



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

---

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA U. Z  
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

DIRECCIÓN DE POSGRADO

ANÁLISIS DEL MÉTODO DE HUNTER Y  
ACTUALIZACIÓN DEL MÉTODO DE  
CÁLCULO  
PARA INSTALACIONES HIDRÁULICAS  
EN EDIFICIOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS EN  
HIDRÁULICA

P R E S E N T A

CRUZ MARTÍN CORTÉS PÉREZ

***DIRECTOR DE TESIS:***

DR. MARIO ULLOA RAMIREZ



***MEXICO D.F.***

***2008.***



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

SIP-14

*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de     México D.F.     siendo las     18:00     horas del día     07     del mes de     Enero     del     2009     se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de     E.S.I.A.-U.Z.     para examinar la tesis de grado titulada: "ANÁLISIS DEL MÉTODO DE HUNTER Y ACTUALIZACIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO PARA INSTALACIONES HIDRÁULICAS EN EDIFICIOS".

Presentada por el alumno:

    CORTÉS      
Apellido paterno

    PÉREZ      
Apellido materno

    CRUZ MARTÍN      
Nombre(s)

Con registro: 

A	0	5	0	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---

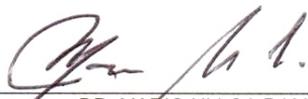
aspirante de:

    MAESTRO EN CIENCIAS EN HIDRÁULICA    

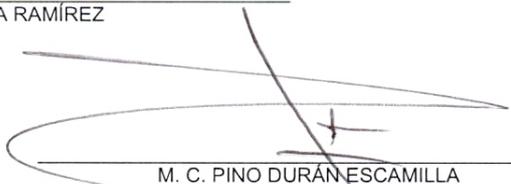
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director de tesis

  
\_\_\_\_\_  
DR. MARIO ULLOA RAMÍREZ

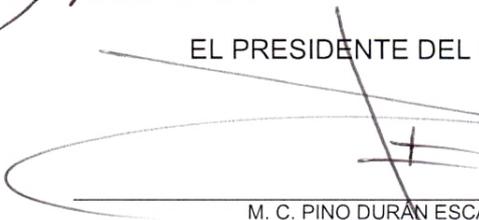
  
\_\_\_\_\_  
DR. JUAN MANUEL NAVARRO PINEDA

  
\_\_\_\_\_  
M. C. PINO DURÁN ESCAMILLA

  
\_\_\_\_\_  
M. EN C. LUCIO FRÁGOSO SANDOVAL

  
\_\_\_\_\_  
M. EN C. JAIME ROBERTO RUIZ Y ZURVIA FLORES

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

  
\_\_\_\_\_  
M. C. PINO DURÁN ESCAMILLA



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

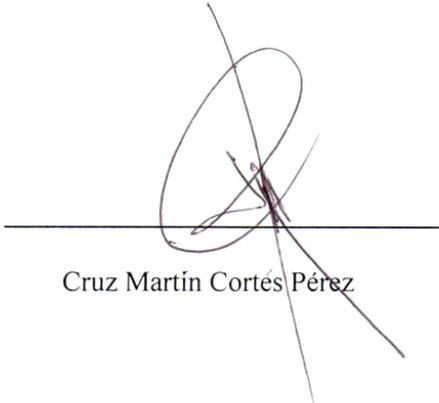


**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESION DE DERECHOS*

En la Ciudad de México D.F el día 23 del mes enero del año 2009, el que suscribe Cruz Martín Cortés Pérez alumno del Programa de Maestría en Ciencias en hidráulica con número de registro A050678, adscrito a Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura U. Z , manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de DR. Mario Ulloa Ramírez y cede los derechos del trabajo intitulado Análisis del método de Hunter y actualización del método de cálculo para instalaciones hidráulicas en edificios., al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección [imc\\_03@yahoo.com.mx](mailto:imc_03@yahoo.com.mx) Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Cruz Martín Cortés Pérez

## **AGRADECIMIENTOS.**

En la preparación de esta tesis se recogieron las opiniones desinteresadas de:

Director de tesis: Dr. Mario Ulloa Ramírez.

Maestros:

Dr. Juan Manuel Navarro Pineda.

M en C. Jaime Roberto Ruiz y Zurvia Flores.

M en C. Lucio Fragoso Sandoval.

M en C Pino Duran Escamilla.

Agradeciendo el haber revisado el texto y por sus atinados comentarios para mejorarlo.

### **Dedicatorias.**

"A mis profesores del Instituto Politécnico Nacional,

...por su ejemplo de profesionalidad.

"A mi Director de tesis,

...por su confianza y guía en esta tesis.

"A Roció Nava Reyes e Iván Alberto Cortes Nava.,

...por su apoyo, paciencia y acompañarme en este objetivo.

"A mi familia ,

...por su apoyo para a lograr este objetivo.

"A los compañeros ,

...por contribuir a lograr este objetivo.

"A quien corresponda,.....

...quienes indirectamente, o a propósito, trataron de impedir esta tesis y me hicieron redoblar esfuerzos para lograr este objetivo personal por una inquietud de mi practica profesional.

---

---

## **ANÁLISIS DEL MÉTODO DE HUNTER Y ACTUALIZACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO PARA INSTALACIONES HIDRÁULICAS EN EDIFICIOS.**

Resumen	6
Abstract	7

### **CAPITULO 1**

#### **Planteamiento del estudio. 8**

1.1.-	Introducción	8
1.2.-	Hipótesis	9
1.3.-	Objetivo.	9
1.4.-	Justificación.	10
1.5.-	Alcance de la tesis.	10
1.6.-	Metodología de estudio	11

### **Capitulo 2**

#### **Fundamentos del método de Hunter. 13**

2.1.-	Introducción	13
2.2.-	Desarrollo de la función de probabilidad.	16
2.3.-	Valores de t, i y q propuestos por Hunter.	23
2.4.-	Extensión del modelo de hunter a un sistema combinado.	28
2.5.-	Deducción de la unidad mueble.	33
2.6.-	Discusión de aplicación del modelo de Hunter en México.	37

### **Capitulo 3. 39**

#### **Mediciones de campo para determinar el tiempo entre operaciones sucesivas de muebles en edificios con diferente tipo de uso. 41**

3.1.-	Definición de conceptos básicos.	41
3.1.1.-	Experimento.	41
3.1.2.-	Variable independiente.	42
3.1.3.-	Variable dependiente	42
3.1.4.-	Variable exógena o intrínseca	42
3.1.5.-	Tratamientos experimentales	42
3.1.6.-	Unidad experimental.	42
3.1.7.-	Medida.	42
3.1.8.-	Error experimental.	43
3.1.9.-	Repetición.	43
3.1.20.-	Modelos matemáticos	43
3.2.-	Objetivo del experimento.	44
3.3.-	Definición de la población en estudio	44
3.4.-	Descripción del experimento.	44
3.4.1.-	Descripción del experimento llevado a cabo en el dominio de Estudio habitacional.	44
3.4.2.-	Descripción del experimento llevado a cabo en los dominio de estudio: edificios de oficinas, institucionales y recreativos.	46

3.5.-	Resultado del experimento.	47
3.5.1	Resultado del experimento llevado a cabo en edificios de tipo habitacional.	47
3.5.2.-	Resultado del experimento llevado a cabo en edificios de oficinas.	54
3.5.3.-	Resultado del experimento llevado a cabo en edificios de institucionales.	56
3.5.4.-	Resultado del experimento llevado a cabo en edificios de uso recreativo.	58
3.6	Análisis del resultado del experimento.	61
3.6.1.-	Análisis del resultado del experimento llevado a cabo correspondiente a edificios de tipo habitacional.	61
3.6.2.-	Análisis de resultados del experimento llevado a cabo correspondiente a edificios de uso de oficinas.	64
3.6.3.-	Análisis de resultados del experimento llevado a cabo correspondiente a edificios institucionales.	68
3.6.3.1.-	Análisis de resultados del experimento llevado a cabo correspondiente del edificio de educación básica.	68
3.6.3.2.-	Análisis de resultados del experimento llevado a cabo correspondiente a edificios de educación media superior y superior.	68
3.6.4.-	Análisis de resultados del experimento llevado a cabo correspondiente a edificios de uso recreativo.	69
3.6.4.1.-	Análisis de resultados del experimento llevado a cabo correspondiente a edificios de uso de restaurantes y similares.	69
3.6.4.2.-	Análisis de los resultados correspondientes a sala de concierto, cines, teatros y similares.	69
3.7	Conclusiones del experimento para la determinación del tiempo entre operaciones sucesivas de inodoros en edificios con diferentes tipo de uso	70

## Capitulo 4

### **Principios de Simulación Estocástica. 72**

4.1.-	Introducción.	72
4.2.-	Definición de simulación.	72
4.3.-	Generación de números aleatorios uniformemente distribuidos	73
4.4.-	Generadores congruenciales lineales	74
4.4.1.-	Congruencial mixto	74
4.4.1.1.-	Selección de "m".	75
4.4.1.2.-	Selección de "a".	75
4.4.1.3.-	Selección de "c".	75
4.4.1.4.-	Selección de " $x_0$ ".	76
4.5.-	Congruencial multiplicativo	76
4.5.1.-	Sistema decimal.	76
4.5.2.-	Sistema	77
4.6.-	Pruebas estadísticas para los números pseudo-aleatorios.	78
4.6.1.-	Prueba de los promedios.	78

4.6.2.-	Prueba de frecuencias.	79
4.7.-	Generación de variables aleatorias no-uniformes.	80
4.7.1.-	Método de la transformada inversa.	80
4.7.2.-	Aplicación entre llegada de los usuarios	81
4.7.3.-	Distribucion de Poisson.	81
4.7.3.1.-	Distribución de Poisson (procedimiento alterno).	82
4.8.-	Procedimientos especiales.	83
4.8.1.-	Distribución normal.	83
4.8.2.-	Distribución erlang.	
4.7.3.-	Distribución binomial.	85

## Capitulo 5

### **Simulación del metodo de Hunter mediante un programa de computadora.**

**87**

5.1.-	Introduccion.	87
5.2.-	Simulación del modelo de hunter mediante un programa de computadora.	89
5.3.-	Derivación de los factores de carga para muebles sanitarios en uso doméstico.	93
5.4.-	Derivación de los factores de carga para muebles sanitarios de uso de oficinas.	97
5.5.-	Derivación de los factores de carga para muebles sanitarios en edificios para educación básica y media básica.	98
5.6.-	Derivación de los factores de carga para muebles sanitarios en edificios para educación media superior y superior.	99
5.7.-	Derivación de los factores de carga para muebles sanitarios en restaurantes y similares.	100
5.8.-	Derivación de los factores de carga para muebles sanitarios en salas de concierto, cines y similares.	100
5.9.-	Consideraciones sobre la aplicación del método para el diseño de instalaciones con diferentes condiciones de servicio.	102
5.10.-	Cálculo de instalaciones hidráulicas de edificios mediante el método de "unidad de mueble" actualizado y comparación con los resultados obtenidos al aplicar el método ordinario.	103
5.10.1.-	Aplicación de los factores de carga por demanda actualizadoa.	103
5.10.2.-	Aplicacion del metodo unidad mueble ordinario.	114
5.10.3.-	Analisi de resultados.	118

Conclusiones y Recomendaciones. 120

Bibliografía. 123

Glosario. 125

---

Anexo-A. Formato de investigacion decampo.	126
Anexo-B. Planta arquitectónica tipo.	129
Anexo-C. Curvas de diseño actualizadas.	131
Anexo-D. Curvas propuestas por Hunter.	144

---

## RESUMEN.

La importancia de la presente tesis es actualizar la aplicación del método establecido por el Dr. Roy B. Hunter, publicado en 1940, desarrollando un criterio para el diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias para edificios considerando el ahorro y uso racional del agua. Que en la actualidad es un problema crucial en los aspectos económicos, políticos, sociales y ecológicos.

La tesis se dirigió a analizar y actualizar la aplicación del Método de Hunter que permite obtener el Gasto Máximo Probable (GMP), tomando como factores el uso de los edificios, que ha sido base en el diseño de instalaciones hidráulicas en normas y reglamentos al respecto y se hacen valiosas aportaciones al mismo, mediante un tratamiento probabilístico. Se genera una metodología para el diseño de las instalaciones hidráulicas en México considerando los hábitos de consumo del agua potable en los edificios de diferente uso, de acuerdo a las condiciones de la ciudad de México y la nueva tecnología de los muebles sanitarios. Permite enriquecer las herramientas que hasta la fecha se ha venido aplicando, abordando un vacío existente en los reglamentos de diseño de las instalaciones en edificaciones, considerando el desarrollo de los muebles de bajo consumo; la aplicación de las unidades y curvas originales de Hunter conduce a sobredimensionar el diseño, encontrándose diferencias significativas entre los gastos de diseño, que se reflejan en una disminución importante en el consumo de agua.

El Método de Hunter es el método más utilizado para el cálculo de las redes de distribución interior de agua en edificios, que también se conoce como Método de los Gastos Probables. La tecnología de los muebles sanitarios se ha modificado, pero estos cambios fueron hechos subjetivamente, sin una correlación con los parámetros del modelo de Hunter. Por esta razón se realizaron mediciones en de campo con un seguimiento de la metodología propuesta por Hunter, llevando a cabo mediciones en cinco edificios de la ciudad de México con el fin de identificar el comportamiento de las variables más relevantes del método. Analizando los datos obtenidos y determinando las nuevas unidades para los muebles ensayados, se encontró que estos valores son menores que los recomendados por los reglamentos locales e internacionales usados actualmente para el diseño. Del análisis del estudio se desprende que para validar los resultados obtenidos se propone un análisis probabilístico basado en la simulación de las variables aleatorias más relevantes. Se implementó el algoritmo matemático de la aplicación actualizada del método de Hunter el cual se resolvió con un programa en lenguaje "C" para obtener las curvas de diseño actualizadas.

Se realizó una comparación entre los diseños hidráulicos para una edificación tipo con el método de Hunter convencional, la aplicación actualizada del modelo de Hunter, Reglamento de construcciones del Gobierno del Distrito Federal y las normas IMSS, obteniéndose un ahorro del 20% con lo generado en la presente tesis.

Del análisis del problema y de la situación prevaleciente de la carencia de agua potable se enfatiza en que la autoridad no debe ser indiferente a la forma en que se diseñan las instalaciones hidráulicas y sanitarias. Los consumos excesivos de agua por un diseño deficiente pueden hacer perder tanta agua como un sistema municipal defectuoso.

---

## ABSTRACT.

The importance of the present thesis is to upgrade the application the method settled down by the Dr. Roy B. Hunter, published in 1940, developing an approach for the design of hydraulic and sanitary facilities for buildings considering the saving and rational use of the water. That at the present time it is a crucial problem in the economic, political, social and ecological aspects.

The thesis was directed to analyze and to upgrade the application of the Method of Hunter that allows to obtain the Probable Maximum Expense (GMP), taking as factors the use of the buildings that has been base in the design of hydraulic facilities in norms and regulations in this respect and they become valuable contributions to the same one, by means of a treatment probabilístico. A methodology is generated for the design of the hydraulic facilities in Mexico considering the habits of consumption of the drinkable water in the buildings of different use, according to the conditions of the city of Mexico and the new technology of the sanitary furniture. Allowing to enrich the tools that so far one has come applying, approaching an existent hole in the regulations of design of the facilities in constructions, considering the development of the furniture of under consumption; the application of the units and original curves of Hunter lead to sobredimensionar the design, being significant differences among the design expenses that are reflected in an important decrease in the consumption of water. The Method of Hunter is the method more used for the calculation of the nets of interior distribution of water in buildings that it is also known as Method of the Probable Expenses. The technology of the sanitary furniture has modified, but these changes were made subjectively, without a correlation with the parameters of the pattern of Hunter. For this reason they were carried out measurement in of field with a pursuit of the methodology proposed by Hunter, carrying out measurement in five buildings of the city of Mexico with the purpose of identifying the behavior of the most outstanding variables in the method. Analyzing the obtained data and determining the new units for the rehearsed furniture, it was found that these values are smaller than those recommended by the local and international regulations used at the moment for the design. Of the analysis of the study he/she comes off that to validate the obtained results he/she intends an analysis probabilístico based on the simulation of the most outstanding random variables. It was implemented the mathematical algorithm of the up-to-date application of the method of Hunter which was solved with a program in language "C" to obtain the upgraded design curves.

It was carried out a comparison among the hydraulic designs for a construction type with the method of conventional Hunter, the up-to-date application of the pattern of Hunter, Regulation of constructions of the Government of the Federal District and the norms IMSS, being obtained a saving of 20% with that generated in the present thesis.

Of the analysis of the problem and of the prevalent situation of the lack of drinkable water it is emphasized in that the authority should not be indifferent to the form in that the hydraulic and sanitary facilities are designed. The excessive consumptions of water for a faulty design can make lose as much water as a faulty municipal system.

---

## **CAPITULO I                      Planteamiento del estudio.**

### **1.1 introducción**

Para que los servicios de agua potable y alcantarillado sean útiles a los usuarios, se requiere un eslabón en la cadena de abastecimiento y evacuación constituido por conexiones, tuberías y equipos, que llevan el agua desde la red municipal de distribución a los muebles sanitarios en el interior de los edificios y desalojar el agua servida hasta las alcantarillas de la red municipal. Estas conexiones, tuberías, accesorios y muebles sanitarios constituyen lo que se denomina instalaciones hidráulicas y sanitarias en los edificios.

En esta tesis el término edificio se refiere a cualquier inmueble o construcción hecha con material resistente, destinado a vivienda u otro uso en los que hay afluencia de gente.

Generalmente son los propietarios de los edificios – y no las autoridades de los servicios públicos de agua y alcantarillado- quienes con los servicios de un instalador- montador hidráulico y sanitario independiente o a través de una empresa privada instalan y operan sus instalaciones hidráulicas y sanitarias. Pero la autoridad no debe ser indiferente en los procedimientos de diseño en estos sistemas, actualmente el diseño de instalaciones hidráulicas presentan deficiencias que provocan pérdidas de agua tanto como una instalación hidráulica municipal defectuosa.

Habiendo sido derogado el código sanitario de los Estados Unidos Mexicanos desde 1955 con la expedición de la ley general de salud en 1988, no se derogó pero tampoco se reformó el reglamento de ingeniería sanitaria relativo a edificios (RISRE) que emana del antiguo código.

En consecuencia, aunque dicho reglamento es jurídicamente vigente y de competencia federal puede considerarse totalmente obsoleto, lo que lo hace inútil para fines de aplicación en el diseño de instalaciones hidráulica y sanitarias .Las disposiciones más importantes del RISRE en materia de suministro de agua a los edificios están incluidas en el reglamento de construcciones para el Distrito Federal, de competencia local.

Por lo anterior, para lograr el control sobre el diseño y la construcción de las instalaciones hidráulicas y sanitarias en México, actualmente insuficiente; además de las Normas Oficiales Mexicanas que se han expedido de acuerdo a la innovación tecnológica para la fabricación de tuberías, válvulas, muebles y equipos hidráulicos y sanitarios, Las unidades de los muebles sanitarios se han modificado, pero estos cambios se han hecho subjetivamente, sin una correlación con los parámetros del modelo. Por esta razón se requiere de un manual de práctica integral en materia del diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias del que se carece actualmente en México, que considere las innovaciones tecnológicas en los muebles sanitarios y el ahorro del agua ,se hacen valiosas aportaciones al método de Hunter, mediante un tratamiento probabilístico y de simulación estocástica y desarrollo de un programa en computadora para el diseño de instalaciones hidráulicas en edificaciones de acuerdo a su uso.

---

Un reglamento de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificios debe incluir:

1.- Una disposición legal que indique a una autoridad local como “autoridad que tiene jurisdicción” con poder y responsabilidad para imponer el cumplimiento de las normas de diseño, materiales y técnicas de construcción en cualquier instalación hidráulica efectuada dentro de su área administrativa.

2.- Un conjunto detallado de normas y disposiciones relativas a un modelo aprobado nacionalmente y que debe hacerse cumplir en conformidad con este dispositivo legal.

3.- Uno o más métodos recomendados para calcular las dimensiones de las tuberías de las redes interiores de abastecimiento de agua y desagüe de edificios; dichos métodos tendrían que considerar dos aspectos:

- Los hábitos de consumo del agua potable en los edificios de diferentes usos, de acuerdo a las condiciones nacionales o regionales.
- Las innovaciones tecnológicas presentes en los muebles sanitarios y equipos que se fabrican actualmente en nuestro país, tendientes a reducir el consumo del agua potable y que han dado lugar a Normas Oficiales Mexicanas.

La presente tesis trata sobre la influencia de los incisos anteriores en el método de Hunter, actualmente mejor conocido como “unidad mueble” o “gastos probables” que es el método para diseñar el diámetro económico de las tuberías de una red interior de un edificio.

Es nuestro interés y se gestiona que los resultados obtenidos de la actualización del método de Hunter se consideren por las Secretarías de Economía, para la modificación de la Norma Oficial Mexicana para diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias en México.

## 1.2 Hipótesis.

Se puede actualizar la aplicación del método de Hunter para el diseño de instalaciones hidráulicas, en edificios de determinado tipo de uso, a través de mediciones directas de campo; desarrollando un algoritmo matemático y un programa de computadora que nos determine las curvas de diseño de instalaciones hidráulicas en los edificios considerando el ahorro y uso racional del agua.

## 1.3 Objetivo.

Actualizar la aplicación del método de Hunter, mediante:

a).- Obtener datos de la forma de consumo del agua por medio de mediciones de monitoreo en edificios ubicados en la ciudad de México, con diferente tipo de uso, específicamente para

---

obtener los parámetros de: frecuencia de uso (i), tiempo de funcionamiento (t) y el gasto de cada mueble sanitario (q).

b).- Determinar las curvas de demanda máxima en función de las unidades muebles de acuerdo con el modelo de Hunter, con los parámetros del inciso (a) para cada tipo de uso del edificio.

c).- Revisar los factores de carga de los muebles sanitarios analizando su importancia relativa, de acuerdo al tipo de edificio donde se instalarán.

d).- Proponer los factores de carga convenientes en función del tipo de mueble o sanitario y del uso del edificio.

e).- Desarrollo de un algoritmo matemático y programa de computadora para el diseño de instalaciones hidráulicas en edificios.

#### **1.4 Justificación.**

Para lograr el control sobre el diseño y la construcción de las instalaciones hidráulicas y sanitarias en México, actualmente insuficiente; además de las Normas Oficiales Mexicanas que se han expedido de acuerdo a la innovación tecnológica para la fabricación de tuberías, válvulas, muebles y equipos hidráulicos y sanitarios. Donde las unidades de los muebles sanitarios se han modificado, pero estos cambios se han hecho subjetivamente, sin una correlación con los parámetros del método de Hunter.

#### **1.5 Alcance de la tesis.**

1.- Realizar las mediciones de campo necesario para proporcionar un amplio ámbito de datos sobre frecuencias de uso de muebles sanitarios en edificios representativos, ubicados en la ciudad de México, así como los tiempos de funcionamiento y los gastos de muebles fabricados de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas.

2.-Elaborar el algoritmo matemático de la aplicación actualizada del método de Hunter para el diseño de instalaciones hidráulicas en México.

3.- Elaborar el programa de cómputo de la aplicación actualizada método de Hunter para el diseño de instalaciones hidráulicas.

4.- Elaborar las curvas que relacionen gastos versus unidad mueble con propósitos de diseño de instalaciones hidráulicas para edificios para diferente uso.

#### **1.6 Metodología del estudio**

---

Para la realización del estudio se llevaron a cabo las actividades que se describen a continuación:

A.- Primera etapa: Investigación documental

B.- Segunda etapa: Mediciones directa o de campo

C.- Tercera etapa: Elaboración del programa en lenguaje "C" de la aplicación actualizada del método de Hunter.

A).- Primera etapa: Investigación documental.

En la investigación documental se obtuvo la siguiente información:

A.1) Estudios o trabajos de investigación relativos al tema o con planteamiento y objetivos similares.

Se investigó en bibliotecas especializadas como la de la Comisión de Aguas del Valle de México (antes DGCOH) y en la del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). En los archivos de la biblioteca de la Secretaría de Economía se buscaron las Normas Oficiales Mexicanas existentes en materia de muebles y aparatos sanitarios de bajo consumo de agua.

Así mismo se investigó con el fin de saber de la existencia de estudios contratados o elaborados por las dependencias, relativos al diagnóstico de consumo del agua en edificios. Así como con referencia al diseño de los muebles y aparatos sanitarios fabricados de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) vigentes.

A.2) Estudio de la teoría del Dr. Roy B. Hunter.

Se recopiló la información referente al método desarrollado por Hunter y otros investigadores, con el fin de establecer el marco teórico de la presente tesis. Para ello se recurrió a los acervos de la biblioteca Enzo Levi (conjunta de la división de estudios de posgrado de la Facultad de Ingeniería e Instituto de Ingeniería de la universidad Nacional Autónoma de México), y a la biblioteca de Posgrado de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA) del Instituto Politécnico Nacional –Unidad Zacatenco y las bibliotecas de dependencias públicas como Comisión de Aguas del Valle de México, (antes DGCOH) e Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Así mismo se buscó información a través de internet, y utilizando este medio se estableció contacto con la Sociedad Americana de Ingenieros Plomeros (American Society of Plumbing Engineers) para el envío de los documentos disponibles localmente.

B).- Segunda etapa: Mediciones directa o de campo.

---

De acuerdo a los alcances propuestos, se planeo obtener experimentalmente los parámetros que intervienen en la aplicación de la teoría del método de Hunter, los cuales son:

- La duración media de un servicio (t)
- La frecuencia de uso (i) es decir, en el intervalo medio que transcurre entre un servicio y el siguiente durante el periodo de punta.
- La duración media diaria del periodo de punta (h)
- El gasto (q) de los muebles y aparatos sanitarios.

Sin embargo, como resultado de la investigación documental se encontró un estudio elaborado por una empresa de consultoría (Rumi Ingenieros, 1991) para la DGCOH, en el cual se recopila información experimental referente a las duraciones medias (t) y los gastos demandados en cada descarga (q) por cada mueble.

Las pruebas que integran el estudio mencionado se llevaron a cabo en los laboratorios de la DGCOH denominados "Cerro de la Estrella", "Coyoacan" y "San Juan de Aragón". Con la finalidad de verificar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas relativas a la fabricación de muebles y aparatos sanitarios. Debido a la información reportada en dicho estudio y a la amplitud y características de las pruebas efectuadas, se consideró suficiente la información para emplearla en la presente tesis. En virtud de lo anterior, solo fue necesario diseñar el método conveniente para la obtención de datos de campo relativos a la frecuencia de uso de los muebles, así como la duración del periodo de punta. La metodología aplicada se describe en el capítulo cuatro.

C) Tercera etapa: Elaboración del programa en computadora del gasto demandado por la instalación de suministros de agua en edificios de diferentes tipos, mediante el método de Hunter.

A partir de la teoría general expuesta en el capítulo dos y utilizando como insumo los datos de laboratorio y mediciones en campo, se desarrolló el algoritmo matemático que se resolvió mediante un programa en lenguaje "C" para obtener las curvas de diseño de instalaciones hidráulicas actualizadas.

Se hicieron aplicaciones del modelo de Hunter actualizado y se compararon los resultados con aquellos que se obtienen utilizando el método de Hunter convencional.

---

## **CAPITULO 2            Fundamentos del método de Hunter.**

### **2.1.- Introducción.**

El objetivo de la presente tesis es actualizar el método de Hunter que se requiere para que forme parte de un manual de práctica integral en materia del diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias del que se carece actualmente en México, que considere las innovaciones tecnológicas en los muebles sanitarios utilizados actualmente y el ahorro del agua „encontrando en base en un análisis experimental de los parámetros del modelo, uso del edificio, frecuencia de uso y tiempo de interarribo. Mediante un tratamiento probabilístico y de simulación estadística, generando una metodología de diseño de instalaciones hidráulicas más acorde a las condiciones actuales y locales.

La demanda de agua en un edificio depende de la clase y cantidad de accesorios, así como de la probabilidad de su operación simultánea. Por conveniencia y variación de aplicación, los diferentes accesorios se alimentan con gastos distintos.

Es poco probable que todos los accesorios del sistema de un edificio consuman agua o la descarguen al mismo tiempo. Un estudio probabilístico desarrollado por el Dr. Roy B. Hunter y publicado en 1940, como parte de una serie de artículos cuyo propósito fue reunir de manera organizada el cúmulo de información obtenida por el autor durante muchos años. Comenzando en 1921 con investigación de plomería de pequeñas viviendas, hasta sus investigaciones realizadas de 1937 a 1940. En general el método de Hunter consiste en asignar factores de carga a los diferentes muebles y aparatos sanitarios a la máxima frecuencia de uso asumida, tomando en cuenta que los muebles son empleados intermitentemente por lo que en un sistema integrado por varios grupos de diferentes tipos de muebles el cálculo de la demanda no es cuestión de una simple adición de los gastos demandados por mueble. Hunter asumió que la participación de un mueble simple no depende solamente de su gasto de alimentación, sino también de la frecuencia y duración de uso.

El diseño del sistema de distribución de agua de un edificio se lleva a cabo en dos partes:

- 1.- Determinación del gasto en cada tramo de la tubería.
- 2.-Determinación del diámetro de la tubería en dichos tramos con el gasto correspondiente.

Naturalmente, también existe el problema de seleccionar el material de la tubería, pero la solución de ese problema no es propósito de la tesis.

La determinación del gasto de cada tramo de tubería es un problema de la ingeniería hidráulica porque, debido a la gran variedad de los muebles, la subjetividad de su empleo y la variedad del número de servicios habituales, costumbres y necesidades peculiares de cada individuo, sin contar los casos fortuitos, es imposible dar reglas fijas sobre este particular.

---

Los diferentes tipos de muebles sanitarios no se usan uniformemente durante el día. En el hogar, los muebles de baño están en uso frecuente cuando los ocupantes se levantan por la mañana; y justo antes de retirarse a descansar por la noche.

El hecho de que la operación de los muebles es intermitente y que el tiempo total que están en operación real es bastante pequeño en comparación con el tiempo en que no están operando, significa que es innecesario excepto en sistemas muy pequeños diseñar para el gasto máximo potencial, esto es, el gasto que sería causado por todos los muebles al operar simultáneamente. Esto es afortunado ya que si fuera necesario diseñar para este gasto potencial, los diámetros de los tubos serían mayores de lo que en realidad se instalan y el consumo de agua sería excesivo.

Existen varios métodos para calcular el gasto de diseño de los componentes del sistema de distribución de agua en un edificio.

- Métodos empíricos
- Método alemán de la raíz cuadrada
- Métodos probabilísticos.

Métodos empíricos.

En los métodos empíricos, para una cantidad dada de muebles en el sistema, se toma una decisión acerca del número de muebles que pueden asumirse en operación simultánea. En varios países, un grupo de investigadores con experiencia en el diseño de sistemas de hidráulicos, han elaborado tablas de “probable demanda simultánea” entre estos métodos se tiene el desarrollado por Dawson y Bowman de la universidad de Wisconsin. (Dawson, 1933)

Método alemán de la raíz cuadrada

El método alemán de la raíz cuadrada (*R.J.Kessler 1940*) utiliza como unidad el flujo de descarga de una llave de 9.5 mm de diámetro, bajo ciertas condiciones y se asigna un factor de carga de uno (1) a este gasto. Para cualquier otro mueble o aparato que tenga un gasto diferente se establece un factor de carga obteniendo la proporción del gasto de ese mueble al de la llave de 9.5 mm y elevado al cuadrado el resultado. Entonces el factor de carga de cada tipo de mueble existente en el edificio es multiplicado por la cantidad de muebles de ese tipo en el edificio servido por la línea en cuestión; los productos se suman y se saca raíz cuadrada. El resultado es multiplicado por el gasto de la llave de 9.5 mm de diámetro, obteniendo así el gasto de diseño de la línea de alimentación principal del edificio. Para tuberías que sirven solo a parte de los muebles del edificio, solo aquellos muebles servidos por la tubería en análisis son tomados en cuenta. El proceso de obtener la raíz cuadrada permite considerar de manera arbitraria que no todos los muebles están en uso simultáneo.

---

Métodos probabilísticos.

Una de las primeras aplicaciones de la teoría de la probabilidad para la determinación de gastos de diseño en instalaciones hidráulicas y sanitarias para edificios, fue hecha por el Dr. Roy B. Hunter de la oficina Nacional de Estándares de EEUU, Habiendo aparecido la primera exposición del método en 1924 .Este es el más racional de los tres métodos mencionados, ya que toma en cuenta factores que afectan el gasto de diseño y que son ignorados por los otros métodos.

En la aplicación de la teoría de probabilidad al problema de determinar los gastos de diseño ,Hunter asumió que la operación de los principales muebles sanitarios que constituyen el sistema de la instalación hidráulica , podrían considerarse como eventos puramente aleatorios, Hunter determinó las frecuencias de uso de los principales muebles y aparatos sanitarios que producen el gasto de la instalación hidráulica de un edificio habitacional, basando sus valores de las frecuencias en registros obtenidos en edificios de departamentos, durante el periodo de máximo consumo (periodo de punta).También determinó valores característicos de los gastos promedio de uso de agua en diferentes muebles sanitarios y el tiempo de una operación sencilla de cada uno de ellos.( Hunter R. , 1940)

El desarrollo teórico se aplica solo a grandes grupos de muebles y aparatos sanitarios, tales como: edificios de departamentos, oficinas, etc. La razón de esto es que aunque el gasto de diseño tiene cierta probabilidad de no ser excedido, no obstante puede excederse en raras ocasiones. En un sistema que incluya solo unos cuantos accesorios, si se ha diseñado de acuerdo con la teoría de la probabilidad, el gasto adicional impuesto sobre el por un accesorio adicional que el dado por la teoría de probabilidad podría sobrecargar el sistema lo suficiente para causar inconvenientes e incluso interferir con la operación del sistema de drenaje. Por otra parte si se está tratando con un sistema grande, una sobrecarga de uno de los accesorios sería raro que se notara.

Considérese el sistema de distribución de agua de un edificio de departamentos. En tales edificios, los accesorios de la instalación estarán sujetos a congestionamientos a cierta hora del día. Los muebles y aparatos instalados son una gran cantidad de inodoros, regaderas, lavabos, fregaderos, etc. El problema consiste en determinar que gastos de diseño debe asignarse a las varias tuberías de la instalación hidráulica y sanitaria para que el sistema proporcione un servicio satisfactorio. Hunter definió servicio satisfactorio aquel en el que las interrupciones del servicio debido a factores controlables como el diámetro y disposición de las tuberías no son frecuentes y es de suficiente corta duración como para no ocasionar inconvenientes en el uso de los muebles y aparatos sanitarios o una condición de insalubridad en la instalación.

Es decir, se asumirá que el sistema brindará servicio satisfactorio o estará adecuadamente diseñado, si las tuberías en el sistema se han dimensionado de manera que abastezcan satisfactoriamente el gasto demandado por una cantidad "r" de un total de "n" accesorios del

---

edificio, de modo tal que no más de “r” accesorios serán probablemente encontrados en uso simultáneo más de 1% del tiempo. El valor de 1% referido, fue elegido arbitrariamente por Hunter en su aplicación original de la teoría de probabilidad, al problema de diseño de gastos en las instalaciones hidráulicas, y se ha usado desde 1940 con buenos resultados.

Una reflexión adicional es la siguiente: si se excede el gasto de diseño.

¿Cual será el efecto en el sistema?

Kessler (R.J.Kessler , 1940) hizo la siguiente recomendación para asegurar que el flujo del agua a los muebles sanitarios sea adecuado: el proyectista no deberá permitir la instalación de una tubería para un solo un mueble sanitario principal a un tiempo. Debe insistirse en que una tubería alimente a varios muebles sanitarios en forma simultánea.

## 2.2 Desarrollo de la función de probabilidad.

La descarga del agua por la llave o de un mueble sanitario puede representarse por medio de un hidrograma en el cual la abscisa representa el tiempo y la ordenada el gasto que suministra la llave o válvula.

Considérense para esta exposición los casos de la válvula de admisión de un inodoro de tanque bajo -también llamado de cisterna- y el de un inodoro de fluxómetro.

Como es sabido dicha válvula llamada “de flotador”, se cierra lentamente a medida que el agua se va introduciendo al depósito. La figura 2.1 es el hidrograma correspondiente a un fluxómetro, que tiene una rápida abertura y un cierre lento y gradual.

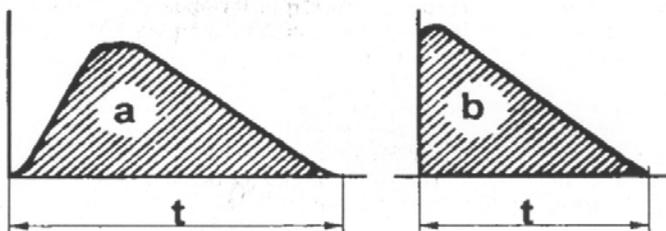


Figura 2.1 Hidrogramas de erogación:

- a) De una válvula de admisión de un deposito para inodoro
- b) De un fluxómetro.

Supóngase ahora que se tiene una instalación sanitaria entre cuyos aparatos se encuentra tres inodoros de fluxómetro.

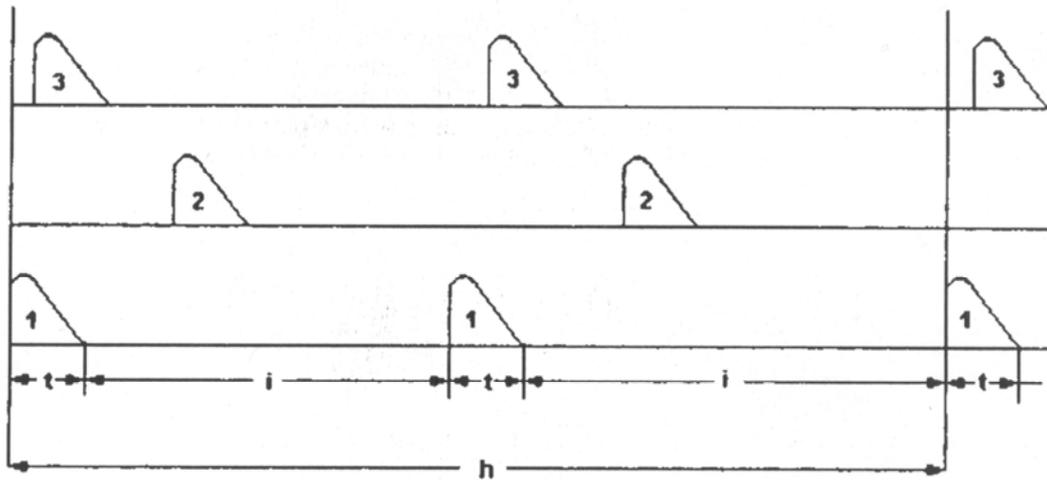


Figura 2.2 Sucesión de hidrogramas de inodoros de fluxómetro en el periodo de máximo consumo o "periodo de punta h"

Por otra parte la figura 2.2 representa la sucesión de los hidrogramas de dichos aparatos en el periodo de máximo consumo de la instalación, es decir, el periodo de punta "h".

En "un sistema simple" que es aquel (obviamente hipotético) integrado por muebles o aparatos del mismo tipo –por ejemplo inodoros con fluxómetro solamente- Hunter seleccionó los inodoros controlados con fluxómetro para ilustrar las características de variación de la demanda debido por una parte a que las condiciones críticas de carga por demanda en las partes de la instalación, son producidas comúnmente por estos muebles y por otra parte debido a que los factores que determinan la carga por demanda para un mueble individual de este tipo son aproximadamente constantes y pueden ser mejor evaluados que para otros muebles.

Supóngase que se tiene gran cantidad de muebles "n" de estos inodoros en el sistema. Sea "i" el tiempo en segundos, en promedio sobre usos sucesivos de cada mueble individual. Sea "t" la duración en segundos de la demanda sobre el sistema de abastecimiento por cada uso de un mueble, es decir, el tiempo ocupado por una descarga individual del fluxómetro. Entonces el problema puede establecerse así:

Asumiendo que hay "n" muebles en un sistema cada uno operando una vez cada "i" segundos en promedio y que cada operación es de "t" segundos de duración en promedio, ¿Cuál es la probabilidad de que "r" muebles sean encontrados en operación simultánea en cualquier instante arbitrario de observación elegido?

---

La probabilidad “p” de que se encuentre descargando el fluxómetro de un mueble en particular en cualquier instante de observación del sistema es:

$$p = \frac{t}{i} \quad (2.1)$$

En consecuencia la probabilidad de que el fluxómetro de ese mueble(o cualquier otro) no se encuentre operando es:

$$1 - p = 1 - \frac{t}{i} \quad (2.2)$$

Los valores de i y t propuestos por hunter con base en sus observaciones en edificios de uso habitacional son 5 min (300 segundos) y 9 segundos, respectivamente.

Entonces:

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

Y

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

Esto para inodoros con fluxómetro. Nótese que lo que suceda con los restantes n-1 inodoros en el instante de observación no se considera en las probabilidades dadas por las ecuaciones 2.1 y 2.2. A continuación se determinará la probabilidad de que dos fluxómetros de dos inodoros en particular se encuentren operando en cualquier instante arbitrario de observación elegido, despreciando lo que suceda con los restantes n-2 inodoros en ese instante.

Ya se ha expuesto que la probabilidad de encontrar en operación al primero de estos dos inodoros seleccionados es “p”. Entonces, la probabilidad de encontrar en operación al segundo de estos dos inodoros seleccionados también es “p”. Una ley de cálculo combinatorio que se aplica a eventos compuestos puede expresarse como sigue: el número de formas en que dos o más eventos independientes pueden ocurrir juntos es igual al producto de las formas en que pueden ocurrir separadamente. Una ley de probabilidad similar puede enunciarse así: la probabilidad de que dos o más eventos independientes ocurran juntos, en este caso al mismo instante, es igual al producto de las probabilidades de su ocurrencia separada. O sea que la probabilidad de que los fluxómetros de ambos inodoros en particular se encuentren descargando es  $p^2$  por la ley de eventos compuestos. Para el caso de los inodoros de fluxómetro considerados se tendría:

$$p^2 = (0.03)^2 = 0.0009$$

Es decir aproximadamente una parte de mil. En forma similar, la probabilidad de encontrar tres fluxómetros en particular descargando es:

$$p^3 = (0.03)^3 = 0.000027$$

Y la probabilidad de encontrar todos los fluxómetros descargando es:

$$p^n = (0.03)^n \quad (2.3)$$

Ahora si consideramos la probabilidad de que dos inodoros en particular, pero ninguno de los otros n-2 muebles, se encuentre descargando en el instante arbitrario de observación elegido.

Evento	Probabilidad
Probabilidad de encontrar el primer fluxómetro descargando	P
Probabilidad de encontrar el segundo fluxómetro descargando	P
Probabilidad de no encontrar descargando el tercer fluxómetro	1-p
Probabilidad de no encontrar descargando el cuarto fluxómetro	1-p
Probabilidad de no encontrar descargando el quinto fluxómetro	1-p
Probabilidad de no encontrar descargando el enésimo fluxómetro.	1-p

La probabilidad de este evento compuesto observado en el instante elegido es:

$$p = (1 - p)^{n-2} (p)^2 \quad (2.4)$$

Para inodoros operados con fluxómetro.

Si consideramos que n=5, tenemos para este caso:

$$(1 - p)^{n-2} (p)^2 = (1 - 0.03)^3 (0.03)^2 = 0.00082$$

Ahora se puede analizar el caso más general en el cual dos cualesquiera de los “n” inodoros, pero ninguno de los otros n-2, se encuentren descargando en el instante arbitrario de observación elegido.

Ya se ha expuesto que la probabilidad de encontrar descargando dos fluxómetros en particular, pero ninguno de los otros n-2, es  $(1 - p)^{n-2} p^2$

Ahora existen tantas maneras de seleccionar dos fluxómetros de un grupo de “n” de ellos como combinaciones de “n” objetos tomados dos a un tiempo .Y en el caso general se desea determinar cuántas formas hay de seleccionar “r” objetos de un total de “n” de ellos, para lo cual aplicaremos la expresión.

$$C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} \quad (2.5)$$

Entonces puede escribirse la expresión general para la probabilidad de que cualesquiera “r” muebles y solo “r”, tomados de un total de “n” se encuentren operando en cualquier instante de observación:

$$p_r^n = C_r^n (1 - p)^{n-r} p^r \quad (2.6)$$

Cuando se observa el sistema, ciertamente encontraremos un número “r” de “n” muebles en operación, donde “r” puede tener el valor de 0 a “n”.

En la teoría de la probabilidad, la certeza es representada por la unidad. De aquí se suman todas las probabilidades representadas por la ecuación (2.6) que es la probabilidad de un evento particular tomado de los mencionados, entonces se tendrá la relación:

$$p_r^n = \sum_{r=0}^{r=n} C_r^n (1 - p)^{n-r} p^r = 1 \quad (2.7)$$

Se debe observar que la ecuación (2.6) representa un término de la ecuación (2.7), ésta representa la expansión del binomio de:

$$[p + (1 - p)]^n \quad (2.8)$$

Así la distribución que tiene que aplicarse en este problema es del tipo de expansión binomial. Ahora, puede determinarse el número "m" de muebles tomados de un total de "n" que deban asumirse en operación simultánea con el propósito de determinar el gasto máximo instantáneo del sistema del suministro de agua de la edificación.

Una vez que se establezca el valor de "m", el gasto máximo instantáneo se obtiene multiplicando "m" por el gasto promedio "q" demandado por un mueble, sea

$$Q_m = mq \quad (2.9)$$

Donde "m" es el factor de diseño, definido como el valor particular de "r" tomado de "n" muebles que serán encontrados en operación en una fracción seleccionada del tiempo bajo, condiciones asumidas de uso.

Es necesario, definir la expresión "operación simultánea" con el fin de definir completamente un evento particular de "m" muebles operando simultáneamente. En el desarrollo de la teoría se considera que este evento ocurre cuando "m" y solo "m" muebles se encuentran descargando en el instante de observación, de aquí que los "m" muebles encontrados descargando incluirán todos aquellos y solo aquellos que comenzaron su operación durante el intervalo de "t-segundos" que precede inmediatamente al instante de observación.

El criterio que será usado para un diseño adecuado es el siguiente.

Se considera que el sistema opera satisfactoriamente si está diseñado de tal forma que suministre adecuadamente la demanda simultánea para un número de "m" de los "n" muebles que integran el sistema de manera que los "m" muebles no se encontraran en operación simultánea en más de 1% del tiempo, o dicho de otro modo, de manera que los "m" muebles se encontraran en operación simultánea en más del 99% del tiempo.

Esta condición puede expresarse como sigue:

$$p_0^n + p_1^n + p_2^n + \dots + p_{m-1}^n + p_m^n \geq 0.99 \quad (2.11)$$

Siendo "m" el entero más pequeño para el cual esta relación es verdadera.

En esta ecuación  $p_0^n$  representa la probabilidad de encontrar a ninguno de los "n" muebles en operación, etc. El menor valor de "m" para el cual la ecuación (2.11) es cierta, da el número de muebles para el cual debe diseñarse el sistema.

La ecuación 2.11 produce el menor valor deseado de "m", pero el cálculo es extremadamente laborioso por lo que se han desarrollado métodos para reducir al mínimo posible esa labor. Se dispone de tablas que proporcionan la suma de las series de la ecuación 2.11 o de:

$$p_{m-1}^n + p_{m-2}^n + \dots + p_{n-1}^n + p_n^n \leq 0.01 \quad (2.12)$$

Que también puede escribirse como:

$$\sum_{r=m+1}^n c_r^n (1-p)^{n-r} p^r \leq 0.01 \quad (2.13)$$

La cual corresponde a la forma dada en las tablas de distribución de probabilidad binomial.

Antes de explicar el proceso práctico de determinación de los gastos de diseño, se calcularán unos cuantos valores de probabilidad en las series dadas por la ecuación 2.11 para el sistema hipotético de 100 inodoros de fluxómetro.

De acuerdo con los registros obtenidos por Hunter se asume que cada inodoro del sistema descarga con la frecuencia promedio de una vez en 300 segundos y que cada fluxómetro funciona por 9 segundos. Esto da la probabilidad elemental "p" de encontrar un inodoro en particular en operación en cualquier instante de observación arbitrariamente seleccionado de 9/300 o de 0.03

Ahora la probabilidad de que ninguno de los inodoros se encuentre en operación es:

$$p_0^n = c_0^n (1-p)^{n-0} p^0 = (1-p)^n = 0.97^{100} = 0.048$$

La probabilidad de encontrar exactamente uno de los 100 inodoros descargando es:

$$p_1^n = c_1^n (1-p)^{n-1} p = \frac{n}{1!} (1-p)^{n-1} p = (100)0.97^{99}(0.03) = 0.1470$$

Procediendo de la misma forma la probabilidad de encontrar exactamente dos inodoros descargando de los cien inodoros es:

$$p_2^n = c_2^n (1-p)^{n-2} p^2 = \frac{n(n-1)}{2!} (1-p)^{n-2} p^2 = \frac{(100)(99)}{2} 0.97^{98} (0.03)^2 = 0.2250$$

Y la probabilidad de encontrar exactamente tres de los 100 inodoros descargando es:

$$p_3^n = c_3^n (1-p)^{n-3} p^3 = \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} (1-p)^{n-3} p^3$$

$$= \frac{(100)(99)(98)}{2 \times 3} 0.097^{97} (0.03)^3 = 0.2270$$

Procediendo de la misma manera, se calcula las probabilidades hasta  $p_{10}^n$  donde los resultados se representan en el cuadro 2.1

Cuadro 2.1 Valores de la probabilidad de encontrar 0, 1,2....10 inodoros con válvulas de fluxómetro en operación simultánea de un total de 100

Probabilidad de encontrar en operación "m" muebles de 100		Sumatoria
$p_0^{100}$	0.048	0.048
$p_1^{100}$	0.1470	0.195
$p_2^{100}$	0.2250	0.420
$p_3^n$	0.2270	0.647
$p_4^{100}$	0.1705	0.8175
$p_5^{100}$	0.1013	0.9188
$p_6^{100}$	0.0496	0.9584
$p_7^{100}$	0.0206	0.9890
$p_8^{100}$	0.0074	0.9987
$p_9^{100}$	0.0023	0.9987
$p_{10}^{100}$	0.00065	0.99935

Como se observa en el cuadro 2.1 si se suman las probabilidades, comenzando con  $p_0^n$  se encuentra que la menor cantidad de accesorios para la cual esta suma excede 0.99 es 8. De aquí que se toma ocho como el número de inodoros cuyos fluxómetros tendrán descarga simultánea, para los cuales debe de considerarse la provisión de agua necesaria en el diseño del sistema. El gasto de diseño para la tubería principal de abastecimiento del sistema está dado por la ecuación.

$$Q_m = mq = 8q$$

Donde "q" es el gasto promedio en  $\left(\frac{l}{seg}\right)$  descargando por la operación de una válvula de fluxómetro.

---

### 2.3 Valores de t, i y q propuestos por Hunter.

En la aplicación de la función de probabilidad para estimar el gasto de diseño “mq”, es necesario seleccionar valores de “t,” i” y” q” pertenecientes a un tipo particular de mueble y servicio. En su informe, Roy B. Hunter (Hunter R. , 1940) expresa:

*“Los valores seleccionados en cualquier caso son en gran parte materia de juicio ingenieril”.En este aspecto se entiende que en el siguiente desarrollo, los valores seleccionados representan el juicio del autor con respecto a los valores apropiados para producir un servicio satisfactorio y están basados en la interpretación hecha por el autor de la información disponible”*

En la práctica todos los factores varían de acuerdo a ciertas condiciones; por ejemplo, la duración del flujo con el tiempo y condición de suministro de los aparatos, es decir, con su diseño; el intervalo entre descargas con el número de personas que usan el sistema y sus hábitos; y la extensión del periodo de punta con el tipo de edificación y su ubicación geográfica. El efecto de cada uno de estos factores de tiempo en los resultados debe ser considerado en conjunción con cualquier dato sobre el cual este basado, antes de pasar a algún juicio sobre la selección del factor.

Era una característica de los inodoros fabricados en la década de los treinta que operaban más o menos efectivamente bajo cualquier gasto promedio de alimentación a partir de 16 gpm (0.95 l/seg) a 30 gpm (1.89 l/seg) o más, suministrado en un lapso de 6 segundos o más. Para cada tipo y diseño de cuenco y sifón interior de la taza del inodoro donde circula el agua para su limpieza, existe un rango intermedio de gastos promedio de suministro dentro de cualquier parte del rango menor anotado.

De la evidencia de experimentos referidos en Requerimientos Mínimos de Plomería Recomendados (Recommended Minimum Requirements for Plumbing, 1932), el Subcomité de Plomería del Comité del Código de Construcción del Departamento de Comercio de los Estados Unidos estableció un gasto promedio de 30 gpm (1.89 l/seg) por 10 segundos, como una base razonable y segura para estimar las cargas por descarga esperadas en los sistemas de drenaje de edificios.

*“En la selección de este factor hemos elegido 10 segundos como la duración máxima de flujo el cual creemos que debe permitirse para uso general y un valor que representa el máximo aproximado de los inodoros instalados en el presente (1932). El mismo valor se aplicará en todo tipo de instalaciones”*

Los experimentos referidos fueron diseñados para obtener las cargas máximas por descarga de inodoros, que podrían entregarse a los drenajes dentro del rango operativo de dicho mueble y no se hicieron intentos por determinar el gasto más efectivo de suministro para un tipo particular de inodoro o un gasto promedio que pudiera producir un flujo satisfactorio en todo tipo de inodoro. Es de esperarse como ha sido el caso, que se presenten

---

sobrestimaciones al emplear valores máximos de todos los factores de carga por demanda, ya que “cuando más grande es la duración del servicio “t”, mayor es la probabilidad de servicio sobrepuestos”.

En experimentos llevados a cabo por Thomas R. Camp (Camp, 1940) y referidos por Hunter en su informe, original se obtuvieron resultados de gasto de suministro para descargas seguras y económicas en el intervalo de 20 a 29 gpm (1.26 a 1.83 l/seg) para diferentes tipos de cuenco y sifón de inodoro y tiempos de flujo de 7.5 a 9 segundos. Los promedios para seis diferentes cuencos fueron 25.9 gpm (1.63 l/seg) y 8.2 segundos.

En su informe Hunter menciona también experimentos efectuados por la Oficina Nacional de Estándares (National Bureau of Standards), los cuales indican que la remoción más efectiva del contenido del cuerpo del inodoro ocurre con gastos de suministro de 20 a 24 gpm (1.26 a 1.51 l/seg) en lapsos de 6 a 10 segundos para diferentes tipos de cuenco.

Considerando el problema de estimar el gasto promedio de suministro y la duración desde todos los ángulos, Hunter propuso 27gpm (1.70 l/s) y 9 segundos, lo que da un volumen de descarga de 4 galones (15.14l), que según su opinión parece reunir los requisitos tanto como es posible en números redondos y será empleado para válvulas de fluxómetro de inodoros en la evaluación de la función de probabilidad.

El gasto de suministro a los tanques de inodoros no se relaciona directamente con el gasto de suministro requerido por el inodoro para su operación efectiva. Lo único especial para la operación del mueble es que el tanque se rellena en el inter de operaciones sucesivas. Se consideró suficiente un gasto de 4gpm (0.25 l/s), que para un volumen de 4 galones (15.14l) da un valor de 60 segundos para “t”.

Para el establecimiento de los otros dos factores de tiempo el intervalo entre usos (i) y la extensión del periodo de punta (h), Hunter consideró necesario dividir las instalaciones en dos clases: Privadas y públicas.

Las primeras incluyen casas, en las que un cuarto o compartimiento están incluidos varios muebles y ordinariamente están disponibles para una persona a la vez.

Las segundas incluyen los baños de oficinas, de hoteles y todas aquellas instalaciones en las que en un mismo cuarto o compartimiento están incluidos varios muebles y ordinariamente están disponibles para más de una persona a la vez.

Estos dos factores de tiempo son los más difíciles de determinar con algún grado de precisión y son los más variables. Tanto el intervalo entre descargas durante el periodo de punta “h “ como la extensión del periodo de punta, deben ser tomados como promedios en el periodo entero de la observación considerada.

Debe tenerse presente que cuanto más corto sea el intervalo entre descargas, mas grande será la probabilidad de coincidencia o sobre posición, y a mayor extensión del periodo de punta mayor será la probabilidad.

Los intervalos entre descargas adoptados por Hunter están basados en observaciones propias del subcomité de plomería del comité del Código de construcción del Departamento de Comercio de los Estados Unidos y en limitaciones físicas de la posible frecuencia de uso.

Es físicamente imposible dice el informe del subcomité para una cierta cantidad de personas usar los inodoros a una tasa promedio más alta, excepto que se usen también como urinarios.

A continuación se anotan algunos datos proporcionados al comité de plomería por C.T. Coley de sus observaciones en el Equitable Building, New York, NY.

Cuadro 2.2 Datos del comite de plomeria C.T. Coley ,New York,N.Y (1936)

CONCEPTO	CANTIDAD
Población masculina	400
Numero de retretes en grupo	10
Tiempo de observación 8:30 a 17:00 hrs	8.5 hr
Numero de usos	328
Tiempo promedio en el retrete por persona	7.1 min
Máximo tiempo en el retrete por persona	37 min
Mínimo tiempo en el retrete por persona	3 min

Los siguientes datos fueron proporcionados al Comité de Plomería por Charles F. Horan como resultado de observaciones efectuadas en la fábrica de la Hood Rubber Co. Watertown, Mass. (Plumbing, 1932)

Cuadro 2.3 Datos de la fabrica Hood Rubber Co.Watertown,Mass.

Numero de minutos en el retrete	Hombres	Mujeres
Inferior a 1	4	11
1 a 2	36	23
2 a 3	49	39
3 a 4	29	23
4 a 5	52	29
5 a 6	36	45
6 a 7	23	10
7 a 8	9	4
8 a 9	4	4
9 a 10	6	4
10 a 11	4	0
Total	254	192

---

---

Tiempo promedio en el toilet por persona	4.25	3.97
--	------	------

Evidentemente aunque no fue establecido en el informe, estas observaciones incluyen el uso de los inodoros también como urinarios. Esto se infiere al observar los muy cortos periodos de uso y la manera como varia la cantidad de personas para diferentes periodos. El número más alto de usos por los hombres fue entre 4 y 5 minutos y el número más alto de usos para las mujeres entre 5 y 6 minutos, indicando un promedio de aproximadamente 5 minutos cuando los inodoros no son usados como urinarios. Sin embargo, tomando el promedio de los dos conjuntos de datos sin considerar el tipo de uso es de 5.11 minutos por persona. El promedio ponderado de acuerdo al número de usuarios es de 5.4 minutos por persona.

El intervalo de 5 minutos fue adoptado por Hunter en el desarrollo de su modelo. El valor de "i" obviamente debe ser el mismo para inodoros operados con válvula de fluxómetro y aquellos operados con tanque.

En el caso de muebles cuyo suministro es controlado con llaves, no fue posible basar los factores de tiempo la cantidad de agua usada en la operación característica del mueble, como se hizo en el caso de los inodoros con válvula de fluxómetro, porque la forma de operación de las llaves depende predominantemente de los hábitos personales o preferenciales. Según Hunter, para estos muebles el único recurso es seleccionar arbitrariamente los valores considerando los gastos de suministro relativos y volúmenes usados.

Un gasto promedio de suministro de 8gpm (0.50 l/s) permite extraer 8 galones (30.28l) en un minuto (60 seg), 16 galones (60.57l) en 2 minutos, 24 galones (90.85l) en 3 minutos, etc. Las bañeras dependiendo del tamaño y estilo, retienen de 25 a 40 galones (94.64 a 151.42L) cuando se llenan al máximo nivel. Ordinariamente solo una fracción posiblemente 1/3 a 1/2

de estos volúmenes sería usada en el baño. El tiempo “i” entre usos incluye el tiempo requerido para vaciar la tina, y algún tiempo adicional consumido en la operación completa del baño. Este tiempo total “i” entre operaciones del mueble parece variar desde unos 15 min. Para un baño apresurado hasta 30 min. En el baño relajado, por otra parte, se usa menor cantidad de agua en el primer caso que en el segundo.

Ahora asúmase que 8 gpm (0.50 l/s) es un gasto promedio amplio de suministro para una bañera. Un gasto promedio de suministro de 8gpm (0.50 l/s) un tiempo promedio de llenado de  $t=60$  seg y un tiempo entre operaciones de  $i=900$  seg. (15 min.) Serían provistos para un promedio de 8 galones (30.28l) por baño. Para un volumen promedio de 16 galones (60.57l) por baño y el mismo gasto de suministro 8gpm (0.50 l/s), se requerirían 120 seg. (t) para preparar el baño. Si la tasa de operación (tiempo promedio tomado por baño) es una vez en 30 min,

Dando  $i=1800$  seg, la razón de  $t/i$  es la misma en ambos casos;  $60/900=120/1800=1/15$ .

En virtud que para un valor dado de “n” el valor de “P” para cualquier valor de “r” se determina por la razón  $t/i$ , la probabilidad de que una carga por demanda de diseño seleccionada “mq” sea excedida.

Será exactamente la misma para los dos casos citados o para cualquier otro caso, en el que el tiempo “i” es proporcional al volumen usado y se emplea el mismo gasto “q” con base en estas consideraciones; una carga por demanda de diseño “mq”, para bañarse en servicio congestionado sobre la base de un gasto promedio de suministro de 8gpm (0.5 l/s) y una razón  $t/i = 1/5$ , parece asegurar un servicio bastante satisfactorio y fue usado por Hunter en su desarrollo.

En resumen, los valores seleccionados por Hunter (Hunter R. , 1940), para los tres muebles discutidos se muestran en el cuadro 2.4.

Cuadro 2.4 Valores propuestos por Hunter a un sistema combinado.

Tipo de mueble	$t/i$	gpm	l/s	Galones	Litros
Fluxómetro de inodoro	$9/300=0.03$	27	1.70	4	15.14
Tanque de inodoro	$60/300=0.2$	4	0.25	4	15.14
Bañera	$1/15=0.067$	8	0.50	8 a 10	30.28 a 37.85

## 2.4 Extensión del modelo de Hunter a un sistema combinado.

En el apartado 2.1 se analizaron sistemas compuestos únicamente por inodoros, es posible calcular las probabilidades para un sistema combinado integrado por inodoros y otros muebles utilizando un procedimiento similar, como se ha expuesto en el apartado 2.2; todos

---

los factores de tiempo varían con el tipo de mueble y son más determinables para los muebles pequeños que para los inodoros. Hunter considero este problema en su artículo original y estableció los valores que se muestran en el cuadro 2.4 .Estos valores consideraran las horas de máxima demanda o periodo punta por esto los valores de "i" son máximos para cualquier caso, excepto condiciones poco usuales como en el caso de cuarteles militares o en una escuela durante los recesos, dichos casos requieren tratamiento especial.

Ahora puede determinarse la relación entre "m" y "n" para los tres muebles mencionados. Las tablas de distribución binomial, referidas al principio pueden usarse para este propósito para valores de "n" hasta de 150; sin embargo, se desea llegar a valores de "n" considerablemente más grandes que este. Por ello se recurre a la sumatoria exponencial de Poisson, que es una aproximación a las series dadas por la ecuación 2.12 y alcanza valores que son bastante aproximados para valores pequeños de "p" por ejemplo para "p" arriba de 0.10 o 0.15

El cuadro 2.3 es la base para cálculo de las curvas de probabilidad para los accesorios de la instalación que serán considerados en lo que sigue. Los valores de "nq" son los correspondientes a la probabilidad de que más de "m" accesorios no se encontraran operando simultáneamente más del 1% del tiempo .Estos valores de "np" versus "m" no deben ser usados para probabilidades "p" que exceden de 0.15

Para  $p = 0.20$ , este método da resultados que son aproximadamente 10% mas altos. Para obtener el valor de "n" correspondiente a un valor dado de "m" se divide, el valor de "a" correspondiente al valor asumido de "m", entre el valor de "p" para el tipo de accesorios involucrados.

En la columna 4 del cuadro 2.3 puede verse que los valores de "n" para tanques de inodoro con probabilidad  $t/i = 0.2$  resulta excesivo cuando se utiliza la sumatoria exponencial de Poisson; sin embargo, por ensayo y error, para cada valor dado de "n" puede calcularse un valor de "m" para el cual la probabilidad de ocurrencia esta en exceso de un porcentaje dado, por ejemplo 1% del tiempo si se utiliza la ecuación 2.12 o 99% si se utiliza la ecuación 2.11. con esta ultima ecuación se calcularon los valores que se muestran en la columna 6 del cuadro 2.3.

El procedimiento es el siguiente:

- Se propone un valor de "n", digamos 100
- Se evalúa la ecuación 2.6 para "n=100" y valores sucesivos de "m", desde  $m=0, 1, 2, 3, \dots$  etc.

$$p_r^n = c_r^n (1 - p)^{n-r} p^r$$

- Se efectúa la sumatoria de los términos calculados con la ecuación 2.6 hasta que el resultado sea mayor o igual a 0.99 (99%) como se indica en la ecuación 2.11, siendo

“m” el entero más pequeño para el cual esta relación es cierta. En el ejemplo ,con r= 30 la sumatoria resulta 0.993941

De esta manera se obtiene el numero “m” de muebles tomados del total “n” que no estarán en operación simultánea 99% del tiempo, o bien dicho de otro modo, que estarán en operación simultánea 1% del tiempo y “m” es el numero de muebles que no serán excedidos más de 1% del tiempo.

- Se propone un nuevo valor de “n” y se repiten los pasos 2 y 3

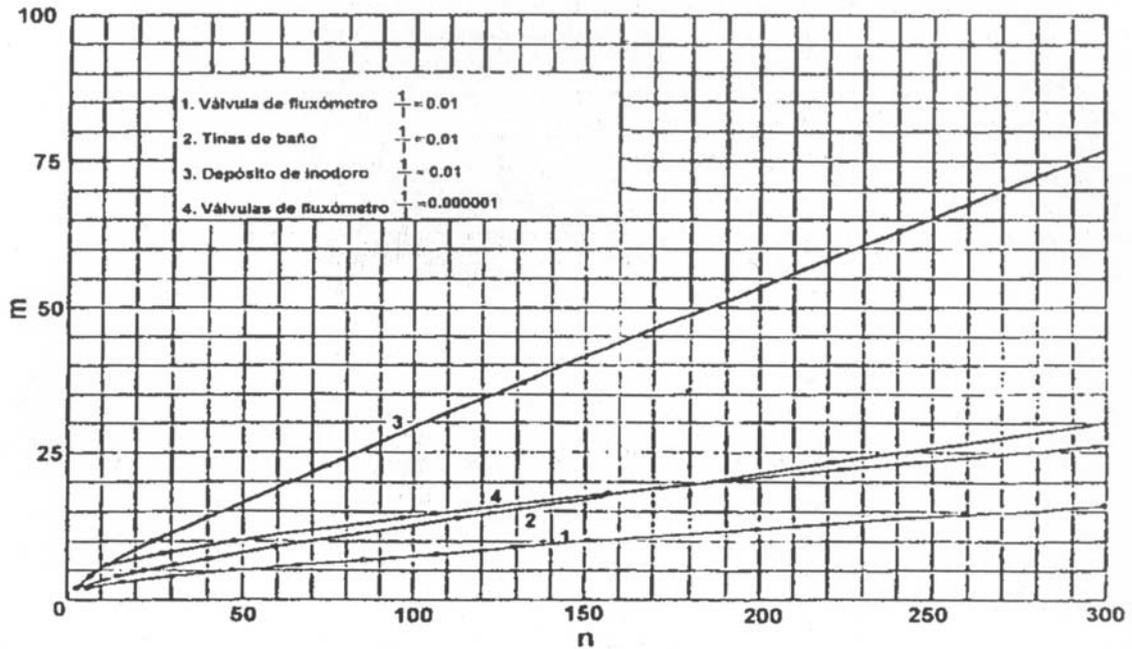
Cuadro 2.3 Valores de “np” correspondientes a valores de “m”.sumatorias de probabilidades de Poisson, excepto columna 6.

M	a=np	Válvula de fluxómetro=t/i=.03	Tanque de inodoroP=t/i=.02	Bañera	Tanque de inodoro
1	2	3	4	5	6
1	0.0101	0.3367	0.5051	0.1508	1.0
2	0.1526	5.0879	7.6319	2.2782	3.0
3	0.4557	15.1903	22.7855	6.8016	5.0
4	0.8700	28.9993	43.4990	12.9848	7.0
5	1.3618	45.3944	68.0916	20.3258	9.9
6	1.9107	63.6894	95.5341	28.5177	11.0
7	2.5033	83.4437	125.1656	37.2629	15.0
8	3.1308	104.3584	156.5376	46.7276	20.0
8	3.7866	126.2210	189.3315	56.5169	23.0
10	4.4663	148.8750	223.3125	66.6605	25.0

---

12	5.8832	196.1078	294.1617	87.8094	32.0
14	7.3613	245.3781	368.0672	109.8708	32.0
16	8.8873	296.2441	444.3661	132.6466	40.0
18	10.4520	348.3998	522.5996	155.9999	48.0
20	12.0487	401.6239	602.4538	179.8316	55.0
22	13.6725	455.7504	683.6256	204.0674	60.0
24	15.3195	510.6513	765.9770	228.6498	70.0
26	16.9868	566.2255	849.3382	253.5338	85.0
28	18.6717	622.3914	933.5871	278.6872	95.0
30	20.3725	679.0825	1018.6237	304.0668	100.0
35	24.6830	822.7658	1234.1487	368.4026	120.0
40	29.0626	968.7520	1453.1280	433.7695	141.0
45	33.4977	1116.5908	1674.8862	499.9660	162
50	37.9788	1265.9551	1898.9386	566.8474	183

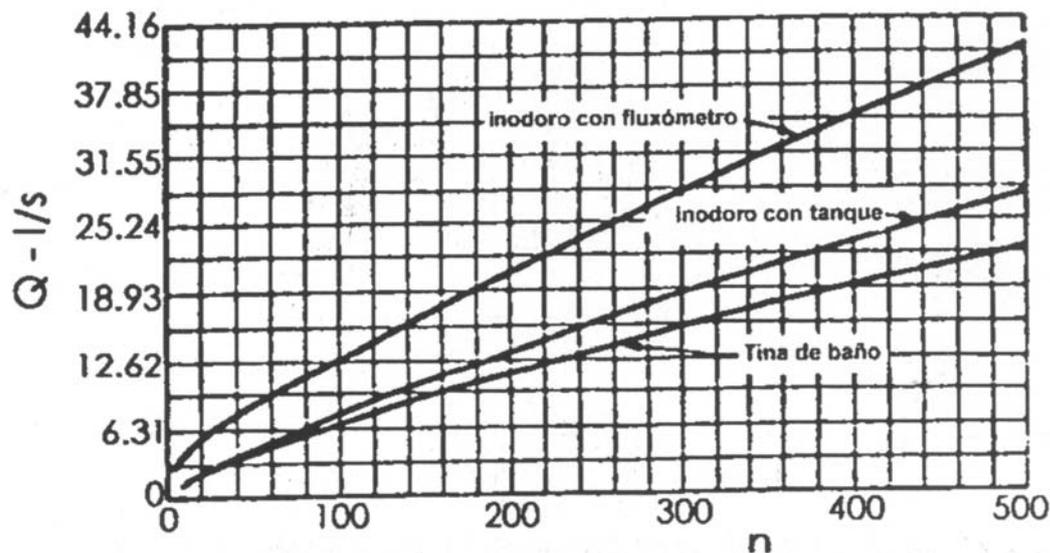
La figura 2.4 muestra las curvas obtenidas al graficar “m” y “n” para los tres muebles, siendo la curva 1 para válvulas de fluxómetro, la curva dos para bañeras y la curva 3 para tanque de inodoro.



**Figura. 2.4 Probable relación de “m” versus “n” del cuadro 2.3**

El siguiente paso es multiplicar los valores de “m”, correspondientes a valores dados de “n”, por el gasto promedio que se asume que entrega cada válvula durante una descarga. En los cálculos efectuados por Hunter para fluxómetros de inodoro este gasto es  $q = 27 \text{ gpm}$  (1.70 l/seg), para w.c de tanque 4 gpm (0.25 l/seg) y para bañeras 8 gpm (0.5 l/seg).

Los resultados se grafican en la figura 2.5, donde se muestra la relación del gasto demandado con respecto a la cantidad de muebles, con base en factores de tiempo estimado que se representan condiciones en que hay congestionamiento en el servicio-esto es, la tasa máxima posible a la cual los muebles pueden usarse continuamente en el servicio real.



Nota: Los valores de los gastos que aparecen en las ordenadas han sido transformados a litros por segundo a partir de los anotados originalmente por Hunter en galones por minuto.

**Figura. 2.5.- Relación del gasto de diseño con el número total de inodoros de Fluxómetro, w.c y bañeras (Hunter R. , 1940)**

Así, si se tuviera un sistema integrado enteramente por “n” tanques operando a la frecuencia asumida - por ejemplo una vez cada 5 minutos- se entraría a la curva de tanques de w.c de la figura 2.5 para leer el gasto de diseño en las ordenadas. El mismo procedimiento puede usarse para bañeras e inodoros de fluxómetro.

Sin embargo, en realidad los sistemas no están constituidos por un mismo tipo de muebles exclusivamente, sino que existe una cantidad de lavabos, tarjas, bañeras y varios aparatos especiales. No sería correcto emplear una curva para cada accesorio, como se muestra para tres tipos de figura 2.5 y sumar los gastos obtenidos de dicha curva de los tres accesorios. Si se hiciera esto estaría sobrediseñándose el sistema, debido a la condición de gastos de varios grupos de diferentes tipos de accesorio, ya que para un sistema dado, no es cuestión de una simple adición, porque la función de probabilidad debe intervenir en el resultado. En otras palabras, si tuvimos un gasto de diseño en particular para “n<sub>1</sub>”, fluxómetros, otro gasto de diseño para “n<sub>2</sub>” tanques de w.c y todavía otro gasto de diseño para “n<sub>3</sub>”, bañeras en un sistema dado, no puede obtenerse el gasto de diseño para el sistema como un todo sumando los tres gastos obtenidos para los grupos individuales diferentes tipos de accesorios, dado que el verdadero gasto de diseño del sistema será menor que esta suma.

En su artículo original Hunter (Hunter, 1940) expresa lo siguiente:

“Asumiendo que los factores empleados en la evaluación de las funciones de probabilidad son correctos, las curvas pueden usarse para estimar los gastos demandados por una cantidad en particular de muebles de un tipo dado. Sin embargo el gasto de diseño para

---

todos los tipos de muebles instalados en un sistema, no deben ser la suma de los gastos calculados separadamente para cada tipo de mueble, incluso aunque se tenga la certeza de que las gráficas son correctas. La operación simultánea de diferentes tipos de muebles es un suceso casual que debe ser evaluado por otra función de probabilidad. Aunque dicha evaluación es posible con base en los factores de tiempo promedio, el proceso es complicado para su aplicación práctica y, debido a que los factores de tiempo de los muebles alimentados con llaves de los usuales depende la probabilidad de operación simultánea no pueden ser determinados en general, origina al final resultados dudosos. Por estas razones pueden obtenerse resultados razonablemente satisfactorios, más sencillos de aplicar, ponderando cada tipo de mueble y refiriendo la suma ponderada de la cantidad total de muebles de todo tipo a una curva de gasto para válvulas de fluxómetro o a una curva de gasto para tanque de inodoro, de acuerdo con el tipo de alimentación que se use”.

El ingenioso procedimiento aplicado por Hunter y que se menciona en el párrafo anterior, se refiere al establecimiento de “unidades mueble”, que es un término muy difundido en la práctica del diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias, pero cuyo significado no ha sido debidamente interpretado por algunos autores e incluso se ha trasgiversado con el paso del tiempo.

## **2.5 Dedución de la unidad mueble.**

Hunter concibió la idea de asignar “factores de carga” o “unidades de peso” a los diferentes tipos de accesorios para representar el grado al cual cargan un sistema hidráulico cuando se usan a la máxima frecuencia asumida. Estos factores de carga por demanda se denominan comúnmente “unidades mueble” en la práctica del diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias.

Aunque la idea de unidad mueble ha sido aplicada para el diseño de instalaciones desde 1940, todavía en la actualidad parece existir alguna confusión sobre su significado. Por ejemplo, el código de edificación de Columbus, Ohio, define el término unidad mueble como el gasto total en galones por minuto de un mueble individual dividido entre 7.5. De acuerdo con esta definición, la unidad mueble es entonces el gasto por aparato en pies cúbicos por minuto. Esta definición fue compartida por Fair and Geyer según puede leerse en su obra *Wáter Supply and Waster Disposal*:

“La carga por demanda de un edificio depende de:

- (1.-) Del número y tipo de muebles instalados.
- (2).-Del uso probable simultáneo de estos muebles.

Los gastos erogados por las válvulas de los diferentes tipos de muebles son conocidos. Estos gastos se transforman en número redondos de pequeños tamaño cuando se expresa en pies cúbicos por minuto. De allí que esta unidad ha sido adoptada como materia de expresión conveniente. Un gasto de 1 pie cubico por minuto es llamado unidad mueble”.

---

Por su parte Myron Tatarian (NBS, 1952) establece lo siguiente:

“Cada aparato de plomería esta dado por un valor relativo conocido como unidad mueble un factor elegido de manera que los valores de carga producidos por diferentes muebles de plomería puedan ser expresados aproximadamente como múltiplos de ese factor”

Tatarian (NBS, 1952) atribuye esta definición al National Bureau of Standards (NBS)

Dado que las unidades mueble se usan con curvas de probabilidad, no tiene que representar ninguna demanda real de algún mueble determinado, sino únicamente una demanda proporcional. Hunter define “Unidad mueble” o “Factor de carga” como un factor numérico que sobre una escala algo arbitraria mide el efecto de demanda producido por un mueble sencillo de plomería de un tipo dado. Se trata de un valor comparativo asignado arbitrariamente a un mueble específico de plomería. Los valores de unidades mueble representan el flujo probable que demanda un mueble de un sistema, comparado con otros muebles.

Las unidades mueble o factores de carga de fluxómetros, tanques de inodoro y bañeras relacionados con el sistema de abastecimiento, se determinan considerando que para un gasto constante demandado por dos tipos de muebles, los factores de carga de esos dos tipos de muebles sanitarios son inversamente proporcionales al número de ellos que producen el gasto demandado, o sea.

$$\frac{f}{f_1} = \frac{n_1}{n}$$

Donde:

f = factor de carga asignado arbitrariamente por Hunter a un fluxómetro de inodoro

f<sub>1</sub>=factor de carga que se desea obtener para el mueble o aparato considerado.

n= número de fluxómetros obtenidos para el gasto demandado propuesto

n<sub>1</sub>= número de muebles diferentes del fluxómetro obtenido para el gasto demandado propuesto

En el artículo original de Hunter (Hunter R. , 1940) puede leerse lo siguiente:

“En requisitos mínimos de plomería recomendados ( Recommended Minimum Requirements for Plumbing), los muebles fueron ponderados en la escala de 1 a 6, habiéndose seleccionado esta escala en gran parte debido a que, de los muebles instalados en mayor cantidad, la menor carga (lavabo) se estimo que es aproximadamente una sexta parte de la carga mayor( inodoro)

Esta escala elegida, es meramente arbitraria y ahora sugiere que una escala decimal 1 a 10 sería mucho más flexible de estimación”

El cuadro 2.4, ha sido preparado a partir de la figura 2.2 empleando la ecuación 2.11. Primero se le asigna a un fluxómetro un factor de carga o peso  $f=10$ . Pude verse en la figura 2.5 que el numero d fluxómetros, tanque de inodoro y bañeras que corresponde a un flujo de digamos 12 l/seg con 84, 175 y 229 respectivamente. Esto es la carga en un sistema integrado por 84 inodoros. Equipados con fluxómetros usados con la frecuencia promedio especificada no excederían probablemente 12 l/seg más del 1% del tiempo. Lo mismo es verdad para un sistema que cuente con 133 inodoros equipados con fluxómetro o para un sistema integrado para 229 bañeras. En el cuadro 2.4 se tabulan valores de m determinados para los tres accesorios: fluxómetros, tanques y bañeras. Para gastos de 12.5 y 13.5 l/seg que cubre un ámbito adecuado de gastos.

**Cuadro 2.4 Factores de carga o de demanda relativa (unidad mueble) de algunos muebles**

Demanda (l/s)	fluxómetro		Tanques de inodoro		Bañeras	
	Número de muebles	peso	Número de muebles	Peso	Número de muebles	Peso
	N	f	N	f	N	f
12	84	10	175	4.80	229	3.67
12.5	90	10	183	5.0	242	4.0
13.5	103	10	200	5,63	267	3.85
Peso promedio		10		4.98		3.84
Valor seleccionado		10		5.0		4.0

Refiriéndonos ahora al cuadro 2.4 y un gasto de 12 l/seg multiplicamos 10 unidades mueble por 84 y dividimos entre 175 para obtener el correspondiente rango unidad mueble de 4.8 unidades para tanques a este gasto. Los otros rangos unidad mueble individuales del cuadro 2.4 están calculados de la misma manera.

Aparentemente las unidades mueble correspondientes a los tanques y bañeras se incrementan con relación al factor de carga de fluxómetro conforme el gasto se incrementa. Sin embargo, la proporción parece llegar a un límite para ambos, tanques y bañeras, en lugar de incrementarse indefinidamente. De aquí que los valores de las unidades muebles para tanques y bañeras se promedian, con los resultados mostrados en el penúltimo renglón del cuadro 2.4. Las incertidumbres en el proceso para determinar gastos de diseño son tan grandes que no hay objeción en expresar las unidades mueble para estos tres accesorios redondeando el entero más cercano sobre la escala de 10 para fluxómetros. De aquí que la unidad mueble propuesta por Hunter para inodoro de tanques es 5 y para la bañera es de 4. En el cuadro 2.5 se muestran los factores de carga obtenidos de la manera expuesta par otros muebles sanitarios.

**Cuadro 2.5 Factores de carga en termino de unidades mueble**

Mueble o aparato	Tipo de servicio	Tipo de control	Unidad mueble
Inodoro	publico	Fluxómetro	10
		Tanque	5
Unitario de pedestal	publico	Fluxómetro	10
Unitario de pedestal	publico	Fluxómetro	5
		Tanque	3
Lavabo	publico	Total	2
		Caliente o fría	1.5
Tina de baño	publico	Total	4
		Caliente o fría	3
Regadera	publico	Total	4
		Caliente o fría	3
Grupo de baño	privado	Fluxómetro total	8
		Fluxómetro (solo fría)	6
		Tanque total	6
		Tanque (solo fría)	4
		Solo agua caliente	3
Grupo de baño con regadera separada	privado	Agregar al correspondiente grupo sobre el total 2, para fría o caliente	1.5

Debe enfatizarse que los factores de carga del cuadro 2.5 no son gastos, sino únicamente números que expresan el efecto de carga por demanda de agua de los muebles cuando se colocan en una instalación. El único propósito de introducir el concepto, es hacer posible el cálculo directo del gasto de diseño para instalaciones que están compuestas por diferentes tipos de muebles, cada uno de los cuales tiene diferentes características de cargas por demanda que los otros. Los resultados se grafican en la figura 2.6.

Ahora puede obtenerse la curva general de diseño de manera algo arbitraria; a partir de la figura 2.6, la porción de la figura 2.6 a partir de  $f_n=0$  a  $f_n=1000$  (que es aproximadamente el punto en el que las curvas se cruzan), se grafica en la figura 2.7, la curva que corresponde a la válvula de fluxómetro es la superior, mientras que la inferior es un promedio de las curvas del tanque del inodoro, la bañera, de la figura 2.6

Dado que los inodoros constituyen la parte más significativa de la demanda de agua en una edificación, la curva superior (válvula de fluxómetro) debe usarse cuando el edificio está equipado con inodoros de tanque.

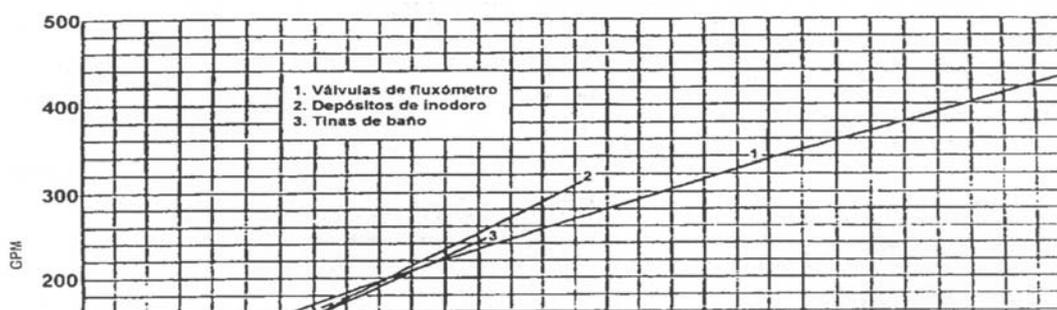
## 2.6 Discusión de la aplicación del modelo de Hunter en México.

La determinación de la demanda de agua para el diseño de un sistema en instalaciones hidráulicas y sanitarias mediante el método de Hunter consiste en efectuar la suma de las unidades mueble asignada a los varios tipos de muebles sanitarios y con esta sumale la demanda pico en la curva de Hunter (figura 2.7). Como esta curva es esencialmente una función de probabilidad, no es extraño que los ingenieros se hayan tornado intranquilos a cerca de su exactitud. En un artículo escrito por James S. Braxton y publicado en el Journal Awwa de julio de 1966 (Braxton, 1996) con el título de diseño de sistemas de abastecimiento de agua para edificios altos, Braxton presenta los resultados de investigaciones efectuadas por ese entonces, que muestran una desviación de la realidad tan grande que, según sus propias palabras, invalida cualquier resultado obtenido solamente con referencia a dichas curvas.

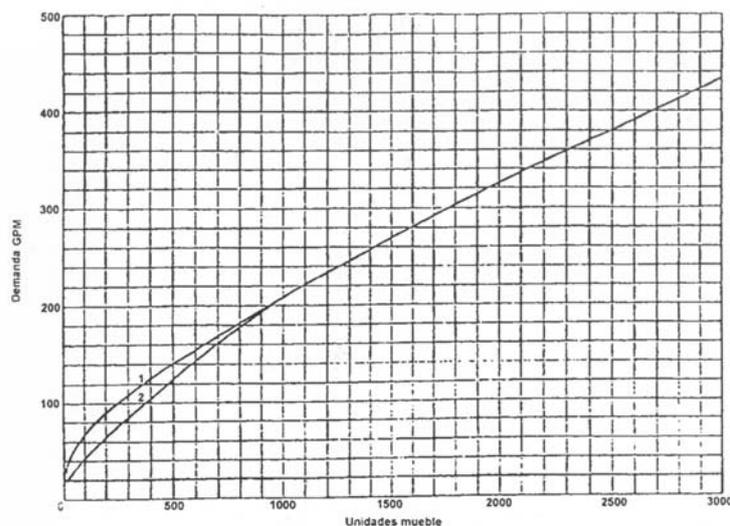
En su artículo, Braxton (Braxton, 1996) hace referencia a la autoridad de vivienda de Chicago encargada de la operación de un número grande de edificios, aproximadamente 1,110 para los ancianos, familias de escasos ingresos y grupos de ingresos medios. En varios edificios de esa institución en cuyos proyectos se empleo el método de Hunter para el diseño de la instalación hidráulica, el autor dirigió una serie de estudios para determinar la demanda real mediante la instalación de aparatos para registrar; el gasto, los datos de cuadro 2.6 fueron obtenidos con el empleo de un aparato registrador dejado en el lugar por una semana o más y reinstalando posteriormente para determinar las variaciones estacionales.

Cuadro 2.6 Resultados de la investigación en viviendas de familias numerosas de bajo ingreso

Nombre del proyecto	Cantidad de departamentos	población	Unidades mueble	Gasto de diseño según Hunter	Demanda máxima registrad	Exceso de la capacidad de diseño sobre la demanda real (%)
Clarence Darrow	480	3,312	5,280	40.38	17.79	127
Rochwell Garden's	140	728	1,540	17.35	9.53	82
Robert R Taylor	474	2940	5,214	40.25	19.52	105
Midway Garden's	318	670	3,600	29.65	19.37	53



**Figura.2.6.- Curva general de diseño de Hunter**



**Figura 2.7. Curva de Hunter (Demandas pico-probabilidad)**

Además del programa de renta baja, la autoridad de vivienda de Chicago operaba en ese entonces algunas viviendas para grupos de ingresos medios construidos con fondos estatales. Uno de estos edificios tiene 318 departamentos. Aquí se encontró que la demanda fue considerablemente menor que lo calculado con el método de Hunter. El número total de unidades mueble es de 3600. La aplicación de la curva daría como resultado 29.65 litros/segundo. La demanda máxima medida fue 19.37 l/seg. En vista de que este edificio tuvo un diferente tipo de ocupantes; evidentemente el método de Hunter, proporciona una indicación excesiva de demanda.

La conclusión de lo anterior es que es importante refinar y ampliar las bases para estimar la demanda de agua. Dichas bases deben establecer una curva separada para cada clase de

servicio. Para la aplicación del método de Hunter en México es necesario por ejemplo obtener datos más amplios que incluyan usos de edificaciones tales como: plantas industriales, hospitales, escuelas y departamentos de diferentes clases. , los nuevos datos deben poder diferenciar entre factores de los ocupantes tales como sexo, edad, nivel de ingresos y otras características pertinentes. Considerando el uso del agua en el Distrito Federal, el incremento de población y dotación por habitante se tiene los siguientes datos estadísticos.

Año	Número de habitantes (millones)
1990	8.24
1991	8.29
1992	8.33
1993	8.38
1994	8.43
1995	8.48
1996	8.52
1997	8.56
1998	8.6
1999	8.65
2000	8.58
2001	8.62
2002	8.65
2003	8.69
2004	8.72
2005	8.67

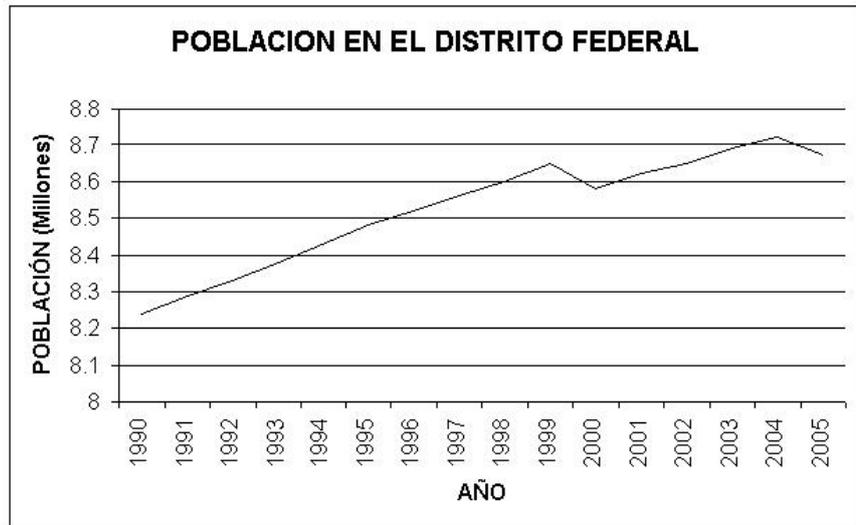


Fig.2.8 estadística del incremento de población en el Distrito Federal.

AÑO	POBLACIÓN (Millones de habitantes)
2000	8.584
2001	8.619
2002	8.653
2003	8.688
2004	8.723
2005	8.669
2006	8.678
2007	8.686
2008	8.645
2009	8.704
2010	8.712
2011	8.721
2012	8.73
2013	8.739
2014	8.747
2015	8.756



Figura 2.9 Proyección de la población del Distrito Federal.

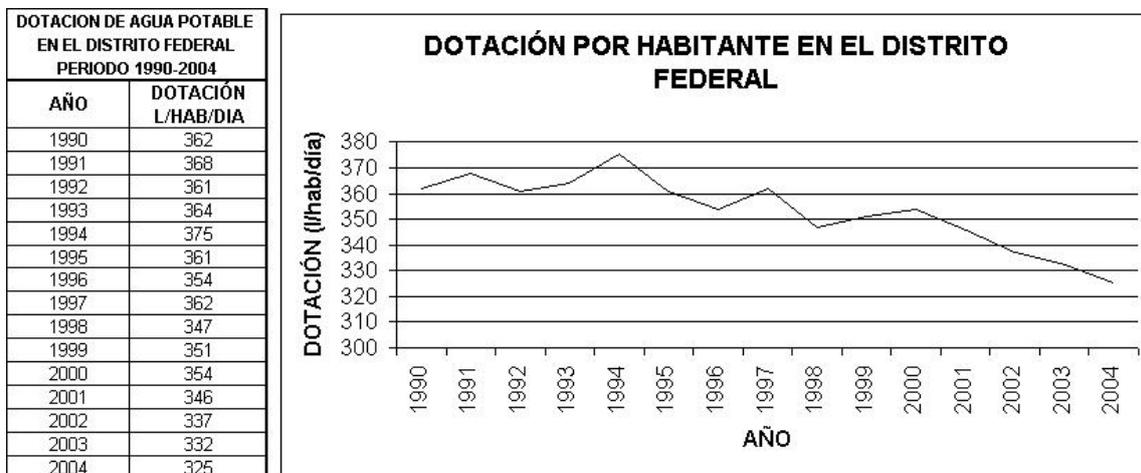


Figura 2.10 Estadística de dotación por habitante en el Distrito Federal.

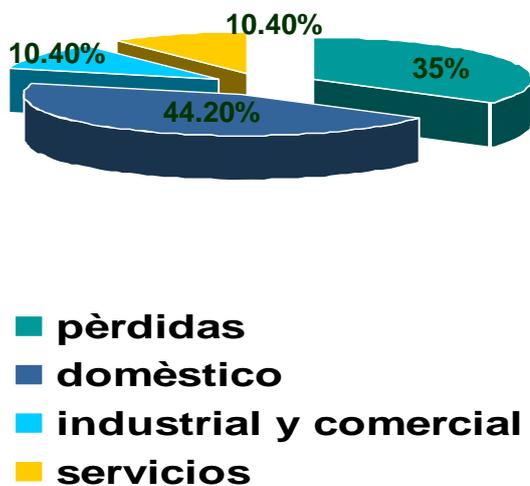


Figura 2.10 Estadística de los usos del agua en el Distrito Federal.

---

## Capítulo 3

### **Mediciones de campo para determinar el tiempo entre operaciones sucesivas de muebles en edificios con diferente tipo de uso.**

En este capítulo se describen las mediciones de campo llevado a cabo como parte de esta tesis para la obtención de las frecuencias de uso ( $i$ ), es decir el tiempo promedio en segundos que transcurre entre operaciones sucesivas de algún mueble dado de un tipo particular, durante el periodo de punta que es uno de los tres parámetros más importantes que intervienen en la aplicación de la teoría de la probabilidad a la determinación de gastos de diseño en instalaciones.

Los otros dos parámetros, el tiempo de funcionamiento ( $t$ ) o sea la duración media de la admisión de agua potable en segundos para un tipo de mueble dado por un uso y el volumen de agua consumido en cada uso han sido analizados en el anexo-D.

Procediendo en la misma forma que el Dr. Roy Hunter, al principio se seleccionaron los inodoros controlados con tanque o con fluxómetro para estudiar las características de variación de la demanda, debido a que se asumió que en todos los casos las condiciones críticas de carga por demanda en las partes de la instalación serian producidas por estos muebles (como se había manejado comúnmente) y por otra parte ,a que los factores que determinan la carga para un mueble individual de este tipo son aproximadamente constantes y pueden ser mejor evaluados que para otros muebles. Al avanzar en las mediciones de campo se observó que en nuestro medio el patrón a que se refiere la primera consideración ha cambiado significativamente, como se verá más adelante.

En primer lugar se darán algunas definiciones a ciertos conceptos fundamentales que en la investigación se consideran al emprender el experimento.

#### 3.1 Definición de conceptos básicos.

##### 3.1.1 Experimento.

En la literatura relacionada con el diseño de experimentos se puede encontrar muchas definiciones de esta palabra. Literalmente, un experimento es una prueba. En nuestro caso y de acuerdo con Montgomery (Montgomery, 1997), definiremos experimento como una prueba o serie de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida.

---

### 3.1.2 Variable independiente.

En un experimento, la variable independiente es aquella que el investigador puede tener bajo control; en nuestro experimento, la variable independiente es la hora de accionamiento de la válvula de un aparato.

### 3.1.3 Variable dependiente

En un experimento, la variable dependiente refleja cualquier efecto que pueda acompañar el manejo de la variable independiente. A veces la variable dependiente se denomina también variable de respuesta. En nuestro caso, la variable dependiente es el intervalo entre accionamientos sucesivos de una válvula.

### 3.1.4 Variable exógena o intrínseca.

En todos los experimentos, además de las variables independiente y dependiente, el investigador tiene que enfrentarse con una o más variables exógenas. Estas variables se denominan así, por su posible efecto sobre la variable dependiente. Generalmente no reviste ningún interés para el investigador como si lo reviste la variable dependiente. El investigador debe de controlar estas variables puesto que ocasionan en el experimento variaciones que no resultan convenientes. La complejidad de un experimento aumenta generalmente con el número de variables exógenas que el investigador trata de controlar.

### 3.1.5 Tratamientos experimentales.

Ciertos experimentos se usan para comparar diferentes condiciones; se ha usado el término tratamientos para denominar los diferentes procesos cuyos efectos van a ser medidos y comparados; por ejemplo, en el presente estudio el modo de uso de los inodoros correspondiente a cada tipo de edificación definido, constituyen los diferentes tratamientos. Así se tendría: uso de los inodoros en edificios habitacionales; uso de los inodoros en edificios de oficinas, uso de los inodoros en edificios recreativos, etc.

### 3.1.6 Unidad experimental.

La unidad experimental es la identidad más pequeña a la que se puede aplicar un tratamiento.

### 3.1.7 Medida.

Una medida es un valor de la variable dependiente, mediante la cual se determinan el efecto del tratamiento sobre una unidad experimental. Las medidas con frecuencia reciben el nombre de observaciones.

---

### 3.1.8 Error experimental.

Las unidades experimentales que se exponen al mismo tratamiento, presentan generalmente una respuesta diferente; es decir, las unidades experimentales expuestas al mismo nivel de tratamiento, producen generalmente diferentes medidas, la medida de esta variabilidad de respuesta se denomina error experimental. El error experimental tiene dos fuentes principales:

- 1.- Las diferencias inherentes de las unidades experimentales
- 2.- La ausencia de uniformidad que se puede presentar en el procedimiento experimental.

Estas fuentes de errores experimentales, constituyen un subconjunto de las de las variables exógenas. Un objetivo muy importante del investigador en la presente tesis, se trata de reducir el error experimental todo lo posible.

### 3.1.9 Repetición.

Cuando en un experimento, un nivel determinado de tratamiento se aplica a más de una unidad experimental, se dice que el nivel se repite.

### 3.1.20 Modelo de Simulación o Modelos Matemáticos.

A estos pertenecen los modelos de simulación de eventos discretos.

Los modelos pueden diferenciarse según el tipo de ecuaciones matemáticas que los componen.

**Modelos continuos:** son aquellos en los que las relaciones entre las variables relevantes de la situación real se definen por medio de ecuaciones diferenciales, dado que estas permiten conocer el conocimiento de las variables en un lapso de tiempo continuo. Problemas como saber de qué manera fluye cierta materia dentro de una tubería.

**Modelos Discretos:** En ellos el comportamiento que nos interesa analizar puede representarse por medio de ecuaciones evaluadas en un punto determinado, como hacer un muestreo del número de personas que llegaron en un lapso de tiempo específico, podemos simular esta variable con ecuaciones ligadas a distribuciones de probabilidad que reflejen dicho comportamiento.

---

Modelos Dinámicos: son aquellos en los que el estado del sistema que estamos analizando cambia respecto del tiempo.

Modelo Determinísticos y Probabilísticos.

Estos modelos son conocidos como estocásticos. Los primeros se refieren a relaciones constantes entre los cambios de las variables del modelo. En el caso de la simulación de eventos discretos hablaremos de modelos matemáticos, discretos, dinámicos y que pueden incluir variables determinísticas y probabilísticas (García, 2006).

### 3.2 Objetivo del experimento.

Obtener el tiempo promedio que transcurre entre operaciones sucesivas de los muebles y aparatos sanitarios instalados en edificios típicos ubicados en la ciudad de México.

### 3.3 Definición de la población en estudio.

La población está integrada por los muebles y aparatos sanitarios instalados en los edificios en operación, localizados dentro de los límites geográficos de la Ciudad de México; se planteó la hipótesis de que existe un patrón de demanda de agua de los muebles y aparatos sanitarios dependiendo del tipo de uso que se da a los inmuebles. Por este motivo se consideró de especial interés definir las partes de la población original, esto es, los subconjuntos originales a los que nos referimos con el término de dominio de estudio.

Los dominios de estudio definidos en esta tesis, muebles y aparatos sanitarios de los cuatro subconjuntos de especificaciones siguientes:

- Habitacionales
- Oficinas
- Institucionales
- Recreativos

### 3.4 Descripción del experimento.

#### 3.4.1 Descripción del experimento llevado a cabo en el dominio de estudio habitacional.

Las unidades experimentales de este dominio de esta tesis, son los inmuebles y aparatos sanitarios instalados en las viviendas de interés social e interés medio, de las siguientes colonias: de la Ciudad de México.

---

La siguiente etapa fue elegir el proceso para tomar el muestreo. Para esta elección fue preciso considerar los costos del experimento, desde el punto de vista del equipo necesario, de las unidades experimentales y del personal disponible.

Para llevarlo a cabo se diseñó un experimento completamente aleatorio, asignando unidades del experimento desde el punto de vista del equipo necesario, de las unidades por experimentar utilizando por ejemplo una tabla de números aleatorios, se optó por las técnicas de muestreo determinístico.

Todas las técnicas muestrales determinísticas se consideraron aplicarlas para una buena estimación de las características de la población.

En el experimento llevado a cabo en el dominio de tipo habitacional, se aplicó el modelo determinístico denominado muestreo convencional o accidental, que puede considerarse representativo de la población en estudio.

El muestreo convencional se refiere a recopilar datos de las unidades de estudio más convenientes o sea, recopilar datos de los elementos muestrales que más convengan.

Para recabar el mayor número de datos posibles durante el tiempo de observación, se contó con el apoyo de 165 de alumnos que cursan el bachillerato técnico en la carrera de Técnico en Construcción en el CECY - 4-IPN, a quienes se les capacitó para llevar a cabo las observaciones en sus domicilios. Para ello se diseñó una hoja de campo en la que los habitantes de cada vivienda en observación, anotarán la hora de accionamiento de llaves o muebles sanitarios. En el (Anexo-A) se muestra el formato de la hoja de campo utilizada. cuadro 4.1 Cada alumno supervisó el llenado de la hoja de campo en su vivienda.

Una forma de este tipo se pegó en la pared, cerca de cada mueble o aparato sanitario y se colocó una pluma y un reloj en el cuarto de baño para asegurar que todas las mediciones se hicieran con el mismo aparato.

Los usuarios de los muebles y aparatos sanitarios de cada vivienda, fueron instruidos para observar la hora de apertura o accionamiento de una válvula y anotar ese dato en la hoja correspondiente con horas y minutos; por ejemplo, si el usuario bajó la palanca del inodoro a las ocho horas con trece minutos, sólo tendría que anotar 8:13.

Se dice que un experimento es válido internamente si arroja resultados que estén libres de sesgo. Para validez interna del experimento, en la presente tesis se procuró el control efectivo de las fuentes de error experimental y de otras variables exógenas, particularmente las siguientes:

**Instrumentación.** Se denomina así a los cambios en los instrumentos de medición a lo largo del experimento. Para evitarlo se colocó un reloj en el interior del cuarto de baño y se pidió a los participantes que usaran solo ese aparato para la medición.

**Reactividad de la prueba.** El proceso de probar o medir puede por sí mismo cambiar el fenómeno por medir. Si los sujetos hubieran tenido la idea errónea de que se pretendía

---

conocer su consumo de agua, sus visitas al cuarto de baño se habrían modificado; la importancia de que fuera el alumno estudiante de una carrera Técnico en Construcción, con conocimiento del tema, encargado de supervisión del experimento en su propia vivienda fue crucial, ya que informó a los habitantes el objetivo del experimento, que no tiene que ver con el consumo personal del agua.

Cambio en las unidades.- se procuró hacer las observaciones de lunes a viernes, ya que los hábitos de los usuarios de los muebles y aparatos sanitarios, son variables en sábados y domingos.

Como resultado de la aplicación del formato de campo para registro de datos obtenidos por los alumnos, se recabó la información correspondiente a una muestra de 165 viviendas de varios tipos en cada vivienda se colocó una hoja del formato (Anexo-A) por cada mueble o aparato sanitario, registrándose en ella las horas de accionamiento de las válvulas.

El registro de los datos se realizó durante tres días hábiles de la semana, del miércoles al viernes, ya que se estima que los sábados y domingos el consumo de agua no tiene las características de reproductividad, mientras que en los cinco días restantes existe un patrón de consumo definido, como antes se explicó que sucede.

#### **3.4.2 Descripción del experimento llevado a cabo en los dominios de estudio: edificios de oficinas, institucionales y recreativos.**

Para el caso de este estudio, se utilizaron también las técnicas de muestreo determinístico, específicamente el denominado muestreo intencional.

En el muestreo intencional, todos los elementos muestrales de la población son seleccionados para obtener muestras mediante la inclusión de áreas típicas o grupos supuestamente típicos en la muestra.

Por otra parte, para realizar del experimento en esta tesis se contó con el apoyo invaluable de 12 pasantes de ingeniería civil, prestadores de servicio social.

Se seleccionó aleatoriamente un inodoro del sanitario para varones y uno de sanitario para damas del Edificio del Instituto de Ingeniería, UNAM. seleccionado. Antes de la apertura de los sanitarios al público, se colocó un micrófono inalámbrico en la alimentación del fluxómetro de cada mueble, para registrar el accionamiento de los fluxómetros, sin ser percibidos los dispositivos por los usuarios, de manera que el desarrollo del experimento fue ajeno a ellos. Los receptores de los micrófonos se colocaron en un local distante aproximadamente 50 mts de los sanitarios y fuera de ellos, monitoreando de esta manera continuamente desde la apertura hasta el cierre de la instalación; una vez instalado el equipo, se anotó en una hoja de campo con horas y minutos cada accionamiento de los fluxómetros.

---

## **A Edificios de oficinas.**

El criterio de selección de los edificios fue el que contaran con las siguientes características.

- 1.-Ser construcción reciente (10 años de antigüedad máximo)
- 2.- Diseño basado en el reglamento de construcciones para el D.F
- 3.-Información sobre el número y distribución de sus ocupantes
- 4.-Estar sirviendo al tipo de uso para el que fueron proyectados.

Edificio de Oficinas: Edificio del Instituto de Ingeniería, UNAM.

## **B Edificios institucionales.**

En este tipo de uso, se consideran todos aquellos edificios destinados a la educación o instrucción; en esta etapa del estudio se planteó como hipótesis la existencia de un patrón de uso de los muebles y aparatos sanitarios en función del nivel académico de los estudiantes; por esta razón se seleccionaron dos edificios en donde resultó factible llevar a cabo el estudio, correspondiente al nivel académico básico el primero y educación superior el segundo.

Educación Básica: Escuela Primaria "Arturo Pichardo", Cuajimalpa México D.F

Educación Superior: Facultad de Ingeniería- Anexo- Ciencias Básicas - UNAM.

## **C Edificios recreativos.**

En este grupo se consideraron los restaurantes, cines y teatros, así como los centros de diversiones con juegos mecánicos. Debido a la diversidad de instalaciones existentes de este tipo, solo fue posible monitorear las instalaciones sanitarias en dos edificios:

Recreativo: Sala de conciertos Netzahualcoyotl, centro cultural Ciudad Universitaria.

Restaurante: "Fonda el Morral", Av. Miguel Ángel de Quevedo, Delegación Coyoacán.

## **3.5 Resultado del experimento.**

### **3.5.1 Resultado del experimento llevado a cabo en edificios de tipo habitacional.**

Se realizaron las observaciones y mediciones de frecuencias en 165 viviendas de diferentes tipos. El cuadro 3.1 resume el número de viviendas muestreadas de acuerdo al número de ocupantes por vivienda.

Cuadro 3.1 Número de viviendas de acuerdo al número de ocupantes.

Ocupantes por vivienda	N° de viviendas
1	2
2	13
3	24
4	33
5	55
6	21
7	5
8	8
9	3
10	1
Total	165

Como se observa en el cuadro 3.1, las viviendas no son homogéneas en cuanto al número de ocupantes, por lo que fue necesario controlar esta variable exógena del experimento, como a continuación se detalla.

Tomando en cuenta los datos del cuadro 3.1 el promedio de habitantes por vivienda es de 4.66; esta cantidad es congruente con los resultados definitivos del conteo de población y vivienda 2006 de acuerdo con el cual el promedio de habitantes por vivienda considerando la totalidad de la República Mexicana es de 4.7

Número de viviendas con 5 ocupantes: 55

Número de viviendas con 5 ocupantes y un inodoro: 32

Número de viviendas con 5 ocupantes y dos inodoros: 9

Número de viviendas con 5 ocupantes y tres inodoros: 7

Número de viviendas con 5 ocupantes y más de 3 inodoros: 7

Al observar estas condiciones, podemos deducir que el caso en que la frecuencia de uso de un inodoro, conduce a la situación más desfavorable desde el punto de vista de demanda de

Agua que corresponde a las viviendas con uno solo de estos muebles, ya que en el periodo de punta los cinco usuarios requerirían del inodoro haciendo que su frecuencia de uso sea menor que cuando la misma cantidad de usuarios tenía la opción de elegir entre dos, tres o más muebles del mismo tipo igualmente disponible para todos en la vivienda ; debe tenerse presente que cuanto más corto sea el intervalo entre descarga sucesivas, mas grande será la probabilidad de coincidencia o sobre posición. En virtud de lo anterior se analizaron las frecuencias de uso en las 32 viviendas con cinco ocupantes y un inodoro, 11 de las cuales son departamentos y 21 casas.

En el cuadro 3.2a, se presenta la compilación de datos de frecuencias (i), en minutos, o sea el tiempo transcurrido entre dos accionamientos del depósito del inodoro de cada una de las 32 viviendas analizadas. En el cuadro 3.2b se muestra los registros de la frecuencia (i) del uso de regadera y lavabo. Los tiempos anotados corresponden al intervalo mínimo promedio de tres días de medición durante los dos periodos de punta que se presentan, es decir una punta en la mañana y una punta nocturna. En el caso del inodoro en el cuadro 3.2a los datos fueron obtenidos de las hojas de campo, y se ordenaron primeramente en dos grupos: departamentos y casas; a su vez, se agruparon los departamentos y casas en donde predominan los hombres (3 hombres, 2 mujeres) esto con el fin de observar si existe alguna variación significativa en la frecuencia de uso del inodoro.

Cuadro 3.2a Compilación de datos de tiempo promedio, sobre usos sucesivos de cada Inodoro, (i) en edificios de uso habitacional, (Departamentos).

Departamento con 5 ocupantes : 3 hombres    2 mujeres			Promedios    parciales	
Número de orden	Intervalo de punta Matutina (minutos)	Intervalo de punta Nocturna (minutos)	Intervalo de punta Matutina (minutos)	Intervalo de punta Nocturna (minutos)
1	5	8.33	15.78	17.04
3	33	34.33		
5	23	17.66		
7	11	15.66		
8	18.33	19		
9	11.33	12		
10	8.33	12.33		
Total	110.49	119.31		

Cuadro 3.2b Compilación de datos de tiempo promedio, sobre usos sucesivos de cada Regadera y lavabo, (i) en casa habitación.

Departamento con 5 ocupantes : 3 hombres 2 mujeres			Promedios parciales	
Numero de orden	Intervalo punta Matutino.(minutos)	Intervalo punta Nocturna (minutos)	Intervalo punta matutino (minutos)	Intervalo punta Nocturna (minutos)
2	19.50	20	19.24	18.98
3	18.33	15		
5	14.00			
6	12.50	17.66		
8	20.66	21.00		
12	21.66	7.5		
13	17.66	21.00		
16	23.33	15		
17	31	23		
18	28.00	25.66		
19	50	24		
Total	211.64	189.82		

Cuadro 3.2c. Compilación de datos de tiempo promedio, sobre usos sucesivos de cada inodoro (i) en edificios de uso habitacional,(Departamentos).

Departamento con 5 ocupantes : 2 hombres    3 mujeres			Promedios parciales	
Numero de orden	Intervalo punta Matutina (minutos)	Intervalo punta Nocturna (minutos)	Intervalo punta matutina (minutos)	Intervalo punta Nocturna (minutos)
2	15	2.0	22.5	
4	25	-		
6	27.	-		
total7	67.50	2.0		

Continúa cuadro 3.2.c Compilación de datos de tiempo promedio, sobre usos sucesivos de Regadera y lavabo (i) en edificios de uso habitacional,(Departamentos)

Departamento con 5 ocupantes : 2 hombres 3 mujeres			Promedios parciales	
Numero de orden	Intervalo punta Matutina (minutos)	Intervalo punta Nocturna (minutos)	Intervalo punta matutina (minutos)	Intervalo punta Nocturna (minutos)
7	12.33	30.66	10.66	19.64
10	6.66	15		
11	-	20		
14	6.0	16.66		
15	17.00	23.00		
21	11.00	12.5		
Total	52.99	117.82		
11	7.5	4.5		
1	10.00	10.00		
4	23.00	11.50	13.04	8.25
9	11.66	7.00		
Total	52.16	33.00		

**Duración de (t) de un servicio de regadera y lavabo.**

Aunque este capítulo no se refiere al establecimiento de la duración del servicio (t) pues dicho factor de tiempo se estudió para válvulas de admisión y fluxómetros se incluye en el (anexo-E), referente a las Normas Oficiales Mexicanas ,se incluye aquí el tema porque en el caso de muebles cuyo suministro es controlado por llaves ( regadera, lavabo, fregadero, etc.) no es posible basar el tiempo de servicio o la cantidad de agua usada en la operación característica del mueble como se hizo en el caso de los inodoros , porque la forma de

operación de las llaves depende predominantemente de los hábitos personales o preferenciales y naturalmente no es posible establecerlo en normas, por lo que para estos muebles el único recurso es seleccionar arbitrariamente los valores correspondientes.

Cuadro 3.2 b. Compilación de datos de tiempo promedio en minutos sobre usos sucesivos de regaderas y lavabos (i) en edificios habitacionales.

Número de orden	Regaderas	Lavabos
1	20	7.6
2	30	13.3
3	108.66	25
4	28.33	11
5	24	22.5
6	26	25.33
7	20.66	5
8	19	11
9	33	5
10	22.5	12.66
11	68	16.66
12	25	7
13	28	6
14	92	5
15	23	6.5
16	41	10.3
17	41	21
18	27	8.3
19	23.5	12.8
20	21	4.67
21	23.3	8.66
22	57	11.68
23	49.5	8.33
24	20	
25	20	
Promedio	30.07	11.52

Las observaciones realizadas muestran que el tiempo (t) promedio de duración de un servicio de regadera es de 12 minutos (720 seg); por otra parte, el tiempo promedio de duración de un servicio de lavado domestico es muy variable; si se desea usar agua caliente se requiere tener abierta la llave un lapso que puede ser muy grande, si el calentador esta retirado del lavabo o corto si está muy cerca, esto independientemente del uso especifico que vaya a tenerse, por ejemplo un lavado de cara requiere menos tiempo abierta la llave, mientras que el afeitarse requerirá aproximadamente el doble de tiempo; un simple lavado de manos con agua fría no requiere más de 10 segundos de duración de la llave abierta; tomando el caso más desfavorable se adopto como tiempo máximo promedio 2.5 minutos.

### 3.5.2 Resultado del experimento llevado a cabo en edificios de oficinas.

Cuadro 3.4 Resultado de las mediciones efectuadas en el Edificio Instituto de Ingeniería, UNAM.

Mujeres						Hombres					
jueves4sep08		lunes8sep.08		Marte9sep.08		Miérc.10 08		Jueves11sep08		Viernes12sep 08	
8:33		8:37		8:30		8:42		10:50		11:20	
8:43	10:40	8:41	3:55	8:34	3:53	9:29	47:10	11:16	25:07	12:05	45:01
8:46	02:40	8:48	06:46	8:54	19:45	10:15	45:31	11:38	22:17	12:16	11:29
8:49	03:19	8:54	6:11	8:57	3:27	10:24	9:17	11:47	9:28	12:41	24:58
9:08	18:55	9:02	7:52	9:10	12:34	11:25	40:29	11:51	4:05	12:53	11:58
9:21	12:22	9:17	15:29	9:16	6:02	11:23	17:54	11:52	0:58	13:23	26:44
9:29	8:02	9:22	4:09	9:57	41:19	11:36	13:12	12:00	7:17	13:28	8:48
9:30	1:10	10:03	41:16	10:00	3:02	11:36	00:37	12:38	38:10	13:30	1:28
9:58	27:45	10:18	15:35	10:05	4:49	11:48	12:02	12:40	2:01	14:03	35:02
10:05	8:03	10:21	2:42	10:19	13:57	11:49	00:15	12:58	17:50	14:17	11:38
10:27	21:37	10:23	1:36	10:20	1:11	11:52	2:52	13:01	3:21	14:19	2:42
10:32	4:50	11:03	40:03	10:32	11:51	11:56	4:19	13:20	19:21	14:24	4:30
10:52	20:06	11:16	13:00	10:54	22:26	12:33	33:39	14:19	58:32	14:33	6:01
10:54	1:30	11:23	6:45	11:07	12:22	13:00	31:09	14:26	7:17	14:37	6:49
11:01	7:17	11:40	17:36	11:09	2:21	13:11	10:18	14:38	11:59	14:49	12:34
11:18	16:42	12:14	33:57	11:15	5:41	13:25	14:23	14:41	2:30	15:01	11:51
11:40	22:51	12:39	24:31	11:23	7:54	13:34	8:24	15:07	26:09	15:02	00:57
11:44	3:14	12:41	2:38	11:24	1:52	13:35	00:55			15:15	13:23
11:55	11:18	12:45	03:25	12:40	15:07	13:37	02:47			15:29	13:56
12:19	24:19	12:52	07:28	12:43	03:40	13:43	5:07				
12:26	7:09	12:59	6:55	12:45	2:08	13:54	11:54				
13:04	37:07	13:06	7:09	12:57	11:22	14:05	10:27				
13:09	5:27	13:27	21:07	12:58	1:29	14:15	10:16				
13:13	4:01	13:31	3:18	13:08	9:40	14:18	2:44				
13:27	13:46	13:32	1:13	13:12	4:01	14:26	8:22				
13:33	5:49	13:33	1:06	13:24	12:35	14:28	1:38				
13:34	1:29	13:47	13:45	13:48	23:54	14:31	3:29				
13:46	11:48	13:52	5:20	14:24	35:47	14:34	2:36				
13:50	4:20	14:01	9:13	14:36	12:01	15:08	34:29				
13:57	6:30	14:05	3:57	14:51	14:29						
14:13	16:27	14:11	5:23	14:58	7:35						
14:18	4:39	14:14	3:33	15:02	4:11						
14:42	23:41	14:17	3:02	15:04	2:02						
14:42	00:42	14:21	3:50	15:09	4:53						
14:47	4:35	14:25	3:58								
14:48	00:50	14:26	00:58								
14:57	8:56	14:29	3:01								
15:03	6:35	14:37	8:25								
		14:54	16:46								
		14:56	2:13								
		14:56	7:52								

Cuadro 3.5 Resultado de las observaciones realizadas en el Edificio Instituto de Ingeniería de la UNAM, de la medición de tiempo transcurrido entre usos sucesivos (i)

Hora	Intervalo (min).
9:11:	
9:32	21.30
9:48	14.48
9:53	7.28
9:56	2.80
10:00	4.25
10:12	12.23
10:25	12.58
10:31	5.85
10:49	18.23
10:53	3.66
11:02	9.67
11:10	7.5
11:20	9.45
11:48	27.93
11:51	3.48
11:54	2.78
12:10	15.78
12:15	5.03
12:28	13.13
12:29	1.03
12:35	6.30
12:39	3.31
12:47	7.98
12:58	10.98
13:42	44.48
13:54	11.70
14:01	6.88
14:15	14.87
14:18	2.38

### 3.5.3 Resultado del experimento llevado a cabo en edificios institucionales.

#### ” 3.5.3.1 Escuela Primaria “Arturo Pichardo”

El cuadro 3.6 muestra los registros de medición obtenidos durante 3 días del uso de un inodoro y sanitario para niñas de una escuela primaria. Aunque se colocó un sensor en el sanitario para niños, el inodoro seleccionado no fue usado. Se presentaron en los días de medición algunas situaciones que se considera que pudieron haber repercutido en los resultados obtenidos; el miércoles no asistió un grupo de alumnos a la escuela; el jueves 3 no asistieron tres grupos; esto significa en el primer caso la ausencia de aproximadamente 15 niñas y 30 niñas en el segundo. También se hicieron mediciones en el sanitario para niñas de pre-primaria “Libano” durante dos días, teniéndose los resultados que se muestran en el cuadro 3.7

Cuadro 3.6 Registro de la medición del tiempo transcurrido en el sanitario de niñas en la escuela primaria.”Arturo Pichardo”

Miércoles		Jueves		Viernes	
Hora	Intervalo (minutos)	hora	Intervalo (minutos)	Hora	Intervalo minutos
8:36		9:28		9:54	
8:50	14	9:36	8	9:57	3
9:05	15	9:54	13	10:10	13
9:12	7	10:00	6	10:25	15
9:22	10	10:02	2	10:45	20
9:39	17	10:04	2	11:35	50
9:43	4	10:16	12	11:40	5
9:46	3	10:20	4	11:44	4
9:55	9	10:34	14	11:50	6
10:00	5	11:01	27		
10:08	8	11:15	14		
10:18	10	11:32	17		
10:26	8	11:35	3		
10:32	6	11:40	5		
10:35	3	12:06	26		
10:40	5	12:20	14		
10:46	6	12:50	-		
11:00	14	13:29	69		
11:04	4	13:47	8		
11:18	14	14:04	17		
11:21	3	14:34	30		
11:25	4				
11:50	25				
12:00	10				
12:40	-				

13:06	66				
13:10	4				
13:37	27				
13:39	2				
13:45	6				
13:47	2				
14:04	17				
14:09	5				
14:23	14				

### 3.5.3. Escuela Nivel Superior.

Con respecto a instituciones de educación superior, el cuadro 3.8 presenta el registro de mediciones en un sanitario para varones. Se decidió realizar el experimento en un inodoro de este sanitario y no en el de damas porque proporcionalmente el número de ellas es reducido en comparación con el de varones en la facultad de ingeniería de la UNAM.

**Cuadro 3.7 Registro de la medición del tiempo transcurrido entre usos sucesivos (i).  
de uso de sanitario para niñas de la pre-primaria “libano”  
Jueves 3 de septiembre 2008**

Hora	Intervalo (min)
9:20	
9:59	39
10:05	6
10:17	12
10:46	29
11:12	26
11:57	45
Viernes 4 sep. 2008	
9:25	
9:50	25
11:08	18
11:21	13
12:31	10

**Cuadro 3.8 Registro de la medición del tiempo transcurrido entre usos sucesivos (i).  
de un inodoro de sanitarios de hombres ,institucion de Educacion Superior**

Miércoles 17-sep-08		Jueves 18 de sep 08		Viernes 19 de sep 08	
Hora	Intervalo (minutos)	Hora	Intervalo (minutos)	Hora	Intervalo minutos
8:33		9:13		11:47	
8:34	0:85	9:40	3:98	11:51	3:82
8:36	1:03	9:43	2:23	11:53	1:88
8:37	1:48	10:04	3:02	11:54	1:55
8:38	1:13	10:07	2:16	12:30	6:31
8:40	1:35	10::09	2:03	12:31	0:23
8:43	3:03	10:17	8:12	12:34	3:67
8:49	6:03	10:20	2:43	12:36	1:97
8:55	5:93	10:21	1:75	12:54	17:53
8:57	2:57	10:28	6:7	12:59	4:75
8:59	1:76	10:41	13:48	12:59	0:66
9:00	1:30	11:29	47:53	13:02	2:51
9:01	1:05	11:35	6:00	13:04	1:93
9:04	2:23	11:42	6:98	13:08	4:18
9:05	1:23	11:43	1:18	13:10	1:96
				13:13	3:10

### 3.5.4 Resultado del experimento llevado a cabo en edificio de uso recreativo.

En el cuadro 3.9 y 3.10 se presentan los registros de las mediciones llevadas a cabo en dos inmuebles destinados al uso recreativo; se hicieron las mediciones del intervalo entre dos usos sucesivos de un inodoro del sanitario para varones y de un inodoro del sanitario para damas; en ambos inmuebles en el caso del restaurante, la campaña de medición se realizó durante tres días de la semana. En la sala de conciertos se hicieron mediciones durante dos días de conciertos procurando seleccionar los de mayor cantidad de espectadores.

Cuadro 3.9a Registros de las mediciones llevadas a cabo en inmuebles destinados al uso recreativo."Fonda el Morral"

<b>Lunes 29 septiembre 2008</b>			
Damas		Varones	
Hora	Intervalo (min)	Hora	Intervalo (min)
11:14		10:05	
12:07	35	11:15	70
12:12	5	11:17	2
13:53	101	14:43	206
14:02	9	15:40	57
14:18	16	16:08	28
14:35	17	16:14	6
14:44	9		
15:07	23		
15:18	11		
16:01	43		
16:18	17		
16:45	27		
16:46	1		
17:16	30		
17:32	16		
17:35	3		
17:55	20		
17:59	4		

Cuadro 3.10 Registros de las mediciones llevadas a cabo en inmuebles destinados al uso Recreativo "Fonda el Morral"

<b>Martes 30 septiembre 2008</b>			
Damas		Varones	
Hora	Intervalo (min)	Hora	Intervalo (min)
12:31		12:26	36
14:04	93	13:02	37
14:17	13	13:39	26
14:18	1	14:05	14
15:08	50	14:19	6
15:23	15	14:25	19
15:25	2	14:44	32
15:26	1	15:16	4
15:35	9	15:20	6
15:58	23	15:25	2
16:45	47	15:28	2

17:16	31	16:16	48
		16:22	6
		16:30	8
		16:31	1
		16:48	17
		17:02	14
		17:09	7

Cuadro 3.9a Registros de las mediciones llevadas a cabo en inmuebles destinados al uso Recreativo "Fonda el Morral".

<b>Viernes 3 de octubre 2008</b>			
Damas		Varones	
Hora	Intervalo (min)	Hora	Intervalo (min)
13:25		13:22	
14:17	52	14:29	67
14:31	14	14:32	23
14:45	14	14:55	23
14:47	2	15:21	26
14:52	5	15:24	3
15:11	19	16:00	36
15:24	13	16:17	17
16:08	44	16:22	5
16:33	25	16:39	17
16:34	1	16:52	13

Cuadro 3.10a Registros de las mediciones llevadas a cabo en inmuebles destinados al uso Recreativo "Sala de conciertos Netzahualcoyotl"

<b>Domingo 5 octubre 2008</b>			
Damas		Varones	
Hora	Intervalo (min)	Hora	Intervalo (min.)
11:34		12:27	
11:36	2.05	13:08	41.75
11:41	47		
11:45	3.15		
12:05	20.25		
12:11	5.85		
12:44	32.95		
13:05	10.48		
13:06	1.87		
13:08	1.97		

14:10	61.25		
14:15	5.13		

Cuadro 3.10b Registros de las mediciones llevadas a cabo en inmuebles destinados al uso Recreativo "Sala de conciertos Netzahualcoyotl"

Domingo 12 octubre 2008			
Damas		Varones	
Hora	Intervalo (min)	Hora	Intervalo (min)
10:52		13:10	
11:13	20.98	14:16	65.86
11:23	10.10		
11:42	19.31		
11:49	6.76		
11:53	4.23		
12:00	6.92		
12:20	19.92		
12:24	4.01		
13:06	42.2		
13:07	1.16		
13:09	1.05		
13:10	1.7		
13:12	1.45		
13:13	1.45		
13:16	2.51		
13:19	3.26		
14:06	43.38		
14:11	5.12		
14:17	4.23		
14:25	8.65		

### 3.6 Análisis del resultado del experimento.

#### 3.6.1 Análisis del resultado del experimento llevado a cabo correspondiente a edificios de tipo habitacional.

Considerando las 32 viviendas seleccionadas por su igualdad de condiciones en cuanto al número de ocupantes y a la cantidad de inodoros en operación, del cuadro 3.3 puede notarse lo siguiente con respecto al intervalo de los usos sucesivos de cada mueble individual:

1.- Aunque el promedio de los intervalos de la punta matutina de las viviendas con mas ocupantes mujeres (3) que hombres (2) es menor que en las viviendas con mayor proporción de hombres (3), con una diferencia de 2.84 minutos, esto es, 15.06 minutos en el

primer caso y 17.90 minutos en el segundo, no es posible afirmar categóricamente que cuando la proporción de mujeres en una vivienda es mayor que la de hombres, el intervalo entre usos sucesivos en las horas pico sea menor que en el caso contrario debido a que las 32 viviendas analizadas sólo nueve están en esta condición, mientras que son 18 las que están ocupadas por tres hombres y dos mujeres; las cinco restantes no presentan alguno de los patrones en cuestión. Por otra parte, el intervalo de menor valor anotado en el cuadro 4.2 que corresponde a las viviendas con mayor proporción de mujeres es de 6 minutos, mientras que en el caso de viviendas con mayor proporción de hombres es de 5 minutos.

2.- Sin tomar en cuenta a proporción de ocupantes por sexo, el intervalo promedio de la punta matutina para las 32 viviendas, resultó ser menor para la punta matutina que para la punta nocturna. 16.49 minutos, y 17.04 minutos respectivamente. Sin embargo, algunos datos del cuadro 4.3 pueden considerarse estadísticamente sospechosos por ser de pequeña magnitud, 5 minutos o de gran magnitud (33 minutos), en comparación con la mayoría de los datos. En virtud de lo anterior, a continuación se efectuará el análisis de las observaciones sospechosas empleando el criterio de Dixon.

Se ha calculado el promedio de intervalos mínimos de los periodos de punta matutino y vespertino para cada vivienda observada en la muestra, empleando los tres valores diarios obtenidos en el muestreo. De esta manera, se cuenta con una serie de 30 valores promedio de intervalos mínimos, dos por cada vivienda (cuadro 3.3). Se considera solo la serie de intervalos matutinos por ser los menores. El cuadro 3.11 se ha ordenado la serie de valores de mayor a menor. Intervalos mínimos en minutos, ordenados.

Cuadro 3.11 intervalos mínimos en minutos, ordenados

núm.	Número de orden	Intervalos (minutos)	núm.	Número de orden	Intervalo (minutos)	núm.	Número de orden	Intervalo (minutos)
1	1c	5	11	9c	11.66	21	8c	20.66
2	19	5	12	7c	12.33	22	12	21.66
3	14	6	13	6c	12.50	23	4c	23.00
4	10	6.66	14	5c	14	24	16	23.33
5	11	7.5	15	2d	15	25	5d	23.50
6	10d	8.33	16	15	17	26	4d	25.00
7	1c	10	17	13	17.66	27	6d	27.5
8	7d	11	18	8d	18.33	28	18	28.00
9	21	11	19	3c	18.33	29	17	31.00
10	9d	11.33	20	2c	19.5	30	30	33.00

Hace el análisis de rechazo de observaciones sospechosas empleando el criterio de Dixon. (Mendenhall, 2003)

Se calculará el valor estadístico "r" para los siguientes casos.

---

a.- Del elemento mínimo de la muestra, y

b.- Del elemento máximo de la muestra.

Para el primer caso, la confiabilidad de los 6 elementos menores, se tiene:

$$r = \frac{X_j - X_1}{X_i - X_1}$$

Donde:

$$l = n - (j - 1)$$

$$N = 30$$

$$J = 6$$

$$\text{Entonces. } l = 30 - (6 - 1) = 25$$

$$r = \frac{X_j - X_1}{X_i - X_1} = \frac{8.33 - 5}{23.50 - 5} = 0.18$$

El paso siguiente es el cálculo del valor estadístico admisible correspondiente al percentil definido por número de observaciones correspondientes al caso que se trate.

Para ello se emplea la tabla del anexo c.

Se obtiene  $f_{0.99} = 0.304$  que es el estadístico admisible.

Como  $r = 0.18 < 0.304$ , se acepta el elemento número 1 y por tanto los siguientes del cuadro 3.11

Para mayor confiabilidad, ahora de los cinco elementos mayores del cuadro 4.11, se tiene:

$$r = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_j}$$

Donde:

$$N = 30$$

$$J = 5$$

$$l = 30 - (6 - 1) = 25$$

$$r = \frac{X_{30} - X_{25}}{X_{30} - X_5} = \frac{33 - 23.5}{33 - 7.5} = 0.372$$

Como  $r=0.372 > 0.304$ , se rechaza el elemento número 30 del cuadro 3.11

Ahora.

$$r = \frac{X_{29} - X_{25}}{X_{29} - X_5} = \frac{31 - 23.5}{31 - 7.5} = 0.319$$

Como  $r=0.319 > 0.304$ , se rechaza el elemento número 29 del cuadro 3.11

Si consideramos ahora.

$$r = \frac{X_{28} - X_{25}}{X_{28} - X_5} = \frac{28 - 23.5}{28 - 7.5} = 0.220$$

Como  $r= 0.220 < 0.304$  se acepta el elemento numero 28 y los anteriores del cuadro 3.11

Con los valores aceptados del cuadro 3.11, se puede entonces obtener el intervalo mínimo promedio entre usos sucesivos de un inodoro en una edificación del tipo habitacional.

$$i = \frac{\sum X}{n} = \frac{430.78}{28} = 15.39$$

### 3.6.2 Análisis de resultados del experimento llevado a cabo correspondiente a edificios de uso de oficinas.

Como puede verse en el cuadro 3.4 y cuadro 3.5, en los dos edificios de oficinas muestreados durante tres días, se uso con más frecuencia el inodoro seleccionado del sanitario para mujeres, que el seleccionado en el sanitario para hombres. Por supuesto que esto se debe a que los hombres, tienen la opción de utilizar el urinario, por lo que este mueble se usa más intensamente en los sanitarios para hombre. Debido a esta razón; se utilizarán los registros correspondientes al inodoro del sanitario para damas.

Los registros obtenidos, muestran que en este caso no existe un periodo de punta claramente definido, si no que el uso de los muebles se distribuyen a lo largo de la jornada de trabajo. se observan algunos intervalos de usos sucesivos muy cortos (tres son menores a un minuto) mientras que los intervalos mayores son de aproximadamente 40 minutos. Con respecto a los intervalos más cortos registrados, su ocurrencia se debe a que en un mismo usuario acciona el fluxómetro dos veces, una al llegar al gabinete y otra al retirarse; las observaciones muestran que esta es una práctica muy común en los sanitarios de uso

público . Para fines de las aplicaciones del modelo de Hunter en este caso se consideró que lo más adecuado es utilizar el intervalo promedio que resulte de los registros obtenidos durante los tres días de medición del tiempo entre usos sucesivos del inodoro para mujeres en observación. En virtud de que los datos muy cortos o muy largos se consideraron dudosos, a continuación se hace el análisis de rechazo de observaciones sospechosas empleando el criterio de Dixon. El cuadro 3.12 muestra el arreglo de menor a mayor valor de los datos registrados en el cuadro 3.4.

Cuadro 3.12 Intervalos del cuadro 3.4 en minutos ordenados de menor a mayor valor Correspondientes a los edificios de uso de oficinas.

número	intervalo	Número	intervalo	Número	intervalo	número	intervalo
1	0:70	29	3:66	57	6:92	85	14:48
2	0:83	30	3:83	58	7:15	66	15:12
3	0:97	31	3:88	59	7:15	87	15:48
4	1:10	32	3:92	60	7:28	88	15:58
5	1:16	33	3:95	61	7:47	89	16:45
6	1:18	34	3:97	62	7:58	90	16:70
7	1:22	35	4:02	63	7:86	91	16:77
8	1:48	36	4:02	64	7:87	92	17:60
9	1:48	37	4:15	65	7:90	93	18:92
10	1:50	38	4:18	66	8:03	94	19:75
11	1:60	39	4:30	67	8:05	95	20:10
12	1:86	40	4:58	68	8:42	96	21.11
13	2:03	41	4:65	69	8:93	97	21:62
14	2:13	42	4:78	70	9:22	98	22:43
15	2:22	43	4:82	71	9:57	99	22:85
16	2:32	44	4:83	72	10:60	100	23:68
17	2:35	45	4:88	73	11:30	101	23:90
18	2:60	46	5:33	74	11:37	102	24:32
19	2:63	47	5:38	75	11:80	103	24:52
20	2:70	48	5:45	76	11:85	104	27:75
21	3:02	49	5:68	77	12:02	105	33:95
22	3:03	50	5:82	78	12:36	106	35:78
23	3:03	51	6:03	79	12:37	107	37:11
24	3:23	52	6:18	80	12:57	108	40:05
25	3:30	53	6:50	81	12:58	109	41:27
26	3:42	54	6:58	82	13:00	110	41:32
27	3:45	55	6:75	83	13:75		
28	3:55	56	6:77	84	13:95		

---

Dudando de los diez elementos menores se tiene:

$$r = \frac{X_j - X_1}{X_i - X_1}$$

Donde:

$$i = n - (j - 1)$$

$$n = 110$$

$$j = 10$$

$$\text{Entonces: } 110 - (10 - 1) = 101$$

$$r = \frac{X_{10} - X_1}{X_{101} - X_1} = \frac{1.5 - 0.70}{23.90 - 0.70} = 0.034$$

El paso siguiente, es el cálculo del valor estadístico admisible correspondiente al percentil definido por el número de observaciones correspondientes al caso que se trate.

Se obtiene  $f_{0.90} = 0.304$  que es el estadístico admisible.

Como  $r = 0.034 < 0.304$  se acepta el elemento número 1 y por tanto los siguientes del cuadro 3.12

Dudando ahora de los cinco elementos mayores del cuadro 3.12, se tiene:

$$r = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_j}$$

Donde:

$$n = 110$$

$$J = 10$$

$$I = 101$$

$$r = \frac{X_{110} - X_{101}}{X_{110} - X_{10}} = \frac{41.32 - 23.90}{41.32 - 1.5} = 0.437$$

Como  $r = 0.437 > 0.304$ , se rechaza el elemento número 110 del cuadro 3.12

---

Ahora.

$$r = \frac{X_{109} - X_{101}}{X_{109} - X_{10}} = \frac{41.27 - 23.90}{41.27 - 1.5} = 0.437$$

Como  $r=0.437 > 0.304$ , se rechaza el elemento número 109 del cuadro 3.12

Considerando el elemento 108, se tiene:

$$r = \frac{X_{108} - X_{101}}{X_{108} - X_{10}} = \frac{40.05 - 23.90}{40.05 - 1.5} = 0.419$$

Como  $r=0.419 > 0.304$ , se rechaza el elemento número 108 del cuadro 3.12

Ahora.

$$r = \frac{X_{107} - X_{101}}{X_{107} - X_{10}} = \frac{37.11 - 23.90}{37.11 - 1.5} = 0.370$$

Como  $r=0.370 > 0.304$ , se rechaza el elemento número 107 del cuadro 3.12

Si tomamos el elemento 106

$$r = \frac{X_{106} - X_{101}}{X_{106} - X_{10}} = \frac{41.27 - 23.90}{41.27 - 1.5} = 0.346$$

Como  $r=0.346 > 0.304$ , se rechaza el elemento número 106 del cuadro 3.12

Entonces, se considera el elemento 105

$$r = \frac{X_{105} - X_{101}}{X_{105} - X_{10}} = \frac{41.27 - 23.90}{41.27 - 1.5} = 0.310$$

Como  $r=0.310 > 0.304$ , se rechaza el elemento número 105 del cuadro 3.12

Consideramos el elemento 104

$$r = \frac{X_{104} - X_{101}}{X_{104} - X_{10}} = \frac{27.75 - 23.90}{27.75 - 1.5} = 0.147$$

Como  $r=0.147 < 0.304$ , se acepta el elemento número 104 y los anteriores del cuadro 3.12

---

Con los valores aceptados del cuadro 3.12 puede entonces obtenerse el intervalo mínimo promedio entre usos sucesivos de un inodoro en edificación de tipo de oficinas.

$$j = \frac{\sum X}{n} = \frac{877.10}{104} = 8.4 \text{ min}$$

### **3.6.3 Análisis de resultados de la investigación llevada a cabo correspondiente a edificios institucionales.**

#### **3.6.3.1 Análisis de resultados correspondientes del edificio de educación básica.**

Los niños usaron preferentemente el urinario de canaleta, y raramente usaron el inodoro seleccionado para la medición o cualquier otro, por lo que se analizó únicamente el registro obtenido en el sanitario para niñas. En este caso, el uso del inodoro fue constante desde las 8:30 horas que es la hora de entrada a la escuela hasta el término del recreo que es a las 12:30 hrs, y por ello se consideraron hasta cuatro horas como periodo de punta; se usaron los registros correspondientes a los días miércoles 3 y jueves 4 de septiembre, durante los cuales, se monitoreó el mismo inodoro; el registro del viernes 5 de septiembre tuvo escasas anotaciones porque se cambió, de lugar el sensor, lo que indica que existe preferencia de las niñas en cuanto a los gabinetes que usan.

Con los registros analizados, se obtuvo un promedio entre usos sucesivos, del inodoro de 8.87 minutos para el miércoles 3 y de 11.47 minutos para el jueves 4. El mayor número de usos del inodoro durante el miércoles, se debió a las condiciones climáticas pues fue un día frío y algo lluvioso, mientras que el jueves fue templado. Se adoptaran 9 minutos como intervalo.

#### **3.6.3.2 Análisis de resultados correspondientes a edificios de educación media superior y superior.**

El cuadro 4.8 muestra los registros obtenidos en un edificio de este tipo debido a la mayor población de sexo masculino en el edificio monitoreado; se colocó el sensor en un inodoro del sanitario para varones. Como puede verse, se tuvo un uso intensivo del sanitario durante todo el turno matutino, que es de 7 hrs a 13 hrs el congestionamiento del sanitario puede notarse en los registros por los cortos intervalos de tiempo entre accionamiento de la válvula de fluxómetro, de alrededor de un minuto, de donde se infiere que el mueble está siendo usado como urinario pues aunque el urinario existente es de canaleta, con capacidad para varios usuarios, es insuficiente en los periodos de punta.

También se observa que existen tres periodos de punta apenas ligeramente definidos, que son de 8:30 hrs a 10:30 hrs, a 12:30 hrs y 13:00 hrs 13:30 hrs. Estos periodos guardan

---

relación con el inicio y termino de las clases, que son módulos de 1.5 hrs de duración comenzando a las 7 hrs.

En las dos horas que abarca el primer periodo de punta, se presentaron 25 usos del inodoro monitoreado que representan 54.3 % de los usos totales en la jornada de medición, mientras que el 45.7% restante de los usos totales en la jornada de medición, se obtuvieron en 3 hrs, que abarcaron dos periodos de punta, de manera que el periodo de punta crítico se tiene entre 8:30 hrs y 10:30 hrs, con un intervalo promedio entre usos sucesivos del inodoro de 2.98 minutos, que pueden redondearse a 3 minutos.

### **3.6.4 Análisis de resultados de la investigación llevada a cabo en edificios de uso recreativo.**

#### **3. 6. 4.1 Análisis de resultados correspondientes a restaurantes y similares.**

Los registros del cuadro 4.9 evidencian, en principio, el uso intensivo de los inodoros por las mujeres, mientras que en el sanitario para hombre los inodoros son usados en forma esporádica, por esta razón se consideraron los registros correspondientes a los sanitarios para damas para la definición del periodo de punta y el intervalo de los usos sucesivos del inodoro.

El periodo de punta se sitúa entre las 14:00 y las 15:30 hrs y aunque se tuvieron instalados los sensores desde las siete horas, los usos de los inodoros fueron esporádicos hasta las 14:00 hrs.

El intervalo mínimo promedio de usos sucesivos correspondiente a los tres días de medición fue de 4 minutos para el restaurante en observación, que puede clasificarse como de tamaño medio. Se hicieron observaciones en restaurantes de mayor tamaño y, aunque no se hizo monitoreo constante, se consta que el comportamiento es similar en todo los casos.

#### **3.6.4.2 Análisis de los resultados correspondientes a sala de concierto, cines, teatros y similares.**

Las mediciones efectuadas en la sala de conciertos Netzahualcóyotl de la UNAM confirman el uso intensivo de los inodoros por las mujeres; como puede verse en el cuadro 3.10 se presentan dos periodos de punta por cada concierto, uno previo de 30 minutos y otro posterior aproximadamente de 20 minutos, que es el periodo crítico. Esta situación es lógico que suceda porque en los 30 min. Previos al concierto, los espectadores van llegando paulatinamente, distribuyéndose el uso de los inodoros y otros muebles, mientras que al terminar el concierto todos los espectadores están ya reunidos y los usuarios de los sanitarios se concentran ocasionando congestión, en particular en los sanitarios para damas y no obstante la gran cantidad de inodoros, las usuarias tiene que hacer una línea de espera; el intervalo promedio resultante de los dos día de medición fue de 1.46 minutos.

---

Se efectuaron observaciones y monitoreo constante en algunos cines de manera previa y posterior a la exhibición de películas con boletaje agotado, presentándose un comportamiento similar que confirma el patrón expuesto.

### **3.7 Conclusiones del experimento para la determinación del tiempo entre operaciones sucesivas de inodoros en edificios con diferente tipo de uso.**

1.- Del análisis del monitoreo efectuado se concluye que el tiempo que transcurre entre operaciones sucesivas en un inodoro durante el periodo de punta, depende principalmente de los siguientes factores:

- a.- De tipo de uso que se da a los inmuebles pudiendo ser las edificaciones de alguno de los siguientes grupos:

Habitacionales

Oficinas

Institucionales

Recreativos.

- b.- Del sexo de las personas para quienes está dispuesto el inodoro, ya que en sanitarios públicos para mujeres el tiempo entre usos sucesivos de inodoros es menor que en los sanitarios para hombres. Esta diferencia notoria en edificios de oficinas, institucionales y recreativos no fue, sin embargo, evidente en los edificios habitacionales, porque la muestra no fue lo suficientemente grande para observar las diferencias entre viviendas con más mujeres que hombres y aquellas que están en el caso contrario. Se estima que este análisis no es importante debido a que el número de habitantes promedio con vivienda es de solo 5 personas cuya distribución por sexo tendería a ser proporcionalmente mayor en la cantidad de hombres ( en la poblaciones humanas nacen aproximadamente 106 varones por cada 100 mujeres).

2.- Existen otros factores que tienen influencia en el intervalo como lo es el clima, ya que en los días fríos o lluviosos las personas acuden más veces al sanitario.

3.-El cuadro 3.13 que se presenta a continuación, es un resumen de los periodos de punta y de los intervalos que se proponen con base en el análisis de las mediciones efectuadas en edificios de diferente tipo de uso.

Cuadro 3.13 Valores de la frecuencia de uso (i) propuestos en función del tipo de uso del Edificio en el periodo de punta crítico.

<b>Tipo de uso</b>	<b>Periodo de punta crítico</b>	<b>Frecuencia de uso (i) (minutos)</b>
Habitacional	6:00 a 9:00	15.39
Institucionales:	Todo el turno	9.0
- educación media básica	15 a 20 min	3.0
- educación media superior	Después de clase	
Oficina	Todas las jornadas de trabajo	8.4
Recreativo:	14:00 a 15:30	
-Restaurantes y similares.	15 a 20 min	4.00
-salas de concierto, cines y similares	Después de cada Función.	1.46

---

## Capítulo 4 Principios de Simulación Estocástica.

### 4.1 Introducción.

Es un intento de modelar situaciones de la vida real por medio de un programa de computadora, lo que requiere ser estudiado para ver cómo es que trabaja el sistema. Ya sea por cambio de variables, quizás predicciones hechas acerca del comportamiento del sistema.

Tradicionalmente, el modelado formal de sistemas ha sido a través de un modelo matemático, que intenta encontrar soluciones analíticas a problemas que permiten la predicción del comportamiento de un sistema de un conjunto de parámetros y condiciones iniciales. La simulación por computadora es frecuentemente usada como un accesorio para, o sustitución de los sistemas de modelado.

Aunque la construcción de modelos inició desde el renacimiento, el uso moderno de la palabra simulación es de 1940, cuando los científicos Von Neuman y Ulam resolvieron problemas de reacciones nucleares. (Coss , 2007)

En esta tesis se utilizó la simulación para la generación de variables aleatorias relevantes al tema, por lo que es importante abordar los principios de esta área que surgen de efectuar simulaciones reales.

### 4.2 Definición de simulación.

Es conveniente describir una definición de la palabra simulación.

Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo, con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema. (Coss , 2007)

Un estudio de simulación es recomendable porque presenta importantes ventajas respecto a la elaboración de un modelo físico y /o matemático en cuanto tiempo, costos y generación de valores de las variables aleatorias además de que:

- La simulación de sistemas complejos puede ayudar a entender mejor la operación del sistema, a detectar las variables que interactúan en el sistema y a entender mejor las interacciones entre estas variables.

- 
- La técnica de simulación se pueden utilizar para experimentar con nuevas situaciones sobre sistemas de los que se tiene poca o ninguna información.

Una vez definidos con exactitud los resultados que se esperan obtener del estudio, se define y construye el modelo con el cual se obtendrán los resultados deseados. En la formulación del modelo es necesario definir todas las variables que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describan en forma completa el modelo.

#### **Figura 4.1**

#### **4.3 Generación de números aleatorios uniformemente distribuidos.**

En todos los experimentos de simulación existe la necesidad de generar valores de variables aleatorias que representan a una cierta distribución de probabilidad. Sin embargo, es conveniente señalar que el proceso de generación de variables aleatorias no uniformes se hace a partir de la generación de números aleatorios uniformemente distribuidos.

(Pazos , 2003)

La importancia de los números rectangulares (distribución uniforme) radica en su uso para la generación de variables aleatorias más complicadas, que son requeridas en los experimentos de simulación.

Independientemente del proceso o procedimiento que se utilice para la generación de los números rectangulares estos deben de poseer ciertas características que aseguren la confiabilidad de los resultados obtenidos de la simulación:

- Uniformemente distribuidos
- Estadísticamente independientes
- Reproducibles

(Averill M.Law, W.David Kelton, 1997)

Finalmente los números aleatorios uniformemente distribuidos generados a través de relaciones de recurrencia son números considerados por ciertos matemáticos como pseudoaleatorios, por ser una sucesión de dígitos generada mediante una regla puramente determinística.

Una técnica para generar números aleatorios uniformemente distribuidos es:

Los generadores aleatorios basados en software utilizan algoritmos determinísticos para la generación de números “pseudoaleatorios” y constituyen un pilar básico en investigación, no en vano, el campo de la simulación, se alimenta de dichos generadores al contar éstos con importantes ventajas frente a los generadores aleatorios basados en fenómenos físicos. Otra característica es la posibilidad de reproducir la misma secuencia cuantas veces sea necesario empleando el mismo algoritmo y la misma semilla. (Wayne. C.Winston, 1998)

Pese a que pueden ser útiles en condiciones de poca exigencia, los algoritmos incluidos en los modernos lenguajes de programación suelen ser de mayor complejidad consiguiendo así un período mayor (el período es el tamaño máximo de la serie que puede ofrecer un determinado algoritmo determinístico antes de volver a repetir los valores).

---

Existen al respecto numerosos modelos de pruebas de contraste encaminadas a evaluar la calidad del algoritmo, evidentemente, no basta con que la secuencia parezca aleatoria y deben cumplirse las leyes de la probabilidad.

#### 4.4 Generadores congruenciales lineales.

Varios esquemas han sido propuestos para la generación de los números pseudo-aleatorios a través de relaciones matemáticas de recurrencia. Estos números se consideran pseudo-aleatorios, porque aunque pasan todas las pruebas estadísticas de aleatoriedad, ellos son de hecho completamente determinísticos.

Los dos métodos congruenciales más populares son:

- Congruencial mixto.
- Congruencial multiplicativo.

##### 4.4.1 Congruencial mixto.

Los generadores congruenciales generan una secuencia de números pseudo-aleatorios en la cual el próximo número pseudo-aleatorio es determinado a partir del último número generado, es decir, el número pseudo-aleatorio  $X_{n+1}$ , es derivado a partir del número pseudo-aleatorio  $X_n$ . Para el caso particular del generador congruencial mixto, la relación de recurrencia es la siguiente: (Coss, 2007)

$$X_{(n+1)} = (aX_n + C) \text{ mod } m \quad (4.1)$$

Donde:

$X_n$  = La semilla ( $X_0 > 0$ )

$a$  = El multiplicador ( $a > 0$ )

$C$  = Constante aditiva ( $C > 0$ )

$m$  = El módulo ( $m > X_0$ ,  $m > a$  y  $m > c$ ).

Esta relación de recurrencia nos dice que  $X_{n+1}$  es el residuo de dividir a  $\{aX_n + c\}$  entre el módulo "m". Lo anterior significa que los valores posibles de  $X_{n+1}$  son 0,1,2,3,... m-1, es decir "m" representa el número posible de valores diferentes que pueden ser generados.

---

Es necesario establecer reglas que pueden ser utilizadas en la selección de los valores de los parámetros para que el generador resultante tenga periodo completo. Algunas de estas reglas se mencionan a continuación.

#### 4.4.1.1 Selección de “m”. (Coss, 2007)

Existen dos opciones para seleccionar el valor apropiado del módulo:

1.- Seleccionar “m” de modo que sea el número primo más grande posible y a que a su vez sea menor que  $p^d$ , donde “p” es la base del sistema (binario, decimal, hexadecimal, etc.) que se está utilizando y “d” es el número de bits.

2.- Seleccionar “m” como  $p^d$  cuando “m” toma este valor se facilita el cálculo del número rectangular  $(U_N = \frac{X_R}{M})$ , ya que solo se recorre el punto binario o decimal a la izquierda del número, sin embargo; se ha comprobado que cuando el módulo toma este valor, los últimos dígitos del número pseudo-aleatorio generado no se comporta en forma aleatoria.

#### 4.4.1.2 Selección de “a”.

El valor seleccionado de a debe ser entero impar, además no debe ser divisible por 3 o 5, sin embargo, si queremos asegurar que el generador tenga periodo completo el valor de a se debe de seleccionar de acuerdo al siguiente criterio:

(a-1) mod 4 = 0 si 4 es un factor de m

(a-1) mod d = 0 si b es un factor primo de m

Usualmente se selecciona a como  $2^k + 1$  cuando se trabaja en sistema binario y  $10^k + 1$  cuando se trabaja en sistema decimal, en ambos casos el valor de k debe ser igual o menor a 2.

#### 4.4.1.3 Selección de “c”.

El valor seleccionado para este parámetro puede ser cualquier constante; sin embargo, si se desean asegurar buenos resultados el valor de “c” debe ser  $c \bmod 8 = 5$  si se trabaja en sistema binario y  $c \bmod 200 = 21$  si se trabaja el sistema decimal.

Más específicamente, el valor de “c” debe ser un entero impar y relativamente primo de “m”

---

#### 4.4.1.4 Selección de “ $x_0$ ”

Para el generador congruencial mixto se ha encontrado que el valor de la semilla es irrelevante, es decir, el valor de este parámetro resulta tener poca o ninguna influencia sobre las propiedades estadísticas de las sucesiones.

Finalmente, antes de terminar la discusión de este generador, conviene señalar que existen otras formas matemáticas de representarlo. (Rios, 2004)

Tales formas son las siguientes.

$$X_n = \left\{ a^n X_0 + c \left\{ \frac{a^n - 1}{a - 1} \right\} \right\} \text{ mod } m \quad (4.2)$$

$$X_{n+k} = \left\{ a^n X_k + c \left\{ \frac{a^n - 1}{a - 1} \right\} \right\} \text{ mod } m \quad (4.3)$$

Con la expresión (4.2) el “n-ésimo” número pseudo-aleatorio se obtiene a partir de la semilla. Con la expresión (4.3) el “n + k-ésimo” número pseudo-aleatorio.

#### 4.5 Congruencia multiplicativo.

Al igual que el generador congruencial mixto, el generador congruencial multiplicativo determina el próximo número pseudo-aleatorio a partir del último número generado, de acuerdo a la siguiente relación de recurrencia:

$$X_{n+1} = aX_n \text{ mod } m \quad (4.4)$$

Para este generador se recomienda también seleccionar adecuadamente los valores de los parámetros  $a$ ,  $X_0$  y  $m$ , con el fin de asegurar un periodo máximo para las sucesiones generadas por este método, los valores de estos parámetros dependerán del sistema en que se trabaje, es decir, estos parámetros tomarán valores distintos, si se trabaja en sistema decimal, que si se trabaja en sistema binario.

Por consiguiente, a continuación se describen las reglas que se recomiendan seguir para seleccionar los valores de “ $a$ ,”  $X_0$  “ y  $m$  dependiendo de si el sistema en que se trabaja es binario o decimal

##### 4.5.1 Sistema decimal.

---

Si se trabaja en sistema decimal, los valores de los parámetros deben ser seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios:

1.- El valor de la semilla puede ser cualquier entero impar no divisible entre 2 o 5 y debe ser relativamente primo a "m".

2.- El valor seleccionado de a debe ser obtenido de acuerdo a la siguiente identidad.

$$a = 200t \pm p \quad (4.5)$$

Donde:

"t" es cualquier entero.

"P" puede ser 3, 11, 19,..etc. 3.- El valor seleccionado de m puede ser  $10^d$

Si  $m=10$  y  $d \geq 5$  el periodo generador es  $5 \times 10^{d-2}$

Si  $m=10^d$  y  $d < 5$  entonces el periodo del generador se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{periodo} = \text{Minimo comun múltiplo}\{l(P_1^{d1}), (P_2^{d2}), \dots, (P_n^{dn})\}$$

#### 4.5.2 Sistema binario. (Pazos , 2003)

Si se trabaja en sistema binario, los valores de los parámetros deben ser seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios:

1.- El valor de la semilla puede ser cualquier entero impar relativamente primo a m.

2.- El valor seleccionado de a debe ser obtenido a partir de la siguiente expresión:

$$a = 8t \pm 3 \quad (4.6)$$

Donde t es cualquier entero.

3.- El valor seleccionado de m puede ser  $2^d$

Si  $m=2$  el periodo del generador es  $2^d$  o  $\frac{m}{4}$

---

#### 4.6 Pruebas estadísticas para los números pseudo-aleatorios .(Kelton, 2005,3°ed.) (Economía, 2001)

Puesto que cualquier variable aleatoria no uniforme (normal, exponencial, poisson, etc), es obtenida a partir de números uniformes (0,1), el principal énfasis en pruebas estadísticas deberá ser con respecto al generador de números pseudo-aleatorios, ya que cualquier deficiencia estadística, en la distribución de la variable aleatoria no uniforme, se deberá exclusivamente a la utilización de un deficiente generador de números pseudo-aleatorios

##### 4.6.1 Prueba de los promedios. (Coss, 2007)

Quizá la función de densidad de probabilidad más simple es aquella que se caracteriza por ser constante en el intervalo (0,1) y cero fuera de él. Esta función de densidad define la distribución conocida como uniforme o rectangular. Matemáticamente, la función de densidad uniforme se define como: (Coss, 2007)

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases} \quad (4.7)$$

En esta expresión,  $x$  es una variable aleatoria definida en el intervalo (0;1), por otra parte, la distribución acumulada  $F(x)$ , de una variable aleatoria  $x$  uniformemente distribuida, se puede obtener como:

$$F(x) = \int_0^x 1 dt \quad (4.8)$$

El valor esperado y la variancia de una variable aleatoria uniformemente distribuida, está dada por la expresión:

$$E(x) = \int_0^1 x(1) dt = \frac{1}{2} \quad (4.9)$$

---


$$\text{var}(x) = \int_0^1 \left(x - \frac{1}{2}\right)^2 (1)dx = \frac{1}{12} \quad (4.10)$$

Conociendo los parámetros de la distribución uniforme, (Coss, 2007) es posible plantear una prueba de hipótesis de promedios, con la cual se trata de probar que los números pseudo-aleatorios generados provienen de un universo uniforme con media de 0.5. Mas específicamente, una prueba de hipótesis de promedios puede ser planteada de la siguiente forma:

Hipótesis nula  $H_0: u = \frac{1}{2}$

Hipótesis alternativa  $H_1: u \neq \frac{1}{2}$

La realización de esta prueba requiere obtener una muestra de tamaño “N”, es decir, es necesario generar “N” números pseudo-aleatorios. En seguida su promedio aritmético es determinado de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\bar{x} = \frac{U_1 + U_2 + \dots + U_N}{N} \quad (4.11)$$

En seguida se determina el valor del estadístico  $Z_0$  utilizando la siguiente expresión.

$$Z_0 = \frac{\left(\bar{x} - \frac{1}{2}\right)\sqrt{N}}{\sqrt{\frac{1}{12}}} \quad (4.12)$$

Si  $|Z_0| < Z_{\frac{\alpha}{2}}$

Entonces no se puede rechazar la hipótesis de que los números pseudo-aleatorios generados provienen de un universo uniforme con media de 0.5

#### 4.6.2 Prueba de frecuencias.

Probablemente una de las más importantes pruebas sobre aleatoriedad de los números pseudo-aleatorios es la prueba de las frecuencias. Esta prueba consiste en dividir el

intervalo (0,1) en "n" subintervalos para luego, comparar para cada subintervalo la frecuencia esperada en la frecuencia observada. Si estas frecuencias son bastantes parecidas, entonces la muestra proviene de una distribución uniforme. El estadístico que se utiliza en esta prueba es  $\chi_0^2$  el cual se obtiene con la siguiente expresión: (Coss , 2007).

$$\chi_0^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(FO_i - FE_i)^2}{FE_i} \quad (4.13)$$

Donde:

$FO_i$  = Frecuencia observada del  $i^{\text{th}}$  subintervalo

$FE_i$  = Frecuencia esperada del  $i^{\text{th}}$  subintervalo  $\left(\frac{N}{n}\right)$

N= Tamaño de la muestra

n= número de subintervalos.

Este estadístico  $\chi_0^2$  se compara con  $\chi_{\alpha}^2 (n-1)$  , la cual representa a una variable aleatoria chi-cuadrada con (n-1) grados de libertad y un nivel de significado  $\alpha$ , si

$\chi_0^2 < \chi_{\alpha}^2 (n-1)$  Entonces no se puede rechazar la hipótesis de que la muestra proviene de una distribución uniforme.

#### 4.7 Generación de variables aleatorias no-uniformes.

En todo modelo de simulación estocástico, existen una o varias variables aleatorias interactuando ;generalmente estas variables siguen distribuciones de probabilidad teórica o empírica diferentes a la distribución uniforme, por consiguiente para simular este tipo de variables es necesario contar con un generador de números uniformes y una función que a través de un método específico, transforme estos números en valores de la distribución de probabilidad deseada, existen varios procedimientos para lograr este objetivo. (R. Azarag, 1998)

##### 4.7.1 Método de la transformada inversa. (Vladimirovna, 2001)

El método de la transformada inversa utiliza la distribución acumulada F(x) de la distribución que se va a simular; puesto que F(x) está definida en el intervalo (0,1), se puede generar un numero aleatorio uniforme R y tratar de determinar el valor de la variable aleatoria para la cual su distribución acumulada es igual a R, es decir, el valor simulado de la variable

---

aleatoria que sigue una distribución de probabilidad  $f(x)$  se determina al resolver la siguiente ecuación. (Wayne. C.Winston, 1998)

$$F(x) = R \text{ o } x = F^{-1}(R) \dots (4.14)$$

La dificultad principal de este método descansa en el hecho de que en algunas ocasiones es difícil encontrar la transformada inversa. Sin embargo, si esta función inversa ya ha sido establecida, generando números aleatorios uniformes se podrán obtener valores de la variable aleatoria que siguen la distribución de probabilidad deseada.

#### 4.7.2 Aplicación entre llegada de los usuarios

Se desea generar números al azar que sigan la siguiente distribución de probabilidad (García, 2006)

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{si } x < 0 \end{cases} \quad (4.15)$$

La distribución acumulada de esta distribución es:

$$F(x) = \int_0^x \lambda e^{-\lambda t} dt = 1 - e^{-\lambda t} \quad (4.16)$$

Utilizando la ecuación (4.14), es decir, igualando la distribución acumulada con el número uniforme  $R$  que se obtiene:

$$1 - e^{-\lambda x} = R \quad (4.17)$$

$$e^{-\lambda x} = 1 - R$$

Pero si  $R$  sigue una distribución uniforme, entonces  $1-R$  sigue esta distribución. Por consiguiente:

$$e^{-\lambda x} = R \quad (4.18)$$

$$x = -\frac{1}{\lambda} \ln R \quad (4.19)$$

(Jack R. Benjamin, 1996)

#### 4.7.3 Distribución de Poisson. (Garcia, 2006)

Aplicación: número de llegada de usuarios.

Se desea generar números al azar que sigan la siguiente distribución de probabilidad.

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, 3, \dots \dots \quad (4.20)$$

Donde:

$$E(x) = \lambda \quad \text{y} \quad V(x) = \lambda \quad (4.21)$$

Puesto que esta distribución de probabilidad es discreta, es necesario evaluar  $f(x)$  para cada valor de  $x$ , y entonces determinar la distribución acumulada  $F(x)$ .

##### 4.7.3.1 Distribución de Poisson. (Procedimiento alternativo)

(Vladimirovna y Gutierrez, 2001)

Ya se ha explicado como simular una distribución Poisson por el método de la transformada inversa. Sin embargo, la distribución Poisson se puede simular de otra manera si se hace uso de la relación existente entre esta distribución y la distribución exponencial. se puede demostrar que si:

1.- El número total de eventos que ocurren durante un intervalo de tiempo dado es independiente del número de eventos que ya han transcurrido previamente al inicio del intervalo

2.- La probabilidad de que un evento ocurra en el intervalo de  $t$  a  $t+\Delta t$  es aproximadamente para todos los valores de  $\lambda \Delta t$ , entonces:

1.- La distribución de probabilidad del tiempo entre eventos es

2.- La probabilidad de que ocurra  $x$  eventos durante el tiempo "T" es

$$f(x)^s = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad (4.21)$$

---

Donde:

$\lambda$  Es el número de eventos promedio que ocurre durante el tiempo T.

Por consiguiente, la simulación de una distribución de Poisson haciendo uso de la relación anterior, se haría de acuerdo a los siguientes pasos:

- 1.- Definir el tiempo T
- 2.- Simular mediante el método de la transformada inversa, números al azar que sigan una distribución exponencial con media  $\frac{1}{\lambda}$
- 3.- Sumar los tiempos entre eventos simulados en el paso anterior de modo que esta suma no sea mayor que T
- 4.- Contar de acuerdo al paso anterior, el número de eventos que ocurrieron durante el tiempo T.
- 5.- Repetir los pasos anteriores tantas veces como se desee.

#### 4.8 Procedimientos especiales.

Existen algunas distribuciones como la distribución Erlang, la distribución normal, etc, cuya simulación a través del método de la transformada inversa sería demasiado complicada. Para estas y algunas otras distribuciones, es posible utilizar algunas de sus propiedades para facilitar y agilizar el proceso de generación de números al azar,

##### 4.8.1 Distribución normal

(Vladimirovna y Gutierrez , 2001)

Se desea generar números al azar que sigan la siguiente distribución de probabilidad.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \text{ para } -\infty < x < \infty \quad (4.22)$$

Puesto que no es posible expresar la distribución acumulada de la distribución normal en forma explícita, entonces no es posible utilizar para la generación de números al azar, el método de la transformada inversa. En lugar de este método, se puede hacer uso del teorema de límite central, el cual establece que la suma de "n" variables aleatorias

independientes, se aproxima a una distribución normal a medida que "n" se aproxima a infinito. Lo anterior expresado en forma de teorema sería:

Si  $x_1, x_2, \dots, x_n$  es una secuencia de n variables aleatorias independientes.

Con  $E(x) = m$  y  $\text{var}(x) = \sigma_i^2$  (ambas finitas)

Y además  $Y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$

Entonces, bajo ciertas condiciones generales:

$$Z = \frac{Y - \sum_{i=1}^n a_i \mu_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2 \sigma_i^2}} \quad (4.23)$$

Tiene una distribución normal estándar a medida que "n" se aproxima a infinito.

Si las variables que se están sumando son uniformes en el intervalo (0,1) entonces.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n R_i - \frac{n}{2}}{\sqrt{\frac{n}{12}}} \quad (4.24)$$

Tiene una distribución normal estándar. Puesto que la normal estándar de una variable aleatoria "x" distribuida normalmente se obtiene como:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (4.25)$$

Entonces, la simulación de la variable aleatoria, se haría de acuerdo con la siguiente expresión.

$$x = \mu + \sigma \left( \frac{\sum_{t=1}^n R_t - \frac{n}{2}}{\sqrt{\frac{n}{12}}} \right) \quad (4.26)$$

Finalmente, se ha comprobado que utilizando un valor de  $n=12$ , la confiabilidad de los valores simulados es bastante aceptable.

También es obvio que utilizando un valor de  $n=12$ , resulta entonces:

$$x = \mu + \sigma \left( \sum_{t=1}^{12} R_t - 6 \right) \quad (4.27)$$

#### 4.8.2 Distribución Erlang.

Se desea generar números al azar que sigan la siguiente distribución de probabilidad:

(Coss , 2007)

$$f(x) = \frac{(\lambda n)^n}{(n-1)!} x^{n-1} e^{-\lambda n x} \quad \text{Para } x \geq 0 \quad (4.28)$$

Donde “ $n$ ” y  $\lambda$  son parámetros positivos, y además, el valor de “ $n$ ” está restringido a ser entero. Ha sido demostrado por algunos matemáticos que esta distribución es justamente la suma de “ $n$ ” variables aleatorias exponenciales cada una con valor esperado  $\frac{1}{\lambda}$ . Por consiguiente, para generar números al azar que sigan una distribución erlang, se necesita solamente sumar los valores simulados de  $n$  variables aleatorias exponenciales con media  $\frac{1}{\lambda}$ , es decir,

$$x = \sum_{t=0}^n x_t = - \sum_{t=1}^n \ln R_t = - \frac{1}{\lambda} \ln \sum_{t=0}^n R_t \quad (4.29)$$

Donde las ( $x_t$ ) siguen una distribución exponencial y han sido generadas por el método de la transformada inversa.

### 4.8.3 Distribución binomial.

(Coss, 2007)

Se desea genera números al azar que sigan la siguiente distribución de probabilidad:

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x} \quad \text{Para } x=1,2,\dots,n \quad (4.30)$$

Puesto que la distribución binomial es justamente la suma de “n” variables aleatorias de Bernoulli; entonces la generación de números al azar que sigan una distribución binomial, implica sumar los valores simulados de n variable aleatorias de Bernoulli, el procedimiento para generar esta distribución puede ser descrita en los siguientes pasos.

- 1.- Generar n números uniformes R
- 2.- Contar cuántos de estos números generados son menores que “p”
- 3.- La cantidad encontrada en el paso 2, es el valor simulado de la variable aleatoria “x”.
- 4.- Repetir los pasos anteriores tantos veces como se desee.

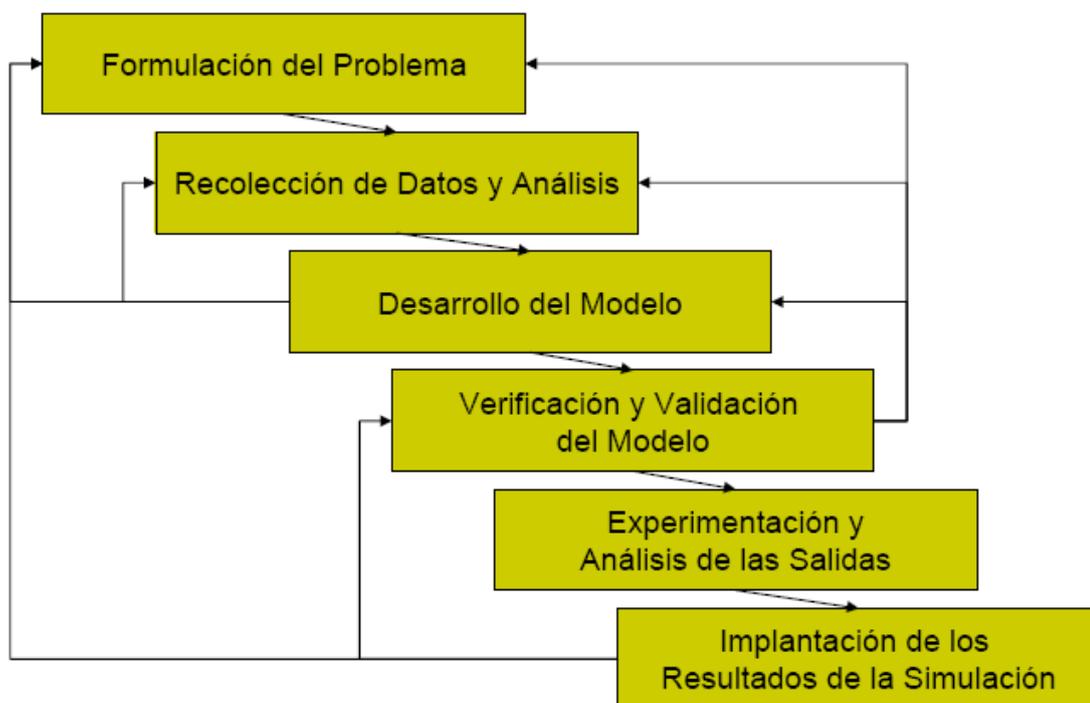


Fig.-4.1 Proceso de la secuencia para elaborar el algoritmo de la actualización

---

del modelo de Hunter.

## CAPITULO 5 Simulación del Modelo de Hunter mediante un programa de computadora.

### 5.1 Introducción.

Como se ha expuesto en los capítulos anteriores, para estimar el gasto de diseño de una instalación mediante el modelo de Hunter es necesario, proponer valores de tiempo de funcionamiento (t) –o sea la duración de la descarga de agua potable por la válvula de admisión de cada mueble- de la frecuencia de accionamiento de las válvulas (i) y del volumen de agua consumido en cada uso. En el cuadro 5.1 se resumen los valores obtenidos en esta tesis para edificios de uso habitacional con base al análisis de la información obtenida en campo efectuada como parte de la presente tesis descrita en el capítulo 3, así mismo en dicho cuadro se anotan los valores propuestos por el Dr. Hunter para comparación. Aquí es importante recordar que en su investigación original Hunter solamente considero el uso del agua en edificios de uso habitacional. En el cuadro 5.2 presenta los valores determinados en esta tesis para edificios con uso distinto al habitacional.

Cuadro 5.1 Cuadro comparativo de los valores de (t), (i) y (q) propuestos por Hunter con los obtenidos en el presente estudio (reision-1) para inodoros.

Mueble sanitario	Referencia	Frecuencia de uso (i) (minutos)	Duración de uso (t) (segundos)	Gasto (q) (litros/segundo)
Inodoro con	Hunter	5.0	9.0	1.70

fluxómetro	Revisión			
Inodoro con tanque	Hunter	5.0	60.0	0.25
	Revisión			
Regadera	Hunter	15	180	0.033
	Revisión			
Lavabo	Hunter	No estudiado	No estudiado	No estudiado
	Revisión	11.52	150	0.165

Los valores de las frecuencias (i) de los cuadros 5.1 y 5.2 consideran las horas de máxima demanda o periodo de punta.

Es muy importante en este punto destacar la relación entre los factores de tiempo, que está gobernada por los tres enunciados siguientes, extraídos del capítulo 2.

- 1.- Cuanto más grande es la duración de la descarga (t), mayor es la probabilidad de descargas sobrepuestas.
- 2.- Cuanto más corto sea el tiempo entre descargas (i), más grande será la probabilidad de coincidencia o sobre posición.
- 3.- A mayor extensión del periodo de punta, mayor será la probabilidad de coincidencia o sobre posición.

Aun sin considerar la reducción significativa en los gastos de cada aparato debido a las innovaciones en sus diseños, lo importante es la disminución considerablemente el gasto de diseño de las instalaciones con respecto al obtenido con los valores propuestos por Hunter, esto como consecuencia de la sustitución en el modelo de los factores de tiempo obtenidos en esta tesis, lo que puede preverse mediante la aplicación de los enunciados 1 a 3. En los siguientes apartados se analiza detalladamente la repercusión de los nuevos valores propuestos en la estimación del gasto de diseño de una instalación.

Cuadro 5.2 Valores de (t), (i) y (q) propuestos en el presente estudio para inodoros en edificios de uso distinto del habitacional.

Mueble sanitario	Tipo de uso	Frecuencia de uso (i) (minutos)	Duración de uso (t). (segundos)	Gasto (q) (litros/segundo)
Inodoro con fluxómetro	oficinas	8.40	7.0	0.857
Inodoro con tanque			180	0.033
Inodoro con fluxómetro	Educación	9.0	7.0	0.857

Inodoro con tanque	básica		180	0.033
Inodoro con fluxómetro	Educación superior	3.0	7.0	0.857
Inodoro con tanque			180	0.033
Inodoro con fluxómetro	Restaurantes Similares	4.0	7	0.857
Inodoro con tanque			180	0.033
Inodoro con fluxómetro	Sala de conciertos	1.46	7	0.857
Inodoro con tanque			180	0.033

## 5.2 Simulación del modelo de Hunter mediante un programa de computadora.

La sustitución de los factores de tiempo y gasto efectuadas por Hunter en su método para la obtención de las curvas de diseño mediante los procedimientos matemáticos expuestos en el capítulo 2 (ASCE,1943), entraña, una ardua labor que tomando en cuenta la época en que la realizó, hace aún más encomiable su investigación. La utilización del mismo procedimiento en esta tesis sería todavía más ardua, considerando que el objetivo es actualizar las curvas de diseño específicas para cinco usos distintos del habitacional, de manera que el uso de la innovación no solo es deseable sino indispensable.

“Resolver un problema” con una computadora significa mucho más que el trabajo que ejecuta la máquina. Será muy instructiva delinear el proceso completo de preparación de un problema típico de ingeniería para su solución con computadora. Para resolver un problema con un programa puede considerarse los siguientes siete pasos básicos. (Leblond, 1990)

- 1.- Definir el problema
- 2.-Determinar las entradas y las salidas
- 3.-Desarrollar un ejemplo de prueba
- 4.- Escribir el algoritmo
- 5.-Depurar el algoritmo para hacerlo algo más específico.
- 6.- Convertir el algoritmo a un programa
- 7.- Probar el programa.

---

La definición de un problema consiste en seleccionar un método general para la solución, decidir que combinaciones de objetivos debe satisfacer el sistema y especificar las condiciones bajo las cuales debe operar. En nuestro caso, la definición del problema se ha efectuado en el capítulo 1, y puede concretarse en la siguiente instrucción: se requiere un programa que de solución a la ecuación 5.1.

$$p_0^n + p_1^n + p_2^n + p_{m-1}^n + p_m^n \geq 0.99 \quad (5.1)$$

El segundo paso en la solución del problema está en determinar las entradas y salidas. Las entradas son la información que tiene que proporcionarse al programa; en este caso las entradas son:

- La duración media “t” de un servicio en segundos.
- La frecuencia de uso “i” es decir, el intervalo medio que transcurre entre un servicio y el siguiente durante el periodo de punta, en segundos
- El gasto “q” del mueble.

Las salidas que es la información que el programa debe proporcionar al usuario, en este caso son:

- El factor de diseño “m”, definido como el valor particular de “r” tomado de “n” muebles que serán encontrados en operación una fracción seleccionada del tiempo bajo condiciones asumidas de uso.
- El gasto probable “g” de “n” muebles instalados ejemplos de prueba correspondientes al paso 3, se hicieron a partir del modelo original de Hunter (Hunter R. , 1940), en el capítulo 2.

Escribir un algoritmo (generado de la simulación estadística) es el primer paso, en la resolución del problema. Un algoritmo es un procedimiento realizado paso a paso para resolver un problema. El algoritmo del modelo de Hunter es el siguiente.

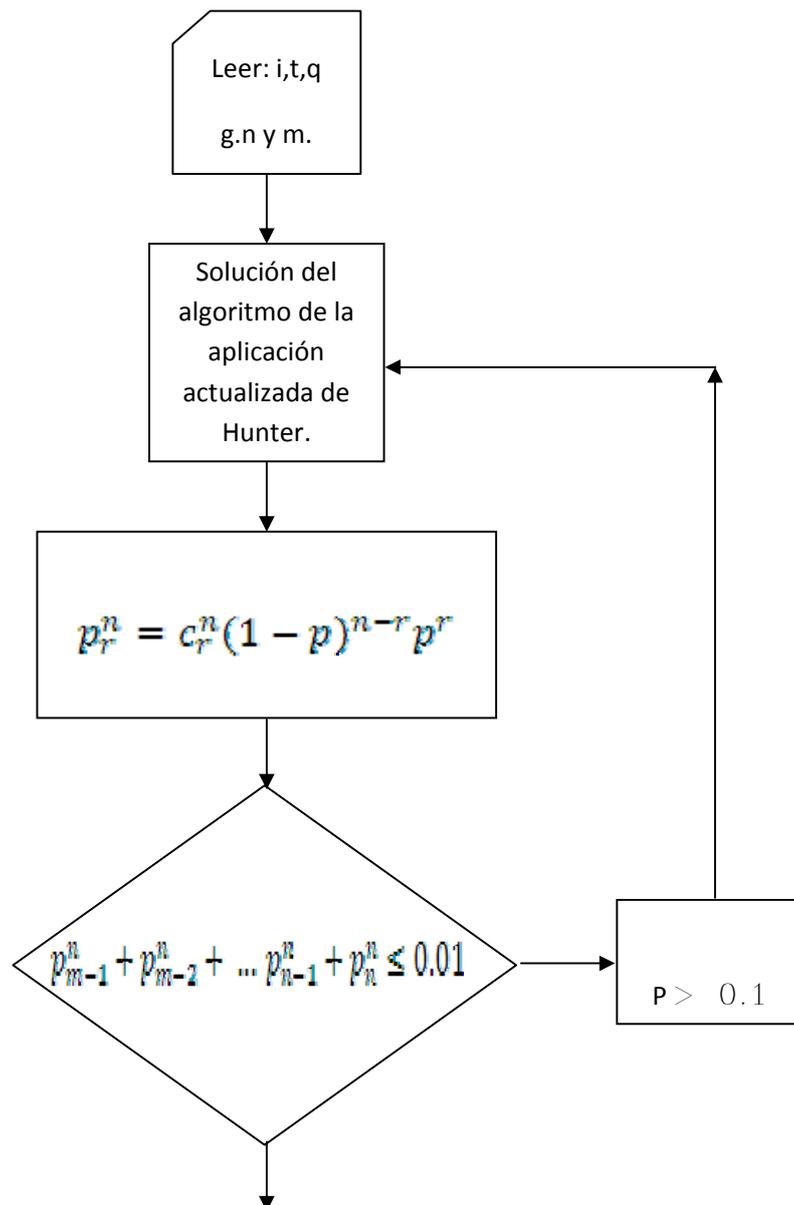
- 1.- Se propone un valor de “n”
- 2.- Se evalúa la ecuación 5.2 para el valor de “n” y valores sucesivos de “m”, desde  $m= 0, 1, 2,3\dots$

$$p_r^n = c_r^n (1 - p)^{n-r} p^r \quad (5.2)$$

3.- Se efectúa la sumatoria de los términos calculados con la ecuación 5.2 hasta que el resultado sea mayor o igual a 0.99 (99%), siendo "m" el entero más pequeño para el cual es cierta la relación; y

4.- Se propone un nuevo valor de "n" y se repiten los pasos 2 a 3.

Escrito y refinado el algoritmo, el siguiente paso es escribir el programa de computadora. Se presenta el programa que resuelve el problema, utilizando lenguaje "C++". A continuación se presenta en la figura 5.A el diagrama de flujo y el listado del programa.



---

## **PROGRAMA.**

Para resolver el algoritmo de la aplicación del modelo de Hunter para obtener la curvas de diseño de instalaciones hidráulicas.

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <math.h>
3 int fact (int n);
4 int num(int n,int m);
5 int main(void)
6. float y[300];
7 int n,m;
8 float s;
9 float c;
10 float i,t,g1;
11 float p;
12 int j,k;
13 printf("tiempo que transcurre entre usos sucesivos del mueble i");
14 scanf ("%f",&i);
```

---

```
15 print ("tiempo de alimentación de agua al mueble por cada uso t");
16 scanf ("%f",&t);
17 printf("Gasto del mueble");
18 scanf("%f",&g1);
19 p=t/i;
20 for(n=0;n<=400;n++){
21     s=0;
22     j=0;
23     while(s<0.99){
24         m=0+j;
25         k=0+j;
26         c=num(n,m)/fact(m);
27         y[k]=c*(pow ((1-p),(n-m)))*(pow (p,m));
28         s=y[k]+s;
29         j++;
30     }
31     g1=m*g1;
32     printf ("\n% d\t%d\t%f",n,m,g1);
33 }
34 getchar();
35 system("PAUSE");
36 return 0;
37 }

38 int fact (int n){
39     int fac=1,cnt;
40     for(cnt =1;cnt<=n;cnt++){
41         fac =fac *cnt;
42     }
43     return fac;
```

---

```
44 }
45 int num(int n,int m){
46 int nu=1,cnt;
47 for(cnt = (n-m+1);cnt <n;cnt++){
48 nu=nu+cnt;
49 }
50 return nu;
51 }
```

Debido a que el modelo involucra cálculos con la factorial del número de muebles “n” propuestos, no importa cuán potente sea la computadora, siempre será insuficiente para efectuar los cálculos. Salvo que se elija pequeños valores de “n”, alrededor de 150; esto se debe al tipo de constantes numéricas empleadas en los cálculos. Cuando se efectúa la programación científica, es imprescindible conocer el número de lugares decimales o dígitos que contienen los cálculos. Se reconoce tres tipos de constantes numéricas, constantes enteras de precisión simple u constantes de precisión doble.

Una constante entera es un entero corriente (positivo o negativo) en el intervalo -32768 a + 32767. La clase de constante seguida por un signo % se considera una constante entera.

Una constante de precisión simple, es un número que contiene siete dígitos o menos y que no es un entero. La constante numérica que está seguida del signo , se considerará constante de precisión simple y se redondeará como tal.

Una constante de doble precisión, es un número que contiene más de siete dígitos. Un símbolo # sirve como rótulo de declaración de tipo para indicar una constante de doble precisión. (Leblond, 1990)

Pues bien, durante la elaboración del programa los factoriales de números arriba de 150, incluso declarándolos como constantes de doble precisión, resultaron tan grandes, que sobrevino un error por rebasar la capacidad (overflow o “desbordamiento”). Para resolver este nuevo problema se efectuaron muchas pruebas de escritorio con el fin de simplificar los factoriales que intervienen en la ecuación del número de combinaciones sin repetición siguiente: (Vladimirovna y Gutierrez , 2001)

---

$$C_m^n = \frac{n!}{m!(n-m)!} \quad (5.3)$$

El algoritmo correspondiente puede entenderse a través del siguiente ejemplo:

Sea  $n=10$  y  $m=2$

$$C_2^{10} = \frac{10!}{2!(10-2)!}$$

O bien

$$C_2^{10} = \frac{10!}{2!(8)!}$$

Que sería igual a:

$$C_2^{10} = \frac{1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8 \times 9 \times 10}{2! (1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8)!}$$

Observando que la igualdad es análoga a la que resulta de aplicar la expresión del coeficiente binomio de la serie binómica descubierta por Newton. Dicho coeficiente está definido por: (Mendenhall, 2003)

$$\binom{\alpha}{N} = \frac{\alpha(\alpha-1)\dots(\alpha-N+1)}{N!} \quad (5.4)$$

De manera que la ecuación del número de combinaciones sin repetición puede generalizarse así:

$$C_m^n = \frac{n!}{m!(n-m)!} = \binom{n}{m} = \frac{n(n-1)\dots(n-m+1)}{m!} \quad (5.5)$$

Donde los factoriales de “n” han desaparecido y al ser mucho menores los valores de “m” que los de “n” ya no es frecuente el desbordamiento en el cálculo de  $m!$ .

Existen tantas posibilidades de cometer errores en programación que la mayoría de los programas no trabajan correctamente cuando se les prueba por primera vez, se debe localizar los errores y probar completamente el programa para estar seguros de que funciona en la forma prescrita. En nuestro caso, el programa se probó con los valores de (i), t y q propuestos por Hunter, verificándose los resultados que el mismo obtuvo.

Finalmente, el programa se corrió 120 veces, con los nuevos datos del problema especificados en los capítulos precedentes.

Con el programa listado de la página (88), puede calcularse la relación del gasto demandado ( $m_q$ ) con respecto a la cantidad de muebles (n) a partir de los factores de tiempo obtenidos en la investigación de laboratorio y campo, mediante mediciones en edificios en condiciones en que hay congestionamiento en el servicio, o sea durante el periodo de punta correspondiente al tipo de edificación de que se trate; también puede obtenerse mediante este programa los factores de carga o unidad mueble que constituye, el operador básico para la aplicación del método de cálculo del gasto de diseño en instalaciones.

### **5.3 Derivación de los factores de carga para muebles sanitarios en uso domestico.**

Para la obtención de la equivalencia de cada mueble o aparato sanitario en unidades mueble, se empleó el procedimiento de Hunter expuesto en el ejemplo del cuadro 2.4. Se efectuaron corridas del programa utilizando los factores de campo y gastos del cuadro 2.1, correspondientes a los principales muebles sanitarios domésticos.

Al analizar los resultados de cada corrida se llegó a la conclusión de que la regadera es el aparato sanitario domestico con mayor probabilidad de uso simultáneo y, en consecuencia de mayor demanda de agua en forma instantánea en una edificación de uso habitacional durante el periodo de punta. Por lo tanto, se tomó a la regadera como el aparato crítico de la instalación asignándole 14 unidades mueble en forma arbitraria y en función de este factor de carga se obtuvieron los correspondientes a los otros muebles sanitarios.

En el cuadro 5.4 se muestran las operaciones efectuadas. Primero se elige un gasto anotándolo en la primera columna y luego se busca en los listados de corrida del programa e. numero de regadera “n” a partir de las cuales se presentaría probablemente ese gasto. A continuación se buscan en los listados correspondientes el número “n” de lavabos, inodoros de fluxómetro e inodoros de tanque que darían el mismo gasto elegido. Con el factor de carga  $f=14$  asignado arbitrariamente a la regadera y empleando la ecuación 2.12, se obtienen los factores de carga de los otros muebles.

Cuadro 5.4.- Factores de carga (unidad mueble) de los principales muebles y aparatos sanitarios en uso doméstico.

Gasto	regadera		Lavabo		Inodoro con fluxómetro		Inodoro con Tanque	
	N	F	$n_1$	$f_1$	$n_2$	$f_2$	$n_3$	$f_3$
1.714	15	14	24	8.75	21	10	196	1.07
2.571	24	14	41	8.19	59	5.69	312	1.08
3.428	35	14	59	8.30	110	4.45	430	1.13
4.285	45	14	78	8.07	171	3.68		
5.142	56	14	96	8.16	238	3.29		
5.999	67	14	118	7.95	310	3.03		
6.856	78	14			386	2.83		
Promedio		14		8.24		3.20		1.09
Adoptado		14		8		3		1

Aparentemente las unidades mueble correspondientes a lavabos e inodoros con fluxómetro decrecen conforme al gasto se incrementa. Sin embargo, parecen tender a un número, de aquí que los valores de las unidades mueble se promedian. Las incertidumbres en el proceso, para determinar gastos de diseño son todavía grandes por lo que no hay objeción en expresar las unidades mueble redondeando al entero más cercano como se muestra en el ultimo renglón del cuadro 5.4.

Ahora puede obtenerse la tabla o curva general de diseño para instalaciones destinadas al uso habitacional a partir del aparato crítico que es, según se ha explicado, la regadera a partir de  $f_n = 0$ . La figura (5.1) muestra la curva de diseño hasta 350 unidades mueble, mientras que la figura (5.2) se utiliza para más de 1000 unidades.

#### 5.4 Derivación de los factores de carga para muebles sanitarios de uso de oficinas.

Procediendo en la forma expuesta en el apartado anterior, se obtuvieron las unidades mueble o factores de carga del cuadro 5.5, para los muebles y aparatos sanitarios comunes en edificaciones de oficinas debido a los factores de tiempo correspondientes a este uso, el inodoro con fluxómetro es el mueble que demanda mayor gasto instantáneo por lo que se consideró como mueble crítico asignándole 10 unidades mueble, y en función de este valor, se obtuvo 5 para el urinario, 3 para el inodoro con tanque y uno para el lavabo. Con el factor de carga  $f=10$  asignado al inodoro de fluxómetro se construyó la figura 5.3 para diseños que involucren un número reducido de unidades mueble, mientras que la figura 5.4 se refiere a

instalaciones arriba de 100 unidades mueble, ambas curvas para instalaciones en edificios destinados de uso de oficinas a partir de  $f_n = 0$ .

Cuadro 5.5 Factores de carga (unidad mueble) de los principales muebles y aparatos sanitarios en uso de oficinas.

Gasto (lts)	Inodoro con Fluxómetro		urinario		Inodoro con tanque		Lavabo	
	N	F	$n_1$	$f_1$	$n_2$	$f_2$	$n_3$	$f_3$
0.857	10	10			50	2	91	1.01
1.714	32	10	55	5.82	111	2.88	243	1.31
2.571	60	10	104	5.77	176	3.40	400	1.50
3.428	93	10	163	5.71	241	3.85		
Promedio		10		5.76		3.03		1.27
Adoptado		10		5		3		1

#### 5.5 Derivación de los factores de carga para muebles sanitarios en edificios para educación básica y media básica.

Consecuentemente se obtuvieron las unidades mueble o factores de carga del cuadro 5.6, para los muebles y aparatos sanitarios comunes en edificaciones destinadas a educación

básica y media básica (primaria y secundaria). Como se observa en el cuadro 5.2 el tiempo entre usos sucesivos del inodoro en este caso es muy semejante al correspondiente al uso de oficinas, por lo que era de esperarse un comportamiento similar en cuanto a los factores de carga. El inodoro con fluxómetro es el mueble que demanda mayor gasto instantáneo, por lo que se consideró como mueble crítico asignándole 10 unidades mueble, y en función de este valor se obtuvo 5 par el urinario, 3 para el inodoro con tanque y uno para el lavabo.

Con el factor de carga  $f=10$  asignado al inodoro de fluxómetro, se obtuvo la curva general de diseño para instalaciones destinadas al uso de educación básica y media básica a partir de  $f=0$

Figura 5.5. y 5.6 (Anexo-C)

Cuadro 5.6 Factores de carga (unidades mueble) de los principales muebles y aparatos sanitarios en edificios de educación básica y media básica

Gasto (Its)	Inodoro con Fluxómetro		urinario		Inodoro con tanque		Lavabo	
	n	f	n <sub>1</sub>	f <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	f <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	f <sub>3</sub>
0.857	10	10			50	2	91	1.01
1.714	32	10	55	5.82	111	2.88	243	1.31
2.571	60	10	104	5.77	176	3.40	400	1.50
3.428	93	10	163	5.71	241	3.85		
Promedio		10		5.76		3.03		1.27
Adoptado		10		5		3		1

### 5.6 Derivación de los factores de carga para muebles sanitarios en edificios para educación media superior y superior.

El cuadro 5.7 presenta los cálculos efectuados para la obtención de los factores de carga de los muebles y aparatos sanitarios comunes, en edificaciones destinadas para educación media superior y superior (preparatoria, licenciatura y posgrado) el tiempo entre usos sucesivos del inodoro en este caso es muy corto (180 seg), por lo que es probable que se tengan en operación simultáneamente varios inodoros de un grupo y en consecuencia valores mayores del gasto que en los casos anteriores. El inodoro con fluxómetro es el mueble que demanda mayor gasto instantáneo por lo que se consideró como mueble crítico,

asignándole 10 unidades mueble y en función de este valor se obtuvo 5 para el urinario 3 para el inodoro con tanque y 1.5 para el lavabo. Con el factor de carga  $f=10$  asignado al inodoro de fluxómetro se obtuvo la curva general de diseño (fig. 5.7 y fig. 5.8) para instalaciones destinadas al uso de educación media superior y superior para  $f=0$

### 5.7 Derivación de los factores de carga para muebles sanitarios en restaurantes y similares

El cuadro 5.8 muestra los cálculos efectuados para la obtención de los factores de carga de los muebles y aparatos sanitarios comunes en restaurantes. El tiempo entre usos sucesivos del inodoro en este caso es de 4 min (240 seg) por lo que también es probable y se tengan en operación simultánea varios inodoros de un grupo y en consecuencia gastos mayores que en edificios de oficinas y educación básica. También en este caso el inodoro con fluxómetro, es el mueble que demanda mayor gasto instantáneo por lo que se consideró como mueble crítico asignándole 10 unidades mueble y en función de este valor, se obtuvo 5 para el urinario 3, para el inodoro con tanque y 1.5 para el lavabo. Con el factor de carga  $f=10$  asignado con el inodoro con fluxómetro, se obtuvo la curva general de diseño para instalaciones destinadas a restaurantes y similares a partir de  $f=0$  fig. 5.9 y fig. 5.10

Cuadro 5.8 Factores de carga (unidad mueble ) de los principales muebles y aparatos sanitarios en restaurantes y similares

Gasto (lts)	Inodoro con fluxómetro		Urinario		Inodoro con Tanque		Lavabo	
	n	f	n <sub>1</sub>	f <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	f <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	f <sub>3</sub>
0.857	5	10	9	5.56	28	1.79	44	1.14
1.714	15	10	26	5.77	59	2.54	117	1.28
2.571	29	10	50	5.80	92	3.15	199	1.46
3.428	45	10	78	5.77	124	3.63	287	1.57
4.285	62	10	108	5.74	157	3.95	379	1.64
5.142	81	10	142	5.70	189	4.293	-	-
5.999	101	10	177	5.71	-	-	-	-
6.85	122	10	250	4.88	-	-	-	-
7.71	144	10	289	4.98	-	-	-	-
8.57	166	10	328	5.06	-	-	-	-
Promedio	-	10	-	5.49	-	3.22	-	1.41
Adoptado	-	10	-	5	-	3	-	1.5

### 5.8 Derivación de los factores de carga para muebles sanitarios en sala de concierto, cines y similares.

El cuadro 5.9 muestra los cálculos efectuados para la obtención de los factores de carga de los muebles en aparatos sanitarios comunes en sala de concierto, cines, teatros y similares. El tiempo entre usos sucesivos del inodoro en este caso es de 1.46 min (87.6 seg), que es el más corto observado en todas las mediciones efectuadas, por lo que en este tipo de instalaciones se tendrá la mayor demanda de agua instantánea en la instalación. No sería conveniente la instalación de inodoros de tanque, que requieren más tiempo de llenado del disponible entre usos sucesivos en el periodo de punta, presentándose posiblemente condiciones de insalubridad en la instalación, por esta razón no aparecen las unidades muebles correspondiente en el cuadro 5.9. El inodoro con fluxómetro es el mueble que demanda mayor gasto instantáneo por lo que se considero como mueble critico asignándole 10 unidades mueble y en función de este valor se obtuvo 5 para el urinario y 1,5 para el lavabo con el factor de carga  $f=10$  asignado al inodoro de fluxómetro; puede obtenerse la curva general de diseño para instalaciones destinadas a sala de concierto cines, teatros y similares a partir de  $f=0$  como las de las figura 5.11 y 5.12.

Cuadro 5.9 Factores de carga (unidades mueble) de los principales muebles y aparatos sanitarios en salas de conciertos y similares

Gasto (lts)	Inodoro con fluxómetro		Urinario		Inodoro con tanque		Lavabo	
	n	F	n <sub>1</sub>	f <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	f <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	f <sub>3</sub>
0.857	2	10	3	6.67	-	-	17	1.18
1.714	6	10	10	6.0	-	-	44	1.36
2.571	11	10	19	5.79	-	-	75	1.47
3.428	15	10	29	5.86	-	-	107	1.59
4.285	24	10	40	6.0	-	-	141	1.70
5.142	31	10	53	5.85	-	-	177	1.75
5.999	38	10	66	5.76	-	-	-	-
6.85	46	10	92	5.0	-	-	255	1.80
7.71	54	10	107	5.05	-	-	291	1.86
8.57	62	10	121	5.12	-	-	329	1.88
9.42	70	10	136	5.15	-	-	373	1.88
10.28	79	10	152	5.20	-	-	-	-
11.14	88	10	168	5.24	-	-	-	-
12	96	10	183	5.25	-	-	-	-
Promedio	-	10	-	5.57	-	-	-	1.65

Adoptado	-	10	-	5	-	-	-	1.5
----------	---	----	---	---	---	---	---	-----

El cuadro 5.10 resume los valores de las unidades mueble actualizados en esta tesis a la luz de los cálculos para los principales accesorios empleados en los edificios de diferente tipo de uso estudiados. Es importante destacar que las unidades mueble de un uso dado no son comparables con las de otro uso cualquiera, porque los factores de tiempo son diferentes. Numéricamente las unidades mueble del inodoro de fluxómetro de una oficina son iguales a las de un cine, pero equivalen a gastos distintos.

Por otra parte, como cada tipo de uso a los que pueden destinarse los edificios tienen una gráfica de diseño diferente obtenida con factores de tiempo específicos de ese uso, carece de sentido establecer distinciones de tipo servicio de los muebles en público y privado.

Cuadro 5.10. Resumen de unidades mueble propuestas por tipo de mueble y uso de edificación.

TIPO DE USO	UNIDADES MUEBLE					
	REGADERA	INODORO CON FLUX	URINARIO	INODORO CON TANQUE	LAVABO	GRAFICAS DE DISEÑO
Habitacional	14	8		3	1	5.1 y 5.2
Oficinas		10	5	3	1	5.3 y 5.4
Educación básica y media básica		10	5	3	1	5.5 y 5.6
Educación media superior y superior		10	5	3	1.5	5.7 y 5.8
Restaurantes y similares		10	5	3	1.5	5.9 y 5.10
Salas de concierto, cines, teatros		10	5		1.5	5.11 y 5.12

---

---

y similares.						
--------------	--	--	--	--	--	--

### **5.9 Consideraciones sobre la aplicación del método para el diseño de instalaciones con diferentes condiciones de servicio.**

Hasta el momento la discusión ha sido referida a cuatro tipos de muebles bajo condiciones de servicio en que hay congestión. Hay varias consideraciones que deben hacerse en la determinación de la proporción de carga por demanda ejercida por otros muebles distintos de los cuatro tipos antes estudiados y para otras condiciones de servicio; las siguientes son especialmente importantes.

1. Los muebles existentes en una instalación en relativamente pequeña cantidad y que no se usan cuando los de tipo predominante están siendo utilizados con más frecuencia, sumarán muy poco a la demanda total, de allí que pueden ignorarse para el cálculo de la demanda instantánea de la edificación. Sin embargo, es conveniente tomarlos en cuenta en el cálculo de la derivación o ramal que los alimenta. Los vertederos o tarjas de servicio de los edificios de oficinas, los cuales están en uso con gran intensidad sólo antes o después de las horas de oficina, constituyen un aumento despreciable de la carga por demanda en la hora pico del día. Los fregaderos de cocina, lavaderos y máquinas lavadoras de casas y departamentos también están en esta categoría.
2. Los muebles instalados de manera que en general no pueden estar sujetos a condiciones de congestión en el servicio en el mismo sentido que los muebles instalados en recintos públicos, recintos para sanitarios en edificios de oficinas y otros edificios en los cuales cada mueble está abierto y disponible para su uso en cualquier momento, deben ser ponderados de acuerdo a la posible extensión o frecuencia de uso. Los cuartos de baño en departamentos privados o casas y cuartos de hotel pueden incluirse en esta clase y se les puede contar ventajosamente como grupo.
3. Los sistemas que demandan un gasto continuo de agua, como el equipo de aire acondicionado, regaderas de fábricas y vestidores de gimnasio no son susceptibles de una ponderación lógica con inodoros y otros muebles que comparativamente usan agua a alto gasto en cortos periodos de tiempo. De aquí que la demanda para este tipo de suministro debe ser considerada separadamente y también estimada separadamente. Si el uso de estos sistemas es tal que se traslapan en el periodo de punta del día para los muebles ponderados en el sistema, las estimaciones separadas para las dos clases de abastecimiento deben sumarse para obtener el estimado de la demanda total sobre cualquiera de las tuberías de alimentación comunes a ambos servicios. Si los dos tipos de demanda no se presentan al mismo tiempo en el día, la mayor demanda de las dos puede tomarse como demanda pico.

- 
4. En uso relajado del baño, los muebles se usan ordinariamente uno a la vez. En caso de prisa o congestión, dos muebles pueden estar en uso al mismo tiempo en un baño, en el sentido de que el agua está alimentando a ambos muebles simultáneamente.

## 5.10 Cálculo de instalaciones hidráulicas de edificios mediante el método de “unidad de mueble” actualizado y comparación con los resultados obtenidos al aplicar el método ordinario

### 5.10.1 Aplicación de los factores de carga por demanda actualizados.

La figura 5.13 (Anexo-B), representa la Planta Arquitectónica tipo de los recintos de sanitarios para varones de un edificio. Suponiendo que se tienen dos recintos idénticos, se pretende calcular los diámetros de los tubos que constituyen la red interior, para los siguientes casos:

Caso A. Edificio de uso de oficinas;

Caso B. Edificio de educación básica;

Caso C. Edificio de educación superior;

Caso D. Edificio destinado a restaurante; y

Caso E. Edificio destinado a sala de concierto.

Desde luego que se trata de un ejemplo hipotético, pero la intención es advertir la magnitud e importancia de los resultados del diseño de una instalación hidráulica, ante las posibilidades de uso de un edificio en igualdad de condiciones, del número, tipo y distribución de los muebles y aparatos sanitarios que la constituyen.

Como parte de la solución, el primer paso es establecer secciones de análisis o tramos en las derivaciones y columnas de pared. Estas secciones se recomienda definir las cada dos o tres muebles de un mismo tipo, o cuando cambie el tipo de mueble. La figura 5.13 muestra las secciones definidas, iniciando su denominación por conveniencia en el punto de la red más distante de la alimentación general. La solución para cada caso, se hizo utilizando el mismo formato de la tabla de cálculo. La velocidad preliminar propuesta para diseño es de 1.0 m/s en todos los casos, y el diámetro teórico se calcula despejándolo de la ecuación de continuidad: (Sotelo, 2005)

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\Pi v}} \times 1000$$

Donde:

D = Diámetro teórico, en mm.

Q = Gasto demandado en el tramo, en m<sup>3</sup>/s.

v = Velocidad de flujo en m/s. Se recomienda que sea 1 m/s.

Figura 5.13 (Anexo-B), Planta arquitectónica tipo de los recintos de sanitarios para varones de un edificio.

Las tablas de cálculo para cada caso se presentan en los Cuadros 5.11 a 5.15.

Cuadro 5.11. Tabla de cálculo para el diseño de la instalación hidráulica de la figura 5.13 suponiendo que está destinada para el servicio de un restaurante.

TRAMO	MUEBLES O APARATOS	CANTIDAD	UNIDAD MUEBLE	TOTAL DE UNIDADES MUEBLE	Q MIN (l/s)	DIÁMETRO (mm)	DIÁMETRO COMERCIAL (mm)
A – B	Inodoro de fluxómetro	3	10	30	1.2	51.70	51
B – C	Inodoro de fluxómetro	5	10	50	1.55	44.42	51
C – D	Inodoro de fluxómetro Urinario de fluxómetro	5 3	10 5	65	1.75	47.2	51
D – E	Inodoro de fluxómetro Urinario de fluxómetro	5 6	10 5	80	1.88	48.93	51
E – L	Inodoro de fluxómetro	5 8	10 5	90	1.975	50.15	64

	Urinario fluxómetro	de						
F – G	Urinario fluxómetro	de	1	5	5	.475	24.60	25
G – H	Urinario fluxómetro Lavabo	de	1 1	5 1.5	6.5	0.6	27.64	32
H – I	Urinario fluxómetro Lavabo	de	3 1	5 1.5	16.5	0.975	35.23	38
I – J	Urinario fluxómetro Lavabo	de	3 2	5 1.5	18	1.0	35.68	38
J – K	Urinario fluxómetro Lavabo	de	4 2	5 1.5	23	1.1	37.42	38
K – L	Urinario fluxómetro Lavabo	de	4 3	5 1.5	24.5	1.11	37.60	38
L – M	Inodoro fluxómetro Urinario fluxómetro Lavabo	de de	5 12 6	10 5 1.5	119	2.225	53.23	64
COLUMNAS								
M – N	Inodoro fluxómetro Urinario fluxómetro Lavabo	de de	5 12 6	10 5 1.5	119	2.225	55.85	64
N – O	Inodoro fluxómetro Urinario fluxómetro Lavabo	de de	10 24 12	10 5 1.5	238	3.05	66.76	76

Cuadro 5.12. Tabla de cálculo para el diseño de la instalación hidráulica de la Figura 5.13 (Anexo-B) suponiendo que está destinada para el servicio en una edificación de educación superior.

TRAMO	MUEBLES APARATOS	CANTIDAD	UNIDAD MUEBLE	TOTAL DE UNIDADES MUEBLE	Q MIN (l/s)	DIÁMETRO (mm)	DIÁMETRO COMERCIAL (mm)
A – B	Inodoro de fluxómetro	3	10	30	1.256	40	51
B – C	Inodoro de fluxómetro	5	10	50	1.72	46.80	51
C – D	Inodoro de fluxómetro	5	10	65	1.875	48.86	51
	Urinario de fluxómetro	3	5				
D – E	Inodoro de fluxómetro	5	10	80	2.05	51.09	51
	Urinario de fluxómetro	6	5				
E – L	Inodoro de fluxómetro	5 8	10 5	90	2.15	53.32	64

	Urinario de fluxómetro						
F – G	Urinario de fluxómetro	1	5	5	0.5	25.23	25
G – H	Urinario de fluxómetro	1	5	6.5	0.53	25.98	25
	Lavabo	1	1.5				
H – I	Urinario de fluxómetro	3	5	16.5	1	35.68	38
	Lavabo	1	1.5				
I – J	Urinario de fluxómetro	3	5	18	1.07	36.91	38
	Lavabo	2	1.5				
J – K	Urinario de fluxómetro	4	5	23	1.15	38.27	38
	Lavabo	2	1.5				
K – L	Urinario de fluxómetro	4	5	24.5	1.17	38.60	38
	Lavabo	3	1.5				
L – M	Inodoro de fluxómetro	5	5	119	2.45	55.85	64
	Urinario de fluxómetro	12					
	Lavabo	6	1.5				
COLUMNAS							
M – N	Inodoro de fluxómetro	5	10	119	2.45	55.85	64
	Urinario de fluxómetro	12	5				
	Lavabo	6	1.5				

N – O	Inodoro de fluxómetro	10	10	238	3.5	66.76	76
	Urinario de fluxómetro	24	5				
	Lavabo	12	1.5				

Cuadro 5.13. Tabla de cálculo para el diseño de la instalación hidráulica de la Figura 5.13 (Anexo-B) suponiendo que está destinada al servicio de una sala de conciertos.

TRAMO	MUEBLES APARATOS	CANTIDAD	UNIDAD MUEBLE	TOTAL DE UNIDADES MUEBLE	Q MIN (l/s)	DIÁMETRO (mm)	DIÁMETRO COMERCIAL (mm)
A – B	Inodoro de fluxómetro	3	10	30	1.7	46.52	51
B – C	Inodoro de fluxómetro	5	10	50	2.125	52.02	64
C – D	Inodoro de fluxómetro	5	10	65	2.47	56.08	64
	Urinario de fluxómetro	3	5				

D – E	Inodoro de fluxómetro	5	10	80	2.75	59.17	64																																																																																			
	Urinario de fluxómetro	6	5					E – L	Inodoro de fluxómetro	5	10	90	2.90	60.77	64	Urinario de fluxómetro	8	5	F – G	Urinario de fluxómetro	1	5	5	0.45	23.94	25	G – H	Urinario de fluxómetro	1	5	6.5	0.6	27.64	32	Lavabo	1	1.5	H – I	Urinario de fluxómetro	3	5	16.5	1.125	37.85	38	Lavabo	1	1.5	I – J	Urinario de fluxómetro	3	5	1.8	1.25	39.89	5.1	Lavabo	2	1.5	J – K	Urinario de fluxómetro	4	5	23	1.40	42.22	51	Lavabo	2	1.5	K – L	Urinario de fluxómetro	4	5	24.5	1.45	42.97	51	Lavabo	3	1.5	L – M	Inodoro de fluxómetro	5	10	119	3.35	65.31	76	Urinario de fluxómetro
E – L	Inodoro de fluxómetro	5	10	90	2.90	60.77	64																																																																																			
	Urinario de fluxómetro	8	5					F – G	Urinario de fluxómetro	1	5	5	0.45	23.94	25	G – H	Urinario de fluxómetro	1	5	6.5	0.6	27.64	32	Lavabo	1	1.5	H – I	Urinario de fluxómetro	3	5	16.5	1.125	37.85	38	Lavabo	1	1.5	I – J	Urinario de fluxómetro	3	5	1.8	1.25	39.89	5.1	Lavabo	2	1.5	J – K	Urinario de fluxómetro	4	5	23	1.40	42.22	51	Lavabo	2	1.5	K – L	Urinario de fluxómetro	4	5	24.5	1.45	42.97	51	Lavabo	3	1.5	L – M	Inodoro de fluxómetro	5	10	119	3.35	65.31	76	Urinario de fluxómetro	12	5		Lavabo	6	1.5					
F – G	Urinario de fluxómetro	1	5	5	0.45	23.94	25																																																																																			
G – H	Urinario de fluxómetro	1	5	6.5	0.6	27.64	32																																																																																			
	Lavabo	1	1.5					H – I	Urinario de fluxómetro	3	5	16.5	1.125	37.85	38	Lavabo	1	1.5	I – J	Urinario de fluxómetro	3	5	1.8	1.25	39.89	5.1	Lavabo	2	1.5	J – K	Urinario de fluxómetro	4	5	23	1.40	42.22	51	Lavabo	2	1.5	K – L	Urinario de fluxómetro	4	5	24.5	1.45	42.97	51	Lavabo	3	1.5	L – M	Inodoro de fluxómetro	5	10	119	3.35	65.31	76	Urinario de fluxómetro	12	5	Lavabo	6	1.5																									
H – I	Urinario de fluxómetro	3	5	16.5	1.125	37.85	38																																																																																			
	Lavabo	1	1.5					I – J	Urinario de fluxómetro	3	5	1.8	1.25	39.89	5.1	Lavabo	2	1.5	J – K	Urinario de fluxómetro	4	5	23	1.40	42.22	51	Lavabo	2	1.5	K – L	Urinario de fluxómetro	4	5	24.5	1.45	42.97	51	Lavabo	3	1.5	L – M	Inodoro de fluxómetro	5	10	119	3.35	65.31	76	Urinario de fluxómetro	12	5		Lavabo	6	1.5																																			
I – J	Urinario de fluxómetro	3	5	1.8	1.25	39.89	5.1																																																																																			
	Lavabo	2	1.5					J – K	Urinario de fluxómetro	4	5	23	1.40	42.22	51	Lavabo	2	1.5	K – L	Urinario de fluxómetro	4	5	24.5	1.45	42.97	51	Lavabo	3	1.5	L – M	Inodoro de fluxómetro	5	10	119	3.35	65.31	76	Urinario de fluxómetro	12	5		Lavabo	6	1.5																																														
J – K	Urinario de fluxómetro	4	5	23	1.40	42.22	51																																																																																			
	Lavabo	2	1.5					K – L	Urinario de fluxómetro	4	5	24.5	1.45	42.97	51	Lavabo	3	1.5	L – M	Inodoro de fluxómetro	5	10	119	3.35	65.31	76	Urinario de fluxómetro	12	5		Lavabo	6	1.5																																																									
K – L	Urinario de fluxómetro	4	5	24.5	1.45	42.97	51																																																																																			
	Lavabo	3	1.5					L – M	Inodoro de fluxómetro	5	10	119	3.35	65.31	76	Urinario de fluxómetro	12	5		Lavabo	6	1.5																																																																				
L – M	Inodoro de fluxómetro	5	10	119	3.35	65.31	76																																																																																			
	Urinario de fluxómetro	12	5																																																																																							
	Lavabo	6	1.5																																																																																							

COLUMNAS							
M – N	Inodoro de fluxómetro	5	10	1119	3.35	65.31	76
	Urinario de fluxómetro	12	5				
	Lavabo	6	1.5				
N – O	Inodoro de fluxómetro	10	10	238	5	79.79	102
	Urinario de fluxómetro	24	5				
	Lavabo	12	1.5				

Cuadro 5.14. Tabla de cálculo para el diseño de la instalación hidráulica de la Figura 5.13 (Anexo-B) suponiendo que está destinada al servicio de un edificio de educación básica.

TRAMO	MUEBLES APARATOS	O	CANTIDAD	UNIDAD MUEBLE	TOTAL DE UNIDADES MUEBLE	Q MIN (l/s)	DIÁMETRO (mm)	DIÁMETRO COMERCIAL (mm)
A – B	Inodoro fluxómetro	de	3	10	30	1.025	36.13	38
B – C	Inodoro fluxómetro	de	5	10	50	1.175	38.68	38
C – D	Inodoro fluxómetro	de	5	10	65	1.29	40.53	51
	Urinario fluxómetro	de	3	5				

D – E	Inodoro fluxómetro	de	5	10	80	1.401	42.24	51
	Urinario fluxómetro	de	6	5				
E – L	Inodoro fluxómetro	de	5	10	90	1.48	43.41	51
	Urinario fluxómetro	de	8	5				
F – G	Urinario fluxómetro	de	1	5	5	0.45	23.94	25
G – H	Urinario fluxómetro	de	1	5	6	0.46	24.20	25
	Lavabo		1	1				
H – I	Urinario fluxómetro	de	3	5	16	0.91	34.04	38
	Lavabo		1	1				
I – J	Urinario fluxómetro	de	3	5	17	0.915	34.13	38
	Lavabo		2	1				
J – K	Urinario fluxómetro	de	4	5	22	0.95	34.78	38
	Lavabo		2	1				
K – L	Urinario fluxómetro	de	4	5	23	0.952	34.82	38
	Lavabo		3	1				
L – M	Inodoro fluxómetro	de	5	10	116	1.69	46.39	51
	Urinario fluxómetro	de	12	5				
	Lavabo		6	1				
COLUMNS								

M – N	Inodoro de	5	10	116	1.69	46.39	51
	fluxómetro	12	5				
	Urinario de	6	1				
	Lavabo						
N – O	Inodoro de	10	10	232	2.125	52.02	64
	fluxómetro	24	5				
	Urinario de	12	1				
	Lavabo						

Cuadro 5.15. Tabla de cálculo para el diseño de la instalación hidráulica de la Figura 5.13 (Anexo-A) suponiendo que está destinada al servicio de un edificio de uso de oficinas.

Tramo	Muebles o aparatos	Cantidad	Unidad mueble	Total de unidades mueble	Q Min (l/s)	Diámetro (mm)	Diámetro comercial (mm)
A – B	Inodoro de fluxómetro	3	10	33	0.37	21.70	25
B – C	Inodoro de fluxómetro	5	10	50	0.59	27.41	32
C – D	Inodoro de fluxómetro	5	10	65	0.775	31.41	32
	Urinario de fluxómetro	3	5				
D – E	Inodoro de fluxómetro	5	10	80	0.90	33.85	38
	Urinario de fluxómetro	6	5				

E – L	Inodoro de fluxómetro Urinario de fluxómetro	5 8	10 5	90	0.95	34.78	38
F – G	Urinario de fluxómetro	1	5	5	0.06	8.74	12.7
G – H	Urinario de fluxómetro Lavabo	1 1	5 1	6	0.061	8.81	12.7
H – I	Urinario de fluxómetro Lavabo	3 1	5 1	16	0.195	15.76	19
I – J	Urinario de fluxómetro Lavabo	3 2	5 1	17	0.2	15.96	19
J – K	Urinario de fluxómetro Lavabo	4 2	5 1	22	0.27	18.54	19
K – L	Urinario de fluxómetro Lavabo	4 3	5 1	23	0.275	15.71	19
L – M	Inodoro de fluxómetro Urinario de fluxómetro Lavabo	5 12 6	10 5 1	116	1.105	37.51	38
COLUMNAS							
M – N	Inodoro de fluxómetro Urinario de fluxómetro Lavabo	5 12 6	10 5 1	116	1.105	37.51	38
N – O	Inodoro de fluxómetro Urinario de fluxómetro Lavabo	10 24 12	10 5 1	232	1.91	49.31	51

### 5.10.2 Aplicación del método de “unidad mueble” ordinario.

En esta tesis, se estimó conveniente comparar los resultados obtenidos usando el modelo actualizado con aquellos que se obtienen empleando las tablas propuestas en las Normas Técnicas Complementarias para Instalaciones de Agua y Drenaje y también con las tablas propuestas en las Normas de Proyecto de Ingeniería del Instituto Mexicano del Seguro Social. Son usadas profusamente en México e incluyen ligeras modificaciones a las curvas de diseño originales de Hunter, ya que producen gastos menores que los que se consiguen con la aplicación de aquéllas; sin embargo, en las publicaciones referidas no se expone la naturaleza de los ajustes efectuados.

Las tablas de cálculo respectivas se incluyen en los cuadros 5.16 y 5.17 y no toman en cuenta el uso a que se destinan los edificios.

Cuadro 5.16. Tabla de cálculo para el diseño de la instalación hidráulica de la Figura 5.13 (Anexo-A) elaborada a partir de Normas Técnicas Complementarias para Instalaciones de Agua y Drenaje (GDF, 2007) (No consideran el tipo de uso de la edificación).

TRAMO	MUEBLES O APARATOS	CANTIDAD	UNIDAD MUEBLE	TOTAL DE UNIDADES MUEBLE	Q MIN (l/s)	DIÁMETRO (mm)	DIÁMETRO COMERCIAL (mm)
A – B	Inodoro de fluxómetro	3	8	24	2.365	54.87	64
B – C	Inodoro de fluxómetro	5	8	40	2.95	61.29	64
C – D	Inodoro de fluxómetro	5	8	52	3.28	64.62	76
	Urinario de fluxómetro	3	4				

D – E	Inodoro de fluxómetro	5	8	64	3.54	67.14	76																																																																																			
	Urinario de fluxómetro	6	4					E – L	Inodoro de fluxómetro	5	8	72	3.675	68.40	76	Urinario de fluxómetro	8	4	F – G	Urinario de fluxómetro	1	4	4	1.32	41	51	G – H	Urinario de fluxómetro	1	4	6	1.45	42.97	51	Lavabo	1	2	H – I	Urinario de fluxómetro	3	4	14	1.95	49.83	51	Lavabo	1	2	I – J	Urinario de fluxómetro	3	4	16	2.08	54.46	64	Lavabo	2	2	J – K	Urinario de fluxómetro	4	4	30	2.21	53.04	64	Lavabo	2	2	K – L	Urinario de fluxómetro	4	4	22	2.30	54.12	64	Lavabo	3	2	L – M	Inodoro de fluxómetro	5	8	100	4.25	73.56	76	Urinario de fluxómetro
E – L	Inodoro de fluxómetro	5	8	72	3.675	68.40	76																																																																																			
	Urinario de fluxómetro	8	4					F – G	Urinario de fluxómetro	1	4	4	1.32	41	51	G – H	Urinario de fluxómetro	1	4	6	1.45	42.97	51	Lavabo	1	2	H – I	Urinario de fluxómetro	3	4	14	1.95	49.83	51	Lavabo	1	2	I – J	Urinario de fluxómetro	3	4	16	2.08	54.46	64	Lavabo	2	2	J – K	Urinario de fluxómetro	4	4	30	2.21	53.04	64	Lavabo	2	2	K – L	Urinario de fluxómetro	4	4	22	2.30	54.12	64	Lavabo	3	2	L – M	Inodoro de fluxómetro	5	8	100	4.25	73.56	76	Urinario de fluxómetro	12	4		Lavabo	6	2					
F – G	Urinario de fluxómetro	1	4	4	1.32	41	51																																																																																			
G – H	Urinario de fluxómetro	1	4	6	1.45	42.97	51																																																																																			
	Lavabo	1	2					H – I	Urinario de fluxómetro	3	4	14	1.95	49.83	51	Lavabo	1	2	I – J	Urinario de fluxómetro	3	4	16	2.08	54.46	64	Lavabo	2	2	J – K	Urinario de fluxómetro	4	4	30	2.21	53.04	64	Lavabo	2	2	K – L	Urinario de fluxómetro	4	4	22	2.30	54.12	64	Lavabo	3	2	L – M	Inodoro de fluxómetro	5	8	100	4.25	73.56	76	Urinario de fluxómetro	12	4	Lavabo	6	2																									
H – I	Urinario de fluxómetro	3	4	14	1.95	49.83	51																																																																																			
	Lavabo	1	2					I – J	Urinario de fluxómetro	3	4	16	2.08	54.46	64	Lavabo	2	2	J – K	Urinario de fluxómetro	4	4	30	2.21	53.04	64	Lavabo	2	2	K – L	Urinario de fluxómetro	4	4	22	2.30	54.12	64	Lavabo	3	2	L – M	Inodoro de fluxómetro	5	8	100	4.25	73.56	76	Urinario de fluxómetro	12	4		Lavabo	6	2																																			
I – J	Urinario de fluxómetro	3	4	16	2.08	54.46	64																																																																																			
	Lavabo	2	2					J – K	Urinario de fluxómetro	4	4	30	2.21	53.04	64	Lavabo	2	2	K – L	Urinario de fluxómetro	4	4	22	2.30	54.12	64	Lavabo	3	2	L – M	Inodoro de fluxómetro	5	8	100	4.25	73.56	76	Urinario de fluxómetro	12	4		Lavabo	6	2																																														
J – K	Urinario de fluxómetro	4	4	30	2.21	53.04	64																																																																																			
	Lavabo	2	2					K – L	Urinario de fluxómetro	4	4	22	2.30	54.12	64	Lavabo	3	2	L – M	Inodoro de fluxómetro	5	8	100	4.25	73.56	76	Urinario de fluxómetro	12	4		Lavabo	6	2																																																									
K – L	Urinario de fluxómetro	4	4	22	2.30	54.12	64																																																																																			
	Lavabo	3	2					L – M	Inodoro de fluxómetro	5	8	100	4.25	73.56	76	Urinario de fluxómetro	12	4		Lavabo	6	2																																																																				
L – M	Inodoro de fluxómetro	5	8	100	4.25	73.56	76																																																																																			
	Urinario de fluxómetro	12	4																																																																																							
	Lavabo	6	2																																																																																							

**COLUMNAS**

M – N	Inodoro de fluxómetro	5	8	100	4.25	73.56	76
	Urinario de fluxómetro	12	4				
	Lavabo	6	2				
N – O	Inodoro de fluxómetro	10	8	200	5.74	85.49	76
	Urinario de fluxómetro	24	4				
	Lavabo	12	2				

Cuadro 5.17. Tabla de cálculo para el diseño de la instalación hidráulica de la Figura 5.13 elaborada a partir de las Normas de Proyecto de Ingeniería del IMSS (no consideran el tipo de uso de la edificación). (IMSS, 2003)

TRAMO	MUEBLES APARATOS	O	CANTIDAD	UNIDAD MUEBLE	TOTAL DE UNIDADES MUEBLE	Q MIN (l/s)	DIÁMETRO (mm)	DIÁMETRO COMERCIAL (mm)
A – B	Inodoro fluxómetro	de	3	5	15	1.98	50.21	51
B – C	Inodoro fluxómetro	de	5	5	25	2.41	55.39	64
C – D	Inodoro fluxómetro	de	5	5	34	2.73	58.96	64
	Urinario	de	3	3				

	fluxómetro						
D – E	Inodoro de fluxómetro	5	5	43	3.0	61.80	64
	Urinario de fluxómetro	6	3				
E – L	Inodoro de fluxómetro	5	5	49	3.18	63.63	64
	Urinario de fluxómetro	8	3				
F – G	Urinario de fluxómetro	1	3	3	0.78	31.51	32
G – H	Urinario de fluxómetro	1	3	4	1.04	36.39	38
	Lavabo	1	1				
H – I	Urinario de fluxómetro	3	3	10	1.70	46.52	51
	Lavabo	1	1				
I – J	Urinario de fluxómetro	3	3	11	176	47.34	51
	Lavabo	2	1				
J – K	Urinario de fluxómetro	4	3	14	193	49.57	51
	Lavabo	2	1				
K – L	Urinario de fluxómetro	4	3	15	1.98	50.21	51
	Lavabo	3	1				
L – M	Inodoro de fluxómetro	5	5	67	3.58	67.51	76
	Urinario de fluxómetro	12	3				
	Lavabo	6	1				

COLUMNAS							
M – N	Inodoro de fluxómetro	5	5				
	Urinario de fluxómetro	12	3	67	3.58	67.51	76
	Lavabo	6	1				
N – O	Inodoro de fluxómetro	10	5				
	Urinario de fluxómetro	24	3	134	4.71	67.51	76
	Lavabo	12	1				

### 5.10.3 Análisis de resultados.

El cuadro 5.18 presenta un resumen general de los resultados por cada tipo de uso de la edificación, obtenidos con los factores de carga actualizados y con los procedimientos ordinarios del IMSS y del RCDF. La comparación de los resultados tomando como criterio los diámetros obtenidos es parte de la justificación de la presente tesis, así como la modificación del método de Hunter,

Cuadro 5.18. Tabla comparativa del diseño de la instalación hidráulica de la figura 5.13 (Anexo-B), en función de los diámetros comerciales obtenidos, considerando las diferentes situaciones presentadas en los Cuadros 5.11 a 5.17.

ramo	Función del uso de la edificación con base a los resultados de la presente tesis.					Normas RCDF	Normas IMSS
	Restaurante	Educación Superior	Sala de Conciertos	Educación básica	Oficinas		
A – B	51	51	51	38	25	64	51
B – C	51	51	64	38	32	64	64
C – D	51	51	64	51	32	76	64
D – E	51	51	64	51	38	76	64
E – L	64	64	64	51	38	76	64

F – G	25	25	25	25	12.7	51	32
G – H	32	25	32	25	12.7	51	38
H – I	38	38	38	38	19	51	51
I – J	38	38	51	38	19	64	51
J – K	38	38	51	38	19	64	51
K – L	38	38	51	38	19	64	51
L – M	64	64	76	51	38	76	76
M – N	64	64	76	51	38	76	76
N – O	64	76	102	64	51	102	76

Nota: diámetros en milímetros.

### **Conclusiones y Recomendaciones.**

En la presente tesis, se trabajó en aspectos relevantes de diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias, que incidiera en el mejor uso y ahorro del agua, se realizó un trabajo de campo intenso realizando mediciones con el objetivo de modificar la aplicación del método de "unidad mueble", como se le llama en la actualidad al modelo de Hunter, éste es ampliamente utilizado en México, 74 años después de su primera exposición, sin actualización sustentada en mediciones de campo y sin considerar:

a.- En las últimas décadas se han producido innovaciones tecnológicas y Normas Oficiales Mexicanas por lo cual se fabrican únicamente muebles de bajo consumo de agua, sin embargo los métodos de diseño para las instalaciones hidráulicas y sanitarias no se han actualizado..

b.- Habiendo estudiado Hunter únicamente edificios de tipo habitacional, su método se aplica de manera general actualmente a edificios con otro tipo de uso como recreativo, institucional o de oficinas, originan implicaciones desconocidas por los proyectistas. Además, aun cuando solo se aplicara a edificios habitacionales no se está considerando que

---

los hábitos en el consumo de agua de los ciudadanos Mexicanos son distintos a los de los ciudadanos Norteamericanos para los cuales fue diseñado el método de Hunter.

En consecuencia considerando la reducción en los gastos de cada mueble sanitario debido a las innovaciones en sus diseños, con los resultados obtenidos en esta tesis se disminuye considerablemente el gasto de diseño de las instalaciones con respecto al obtenido con los valores propuestos por Hunter.

De los resultados obtenidos se establecen las siguientes:

### **Conclusiones.**

1.- En presente tesis por medio de la medición directa de campo se obtuvieron resultados significativos que permitieron establecer un conjunto de variables relevantes en el análisis probabilístico y diseño adecuado de instalaciones hidráulicas y sanitarias. De continuar diseñando las instalaciones hidráulicas como hasta ahora en el corto plazo el manejo ineficiente del agua resultará de graves consecuencias para la ciudad.

2.-De acuerdo con este trabajo los resultados de la presente tesis, se observa que los valores propuestos para los tres muebles estudiados por Hunter son:

- a.- Menores a los observados para todos los muebles en el caso de la frecuencia de uso (i).
- b.- Mayor en el observado en el inodoro de fluxómetro y menores a los observados en el inodoro de tanque y regadera en la duración del uso (t).
- c.- Menores a los observados para los distintos muebles para el caso de los gastos (q).

3.- Se establecen en la presente tesis, las curvas de diseño para instalaciones hidráulicas y sanitarias actualizadas; se fijan valores de las unidades mueble para los principales accesorios empleados en los edificios de diferente tipo de uso estudiados.

4- Por otra parte, como cada tipo de uso a los que pueden destinarse los edificios tienen una gráfica de diseño diferente, obtenidos a partir de factores de tiempo específico de uso, carece de sentido establecer distinciones del tipo de servicio de los edificios públicos y privados.

5.- Consecuentemente al diseñar con las curvas actualizadas, en las instalaciones hidráulicas se obtienen reducciones significativas en los diámetros de las tuberías y gastos.

6.- La economía que puede obtenerse con el criterio establecido en la presente tesis es significativa en instalaciones de edificios que demandan gastos importantes. Para gastos menores como en la vivienda unifamiliar la aplicación no es menos importante considerando

---

el tamaño y crecimiento ascendente de la población año con año y en consecuencia el consumo de agua.

7.- Al emplear en el diseño las tablas del IMSS y del Reglamento de Construcciones para el D.F., se obtienen gastos mayores que con las curvas actualizadas. En el primer caso se obtuvo un gasto total aproximadamente 7% mayor que el mayor gasto dado por las curvas actualizadas (sala de conciertos), mientras que en el segundo caso fue 27% mayor.

**Recomendaciones:**

1.- Para generalizar los resultados de la presente tesis, las autoridades competentes del Gobierno Federal, Gobiernos Estatales y AMERIC (Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción A.C) , interesadas deben intervenir en el diseño de las instalaciones hidráulicas de los edificios, pueden basarse en general en la presente tesis, y recurrir obligadamente al diseño experimental para tener resultados más amplios que incluyan edificios con otros usos tales como: plantas industriales , hospitales y servicio de lavandería.

2, Establecer cuidadosamente los factores de tiempo (i) y (t) es de suma importancia para el modelo en virtud de que:

a.- Cuanto más grande es la descarga (t), mayor es la probabilidad de descargas sobre puestas

b.- Cuando más corto sea el tiempo entre descargas (i) más grande será la probabilidad de coincidencia o sobre posición

c.- A mayor extensión del periodo de punta, mayor será la probabilidad de coincidencia o sobre posición.

3.-El objetivo de actualizar la aplicación del método de Hunter para el diseño de sistemas de distribución de agua en edificios está dirigido a reducir el consumo de agua de la instalación hidráulica, ofreciendo nuevas líneas de investigación considerando otros usos de los edificios, al mismo tiempo un servicio satisfactorio.

---

## **Bibliografía**

- 1.-Averill M.Law, W.David Kelton. (1997). Simulation Modeling Analysis. Mexico D.F: Mc Graw Hill-International.
- 2.- ASCE, American Society of Civil Engineers,1943
- 3.-Braxton, J. S. (1996). Annual Conference,Bal Harbour. chicago,USA: Metropolitan San. Dist. of Greater.
- 4.-Camp, T. R. (1940). Plumbing Manual . Chicago,USA: Report of subcomitee on Plumbing Central on Reserarch.
- 5.-Company, C. (1974). Pipeline Desing for Water and Wastewater. USA: American Society OF Civil Engineers.
- 6.-Coss Bu, R. (2007). Simulacion un enfoque practico. Mexico D.F: Limusa.
- 7.-Dawson, F. a. (1933). Interior Water Supply Piping for Residential Building. Wisconsin,U.S.A: Engineering Experiment Station Series.

- 
- 8.-Economia, S. d. (2001). Normas Oficiales Mexicanas. Mexico,D.F: Secretaria de Economia.
  - 9.-Garcia, E. (2006). Simulacion y Analisis de Sistemas. Mexico D.F: Pearson.
  - 10.-GDF. (2007). Normas Tecnicas Complementarias . Mexico,D.F: Gobierno del Distrito Federal.
  - 11.-Greenne, R. (1987). Valvulas -Seleccion ,uso y Mantenimiento. USA: Limusa,S.A.
  - 12.-Hunter, R. (1940). Methods of Estimating Loads in Plumbing Systems. Washington D.C: NBS Building Materials and Structures Rept.BMS US Dept.
  - 13.-Hunter, R. (1940). Methods of Estimating Loads in Plumbing Systems. Washigton D.C: NBS Building Materials and Structures US .
  - 14.-IMSS. (2003). Normas Tecnicas de Diseño de Instalaciones hidraulicas y sanitarias. mexico,D.F: IMSS.
  - 15.-Jack R. Benjamin. (1996). Probabilidad y Estadistica en Ingenieria civil. Mexico D.F: Mc Graw Hill.
  - 16.-Kelton, L. a. (2005,3°ed.). Simulation Modeling and Analysis. New York,USA: Mc Graw Hill.
  - 17.-Leblond, G. (1990). Lenguge "c" the complete reference. Aravaca,Madrid: Mc Graw Hill.
  - 18.-Mendenhall, W. (2003). Estadistica Matematica con Aplicaciones. Mexico D.F: Grupo Editorial Iberoamericano.
  - 19.-Motgomery, m. (1997). How to formulate the ultimate. Tutorial on experiment whit mixture.
  - 20.-NBS. (1952). Journal AWWA. Washington D.C: NBS Building Materials and Structures.
  - 21.-Pazos jose Juan. (2003). Teoria de colas y Teoria de Eventos Discretos. Mexico D.F: Perarson.
  - 22.-Pazos Arias, j. (2003). Teoria de eventos Discretos. Mexico,D.F: Pearson.
  - 23.-Plumbing, R. M. (1932). Report of the Subcomitte on Plumbing of the Building Code Committe,U.S. New york: Departament of Commerce Bureau of Standars.
  - 24.-R. Azarag, M. y. (1998). Simulacion y Analisis de Metodos Estocasticos. Mexico D.F: Mc Graw Hill.
  - 25.-R.J, Kessler. (1940). Richtlinien fur die Berechnung der Kaitwasserleitungen in Hausanlagen. Berlin: Gas -und Wasserfach.
  - 26.-Rumi Ingenieros, s. d. (1991). contrato N°I-33-I-2084. Mexico,D.F: DGCOH.

---

27.-Sotelo, g. (2005). Hidraulica general. Mexico,D.F: Limusa,S.A.

28.-Vladimirovna, P. O. (2001). Fundamentos de la Teoria de Probabilidad para Ingenieria y Ciencias. Mexico D.F: Libudi.

29.-W.BARBER, M. (1984). Steam Trapping and Air Venting. chicago,U.S.A: Hidraulic Institute-USA.

30.-Wayne. C.Winston. (1998). Simulation ,Modeling-Using Risk. New York: Duxbury-Press.

## **Glosario.**

**Agua potable.**- Agua que cumple con las características físicas de color, olor y sabor, así como de contenido de minerales y materia biológica, para consumo humano.

**Aguas negras.**- Agua de desecho producida por el consumo humano.

**Aguas residuales.**- Agua de desecho producto de las actividades industriales.

**Aportación.**- Cantidad de agua, negra y residual, que se vierte a los sistemas de alcantarillado.

**Capacidad de regulación.**- Volumen suficiente en un tanque o embalse para almacenar el agua que llega de una fuente, a régimen constante, y poder satisfacer las demandas del líquido, variables, a lo largo del día, o para retener temporalmente el agua de una avenida con objeto de reducir el gasto aguas abajo de la estructura.

**Cárcamo.**- Depósito excavado en el suelo para captar escurrimientos que después serán bombeados.

**Cisterna.**- Tanque para almacenamiento de agua potable construido bajo el nivel del suelo.

---

**Conducto a presión.-** Conducto cerrado que lleva el agua a una presión mayor que la atmosférica, generada por carga hidráulica o de bombeo.

**Conducto cerrado.-** Tubo o túnel por el que circula el agua. Puede funcionar a superficie libre o a presión.

**Dotación.-** En agua potable, es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios municipales, industriales y comerciales y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual.

**Drenaje combinado.-** Red de alcantarillado por la que se desalojan simultáneamente las aguas negras y residuales y las pluviales.

**Drenaje separado.-** Red de alcantarillado diseñado para desalojar exclusivamente las aguas negras y residuales o las aguas pluviales.

**Gasto de diseño.-** El que se prevé que circulará en condiciones críticas en un sistema, conducto o estructura, y con base en el cual se realiza el diseño de éste.

**Instalaciones hidráulicas.-** En las edificaciones, es el conjunto de tuberías y muebles que distribuyen el agua potable.

**Instalaciones sanitarias.-** En las edificaciones, es el conjunto de tuberías y muebles que desalojan el agua de desecho del consumo humano.

**Ley de demandas.-** Relación de la variación de la demanda de agua en un período determinado.

**Tratamiento de agua.-** Conjunto de procedimientos por medio de los cuales se mejora, en diferentes grados, la calidad de las aguas negras o residuales.

**Tubería.-** Conducto fabricado de diferentes materiales, generalmente de sección circular; puede trabajar a presión o como canal.

**Modelado.** Representación idealizada de un sistema

**Optimización:** Alcanzar un desempeño inmejorable de un sistema

**Simulación:** Imitación del comportamiento de un sistema

**Simulación determinística (Estocástica).** Simulación que involucra variables aleatorias

ANEXO - A

FORMATO DE CAMPO



<b>Dpto. en condominio</b>		<b>Un dormitorio</b>	
<b>Casa</b>		<b>Dos dormitorios</b>	
<b>Otro (especificar)</b>		<b>Tres dormitorios</b>	
		<b>Más de tres dormitorios</b>	
1.4.- habitantes de vivienda		Numero de baños	
Cantidad de hombres		Cantidad de muebles sanitarios	
Cantidad de mujeres		w.c	
		Lavabos	
		Regaderas	
Observaciones			

**DETERMINACION DEL INTERVALO ENTRE USOS CONSECUTIVOS.**

**MUEBLE** \_\_\_\_\_ **FECHA** \_\_\_\_\_

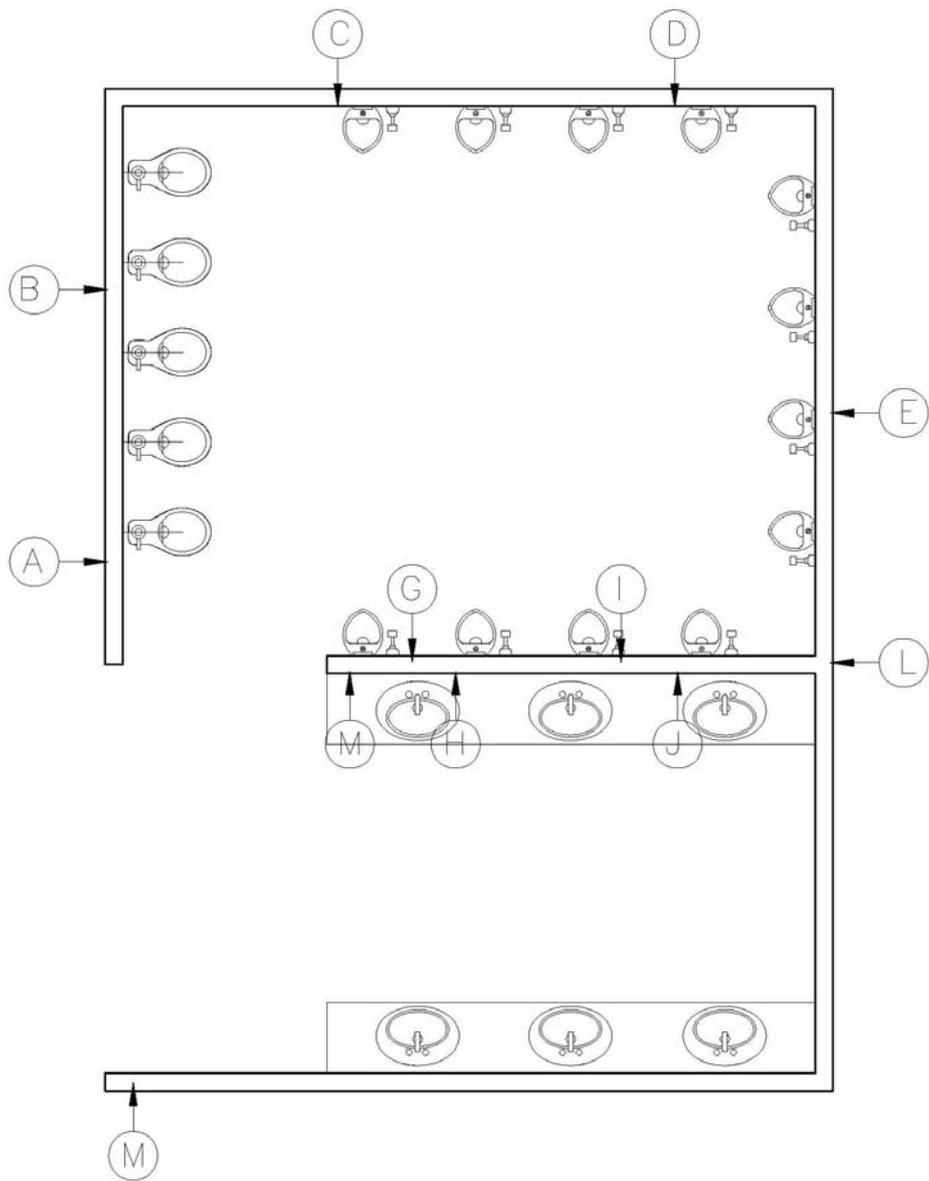
HORA	INTERVALO (MINUTOS)						



---

# ANEXO - B

## FIGURA - 13 PLANTA ARQUITECTONICA



○ → SECCIONAMIENTO

## PLANTA ARQUITECTONICA TIPO

---

ANEXO - C  
CURVAS DE DISEÑO ACTUALIZADAS

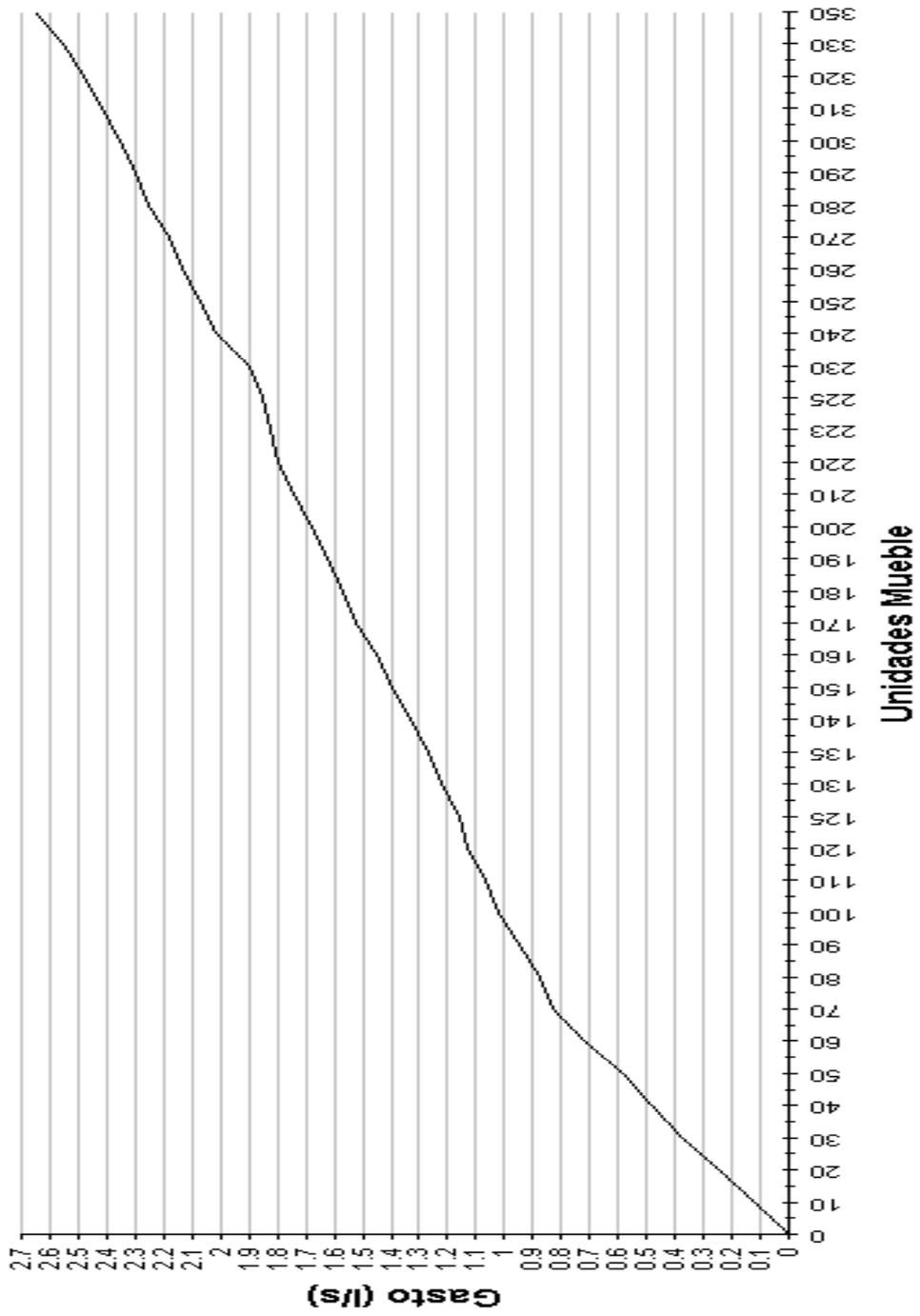


FIGURA 5.1 Curva de diseño para uso habitacional.

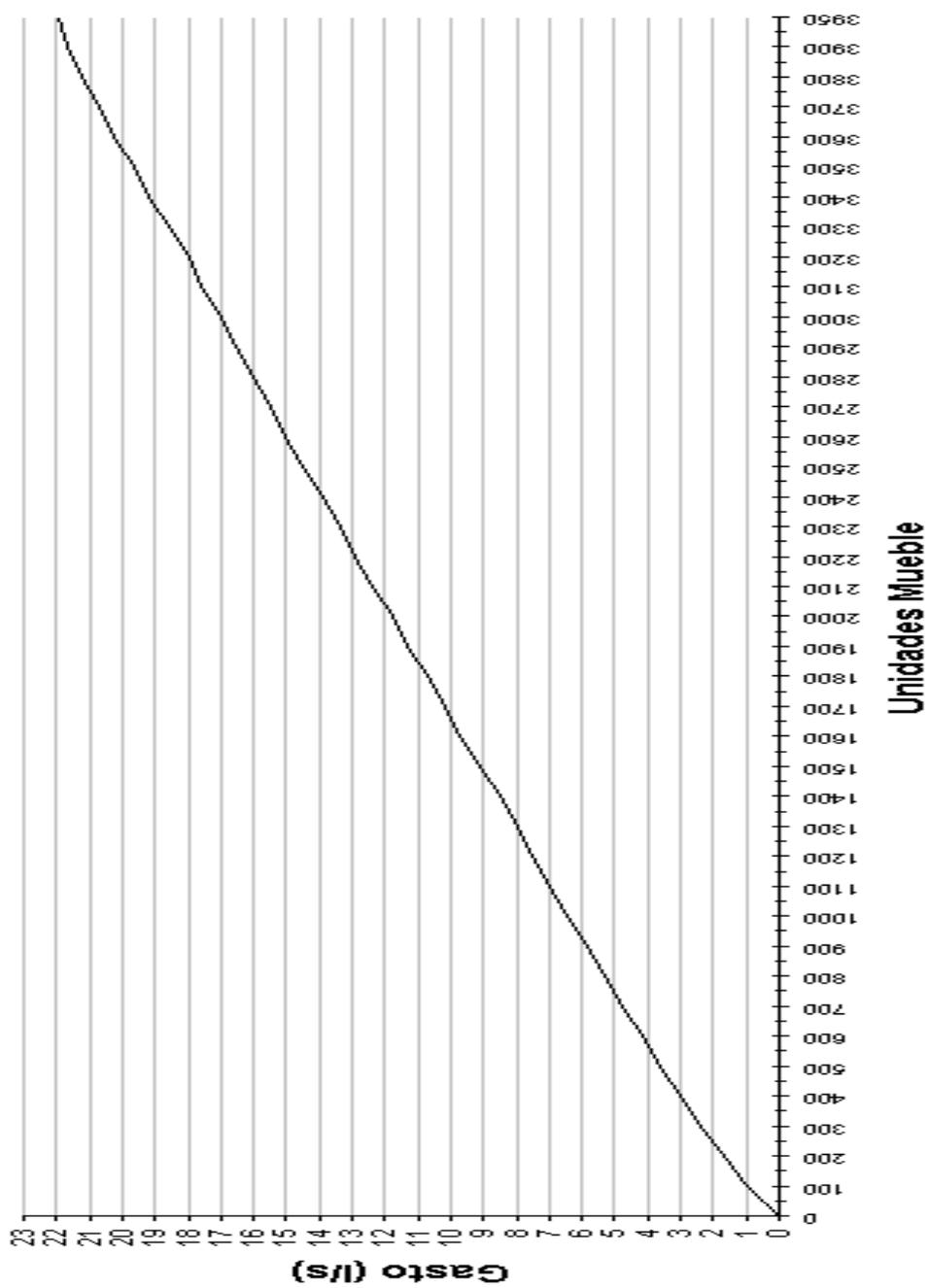


FIGURA 5.2 curva de diseño para uso habitacional.

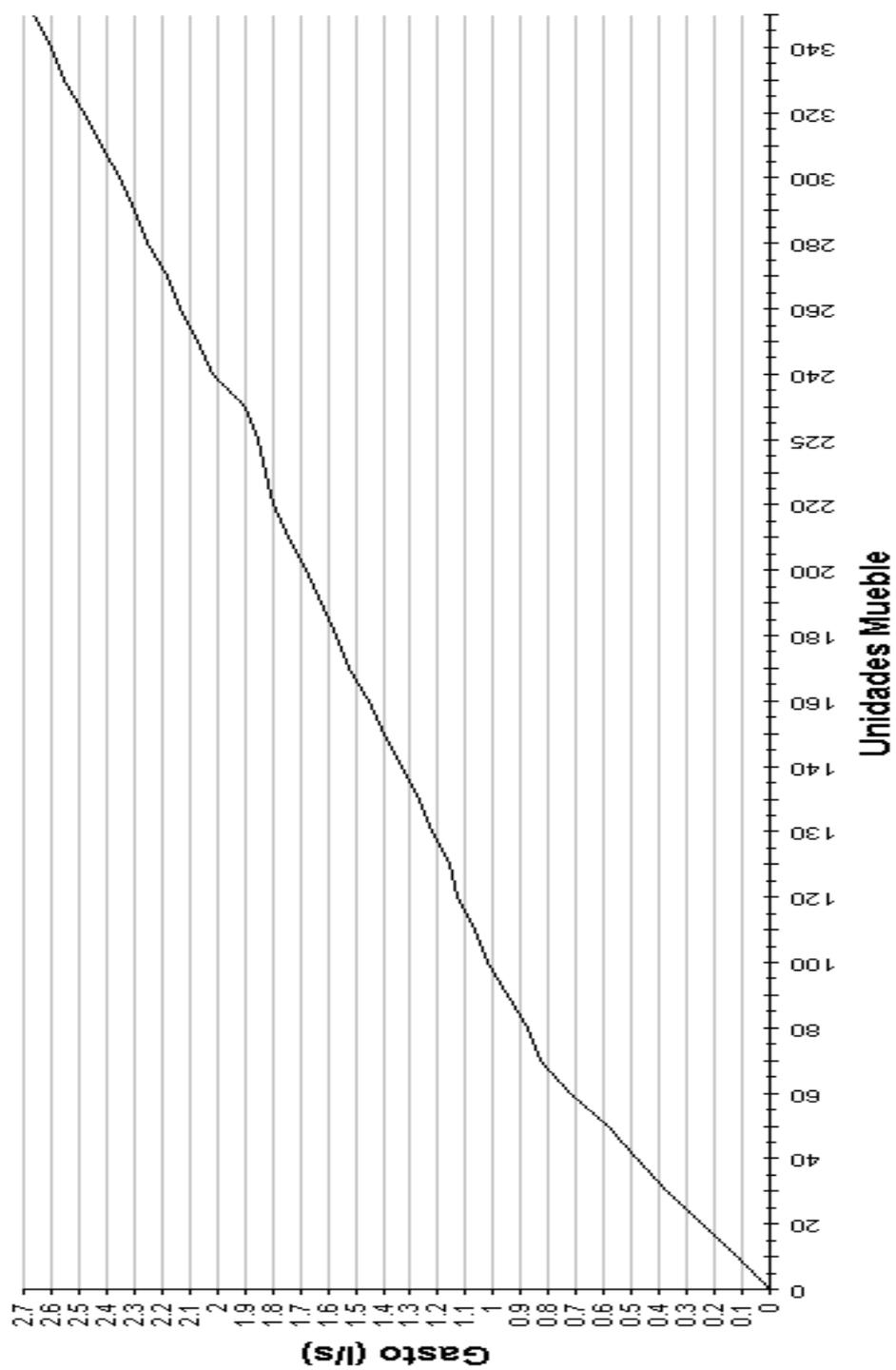


FIGURA 5.3. Curva De diseño para uso oficinas.

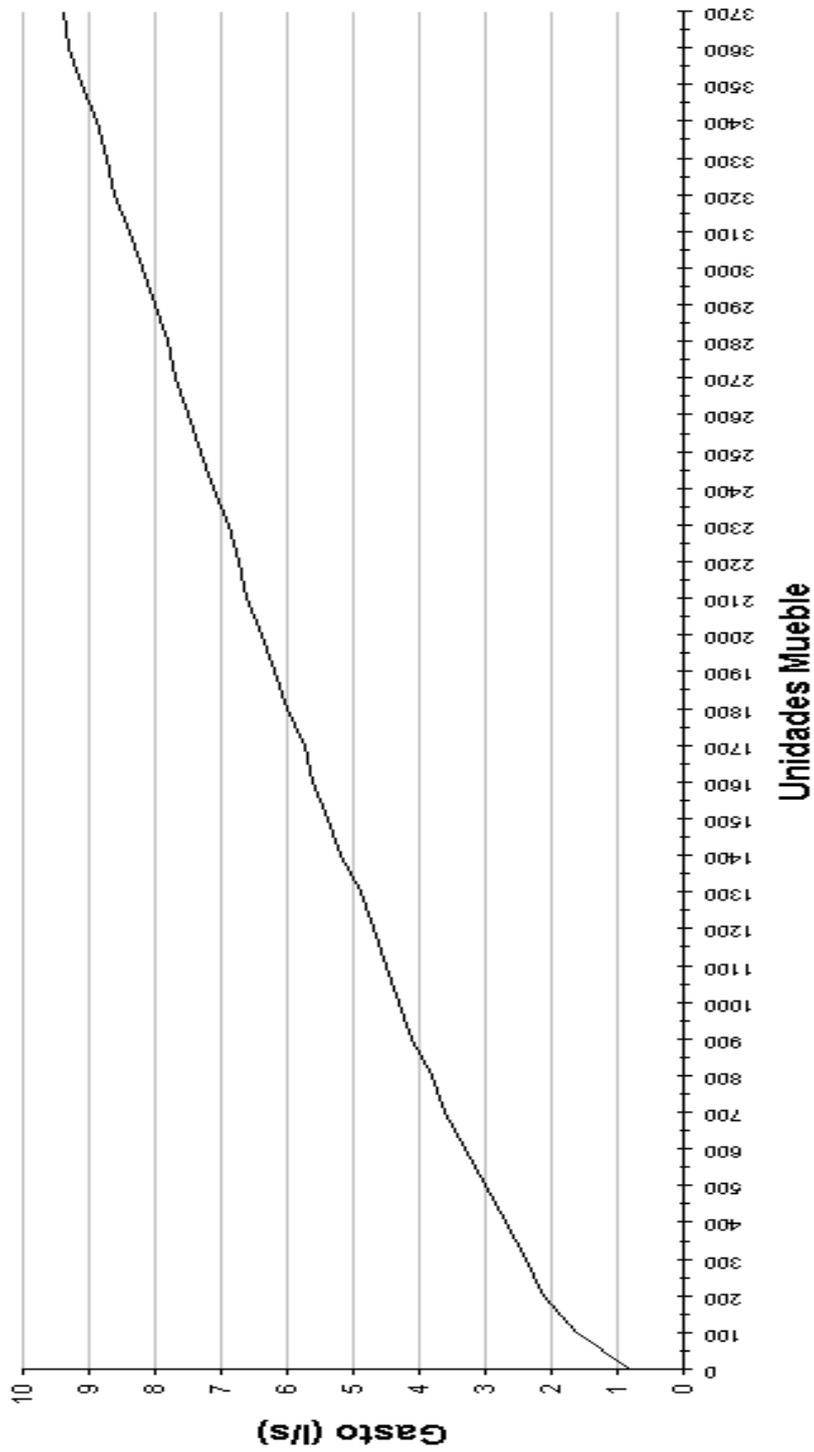


FIGURA. 5.4. Curva de diseño para uso de oficinas.

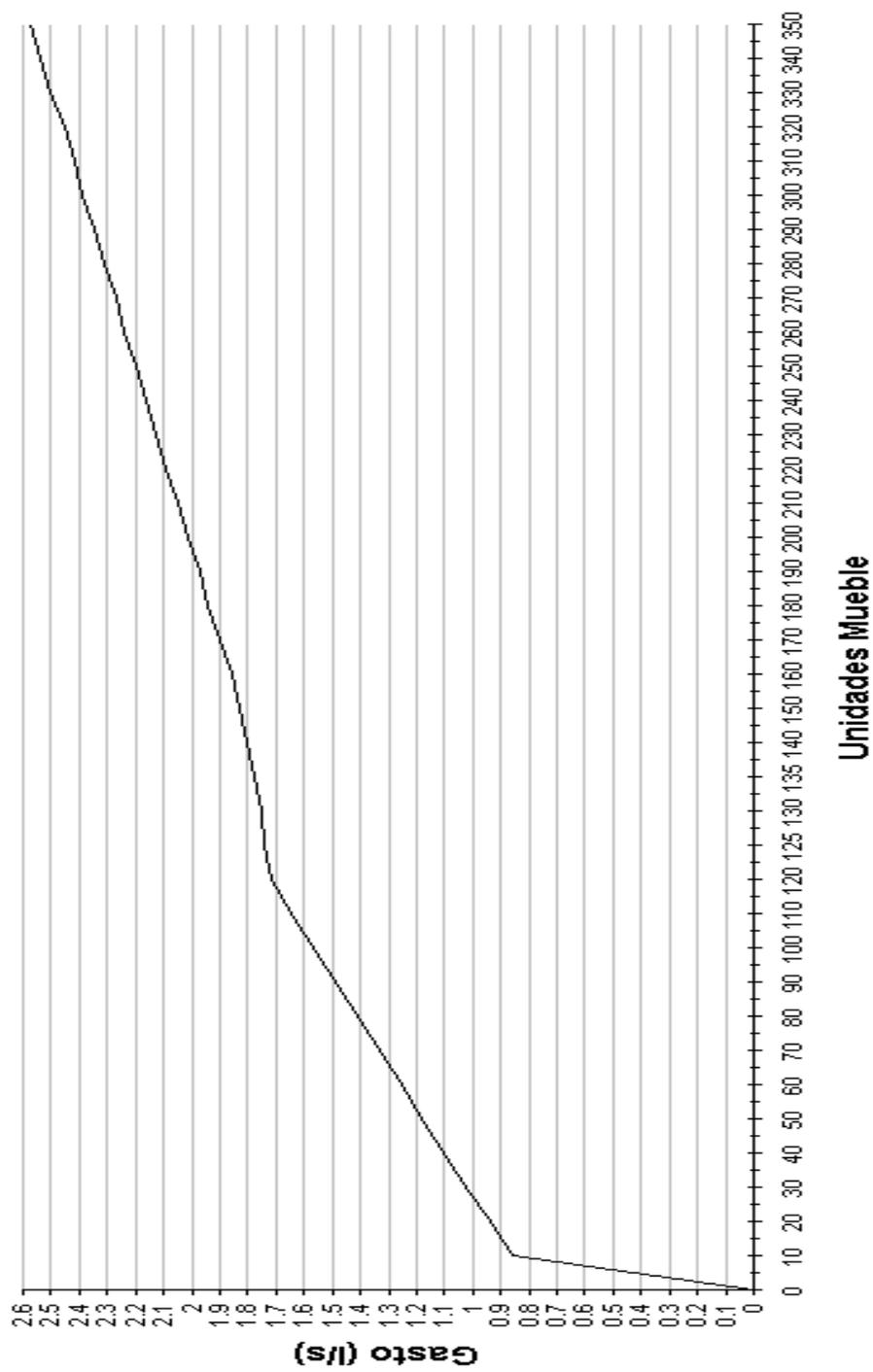


FIGURA. 5.5. Curva de diseño para uso Educación Básica y Media Básica

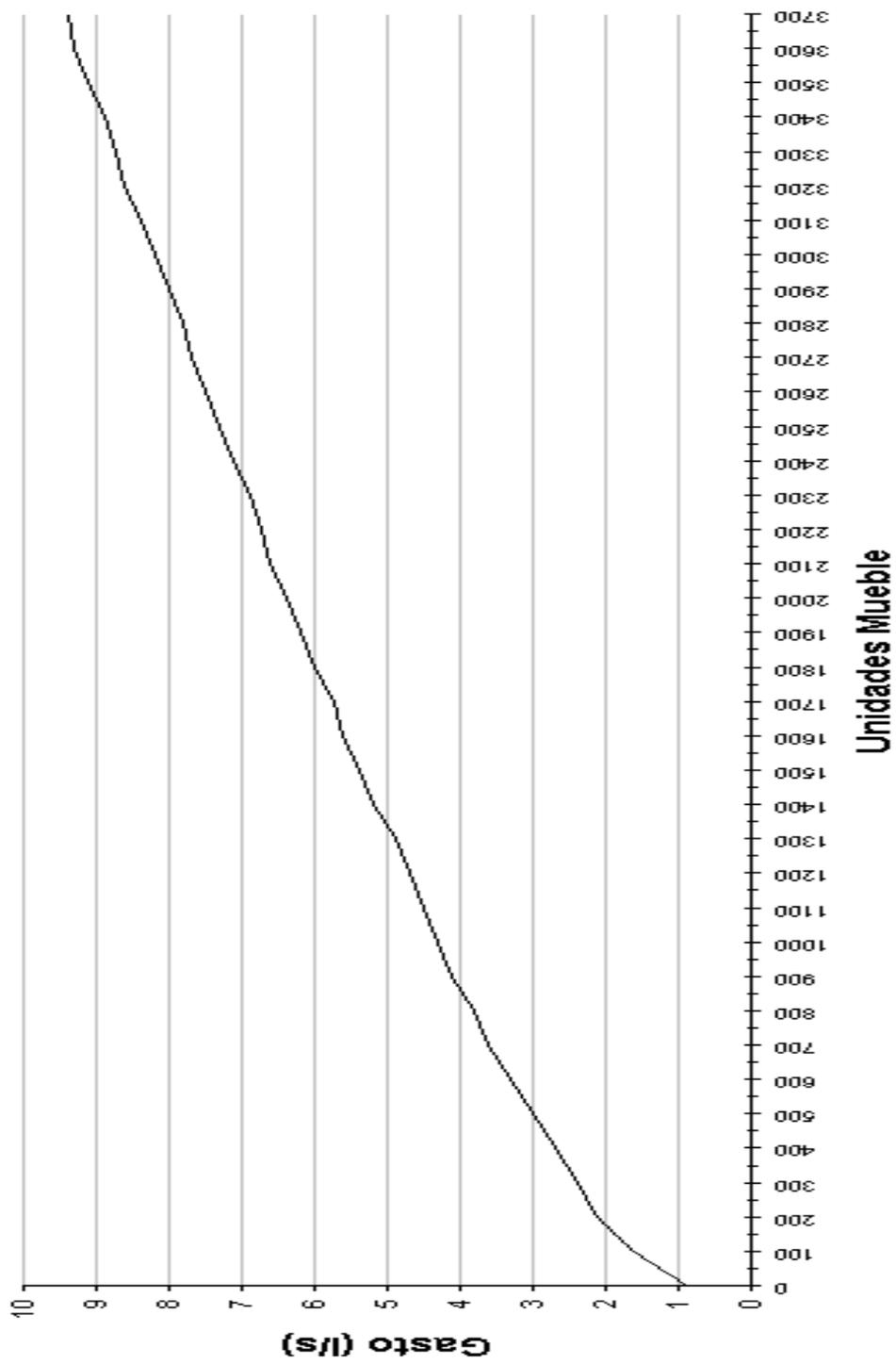


FIGURA 5.6. Curva de diseño para uso de Educación básica y media básica.

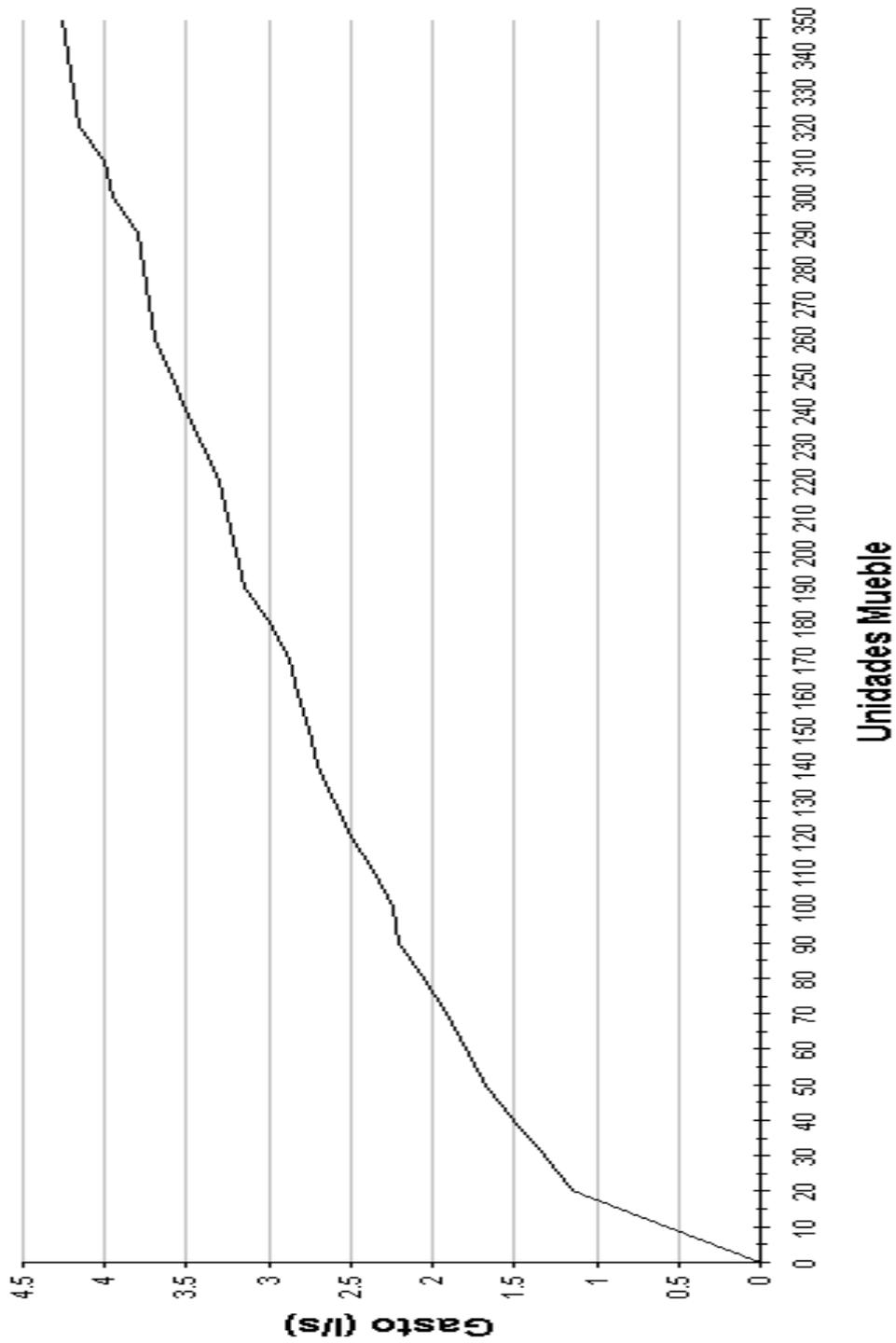


FIGURA. 5.7. Curva de diseño para uso de Educación Media Superior y Superior.

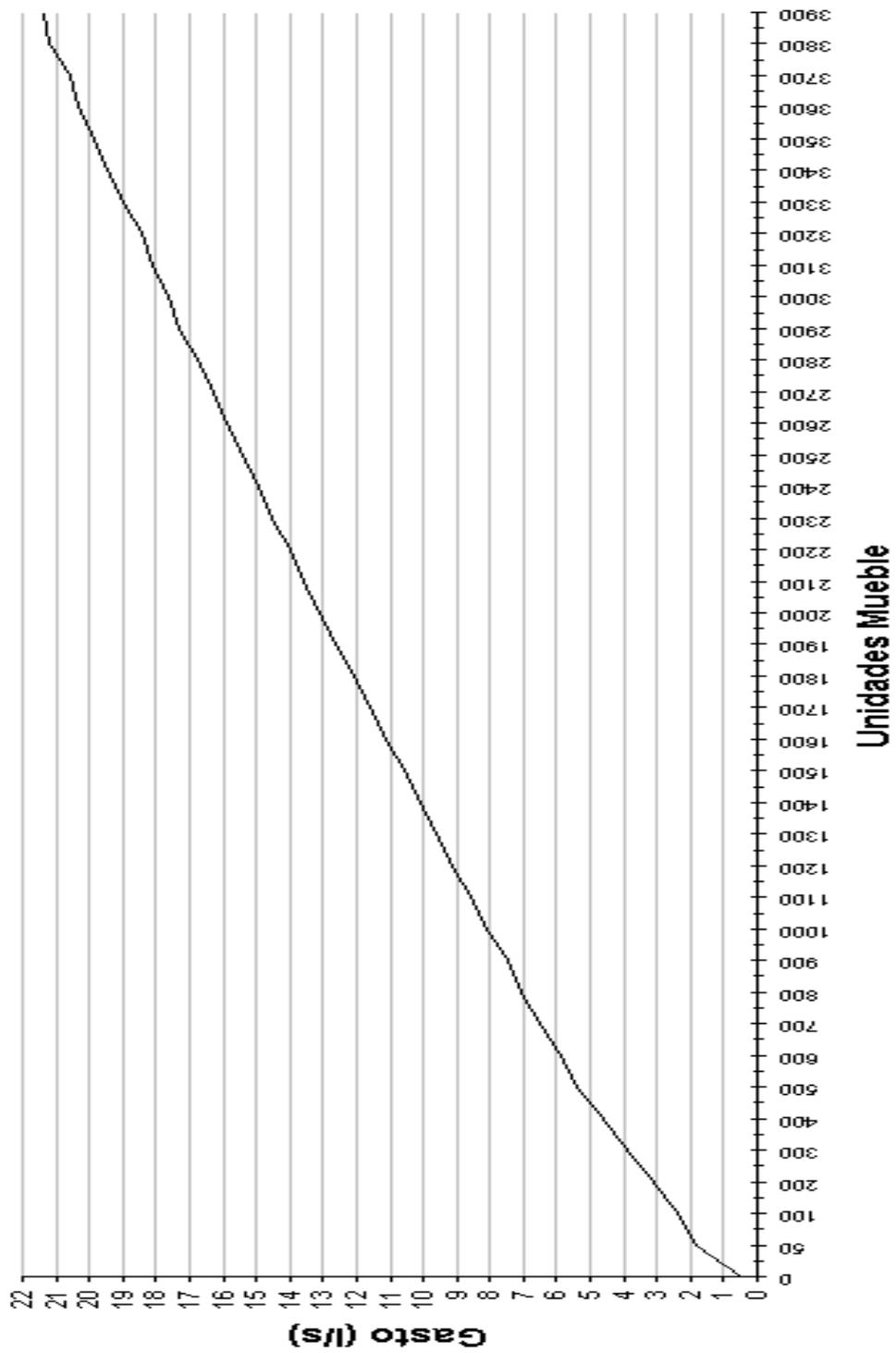


FIGURA 5.8. Curva de diseño para uso de Educación media superior y superior

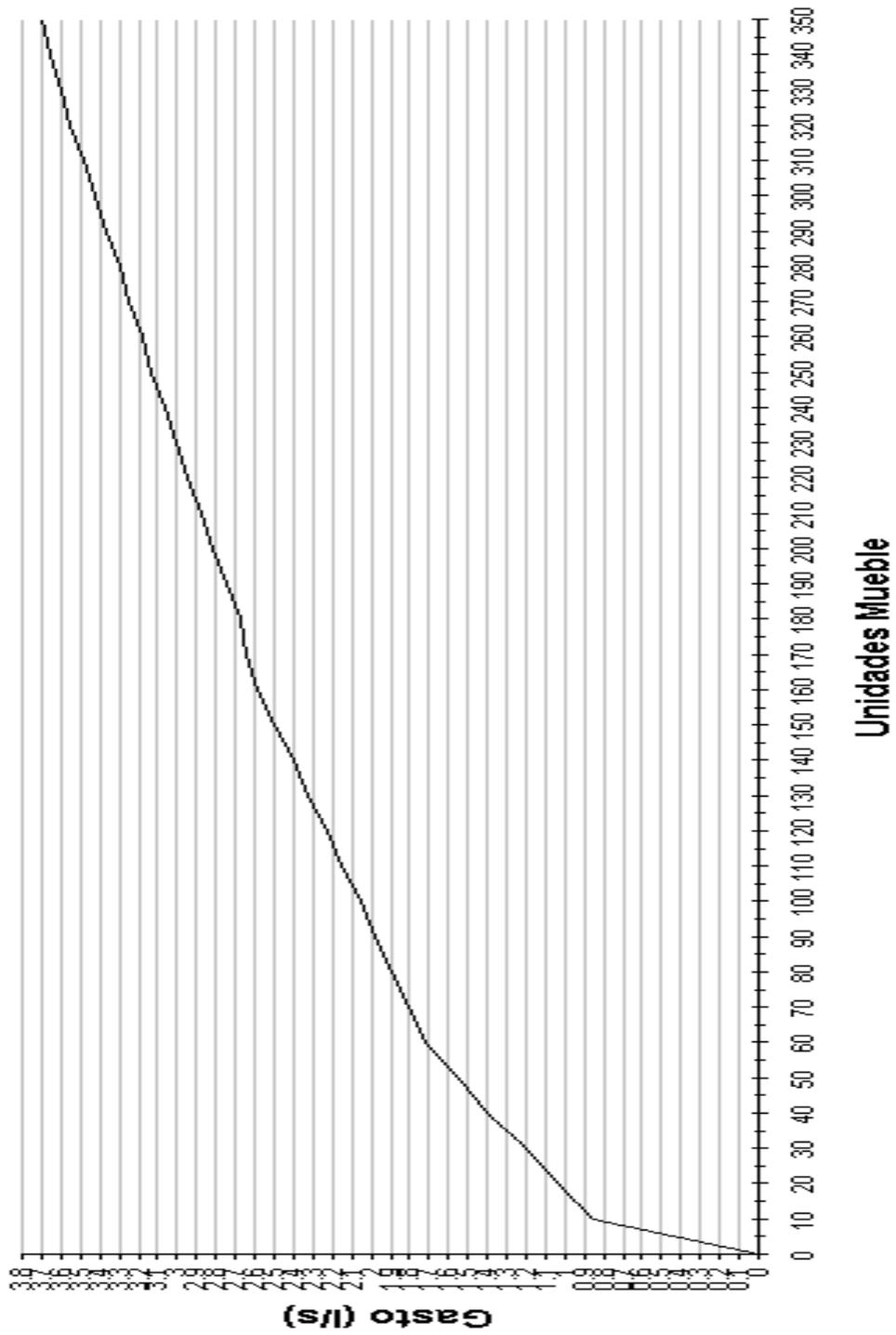


FIGURA 5.9. Curva de diseño para uso de Restaurantes y similares.

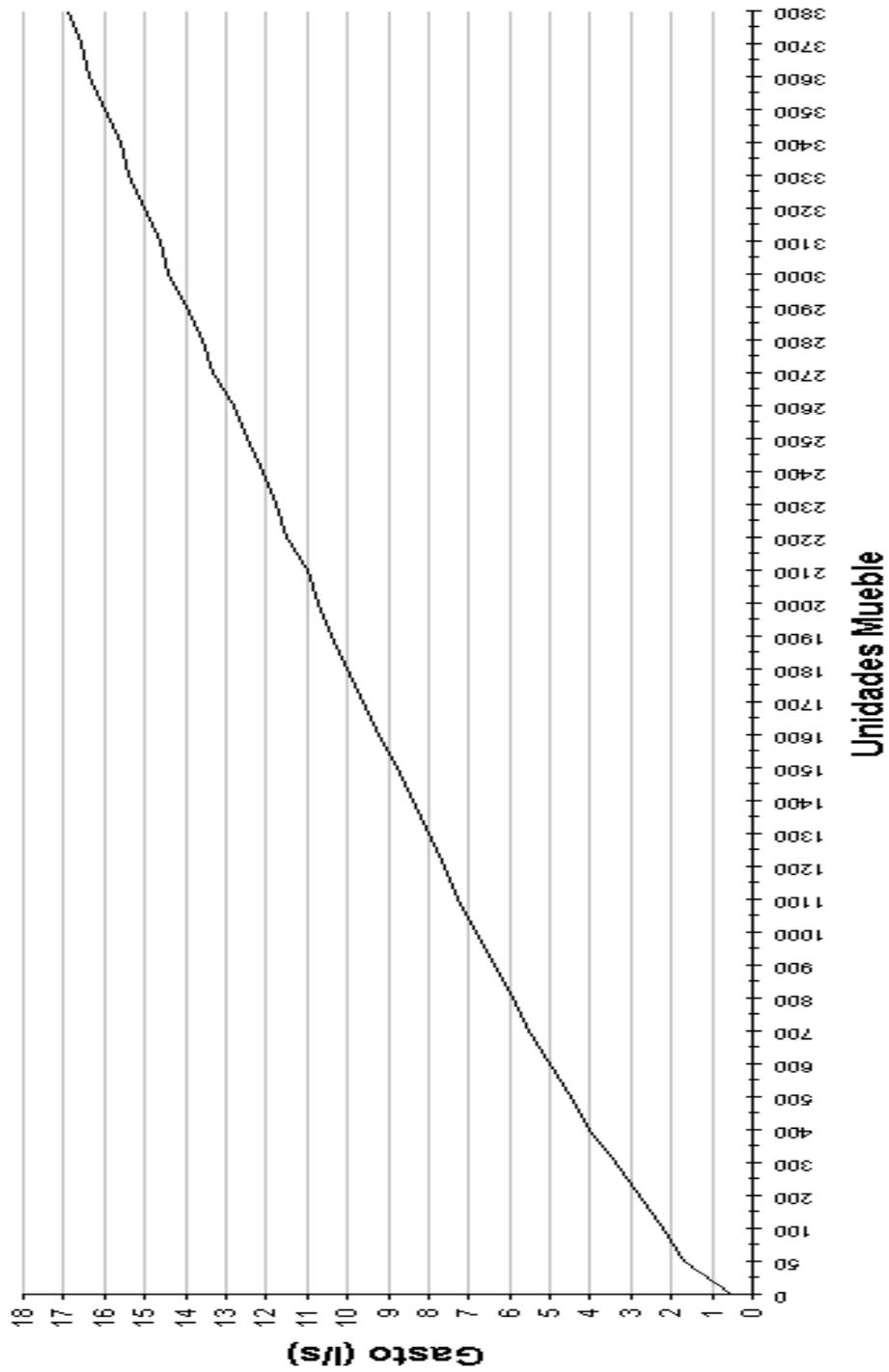


FIGURA 5.10. Curva de diseño para uso de Restaurantes y similares

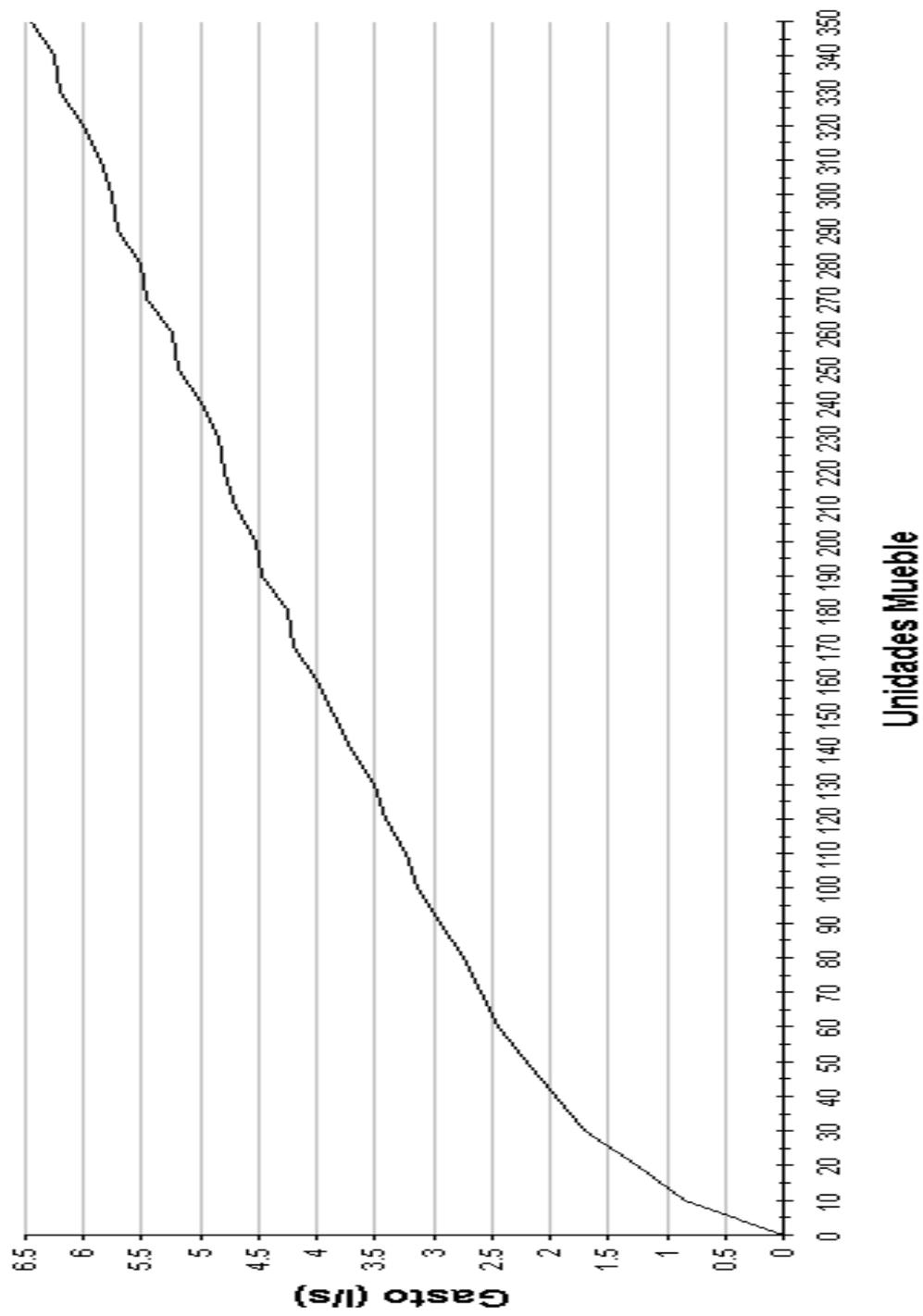


FIGURA. 5.11. Curva de diseño para uso de Sala de Conciertos y Cines.

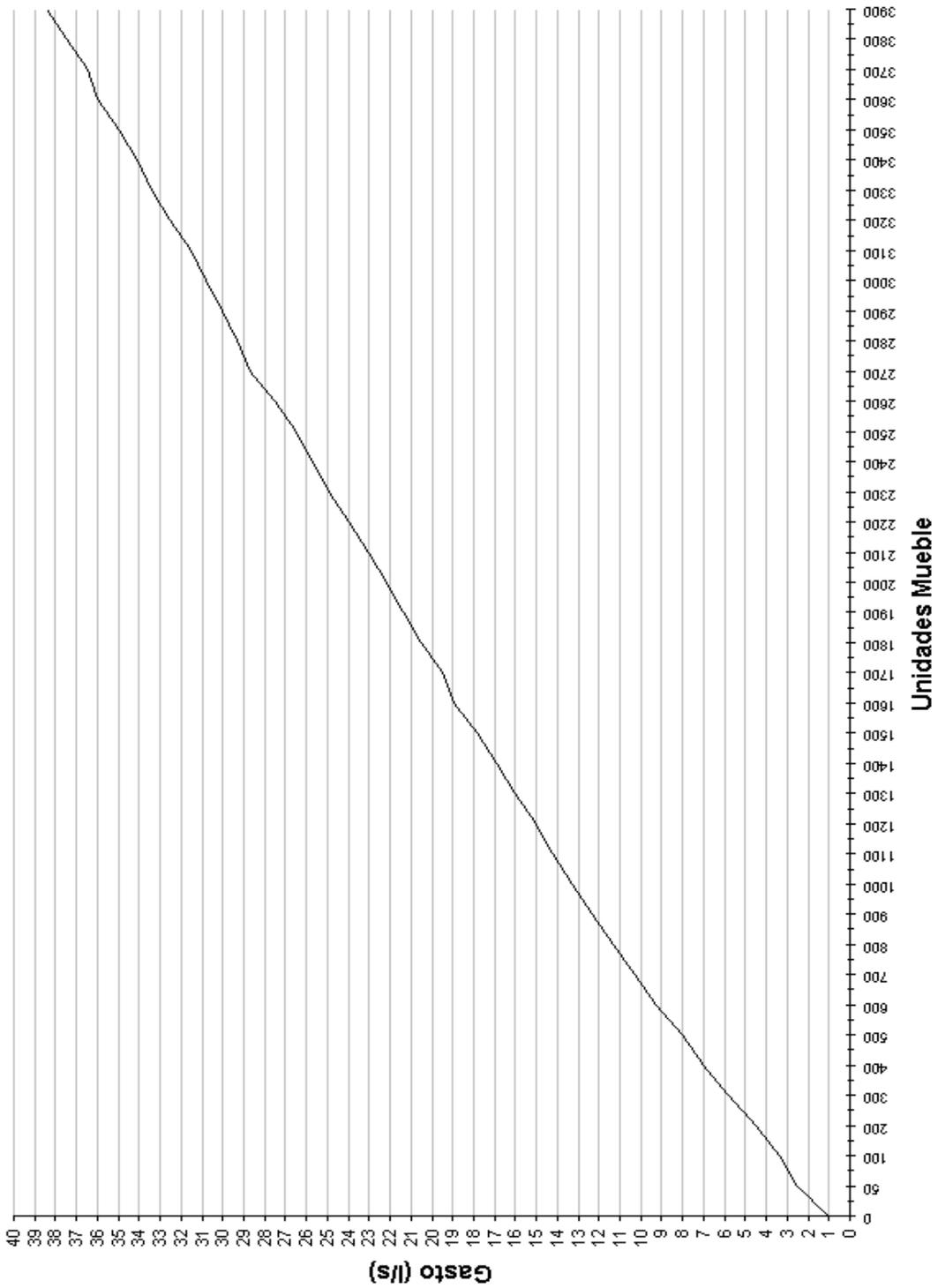


FIGURA. 5.12. Curva de diseño para uso de Sala de Conciertos y Cines.

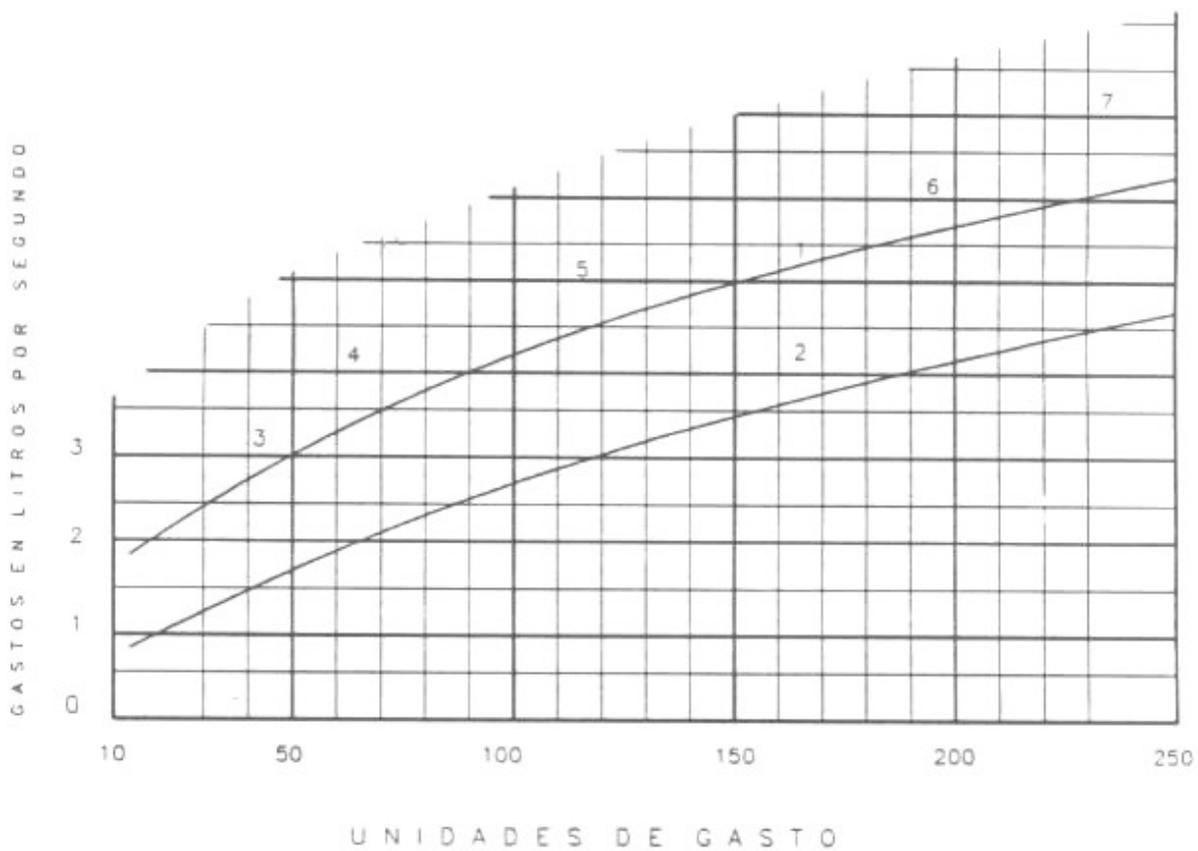
---

## **ANEXO-D**

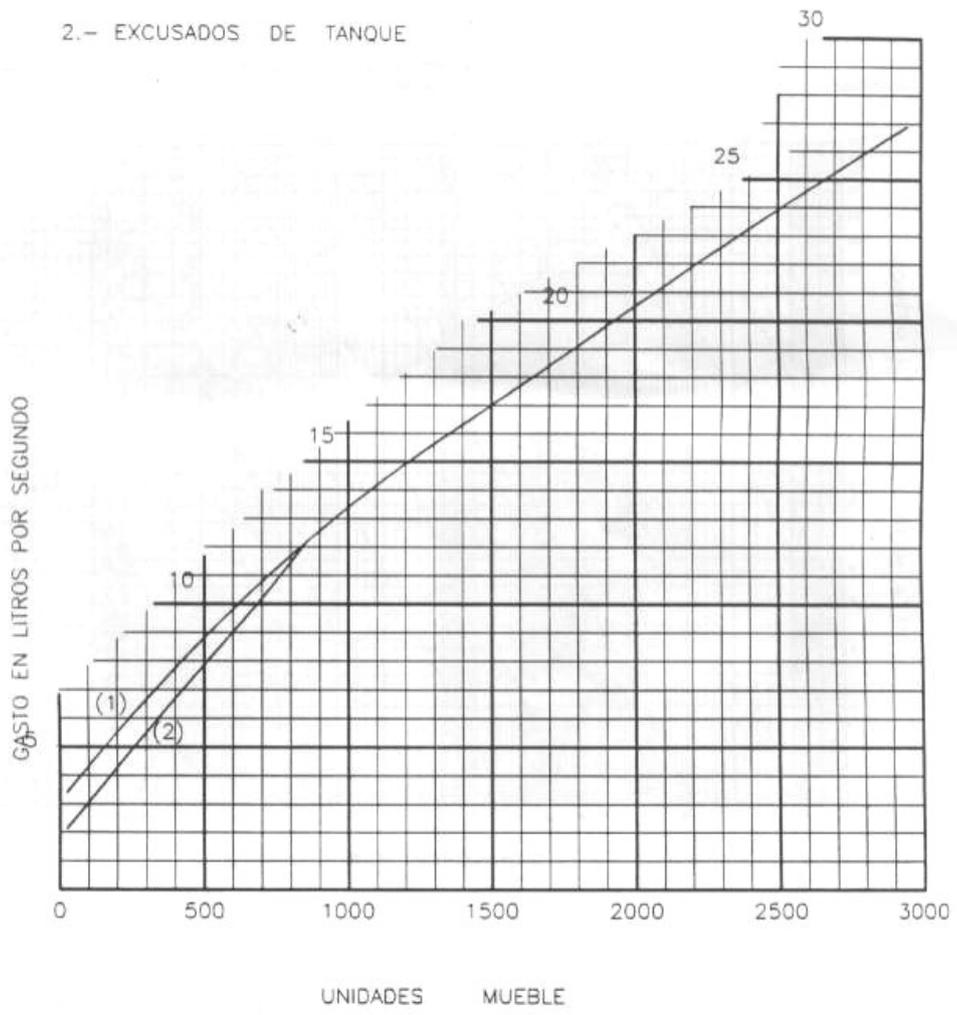
**Curvas Propuestas por el Dr. Hunter.**

1.- EXCUSADOS CON VALVULA

2.- EXCUSADOS DE TANQUE



- 1.- EXCUSADOS CON VALVULAS
- 2.- EXCUSADOS DE TANQUE



---

# ANEXO

## Consideraciones básicas de las Normas Oficiales Mexicanas.

---

## **Consideraciones de las Normas Oficiales mexicanas en materia de muebles y aparatos sanitarios.**

### **Antecedentes.**

El artículo 9 de la ley de aguas nacionales establece que entre las atribuciones de la comisión nacional del agua (CNA) está la de promover el uso eficiente del agua y su conservación en todas las fases del ciclo hidrológico e impulsar una cultura del agua que considere a este elemento como un recurso vital y escaso.

La cultura del agua a que se refiere el artículo 9 de la ley implica entre otras acciones reducir el consumo del agua en los muebles y aparatos sanitarios de toda edificación, sin disminuir los niveles de bienestar en la población y sin modificar las actividades productivas. Con este fin se han expedido diversas normas oficiales mexicanas que establecen las especificaciones y métodos de prueba a que debe ajustarse el diseño y fabricación de muebles y aparatos sanitarios ya que la ley le confiere también a la CNA la atribución de expedir la normas en materia hidráulica en los términos del a ley federal sobre metrología y normalización.

Mucho tiempo antes de la expedición de la ley de aguas nacionales en 1992 la dirección general de construcción y operación hidráulica del departamento del distrito federal había iniciado estudios e investigaciones con objeto de comprobar el nivel de funcionamiento de inodoros y otros aparatos sanitarios de bajo consumo, es decir aquellos que requieren un volumen de agua menor al de los muebles utilizados tradicionalmente en México.

La DGCOH diseño una instalación para probar estos dispositivos bajo condiciones representativas de los edificios destinados al uso habitacional en el distrito federal .las primeras pruebas fueron realizadas en 1984 y los resultados obtenidos sustentaron el inicio de pruebas piloto en condiciones reales. En 1986 se construyo el laboratorio de ingeniería experimental donde se ha probado el funcionamiento de inodoros de bajo consumo de agua de fabricación nacional, llaves de baño, regaderas y otros aparatos sanitarios.

Los resultados de los estudios realizados condujeron a la emisión de recomendaciones tendientes a reducir el consumo del agua en los muebles y aparatos sanitarios y a elaborar una certificación técnica de los diferentes tipos de dispositivos existentes, sentar las bases para modificar las normas vigentes

En ese entonces y generar la experiencia necesaria para el diseño de muebles y aparatos sanitarios de bajo consumo.

Con el fin de lograr un cambio radical en la producción y comercialización de inodoros ahorradores de agua, en abril de 1986 el gobierno federal y los fabricantes de inodoros suscribieron un convenio en que estos últimos se comprometían a desarrollar o adoptar tecnologías para producir inodoros de 6 litros o menos por descarga a partir del 1 de junio de 1987 por su parte el gobierno federal asumía tareas concretas que respaldaran la adquisición de los inodoros entre ellas destaca la elaboración y promulgación de la norma oficial mexicana NOM-C-328/2-1986

---

“MUEBLES SANITARIOS DE LOZA VETRIFICADA: INODOROS DE BAJO CONSUMO DE AGUA. PARA PRODUCIR SOLO MUEBLES DE 6 LITROS O MENOS DE DESCARGA.

Sin embargo por diversas razones los fabricantes de inodoros no acataron la norma mencionada por lo que el 13 de mayo de 1987 se publico la resolución que declaro con carácter de obligatoria la norma oficial mexicana.

Debido a que en el mercado no se disponía de los muebles ahorradores de agua en calidad y cantidad adecuada, el 8 de diciembre de 1988 se publico una nueva resolución que ratifico la obligatoriedad de la norma oficial mexicana NOM-C-382/2-1986. En esta resolución se establece que a partir del 1 de junio de 1989 habrían de producirse y comercializarse para el mercado nacional únicamente inodoros de bajo consumo de agua.

Esta norma fue incluida con carácter de obligatoria en el reglamento de construcciones para el distrito federal, el cual se publico en el diario oficial de la federación del 3 de julio de 1987. De esta manera el distrito federal es la primera ciudad que cuenta con disposiciones de este tipo.

#### **Revisión de las Normas oficiales Mexicanas vigentes.**

La norma oficial mexicana NOM-C-382/2-1986 “muebles sanitarios de loza vitrificado: inodoros de bajo consumo de agua” fue anulada por la norma oficial mexicana NOM-001-EDIF-1994 y se modifico por la Nom-009-CNA-2001 que establece las especificaciones y métodos de prueba para los inodoros de uso sanitario publicada en el diario oficial de la federación el 14 de marzo de 1994 y que entro en vigor al día siguiente de su publicación. La expedición de esta NOM se hizo considerando que los inodoros de uso sanitario consumen agua en forma constante por lo que deben regularse sus especificaciones y métodos de prueba con el objeto de coadyuvar a la preservación de este recurso natural y disminuir sus costos de utilización.

En el diario oficial de la misma fecha se publico la norma oficial mexicana NOM-002-edif-1993 y se modifico por la NOM-CNA-010-200 que establece las especificaciones y métodos de prueba para válvulas de admisión y válvulas de descarga en tanques de inodoro que complementa a la primera. La expedición de esta NOM se hizo considerando que las válvulas de admisión y las válvulas de descarga constituyen dos de los componentes más importantes para regular el flujo de agua en tanques de inodoro...

Por otra parte está por publicarse en el diario oficial la norma oficial mexicana NOM-005-CNA-1996 “Fluxómetros-Especificaciones y métodos de prueba”. Después de la aprobación del proyecto correspondiente efectuada el 9 de abril 1997 de esta norma se considera interesante su introducción, la cual se reproduce a continuación.

El recurso agua se considera ilimitado, en términos de su cantidad, calidad y bajo costo en el contexto de espacio y tiempo, el recurso se ha visto afectado por el incremento en su demanda y como resultado del crecimiento demográfico y económico del desarrollo industrial y la gran necesidad de incrementar la eficiencia en el uso del agua mediante la

---

utilización de accesorios de bajo consumo, sin afectar la salud de los usuarios y el medio ambiente en general.

Por lo anterior, las autoridades gubernamentales y el sector privado han emprendido la tarea de buscar medidas para reducir el uso indiscriminado y excesivo del agua.

La reducción del volumen del agua consumido por los fluxómetros redundara en el ahorro de un volumen de agua importante, que permitirá el incremento en la oferta de agua a nuevos usuarios o bien, la preservación de este vital recurso natural.

Debido a la importancia que tienen estas normas para el presente estudio, se han incluido como parte de la bibliografía.

En el cuadro 1 se muestran los aspectos relevantes que tiene aplicación directa en el desarrollo de la investigación efectuada.

Cuadro 1 Sinopsis de las Normas Oficiales Mexicanas en materia de muebles y aparatos sanitarios. NOM-009- CNA-2001 (Publicada el 30 de Abril 2001)

Objetivo	Campo de aplicación	Definiciones	Clasificación	Especificaciones
<p>Esta NOM Establece las especificaciones y métodos de prueba que deben cumplir los inodoros</p>	<p>Es aplicable a los inodoros de fabricación nacional y de importación</p>	<p>Inodoro conjunto de taza y tanque provisto de un dispositivo para desagüe y de una trampa hidráulica que permita el paso de excretas humanas a la red de drenaje si n permitir el retroceso de aire o gases de la misma, con un diseño tal que permita la limpieza combinada con una acción sinfónica.                      Tanque: mueble de loza vitrificada compuesto de caja y tapa capaz de contener agua para descarga en otro mueble sanitario. Puede ser de tanque alto o de tanque bajo.                      Taza de inodoro mueble sanitario que integra el conjunto del inodoro, puede ser independiente o formar parte de una combinación y de varios diseños (alargada,regular,etc)</p>	<p>Tipo I. inodoro con tanque alto es el proyectado para instalarse a mas de 60 cm del piso (distancia del piso al fondo del tanque alto)                      TIPO II. Inodoro con tanque bajo (acoplado al mueble) de una o dos piezas, es el proyectado para instalarse a 60 cm o menos del piso (distancia del piso al fondo del tanque bajo)                      Tipo III. Inodoro para adaptarse a fluxómetro.                      Tipo IV. Inodoro para minusválidos.                      Tipo V. inodoro infantil.                      Tipo VI. Otros cuando difieran en características de operación y materiales, de los considerados en esta norma.</p>	<p>Consumo de agua.los inodoros para uso sanitario deben de funcionar con un consumo máximo de agua de 6 litros por descarga</p>

Cuadro 2 Sinopsis de las Normas Oficiales Mexicanas en materia de muebles y aparatos sanitarios.NOM-008-CNA-1998 (Publicado en el DOF 4 de Mayo 1998)

Objetivo	Campo de aplicación	Definiciones	Clasificación	Especificaciones
Esta NOM establece las especificaciones y métodos de prueba que deben cumplir las regaderas empleadas en el aseo personal	Es aplicable a las regaderas empleadas en el aseo corporal de fabricación nacional y de importación	Regadera para baño. Dispositivo hidráulico utilizado para el aseo corporal, el cual mediante el accionamiento de válvulas y/o mezcladoras permite el flujo del agua en forma de lluvia. Regadera manual. Regadera de tipo móvil que se usa manualmente conocida comúnmente como regadera de teléfono. Regadera eléctrica. Regadera para baño que tiene incorporado un sistema eléctrico de calentamiento del agua que pasa por la misma regadera	Tipo I. presión baja Presión estática de 20 a 98 KPa (0.2 a 1.0 kg/cm <sup>2</sup> ) TIPO II. Presión alta Presión estática de 98 a 294 KPa (1.0 a 3.0 kg/cm <sup>2</sup> )	Todas las regaderas con excepción de las manuales deben proporcionar un gasto mínimo de 4 litros por minuto en su rango de presión especificado. Las regaderas manuales deben proporcionar un gasto mínimo de 2 litros por minuto y máximo de 10 litros por minuto en su rango de presión especificado

---

## **Normas técnicas para el cálculo de los gastos de diseño de instalaciones hidráulicas.**

Hasta el momento no se han expedido normas de “obligado cumplimiento” de competencia federal que sean especificadas para el diseño de las instalaciones hidráulicas en los edificios. Sin embargo a nivel local en el distrito federal están vigentes las normas técnicas complementarias para instalaciones de abastecimiento de agua potable y drenaje, publicadas en la gaceta oficial del distrito federal del 27 de febrero de 1995 elaboradas por la secretaría de obras y servicios a través de la dirección general de construcción y operación hidráulica, cuyo fin principal, de acuerdo a lo expresado en la propia publicación se resume en los siguientes puntos:

- A.- Auxiliar a los interesados en la mecánica a seguir en lo que respecta a los trámites necesarios para la gestión de la facilidad de la dotación de servicios hidráulicos requeridos por el predio, así como de sus condicionantes.
- B,- Uniformizar los criterios para el cálculo y diseño de las instalaciones internas de agua potable, drenaje sanitario y pluvial y en caso de ser necesario, otro tipo de instalaciones hidráulicas con carácter especial, como es el caso de diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales, sistema de riego ,sistema contra incendio, diseño de pozos de absorción,etc.

Además de expresar en dichas normas que con lo expuesto en los incisos a y b “se lograra asegurar un diseño de la infraestructura con gran confiabilidad, que se reflejara una vez que se realicen las obras en apego a los proyectos realizados, con un funcionamiento eficiente de las instalaciones y con ello evitar los constantes problemas de falla de suministro interno de agua potable, azolvamiento en las redes e inundaciones, que constantemente atañen a las edificaciones que presentan un mal diseño en su instalaciones hidráulicas.

Por otro lado –continua la cita- las presentes normas enuncian de manera general, el contenido, la metodología y criterios de diseño que deberán emplearse en la elaboración de cada uno de los proyectos de las diferentes instalaciones a diseñar, así como de acuerdo al tipo de edificación que se trate para lo cual dentro de los puntos desarrollados en el presente trabajo, se indica que tipo de infraestructura requiere cada obra. –Fin de la cita-

Con respecto al cálculo de los gastos de diseño, en el apartado 2.2.6 de las normas citadas, titulado “calculo y diseño de redes generales de alimentación” se enuncia que “el análisis hidráulico de una red se enfoca a conocer su funcionamiento en las condiciones de diseño y trabajo más desfavorables, es decir a calcular los gastos de cada tramo y las cargas piezometricas disponibles en los cruceros”. No se especifica el método de cálculo sugerido para la obtención de los gastos pero se hace referencia a las tablas, la 2.2.6.1 y la 2.2.6.2 que incluyen los anexos. Aunque no se menciona en ninguna parte de la norma, estas tablas corresponden al modelo de Hunter; en la tabla 2.2.6.1 se da la equivalencia de los muebles en unidades de gasto (sic) y en la tabla 2.2.6.2 se proporciona la conversión de unidades mueble a litros por segundo. El titulo de la primera tabla incurre en una idea equivocada de

---

concepto, ya que las unidades muebles a las que se refiere en realidad el título, no son gastos como se expuesto en el cap-2.

### **3.4 investigación experimental para el establecimiento de las normas mexicanas.**

Dos de los tres parámetros fundamentales para la actualización del modelo de hunter.

- La duración media de servicio (t)
- El gasto de los muebles o aparatos sanitarios

Deben ser aquellos que establecen para cada tipo de muebles y aparatos en las normas oficiales mexicanas resumidas en el apartado 3.2, en virtud de que los fabricantes deben producir esos dispositivos de manera que cumplan con dichas normas. Pero ¿Cómo es que se definieron las características que hablan de cumplir los muebles y aparatos sanitarios y que hoy constituyen normas de obligado cumplimiento para su fabricación en México?

Entre otras acciones ,la Direccion General de Construcción y Operación Hidráulica DGCOH, contrato una empresa de consultoría privada, con la finalidad de verificar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas vigentes en ese entonces (1991) relativas a la fabricación y funcionamiento de muebles y aparatos sanitarios.

De los resultados obtenidos en las pruebas efectuadas por la empresa de consultoría en los propios laboratorios de la DGCOH se vio la necesidad de modificar las normas oficiales, con el fin de regular las especificaciones y métodos de prueba de los muebles y aparatos sanitarios, esto debido a que los registros de las mediciones obtenidos quedaron por debajo de los estándares que se señalaban en esas normas. Como consecuencia de ello se inicio el procedimiento que establece la ley federal sobre metrología y normalización para promulgar las Normas Oficiales Mexicanas vigentes a que se refiere el apartado 3.2 del presente capitulo

En este apartado se describen brevemente las pruebas y resultados obtenidos en el estudio elaborado por la DGCOH denominado “evaluación y control de la calidad de muebles y aparatos sanitarios y accesorios de bajo consumo de agua” a lo que resta de este capítulo se denominara “estudio”

#### **3.4.1 objetivo del estudio.**

El objetivo del estudio fue la evaluación de dispositivos, muebles y accesorios diseñados para optimizar el uso y consumo de agua en la industria, el comercio, los servicios y casa habitación en el distrito federal

#### **3.4.2 alcance.**

A partir del objetivo se estableció como único alcance evaluar los dispositivos y accesorios cuyo diseño está concebido para disminuir los consumos de agua en comercios, servicios y casas habitación.

---

### 3.4.3 metodología de las pruebas.

Los métodos de prueba adoptados para verificar la calidad de los productos enviados al laboratorio de ingeniería experimental se mencionan a continuación.

#### A. metodología de evaluación de los inodoros.

Se verificaron los muebles de acuerdo a lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-C-328/2-1986, La cual se sustituyó por la NOM-001-EDIF-1994, con respecto a la inspección visual y evaluación hidráulica.

#### Inspección visual o evaluación de imperfecciones.

Los muebles sanitarios se examinaron para determinar por inspección visual, el máximo de imperfecciones admisibles colocándose el observador de frente de modo que su vista se enfoque directamente sobre los bordes de los inodoros, desde una distancia de aproximadamente 60 cm mientras se examinan los muebles deben ser movidos de un lado a otro y hacia atrás a un Angulo de aproximadamente  $0.785 \text{ rad}$  ( $45^\circ$ )

La inspección por medio del cuadro de clasificación debe ser de cualquier parte del mueble, con atención especial a las aéreas de defecto notoria a simple vista.

Las tazas y los tanques deben ser clasificados de acuerdo con las imperfecciones máximas admisibles consignadas en los cuadros 3.2 y 3.3 respectivamente.

#### Evaluación hidráulica o funcionamiento de las tazas.

Estos métodos de prueba establecen los procedimientos para determinar el funcionamiento de las tazas de inodoro en lo que se refiere al barrido de desechos, estos procedimientos son cuatro:

Prueba de eliminación de desperdicios

Prueba de barrido

Prueba de lavado y cambio de agua

Prueba de colorante

Pruebas hidráulicas especiales.

Para un análisis más detallado del funcionamiento hidráulico del mueble sanitario se realizan pruebas experimentales con el fin de obtener información que ayude a la mejoría del mueble para ello se efectúan las siguientes pruebas.

a.- prueba estática

B.-prueba dinámica

Válvula de admisión.

Se coloca la válvula en el tanque de acrílico para observar si presenta fuga en alguna de sus partes en caso de existir fuga se cuantifica durante un día. De no existir fuga se revisa el cierre hermético y posteriormente se verifica si su sistema de cerrado se puede calibrar a 6 litros. Las inspecciones en estas pruebas se hicieron conforme a lo establecido por la entonces vigente norma oficial mexicana NOM-C-382/2-1986 de donde se menciona .....”la válvula del flotador debe estar ajustada para llenar el tanque en que no más de dos minutos hasta la marca de máxima capacidad con presión de 0.2 kg/cm<sup>2</sup> “ debido a esto se realiza la prueba de llenado con la ayuda de un cronómetro variando la presión desde 0.2 hasta 2 kg/cm<sup>2</sup> tomando 5 repeticiones en cada calibración con el propósito de obtener un mejor promedio.

Además de realizar 7,000 repeticiones de desalojo, haciendo trabajar a la válvula en forma acelerada con el objeto de encontrar algún desgaste en sus partes u observar si sufre alguna des calibración durante el periodo de prueba.

Por último se revisita el acoplamiento que tienen los diferentes tanques de inodoro de bajo consumo.

Resultado de las pruebas a válvulas de admisión efectuadas en el estudio.

De las evacuaciones efectuadas a 19 marcas extranjeras únicamente una de ellas cumplió con la norma referente al tiempo de llenado del tanque menor a 2 minutos, mientras que en las evaluaciones a 21 marcas nacionales solo 4 cumplieron con lo anterior.

De acuerdo con los resultados presentados en el estudio y que se muestran en el cuadro 3.2 se puede comentar que los tiempos de llenado de la mayor parte de las válvulas no cumple con la norma NOM-C-382/2-1986 ya que el tiempo de llenado de la mayor parte de ellas es de aproximadamente 3 minutos para una presión de análisis de 0.2 kg/cm<sup>2</sup> que se puede considerar como la más desfavorable.

Esta situación di lugar a la modificación de la norma oficial mexicana NOM-C-382/2-1986 sustituyendo por la actual NOM-002-EDIF-1993 la cual especifica que el tiempo de llenado de un tanque de inodoro de 6 litros sr mayor a 3 minutos a una presión hidráulica de 0.2 a 5.5 kg/cm<sup>2</sup>

Cuadro 3.2 resultado de las pruebas de laboratorio efectuadas a las válvulas de admisión.

Marca	Modelo	Piezas	Recomendable	Comentario
	platner	4	No	3 de las 4 válvulas no se pudieron calibrar a seis litros, el tiempo de llenado excede el tiempo de 2 minutos estipulado por la norma si cumple con hermeticidad, se adaptan en 9 de 13 tanques de bajo consumo.

	Certain flow	1	No	No se detecto fuga en ninguno de sus componentes de la válvula si tiene hermeticidad, no cumple con el tiempo de llenado de 2 minutos que se establece en la norma, es aceptable en la mayor de los tanques de bajo consumo
Coast foundry	Certain floww	1	No	No tiene hermeticidad dado que hay una deficiencia en el empaque obturador, así mismo no cumple con el tiempo de llenado y no es adaptable a los tanques de bajo consumo.
metálica	N° 20	1	No	En el momento de su instalación se desprendió la base de la válvula y no se pudo evaluar, encontrándose dentro de la válvula material que obstruye el cierre de la valvula.dado el tamaño de la muestra, no se puede generalizar los resultados.
metálica	N°1	1	1	No tiene cierre hermetico,no se puede calibrar a 6.0 litros tampoco cumple con el tiempo de llenado que establece la norma y no es adaptable a los tanques de bajo consumo

Marca	Modelo	N° de piezas	Recomendable	Comentario
	s/modelo	1	No	En 6 de 13 tanques e bajo consumo se pudo adaptar, si tiene hermeticidad, rebasa el tiempo de llenado y no descarga ningún volumen de agua por la manguera que va al tubo del rebosadero
Coast foundry	Certain flow	1	No	En 5 de 13 tanques de bajo consumo se pudo adaptar ,no tiene cierre hermeticen cumple con el tiempo de llenado, además no tiene

				dispositivo para calibrarse a 6.0 litros (viene calibrado de fabrica)
delta	95-a	1	No	Se calibro a todas las presiones, el tiempo de llenado sobrepasa los 2 minutos a una presión de 0.2 Kg/cm <sup>2</sup> que establece la norma. Su comportamiento no varía después de la prueba de las 7,000 repeticiones.
metálica	N°18	1	No	No se puede calibrar a 6 litros a una presión de 0.2 Kg/cm <sup>2</sup> y tampoco cumple con el tiempo de llenado establecido por la norma oficial NOM-C-382/2-1986
Fill-Pro	216-E	1	No	Se calibro a 6 litros en todas las presiones, observándose que sobrepasa el tiempo de llenado establecido, tiene buena adaptabilidad a los tanques de bajo consumo.
Hoov-R-Line	8121-1AS	1	No	No presenta fuga alguna, no cumple con el tiempo de llenado por la norma
Coast foundry	Certain flow	1	No	Dejo de funcionar después e 4,389 repeticiones, encontrándose que no cumple con el cierre hermético

Marca	Modelo	Piezas	Recomendable	Comentario
American estándar	platner	4	No	3 de las 4 válvulas no se pudieron calibrar a seis litros, el tiempo de llenado excede el tiempo de 2 minutos estipulado por la norma si cumple con hermeticidad, se adaptan en 9 de 13 tanques de bajo consumo.
Coast foundry	Certain flow	1	No	No se detecto fuga en ninguno de sus componentes de la válvula si tiene hermeticidad, no cumple con el tiempo de llenado de 2 minutos que se establece en la norma, es aceptable en la mayor de los tanques de bajo consumo

Coast foundry	Certain floww	1	No	No tiene hermeticidad dado que hay una deficiencia en el empaque obturador, así mismo no cumple con el tiempo de llenado y no es adaptable a los tanques de bajo consumo.
metálica	N° 20	1	No	En el momento de su instalación se desprendió la base de la válvula y no se pudo evaluar, encontrándose dentro de la válvula material que obstruye el cierre de la válvula. dado el tamaño de la muestra, no se puede generalizar los resultados.
Fill-Pro	216-E	1	No	Se calibro a 6 litros en todas las presiones, observándose que sobrepasa el tiempo de llenado establecido, tiene buena adaptabilidad a los tanques de bajo consumo.
metálica	N°1	1	1	No tiene cierre hermetico, no se puede calibrar a 6.0 litros tampoco cumple con el tiempo de llenado que establece la norma y no es adaptable a los tanques de bajo consumo
vitromex	s/modelo	1	No	En 6 de 13 tanques e bajo consumo se pudo adaptar, si tiene hermeticidad, rebasa el tiempo de llenado y no descarga ningún volumen de agua por la manguera que va al tubo del rebosadero
delta	95-a	1	No	Se calibro a todas las presiones, el tiempo de llenado sobrepasa los 2 minutos a una presión de 0.2 Kg/cm <sup>2</sup> que establece la norma. Su comportamiento no varía después de la prueba de las 7,000 repeticiones.
metálica	N°18	1	No	No se puede calibrar a 6 litros a una presión de 0.2 Kg/cm <sup>2</sup> y tampoco cumple con el tiempo de llenado establecido por la norma oficial NOM-C-382/2-1986
Hoov-R-Line	8121-1AS	1	No	No presenta fuga alguna, no cumple con el tiempo de llenado por la norma

Marca	Modelo	Piezas	Recomendable	Comentario
Fluid Master	200-A	1	No	Se calibro a 6 litros a una presión de 0.2 kg/cm <sup>2</sup> observándose que no cumple con el tiempo establecido por la norma. Después de de la prueba de las 7,000 repeticiones su funcionamiento es similar.
1B-1 Master Mark li	Coast Foundry	1	No	Se calibro a 6 litros a una presión de 0.2 kg/cm <sup>2</sup> observándose que no cumple con el tiempo establecido por la norma.
Laloo	S/ modelo	2	No	Sobrepasa el tiempo de llenado a una presión de 0.2 kg/cm <sup>2</sup> No presenta fugas aun a presiones altas, cuenta con cierre hermético es adaptable en 4 de 8 tanque de bajo consumo, debido a que el brazo del flotador es muy largo.
Ideal standard	S/ modelo	2	No	Se puede calibrar a 6 litros pero al aumentar la presión aumenta su volumen, sobrepasa el tiempo de llenado de 2 minutos a presión de 0.2 kg/cm <sup>2</sup> se puede adaptar en 9 de 14 tanques de bajo consumo y cuenta con cierre hermético
APSA con flotador	UPC-B-1	2	No	Tiene cierre hermético cuando esta calibrado a la presión de 0.2 kg/cm <sup>2</sup> pero incrementa su volumen al aumentar la presión. No cumple con el tiempo d llenado, se adapta en 11 de 13 tanques de bajo consumo y cuenta con cierre automático.
Hoov-R-line	HVU-16	4	No	Si tiene hermeticidad 2 de las 4 cumplen con el tiempo de llenado se adaptan en 8 de 12 tanques de bajo consumo, esto debido a que el brazo del flotador es largo. Las válvulas tuvieron un comportamiento irregular.
Hove-R-Line	HL-9AS	4	No	Tiene cierre hermetico, pero no cumple con el tiempo de llenado a

				presión de 0.02 kg/cm <sup>2</sup> su adaptabilidad fue en 10 de 13 tanques de bajo consumo. Presentan un comportamiento irregular
Hove-r-line	HL-9AS	4	No	Tiene cierre hermético, pero no cumple con el tiempo de llenado a presión de 0.02 kg/cm <sup>2</sup> su adaptabilidad fue en 10 de 13 tanques de bajo consumo. Presentan un comportamiento irregular
Ideal standard	3140	4	No	No mostraron fuga en ninguna de sus partes, aun después de las 7000 repeticiones sin embargo, no cuenta con un dispositivo para regular el volumen de llenado. Sobrepasa el tiempo de llenado establecido, presentan problemas de adaptabilidad en tanques de bajo consumo
Ideal standard	S/ modelo	4	No	Se adaptan en 12 de 13 tanques de bajo consumo, una de las cuatro válvulas cumplía con el tiempo de llenado de 2 minutos a una presión de 0.2 kg/cm <sup>2</sup> . tiene un cierre hermético eficiente funcionan bien a altas presiones y se pueden calibrar. Debido al tamaño de la muestra los resultados no se pueden generalizar.
American standard	3142	4	No	Dos de las cuatro válvulas cumplen con el tiempo de llenado establecido por la Norma oficial NOM-C-328/2-1986. Se adaptan en 5 de 15 tanques de bajo consumo. Una de ellas no tiene cierre hidráulico.
Coast foundry	Certain flow	2	No	No se pueden calibrar a 6 litros sobrepasan el tiempo de llenado establecido. Tiene cierre hermético, se adaptan en 9 de 14 tanques de bajo consumo, debido a que la válvula sobrepasa la altura del

				mismo.
Rugo	s/modelo	1	No	No tiene hermeticidad, no se puede calibrar a 6 litros a una presión de 0.02 kg/cm <sup>2</sup> y no se tomo el tiempo de llenado debido a que solo descarga 4 litros, solo se puede adaptar en 5 de 14 tanques de bajo consumo. EL mecanismo para obturar es deficiente.

Marca	Modelo	N° de piezas	Recomendable	Comentario
Vekel	S/modelo	1	No	No tiene cierre hermetico, no cumple con el tiempo de llenado, su obturador es deficiente y carece de un mecanismo para calibrar a 6 litros. Se adapta en 11 de 14 tanques.
Orión i	s/módelo	1	Si	La prueba de las 7000 repeticiones se suspendió en las 4,659 debido a que el personal del p.u.e.d.a solicito su entrega. Si cumple con la hermeticidad, si es adaptable t también cumple con el tiempo de llenado.
Ideal standar	modelo 1911	1	Si	L a prueba de las 7,000 repeticiones se suspendió en las 4,086 debido a el personal del P.U.E.D.A solicito su entrega. Si cumple con el tiempo de llenado. Además se logra calibrar a 6 litros.
Vitromex	S/modelo	1	Si	L a prueba de las 7,000 repeticiones se suspendió en las

				4,086 debido a el personal del P.U.E.D.A solicito su entrega. Si es adaptable t también cumple con el tiempo de llenado .además se logra calibrar a 6 litros.
Tiefhanges pulkasten 1000	Prufzeiche 1/x3268/1	1	Si	Es un tanque d material plástico con unicel en el interior que cuenta con válvulas de admisión y descarga, su alimentación de agua es por un costado, se recomienda su uso si se utiliza todo el aditamento, ya que tiene una excelente hermeticidad, con buen tiempo de llenado y se puede calibrar a 6 litros.
Nacobre	VTB-13	4	No	No cuenta con mecanismo para calibrar a 6 litros, el cierre no es hermético y para obtener el tiempo de llenado se utilizo una válvula de descarga y aun así no cumple con el tiempo establecido.
Frugal metálico	S/modelo	5	No	Este dispositivo es para muebles de alto consumo tiene cierre hermético, el tiempo de llenado sobrepasa los 4 minutos, no cumpliendo así lo establecido por la norma oficial NOM-C-328/2-1986 no es adaptable a muebles de bajo consumo.
Mansfiel	Allegro	8	No	Únicamente 3 de las 8 válvulas cumple con el tiempo de llenado a presión de 0.04 kg/cm <sup>2</sup> .Las válvulas no cumplen con el tiempo establecido en la norma. Tiene cierre hermético y se adapta en 8 de 13 tanques de bajo consumo
Orión	S/Modelo	11	No	No se puede calibrar a 6 litros no tiene cierre hermético, no cumple con el tiempo de llenado de 2 minutos a presión de 0.2 kg/cm <sup>2</sup> y no se adapta en tanques de bajo consumo.
Coast	M Mark III	8	No	El tiempo de llenado es de 4 minutos, por lo que no cumple con

foundry				lo establecido por la norma, no tiene cierre hermético, no se adapta en tanques de bajo consumo.
Vitromex	S/modelo	4	Si	Las válvulas si cumplen con el tiempo de llenado, además de contar con cierre hermético y su funcionamiento es adaptable, solamente se adaptan en su tanque.
Pine	S/modelo	2	No	Son totalmente deficientes, no se pueden calibrar a 6 litros, no tiene cierre hermético, no se adaptan en tanques de bajo consumo y no cumplen con el tiempo de llenado.
Rugo	N° 48	1	No	No se pueden calibrar a un volumen de 6 litros, su tiempo de llenado es mayor al permitido por la norma, no tiene cierre hermético y solo se adapta en 3 de 8 tanques de bajo consumo.
Rugo	N° 50	1	No	Sobrepasa el tiempo de llenado de 2 minutos a una presión de 0.2 kg/cm <sup>2</sup> no tiene cierre hermético y no se adapta a tanques de bajo consumo
Rugo	S/modelo	1	No	Para cumplir con el tiempo de llenado necesita una válvula de descarga que regule el volumen a 6 litros tiene hermeticidad y solo se adapta en 7 de 15 tanques
Pine	341	1	No	No tiene cierre a ninguna presión, por lo que no se tomo el tiempo de llenado. Presenta problemas en la adaptabilidad y no recupera el sello hidráulico

#### B.- metodología para la evaluación de regaderas.

##### Obtención del gasto.

Para llevar a cabo la evaluación de la prueba de presión-gasto, se utiliza como elemento de medición una probeta graduada y un recipiente donde se obtiene el volumen descargado por la regadera durante un lapso de un minuto con presiones que varían desde 0.2 kg/cm<sup>2</sup> a 2

kg/cm<sup>2</sup> con incrementos de 0.2 kg/cm<sup>2</sup> después se grafica y se compara con respecto a las regaderas de alto medio y bajo consumo.

Obtención del área de mojado.

Para determinar el área de mojado de la regadera en estudio se requiere de un marco con tela de mosquitero cubierto de aserrín sobre ella la regadera se fija a una altura de 1.80 m a partir del piso y se regula la presión deseada por medio de una válvula de globo y un manómetro después se fija la malla a la altura que se requiera evaluarse hace funcionar la regadera y se deja unos segundos para que se marque el cono y se obtenga los diámetros y la figura para posteriormente calcular el área de mojado, la misma operación se repite para diferentes alturas 150 140 130 cm a partir del piso y a diferentes presiones que van de desde 0.2 hasta 2 kg/cm<sup>2</sup> con intervalos de 0.2 kg/cm<sup>2</sup>.

Además se obtiene la intensidad media que para fines del presente estudio no es de interés práctico.

Resultado de las pruebas a regadera efectuadas en el estudio.

Del análisis del cuadro 3.3 se puede observar que los rangos de gastos que se presentan en el estudio varían dentro de un rango de 4 a 10 litros/minuto con presiones que varían de 0.2 a 3.6 kg/cm<sup>2</sup> motivo por el cual se modifico la norma sustituyendo por la norma nom-066-scfi-1994 que establece las especificaciones y métodos de prueba de regaderas definiendo para ello gastos que varían de 4 a 10 litros/minuto con un rango de presión que va de 0.2 a 1.0 kg/cm<sup>2</sup> para presión de tipo I y de 1 a 3 kg/cm<sup>2</sup> para regaderas tipo II.

Cuadro 3.3 Resultados de las pruebas de laboratorio efectuadas a regaderas

<b>Marca/MODELO</b>	<b>N° DE PIEZAS</b>	<b>RANGO DE PRESION RECOMENDABLE (KG/CM<sup>2</sup>)</b>	<b>RANGO DE GASTO QUE SE PRESENTAN (LITROS/MIN)</b>	<b>COMENTARIO</b>
Ecológica/lad	2	0.2 a 1.0	4.0 a 9.38	Tiene un área total de mojado elíptica y bien distribuida a presiones más altas deja zonas sin mojar y en otras desaloja el aserrín
Amandar/rb-g1	1	0.4 A 1.6	4.77 a 9.48	El área de mojado presenta forma elíptica con buena distribución, sin embargo a 0.2 kg/cm <sup>2</sup> esta se vuelve deficiente, presentando aéreas sin mojar.
Pidsa/2571	1	0.2 A 0.8	4.27 a 9.62	Presenta un área de mojado elíptica y uniforme hasta una

				presión de 0.8 kg/cm <sup>2</sup> a mayores presiones los chorros se concentran y dejan zonas sin mojar, unta con un regulador de flujo sin embargo este presenta fuga.
Pidsa/2573	1	0.4 a 2.0	4.67 a 10.0	Se presenta un gasto que va desde 4.67 hasta 10.0 litros/min su área es circular y uniforme con 0.2 kg/cm <sup>2</sup> deja espacios secos.
Brasscraft	1	0.6 a 1.4	5.71 a 8.12	Su área de mojado es elíptica y bien distribuida a presiones que oscilan entre 0.2 a 0.4 kg/cm <sup>2</sup> no moja bien y a partir de 1.6 kg/cm <sup>2</sup> en adelante el agua se acumula en el centro dejando aéreas sin mojar
Brass craft 9022	1	0.6 a 2.5	4.66 a 9.74	Tiene un área de mojado elíptica que moja totalmente
Nova /baja presion	2	1.0 a 1.2	9.47 a 10.16	Su área de mojado es de forma elíptica y es deficiente en un rango de presión de 0.2 a 0.8 y de 1.4 kg/cm <sup>2</sup> en adelante
Saber shower	2	0.4 a 2.5	3.9 a 8.87	Presenta un área de mojado elíptica y se distribuye adecuadamente en todas las presiones.
Coast foundry	Certain flow	1	no	En 5 de 13 tanques de bajo consumo se pudo adaptar ,no tiene cierre hermetico,no cumple con el tiempo de llenado, además no tiene dispositivo para calibrarse a 6.0 litros (viene calibrado de fabrica)
Shoer head/ style	2	1.6 a 3.6	4.18 a 6.59	El área de mojado que presenta es elíptica y bajo el rango de presiones presentado se distribuye

				adecuadamente, no tiene la sensación de confort.
Ny-del-corp	1	Ninguna	4.0 a 6.25	Con presiones de 1.0 a 3.8 kg/cm <sup>2</sup> se presenta el rango de gastos anteriores, sin embargo su rea de mojado presenta siempre zonas sin mojar.
Ny-del-corp	1	Ninguna	4.44 a 10.00	Con presiones de 0.2 a 1.2 kg/cm <sup>2</sup> presenta los gastos anteriores con un área de mojado elíptica dejando siempre zonas secas. Aunque estas regaderas son de la misma marca tienen grandes diferencias entre ellas.
Procedemex	3	Ninguna	4.89 a 10.0	Los gastos anteriores se presentan con presiones de 0.2 a 0.6 kg/cm <sup>2</sup> con área de mojado elíptica observándose zonas secas.
Cuellar	1	Ninguna	4.09 a 10.0	Con presiones de 0.4 a 1.5 kg/cm <sup>2</sup> se presenta el rango de gastos anteriores, dejando aéreas sin mojar en una forma elíptica.

Marca/MODELO	N° DE PIEZAS	RANGO DE PRESION RECOMENDABLE (KG/CM <sup>2</sup> )	RANGO DE GASTO QUE SE PRESENTAN (LITROS/MIN)	COMENTARIO
Ny-del-corp	1	Ninguna	4.62 a 9.43	Su área de mojado es elíptica y presenta espacios sin mojar en todas las presiones para presiones d 0.4 a 1.4 kg/cm <sup>2</sup> se presenta el rango de presiones anterior.
Dist-suiza	1	084 A 3.6	4.64 a 9.81	Su área de mojado es elíptica y uniforme a todas las presiones. .

Dist-suiza	1	0.6 A 3.6	4.38 a 9.76	Para los rangos anteriores el área que se presenta es elíptica y uniforme se observa que presiones mayores de 1.4 kg/cm <sup>2</sup> la descarga se concentra en un área más reducida.
Niagara	1	1.4 a 3.8	4.00 a 6.27	Su área es elíptica y la moja toda.
Andar/c	2	Ninguna	3.5 como Max	Presenta área deficiente de mojado ya que presenta zonas secas en su forma elíptica.
Chaul/ econom	2	0.4 a 3.6	5.6 a 6.73	El área de mojado es elíptica con una buena distribución de mojado.
Symomons	2	Ninguna	5.39 a 8.85	Con presiones de 0.4 a 3.4 kg/cm <sup>2</sup> se presenta el rango de gastos anteriores dejando partes sin mojar en el área que se dibuja en la malla de aserrín y aprisiones mayores de 1.0 kg/cm <sup>2</sup> perfora el aserrín
Saber shower	1	0.2 a 2.5	4.22 a 9.0	La figura que se dibuja es elíptica y moja toda el área en todos los rangos de presiones.
Prod.metal	1	0.8 a 3.4	4.12 a 7.03	Su área de mojado es elíptica de forma uniforme a presiones menores deja zonas sin mojar.
Chinac/c	1	NINGUNA	5.02 a 8.28	Este rango de gasto se presenta a presiones de 1.0 a 3.4 kg/cm <sup>2</sup> dejando partes sin mojar incrementándose estas con presiones de 0.2 a 0.8 kg/cm <sup>2</sup> ...
Econagua	1	Ninguna	4.75 a 9.62	Con presiones de 0.4 a 2.5 kg/cm <sup>2</sup> se presenta los gastos anteriores presentan una figura circular en el aserrín dejando espacios

				secos a bajas presiones y perforando el aserrín a altas presiones.
Adar/s	4	Ninguna	5.0 a 9.60	Con presiones de 0.4 a 1,4 kg/cm <sup>2</sup> se presentan los gastos anteriores, dejando espacios secos a presiones mayores de 1.0 kg/cm <sup>2</sup> lo perfora.
Econo-s	3	0.2 a 3.6	4.73 a 9.30	Su área de mojado es de forma circular u constante siendo uniforme su mojado.
Aquanomic	1	0.2 a 3.6	5.37 a 7.15	Se observa que los resultados son muy semejantes a los ya evaluados en la hoja anterior de la misma marca, el área de mojado y la intensidad no se pudieron evaluar ya que el personal de pueda retiro sus dispositivos, la recomendación es solo por el valor del gasto.
Helvex	1	Ninguna	15.84	El gasto que se presenta se obtuvo a una presan de 0.2 kg/cm <sup>2</sup> lo cual sobrepasa lo dictaminado en el reglamento de construcciones para el D.F como en la regadera anterior no se puedo obtener el área de mojado y la intensidad por los mismos motivos
Amandar/rb	1	0.4 A 3.0	3.56 a 10.0	Presenta un área de mojado elíptica dejando espacios sin mojar con 0.2 kg/cm <sup>2</sup>
Aquanomic	8	0.2 a 3.8	4.38 a 3.53	No se logran calibrar a presiones comprendidas entre 0.6 y 3.0 kg/cm ya que el manómetro se vota. Su área de mojado es de forma elíptica con mojado uniforme.

A. Chaul/ah	8	0.2 a 2.8	3.65 a 6.46	No se logra calibrar a presiones comprendidas entre 1.0 y 1.6 kg/cm .su área de mojado es de forma elíptica con mojado uniforme. Los resultados son semejantes a los ya probados de la misma marca.
Nova/presion	2	0.4 a 2.0	4.16 a 8.86	Su área de mojado es elíptica dejando huecos secos a presión de 0.2 kg/cm <sup>2</sup>
Nova/baja	2	0.6 a 1.4	6.22 a 9.36	Tiene un área de mojado elíptica y deja espacios sin mojar a presiones de 0.2 y 0.4 kg/ cm <sup>2</sup>

c.- metodología para la evaluación de fluxómetros para sanitarios y urinarios.

Para realizar este tipo de prueba la DGCOH construyo una instalación aprovechando un tanque existente con una altura de 40 m sobre el nivel del laboratorio anexo, con el fin de que permitiera dar la carga constante. Esta instalación cuenta con doce bancos de prueba en los cuales se instala cada fluxómetro. El accionamiento de los aparatos se realiza a través de impulsos eléctricos que mediante electroimanes accionan el mecanismo del fluxómetro, para evitar el golpe de ariete provocado por la descarga simultanea de varios aparatos, se instalo un dispositivo que acciona en forma dispersa los accionamientos. Este dispositivo cuenta además con contadores que permiten conocer la cantidad de pruebas.

Obtención de la descarga.

Por medio de una instalación que permite obtener una carga constante de más de 3 kg/cm<sup>2</sup> se colocan los fluxómetros y regulando la presión a 0.2 kg/cm<sup>2</sup> se cuantifica su descarga por medio de una cubeta graduada. Si esta descarga sobrepasa o queda disminuida para efectuar correctamente la limpieza .Se modifica su mecanismo de descarga para que en sanitarios descargue seis litros y en mingitorios cuatro litros. Se repiten todos los pasos incrementando la presión en 0.2 kg/cm<sup>2</sup> cada vez hasta alcanzar la presión máxima.

En caso de que el fluxómetro no cuente con un mecanismo regulador de descarga o que este no pueda ser regulado a una presión dada, únicamente se anotara el volumen de dicha descarga.

---

Prueba de durabilidad.

Posteriormente el fluxómetro se coloca en una instalación especial donde se efectúa 7000 ciclos continuos de descarga a la presión de 3 kg/cm<sup>2</sup> y se cuantifica nuevamente su descarga para compararla con la inicialmente obtenida.

Resultado de las pruebas a fluxómetros efectuadas en el estudio.

Para esta prueba se evaluaron 5 marcas de fluxómetros, se pudo observar que las cinco marcas presentaron diversos problemas de funcionamiento, algunos de ellos por ejemplo son carencia o problemas en los dispositivos de cierre que efectuaban el corte de la descarga o simplemente presentaban descargas mayores que excedían la norma.

Sin embargo, se pudo observar en una marca un comportamiento real en el funcionamiento llegándose a obtener resultados coherentes con la norma, concluyendo finalmente que se presenta para estos dispositivos una descarga de 6 litros/segundo con un tiempo de 6 segundos.

Cuadro 3.4 Resultados de las pruebas de laboratorio efectuadas a fluxómetros para inodoros

Marca/MODELO	N° DE PIEZAS	RANGO DE PRESION RECOMENDABLE (KG/CM <sup>2</sup> )	COMENTARIO
Galaxy modelo /s	1	Ninguna	El fluxómetro se encuentra regulado de fabrica no descarga ningún volumen a presión de 0.2 y 0.4 kg/cm <sup>2</sup> y a 0.6 no sella. No fue posible lograr la descarga de 6 litros ya que la presión de 1 kg/cm las descarga fueron muy altas sobrepasando los 20 litros
Daelim/101	2	0.6 a 4.0	Se obtuvieron resultados similares para los dos especimenes.es posible calibrarlos a 6

			litros por descarga. Para presiones de 0.6 kg/cm <sup>2</sup> el funcionamiento del fluxómetro es deficiente.
A. Standard / kostan	1	0.7 a 0.8	A las presiones de 0.2 a 0.4 kg/cm <sup>2</sup> el fluxómetro no descarga nada a 0.6 no sella y con presiones iguales o mayores de 1.0 kg/cm <sup>2</sup> su funcionamiento es instantáneo, descargando poca cantidad de agua.
Helvex/manija	10	Ninguna	Se encuentran calibrados de fabrica y no es posible regular su descarga, ningún fluxómetro obtuvo una descarga inicial de 6 litros después e delas 7000 repeticiones únicamente 2 obtuvieron una descarga de 6 litros y otros 2 dejaron de funcionar.
Mansfield	1	1.2 a 3.8	El dispositivo no cuenta con mecanismo para regular su descarga ya que viene calibrado de fabrica descarga 3.70 litros a la mayor presión, por lo tanto se recomienda únicamente para mingitorios.

#### D.- Metodología para la evaluación de llaves y accesorios.

Obtención del gasto en llaves.

Con la ayuda de una cubeta, una probeta, un cronometro y un manómetros cuantifica el volumen que descarga la llave a diferentes presiones en un minuto como tiempo de descarga.

Las lecturas realizan con presiones de 0.2 a 2.0 kg/cm<sup>2</sup>, con incremento de 0.2 kg/cm<sup>2</sup>

Si el accesorio es un reductor de flujo para llave, se realiza el mismo procedimiento anterior, pero colocando el dispositivo de prueba en la llave convencional. El propósito de esto es obtener el porcentaje de disminución que tendrá el dispositivo.

Cuadro de resultados de las pruebas de laboratorio a llaves y accesorios

ACCESORIO/MARCA/M ODELO	N° DE PIEZAS	RANGO DE PRESION RECOMENDABLE	COMENTARIO
----------------------------	-----------------	-------------------------------------	------------

		(KG/CM <sup>2</sup> )	
Válvula reguladora dosificadora (salida)	1	2.5 a 3.5	Se colocó antes de una llave de nariz observando que reduce drásticamente el gasto nulificando a presiones menores de 0.6 kg/cm <sup>2</sup> y a presiones mayores la descarga disminuye. En el rango de presiones recomendada de agua es constante.
Mezcladora/plastivex	2	0.2 a 1.0	El gasto promedio para la presión recomendable es 2.46 a 9.58 litros/minuto.comparandola con una mezcladora convencional se obtuvo el 40 % de disminución en el consumo.
Mezcladora/plastivex/pl5	1	0.4 a 1.2	Presenta un gasto de 4.68 a 10.0 litro/min teniendo su descarga totalmente uniforme.
Salida/plastvex/pl3	2	0.4 a 2.0	Muestra un gasto promedio de 3.63 a 10 litro/min sin embargo, estas dos piezas no presentan un comportamiento similar.
Llave / instrumex fill / Florencia/látigo	2	1.0 a 4.3	El rango de gasto se encuentra de 2.70 a 5.95 litro/minuto .El mecanismo de estas llaves es del tipo látigo.El inconveniente principal de estas, es su forma de mojar, ya que por el diseño propio del dispositivo provoca un salpicado fuera del lavabo.
Llave eléctrica/wáter matic	1	0.8 a 4.0	Esta llave cuenta con un dispositivo eléctrico que permite su uso sin tener la necesidad de abrir o cerrar ninguna perilla. EL gasto que presenta a estas presiones es de 2.82 a 7.0 litros/min, Los datos son estimados ya que solo permite descarga por un tiempo aproximado de 28 seg. Para presiones menores d 0.8 la descarga prácticamente es nula.
Eductores de flujo/helvex/para regadera	4	Ninguna	El gasto promedio es de 4.22 a 8.60 litros/min con presiones de 0.2 a 3.6 kg/cm <sup>2</sup> sin embargo el área de mojado presenta zonas secas bajo toda las presiones, esta tiene forma elíptica. Los reductores se probaron únicamente en tres tipos de regadera d alto consumo y por consiguiente es el resultado que se da.
Economizadores	2	Ninguna	Presentan un gasto promedio de 4.52 a 9.57 litri/min con presiones de 0.2 a 3.7

/helvex/s.modelo			kg/cm <sup>2</sup> sin embargo el área de mojado presenta zonas secas bajo todas las presiones, esta tiene forma elíptica. Los reductores se probaron únicamente en dos tipos de regadera de alto consumo y por consiguiente es el resultado que se da.
Mezcladora helvex/2-11	1	0.6 a 4.0	El gasto que se observo de la evaluación fue de 3.5 a 8.0 litros/min, con buena aeración y confort para el lavado además presenta hermeticidad total.
Economizadores aquanumic	2	0.2 a 0.8	Presentan un gasto promedio de 5.6 a 9.95 litros/min con presiones de 0.2 a 3.7 kg/cm <sup>2</sup> su área de mojado es de forma elíptica y moja bien toda su arrano tiene presiones de 1.2 a 3.5 . Los reductores se probaron únicamente en un solo tipo de regadera de alto consumo y por consiguiente es el resultado que se da.
Aereadores symmons/varios	4	0.6 a 4.5	Presenta un gasto promedio de 2.72 a 7.28 litros/min se colocan en la salida de las llaves mezcladoras, para lavabo y fregadero, provoca confort, producto de una mejor aireación, además de reducir el consumo de de la descarga.
Mezcladora aereador n°1 Helvex/e-10	1	0.2 a 0.8	Tiene un gasto de 5.3 a 9.49 litros/minuto, su comportamiento es adecuado.
Mezcladora aereador n°2 helvex /e-10	1	0.6 a 4.2	Tiene un gasto de 4.49 a 6.35 litros/minuto su comportamiento es adecuado.
Mezcladora para regadera helvex/e-50 con tres reductores	1	0.2	Tiene un gasto promedio de 7.25 litros/minuto a una presión de 0.2 kg/cm <sup>2</sup> cuando esta se incrementa en cualquier reductor sobrepasa los 10 litros/minuto

Dispositivo electrico/water matic / command 80	1	0.6 a 3.6	Dispositivo electrónica para mingitorio que realice su funcionamiento mediante su sensor sin la necesidad de accionar palanca alguna. El volumen de la descarga que se midió fue de 2.0 a 5.96 litros. Dicho mecanismo presenta carga considerable que afecta la confiabilidad de los resultados. No viene incluido el mingitorio dentro del equipo. Estos valores asociados al gasto son los obtenidos de la prueba, sin embargo, se desconoce la cantidad de agua que es requerida para su limpieza.
Mezcladora/helvex/e-10	3	0.4 a 4	El promedio del gasto que se obtuvo de estas mezcladoras se encuentra entre 3.43 a 7.87 litros/minuto, este tipo de mezcladoras fueron evaluadas con un reductor de flujo (activado), proporcionando por el fabricante (helvex) cumple con lo especificado en el laboratorio a partir de 0.4 kg/cm <sup>2</sup>