

16
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"ACATLAN"



EFICIENCIA EN LA DESCARGA DE INODOROS
DE BAJO CONSUMO
DE AGUA

Tesis Profesional

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
ROBERTO LOPEZ MEJIA



Diciembre de 1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE	PAGINA
INTRODUCCION	1
1. ANTECEDENTES	7
1.1 Programa de uso eficiente del agua	9
1.1.1 Control de consumos	11
1.1.2 Reuso	12
1.1.3 Uso eficiente a nivel domiciliario	12
1.2 Necesidad de un mueble sanitario de bajo consumo	13
1.3 Pruebas realizadas en el laboratorio de ingeniería experimental	16
1.4 Convenio del Gobierno Federal con fabricantes Mexicanos de muebles sanitarios	23
2. ANALISIS DIMENSIONAL DEL FENOMENO DE DESGARGA DE UN MUEBLE SANITARIO	26
2.1 Aspectos generales	26
2.1.1 Antecedentes históricos	27
2.1.2 Análisis dimensional del fenómeno	28
2.2 Técnica del análisis dimensional	29
2.3 Aplicación al fenómeno	31
2.3.1 Primer análisis	32
2.3.2 Segundo análisis	35
2.3.3 Tercer análisis	38
3. DISEÑO DE LOS EXPERIMENTOS	44
3.1 Primera etapa de experimentación	45
3.1.1 Metodología de prueba estática	45
3.2 Segunda etapa de experimentación	47

INDICE	PAGINA
3.2.1 Metodología de prueba dinámica	47
4. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL	53
4.1 Descripción del laboratorio de ingeniería experimental	53
4.2 Descripción del dispositivo experimental	55
5. EJECUCION DEL PLAN EXPERIMENTAL	60
5.1 Prueba estática	61
5.2 Prueba dinámica	62
5.3 Procedimiento de obtención de la curva teórica	65
6. RESULTADOS	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	131
BIBLIOGRAFIA	136

INTRODUCCION

INTRODUCCION

El agua, probablemente el máspreciado y vital recurso natural, es considerada, a menudo, por el usuario en general, como un recurso gratuito e inacabable al que se tiene pleno derecho. Cuando disponemos de agua, la disfrutamos, la desperdiciamos y la contaminamos, sin pensar en el trabajo y energía que representa el que llegue a nuestras casas. Relativamente pocas personas se preocupan por conocer las fuentes de abastecimiento, distancia que se tiene que transportar, tratamiento de potabilización necesario y energía consumida, para hacerla llegar a nuestros hogares.

Sin embargo, es una realidad nacional que en nuestras principales ciudades, como son las áreas metropolitanas de Guadalajara, Monterrey y en especial la Ciudad de México, el agua actualmente disponible se transporta desde distancias lejanas, se trata para hacerla potable y se eleva a grandes alturas, para hacerla llegar hasta los sitios de su utilización. Aunado a lo anterior, las fuentes disponibles son cada vez más escasas, lejanas

INTRODUCCION

y contaminadas, por lo cual se presentan déficits en las áreas metropolitanas mencionadas. Por consiguiente, es necesario un uso más eficiente del recurso.

En particular, el abastecimiento de agua al Distrito Federal se ha dificultado en los últimos años, debido a una combinación de factores que tienden a incrementar la diferencia entre los caudales que es posible suministrar y los que se requieren para satisfacer las necesidades de los distintos usuarios.

Acorde con ello, las autoridades del DDF han puesto en marcha el Programa de Uso Eficiente del Agua (PUEA), conscientes de que la solución al problema de abastecimiento no depende sólo de traer más agua, si no también de lograr un uso más eficiente del recurso y de las instalaciones necesarias para su distribución, asegurando equidad en el reparto a través de tecnologías orientadas a modificar los patrones de consumo actuales.

Es indudable que los usuarios deben aprender a vivir con menos agua, pero también es cierto que existen medios y tecnologías para lograrlo, sin que necesariamente se produzca un deterioro en la calidad de la vida o se frenen las actividades productivas. Este es el planteamiento principal del Programa de Uso Eficiente del Agua.

De acuerdo a las políticas de uso y consumo de agua, el Programa estableció, como medida específica, sustituir los muebles sanitarios actuales por otros que requieren menor cantidad de agua para su funcionamiento, a fin de reducir importantes volúmenes destinados al uso doméstico.

Como parte esencial de esta política, se encuentra el "paquete domiciliario", que contempla, además de la sustitución de inodoros, regaderas y llaves en lavabos y tarjes, la instalación de aparatos dosificadores, así como la detección y corrección de

INTRODUCCION

las fugas que ocurren, desde la conexión domiciliaria hacia el interior de los predios.

Para la selección cuidadosa de los muebles que integren el paquete domiciliario, se ha previsto la realización de programas de experimentación con nuevos modelos, de manera que, al compararlos con el patrón tradicional, se pueda garantizar al usuario su funcionalidad.

El objetivo de esta tesis es la de presentar la experimentación realizada, relativa al funcionamiento hidráulico de la descarga de muebles sanitarios de bajo consumo (6 Litros por descarga), a fin de explorar la posibilidad de mejores diseños, que con poco volumen inicial de agua en la taza, permitan una descarga más eficiente. Cabe aclarar que esta experimentación no es a base de pruebas definidas por las normas oficiales mexicanas ni extranjeras, sino que es una nueva manera de evaluación que podría llevar a ser establecida como norma.

Para ilustrar cómo se espera alcanzar la meta, dentro de estos lineamientos se presentan aquí las principales características de cada capítulo que comprende la tesis, a manera de un resumen parcial.

Para poder obtener un mayor entendimiento de la problemática del abastecimiento de agua al Distrito Federal en los últimos años, para el que las autoridades del DF han emprendido programas como el del uso eficiente del agua, el capítulo I (ANTECEDENTES) describe el porqué de un programa de uso eficiente a nivel domiciliario, hasta llegar a la fabricación de muebles de bajo consumo; en conclusión, este capítulo define la necesidad de un mueble sanitario de 6 litros por descarga como solución favorable.

Algunos aspectos relacionados con el problema de descarga de inodoros han sido ya presentados, como es el caso de la limpieza

INTRODUCCION

de algunos materiales colocados en tazas (Colorante, Aserrín, etc.), salpicadura y tiempo de descarga de las mismas en una tesis anterior. Sin embargo, teniendo un nuevo enfoque del problema, fue conveniente experimentar todavía más en el funcionamiento hidráulico de la descarga de inodoros, con objeto de explorar la posibilidad de mejores diseños, que con poco volumen inicial de agua en la taza, tengan una descarga mas eficiente a través de modificaciones en el sifón.

Con este objeto, se planteó la necesidad de un análisis dimensional del fenómeno y, en su caso, el diseño de un plan de experimentación que permita medir los parámetros que intervienen y se pueda recomendar un prototipo que reúna mejores características de operación.

Por lo anteriormente expresado, el capítulo II (ANÁLISIS DIMENSIONAL DEL FENOMENO DE DESCARGA) es una de las partes principales de la tesis.

Una vez realizado el análisis dimensional, se requirió de un programa de experimentos, con los pasos a seguir en la ejecución de los mismos; por lo que, el capítulo III (DISEÑO DE LOS EXPERIMENTOS) muestra y describe la metodología de las etapas de experimentación.

Para comprobar dicho análisis dimensional, fue necesario el diseño y construcción del lugar idóneo donde se efectuara la medición, por lo cual el capítulo IV (DISPOSITIVO EXPERIMENTAL) trata sobre el sitio donde se llevó cabo la experimentación y su debida instrumentación.

El capítulo V (EJECUCION DEL PLAN EXPERIMENTAL) se refiere a la realización del plan experimental, los problemas que surgieron y existieron durante la ejecución del diseño del plan de experimentación, describiendo el número de muebles en que se

INTRODUCCION.

efectuaron las pruebas.

El capítulo VI (RESULTADOS) presenta los obtenidos en la etapa de ejecución, a través de una serie de figuras, gráficas y tablas obtenidas, con el respectivo análisis de cada una.

CAPITULO I

CAPITULO I

1. ANTECEDENTES

Durante la primera mitad de la década pasada, las acciones desarrolladas por el Departamento del Distrito Federal y por la Comisión de Aguas del Valle de México permitieron incrementar la disponibilidad del líquido hasta alcanzar dotaciones superiores a 350 litros diarios por habitante. Los esfuerzos no han disminuido, sin embargo, a partir de 1977, las dotaciones empezaron a disminuir, hasta que en 1983, el suministro de la ciudad descendió a 315 litros diarios por habitante.

Por otra parte, las cifras anteriores no toman en cuenta la inequidad existente al principio del período considerado, en el que sólo el 67 por ciento de la población tenía acceso al servicio de agua potable, con una dotación promedio que superaba los 500 litros diarios por habitante, creando en los usuarios una imagen de aparente abundancia, mientras que el otro 33 por ciento contaba apenas con una dotación mínima para satisfacer sus necesidades más apremiantes. Los posibles déficits se atribuyeron

CAPITULO I

a la falta de redes primarias y secundarias de distribución, y no a la falta de agua.

La situación anterior cambio radicalmente al incrementarse el porcentaje de la población con acceso al servicio de agua potable, mismo que se ha mantenido cerca del 97 por ciento. Naturalmente, los usuarios más antiguos han resentido el cambio, sobre todo por las dificultades para incrementar el suministro.

La medición realizada desde 1980 señala un continuo descenso de los caudales que se extraen de los sistemas de pozos que operan, tanto el Departamento del Distrito Federal, como la Comisión de Aguas del Valle de México. Este comportamiento es una de las consecuencias de la sobreexplotación de los acuíferos y no ha podido eliminarse del todo con las obras de rehabilitación y reposición de pozos. Por ello, las aportaciones de la primera etapa del proyecto Cutzamala han servido, en buena parte, para sustituir caudales que se dejaron de extraer de los acuíferos, sin embargo, al margen de circunstancias extraordinarias, el costo tan elevado de estas obras y la situación económica del país mantendrán la vigencia del problema de abastecimiento de agua al área metropolitana, por lo que se requiere de acciones a corto, mediano y largo plazo.

El programa de desarrollo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y de la Región Centro otorga especial atención a los problemas de Abastecimiento de agua, al señalar que: "...la construcción de la ciudad no anticipó estos problemas y la población tampoco toma conciencia de su gravedad". Es urgente, por ello, sentar hoy las bases de cambios profundos necesarios en el futuro, y enfrentar adecuadamente el problema, tendiendo progresivamente a:

- Modificar los criterios de abastecimiento.
- Modificar los criterios de distribución, uso y consumo de agua.

CAPITULO I

a la falta de redes primarias y secundarias de distribución, y no a la falta de agua.

La situación anterior cambió radicalmente al incrementarse el porcentaje de la población con acceso al servicio de agua potable, mismo que se ha mantenido cerca del 97 por ciento. Naturalmente, los usuarios más antiguos han resentido el cambio, sobre todo por las dificultades para incrementar el suministro.

La medición realizada desde 1980 señala un continuo descenso de los caudales que se extraen de los sistemas de pozos que operan, tanto el Departamento del Distrito Federal, como la Comisión de Aguas del Valle de México. Este comportamiento es una de las consecuencias de la sobreexplotación de los acuíferos y no ha podido eliminarse del todo con las obras de rehabilitación y reposición de pozos. Por ello, las aportaciones de la primera etapa del proyecto Cutzamala han servido, en buena parte, para sustituir caudales que se dejaron de extraer de los acuíferos, sin embargo, al margen de circunstancias extraordinarias, el costo tan elevado de estas obras y la situación económica del país mantendrán la vigencia del problema de abastecimiento de agua al área metropolitana, por lo que se requiere de acciones a corto, mediano y largo plazo.

El programa de desarrollo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y de la Región Centro otorga especial atención a los problemas de Abastecimiento de agua, al señalar que: "...la construcción de la ciudad no anticipó estos problemas y la población tampoco toma conciencia de su gravedad". Es urgente, por ello, sentar hoy las bases de cambios profundos necesarios en el futuro, y enfrentar adecuadamente el problema, tendiendo progresivamente a:

- Modificar los criterios de abastecimiento.
- Modificar los criterios de distribución, uso y consumo de agua.

CAPITULO I

1.1 Programa de Uso Eficiente del Agua (PUEA)

Como parte de las acciones previstas dentro del programa hidráulico del Distrito Federal, se ha puesto en marcha el Programa de Uso Eficiente del Agua. El programa contempla cinco objetivos:

- Utilizar al máximo los caudales que ingresan al D.F.
- Mejorar la administración de los servicios de agua y drenaje.
- Reglamentar eficazmente la prestación de estos servicios.
- Inducir a los usuarios para que contribuyan a lograr el uso eficiente del agua.
- Reducir los consumos asociados al uso de excusados, regaderas y otros accesorios en instalaciones sanitarias, sin dejar de satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios.

Las soluciones previstas en el Programa de Uso Eficiente del Agua incluyen un conjunto de obras para mejorar la distribución y control del agua disponible en cantidad y calidad, de tal suerte que el suministro sea continuo, eficiente y equitativo; además, reducir los consumos de los distintos usuarios mediante acciones que permitan satisfacer las mismas necesidades con menos agua.

En el primer aspecto principalmente se prevé avanzar en la construcción del conducto periférico de distribución, mediante el cual, independientemente de la localización de los puntos de entrega de los nuevos caudales de agua en bloque, los beneficios se repartan en toda la ciudad.

Para hacer más efectivo el funcionamiento del conducto periférico, se completará la interconexión de circuitos de

CAPITULO I

almacenamiento. Además de la nueva infraestructura, será necesario mantener adecuadamente las instalaciones existentes y rehabilitar las redes en distintas zonas de la ciudad.

Es necesario mejorar la operación del sistema hidráulico, principalmente a través de un mayor control de los flujos en su distribución primaria. Para ello, se considera reforzar los sistemas de medición e incrementar los programas de automatización de las estaciones de bombeo y de diversas estructuras de control.

Otro aspecto se refiere a las fugas. En este sentido, se prevé no sólo la reparación inmediata de aquellas que sean visibles, si no también la detección y corrección de aquellas que no lo son. Para lograrlo, se están implementando, dentro de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, diferentes técnicas (Distritos Pitométricos) para medir y controlar flujos y caudales, identificando de esta manera zonas de consumo anormal, como son las producidas por las fugas, y proceder a su reparación.

Finalmente, se estima una mayor actividad en materia de control y mejoramiento de la calidad del agua. Debe tenerse en cuenta que una parte del abatimiento de los caudales que se extraen de los acuíferos obedece a problemas relativos a la calidad del agua. Por ello, se extenderán las acciones de potabilización y se continuará con el monitoreo sistemático en las fuentes de abastecimiento, en los puntos de entrega de agua en bloque, y en distintos puntos de la red de distribución.

De acuerdo con los patrones de consumo actuales, las necesidades de agua en el DF ascienden a poco más de 42,000 litros por segundo. Entre el 80 y el 85 por ciento de este caudal se suministra a dos millones de viviendas con acceso al servicio de agua y a más de 200 mil establecimientos industriales, comerciales y de servicios. Una parte del caudal restante se

CAPITULO I

destina a distintos usos públicos y la otra, constituye las pérdidas en el sistema.

Existen diversos medios para reducir el consumo de agua potable en el DF. El impacto de cada uno de ellos sobre los distintos usuarios es variable y, por ello, el PUEA las combina para producir mejores resultados.

Las autoridades del DDF mantienen campañas de concientización e información en forma permanente, a fin de promover el uso eficiente del líquido entre los usuarios.

Así mismo, la adecuación de las tarifas se reflejará en un menor desperdicio. También se han iniciado acciones con la finalidad de obtener una reducción efectiva del consumo de agua, adoptando con ello una actitud de liderazgo en la solución a este problema. Con este motivo, dentro del PUEA se consideran tres subprogramas específicos.

1.1.1 Control de consumos

Tiene por objeto asegurar que todos los usuarios del servicio de agua queden debidamente registrados y que se cuente con un conjunto de equipos medidores, graficadores y accesorios, cuya finalidad sea cuantificar los caudales captados, conducidos y distribuidos. Además de su importancia desde el punto de vista fiscal, el logro de un mayor control de los consumos es consistente con las políticas de eficiencia, y seguramente contribuirá a evitar el uso indiscriminado del agua.

1.1.2 Reuso

Tiene por objeto liberar caudales de agua potable que actualmente se destinan al riego de áreas verdes, al llenado de lagos y a algunos usos industriales que no requieran agua de esa calidad, a fin de que los caudales liberados se destinen a usos que sí

CAPITULO I

requieren agua potable.

La rehabilitación de las plantas existentes y la ampliación de las redes de distribución de aguas residuales tratadas permitirá eliminar, en el presente año, todas las tomas destinadas al riego de áreas verdes.

Con esta misma red, será posible ofrecer agua residual tratada a las industrias que requieran el líquido con fines de enfriamiento.

De esta manera, hacia fines de 1988, se estarán aprovechando cerca de 2500 litros por segundo de aguas residuales tratadas. En un plan más ambicioso, se desarrollarán proyectos para introducir agua residual con tratamiento terciario a las zonas industriales de Vallejo, Iztapalapa e Iztacalco, lo que permitirá liberar caudales adicionales después de 1988.

1.1.3 Uso eficiente a nivel domiciliario

Está orientado a reducir los consumos de los usuarios domésticos, y deberá también extenderse a los usuarios no domésticos. El subprograma consiste en sustituir todos los excusados instalados en el DF, por otros que consuman un menor volumen de agua y que, por su diseño, sean menos propensos a fallas en los mecanismos de accionamiento, las que provocan fugas importantes.

Potencialmente, esta acción permitiría reducir entre el 50 y 70 por ciento del consumo de estos muebles. En adición, se prevé también la sustitución o modificación de regaderas y llaves de lavabos y fregaderos, a fin de reducir el consumo de agua de estos dispositivos hasta en un 30 por ciento.

Las acciones anteriores se complementan con una revisión general de las instalaciones del usuario a fin de detectar y corregir fugas, y la utilización del aparato medidor o dosificador

CAPITULO I

correspondiente. La aplicación conjunta de las acciones señaladas puede traducirse en una reducción del consumo de los usuarios domésticos hasta de 5000 litros por segundo, dependiendo del tipo de excusado que se instale en sustitución de los existentes, y de las modificaciones que se realicen al resto de sus instalaciones.

1.2 Necesidad de un mueble de bajo consumo

Para satisfacer las necesidades de aproximadamente 2 millones de viviendas con acceso al servicio de agua potable, se utiliza actualmente más del 50 por ciento del agua con que se abastece al DF. Esta proporción se mantendrá prácticamente invariable en lo que resta del siglo y, por ello, los esfuerzos para reducir los consumos de los usuarios tendrán un impacto importante.

De acuerdo con las estadísticas recopiladas por la DGCOH, el consumo promedio por vivienda es de 950 litros al día, equivalente a 190 litros diarios por habitante, suponiendo un promedio de 5 habitantes por vivienda.

Sin embargo, existen diferencias notables en los consumos de los usuarios domésticos, que se explican principalmente por el nivel socioeconómico de las familias, tipo de vivienda y la presión de agua que prevalece en la zona donde se localiza dicha vivienda.

De acuerdo con esto, se han distinguido tres grupos de usuarios domésticos, en función de sus niveles de consumo y del tipo de medidas aplicables para lograr el uso eficiente del agua.

Al primer grupo pertenece el 68 por ciento de las viviendas cuyo consumo es inferior a 1000 litros al día. Cerca del 75 por ciento de dicho consumo corresponde al uso de excusados, regaderas y lavabos, y un volumen mínimo se dedica a usos fuera de la vivienda.

En el excusado ocurren también los mayores desperdicios por

CAPITULO I

fugas, que muchas veces pasan desapercibidas. Además, el mal funcionamiento de los excusados (al no producir los efectos de limpieza esperados) da lugar al doble uso, es decir, se hace actuar el excusado más de una vez para efectuar una sola operación de limpieza.

Desde luego, dentro de la vivienda ocurren también fugas en regaderas y llaves, sin embargo, por lo general, este tipo de fallas se corrigen más rápidamente.

Con objeto de tener información directa del usuario, la DGCOM dispuso de un equipo de gente para cambiar los muebles sanitarios actuales por otros de bajo consumo en diferentes zonas (llamadas piloto) dentro del área metropolitana. Definiendo así su aceptabilidad, verificando la reducción del consumo de agua y las repercusiones sociales que ello implica.

El segundo grupo concentra poco más del 30 por ciento de las viviendas, cuyo consumo fluctúa entre 1000 y 2500 litros al día.

El uso del agua fuera de la vivienda se destina principalmente al lavado de automóviles y a la limpieza de patios y calles, y puede llegar a representar hasta el 40 por ciento del consumo total.

En el tercer grupo se ubica un poco más del 1 por ciento de las viviendas cuyo consumo es superior a 2500 litros al día. Los usos del agua fuera de la vivienda son más importantes que los usos dentro de ella, y pueden representar hasta el 80 por ciento del consumo total.

Además, si se toma en cuenta que muchos de los muebles actuales utilizan en promedio 16 litros por descarga, se supone que cada habitante hace uso del excusado 5 veces al día y que existen 5 habitantes por vivienda, se obtiene un consumo de 400 litros diarios por vivienda.

CAPITULO I

Al sustituir estos excusados por otros que utilicen 6 litros por descarga, el consumo se reduce en 250 litros diarios por vivienda, lo cual a nivel de todo el Distrito Federal, equivale a una reducción de 5800 litros por segundo. Aún pensando en que la sustitución no fuera del 75 por ciento, el cambio a excusados de 6 litros permitiría reducir las necesidades de la ciudad en más de 4300 litros por segundo, lo que equivale a 1.42 veces el caudal que normalmente se recibe de Villa Victoria.

Esta meta conservadora se refuerza al considerar los efectos adicionales que se obtendrán al sustituir o modificar regaderas y fregaderos.

Conforme al marco general descrito, se ha estudiado la posibilidad de implantar las acciones señaladas en el subprograma de uso eficiente del agua a nivel domiciliario, en cada una de las viviendas del DF.

La sustitución y modificación de muebles y dispositivos, la revisión de instalaciones domiciliarias y la instalación de medidores o dosificadores se realizaría en una sola visita al usuario, de ahí la denominación de paquete domiciliario.

De manera aproximada, se estima que será necesario sustituir entre 3 y 3.5 millones de excusados. Esta cifra resultaría si, además de las viviendas, se incluyen los establecimientos industriales, comerciales y los edificios públicos.

Aunado a esto, al incrementarse el ritmo de construcción de viviendas, se requerirán adicionalmente cerca de 100000 excusados por año.

De este mismo orden de magnitud son las necesidades de regaderas, y de 2 a 3 veces más el de los otros dispositivos que

CAPITULO I

completan el paquete domiciliario. La necesidad de medidores, o de dosificadores en su caso, ascendería a más de un millón de aparatos.

El efecto que tendrá el paquete domiciliario en cada usuario doméstico dependerá de su nivel de consumo. Así, para los usuarios de niveles de consumo más bajos, las reducciones pueden ser del 35 al 80 por ciento. Para los usuarios en niveles intermedios, fluctuarían entre el 15 y el 25 por ciento y para los de niveles de consumo alto, representarían entre el 2 y el 5 por ciento.

Por otra parte, al aplicar las tarifas vigentes, el paquete domiciliario se traduciría en un ahorro económico de aproximadamente el 30 por ciento para algunos usuarios.

Este ahorro puede destinarse a la amortización del costo del paquete, mismo que sería financiado inicialmente por el Departamento del Distrito Federal.

1.3 Pruebas realizadas en el laboratorio de Ingeniería Experimental

A fin de determinar el tipo de tecnología a utilizar en los sanitarios de menor consumo, se revisó la bibliografía disponible y se probaron diferentes dispositivos que inciden, tanto en el tanque, como en los mecanismos de operación.

Por otra parte, se revisaron las normas de diferentes países, que sancionan la fabricación y funcionamiento de los muebles sanitarios, y se concluyó que, para realizar físicamente la experimentación, era menester contar con un banco de pruebas que permitiera variar las siguientes condiciones de operación:

CAPITULO I

- Altura del tanque de llenado respecto a la posición de los muebles.
- Variación de las pendientes de los albañales.
- Variación horizontal de los albañales y a la vez de su pendiente.
- Limpieza de la taza bajo diferentes cargas y tipos de material.

Para ello, se consideró necesario contar con los medios necesarios para realizar una serie de pruebas de funcionamiento de muebles y accesorios comerciales o de prototipos con un buen grado de desarrollo, con objeto de obtener la información experimental necesaria para definir su aplicabilidad en futuros diseños.

Para tal efecto, la DGCOH asignó un área de aproximadamente 400 m² en el predio que ocupa la estación de bombeo Xotepingo, a fin de construir las instalaciones donde se realizarán las pruebas, seleccionando cuidadosamente los muebles y accesorios que integran el paquete domiciliario. Estas instalaciones constituyen el llamado Banco de Prueba para Muebles Sanitarios y Accesorios de bajo consumo de agua, concebido y diseñado originalmente por la DGCOH.

Como premisa básica se consideró necesario que las pruebas se efectuaran simulando las condiciones de uso de muebles y accesorios en instalaciones típicas. Así, para los excusados, se consideró la instalación correspondiente a una vivienda de dos niveles; para las regaderas, una batería de nichos individuales con posibilidad de controlar la presión de agua; y para las llaves y accesorios, uno o varios distribuidores con tarjetas que permitiesen probar distintos accesorios.

CAPITULO I

En general, las pruebas en excusados permitieron evaluar la eficiencia del mueble en la limpieza de tazas y en el arrastre de sólidos a lo largo de las distintas partes que componen una instalación sanitaria, hasta el punto de conexión a la red de alcantarillado.

En forma importante, la instalación permitió también evaluar los mecanismos de accionamiento de los excusados sujetos a presiones características de las edificaciones existentes en el Distrito Federal, y con ello fue posible cuantificar la validez de las aseveraciones en el sentido de que los diseños europeos que ha estudiado la DGCQM son, además de económicos en el consumo de agua, prácticamente a prueba de fugas.

Debido a que el objetivo central del programa de pérdidas y uso eficiente del agua en ciudades es de lograr una reducción efectiva del consumo, fue necesario llevar a cabo acciones que redujeran la necesidad de incorporar nuevos caudales de agua potable (reuso y control de pérdidas) y, principalmente, que modificaran los patrones de consumo actuales mediante el empleo de tecnologías orientadas a satisfacer las mismas, con menores volúmenes. En este último caso, se planteó concretamente la reducción del consumo de agua en muebles y accesorios de las instalaciones sanitarias.

Con el propósito de continuar sistemáticamente con esta actividad, y a la vez impulsar la creación de información encaminada a establecer parámetros de selección y normas para la fabricación de muebles y accesorios de bajo consumo de agua, se evaluaron diferentes propuestas a fin de alcanzar los mismos niveles de limpieza, pero con menor cantidad de agua. De hecho lo anterior se podría lograr:

- a. Reduciendo el volumen de descarga en el tanque.

CAPITULO I

- b. Eliminando parcialmente las perforaciones de descarga y reduciendo el volumen de la misma.
- c. Modificando el sifón.
- d. Eliminando el herraje con una válvula de paso.
- e. Colocando pesos a la válvula de cierre para dosificar la descarga (mayor si es materia fecal, menor si es orina).
- f. Utilizar un sistema de doble disparo, con el mismo fin que el señalado en el inciso anterior.

Para probar que la reducción del volumen de descarga no era la opción requerida con los excusados actuales, se realizaron pruebas haciendo modificaciones en el tanque (mediante aforos directos, mamparas, botellas, bolsas, etc.) y se evaluó su capacidad de arrastre, concluyéndose que dicha operación afecta gravemente el nivel de limpieza de la taza, así mismo la proposición de modificar el sifón fue atractiva pues permitía una modificación del volumen de descarga.

Las opciones señaladas en los incisos b, d, e, y f, de una manera u otra, son variantes de la primera, por lo que conducen a resultados similares.

Para la realización de las pruebas en muebles se optó por proponer diferentes parámetros de evaluación a los ya utilizados hasta la fecha, que permitieran desarrollar las bases de un mueble ahorrador y eficiente.

De esta manera, el mueble a desarrollar o adaptar a la tecnología nacional debería:

- a. Tener capacidad de arrastre suficiente para eliminar de la taza una cantidad de material por lo menos similar a la alcanzada por muebles con mayores volúmenes de descarga.
- b. Limpiar adecuadamente las paredes y espejo del agua.

CAPITULO I

- c. Cambiar el volumen de agua del sifón por agua del tanque.
- d. Asegurar, mediante el sello hidráulico, que no penetren ni vectores ni malos olores provenientes del drenaje.
- e. Evitar todo contacto corporal con el producto de salpicaduras del agua, al hacer uso del sanitario.
- f. Rapidez en el llenado del tanque, aún a bajas presiones.
- g. Sellado adecuado de válvulas, a fin de evitar fugas y desperdicios del agua.

La evaluación de algunos aspectos higiénicos de los muebles no son fácilmente medibles en condiciones de laboratorio, por lo que fue menester realizar pruebas de equipo en zonas donde ya se encontraban instalados, con el fin de conocer el impacto social que produce la sustitución de muebles actuales por otros de menor consumo. Se aplicaron encuestas entre los usuarios que actualmente cuentan con muebles sanitarios de bajo consumo, mediante un cuestionario de preguntas cerrado, para que éste fuera fácilmente procesable.

La evaluación de aspectos hidráulicos, sanitarios, sociales y económicos llevaron a la conclusión de que es posible contar con muebles sanitarios que consuman 6 litros por descarga con eficiencias similares, o aún superiores, de limpieza que los muebles hasta ahora usados.

Por otra parte no hay razones que hagan suponer problemas de taponamiento en albañales y conductos de drenaje, siempre y cuando se hayan construido bajo las normas convencionales de diseño.

La información de campo, donde se tuvieron instalados muebles de bajo consumo, indicaron que no existieron problemas higiénicos derivados de su uso.

CAPITULO I

De esta manera el sanitario instalado demostró ser útil y bien aceptado para la gran mayoría de las personas entrevistadas, de tal forma que este equipo resultó útil, tanto en las casas y viviendas particulares, como en los edificios y lugares públicos.

Una vez realizadas las pruebas para determinar los estándares de comportamiento, se procedió a estructurar las pruebas y estandarizar los materiales empleados, generando de esta forma la información necesaria para la elaboración de la Norma Oficial Mexicana 1986 que sanciona la fabricación y funcionamiento de sanitarios de bajo consumo.

Debe aclarar que, para la elaboración de esta norma, se utilizaron los procedimientos y materiales que sanciona la norma mexicana NOM-C-328-1985, en conjunto con normas de diferentes países que sancionan la fabricación y funcionamiento de los muebles sanitarios.

La NOM-86 sanciona, en forma más exigente que algunas de otros países, la fabricación y funcionamiento de muebles sanitarios de bajo consumo.

Por otra parte, con objeto de analizar el posible impacto que podía presentar el programa de sustitución de muebles sanitarios, se realizó un estudio de análisis costo-beneficio y otro de costo-efectividad.

La evaluación económica costo-beneficio consistió en comparar el valor presente de los costos de alternativas del programa, con el valor presente de las obras de agua en bloque necesarias para producir un caudal semejante a la reducción que se logra con la alternativa de agua analizada.

CAPITULO I

Al inicio del programa se revisaron diferentes opciones para averiguar si el proyecto sería rentable económicamente, por lo cual, se compararon los costos de traer al DF $1m^3$ de agua de fuentes disponibles, como Cutzamala, contra obtener $1m^3$ mediante la sustitución de muebles que consumen 16 litros por descarga, por aquellos que puedan consumir 6 litros por descarga.

El análisis de sensibilidad correspondiente arrojó que el proyecto es rentable siempre y cuando se sustituyan los muebles existentes con muebles cuyo consumo no exceda de 6 litros.

La opción se vuelve indiferente si los muebles a sustituir consumen 8 litros por descarga, y de 10 litros en adelante es mejor fijar la inversión necesaria para traer agua de otras fuentes.

Los resultados de la evaluación demostraron que, dentro de los rangos de valores considerados para las distintas variables, el programa de sustitución de excusados es generalmente atractivo desde el punto de vista económico.

Como indicador de evolución, el análisis realizado consideró el cociente del valor actualizado de los costos del programa de sustitución de excusados, entre el valor actualizado de los costos de un programa de traer agua en bloque, con el cual se produce el mismo caudal que se logra reducir con el programa de sustitución.

En lo referente al análisis costo-efectividad, se requirió realizar un análisis de impactos ambientales para conocer la trascendencia y las consecuencias de los efectos que sobre el ambiente ocasiona el importar agua de otras cuencas, comparado con la alternativa de ahorrar agua por la utilización de muebles sanitarios y accesorios de bajo consumo, así como el reúso de agua.

CAPITULO I

Por los resultados de este estudio se pudo observar que la alternativa de sustitución de muebles y accesorios de bajo consumo de agua permite un retraso en la importación de agua de otras fuentes, generando menor impacto negativo en los ecosistemas y factores.

Esto permite tomar medidas para regenerar los ecosistemas de las fuentes actuales y planear mejor las fuentes futuras y medidas alternas.

1.4 Convenio del Gobierno Federal con fabricantes mexicanos de muebles sanitarios.

Debido a esto, y en base a los resultados obtenidos en las evaluaciones a los diversos muebles sanitarios, el Gobierno Federal, representado por las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, Agricultura y Recursos Hidráulicos y el Departamento del Distrito Federal, estableció un convenio con los fabricantes mexicanos de muebles sanitarios para la fabricación de excusados de bajo consumo, cuya capacidad no debe exceder a 6 litros por descarga. Dicho convenio establece las bases, metas y propósitos específicos por alcanzar. Cabe aclarar que el convenio menciona la fabricación de inodoros de bajo consumo de agua con capacidad de 6 litros por descarga comenzando a partir del 10. de julio de 1987, en el que los fabricantes se comprometieron a producir inodoros de bajo consumo de la siguiente manera.

75 % de 6 litros
15 % de 10 litros
10 % de 13 litros

Al entrar en vigor la norma, quedó reglamentada la producción de muebles de bajo consumo, permitiendo emprender de inmediato programas masivos de sustitución.

CAPITULO I

Para seguir generando información del comportamiento de muebles sanitarios de bajo consumo en lo referente a la experimentación del funcionamiento hidráulico del mueble, de acuerdo a la geometría del sifón, forma de descarga del agua en la taza, tiempo y rapidez de la descarga principalmente, en el siguiente capítulo se plantea el análisis dimensional del fenómeno de un mueble sanitario.

CAPITULO II

2. ANALISIS DIMENSIONAL DEL FENOMENO DE DESCARGA DE UN MUEBLE SANITARIO

2.1 Aspectos generales

Algunos aspectos relacionados con este programa han sido ya ejecutados en la primera etapa. Es el caso de la limpieza de algunos materiales colocados en tazas (colorante, serrín, etc.) salpicaduras y tiempos de descarga de los mismos. Sin embargo, fué conveniente experimentar todavía más en el funcionamiento hidráulico de la descarga de inodoros, con objeto de explorar la posibilidad de mejores diseños que, con poco volumen inicial de agua en la taza, tengan una descarga mas eficiente a través de modificaciones en el mueble.

Con este objeto, se planteó la necesidad de un análisis dimensional del fenómeno, así como también el diseño de un plan de experimentación, que permitieran medir los parámetros

CAPITULO II

que intervinieron, para poder recomendar un prototipo que reúna mejores características de operación.

2.1.1 Antecedentes históricos.

La experimentación es un arte que solo se puede dominar practicándola. Aún así, es necesario conocer y entender los principios básicos y conocer una serie de recomendaciones derivadas de la experiencia.

- En 1638 Galileo Galilei presenta, en su trabajo "Diálogo de dos ciencias nuevas", la primera experiencia acerca de la importancia de las escalas.
- A partir de entonces, la experimentación sufre un giro importante gracias a las aportaciones de diversos investigadores entre los cuales se pueden citar a:
 - John Smeaton, en 1759, construye el primer modelo hidráulico para probar la eficiencia de un molino.
 - En 1770, el francés Borda introduce las leyes de pérdidas
 - La investigación sigue su curso y así encontramos a Ferdinand Reech, en 1852, y a fines del siglo XIX, a Reynolds y Froude entre otros.

El análisis dimensional es una técnica que proporciona información acerca del fenómeno en estudio, utilizando las dimensiones de las variables que intervienen en el problema. En ingeniería es frecuentemente utilizado en la verificación de fórmulas y en la transformación de un sistema de unidades a otro.

CAPITULO II

Otro uso, que se verá a continuación, permite reducir el número de variables de un problema, simplificándolo en forma importante.

2.1.2 Análisis dimensional del fenómeno

Antes de plantear el análisis dimensional de un fenómeno físico, debe ser bien entendida la relación entre una magnitud física, sus dimensiones y la unidad usada para cuantificarla.

Cualquier observación directa de la naturaleza, ordinariamente se puede relacionar con la magnitud de la cantidad física medida; cuando dicha magnitud depende de la unidad de medida elegida, se dice que la cantidad tiene dimensiones: fundamentales o derivadas. Si entre las dimensiones de las magnitudes físicas -factibles de medir- algunas se eligen como fundamentales (esto es, independientes de cualquier otra), entonces las restantes se pueden expresar en términos de estas dimensiones fundamentales y adquieren el nombre de dimensiones derivadas.

La longitud y el tiempo son considerados como fundamentales en todos los sistemas dimensionales de la Mecánica. En algunos de estos, la masa se considera dimensión fundamental y la fuerza como dimensión derivada; en otros sistemas se adopta lo contrario.

Son dos los sistemas de unidades de medida más comúnmente usados en ingeniería, utilizados para cuantificar las magnitudes físicas en términos de las dimensiones fundamentales: absoluto y gravitacional. En el primero, las dimensiones fundamentales son masa, longitud, tiempo [M, L, T]; en el segundo, fuerza, longitud, tiempo [F, L, T].

CAPITULO II

El sistema gravitacional [F, L, T] --llamado también técnico-- es el más utilizado en los problemas de ingeniería, a pesar de que el peso de un cuerpo representa una fuerza que varía de un lugar a otro de acuerdo con la aceleración de la gravedad. Por el contrario, la masa del cuerpo es siempre constante y por esta razón el sistema absoluto [M, L, T] ha sido elegido como el sistema científico internacional.

Para relacionar las unidades de medida entre los sistemas absoluto y gravitacional, se usa la segunda ley de Newton del movimiento:

$$F = Ma$$

o bien

$$F = \frac{M}{g} a$$

donde a es la aceleración [LT⁻²], y g es un factor de conversión entre las distintas unidades, que tiene dimensiones dependientes de las elegidas para la masa, fuerza, longitud y tiempo. No tiene relación alguna con la aceleración estándar de la gravedad, pues su magnitud y dimensiones dependen del sistema de unidades que se elija.

Para los propósitos de este trabajo, se utilizará el sistema gravitacional, que es el más conocido y que no requiere explicaciones adicionales.

2.2 Técnica del análisis dimensional

Conviene antes definir a una relación dimensionalmente homogénea como aquella que se verifica independientemente de la elección de las unidades fundamentales de medida.

CAPITULO II

El teorema fundamental en que se basa el análisis dimensional es el llamado teorema π o de Vaschy-Buckingham, el cual puede enunciarse como sigue: "Toda relación dimensionalmente homogénea -como la representada por la ecuación $F(A_1, A_2, A_3, \dots, A_m) = 0$ - entre magnitudes físicas A_i susceptibles de ser expresadas en términos de n dimensiones fundamentales de medida (por ejemplo, en el sistema gravitacional: fuerza, longitud, tiempo), implica la existencia de otra relación de la forma $f(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_{m-n}) = 0$, entre $m-n$ parámetros π_i . Dichos parámetros tienen la propiedad de ser funciones monómicas, adimensionales e independientes entre sí, y son los productos de grupos distintos de las potencias de $A_1, A_2, A_3, \dots, A_m$, de la forma

$$\pi_i = A_1^{k_1} A_2^{k_2} A_3^{k_3} \dots A_m^{k_m}$$

Los exponentes k_i se relacionan entre sí de acuerdo con las dimensiones de cada magnitud variable A_i , de tal manera que con las dimensiones fundamentales se obtiene un sistema de n ecuaciones con m incógnitas: $k_1, k_2, k_3, \dots, k_m$. Podrán entonces elegirse arbitrariamente los valores de un número $m-n$ de las incógnitas k_i , para lo cual, conviene seleccionar n de las m magnitudes variables A_i , para que aparezcan en cada uno de los $m-n$ parámetros π_i , y que se llamarán variables repetitivas. Estas tendrán las siguientes características:

- a. Deben contener, en conjunto, las n dimensiones fundamentales.
- b. En el caso de un fluido, las principales son: una dimensión geométrica importante, una propiedad del fluido y una característica del flujo.

CAPITULO II

- c. Si se desea despejar una de las variables de la función $f(x_i) = 0$, ésta no debe usarse como variable repetitiva.

De esta manera se pueden obtener los exponentes k de las variables repetitivas, a partir de los correspondientes a las variables restantes, los que se eligen arbitrariamente en el sistema de ecuaciones antes mencionado.

Para utilizar el teorema π es necesario conocer con seguridad las variables más importantes en el fenómeno por estudiar, pues una apreciación errónea puede conducir, aun con el análisis dimensional, a aplicaciones falsas. La identificación de esas magnitudes físicas debe hacerse después de un análisis físico y de un completo entendimiento del problema.

En resumen, un análisis dimensional es útil para:

- a. comprobar cualitativamente las ecuaciones
- b. determinar las dimensiones de los coeficientes empíricos
- c. establecer y realizar experimentos generalizando los resultados
- d. formular leyes de similitud de considerable importancia en la investigación experimental.

2.3 Aplicación al fenómeno

Un corte esquemático vertical de un mueble sanitario se muestra en la fig. 2.1, donde se acotan y definen las magnitudes físicas a considerar y sus dimensiones en el sistema gravitacional, que será el que se utilice en los análisis consecuentes y que implica que el número de unidades fundamentales es siempre $n = 3$.

CAPITULO II

2.3.1 Primer análisis.

Consideramos aquí la primera etapa del funcionamiento, cuando el sifón funciona como un vertedor, a superficie libre.

Las magnitudes físicas elegidas son: ρ , D , Q , v_0 , q , g , h , H ; esto es, $m = 8$. La viscosidad cinemática del agua no interviene por tratarse de flujo turbulento.

El problema consiste en determinar la función: $F(\rho, D, Q, v_0, q, g, h, H) = 0$

Las unidades de cada magnitud se indican a continuación en forma de tabla:

	ρ	D	Q	v_0	q	g	h	H
F	1	-	-	-	-	-	-	-
L	-4	1	3	3	3	1	1	1
T	2	-	-1	-	-1	-2	-	-

Hay entonces una relación entre $m-n = 5$ parámetros adimensionales, que es

$$f(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5) = 0$$

Si se eligen como variables repetitivas a ρ , D y Q , los cinco parámetros deben contener las tres variables repetitivas y una de las restantes. Los dos últimos parámetros serían: $\pi_4 = h/D$, $\pi_5 = H/D$ y la alternativa de solución es

$$\pi_1 = \rho^{x_1} D^{y_1} Q^{z_1} v_0$$

CAPITULO II

$$\pi_2 = p \frac{x_2}{D} + y_2 \frac{z_2}{Q} + q$$

$$\pi_3 = p \frac{x_3}{D} + y_3 \frac{z_3}{Q} + g$$

Siendo adimensional cada parámetro, para el primero resulta:

$$\text{para F: } x_1 = 0$$

$$\text{para L: } -4x_1 + y_1 + 3z_1 + 3 = 0$$

$$\text{para T: } 2x_1 - z_1 = 0$$

Siendo $x_1 = 0$, $z_1 = 0$ y $y_1 = -3$, el primer parámetro es

$$\pi_1 = \frac{v_0}{D^3}$$

Para el segundo se tiene:

$$\text{para F: } x_2 = 0$$

$$\text{para L: } -4x_2 + y_2 + 3z_2 + 3 = 0$$

$$\text{para T: } 2x_2 - z_2 - 1 = 0$$

Siendo $x_2 = 0$, $z_2 = -1$ y $y_2 = 0$, el segundo parámetro es

$$\pi_2 = \frac{q}{Q}$$

Para el tercero se tiene

$$\text{para F: } x_3 = 0$$

$$\text{para L: } -4x_3 + y_3 + 3z_3 + 1 = 0$$

$$\text{para T: } 2x_3 - z_3 - 2 = 0$$

Siendo $x_3 = 0$, $z_3 = -2$ y $y_3 = 5$, el tercer parámetro es gD^3/Q^2 , que también puede ser

CAPITULO II

$$\pi_3 = \frac{Q}{g^{1/2} D^{5/2}}$$

La función resulta entonces

$$f\left(\frac{v_0}{D^3}, \frac{q}{Q}, \frac{Q}{g^{1/2} D^{5/2}}, \frac{h}{D}, \frac{H}{D}\right) = 0 \quad (2.1)$$

Este resultado requiere de una explicación mas amplia.

1. Al intervenir el volumen muerto v_0 (sello hidráulico), resulta el primer parámetro; sin embargo, en rigor, dicho volumen debe ser constante antes y después de la descarga y depende de la geometría del diseño de cada inodoro. Esto es, será una constante para cada marca y modelo e identifica al mismo. En ese caso, sería más conveniente expresarlo como la relación entre el volumen muerto y el volumen del sifón, esto es:

$$\pi_4 = \frac{v_0}{L D^3}$$

donde L es la longitud del sifón, desde el espejo de agua hasta la sección de descarga, no debiendo intervenir en el fenómeno.

2. El segundo parámetro caracteriza la existencia de la descarga como un fenómeno dependiente del tiempo, ya que maneja gastos medios. Esto se explica mejor más adelante.
3. El tercer parámetro caracteriza la operación de un vertedor de cresta en forma circular en el sentido vertical, esto es, un flujo a superficie libre que será explicado más adelante.

CAPITULO II

4. Dada la situación anterior, es preferible combinar los dos últimos parámetros en uno solo, donde intervenga la carga de vertido $(H-h)/D$, lo que resulta típico en un análisis de este tipo.

Por tanto, la ec 2.1 será finalmente

$$C_v = \frac{Q}{q^{1/2} D^{5/2}} = f\left(\frac{H-h}{D}, \frac{q}{Q}\right) = 0 \quad (5.2)$$

2.3.2 Segundo análisis.

Este correspondería al comportamiento de la descarga cuando el sifón se nubiera cebado al término de la primera. Como antes se explicó, se omite la intervención de v_0 por no ser una magnitud típica del sifón. Tampoco interviene h en virtud de que no es característica del flujo en estas condiciones y, en todo caso, aumenta o disminuye a v_0 . Mas bien intervendrían otros parámetros geométricos difíciles de considerar en su totalidad pero que, en todo caso, harían más o menos eficiente la descarga y que se reflejarían, en conjunto, dentro de alguno de los otros parámetros que se obtengan. Esto se aclara más adelante.

El problema se plantearía entonces como el de un orificio de pared gruesa, ya que por la corta longitud del sifón, la pérdida de fricción sería despreciable como tal, o en todo caso, quedaría expresada en el coeficiente de descarga del conjunto. En estas condiciones, la carga H sería importante en el fenómeno, pero q quedaría eliminada.

- Las magnitudes físicas a considerar serían entonces: p , D , V , Δp , μ , ρ , Q , q , H , y el problema consistiría en determinar la función:

CAPITULO II

$$F(\rho, D, V, \Delta p, \mu, Q, q, H) = 0$$

Las unidades de cada magnitud se indican a continuación en forma de tabla:

	ρ	D	V	Δp	μ	Q	q	H
F	1	-	-	1	1	-	-	-
L	-4	1	1	-2	-2	3	3	1
T	2	-	-1	-	1	-1	-1	-

Hay entonces una relación entre $m-n = 5$ parámetros adimensionales, que es

$$f(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5) = 0$$

Si se eligen como variables repetitivas a ρ , D y V, los cinco parámetros deben contener las tres variables repetitivas y una de las restantes. Los dos últimos parámetros son: $\pi_4 = H/D$ y $\pi_5 = q/Q$ y la alternativa de solución es con tres parámetros, a saber:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= \rho^{x_1} D^{y_1} V^{z_1} \Delta p \\ \pi_2 &= \rho^{x_2} D^{y_2} V^{z_2} \mu \\ \pi_3 &= \rho^{x_3} D^{y_3} V^{z_3} Q \end{aligned}$$

Siendo adimensional cada parámetro, para el primero resulta

$$\text{para F: } x_1 + 1 = 0, x_1 = -1$$

$$\text{para L: } -4x_1 + y_1 + z_1 - 2 = 0$$

$$\text{para T: } 2x_1 - z_1 = 0$$

CAPITULO II

Siendo $x_1 = -1$, $z_1 = -2$ y $y_1 = 0$, y el primer parámetro es $\Delta p / \rho V^2$, que es más conveniente expresarlo como su recíproco, esto es

$$\pi_1 = \frac{\rho V^2}{\Delta p}$$

Para el segundo, se tiene

$$\text{para F: } x_2 + 1 = 0, \quad x_2 = -1$$

$$\text{para L: } -4x_2 + y_2 + z_2 - 2 = 0$$

$$\text{para T: } 2x_2 - z_2 + 1 = 0$$

Siendo $x_2 = -1$, $z_2 = -1$ y $y_2 = -1$, el segundo parámetro resulta $\mu / \rho DV$, que es más conveniente expresarlo como su recíproco, esto es

$$\pi_2 = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{VD}{\nu}$$

donde ν es la viscosidad cinemática del agua.

Para el tercer parámetro, se tiene

$$\text{para F: } x_3 = 0$$

$$\text{para L: } -4x_3 + y_3 + z_3 + 3 = 0$$

$$\text{para T: } 2x_3 - z_3 - 1 = 0$$

Siendo $x_3 = 0$, $z_3 = -1$ y $y_3 = -2$, y el tercer parámetro resulta Q / VD^3 , pero toda vez que $VD^3 \sim Q$, entonces

$$\pi_3 = \text{const}$$

CAPITULO II

La función resulta entonces

$$f_1 \left(\frac{\rho V^2}{\Delta p}, \frac{VD}{v}, \frac{H}{D}, \frac{q}{Q} \right) = 0$$

que será válida una vez que el sifón se ha cebado y funciona realmente como un orificio, mismo que requiere del establecimiento de una carga H y una velocidad de descarga V . Siendo $\rho = \gamma/g$ y $\Delta p/\gamma = H$, el primer parámetro equivale al recíproco del número de Euler, o sea al coeficiente de descarga del sifón:

$$C_d = \frac{V}{(2gH)^{1/2}} = \frac{Q}{D^2 (2gH)^{1/2}} = f_2 \left(\frac{VD}{v}, \frac{H}{D}, \frac{q}{Q} \right) \quad (2.3)$$

2.3.3 Tercer análisis.

En éste debiera combinarse el efecto intermitente de flujo como vertedor de la primera, con el orificio de pared gruesa de la segunda. Sin efectuar nuevamente el análisis, la función resultante debiera ser:

$$f \left(\frac{Q}{g^{1/2} D^{3/2}}, \frac{H-h}{D}, \frac{V}{(2gH)^{1/2}}, \frac{VD}{v}, \frac{H}{D}, \frac{h}{D}, \frac{q}{Q} \right) = 0 \quad (2.4)$$

El primer parámetro es típico de un vertedor de cresta en forma circular en el sentido vertical y representa su coeficiente de descarga C_v . Se ha demostrado experimentalmente que depende de $(H-h)/D$, esto es, finalmente de H/D y de h/D (ver Hidráulica General, vol I de G. Sotelo).

Por otra parte, el funcionamiento como vertedor será con cargas $(H-h)$ pequeñas y por periodos muy cortos, los necesarios para lograr el efecto sifónico, que será el predominante en todo el tiempo que dure el fenómeno.

CAPITULO II

En todo caso, una primera medida de la eficiencia de descarga de un inodoro resultaría de considerar su eficiencia como vertedor en la primera etapa, en la que sería válida la ec 2.5.

$$C_v = \frac{Q}{g^{1/2} D^{3/2}} = f\left(\frac{H-h}{D}, \frac{q}{Q}\right) = 0 \quad (2.5)$$

equivalente a la ec. 2.1, si se omite el parámetro v_0/D^2 .

Por ser las condiciones de flujo permanente (independiente de q/Q) las únicas en que sería posible realizar las pruebas, la eficiencia del inodoro como vertedor se mediría determinando su coeficiente de descarga máxima alcanzado con la carga $(H-h)/D$, antes de producirse el efecto sifónico. Los inodoros comerciales que satisficieran mejor estas condiciones alcanzarían más rápidamente el efecto sifónico, y esto se lograría por periodos mayores, creando mejores condiciones de operación.

La segunda etapa de funcionamiento del inodoro sería como sifón, para el que valdría la ec 2.6.

$$C_s = \frac{V}{(2gH)^{1/2}} = \frac{Q}{D^2 (2gH)^{1/2}} = f\left(\frac{VD}{v}, \frac{H}{D}, \frac{q}{Q}\right) = 0 \quad (2.6)$$

que también permitiría llegar a una eficiencia aun más representativa, si para las condiciones de flujo permanente (independientes de q/Q) se obtuviera el coeficiente de descarga máximo, alcanzado con la carga H mínima.

CAPITULO II

El primer parámetro dentro del paréntesis es el número de Reynolds. Para temperaturas normales del agua $v = 1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ y el diámetro estándar de un sifón es del orden de 0.10 m. Por lo tanto

$$Re = \frac{0.10}{1.2} 10^4 v = 83333 v$$

En orificios estándar, el coeficiente de descarga se vuelve independiente del número de Reynolds cuando éste

alcanza el valor de $Re = 10^6$, lo que implica que

$$83333 v > 10^6$$

esto es que

$$v > 1.2 \text{ m/s}$$

lo que también implica cargas aguas arriba del orden de $H = v^2/2g > 0.07 \text{ m}$

Por otra parte, llamando

t_e tiempo de descarga del tanque del inodoro, en s

t_i tiempo de descarga del inodoro, en s

V_e volumen de descarga, igual para el tanque que para el inodoro, en l.

y siendo

$$q = \frac{V_e}{t_e} \quad \text{y} \quad Q = \frac{V_e}{t_i}$$

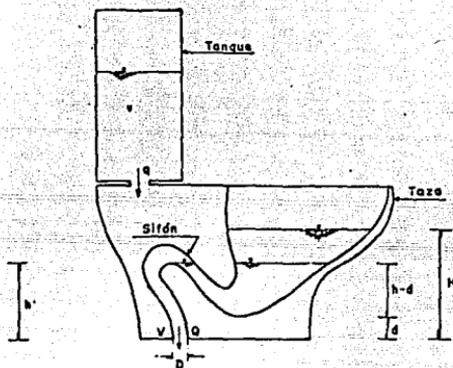
entonces el parámetro

CAPITULO II

$$\frac{q}{Q} = \frac{v/t_e}{v/t_s} = \frac{t_s}{t_e}$$

es decir, función únicamente de los tiempos en que ocurren las descargas. Ante esta situación, la eficiencia en la descarga de un inodoro se mediría a través del coeficiente de descarga C_d , siendo más eficiente en la medida en que C_d se acercara a 1.

Dentro de dicho coeficiente quedaría involucrada toda la geometría del diseño de un sifón, es decir, habría que determinar C_d para cada marca y modelo, lo cual sería fácil de obtener si en una primera serie de experimentos se omite la intervención de los tiempos de descarga y, en la segunda, se hace intervenir.



Magnitudes físicas y dimensiones en sistema gravitacional

D	diámetro del sifón en la sección de salida [L]	h	altura de la garganta del sifón respecto del nivel de la sección de salida del sifón [L]
d	altura del punto más bajo del conducto respecto del nivel de la sección de salida del sifón [L]	v	volumen de agua utilizado en cada descarga [L ³]
v ₀	volumen inicial o muerto (sello hidráulico) utilizado en la taza [L ³]	H	carga con que opera el sifón en cualquier condición de la descarga [L]
q	gasto medio descargado por el tanque [L ³ T ⁻¹]	Q	gasto medio descargado por el sifón [L ³ T ⁻¹]
v	velocidad de descarga del sifón [L T ⁻¹]	ρ	densidad del agua [F T ² L ⁻⁴]
g	aceleración de la gravedad [L T ⁻²]	Δp	diferencia de presión entre la sección de salida del sifón y el nivel del agua en la taza [F L ⁻²]
μ	viscosidad cinemática del agua [F L ² T ⁻¹]		

Figura 2.1 Corte vertical esquemático de un inodoro y magnitudes físicas a considerar.

CAPITULO III

3. DISEÑO DE LOS EXPERIMENTOS

Hasta este nivel, se ha efectuado el análisis del fenómeno, pero todo análisis requiere de una experimentación para poder corroborar lo obtenido matemáticamente. Para efectuar esta actividad fue necesario el diseño de los experimentos, en el cual se describe la metodología o los pasos a seguir en dicha experimentación, y de esta forma poder obtener los datos de una manera ordenada, para emplearlos en las relaciones adimensionales obtenidas en el análisis dimensional.

Con este propósito y el de determinar el funcionamiento del inodoro, se establecieron procedimientos de prueba, con una secuencia de pasos en cada experimento como a continuación se indica.

Por tal motivo y para un mejor entendimiento del estudio, la experimentación se dividió en dos etapas de experimentación. La primera se denominó primera etapa de experimentación o prueba

CAPITULO III

estática, y la segunda, se le llamó prueba dinámica.

3.1 Primera etapa de experimentación o prueba estática.

Este tipo de prueba simula la condición en que un mueble sanitario se comporta como vertedor y después como sifón. Debido a que el fenómeno de descarga del inodoro es muy rápida, la obtención de los coeficientes de descarga mencionados en el capítulo anterior resultó de manera más fácil con la siguiente metodología.

Lo anterior implica que para cada marca y modelo de inodoro se realizara la primera etapa de experimentación con los siguientes pasos:

3.1.1 Metodología de prueba estática

1. Se mide el parámetro v_0/LD^2 que caracteriza a la marca y también se miden las magnitudes geométricas h , y D , las que serán constantes en lo que sigue.
2. Por la parte superior del tanque se alimenta el inodoro con un gasto pequeño igual al que necesita el vertedor para efectuar la descarga de manera permanente y continua, de modo que se establezca la carga H necesaria para cada gasto sin que se lebe el sifón, hasta llegar a la máxima para estas condiciones. Con esto se pudieron determinar los parámetros que intervienen en la ec 2.5, excepto q/Q .

El gasto Q puede medirse antes o después del inodoro, así como la carga H que se establezca.

En un sistema coordenado $C_x = Q/q^{1/2} D^{3/2}$ en el eje horizontal y $(H-h)/D$ en el vertical, se dibujan los puntos que resulten del experimento, obteniendo un conjunto de curvas, una para cada marca y modelo de mueble sanitario, como se indican en la fig. 3.1.

CAPITULO III

3. Se continúa con el mismo experimento anterior una vez que ha ocurrido el flujo sifónico, pasando a las condiciones representadas por la ec 2.6, excepto que $q/Q = 1$. La velocidad de descarga en la sección de salida del sifón será entonces:

$$V = 4 Q / \pi D^2$$

y con ésta el coeficiente de descarga resulta

$$C_d = \frac{V}{(2gH)^{1/2}}$$

Puede también determinarse el número de Reynolds

$$Re = \frac{V D}{\nu}$$

donde ν dependerá de la temperatura del agua en el momento de la prueba.

4. Para los experimentos realizados en el paso 3, en un sistema coordenado Re en el eje horizontal y C_d en el vertical el resultado sería un punto de parámetro H/D .
5. Se repiten los pasos del 1 al 4 si para la misma marca de mueble sanitario existen modelos que tengan distinto parámetro v_0/LD^2 , obteniendo así un mayor número de puntos. En caso contrario, se repetirían los mismos pasos del 1 al 4 con inodoros de otras marcas.
6. Los resultados se representarían con una serie de curvas, que una vez ajustadas estadísticamente, serían como las indicadas en la fig. 3.2.

CAPITULO III

7. En el caso de que C_0 fuera independiente de Re , la curva que une los puntos de igual valor de H/D sería una recta casi horizontal.

Lo anterior permitiría definir la marca y modelo de inodoro más eficiente, en la medida en que C_v y C_0 fueran el máximo, o más cerca de 1. En caso de diferencia, el comportamiento de C_0 sería más importante que el de C_v .

También podría resultar, como es probable, que C_0 no dependiera de h/D y para ello, las curvas $C_0 - Re$ se convertirían en una sola, independientemente del valor que tuviera H/D .

3.2 Segunda etapa de experimentación

Este tipo de prueba simula la condición real de operación de un mueble sanitario, permitiendo conocer la eficiencia del conjunto. Para ello, con cada marca y modelo de inodoro, correctamente instrumentado a fin de medir variables que han resultado del análisis dimensional descrito en el capítulo II, se realizarían los siguientes pasos:

3.2.1 Metodología de prueba dinámica.

1. Se miden las magnitudes geométricas que caracterizan a la marca como son: h , D , L , V_s , V_0 , altura del nivel del sello, diámetro del sifón, longitud del sifón, volumen del sifón, y volumen del sello respectivamente. Este paso sería el mismo que el de la primera etapa, por lo cual no es necesario realizarlo.
2. El tanque se llena hasta el nivel que debe tener para efectuar la descarga.

CAPITULO III

3. El mecanismo de descarga se acciona y se mide el tiempo necesario para efectuar el vaciado total del tanque (t_2), y el que requiere el inodoro para efectuar la descarga completa por el sifón (t_1). Ambos se inician en el mismo instante, pero en el primero sería hasta que se observara el tanque vacío y en el segundo, hasta que el nivel del agua en el inodoro hubiera llegado al mínimo y se iniciara el retroceso del agua hacia el inodoro. En teoría, $t_2 < t_1$. Además se medirían $H_{m\acute{a}x}$ y $H_{m\acute{i}n}$ y se calcularía la media: $H = (H_{m\acute{a}x} + H_{m\acute{i}n})/2$.
4. Conocidos el volumen de descarga v y los dos intervalos de tiempo t_2 y t_1 se pueden conocer los gastos medios $Q = v/t_2$ y $q = v/t_1$.
5. Con Q se calcula V y C_d como indica el paso 3 de la primera etapa, y también el número de Reynolds medio del paso 3.
6. Las curvas de la fig. 3.2 se ajustarían de acuerdo con la dependencia que exista con Re y H/D , siendo muy probable que no dependan del primero, en cuyo caso las curvas resultantes serían como en la fig. 3.3.
7. Si bien t_1 no puede cambiarse en cada inodoro, se puede variar a t_2 dentro de ciertos límites, lo que podría hacerse y repetir los pasos del 3 al 5.

Lo anterior permitiría obtener la eficiencia del inodoro a través de las curvas de la fig. 3.3 que resulten, en la medida en que el coeficiente de descarga sea mayor y más próximo al obtenido de la fig. 3.2.

8. Para la obtención de las curvas elevaciones-capacidades de la taza, se mide el volumen y la altura a la posición del piezómetro, posteriormente, se le agregan incrementos de

CAPITULO III

agua aforados, tomando siempre las lecturas de los incrementos de altura hasta llegar al nivel del sello hidráulico. Con ello se obtienen medidas parciales y acumuladas de volúmenes y alturas.

9. Además de medir las alturas máximas, mínimas ($H_{m\acute{a}x}$, $H_{m\acute{i}n}$), se mide la altura del volumen final que se queda en la taza (H_{vf}), por medio del piezómetro. Por otro lado se obtiene el volumen de descarga del inodoro (V_d) por medio de un recipiente, para su posterior cuantificación con la ayuda de una probeta graduada. Estas mediciones se realizan para diferentes volúmenes de tanque. Por otra parte, además de los tiempos de descarga del tanque y del inodoro, se toma el tiempo que tarda el nivel del agua en ascender desde el sello hidráulico hasta la máxima altura, antes de efectuar la descarga. A este tiempo se llama tiempo máximo ($T_{m\acute{a}x}$). También se registran los tiempos de evolución desde la altura máxima a la mínima ($T_{m\acute{i}n}$), tomando además las lecturas de niveles máximas y mínimas ($H_{m\acute{a}x}$ y $H_{m\acute{i}n}$).

Dadas las características de las mediciones y principalmente la de los tiempos, las lecturas se realizarán por lo menos 5 veces, a fin de garantizar una consistencia de resultados.

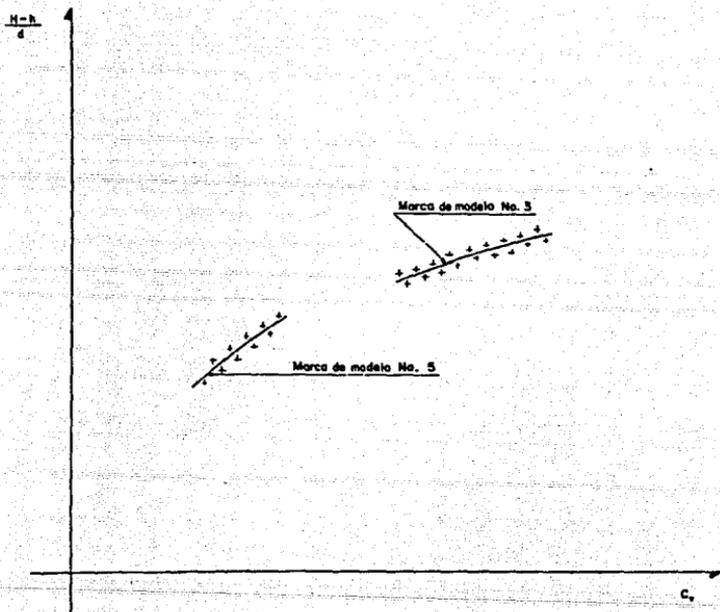


Figura 3.1 Representación gráfica del coeficiente de vertido en muebles sanitarios, cuando funcionan como vertedor.

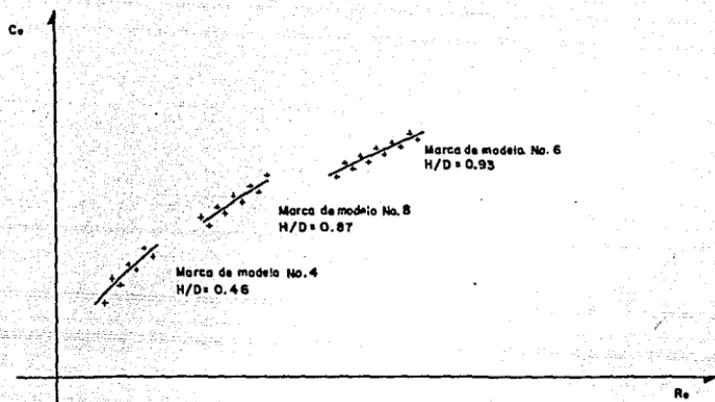


Figura 3.2 Representación gráfica del coeficiente de descarga como orificio, contra el número de Reynolds.

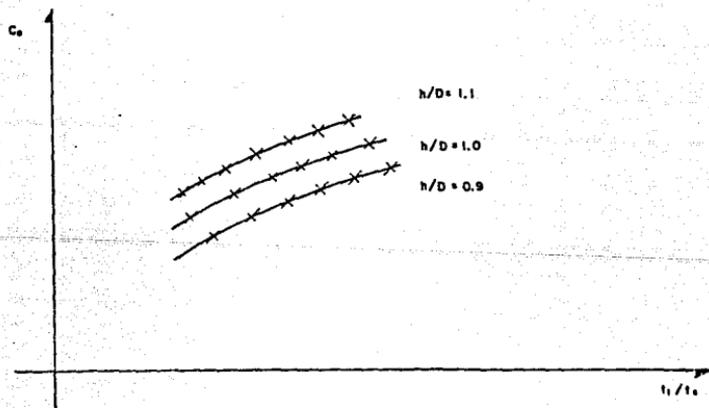


Figura 3.3 Representación gráfica del coeficiente de descarga como orificio, contra relación de tiempos.

CAPITULO IV

4. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL.

Con objeto de estudiar las condiciones de operación, funcionamiento y comportamiento hidráulico del mueble sanitario, se diseñó una instalación, donde pudieran realizarse pruebas, para obtener de esta forma la información requerida.

4.1 Descripción del Laboratorio de Ingeniería Experimental.

Con el fin de obtener un ahorro a nivel domiciliario, el programa de uso eficiente del agua contempla diferentes alternativas; una de éstas ha sido la fabricación de muebles de bajo consumo de agua (ó 1/descarga); con el objeto de evitar la descarga excesiva que frecuentemente ocurre en instalaciones sanitarias domiciliarias. Como resultado de los requerimientos para llegar a la conclusión de lo anteriormente mencionado, se construyó en el Laboratorio de Ingeniería Experimental el banco de pruebas de muebles sanitarios.

CAPITULO IV

El banco de pruebas es un dispositivo experimental, a escala de prototipo, que dispone de distintos tipos de muebles conectados a albañales de 15 cm. de diámetro, con un sistema de alimentación de agua a los sanitarios y distintas trampas de material en la descarga de conductos.

Por otra parte, el banco de pruebas consiste en una estructura de soporte de tipo tubular, donde se localizan en un primer nivel (planta baja) dos muebles y la misma cantidad en un segundo nivel. Cada mueble cuenta con un albañal, donde se puede variar su pendiente del 1 al 5 por ciento. El material de que está construido fue acrílico.

También cuenta con un sistema hidráulico de alimentación, consistente en la tubería de cisterna a tanque elevado y de éste, a los muebles sanitarios, así como líneas de drenaje en bajadas de agua negra, y respiraderos y la instalación de una bomba para elevar el agua al tinaco.

Así mismo, consta de 3 regaderas y 3 tarjas con líneas de alimentación de agua fría y caliente, ésta proveniente de un calentador alimentado por gas.

Por otro lado, con objeto de estudiar las condiciones de operación de los mecanismos de llenado y descarga de los inodoros existentes en el mercado nacional, existe una instalación en dicho Laboratorio donde se realizan pruebas continuas y en forma acelerada, a los herrajes (válvulas de llenado y de descarga) para observar su hermeticidad a diferentes presiones y cuantificar el desperdicio que tienen las válvulas cuando fuera el caso.

Los tanques representativos de un inodoro fueron construidos a base de placas de acrílico transparente, para una mejor observación de los puntos claves en que existiera fuga.

CAPITULO IV

4.3 Descripción del dispositivo

Debido a que el laboratorio no contaba con el sitio adecuado para realizar dichas pruebas, se diseñaron y construyeron dentro de éste, en un área de 3 m² aproximadamente, dos dispositivos experimentales para la evaluación más rápida de las pruebas. La construcción se efectuó junto al registro de descarga de los tubos de acrílico que representan a los albañales.

El dispositivo experimental (figs. 4.1 y 4.2) cuenta básicamente de:

- a. Tanque medidor de gasto
- b. Vertedor
- c. Limnómetro
- d. Instalación hidráulica

a. La medición del gasto se podía efectuar colocando un tanque medidor antes o después de la descarga, pero se prefirió la segunda opción por ser la más adaptable al lugar y por su fácil realización. Los tanques contaban de un tanque amortiguador, un muro tranquilizador y un vertedor.

b. El vertedor triangular que se colocó al principio fue con ángulo en el vértice de 45°; esto creó problemas en las mediciones de la primera etapa, o sea cuando el mueble sanitario se comporta como vertedor, ya que con el gasto que se genera en esta etapa, antes de comenzar el proceso de sifón, se obtenían tirantes pequeños, por lo cual se modificó a un vertedor con ángulo de 30°.

c. El dispositivo fue dotado de dos limnómetros, uno para cada tanque medidor de gasto, con objeto de conocer la carga sobre la cresta del vertedor. También se agregaron dos piezómetros para la obtención de la carga H de cada mueble sanitario. Para esto se tuvo que taladrar la parte más

CAPITULO IV

baja de los muebles sanitarios con que se realizaron las pruebas, para colocar dicho piezómetro.

4. La alimentación de los muebles se realizó mediante una instalación especial, donde se obtuvieron presiones hasta de 4.5 kg/cm^2 . Se colocó tubería de cobre y válvula de compuerta de 19 mm (3/4 pulg) en cada uno de ellos.

El Laboratorio de Ingeniería Experimental contaba con una instalación hidráulica de tipo convencional en edificación, en el cual el agua era transportada por medio de una bomba a un tanque elevado, y de ahí se distribuía a cinco salidas (dos a cada nivel y uno a la instalación de herrajes). Para la ejecución de estos experimentos se aprovechó parte de esta instalación, modificando únicamente la forma de distribución por medio de una válvula de compuerta, con el fin de alimentar exclusivamente al dispositivo experimental.

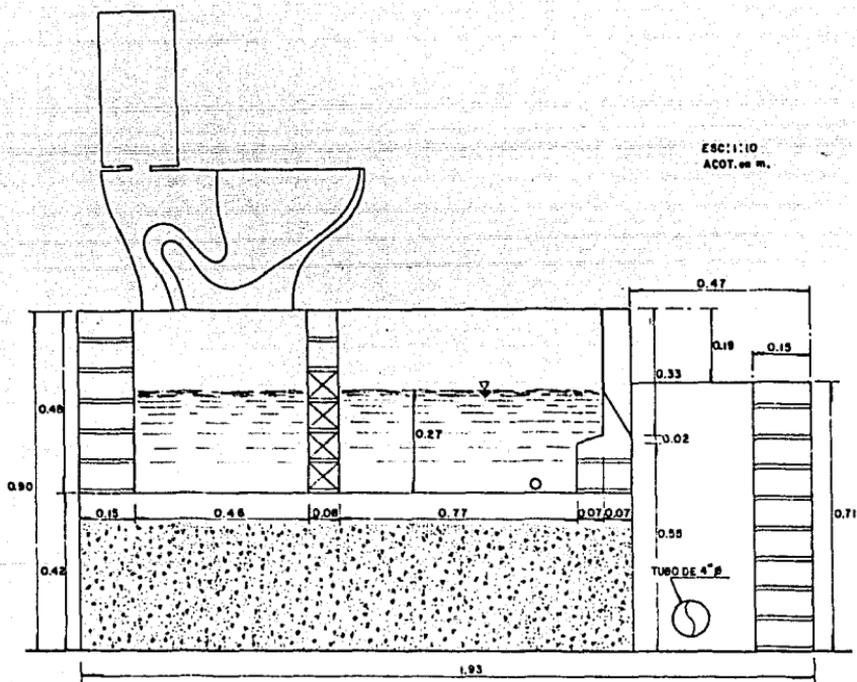
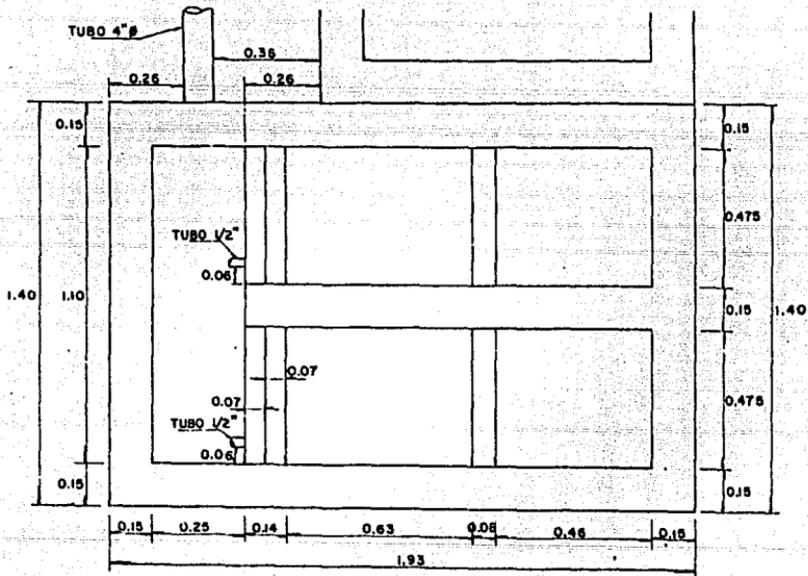


Fig.4.1 Croquis del dispositivo experimental



ESC: 1:15
ACOT. en m.

Fig. 4.2 Planta del dispositivo experimental.

CAPITULO V

CAPITULO V

5. EJECUCION DEL PLAN EXPERIMENTAL

Para la realización de esta etapa se requirió de nueve muebles sanitarios de bajo consumo de diferentes marcas, ocho de marca mexicana y una extranjera, todos con capacidad de 6 litros por descarga.

Las marcas de los muebles sanitarios probados fueron las siguientes:

Mueble	Marca	Modelo	Procedencia
1	Procemex	Lerma VI	Mexicana
2	Ideal Standard	Zafiro	Mexicana
3	Ideal Standard	Habitat	Mexicana
4	Kerdal		Mexicana
5	Vitromax	Troyano	Mexicana
6	Nacesa	Alfa	Mexicana
7	IFO		Extranjera

CAPITULO V

8	Kisson	Jade III	Mexicana
9	Anfora	Vallarta	Mexicana

Para la ejecución de las pruebas se siguieron los pasos descritos en el capítulo III.

5.1 Prueba estática.

Se midieron las dimensiones, parámetros y magnitudes v_0 , L , h y D , mismos que eran constantes para cada marca de mueble sanitario, y que se observan de la figura 5.1 a la 5.9 que se encuentran al final de este capítulo.

Por la parte superior de cada tanque se alimentó al inodoro con un gasto pequeño de manera permanente y continua, para así establecer la carga H requerida de acuerdo con el gasto sin que se cebara el sifón, hasta llegar a esta condición, y obtener así los gastos Q y las cargas H establecidas en la etapa en que el mueble sanitario se comportara como vertedor.

Una vez que se produjo el efecto de cebado, el inodoro presentó una etapa de transición, en la cual no fue posible obtener el gasto Q y la carga H , ya que las variaciones del gasto eran intermitentes y constantes. Como consecuencia, las cargas que se presentaron en el vertedor variaban constantemente sin lograr un flujo estable.

Se continuó aumentando la alimentación al inodoro hasta obtener una estabilidad en el flujo, es decir, un gasto constante. Al aparecer éste, se observó que el nivel de la carga H disminuía en vez de incrementarse como se pensó inicialmente; sin embargo, al revisar el análisis dimensional se encontró que dicho efecto no causaba ninguna repercusión en el planteamiento original, continuándose esta etapa hasta obtener los datos de Q y H correspondientes.

CAPITULO V

También se presentó un problema con respecto al tamaño del tanque del inodoro, el cual restringía la alimentación hasta el nivel de cada tanque, comportándose éste como un regulador de la descarga, por lo cual se llegó a obtener resultados hasta el nivel máximo de dicho tanque.

Con el control que efectuaba el tanque y la restricción de la alimentación, se realizó otra forma de alimentación al inodoro, que consistió en lo siguiente. Una vez obtenidos los gastos máximos y cargas máximas que el tanque permitía, éste era retirado del lugar y, mediante la descarga directa a la taza con una manguera de 2 pulgadas de diámetro, se obtuvieron más resultados, aunque en forma irreal, pero que ayudaron a la conformación de las curvas en esta etapa en la cual el mueble sanitario se comporta como sifón. En dos ocasiones no fue posible realizarlos de esta manera, debido a la forma que tenía el orificio en la taza del inodoro. En estos casos se realizó la prueba únicamente hasta el nivel máximo del tanque.

5.2 Prueba dinámica.

La segunda etapa de experimentación o prueba dinámica consistió en el llenado de los tanques hasta el nivel de 6 litros. Al accionar el mecanismo de descarga, se midió el tiempo necesario para efectuar el vaciado total del tanque (t_2), así como el que requiere el inodoro para efectuar la descarga completa por el sifón (t_1). Ambos tiempos iniciaban al mismo instante, pero el primero terminó hasta que se observaba que la válvula de descarga obturaba el flujo y, el segundo, hasta que el nivel del agua en el inodoro había llegado al mínimo y se iniciaba el retroceso del agua hacia el inodoro.

Con respecto a esta prueba dinámica, al principio generó poca información, debido a que sólo se tomaron lecturas y tiempos de descarga a 6 litros; pero después de un análisis, se concluyó que era necesario efectuar experimentos que considerasen el volumen

CAPITULO V

del tanque como variable.

En estos, la prueba dinámica consistió básicamente en la obtención de datos experimentales haciendo funcionar el mueble sanitario en forma normal y aumentando o disminuyendo los volúmenes de descarga del tanque hasta la capacidad, o bien hasta cierto volumen mínimo que no produjera una sobreelevación en el espejo del agua de la taza del inodoro.

La obtención de niveles de volúmenes hasta el nivel del sello hidráulico consistió en determinar una curva elevación-capacidad, la que se utiliza para determinar el volumen restante que se queda en la taza del inodoro sin necesidad de medirlo experimentalmente. Por lo que el volumen del sello menos el volumen final que se quedaba en la taza resultó ser el incremento de volumen adicional a la descarga efectuada por el tanque, el cual se llega a recuperar por medio de la manguera que va al tubo de rebosadero de la válvula de descarga del tanque. Los resultados llevaron a la necesidad de obtener la curva para cada mueble sanitario y éstas se encuentran agrupadas en la figura 5.10.

La prueba a diferentes volúmenes de tanque fue para la obtención de $H_{m\max}$, $H_{m\min}$, H_{final} y V_d . Debido a que no todos los muebles funcionan de la misma forma, fué conveniente primero obtener resultados de los tiempos en que tarda en llegar a la altura máxima del inodoro y poder empezar a efectuar su descarga, así como el tiempo del máximo nivel al mínimo. El análisis de estos resultados se simplifican por la elaboración de gráficas comparativas que ayudan al mejor entendimiento del comportamiento del mueble sanitario. Estas gráficas son mostradas posteriormente en el capítulo VI.

Prueba para la elaboración de tiempos de tanque e inodoro para diferentes volúmenes. Debido a que los tiempos de descarga del tanque y del inodoro son constantes o muy similares, para cierto

CAPITULO V

volumen y para cada marca y modelo de mueble sanitario se obtuvieron resultados para diferentes volúmenes de descarga, aumentando la capacidad del tanque o disminuyéndolo siempre que se efectuara el funcionamiento del sifón. Estos resultados se muestran en el capítulo VI.

Por otro lado, para comprobar que las curvas obtenidas experimentalmente con el dispositivo medidor (vertedor triangular) cuando el mueble funciona como vertedor, se propuso la obtención de una teórica para cada mueble.

A continuación se presenta una breve descripción de la teoría utilizada para el cálculo de la curva teórica de vertido, posteriormente, y debido a la incertidumbre en los resultados de la curva de vertido, se propuso una variante en la experimentación.

5.3 Procedimiento de obtención de la curva teórica

Para el cálculo de la curva teórica se utilizó la ecuación 7.15 (referencia 1), para determinar el gasto en vertedores en forma circular (fig. 5.11) de Stauss.

$$Q = \theta \mu D^{3/2}$$

Donde

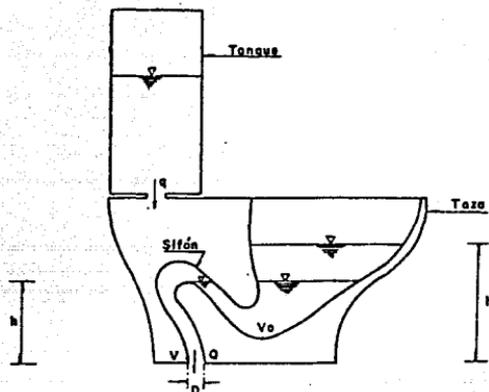
D se expresa en decímetros y Q se obtiene, en l/s
 θ es la función de h/D dada por la tabla 7.3 (del mismo libro)

μ el coeficiente de gasto determinado por la fórmula

$$\mu = 0.555 + D/110 h + 0.041 h/D$$

CAPITULO V

Otra forma de verificar los resultados es realizando pruebas en otros muebles sanitarios de la misma marca y modelo de los que se evaluaron.



MUEBLE SANITARIO # 1
 MARCA: PROCEMEX
 MODELO: LERMA VI

D 0.058 m

g 9.81 m/s²

d 0.092

μ 1.1×10^{-6} kg.s/m²

V_0 0.00313 m³

H máx 0.3454 m

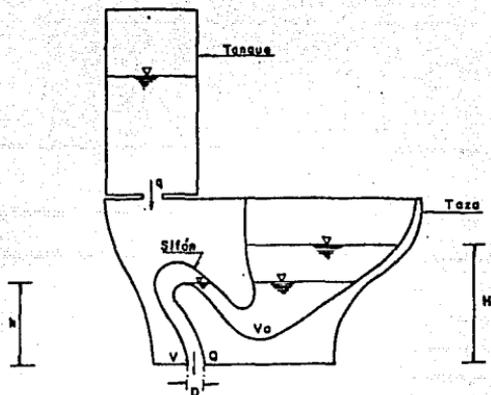
q 0.006 m³ *

h 0.224 m.

$\frac{h}{D}$ 3.294

* Volumen por descarga

Fig.5.1 Características geométricas generales de cada mueble.

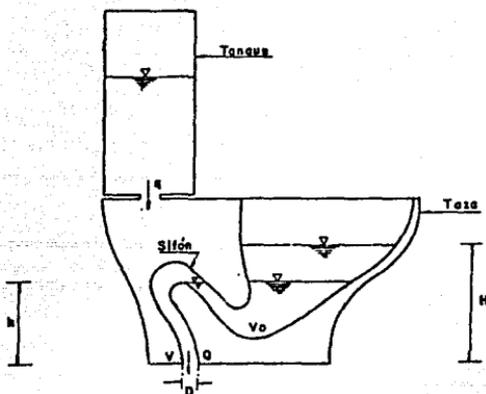


MUEBLE SANITARIO # 2
 MARCA: IDEAL STANDARD
 MODELO: ZAFIRO

D	<u>0,063 m</u>	g	<u>9,81 m/s²</u>
d	<u>0,199 m</u>	μ	<u>1,1 x 10⁻⁶ kg·s/m²</u>
Vo	<u>0,00093 m³</u>	H	<u>máx 0,03070 m</u>
q	<u>0,006 m³ *</u>	h	<u>0,210 m</u>
$\frac{h}{D}$	<u>3,333</u>		

* Volumen por descarga

Fig.5.2 Características geométricas generales de cada mueble.



MUEBLE SANITARIO # 3

MARCA: IDEAL STANDARD

MODELO: HABITAT

D 0.05 m

g 9.81 m/s^2

d 0.0710 m

μ $1.1 \times 10^{-6} \text{ kg s/m}^2$

V_0 0.00107 m^3

H $\text{máx } 0.22 \text{ m}$

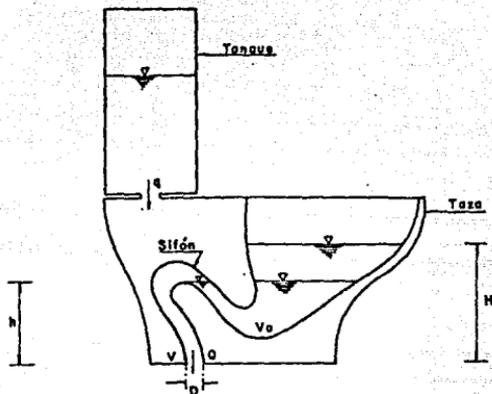
v 0.006 m^3 *

h 0.170 m

$\frac{h}{D}$ 3.4

* Volumen por descarga

Fig. 3.3 Características geométricas generales de cada mueble.

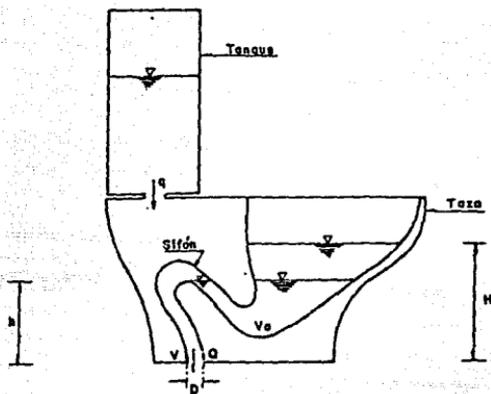


MUEBLE SANITARIO # 4
 MARCA: KERDAL
 MODELO: _____

d <u>0.0650</u>	g <u>9.81 m/s^2</u>
e <u>0.087 m</u>	μ <u>$1.1 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{s/m}^2$</u>
V_0 <u>0.0016 m^3</u>	H <u>máx 0.2527 m</u>
e <u>0.006 m^3 *</u>	h <u>0.220 m</u>
$\frac{h}{D}$ <u>3.38</u>	

* Volumen por descarga

Fig.5.4 Características geométricas generales de cada mueble.



MUEBLE SANITARIO # 5

MARCA: VITROMEX

MODELO: TROYANO

D 0.06 m

g 9.81 m/s^2

d 0.075 m

μ $1.1 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{s/m}^2$

V_0 0.00137 m^3

H máx 0.229 m

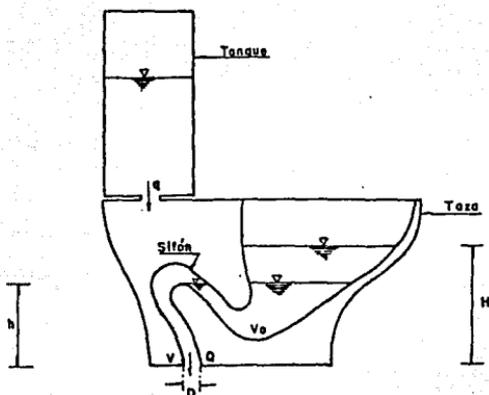
v 0.006 m^3 *

h 0.210 m

$\frac{h}{D}$ 3.50

* Volumen por descarga

Fig.5.5 Características geométricas generales de cada mueble.



MUEBLE SANITARIO # 6

MARCA: NACESA

MODELO: _____

d 0.061 m

d 0.094 m

v_0 0.00155 m^3

e 0.006 m^3 *

$\frac{h}{D}$ 3.21

g 9.81 m/s^2

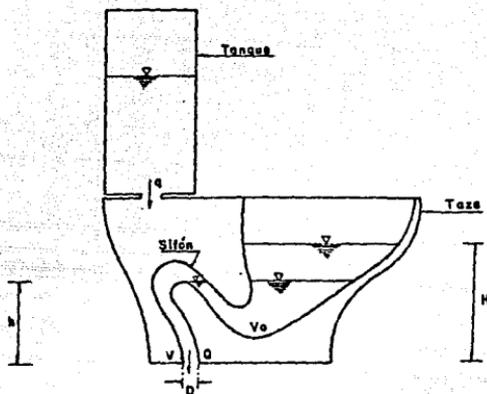
μ $1.1 \cdot 10^{-6} \text{ kg. s/m}^2$

H $\text{m} \times 0.2643 \text{ m}$

h 0.196 m

* Volumen por descarga

Fig.5.0 Características geométricas generales de cada mueble.



MUEBLE SANITARIO # 7

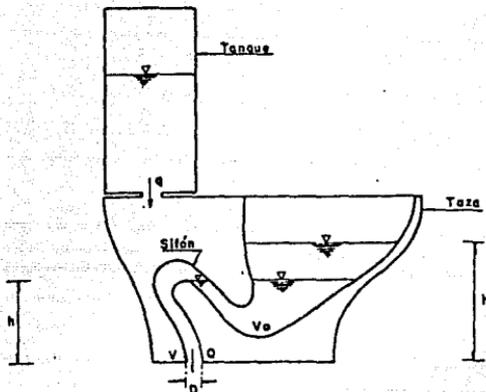
MARCA: IFO

MODELO: _____

d	<u>0.065 m</u>	c	<u>9.81 m/s^2</u>
e	<u>0.083 m</u>	γ	<u>$1.1 \times 10^{-6} \text{ kg s/m}^2$</u>
V_0	<u>0.00118 m^3</u>	H	<u>máx 0.2650 m</u>
v	<u>0.006 m^3 *</u>	h	<u>0.200 m</u>
$\frac{h}{o}$	<u>3.03769</u>		

* Volumen por descarga

Fig.5.1 Características geométricas generales de cada mueble.



MUEBLE SANITARIO # 8

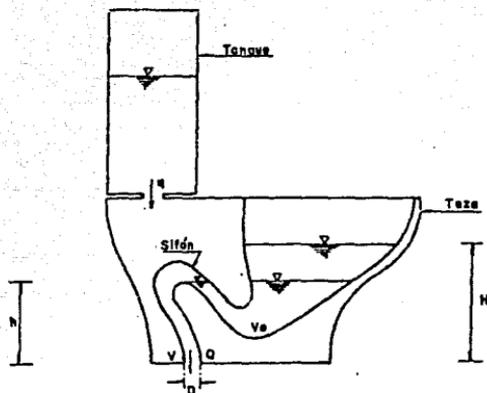
MARCA: KISSON

MODELO: JADE III

D	<u>0.0575 m</u>	g	<u>9.81 m/s²</u>
e	<u>0.133 m</u>	λ	<u>1.1 x 10⁻⁶ kg s/m²</u>
Vo	<u>0.0018 m³</u>	H	<u>máx 0.2510 m</u>
e	<u>0.006 m³ *</u>	h	<u>0.229 m</u>
$\frac{h}{D}$	<u>3.98</u>		

* Volumen por descarga

Fig.5.6 Características geométricas generales de cada mueble.



MUEBLE SANITARIO # 9

MARCA: ANPORA

MODELO: VALLARTA

D	<u>0.0595 m</u>	v	<u>9.81 m/s^2</u>
d	<u>0.0680 m</u>	λ	<u>$1.1 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{s/m}^2$</u>
V_e	<u>0.022 m^3</u>	H	<u>máx 0.240 m</u>
q	<u>$0.006 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$</u> *	h	<u>0.220 m</u>
$\frac{h}{D}$	<u>3.70</u>		

* Volumen por descarga

Fig 5.0 Características geométricas generales de cada mueble.

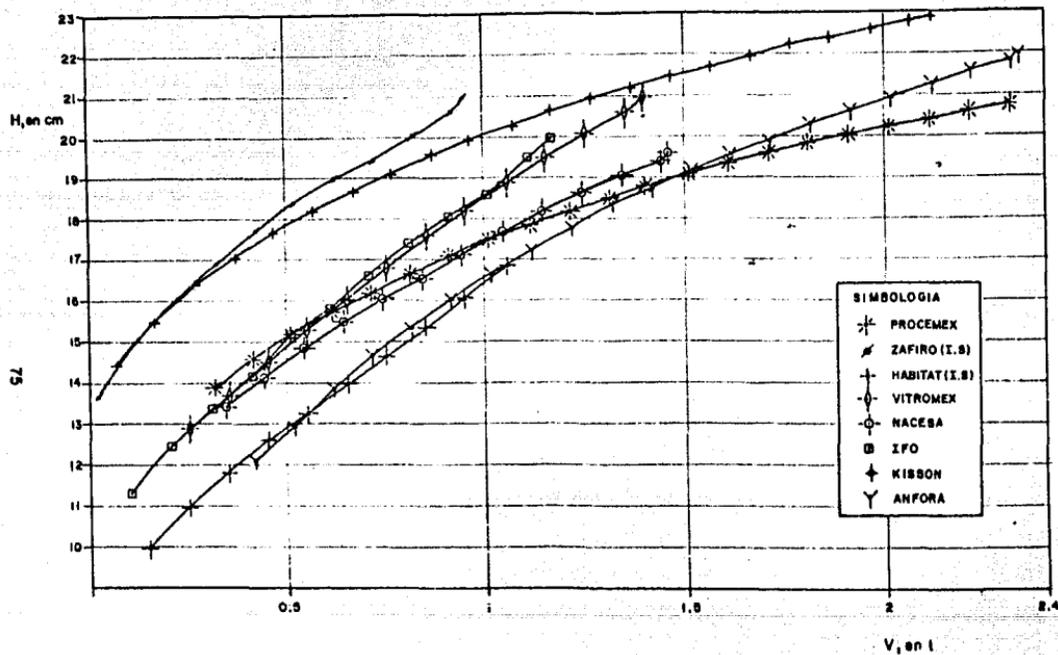
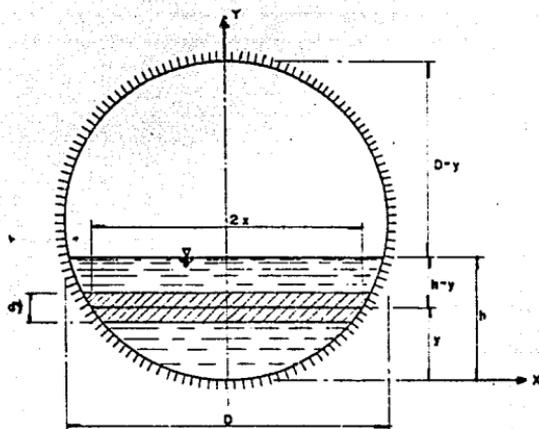


Fig. 5.10 Curva elevación-capacidad



$$Q = \theta K D^{5/2}$$

Donde D se expresa en decímetros y Q se obtiene en $l/seg.$

θ es la función de h/D dada por la tabla 7.3 y

K el coeficiente de gasto determinado por la fórmula

$$K = 0.555 + \frac{D}{110h} + 0.041 \frac{h}{D}$$

Fig. 5.11 Vertedor circular

CAPITULO VI

6. RESULTADOS

Los resultados obtenidos durante la etapa de experimentación fueron para muebles sanitarios de 6 litros por descarga y se muestran a continuación. De las tablas 6.1 a la 6.10, se pueden observar las cargas, tirantes, gastos, coeficientes de vertido y coeficiente de sifón y número de Reynolds obtenidos para cada mueble sanitario. Estos resultados se simplifican con la presentación de las gráficas del comportamiento de los coeficientes de vertido y descarga de los muebles sanitarios (ver figs. 6.1 a 6.9) cada una por separado y una gráfica general. Esta muestra el mueble que mejor funciona hidráulicamente (fig. 6.10).

En las figs. 6.11 a 6.19 se muestra la representación gráfica de los coeficientes de descarga como orificio (C_s) contra el número de Reynolds (Re) de cada mueble sanitario.

Las figs. 6.20 a 6.22 muestran en forma general, los resultados de los muebles sanitarios cuando estos se comportan como orificio o

CAPITULO VI

tubo lleno. En ella se tienen los coeficientes de orificio contra el número de Reynolds.

La fig. 6.23 es una representación gráfica general del número de Reynolds contra el coeficiente de Sifón calculado en función de H, que representa la altura del agua en la taza. Con los tiempos de descarga del tanque y del inodoro, sello hidráulico y volumen de sifón, se obtuvieron parámetros adimensionales cuyos resultados se graficaron y aparecen en la fig. 6.24 a 6.26.

En la fig. 6.27 se observa que las alturas máximas medidas en la taza del mueble Procemex, modelo Lerma VI, disminuyen conforme el volumen de prueba en el tanque se hace menor, hasta un 4%, antes que deje de funcionar el sifón. Se observa también, que la altura final del agua después de cada operación es la misma; es independiente del volumen de prueba del tanque y además inferior a la altura del sello. De la misma figura, se observa un ligero punto mínimo en la curva de elevaciones mínimas y que está asociada al volumen de prueba de 7 litros, por lo que se puede afirmar, en este caso, que el mejor funcionamiento del sifón se lleva a cabo con un volumen de prueba de 7 litros.

En fig. 6.28 se observa que la condición de mejor funcionamiento de sifón para el mueble sanitario Ideal Standard, modelo Zafiro, se presenta para un volumen de prueba en el tanque de 10 litros. Se observa también en la curva de elevaciones finales (H_{∞}), que para volúmenes inferiores de 9 litros el sello no se recupera y además produce un desperdicio mayor en proporción del volumen del tanque. Puede concluirse, que de acuerdo a la mayor diferencia entre los niveles máximos y mínimos, el mueble Ideal Standard, modelo Zafiro es de menor calidad en el funcionamiento hidráulico que el mueble Procemex, modelo Lerma VI, ya que el primero requiere de 10 litros para funcionar adecuadamente. De la misma fig. 6.28, la curva elevaciones máximas prácticamente permanece

CAPITULO VI

constante e independiente del volumen de prueba en el tanque; esto ocurre también para volúmenes inferiores a 8 litros. Sin embargo en la curva de elevaciones finales, para volúmenes mayores se observa una tendencia a recuperar el sello, lo que no sucede en el intervalo de las pruebas efectuadas. Por otra parte, de la curva elevaciones mínimas se observa que tiende a ser constante para volúmenes menores a 8 litros. Para volúmenes superiores existe un decremento, lo cual confirma que su rango de funcionamiento es para volúmenes mayores de 8 litros.

En la fig. 6.29 se observa que el mueble sanitario marca Ideal Standard modelo Habitat, su funcionamiento hidráulico no posee una tendencia definida. En otras palabras, los niveles medidos en la taza son todos diferentes y dependientes del volumen de prueba en el tanque. Puede decirse que, para volúmenes menores, la altura máxima disminuye y el sifón deja de funcionar para cantidades menores de 3 litros. De la misma figura, para las elevaciones finales y volúmenes distintos de 5 litros, que existe una tendencia a recuperar el nivel de sello hidráulico, y este es más marcado para volúmenes mayores de 8 y 9 litros. Por otra parte, se observa que para 5 litros el funcionamiento del mueble está lejos de recuperar el sello. En la curva de elevación mínima existe una tendencia a describir dos elevaciones mínimas excepcionales, una para 5 l y otra para 7.5 l. Esto puede deberse a que el diámetro del sifón fuera pequeño y rugoso o que su longitud fuera grande y produjera estas variaciones.

En la fig. 6.30 se observa que las alturas máximas de este mueble disminuyen gradualmente conforme el volumen de prueba es menor. Respecto a la curva de niveles finales, ésta muestra que se obtiene la carga final más pequeña para 6 l y por lo tanto, requiere de un volumen adicional para recuperar el sello. Por otra parte, para volúmenes menores de 6 l, la elevación final tiende hacia el sello sin llegar a recuperarlo; si los volúmenes aumentan la altura final aumenta, incluso recuperando el sello; para el caso de 10 l, el nivel final sobrepasa el nivel del sello. A

CAPITULO VI

partir de 6 l los niveles mínimos aumentan si se disminuye el volumen de prueba en el tanque. Atendiendo a la hipótesis de considerar que el sifón de un mueble funciona eficientemente cuando la diferencia de niveles máximos y mínimos es la mayor; en este caso, el volumen al cual se presenta esta condición es a 6 l.

De la fig. 6.31, para el mueble Nacesa, modelo Alfa, la curva de niveles máximos alcanzados en la taza prácticamente es constante para volúmenes entre 5 y 10 l. Si el volumen del tanque es menor que 5 l, se observa una tendencia de disminución de los valores del nivel máximo. Atendiendo a la curva de alturas finales, puede decirse que se tiene un punto máximo y un punto mínimo; este último se presenta para un volumen de 5 l; si se aumenta el volumen del tanque, los niveles finales tienden a recuperar el sello, lo que se logra, para un volumen de tanque de 6.5 l. Si el volumen aumenta, se registran niveles finales superiores al nivel del sello, lo que implica un desperdicio; sin embargo para volúmenes mayores a 9 l, el nivel del volumen final tiende a bajar. Para volúmenes menores de 5 l, aumenta el nivel del volumen final y tiende a recuperar el sello. Sin embargo, para volúmenes menores de 4 l deja de funcionar el sifón. La curva de niveles mínimos tiende a subir para volúmenes de 7 litros, pero este incremento es en poca proporción. La máxima altura registrada sucede para 6 litros; para volúmenes menores que éste, el nivel final tiende a incrementarse hacia la recuperación del sello.

De la fig. 6.32, para el mueble sanitario marca IFG, el comportamiento de la curva de niveles máximos es independiente de los volúmenes de prueba en el tanque. En cuanto a la curva de niveles finales, se observa que el sello no se recupera en ninguna de las descargas del tanque; además, para 3 l, es necesario un volumen importante para recuperar el sello. Si el volumen de prueba aumenta, la altura del volumen final aumenta; sin embargo, no se pudo probar para volúmenes superiores a 6 l dada la capacidad del tanque bajo. Respecto a la curva de elevaciones mínimas, se observa que existe un punto con la mayor diferencia

CAPITULO VI

entre los niveles máximos y mínimos y este se presenta para una capacidad de 5 l, por lo tanto, puede recomendarse que el mueble no debe ser usado para volúmenes de tanque menores de 5 litros.

De la fig. 6.33, para el mueble sanitario marca Kisson, modelo Jade III, se observa que la curva de elevación máxima permanece casi constante para cualquier variación del volumen de prueba. Para la curva de elevaciones finales, con un volumen de prueba de 10 l se recupera prácticamente el sello; esto no sucede para 5 litros, ya que requiere de más volumen. En cuanto a la curva de elevaciones mínimas, para un volumen de 5 l se registra la mayor diferencia entre esta curva y la de niveles máximos y tiende a aumentar conforme los volúmenes de tanque aumentan.

De la fig. 6.35, para el mueble Procenex, modelo Lerma V, se observa que, independientemente del volumen del tanque, el de descarga es 2.5 l mayor que el primero; además, la curva de descarga se incrementa con respecto a la relación de tiempo al aumentar el volumen de prueba, pero este incremento no llega a alcanzar el valor de $T_2/T_1=1$ ya que el volumen máximo regulado por el tanque sólo permite llegar a 9 l.

Para el mueble Ideal Standard, modelo Zafiro, mostrado en la fig. 6.35, se observa que para un volumen de prueba de 10 l se tiene una mayor relación de tiempos, esto significa que su mejor funcionamiento ocurre con 10 l, eliminando aproximadamente 1/4 de litro del volumen de sello hidráulico, que se agrega a cada descarga.

De la fig. 6.35, para el mueble sanitario marca Ideal Standard, modelo Habitat, se observa una mejor relación de tiempos para un volumen de prueba de 9 l, obteniendo un volumen de descarga casi igual a éste, de lo cual se desprende que su funcionamiento adecuado es para un volumen de tanque de 9 l.

CAPITULO VI

De la fig. 6.35, el mueble sanitario marca Vitromex, modelo Troyano, presenta una curva que se incrementa al aumentar el volumen de prueba. Esto influye en elavar la curva tratando de alcanzar una mejor relación de tiempos. La mejor relación de tiempos fué a 7 litros, teniendo un volumen de descarga de 7.1 l. Conforme disminuye el volumen de prueba, la curva sufre un decremento hasta el volumen de prueba para el que el mueble funciona. Este funcionamiento no llega a ser el óptimo.

La fig. 6.35 muestra el funcionamiento del mueble sanitario marca Nacasa modelo Alfa; se observa que para volúmenes de prueba distintos presenta un comportamiento irregular, y para 6.5 l, practicamente recupera el sello; para un volumen de prueba de 6.5 l tiene la mayor condición de funcionamiento; sin embargo, de aumentarse el volumen, la altura final del nivel del agua en la taza, el volumen descargado es menor que el del tanque, lo que significa que el mueble funciona operando el sifón con un volumen inferior al de prueba y el resto sirve para incrementar el nivel final del agua en la taza, lo que constituye un desperdicio.

La curva de descarga para el mueble IFO, indica que la descarga es siempre mayor que el volumen de prueba y la diferencia crece conforme aumenta el volumen de tanque. La relación de tiempos se mantiene constante para volúmenes mayores de 4 l; sin embargo para 6 l, se obtiene la mayor diferencia entre el volumen de prueba y el de descarga (fig. 6.35). En la fig. 6.32 se observa que el sifón funciona correctamente a partir de volúmenes de prueba mayores de 3.5 l; sin embargo, la selección del volumen de tanque óptimo queda en función de análisis posteriores.

La realización de la prueba se efectuó hasta 6 l, debido a que el tanque permite hasta este volumen como máximo, por lo cual se desconoce su funcionamiento a volúmenes mayores.

De la fig. 6.35, la curva de diferentes volúmenes de prueba tiene un desplazamiento de un litro para volumen de descarga desde 4

CAPITULO VI

hasta 7 l, posteriormente se observa una disminución entre el volumen de prueba y el de descarga, siendo de 0.5 l. Por otra parte, la tendencia de la curva para la relación T_e/T_s es a incrementarse, por lo que se espera que para volúmenes superiores a 10 l se recupere totalmente el sello hidráulico y presente un comportamiento similar al mueble Nacasa.

De la fig. 6.35, para el mueble Anfora, modelo Vallarta conviene aclarar que se trató de encontrar la condición del volumen de tanque tal que la relación T_e/T_s fuera igual a uno. Llegado a esto, no se probaron mayores volúmenes. Se observa que conforme se incrementa el volumen de tanque, se tiende a recuperar el sello hidráulico, la relación T_e/T_s aumenta, y el comportamiento tiende a parecerse al del mueble Nacasa.

Se obtuvieron para todos los muebles ya descritos un total de 7 números adimensionales, los cuales son:

$$T_e/T_s, V_0/V_m, C_v, C_s, R_e, H-h/D, H/D.$$

Con estos números adimensionales se realizaron las magnitudes experimentales medidas, que describen en términos generales el funcionamiento hidráulico del mueble. Por esta razón se propuso la relación adimensional de los tiempos de descarga del tanque e inodoro, ya que como se ha observado, ésta describe satisfactoriamente la eficiencia de la descarga media del tanque y del sifón.

Por otra parte, con objeto de comprobar que las curvas obtenidas experimentalmente con el dispositivo medidor (vertedor triangular) en la etapa en que el mueble trabaja como vertedor, se obtuvo la curva teórica de descarga del sifón, y se ha observado que ésta se aproxima a la curva de vertido real, aunque por debajo de ella; esto como ya ha sido comentado, se debe a que existe cierta carga de velocidad a la llegada del vertedor del sifón que no es considerada en la curva teórica, de aquí que los

CAPITULO VI

gastos de vertido reales sean mayores que los teóricos.

Sin embargo, como puede observarse en las figs. 6.1 a 6.9, la diferencia no es muy grande, por lo que vislumbra la posibilidad de corregir las consideraciones del modelo teórico, a fin de aproximarlos al real.

Lo anterior permite concluir que la primera fase de operación del sifón trabajando como vertedor, puede ser predicha mediante la curva teórica.

La segunda fase de operación del sifón (trabajando a tubo lleno) es de mayor complejidad, siendo variable en cada mueble, por lo que su tratamiento requerirá de un periodo de observación mayor.

Como es común en todo proceso de investigación experimental, los resultados permiten modificar las hipótesis propuestas, o bien corregirlas y así mantener la dirección u objetivo del estudio, encaminado siempre a la mejor calidad del mismo.

MUEBLE SANITARIO # 1

MARCA : PROCEMEX

MODELO : LERMA VI

H (m)	Y (m)	μ (kg-e/m ²)	Q (m ³ /s)	Cv	$\frac{H}{D}$	Cs	Re
FUNCIONAMIENTO COMO VERTEDOR							
0.239	0.0478	0.682	0.0002157	0.0571016	3.51470	---	---
0.248	0.0595	0.674	0.0003684	0.0975543	3.61764	---	---
0.248	0.066	0.662	0.0004689	0.1241686	3.64705	---	---
0.2505	0.072	0.658	0.0005794	0.1534091	3.68382	---	---
FUNCIONAMIENTO COMO SIFON							
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO A TRAVES DEL TANQUE .							
0.2029	0.1062	0.637	0.0014820	---	2.98382	0.2045282	25226.67
0.2058	0.1111	0.635	0.0016537	---	3.02647	0.2266103	28149.33
0.2156	0.1148	0.635	0.0017949	---	3.17059	0.2461269	30551.85
0.2363	0.1182	0.633	0.0019246	---	3.4750	0.2573921	32760.95
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO DIRECTAMENTE AL INODORO							
0.2426	0.1212	0.63	0.0020394	---	3.56764	0.2573921	34714.13
0.2601	0.1212	0.63	0.0021810	---	3.82500	0.2658503	37125.57
0.2676	0.1245	0.63	0.0022565	---	3.93529	0.2711374	38405.91
0.2817	0.1282	0.63	0.0023467	---	4.14264	0.2748594	39345.67
0.2957	0.1500	0.628	0.0024222	---	4.31911	0.2778494	41231.51
0.3097	0.1322	0.627	0.0025220	---	4.55441	0.2817209	42929.45
0.3454	0.1345	0.627	0.0026331	---	5.07941	0.2785195	44821.09

Tabla 6.1

MUEBLE SANITARIO # 2
 MARCA : IDEAL STANDARD
 MODELO : ZAFIRO

H (m)	Y (m)	μ (kg-s/m ²)	Q (m ³ /s)	Cv	$\frac{H}{D}$	Cs	Re
FUNCIONAMIENTO COMO VERTEDEDOR							
0.2255	0.0467	0.693	0.000207	0.06625	3.5795	—	—
0.2335	0.0595	0.672	0.000567	0.117727	3.7063	—	—
0.2335	0.0650	0.664	0.000453	0.14510	3.7380	—	—
0.2370	0.0715	0.658	0.000569	0.182476	3.7619	—	—
0.2395	0.0744	0.657	0.000628	0.20123	3.8015	—	—
0.2430	0.0780	0.655	0.000704	0.22578	3.8571	—	—
FUNCIONAMIENTO COMO SIFON							
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO A TRAVES DEL TANQUE							
0.2179	0.096	0.64	0.001157	—	3.4587	0.17947	21253.75
0.2234	0.1032	0.639	0.001384	—	3.5460	0.21205	25425.97
0.2252	0.1045	0.638	0.001426	—	3.5746	0.21757	26193.22
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO DIRECTAMENTE AL INODORO							
0.2300	0.1077	0.637	0.001535	—	3.7777	0.2278	28200.46
0.2360	0.1112	0.636	0.001660	—	4.0634	0.2376	30499.77
0.2832	0.1135	0.636	0.001747	—	4.5269	0.2363	32101.42
0.2925	0.1157	0.635	0.001830	—	4.6428	0.2450	33626.73
0.3070	0.1187	0.635	0.001951	—	4.8730	0.2550	35849.08

Tabla 0.2

MUEBLE SANITARIO # 3
 MARCA: IDEAL STANDARD
 MODELO: HABITAT

H (m)	Y (m)	ρ (kg π /m ³)	Q (m ³ /s)	C _v	$\frac{H}{D}$	C _s	Re
FUNCIONAMIENTO COMO VERTEDEDOR							
0.186	0.0412	0.702	0.00015310	0.087442	3.72	—	—
0.19	0.0460	0.695	0.000200	0.114030	3.80	—	—
0.194	0.0550	0.675	0.000303	0.173122	3.88	—	—
0.199	0.0610	0.665	0.000337	0.220947	3.98	—	—
0.204	0.0650	0.662	0.000451	0.25780	4.08	—	—
0.205	0.0689	0.66	0.000521	0.29732	4.10	—	—
0.2075	0.0721	0.657	0.000581	0.331547	4.15	—	—
0.21	0.0750	0.655	0.000639	0.364784	4.20	—	—
0.2115	0.0778	0.655	0.000698	0.398569	4.23	—	—
0.2140	0.0804	0.65	0.000754	0.430720	4.28	—	—
0.2150	0.0829	0.65	0.000814	0.46987	4.30	—	—
0.2190	0.0857	0.648	0.000882	0.503696	4.38	—	—
0.2190	0.0881	0.645	0.000941	0.537206	4.38	—	—
0.22	0.090	0.645	0.000992	0.56664	4.40	—	—
0.222	0.0942	0.692	0.001193	0.68135	4.44	—	—
FUNCIONAMIENTO COMO SIFON							
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO A TRAVES DEL TANQUE							
0.2166	0.1192	0.632	0.001962	—	4.332	0.4848415	45431.369
0.2618	0.1279	0.63	0.00233	—	5.236	0.5242680	54008.861
0.2645	0.1292	0.63	0.00239	—	5.29	0.5349403	50391.73
0.2696	0.1307	0.628	0.002455	—	5.392	0.5436382	56832.49
0.2843	0.1322	0.628	0.002526	—	5.686	0.5447173	58477.17

Tabla 8.3

MUEBLE SANITARIO # 4

MARCA : KERDAL

MODELO :

H (m)	Y (m)	λ (kg/m ³)	Q (m ³ /s)	Cv	$\frac{H}{D}$	Cs	Re
FUNCIONAMIENTO COMO VERTEDOR							
0.2365	0.0455	0.70	0.00017467	0.05163272	3.6385	---	---
0.243	0.0575	0.68	0.00034126	0.10114893	3.7385	---	---
0.2465	0.0650	0.665	0.00045343	0.15439646	3.7923	---	---
0.2495	0.074	0.665	0.00061762	0.18306418	3.8385	---	---
0.2515	0.0805	0.65	0.00075649	0.22422594	3.8692	---	---
0.2525	0.0871	0.644	0.00091271	0.27052913	3.8846	---	---
0.2550	0.0916	0.643	0.00103359	0.30636027	3.9231	---	---
0.2620	0.0945	0.641	0.00111388	0.33015687	4.0308	---	---
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO DIRECTAMENTE AL INODORO							
0.2322	0.1152	0.635	0.0018105	---	3.5723	0.2556280	32241.08
0.2307	0.1182	0.633	0.0019246	---	3.54923	0.2726205	34273.00
0.2384	0.1218	0.63	0.0020647	---	3.66769	0.2869789	36767.45
0.2396	0.1256	0.63	0.0022118	---	3.68612	0.3074274	39387.29
0.2444	0.1262	0.63	0.0023467	---	3.76	0.3223569	41789.33
0.2506	0.13	0.628	0.0024222	---	3.85338	0.3292017	43134.30
0.2526	0.1312	0.628	0.0024785	---	3.88615	0.3355152	44136.61
0.2524	0.1335	0.626	0.0025803	---	3.88308	0.3494358	45949.65
0.2527	0.1346	0.626	0.0026338	---	3.88769	0.3564667	46902.04

Tabla 6.4

MUEBLE SANITARIO # 5

MARCA : VITROMEX

MODELO : TROYANO

H (m)	Y (m)	α (kg/s/m ³)	Q (m ³ /s)	Cv	$\frac{H}{D}$	Cs	Re
FUNCIONAMIENTO COMO VERTEDOR							
0.2155	0.0412	0.704	0.000154	0.05559	3.5916	---	---
0.2175	0.0472	0.698	0.000214	0.077428	3.625	---	---
0.22	0.0545	0.68	0.000298	0.10806	3.656	---	---
0.223	0.0596	0.675	0.000371	0.13415	3.7166	---	---
0.226	0.0649	0.663	0.000450	0.1530	3.7666	---	---
0.228	0.0684	0.661	0.000512	0.1853	3.800	---	---
0.227	0.0727	0.658	0.000682	0.2149	3.781	---	---
0.229	0.077	0.655	0.000734	0.2469	3.8166	---	---
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO DIRECTAMENTE AL INODORO							
0.1985	0.1320	0.62	0.002520	---	3.3083	0.451714	48624.18
0.2070	0.1340	0.629	0.002617	---	3.4500	0.45928	50486.99
0.2111	0.1362	0.628	0.002721	---	3.5183	0.47295	52501.20
0.2162	0.1385	0.628	0.002828	---	3.6033	0.48732	54745.81

Tabla 6.5

MUEBLE SANITARIO # 6

MARCA: NACESA

MODELO:

H (m)	Y (m)	$\frac{\mu}{10^{-4}/m^2}$	Q (m ³ /s)	Cv	$\frac{H}{D}$	Cs	Re
FUNCIONAMIENTO COMO VERTEDOR							
0.20	0.0485	0.69	0.000224	0.077796	3.278689	---	---
0.202	0.0517	0.681	0.000262	0.091015	3.3114	---	---
0.203	0.0604	0.66	0.000386	0.132102	3.336066	---	---
0.204	0.0693	0.66	0.000528	0.183493	3.3442	---	---
FUNCIONAMIENTO COMO SIFON							
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO A TRAVES DEL TANQUE							
0.1516	0.0976	0.64	0.001206	---	2.4852	0.239197	20676.66
0.1631	0.1080	0.637	0.001546	---	2.6737	0.295647	21274.35
0.1753	0.1145	0.635	0.001783	---	2.87377	0.32009	33729.17
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO DIRECTAMENTE AL INODORO							
0.1866	0.1202	0.631	0.00200	---	3.0590	0.3577	37964.39
0.1904	0.1212	0.631	0.002043	---	3.1213	0.36162	38759.15
0.2004	0.1240	0.63	0.002159	---	3.2852	0.3726	40971.61
0.2045	0.1252	0.63	0.002212	---	3.3524	0.37783	41970.00
0.2480	0.1285	0.63	0.002360	---	4.0635	0.3661	44790.57
0.2559	0.1302	0.628	0.002432	---	4.1950	0.3713	46139.76
0.2643	0.1328	0.628	0.002555	---	4.3327	0.3858	48477.82

Tabla 6.6

MUEBLE SANITARIO # 7

MARCA: IFD

MODELO:

H (m)	Y (m)	ρ (kg/m ³)	Q (m ³ /s)	C _v	$\frac{H}{D}$	C _s	Re
FUNCIONAMIENTO COMO VERTEDEDOR							
0.219	0.0432	0.702	0.000172	0.05189	3.369231	—	—
0.222	0.0528	0.68	0.000276	0.081729	3.41538	—	—
0.223	0.0550	0.679	0.000305	0.090377	3.430769	—	—
0.2245	0.0583	0.673	0.000350	0.103626	3.453846	—	—
0.2260	0.0632	0.665	0.000423	0.125284	3.476923	—	—
0.227	0.0749	0.662	0.00045	0.133276	3.492308	—	—
0.229	0.0670	0.66	0.000485	0.143884	3.523010	—	—
FUNCIONAMIENTO COMO SIFON							
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO A TRAVES DEL TANQUE							
0.1950	0.1083	0.638	0.001559	—	3.00	0.240165	27758.53
0.2000	0.1113	0.637	0.001606	—	3.0769	0.253511	23674.41
0.2630	0.1202	0.636	0.002017	—	4.046	0.267532	35910.63
0.2650	0.1222	0.636	0.002102	—	4.0769	0.277745	37423.11

Tabla 6.7

MUEBLE SANITARIO # 8

MARCA : KISSON

MODELO : JADE III

H (m)	Y (m)	μ (kg·s/m ²)	Q (m ³ /s)	C _v	$\frac{H}{D}$	C _s	Re
FUNCIONAMIENTO COMO VERTEADOR							
0.2445	0.0402	0.706	0.000145	0.059313	4.252174	—	—
0.2465	0.0482	0.692	0.000223	0.089975	4.286957	—	—
0.2470	0.522	0.681	0.000268	0.108074	4.295652	—	—
0.2490	0.0572	0.675	0.000334	0.134645	4.330435	—	—
0.25	0.0622	0.664	0.000406	0.163320	4.347826	—	—
0.2510	0.07	0.659	0.000541	0.217785	4.3652	—	—
FUNCIONAMIENTO COMO SIFON							
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO A TRAVES DEL TANQUE							
0.1950	0.0982	0.641	0.001226	—	3.3913	0.241404	24682.38
0.1954	0.1017	0.638	0.001332	—	3.3926	0.261991	26814.72
0.1955	0.1072	0.637	0.001517	—	3.40	0.298317	30540.54
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO DIRECTAMENTE AL INODORO							
0.2016	0.1121	0.635	0.001691	—	3.506	0.327467	34045.80
0.2119	0.1157	0.633	0.001824	—	3.635	0.344586	36727.16
0.2241	0.1194	0.633	0.001974	—	3.89739	0.362509	39734.23
0.2285	0.1222	0.63	0.002082	—	3.9739	0.378618	41905.29
0.2286	0.1237	0.63	0.002146	—	3.9756	0.390258	43203.45

Tabla 6.8

MUEBLE SANITARIO # 9

MARCA : ANFORA

MODELO : VALLARTA

H (m)	Y (m)	ρ (kg/m ³)	Q (m ³ /s)	Cv	$\frac{H}{D}$	Cs	Re
FUNCIONAMIENTO COMO VERTEDEDOR							
0.23	0.0396	0.71	0.00014025	0.051853	3.8655	---	---
0.2325	0.0566	0.678	0.00032709	0.120933	3.90756	---	---
0.2340	0.0655	0.662	0.00045138	0.170112	3.9327	---	---
0.2350	0.066	0.661	0.00046823	0.173115	3.94956	---	---
0.2360	0.0655	0.66	0.00047643	0.176146	3.96638	---	---
0.2375	0.0669	0.661	0.00048436	0.179077	3.99159	---	---
0.24	0.0676	0.658	0.00049487	0.182564	4.0336	---	---
FUNCIONAMIENTO COMO SIFON							
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO A TRAVES DEL TANQUE							
0.1555	0.1052	0.638	0.001450	---	2.6806	0.2947	28200.78
0.1624	0.1112	0.635	0.001657	---	2.7294	0.3339	32243.10
EXPERIMENTOS ALIMENTANDO DIRECTAMENTE AL INODORO							
0.2241	0.1366	0.628	0.002741	---	3.76638	0.47021	53331.95
0.2322	0.1384	0.627	0.002828	---	3.9025	0.4765	55018.52

Tabla 6.9

MUEBLE SANITARIO	TIEMPO DE DESCARGA DEL TANQUE (T ₁)	TIEMPO DE DESCARGA DEL INODORO (T ₁)	$\frac{T_1}{T_1}$	SELLO HIDRAULICO V _o EN L	VOLUMEN DE SIFON V _s EN L	$\frac{V_o}{V_s}$
MARCA						
1º PROCEMEX	3.53	9.25	0.381	3.13	1.54	2.032
2º I. STANDARD (ZAFIRO)	4.43	8.06	0.549	0.93	1.95	0.477
3º I. STANDARD (HABITAT)	3.24	5.55	0.583	1.07	0.70	1.529
4º KERAL	3.73	5.40	0.691	1.60	2.045	0.782
5º VITROMEX	3.58	5.65	0.633	1.37	1.70	0.806
6º NACESA	4.42	6.61	0.668	1.55	1.88	0.824
7º IFO	3.44	5.30	0.649	1.18	1.46	0.808
8º KISSON	4.46	5.70	0.782	1.80	2.00	0.90
9º ANFORA	4.97	5.30	0.937	2.20	2.36	0.932

Tabla. 10 Resumen de la segunda etapa de experimentación.

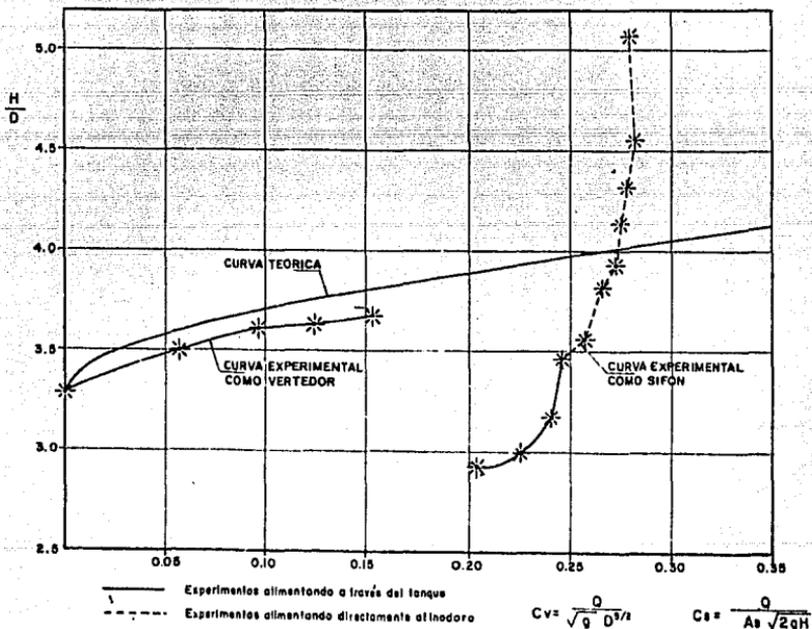


Fig. 6.1 Comportamiento hidráulico de los coeficientes de vertido (C_v) y de sifón (C_s) del mueble sanitario, marca: Procemex, modelo: Lerma VII, capacidad: 6 ls.

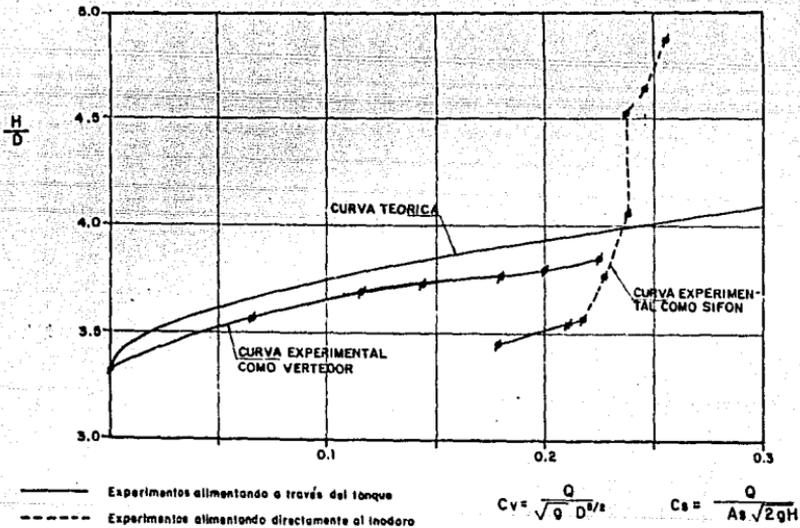


Fig. 6.2 Comportamiento hidráulico de los coeficientes de vertido (C_v) y de sifón (C_s) del mueble sanitario marca: Ideai standard, modelo: Zafiro, capacidad: 6 ls.

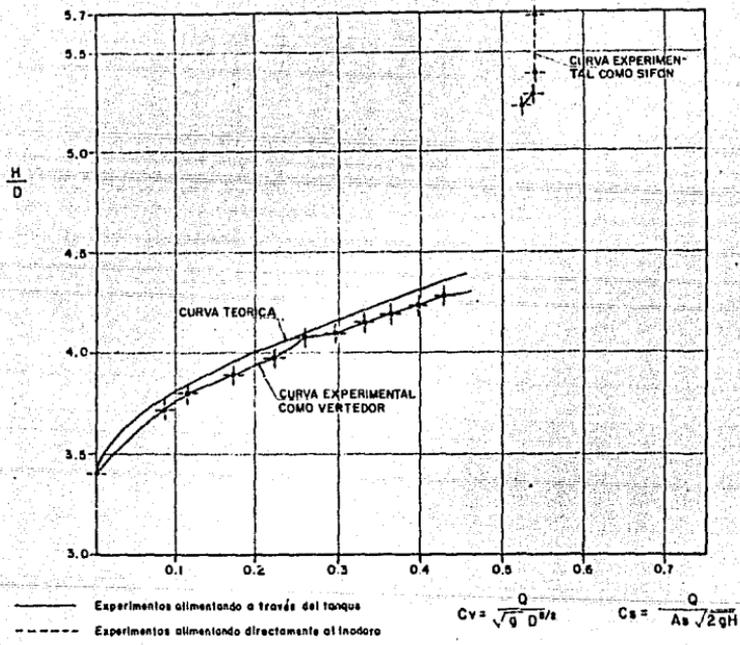


Fig. 6.3 Comportamiento hidráulico de los coeficientes de vertido (C_v) y de sifón (C_s) del mueble sanitario marca: Ideal standard, modelo: Habitat, capacidad: 6 ls.

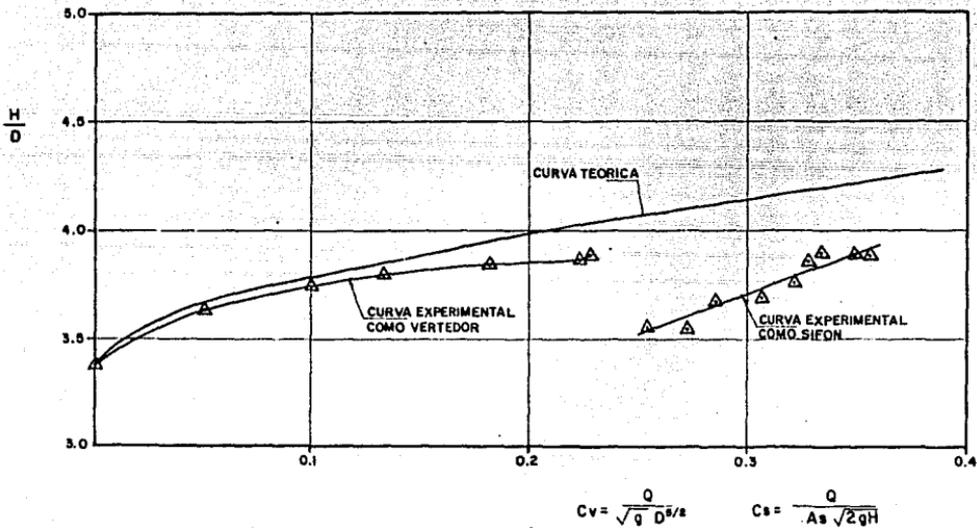


Fig.6.4 Comportamiento hidráulico de los coeficientes de vertido (C_v) y de sifón (C_s) del mueble sanitario marca: Kerdal, capacidad: 6 ls.

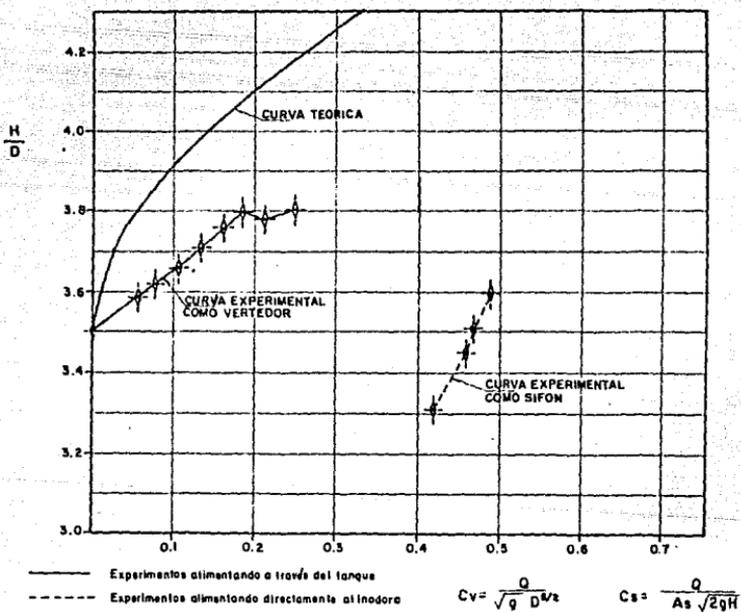


Fig. 6.5 Comportamiento hidráulico de los coeficientes de vertido (C_v) y de sifón (C_s) del mueble sanitario, marca Vitromex, modelo: Troyano, capacidad: 6 ls.

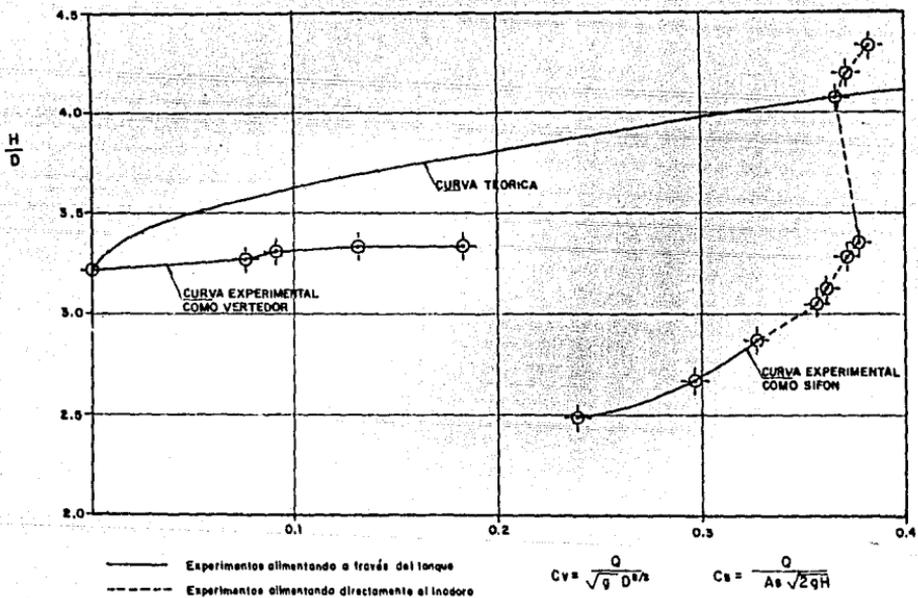


Fig. 6.6 Comportamiento hidráulico de los coeficientes de vertido (C_v) y de sifón (C_s) del mueble sanitario marca: Nacasa, capacidad: 6 ls.

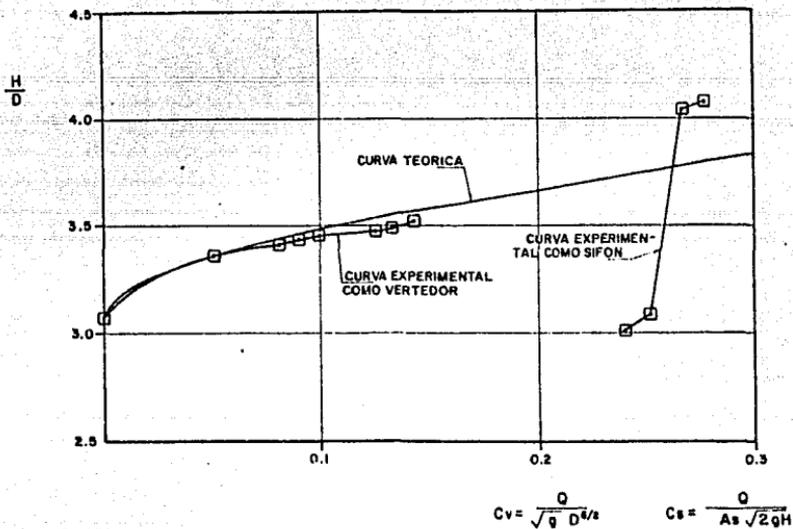


Fig. 6.7 Comportamiento hidrúlico de los coeficientes de vertido (C_v) y de sifón (C_s) del mueble sanitario marca: IFO, capacidad: 6 ls.

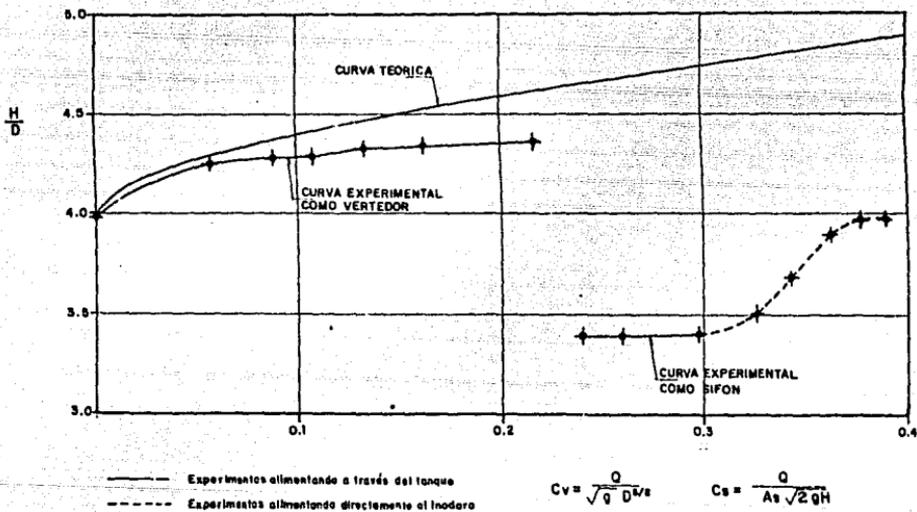


Fig. 6.8 Comportamiento hidráulico de los coeficientes de vertido (C_v) y de sifón (C_s) del mueble sanitario marca: Kisson, modelo: Jade III, capacidad: 6 ls.

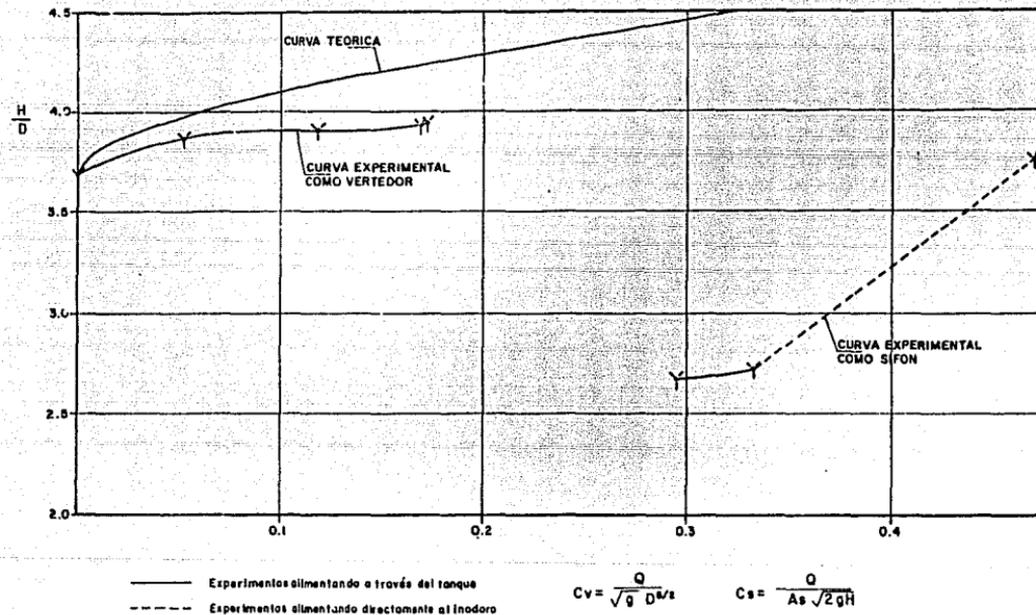


Fig. 6.9 Comportamiento hidrúlico de los coeficientes de vertido (C_v) y de sifón (C_s) del mueble sanitario marca: Anfora, modelo: Vallarta, capacidad: 6 ls.

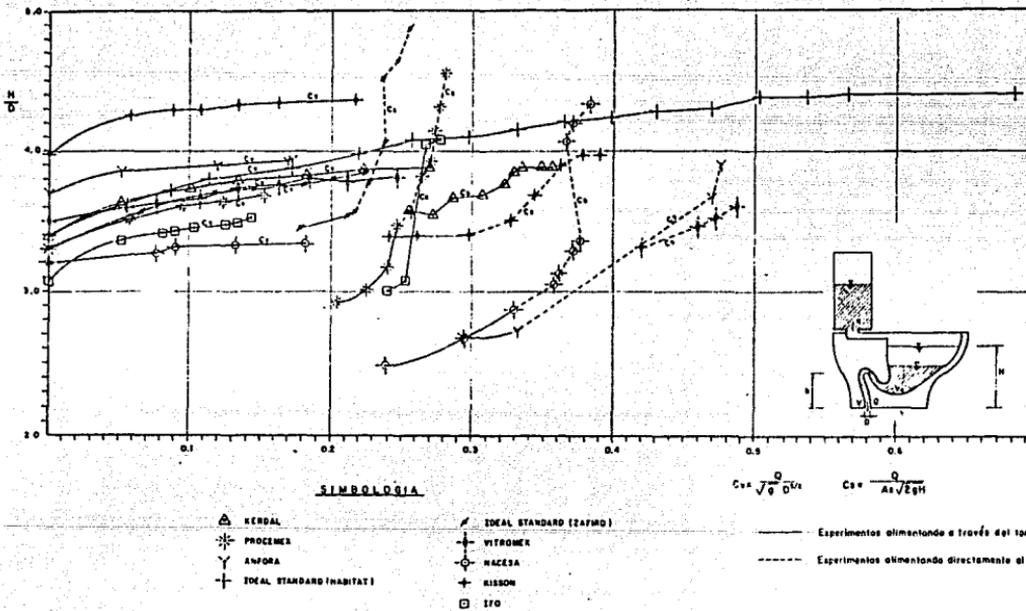


Fig. 6.10 Comportamiento hidráulico de los coeficientes de vertido C_v y de sifón C_s , en muebles sanitarios de distintas marcas.

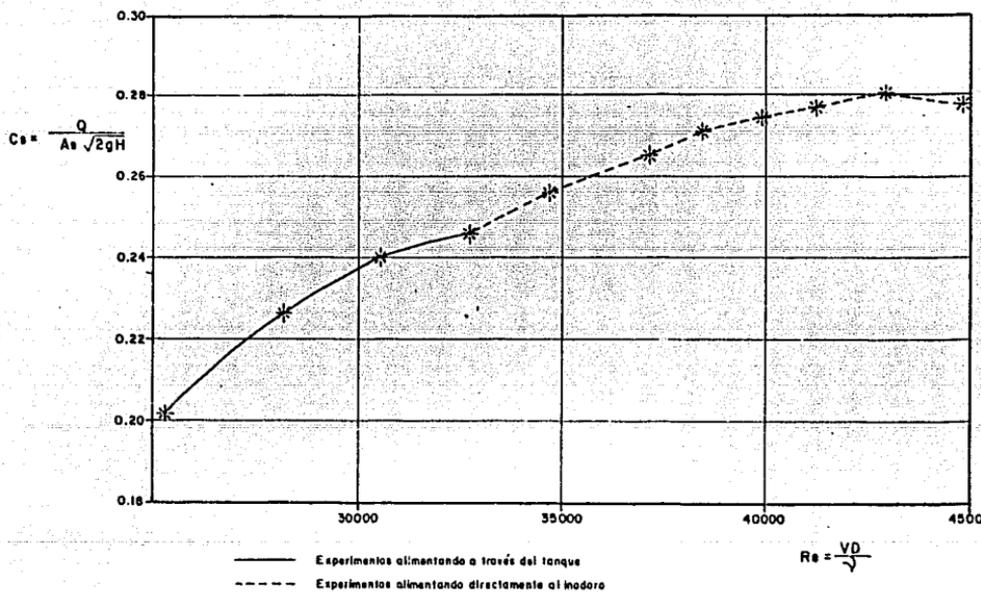


Fig. 6.11 Representación gráfica de los coeficientes de descarga como orificio (C_s) contra el número Reynolds (Re) del mueble sanitario marca: Procemex, modelo: Lerma VI; capacidad: 6

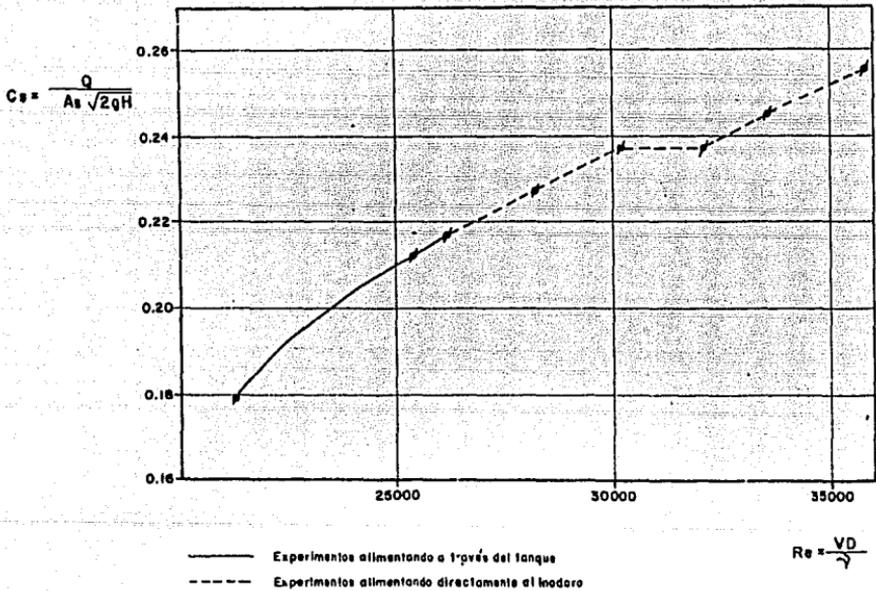
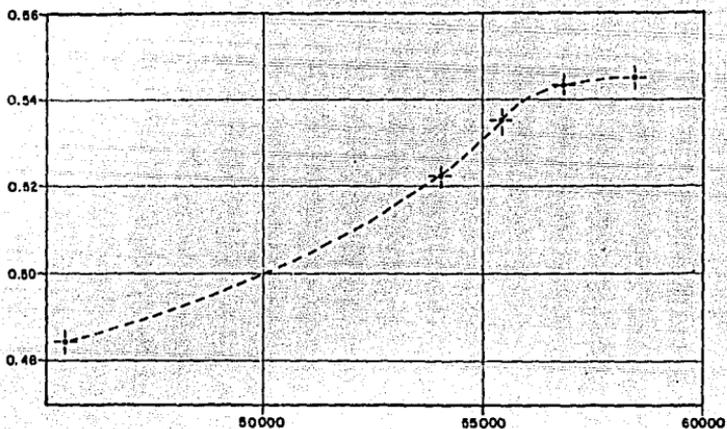


Fig. 6.12 Representación gráfica de los coeficientes de descarga como orificio (C_s) contra el número de Reynolds (Re) del mueble sanitario marca: Ideal standard, modelo: Zafiro, capacidad: 6 ls.

$$C_s = \frac{Q}{A_s \sqrt{2gH}}$$



$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

Fig. 6.13 Representación gráfica de los coeficientes de descarga como orificio (C_s) contra el número de Reynolds (Re) del mueble sanitario marca: Ideal standard, modelo: Habitat, capacidad: 6 ls.

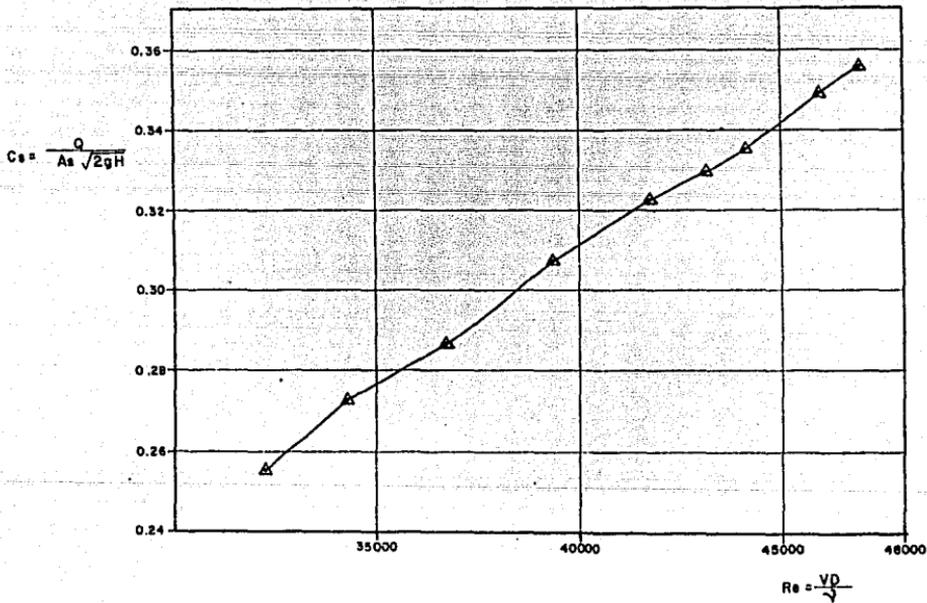
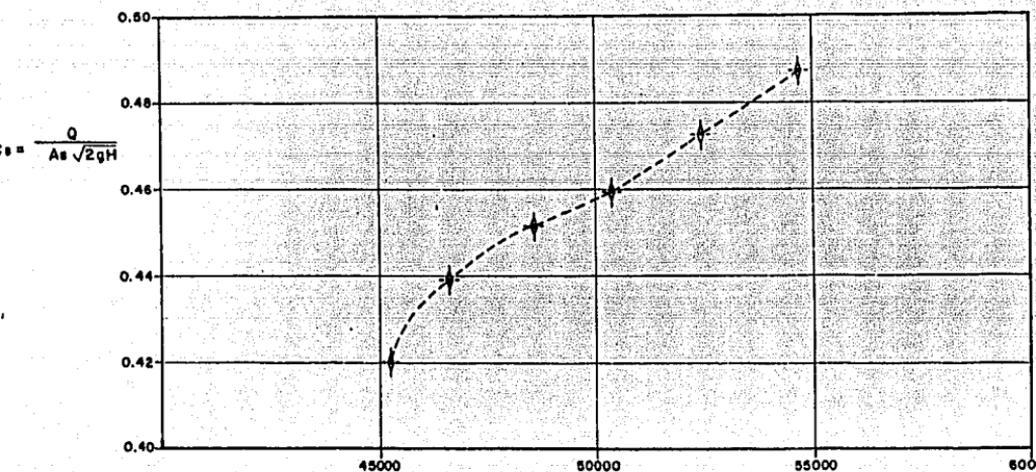


Fig. 6.14 Representación gráfrica de los coeficientes de descarga como orificio (C_d) contra el número de Reynolds (Re) del mueble sanitario marca: Kerdal, capacidad: 6 ls.



$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

Fig. 6.15 Representación gráfica de los coeficientes de descarga como orificio (C_d) contra el número de Reynolds (Re) del mueble sanitario marca: Vitromex, modelo: Troyano, capacidad: 6 ls.

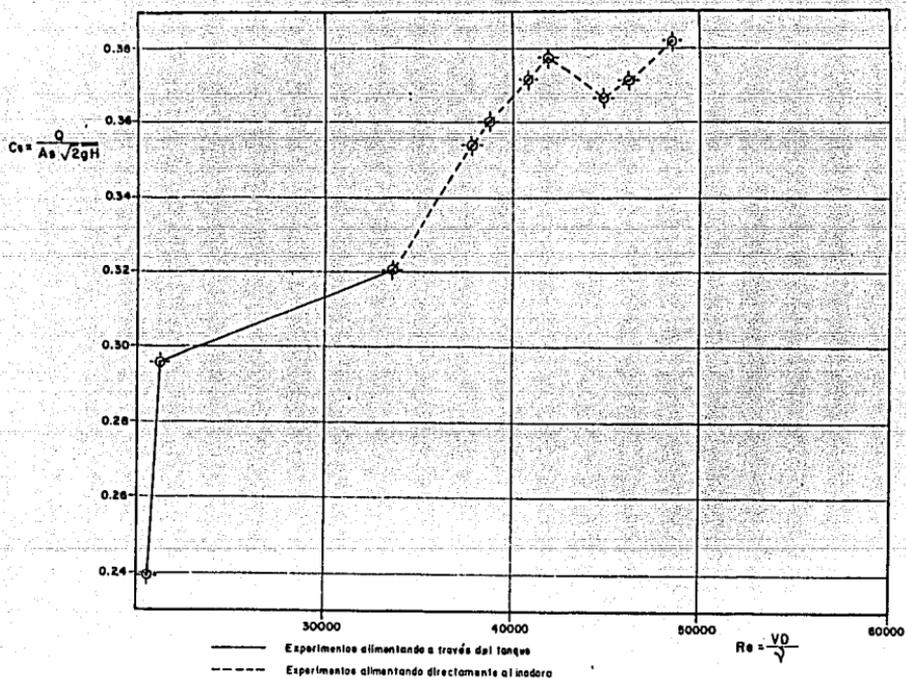


Fig. 6.16 Representación gráfica de los coeficientes de descarga como orificio (C_s) contra el número de Reynolds (Re) del mueble sanitario marca Nacasa, capacidad: 6 ls.

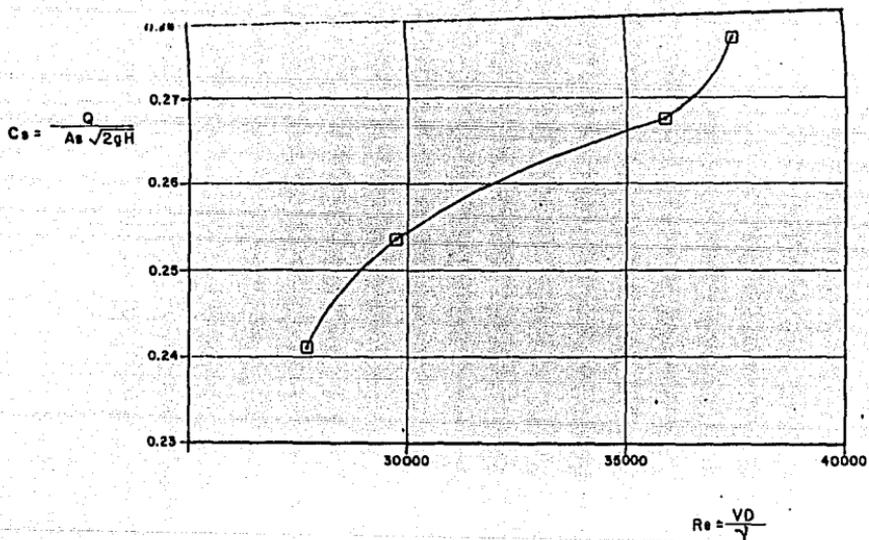
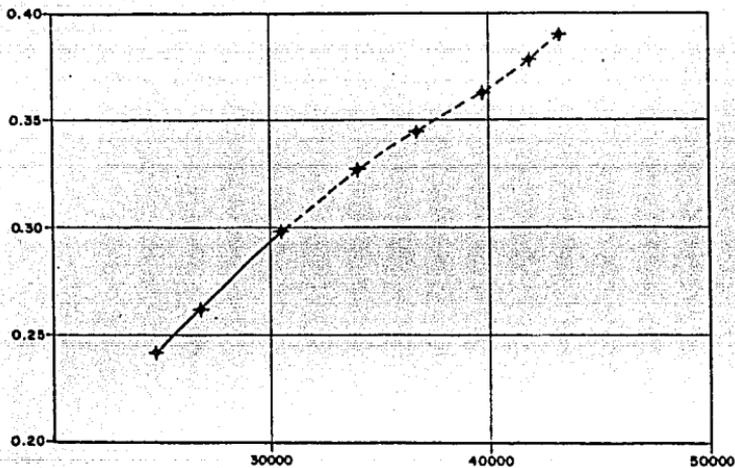


Fig. 6.17 Representación gráfica de los coeficientes de descarga como orificio (C_d) contra el número de Reynolds (Re) del mueble sanitario marca: IFO, capacidad: 6 ls.

$$C_s = \frac{Q}{A_s \sqrt{2gH}}$$



$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

Fig. 6.18 Representación gráfica de los coeficientes de descarga como orificio (C_s) contra el número Reynolds (Re) del mueble sanitario marca: Kisson, modelo: Jade III, capacidad: 6 ls.

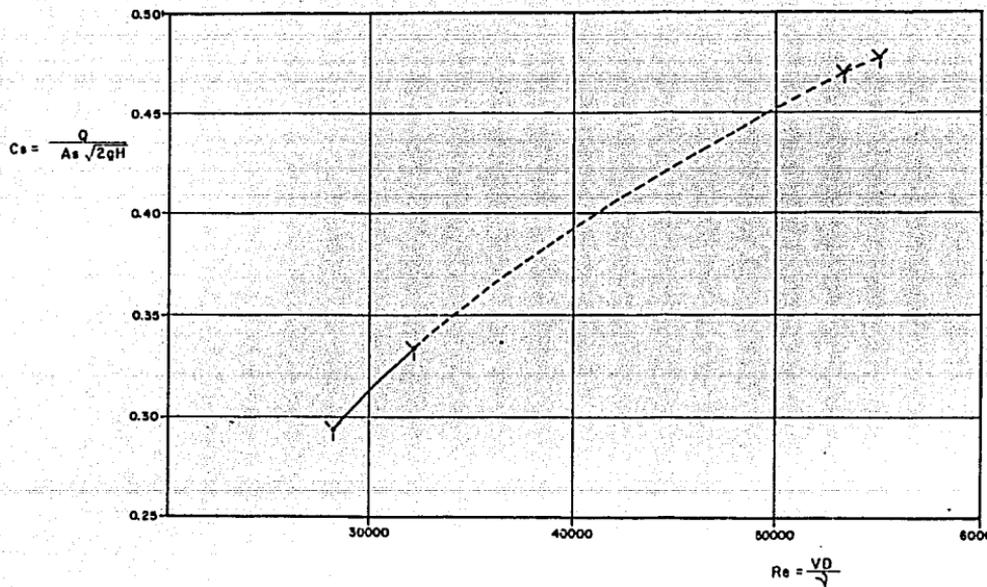


Fig. 6.19 Representación gráfica de los coeficientes de descarga como orificio (C_s) contra el número de Reynolds (Re) del mueble sanitario marca: Anfora, modelo: Vallarta, capacidad: 6 ls.

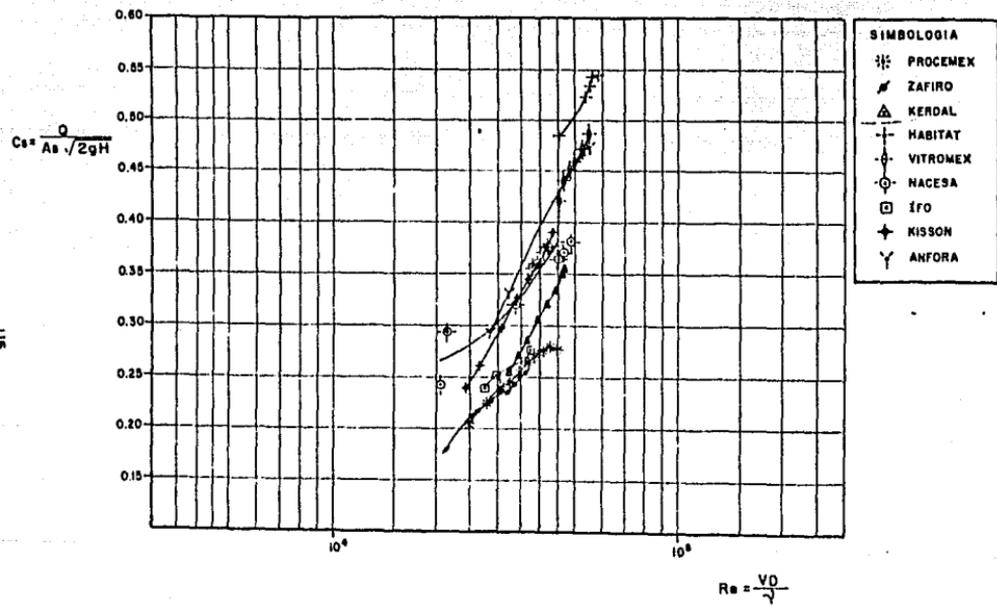


Fig. 6.20 Representación gráfica de los coeficientes de descarga como orificio (C_s) contra el número de Reynolds (Re), de los muebles sanitarios.

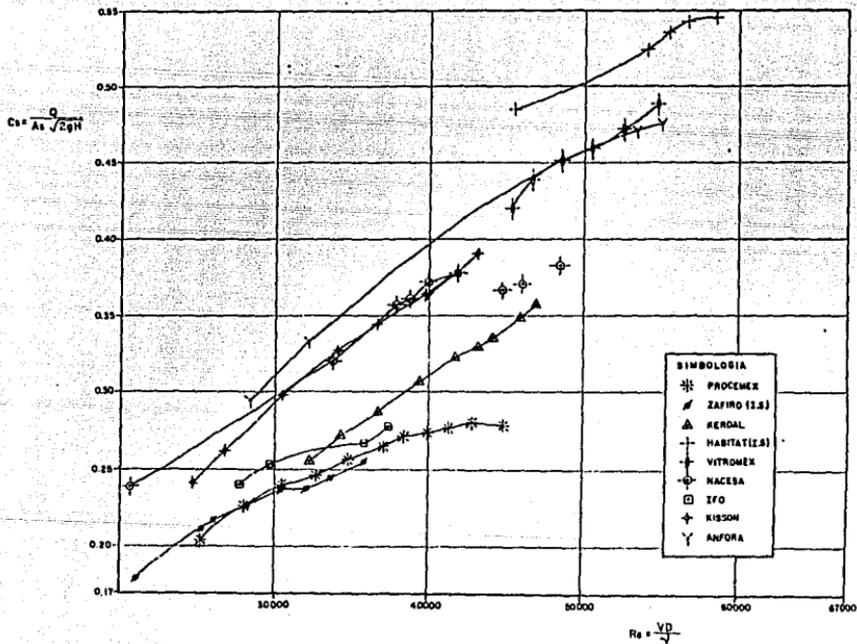


Fig. 6.21 Representación gráfica de los coeficientes de descarga como orificio (C_s) contra el número de Reynolds (Re) de los muebles sanitarios.

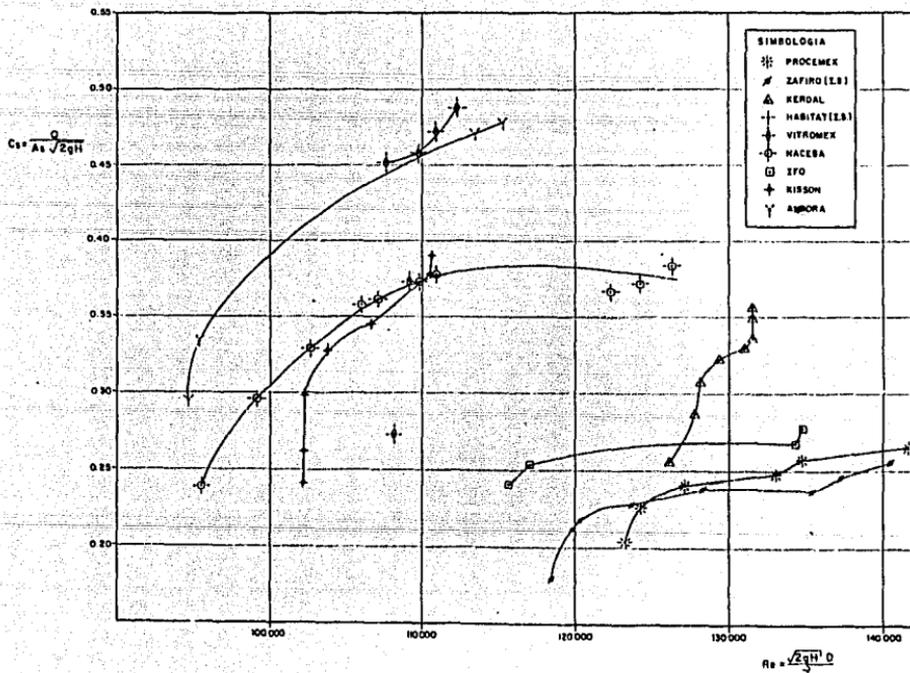


Fig. 6.22 Representación gráfica de los coeficientes de descarga como orificio (C_s) contra el número de Reynolds (Re), de los muebles sanitarios.

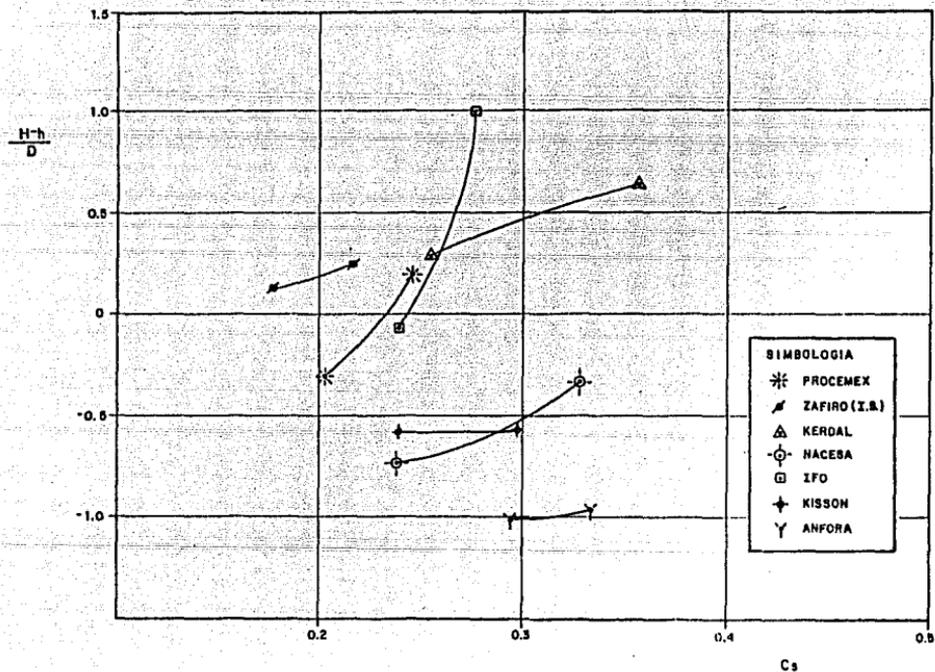


Fig.6.23 Coeficiente de sifón - Desnivel agua en inodoros y la altura garganta de sifón.

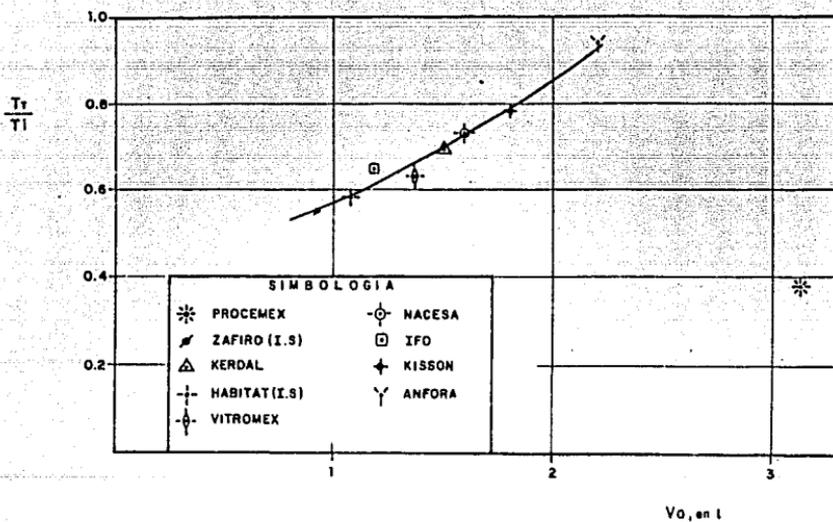


Fig. 6.24 Relación de tiempos —volumen de sello hidráulico de los muebles sanitarios

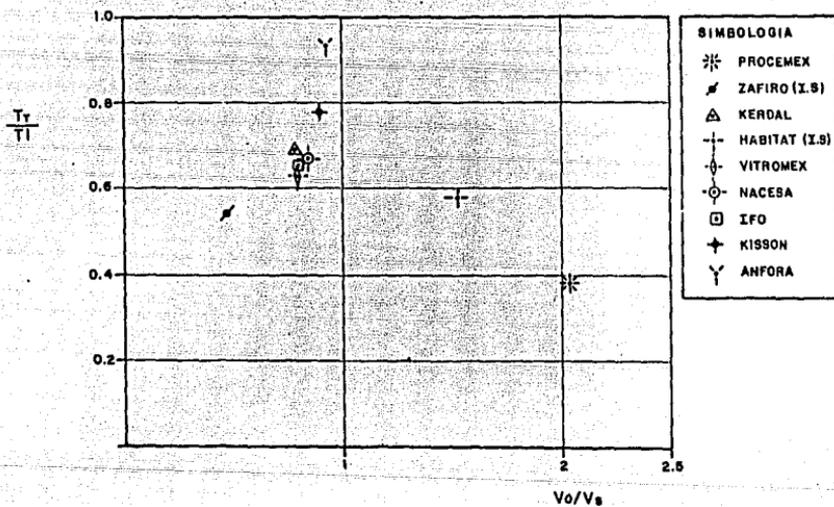


Fig. 6.25 Relación de tiempos - Relación de volúmenes

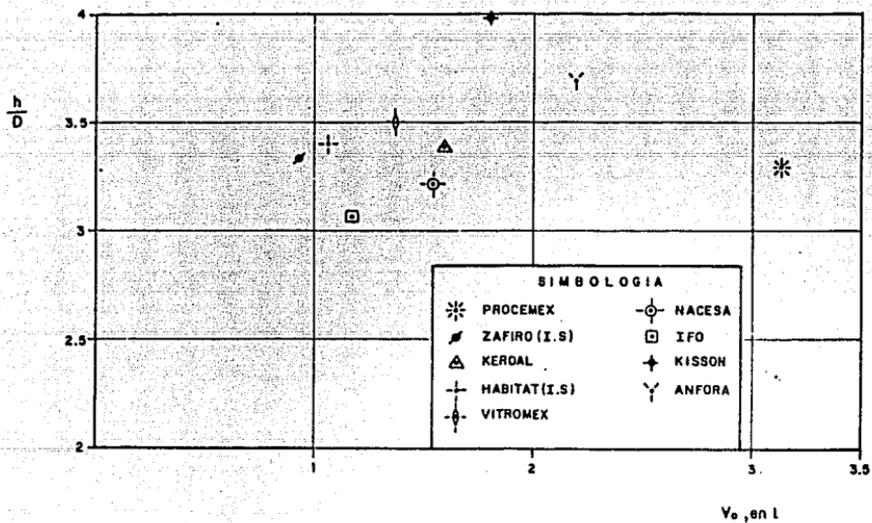


Fig. 6.24 Relación geométrica de los muebles sanitarios.

Fig. 6.27 Curva elevación-capacidad.

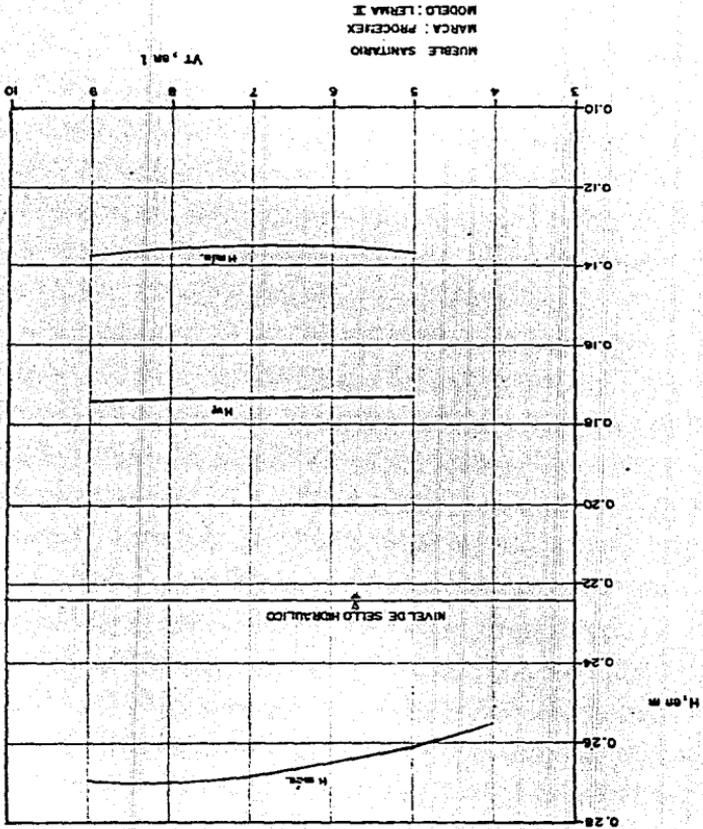
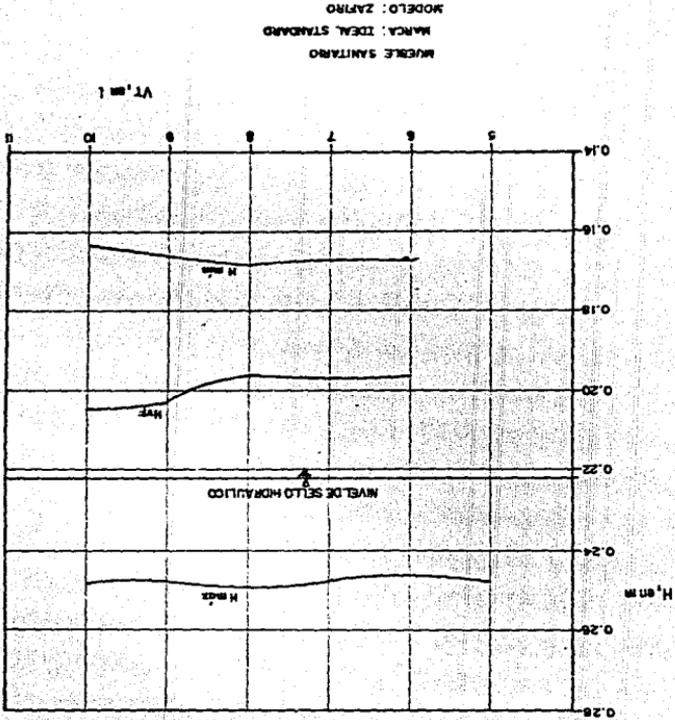
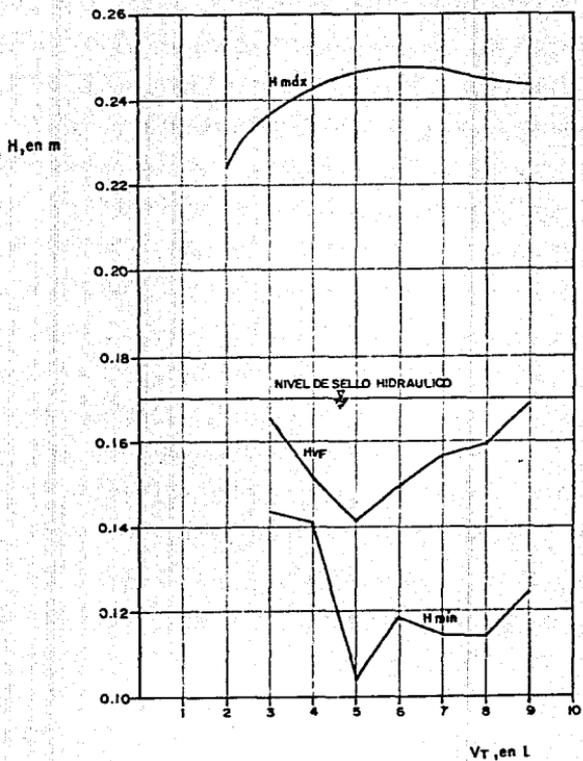


Fig. 6.28 Curva elevación-capacidad





MUEBLE SANITARIO
 MARCA : IDEAL STANDARD
 MODELO : HABITAT

Fig. 6.29 Curva elevación-capacidad

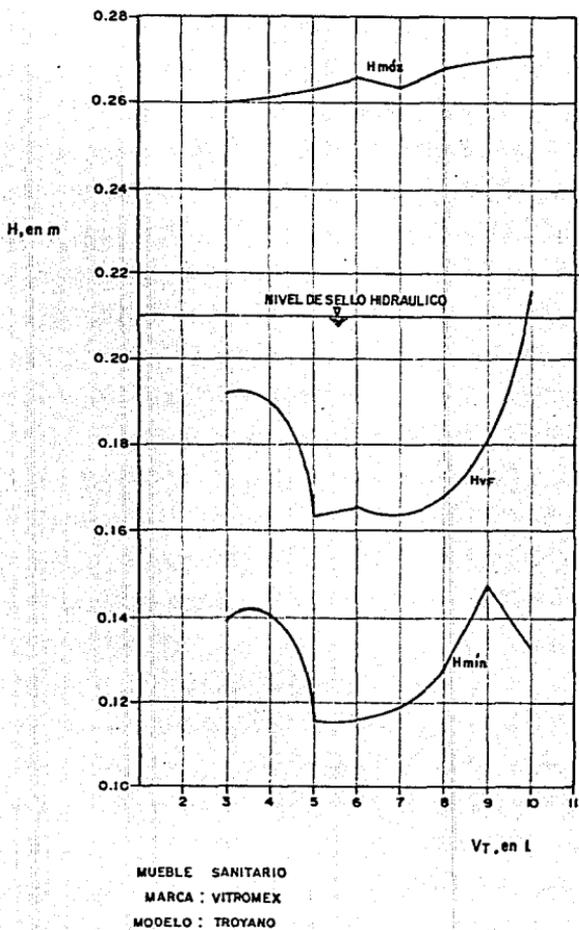
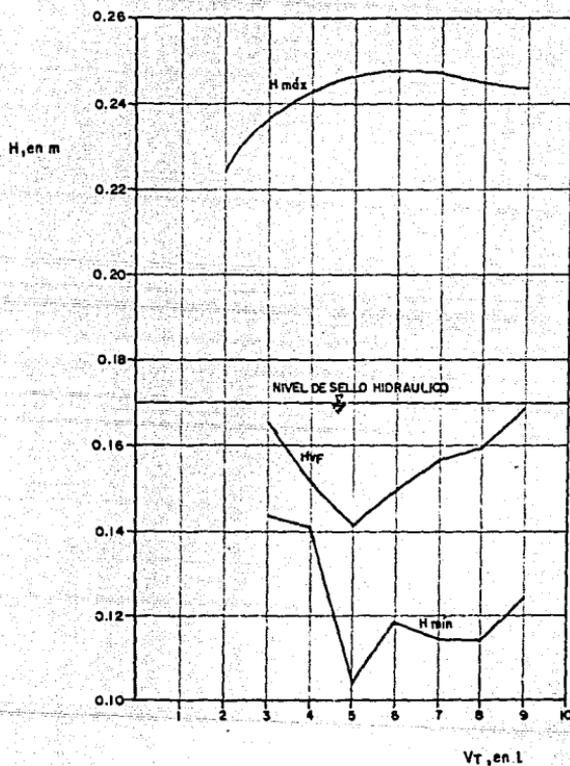
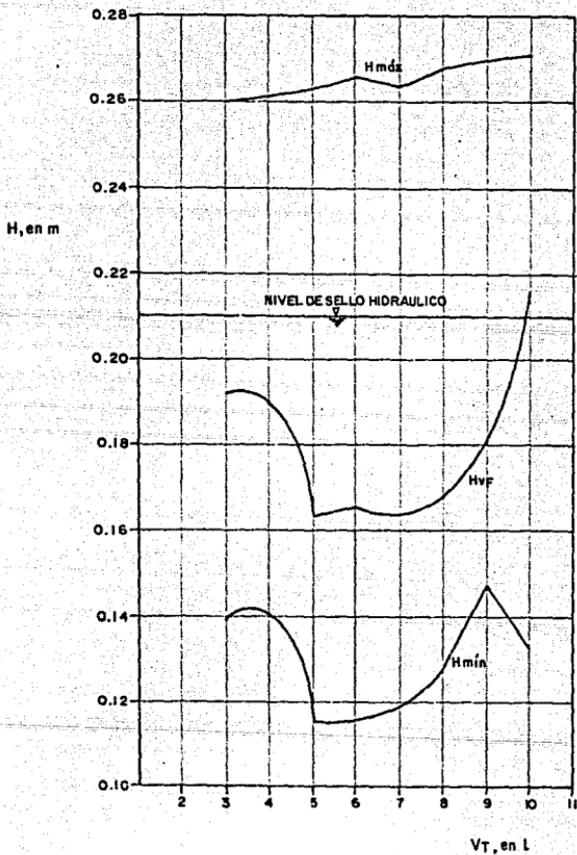


Fig. 6.30 Curva elevación-capacidad



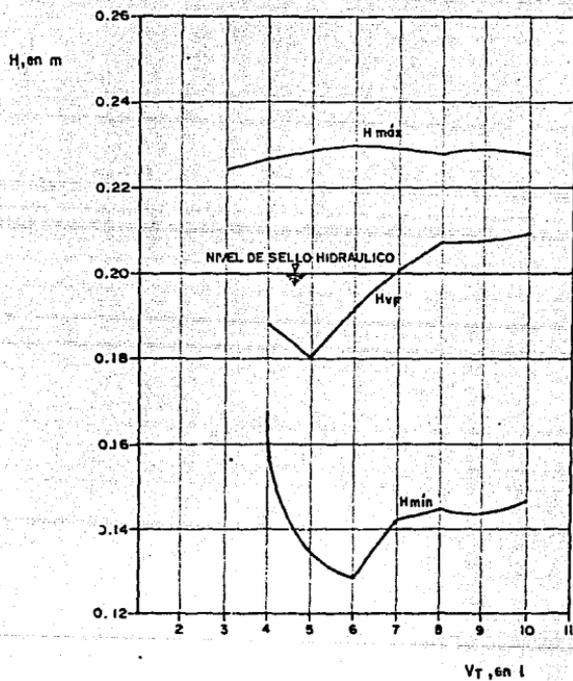
MUEBLE SANITARIO
 MARCA : IDEAL STANDARD
 MODELO : HABITAT

Fig. 6.29 Curva elevación-capacidad



MUEBLE SANITARIO
 MARCA : VITROMEX
 MODELO : TROYANO

Fig. 6.30 Curva elevación-capacidad



MUEBLE SANITARIO
 MARCA : NACESA
 MODELO : ALFA

Fig. 6.31 Curva elevación - capacidad

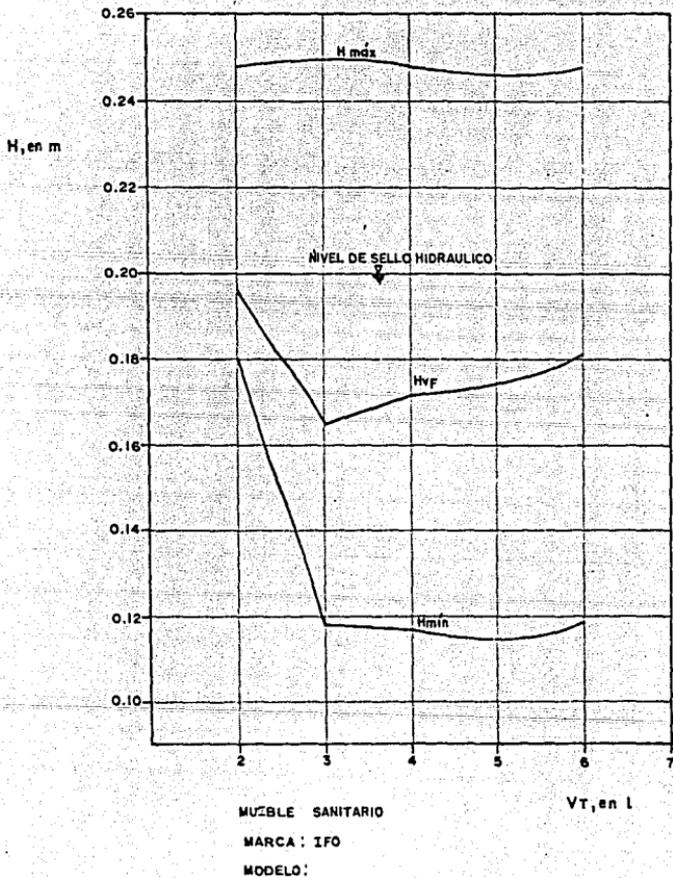


Fig. 6.32 Curva elevación-capacidad

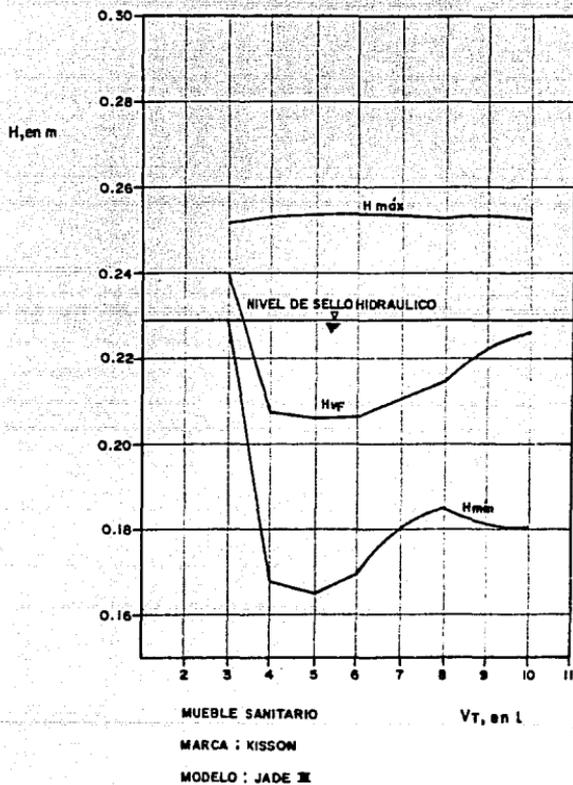


Fig. 6.33 Curva elevación - capacidad

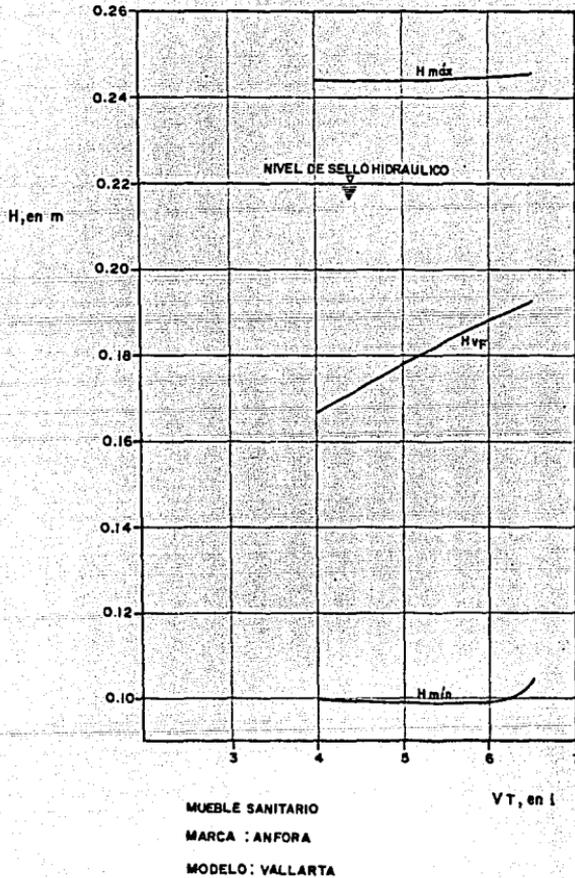


Fig. 6.34 Curva elevación-capacidad

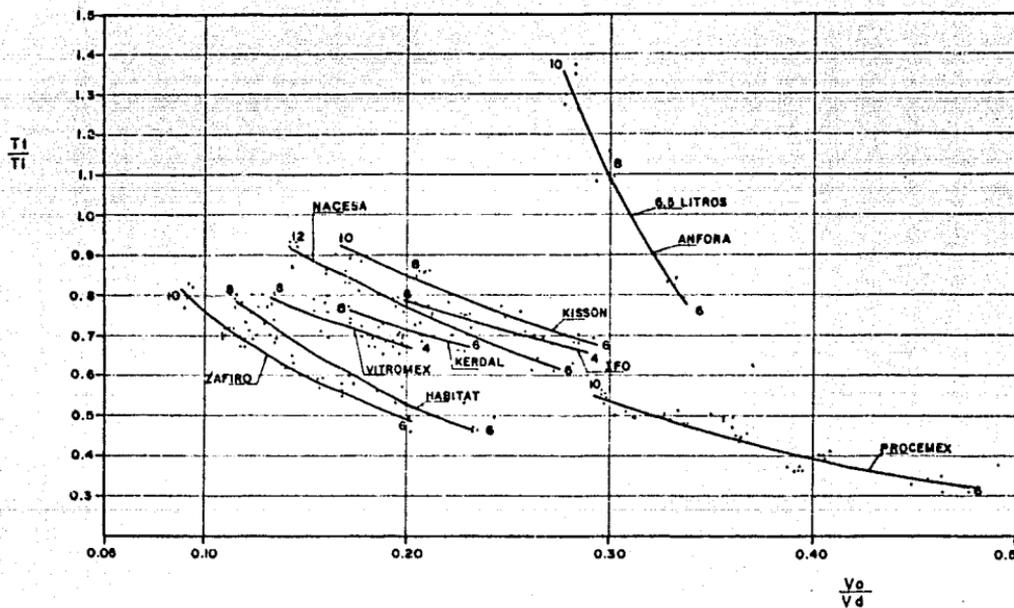


Fig. 6.35 Representación gráfica de relaciones adimensionales entre tiempo de tanque (T_t) y tiempo de inodoro (T_i), contra volumen de sello (V_o) y volumen de descarga (V_d).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por lo que se refiere a la primera etapa de experimentación o prueba estática, con los resultados de la evaluación que se presentan en la fig. 6.10 se obtuvo una comparación de los muebles que se analizaron, donde se pudo observar a los muebles que tienen un mejor comportamiento hidráulico y los más deficientes en las etapas de vertido y como sifón.

En la etapa en que el mueble sanitario se comporta como vertedor, el mueble más deficiente fue el Habitat y los más eficientes fueron el Nacesa y Anfora, debido a que sólo necesitaron una carga menor para comenzar a efectuar el fenómeno de sifón. En cambio en el mueble Habitat nunca se presenta este efecto.

Después del fenómeno de transición entre flujo como vertedor y sifónico, se presenta una disminución del nivel del agua en la taza, teniendo como consecuencia una mejor descarga con una carga pequeña, obteniendo en esta parte un mejor funcionamiento

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

hidráulico.

En la etapa de comportamiento como sifón, los mejores muebles estudiados fueron los que cuentan con un mayor coeficiente de sifón para pequeñas cargas y son el Nacesa y Anfora, teniendo mayor coeficiente el mueble Anfora.

De acuerdo con las observaciones en el desarrollo de los experimentos, se obtuvo que un mueble sanitario funciona mejor hidráulicamente cuando es mayor su rapidez en iniciar el fenómeno de sifón. Lo anterior confirma lo descrito en el inciso anterior.

Por otra parte, se ha observado de los experimentos, que existen 2 formas de vertido del tanque a la taza, uno por medio de orificios colocados en todo el perímetro de la parte alta de la taza, que provoca una especie de remolino con giro de derecha a izquierda que posteriormente arrastra la materia fecal.

Pertenece a este primer tipo los muebles Nacesa, Kisoan, Ideal Standard (Zafiro), Procemex, y Vitromex; el mueble Ideal Standard, modelo Habitat, no posee orificios, más bien una ranura abierta, la cual produce el mismo efecto de remolino.

El segundo tipo lo constituyen los muebles sin orificio y la descarga del tanque a la taza la realizan mediante una ranura que produce una cascada con tendencia a concentrarse en la parte media superior a la taza. Los muebles con este tipo de funcionamiento son: Ifo y Anfora, modelo Vallarta. De acuerdo con los resultados, puede decirse que los muebles sanitarios con caída en forma de cascada son los más eficientes, sin embargo el mueble Nacesa, debido a su buen funcionamiento, permite concluir que independientemente a la forma de caída del agua, un inadecuado diseño en la taza o en el sifón harán que el comportamiento del mueble no sea satisfactorio.

En lo referente a la prueba dinámica, se tiene que gran parte de

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

la eficiencia en la descarga del mueble sanitario, se muestra en la magnitud del tiempo y volumen de descarga. La fig. 6.35 de T_e/T_i vs V_e/V_i muestra resultados interesantes.

En teoría el mueble sanitario con una relación de tiempos que se aproxima a la unidad funciona mejor, puesto que no requiere de más tiempo para efectuar la descarga, debido a que el tiempo de descarga del tanque y el de descarga del inodoro llegan a ser muy parecidos o iguales. Esto aunado al volumen de descarga, permite observar una eficiencia de los inodoros. De la gráfica general se observa que el mueble Anfora tiene una mejor relación de tiempo para un volumen de 6 litros, en cambio, para este mismo volumen, las otras marcas presentan una disminución en esta relación, por lo que se tiene que aumentar el gasto de descarga para alcanzar al inodoro Anfora.

De la misma figura se concluye que los muebles Procemex e Ideal Standard (modelos Zafiro y Habitat) son los que más dificultades presentan en la descarga, por lo que su funcionamiento hidráulico es deficiente. Por otra parte, se observa un comportamiento parecido de los muebles que tienen las mismas características o que son muy parecidos o similares en su diseño.

De la misma figura se observa que el mueble Anfora llega a un punto en el cual no requiere de una mayor descarga, debido a que el volumen excedente provoca un desperdicio o exceso de agua que no requiere el inodoro para efectuar la descarga; este exceso se derrama por la garganta del sifón, haciendo funcionar al inodoro en ese momento como vertedor. Esto quiere decir que el tiempo de descarga depende del orificio del tanque, diseño del tanque, diámetro, rugosidad, y longitud del sifón, y forma de descarga del inodoro.

Por lo tanto el tiempo que tarda en llenarse o alcanzar el nivel máximo en la taza para producir la descarga está en función de las características generales de la taza, como son sus dimensiones y

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

altura de garganta del sifón. Este tiempo se incrementa cuando son grandes estas dimensiones y pequeño el diámetro del sifón, por ejemplo, el inodoro Procemex.

Por lo que se refiere a las graficas de evaluación-volumen de tanque, se puede decir que el mejor mueble es aquel que registra una mayor diferencia entre la curva de niveles máximo y mínimo, efectuando así correctamente el fenómeno de sifón, por lo que será óptimo si el volumen de tanque es pequeño.

En algunos casos los muebles llegaron a presentar esta condición, sólo que con un volumen de descarga elevado. También se observó en dichas figuras que los muebles como el Habitat presenta un funcionamiento similar a los anteriores; sin embargo, no son tan efectivos en el arrastre como los otros muebles sanitarios, por lo que probablemente sólo requieran de elevar la altura de la garganta del sifón o bajar la inclinación, para que puedan tener un volumen de sellé más grande y de esta manera poder aumentar su eficiencia en la descarga.

Por lo que refiere al mueble Procemex, tiene una taza con dimensiones muy grande y sello hidráulico grande, lo que provoca una mayor regularización en la taza y puesto que el diámetro del sifón es pequeño, produce una descarga lenta, recomendándose un cambio de diámetro para dicho inodoro.

Cabe mencionar que únicamente se estudió un mueble sanitario por cada marca y esto no significa que todos los muebles de esa marca sean los mejores ni los peores, ya que por un mueble estudiado no se puede aseverar que existan las mismas condiciones en todos los demás. Por lo tanto, se recomienda efectuar otras pruebas con un mayor número de muebles de diferentes lotes, ya que el control de calidad de estos varía; para que, de acuerdo a sus resultados y análisis, se puedan dictar medidas a fin de mejorar su eficiencia.

La condición ideal de experimentación es utilizar, en cada nueva

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

etapa, la verificación de resultados en muebles sanitarios nuevos, sin embargo, a la falta de éstos, se propone un cambio de posición del piezómetro, del fondo de la taza hacia la pared inclinada. La razón de este cambio se debe a la probable carga de energía adicional que puede darse en la parte baja de la taza, debido a la reducción de la sección y a la curvatura a la entrada del sifón.

Por último estos resultados son preliminares y de ninguna manera pueden tomarse a las conclusiones como definitivas.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. Sotelo Avila, G. Hidráulica General, 6a. edición, Mexico, D.F. editorial Limusa, 1982 vol. 1, 561 pp.
2. Leon Vizcaino, L. Curso sobre modelos hidráulicos, División de Ingeniería Civil, Topografía y Geodesica. Laboratorio de hidráulica. Universidad Nacional Autónoma de México, 1986 México, D.F. 64 pp.
3. V.Giles Ronald. Mecanica de los fluidos de hidráulica. Traducción y adaptación Jaime Moneva Moneva 2a. edición, México, D.F. editorial Mc. Graw Hill 1983. 273 pp
4. DGCOH Informe final interno de la DGCOH. Instalación de un banco de prueba para muebles sanitarios y accesorios de bajo consumo de agua en el laboratorio de ingeniería experimental de la DGCOH, calibración del mismo diseño de los experimentos por realizar y supervisión de las primeras pruebas que se realizaran con personal de la DGCOH, bajo la supervisión del contratista. 1986 90 pp
5. DGCOH Informe final interno de la DGCOH. Ejecutar los programas de experimentación en el banco de pruebas de muebles y accesorios de bajo consumo de agua en el laboratorio de ingeniería experimental ubicado en Xotepingo, D.F., a fin de generar información encaminada a establecer parámetros de selección y normas para su fabricación. 1987. 150pp