800	8000	621	8000	628	5600	408
900	9000	702	9000	708	6300	464
1000	10000	756	10000	788	7000	520
1500	15000	1161	15000	1184	10500	776
2000	20000	1566	20000	1580	14000	1040
2500	25000	1971	25000	1980	17500	1304
3000	30000	2394	30000	2376	21000	1568

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE "fn"  
 DE LOS SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 30 % DE EFICIENCIA

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	fn	Q	fn	Q	fn	Q
20	200	0	220	12	140	8
40	400	27	440	28	280	16
60	600	27	660	40	420	24
80	800	27	880	56	560	32
100	1000	54	1100	72	700	40
120	1200	81	1320	88	840	48
140	1400	81	1540	100	980	64
160	1600	108	1760	116	1120	72
180	1800	108	1980	132	1260	80
200	2000	135	2200	148	1400	88
300	3000	189	3300	224	2100	144
400	4000	270	4400	304	2800	192
500	5000	351	5500	380	3500	240
600	6000	432	6600	460	4200	296
700	7000	513	7700	536	4900	344
800	8000	567	8800	616	5600	400
900	9000	648	9900	696	6300	448
1000	10000	729	11000	772	7000	496
1500	15000	1107	16500	1168	10500	760
2000	20000	1512	22000	1564	14000	1016
2500	25000	1890	27500	1956	17500	1280
3000	30000	2295	33000	2352	21000	1544

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE "fn"

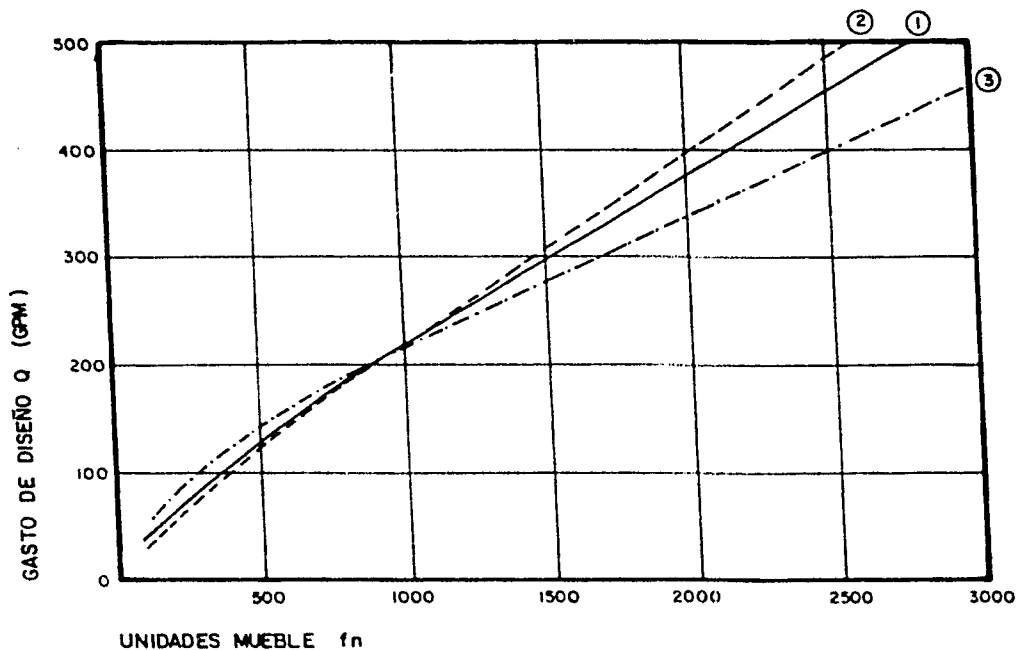
DE LOS SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 20 % DE EFICIENCIA

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	fn	Q	fn	Q	fn	Q
20	200	0	220	8	140	0
40	400	0	440	24	280	8
60	600	27	660	36	420	16
80	800	27	880	52	560	24
100	1000	54	1100	68	700	40
120	1200	54	1320	80	840	48
140	1400	54	1540	96	980	56
160	1600	81	1760	112	1120	64
180	1800	81	1980	124	1260	72
200	2000	108	2200	140	1400	80
300	3000	162	3300	216	2100	128
400	4000	243	4400	292	2800	176
500	5000	324	5500	368	3500	232
600	6000	378	6600	448	4200	280
700	7000	459	7700	524	4900	328
800	8000	540	8800	600	5600	376
900	9000	621	9900	680	6300	432
1000	10000	675	11000	756	7000	480
1500	15000	1053	16500	1148	10500	736
2000	20000	1458	22000	1540	14000	992
2500	25000	1836	27500	1932	17500	1248
3000	30000	2214	33000	2328	21000	1504

GASTO DE DISEÑO "Q" PARA EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE "fn"  
 DE LOS SISTEMAS SIMPLES, PARA EL 10 % DE EFICIENCIA

MUEBLES DEL SISTEMA	EXCUSADOS DE VALVULA		EXCUSADOS DE TANQUE		REGADERAS DE BAÑO	
	n	fn	Q	fn	Q	fn
20	200	0	260	8	140	0
40	400	0	520	20	280	8
60	600	0	780	32	420	16
80	800	27	1040	44	560	24
100	1000	27	1300	60	700	32
120	1200	27	1560	78	840	40
140	1400	54	1820	88	980	48
160	1600	54	2080	104	1120	56
180	1800	81	2340	116	1260	64
200	2000	81	2600	132	1400	72
300	3000	135	3900	204	2100	120
400	4000	216	5200	280	2800	160
500	5000	270	6500	356	3500	208
600	6000	351	7800	432	4200	256
700	7000	405	9100	508	4900	304
800	8000	486	10400	584	5600	352
900	9000	567	11700	660	6300	408
1000	10000	621	13000	736	7000	456
1500	15000	999	19500	1120	10500	704
2000	20000	1350	26000	1508	14000	952
2500	25000	1728	32500	1896	17500	1208
3000	30000	2106	39000	2288	21000	1464

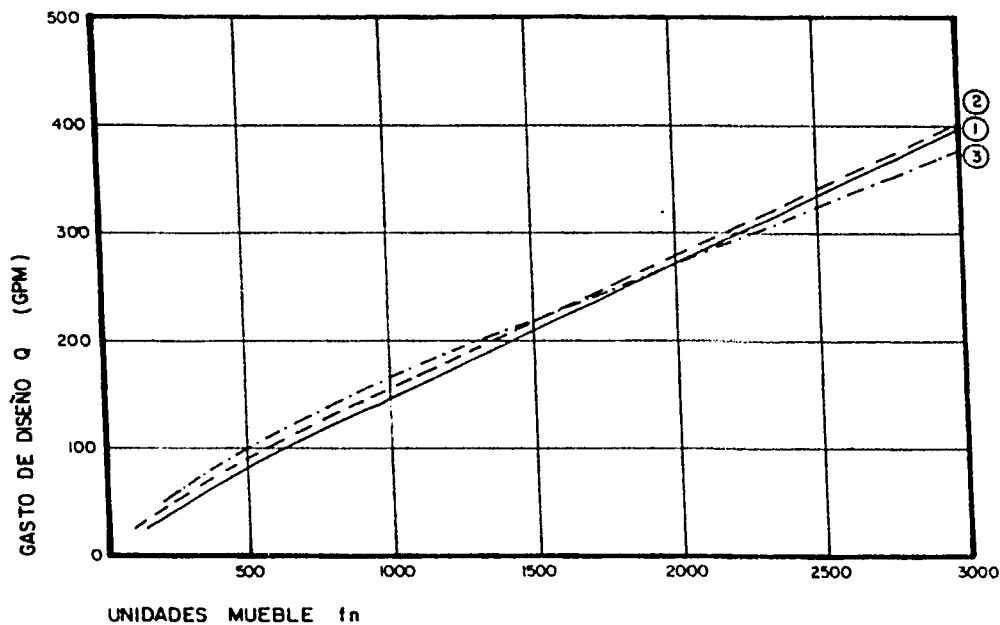
**GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE DEL SISTEMA, PARA EL 99 % DE EFICIENCIA**



- ① ——— SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE  
 ② - - - SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO  
 ③ - · - · SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA

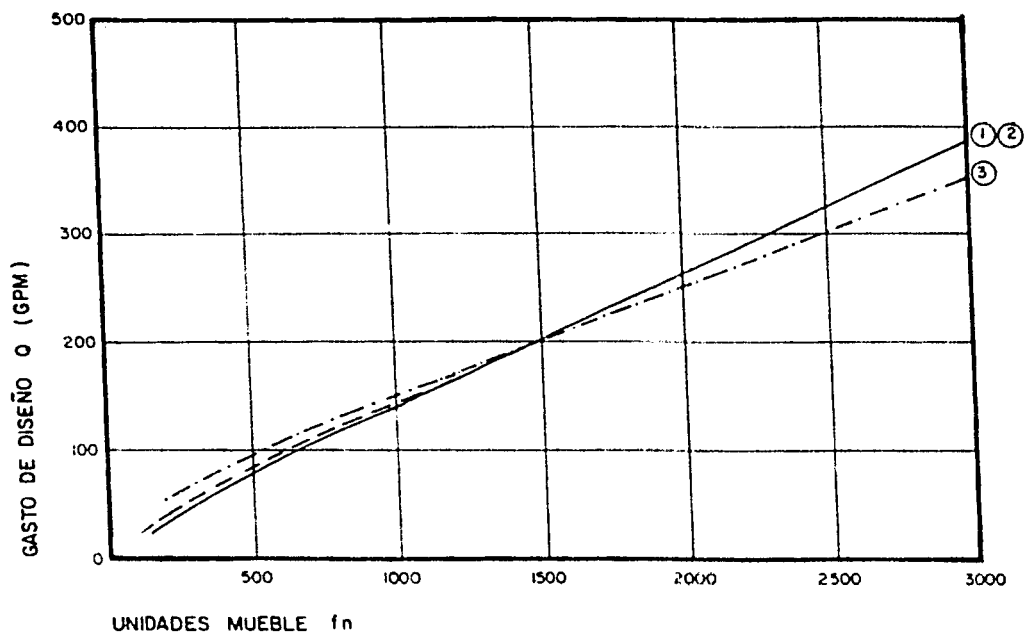


**GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE DEL SISTEMA, PARA EL 95 % DE EFICIENCIA**



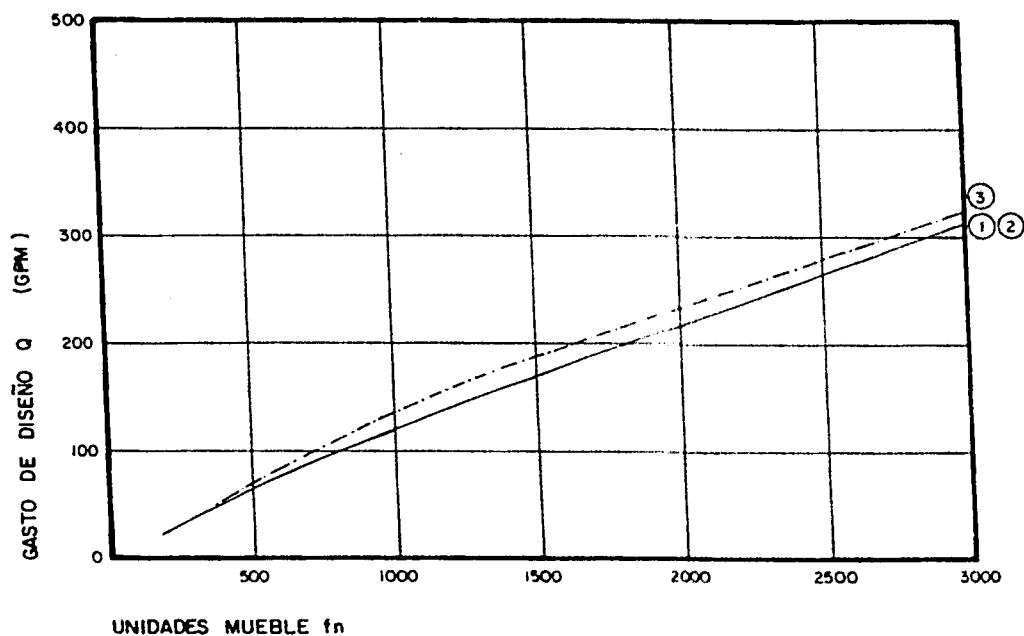
- ① - - - - - SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE  
 ② - - - - - SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO  
 ③ - - - - - SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA

**GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE DEL SISTEMA, PARA EL 90% DE EFICIENCIA**



- ① ——— SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE  
 ② ——— SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO  
 ③ ——— SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA

**GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE DEL SISTEMA, PARA EL 85 % DE EFICIENCIA**



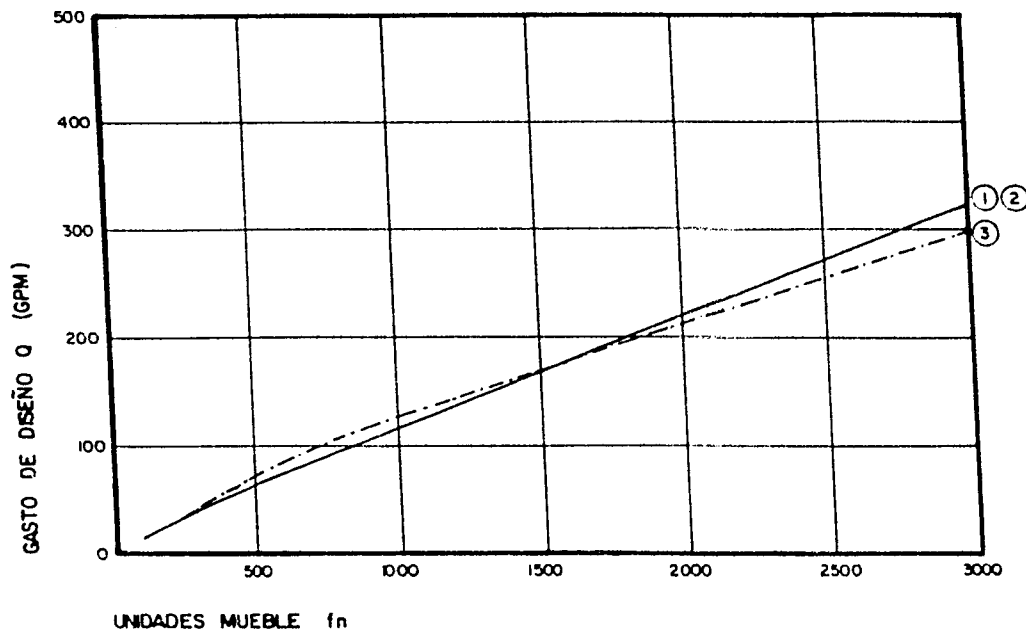
① - - - - SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE (1)

② - - - - SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO (1)

③ - - - - SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA

NOTA (1): CURVA PROMEDIO DE EXCUSADOS DE TANQUE Y REGADERAS

**GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE DEL SISTEMA, PARA EL 80% DE EFICIENCIA**



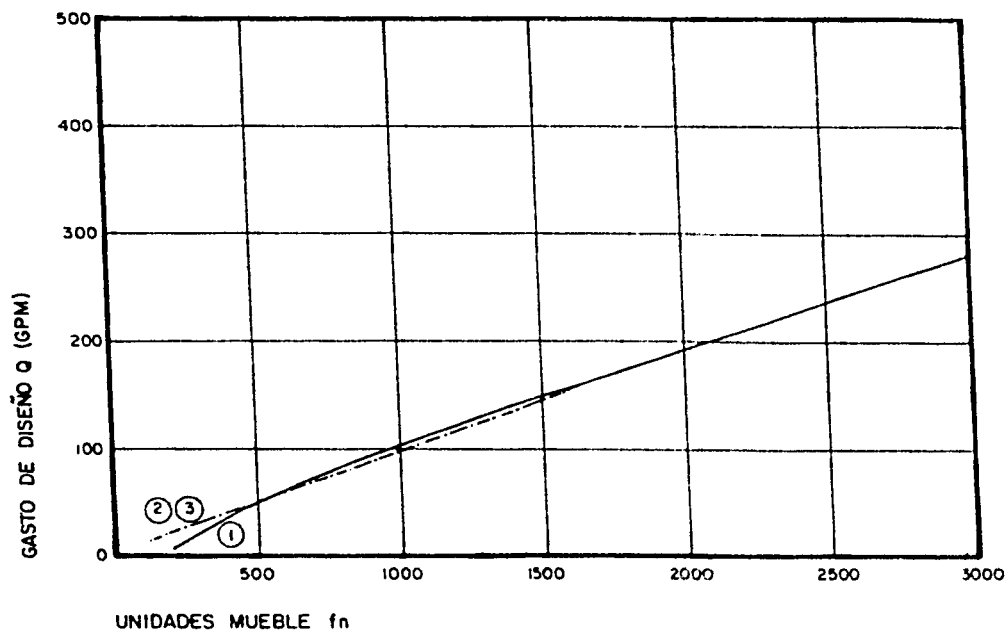
① ——— SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE (1)

② ——— SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO (1)

③ ——— SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA

NOTA (1) CURVA PROMEDIO DE EXCUSADOS DE TANQUE Y REGADERAS

**GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE DEL SISTEMA, PARA EL 70% DE EFICIENCIA**



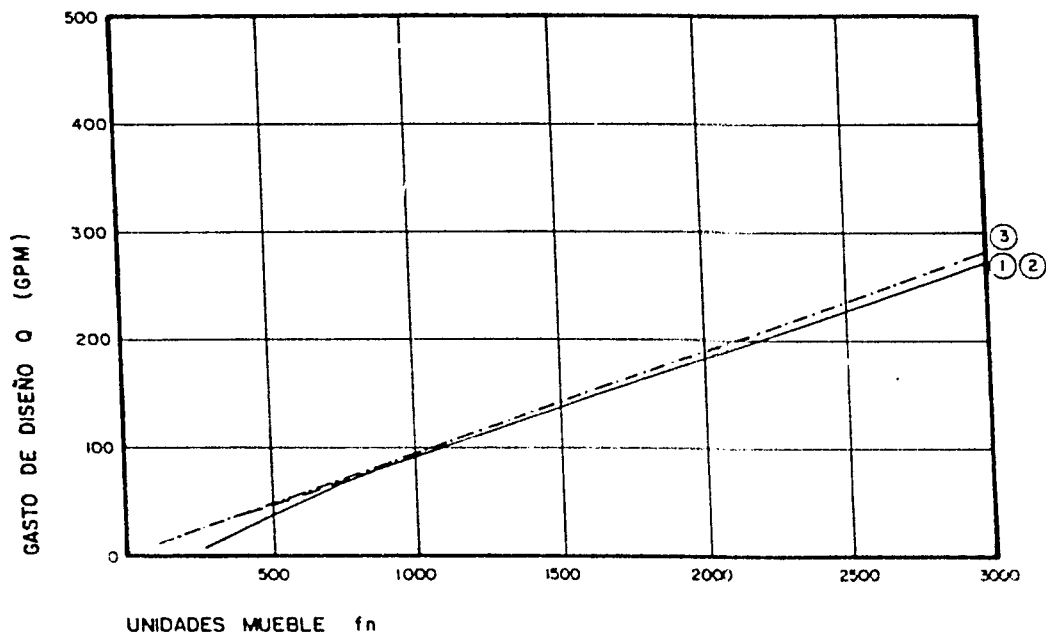
① — — — SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE

② — — — SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO

③ — — — SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA

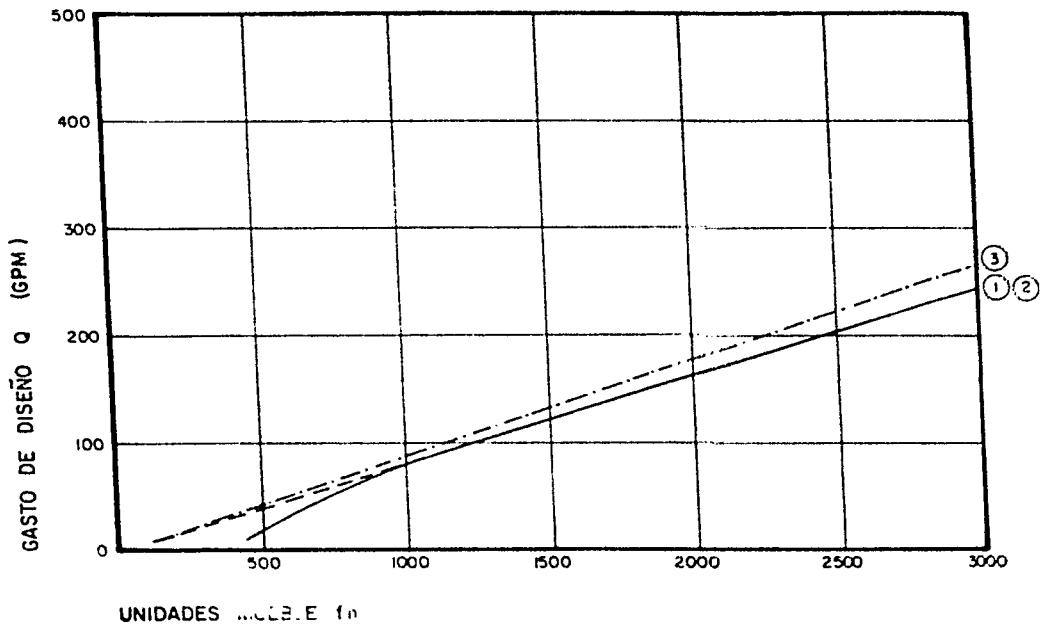
NOTA CURVA PROMEDIO DE LOS SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO Y SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA

**GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE DEL SISTEMA, PARA EL 60% DE EFICIENCIA**



- ① ——— SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE  
 ② - - - - SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO  
 ③ - · - · - SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA

**GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE DEL SISTEMA, PARA EL 50% DE EFICIENCIA**

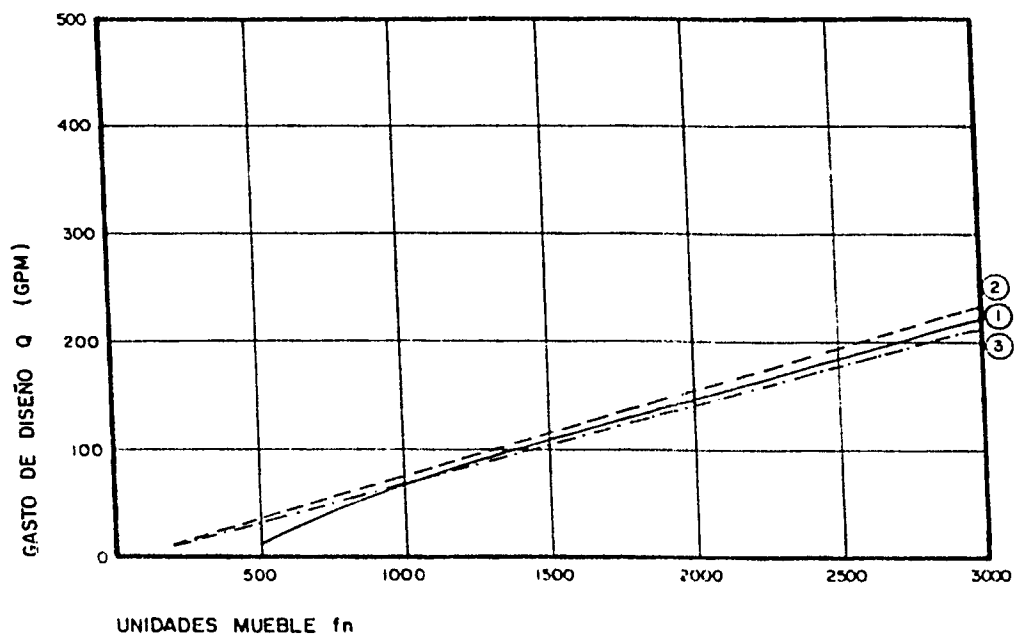


① ——— SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE

② - - - - - SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO

③ - - - - - SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA

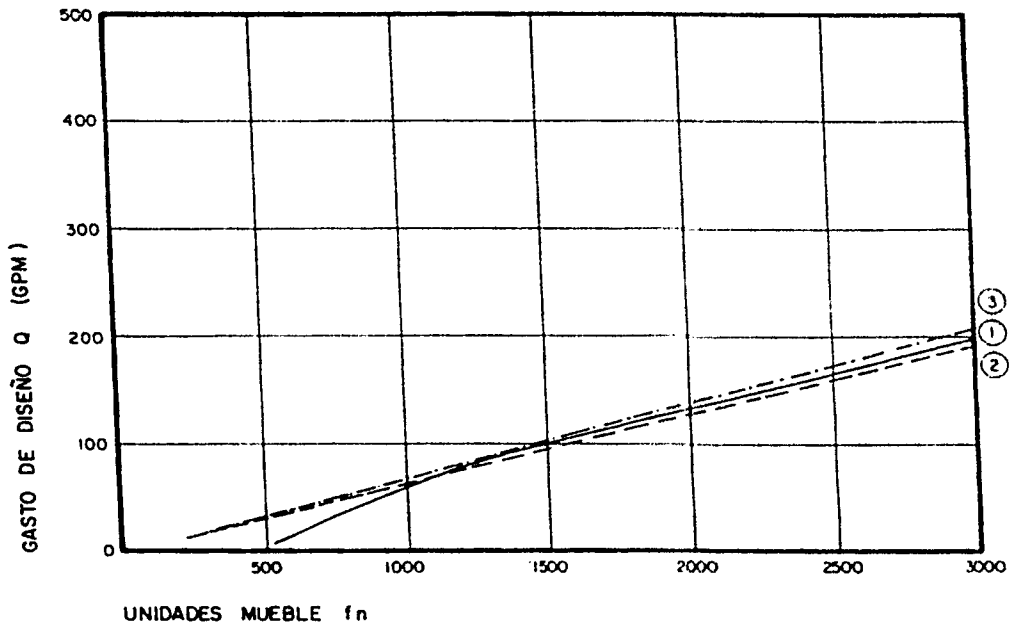
**GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE DEL SISTEMA, PARA EL 40% DE EFICIENCIA**



- ① ——— SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE  
 ② - - - - SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO  
 ③ - · - · - SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA

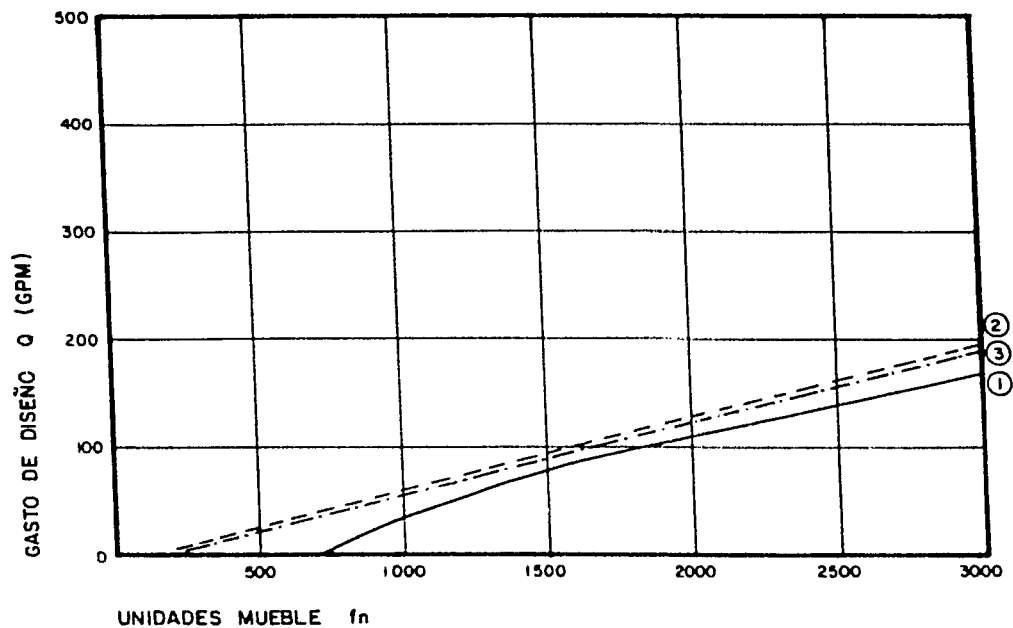


**GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE UNIDADES MUEBLE DEL SISTEMA, PARA EL 30% DE EFICIENCIA**



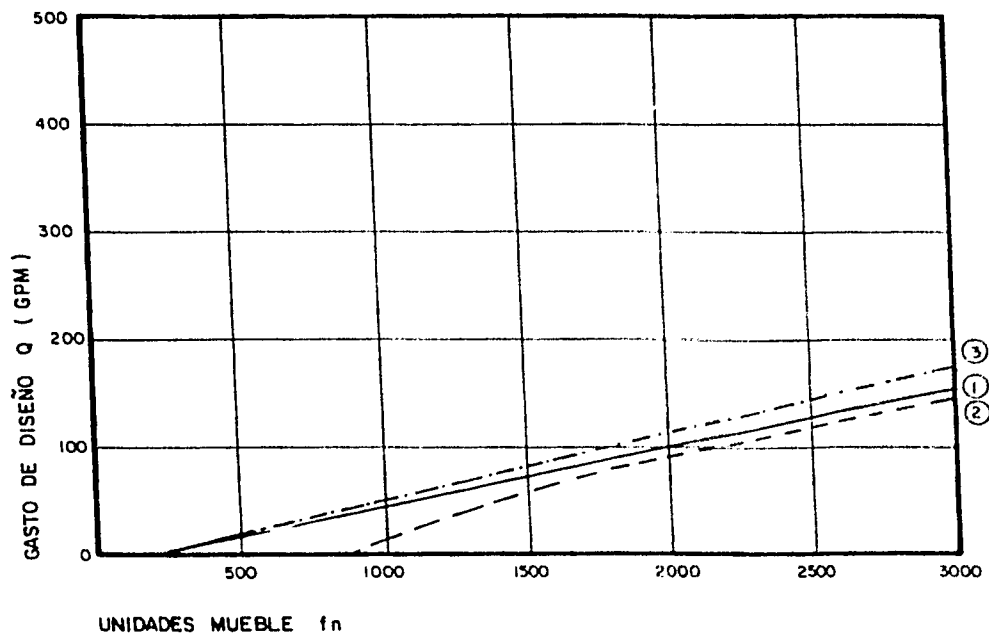
- ① ——— SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE  
 ② - - - - SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO  
 ③ - - - - SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA

**GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL DE  
UNIDADES MUEBLE DEL SISTEMA,  
PARA EL 20% DE EFICIENCIA**



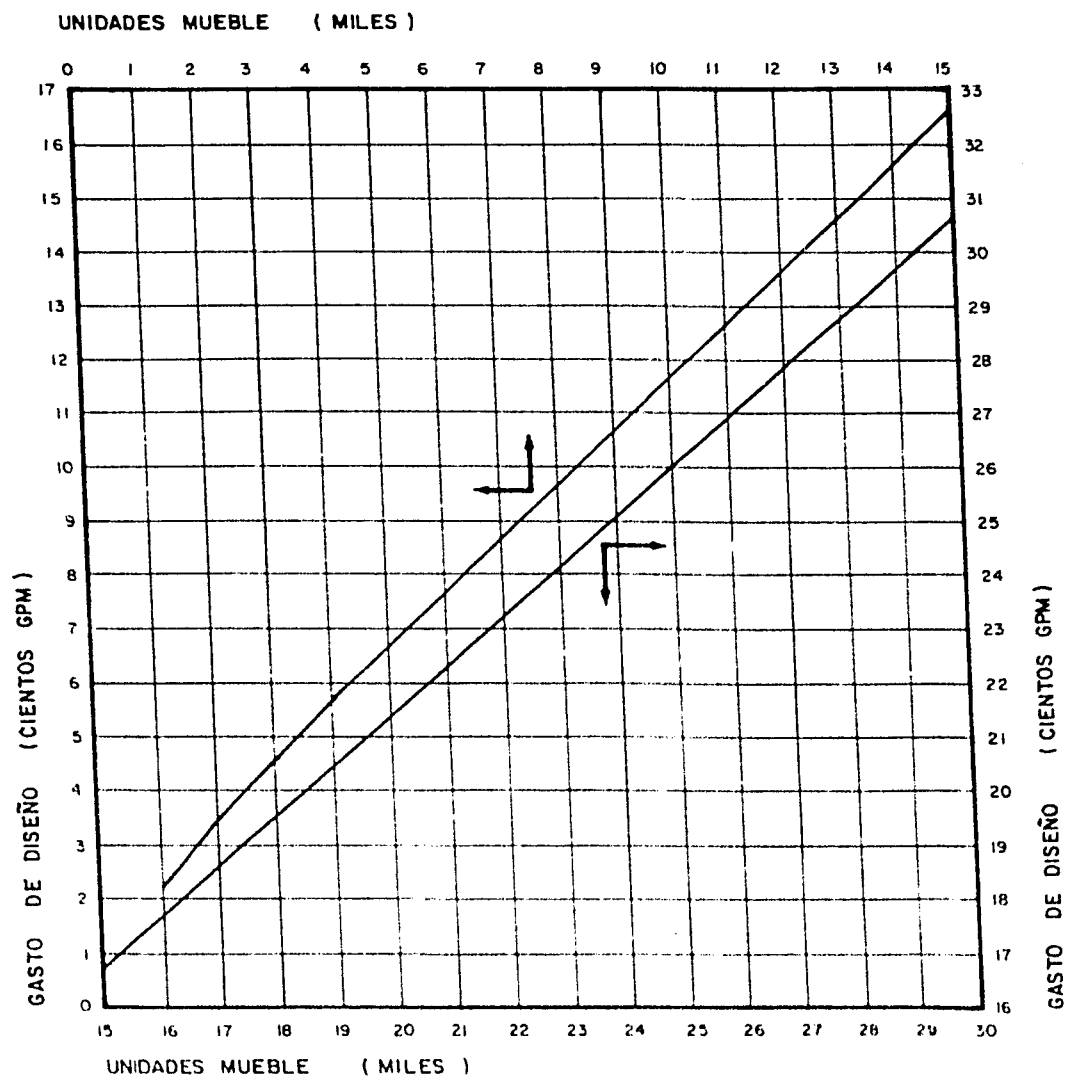
- ① ——— SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE  
② - - - SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO  
③ - - - SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALVULA

**GASTO DE DISEÑO CON EL TOTAL  
DE MUEBLES DEL SISTEMA, PARA  
EL 10 % DE EFICIENCIA.**

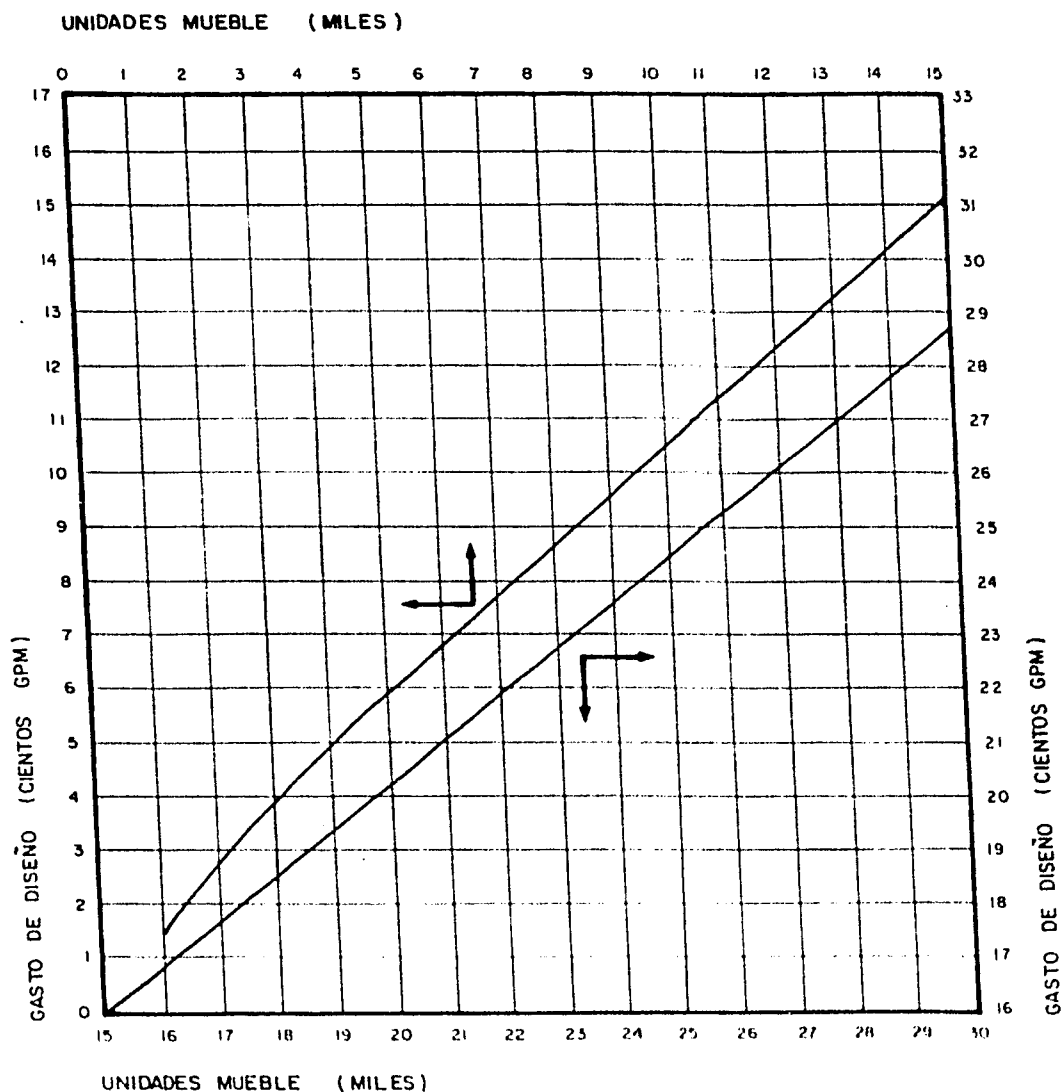


- ① ——— SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE  
 ② - - - - - SISTEMAS DE REGADERAS DE BAÑO  
 ③ - · - · - - SISTEMAS DE EXCUSADOS DE VALAJIA

## GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARA EL 99 % DE EFICIENCIA

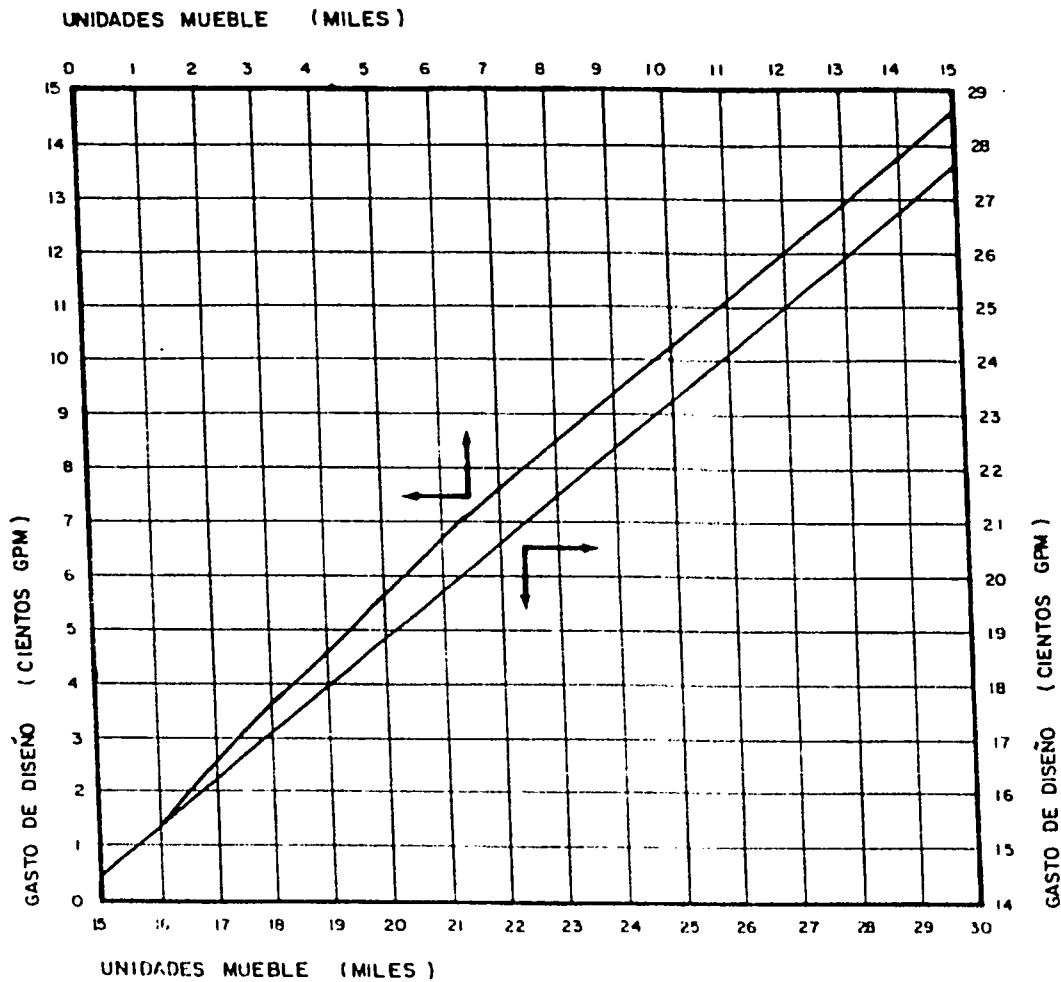


## GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARA EL 95 % DE EFICIENCIA



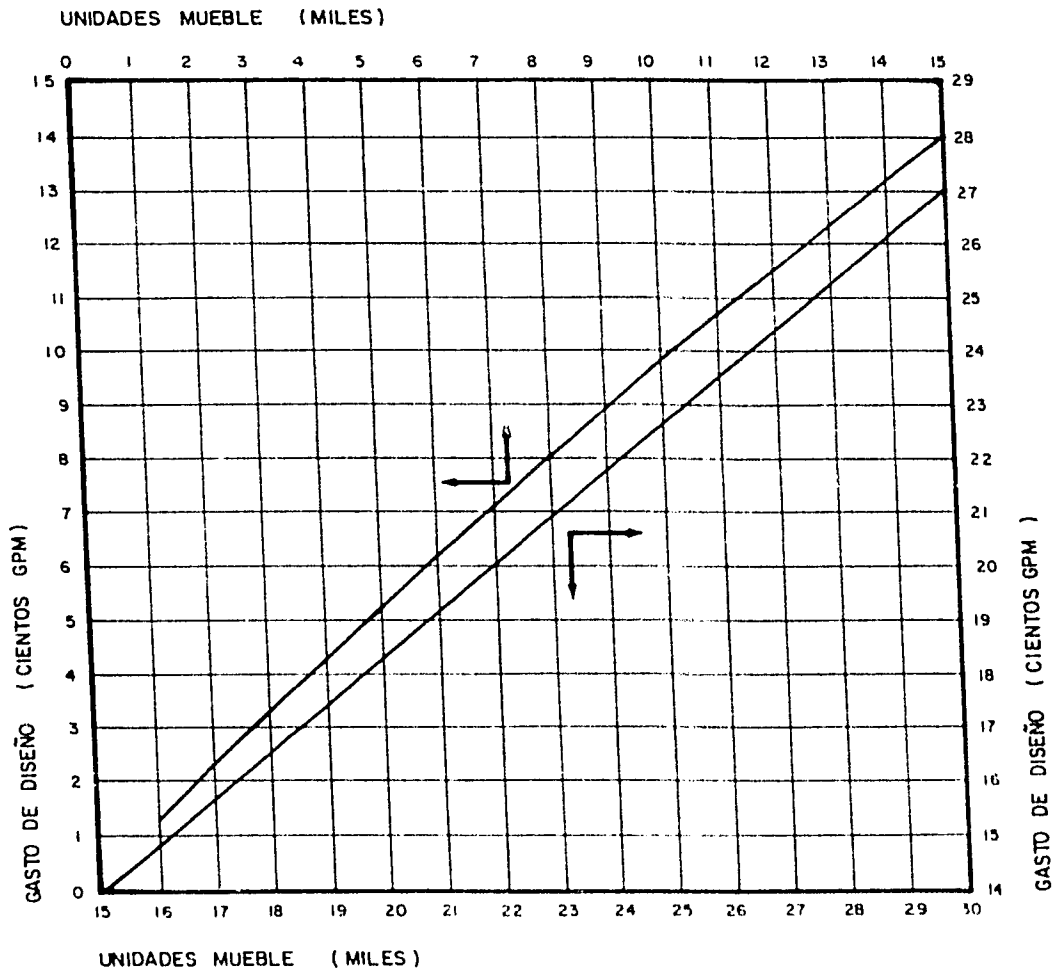
----- SISTEMAS MIXTOS DE EXCUSADOS DE TANQUE, DE REGADERAS DE BAÑO Y EXCUSADOS DE VALVULA

**GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE  
DE SISTEMAS MIXTOS, PARA EL 80 %  
DE EFICIENCIA**

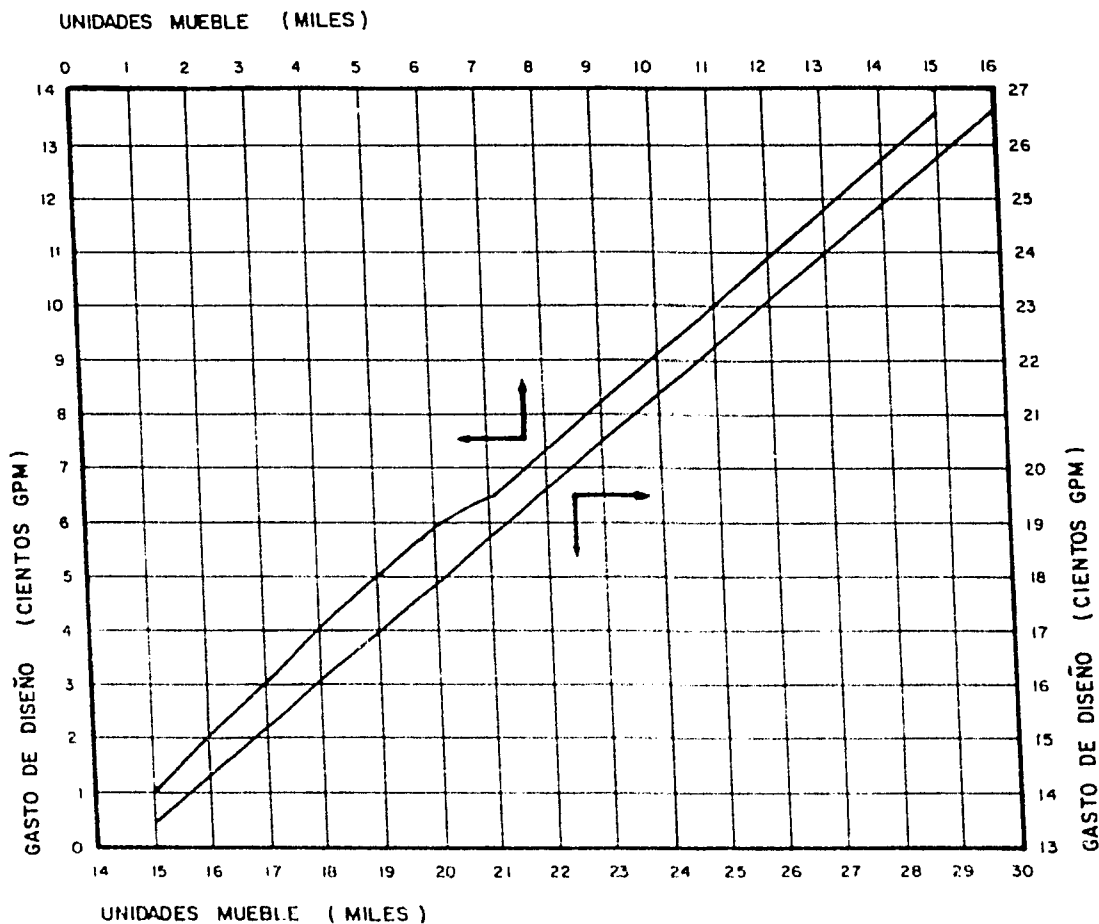


— SISTEMAS MIXTOS DE EXCUSADOS DE TANQUE, DE REGADERAS DE BAÑO  
Y EXCUSADOS DE VALVULA

**GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARA EL 85% DE EFICIENCIA**



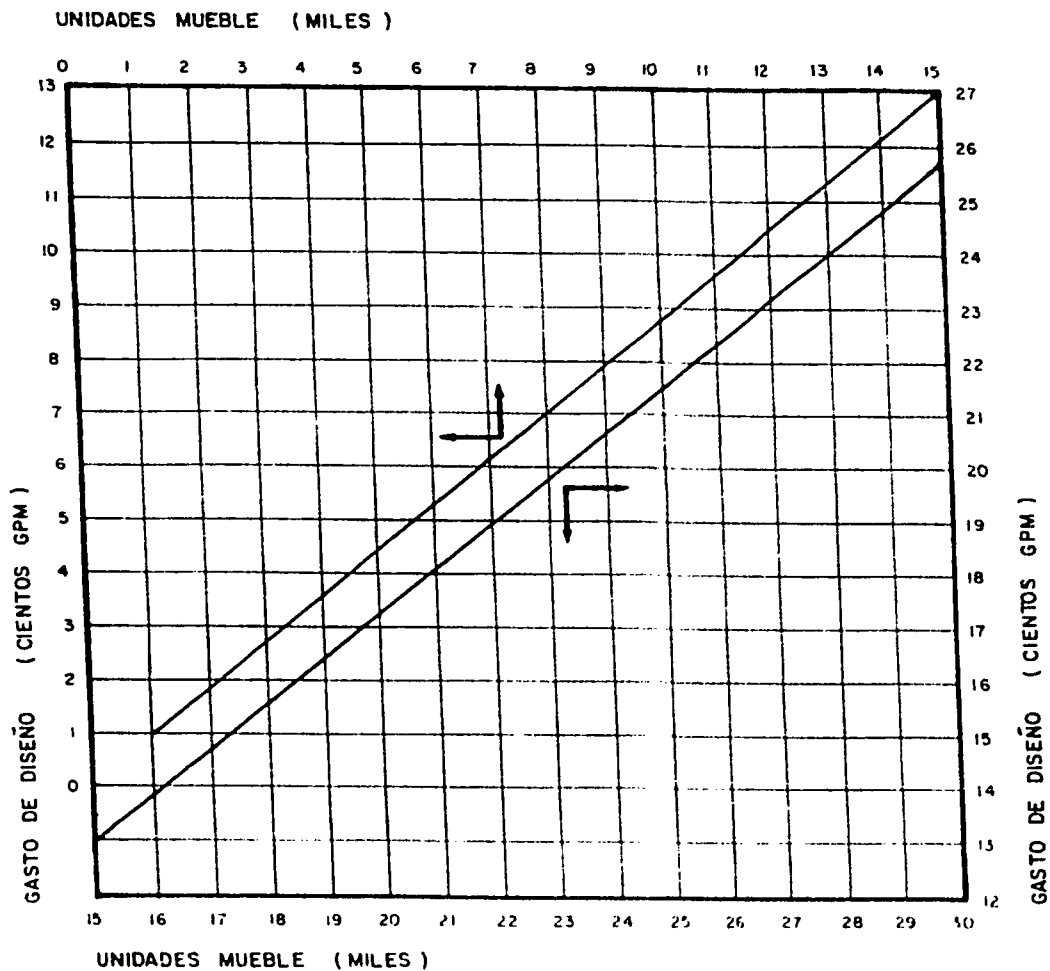
**GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARA EL 80 % DE EFICIENCIA**



— SISTEMAS MIXTOS DE EXCUSADOS DE TANQUE, REGADERAS DE BAÑO Y EXCUSADOS DE VALVULA

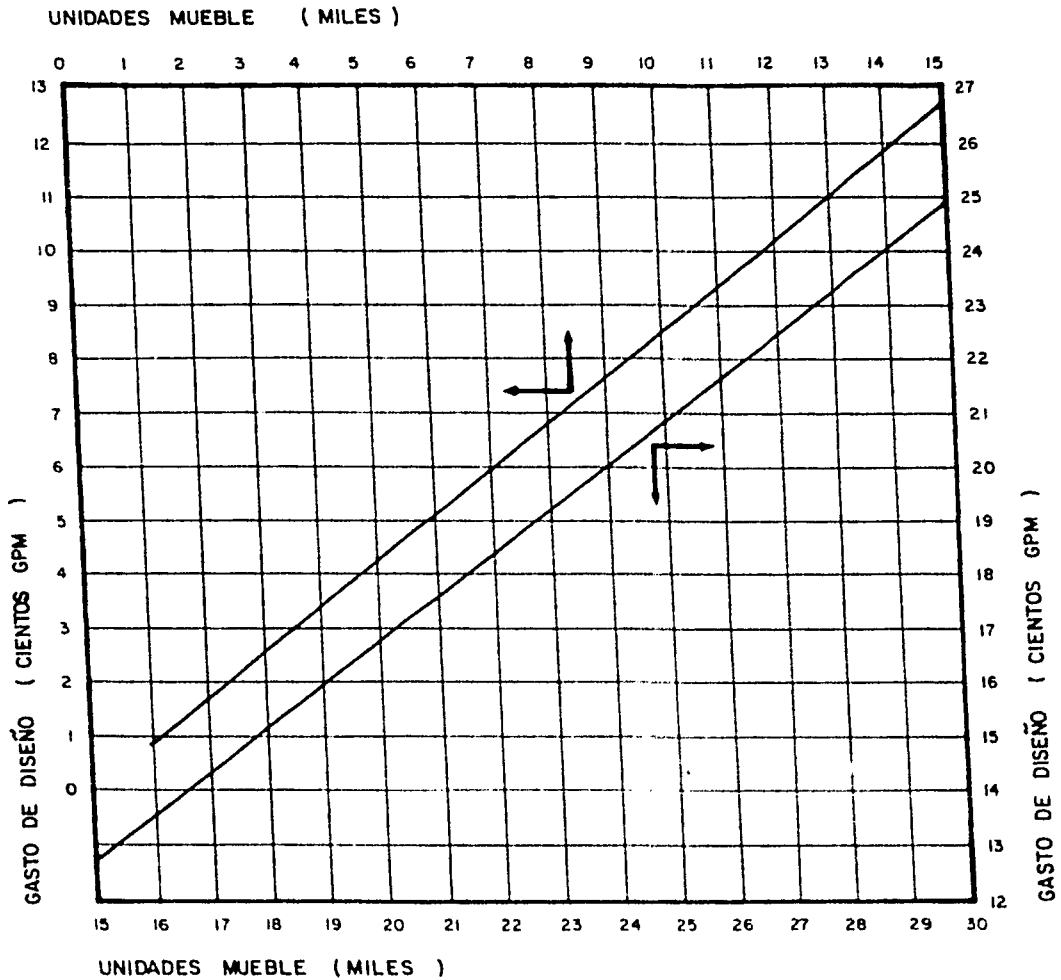


**GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARA EL 70 % DE EFICIENCIA**



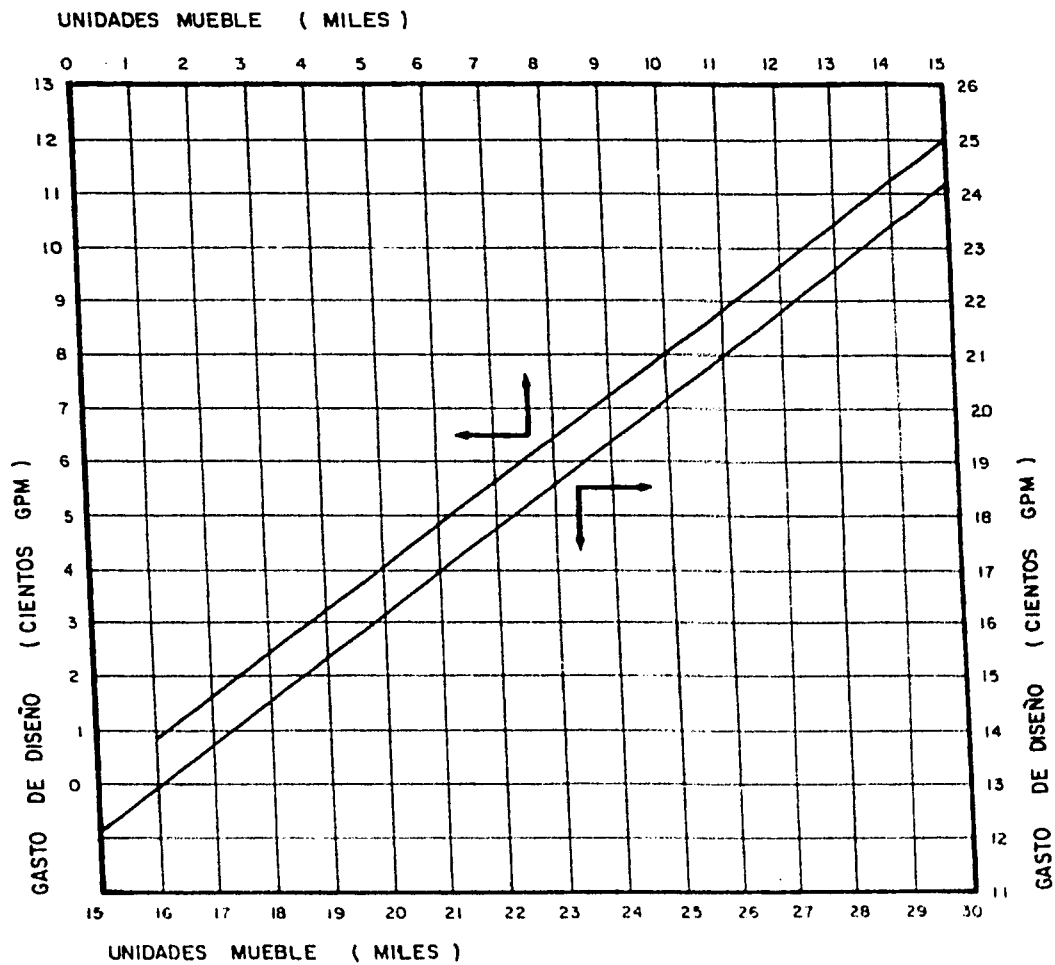
— SISTEMAS MIXTOS DE EXCUSADOS DE TANQUE, DE REGATORIAS DE BARRIO Y EXCUSADOS DE VALVULA

## GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARA EL 60% DE EFICIENCIA



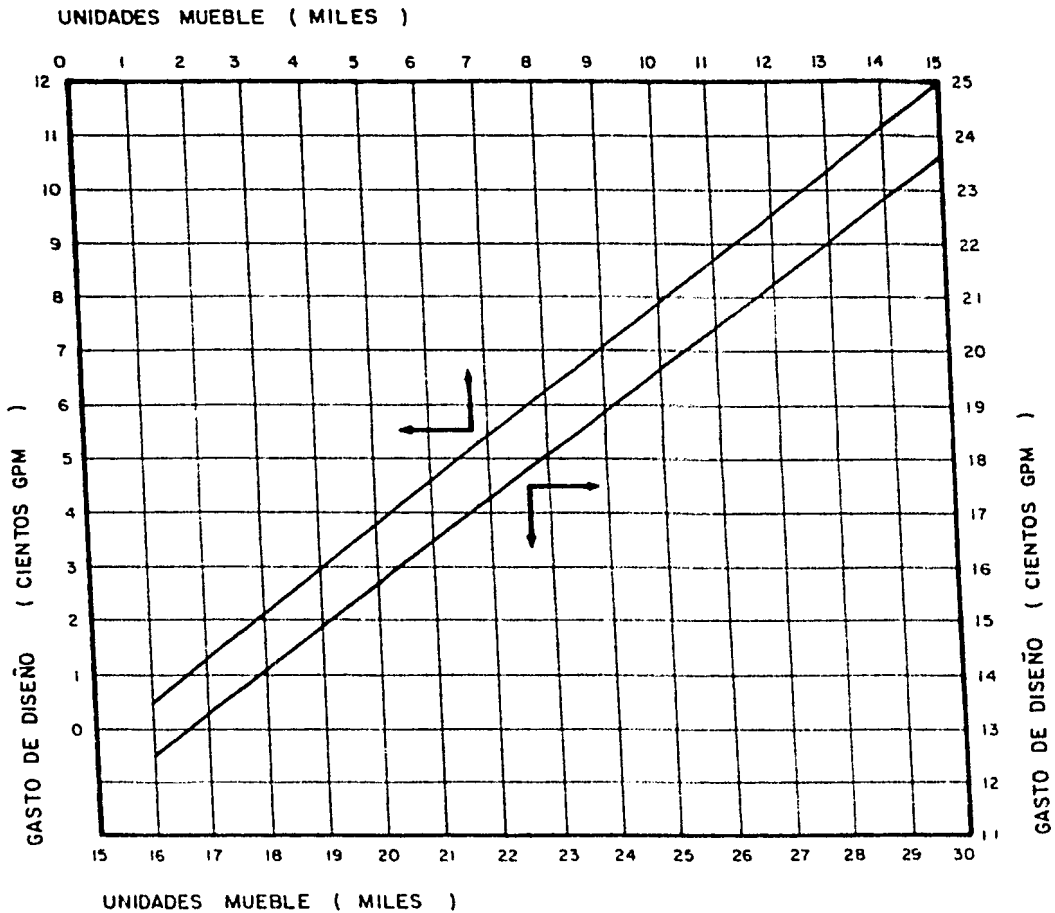
— SISTEMAS MIXTOS DE EXCUSADOS DE TANQUE, DE REGADERAS DE BAÑO Y EXCUSADOS DE VALVULA

**GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARA EL 50 % DE EFICIENCIA**



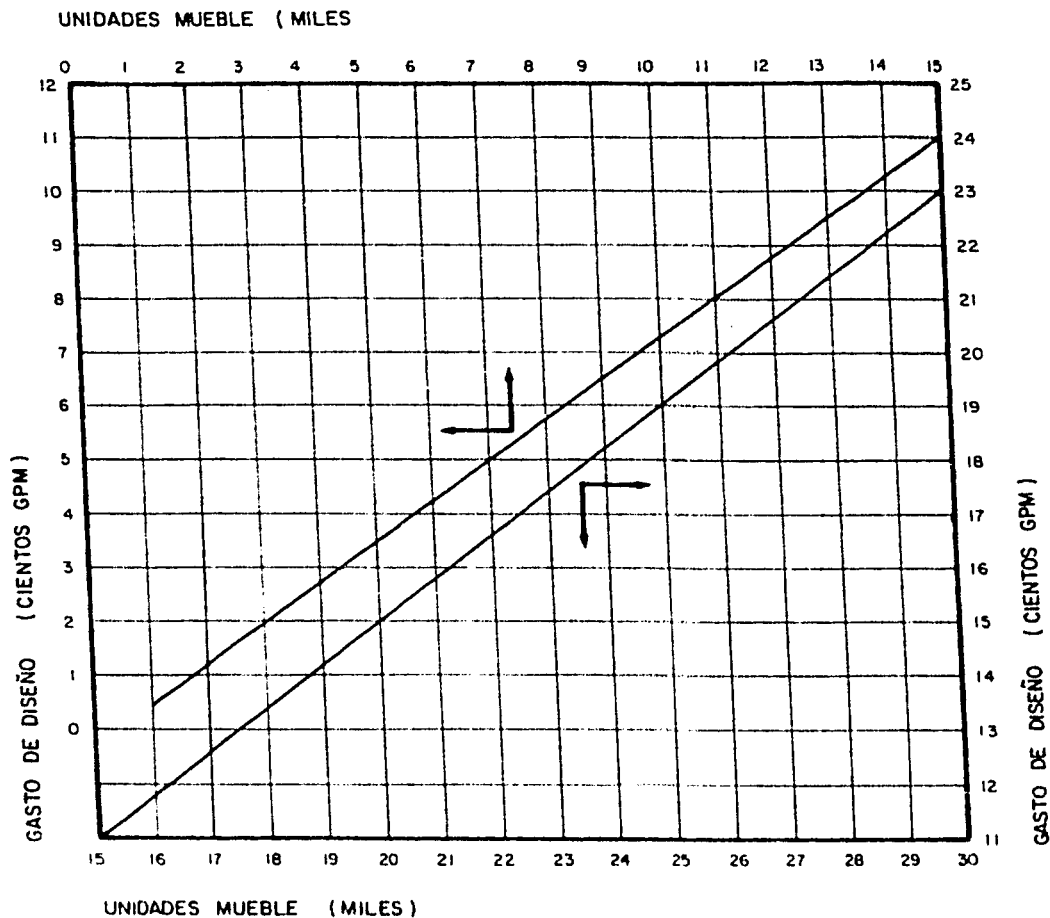
— SISTEMAS MIXTOS DE EXCUSADOS DE TANQUE, DE REGADERAS DE BAÑO Y EXCUSADOS DE VALVULA

**GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARA EL 40 % DE EFICIENCIA**



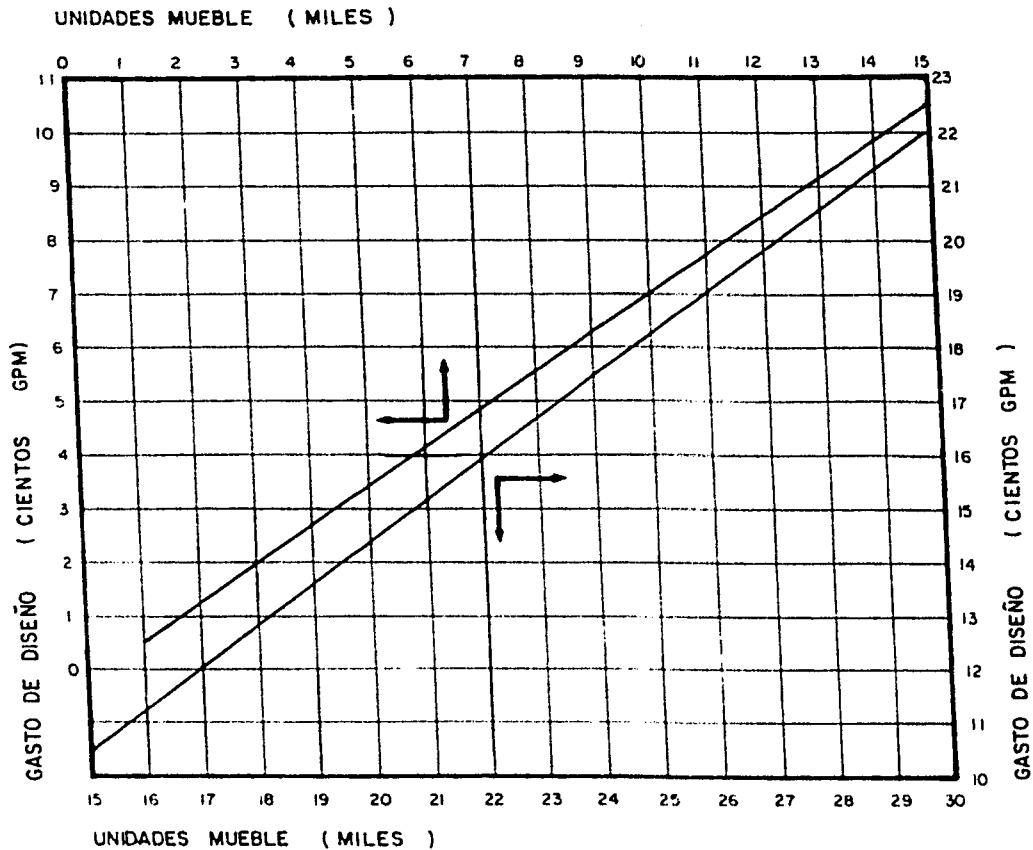
--- SISTEMAS MIXTOS DE EXCUSADOS DE TANQUE, DE REGADERAS DE BAÑO Y EXCUSADOS DE VALVULA

## GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARA EL 30 % DE EFICIENCIA



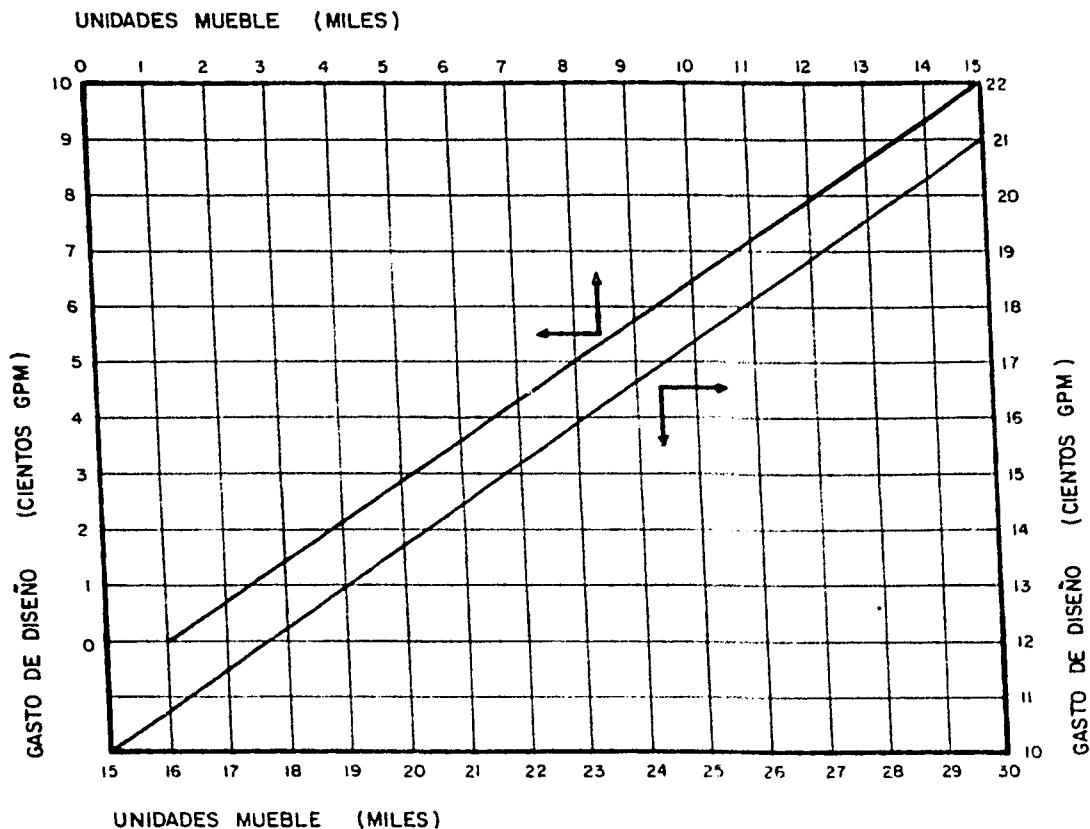
——— SISTEMAS DE EXCUSADOS DE TANQUE, DE REGADERAS DE BAÑO Y EXCUSADOS DE VALVULA

**GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARA EL 20 % DE EFICIENCIA**



— SISTEMAS MIXTOS DE EXCUSADOS DE TANQUE, DE REGADERAS DE BAÑO Y EXCUSADOS DE VALVULA

## GASTO DE DISEÑO CONTRA UNIDADES MUEBLE DE SISTEMAS MIXTOS, PARA EL 10 % DE EFICIENCIA



— SISTEMAS MIXTOS DE EXCUSADOS DE TANQUE, DE REGADERAS DE BAÑO Y EXCUSADOS DE VALVULA

VARIACION DEL GASTO DE DISEÑO DE SISTEMAS MIXTOS EN RELACION AL NIVEL DE EFICIENCIA

NIVEL DE EFICIENCIA	30,000 UNIDADES MUEBLE DE PESO		10,000 UNIDADES MUEBLE DE PESO		20,000 UNIDADES MUEBLE DE PESO	
	PORCENTAJE	GASTOS DE DISEÑO (GPM)	VARIACION %	GASTOS DE DISEÑO (GPM)	VARIACION %	GASTOS DE DISEÑO (GPM)
99	3024	10	1161	16	324	33
90	2754	4	999	9	243	13
80	2646	3	918	3	216	14
70	2565	3	891	6	189	17
60	2484	2	837	2	162	0
50	2430	3	818	8	162	20
40	2349	2	756	4	135	0
30	2295	4	729	8	135	25
20	2214	5	675	9	108	33
10	2106		621		81	
FROM		4		7		17



## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.

- A) La creciente demanda de viviendas y, por consiguiente, de servicios municipales, unida al incremento del costo de instalación y mantenimiento de las obras, imponen la exigencia de desarrollar métodos para lograr costos mínimos sin detrimento de un servicio adecuado. El "Método Probabilístico para la Determinación del Gasto de Diseño de un Sistema de Distribución de Agua, en Función de la Eficiencia" es sin duda una herramienta útil para que las instalaciones hidráulica y sanitaria satisfagan las necesidades sin admitir grandes márgenes de sobrecapacidad que, en el caso de la vivienda, no deben tolerarse.
- B) El método probabilístico se puede aplicar a la vivienda de interés social y a cualquier otro tipo de construcción con instalaciones hidráulica y sanitaria, ya que el cálculo de la demanda total se hace con la demanda de distintos muebles de plomería en cualesquiera combinaciones.
- C) Es una ventaja para el método, la aplicación directa de la distribución binomial de probabilidad, pues existen valores de probabilidad "p" mayores de 0.15 para los que la aproximación de Poisson presenta pequeñas desviaciones, aunque no son de gran significación, son eliminadas.
- D) La introducción de la eficiencia como variable del sistema, no presenta ningún inconveniente y permite al proyectista una mayor gama de alternativas de diseño.
- E) El método funciona mejor para sistemas de más de doscientos muebles, pero puede ser aplicado a sistemas de menor tamaño.
- F) El artificio ideado por Hunter, de no sumar algebraicamente las demandas de gastos de cada sistema simple y así evitar una tubería sobrediseñada, es útil más no cuenta con un fundamento teórico que justifique su empleo. Al utilizarlo es recomendable tomar el número de muebles como variable independiente, ya que de esta manera se pueden cubrir todos los rangos de gasto, mientras que haciéndolo con el gasto como variable independiente, el rango de lectura en la gráfica se limita por el tipo de mueble que demanda menor gasto; es conveniente calcular diferentes valores de la unidad mueble de peso según el tamaño del sistema simple o bien calcular el valor de estas unidades abarcando un rango mayor del gasto que el utilizado por Hunter.
- G) El nivel de eficiencia de un sistema no guarda una relación proporcional con el gasto de diseño: es decir, que no es válido aplicar un porcentaje de reducción al gasto de diseño de 99% para obtener uno de menor eficiencia en vista de que el gasto también varía en función del número de muebles.
- H) Es claro que al introducir la eficiencia como variable del sistema tiene el proyectista una herramienta útil para disminuir racionalmente el gasto de diseño, lo que implica disminución del costo de instalación y ahorro del recurso natural.
- I) Las ventajas de aplicar el método propuesto quedarían más claras si este trabajo presentara un estudio comparativo con los procedimientos actualmente en uso, a fin de cuantificar los ahorros en el costo de las instalaciones y en los me-

tros cúbicos de agua suministrados. Para tal estudio se requiere una investigación, de la que no se dispone, la cual:

- \* Determine los valores característicos de los muebles de plomería utilizados en la vivienda de interés social que son: el tiempo promedio entre los usos de cada mueble individual; el tiempo de la demanda de suministro (tiempo de cada operación del mueble); y, el promedio de gasto de cada uso.
- \* Establezca la probabilidad de operación simultánea de muebles de diferente tipo, que proporcione la función de adición de los gastos demandados por estos muebles, para obtener el gasto demandado por el sistema mixto.
- \* Defina el nivel mínimo de eficiencia, de tal manera que se cumpla un servicio satisfactorio, donde las interrupciones causadas por factores controlados, tales como diámetro y arreglo de la tubería, sea poco frecuente y de una corta duración que no cause inconvenientes en el uso de los muebles de plomería ó ninguna condición insalubre en el sistema.

---

## BIBLIOGRAFIA

- BANCO DE MEXICO, S. A.  
Viviendas de Interés Social Tipos VAIM, VIS-A y VIS-B.  
Programa Financiero de Vivienda. FOVI/FOGA.  
México, D. F., 1980.
- BANCO DE MEXICO, S. A.  
Indicadores Económicos, Cuaderno Mensual 12 del Volumen  
VII. Serie Información Económica.  
México, D. F., 1979.
- CHOU YA-LUN.  
Análisis Estadísticos.  
INTERAMERICANA,  
México, D. F., 1974.
- LINSLEY RAY A., JOSEP B. FRANZINI.  
Ingeniería de los Recursos Hidráulicos, CECSA.  
México, D. F., 1974.
- LIPSHUTZ SEYMOUR.  
Probabilidad, Serie SCHAUM de Teoría y Problemas.  
MEGRAU-HILL, Cali., 1973.
- LOPEZ PORTILLO JOSE.  
Distrito Federal. IEPES,  
México, D. F., 1973.
- MANAS VICENT T.  
National Plumbing Code Handbook-Standards  
and Design Information.  
McGraw-Hill Book Company, Inc.  
New York, 1957.
- SOTELO AVILA GILBERTO.  
Hidráulica General, Volumen 1, Fundamentos. LIMUSA,  
México, D. F., 1973.

**Impresiones**

**Arlex al Instante, s.a. de c.v.**

REP. DE COLOMBIA No. 6, 1er. PISO

(CASI ISO CON BRASIL)

MEXICO 1, D. F.

526-04-72

529-11-19