

82



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

LA GENERACION DE AGUAS RESIDUALES DE SISTEMAS HOSPITALARIOS, EVALUACION DE LA PROBLEMATICA EN UN HOSPITAL DE TERCER NIVEL.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA

P R E S E N T A :

VELAZQUEZ GONZALEZ MARIA ANGELICA

ASESOR: DRA. MA. DEL CARMEN DURAN DE BAZUA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2002

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACIÓN

DISCONTINUA

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE	DRA. MA. DEL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ DE BAZÚA
VOCAL	M. en F.C. MA. EUGENIA R. POSADA GALARZA
SECRETARIO	I.A. NATIVIDAD VENEGAS HERRERA
PRIMER SUPLENTE	Q.F.B. LETICIA BADILLO SOLÍS
SEGUNDO SUPLENTE	M. en F.C. BEATRIZ DE JESÚS MAYA MONROY

LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA

El tema se desarrolló en el Programa de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental, Labs. 301 a 303, Conjunto E, Facultad de Química de la UNAM, en el Centro Tecnológico Aragón en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la ENEP Aragón de la UNAM y en un Hospital de tercer nivel en la Ciudad de México

ASESOR

DRA. en ING. MARÍA DEL CARMEN DURÁN
DOMÍNGUEZ DE BAZÚA

SUPERVISOR TÉCNICO

DR. JAIME VILLALBA CALOCA

SUSTENTANTE

Q.F.B. MARÍA ANGÉLICA VELÁZQUEZ GONZÁLEZ



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

AT'N: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

La generación de aguas residuales de sistemas hospitalarios,
evaluación de la problemática en un hospital de tercer nivel.

qué presenta la pasante: Velázquez González María Angélica
con número de cuenta: 8738620-0 para obtener el TITULO de:
Química Farmacéutica Bióloga

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 22 de mayo de 2001.

PRESIDENTE Dra. Ma. del Carmen Durán de Bazúa

VOCAL M.enF.C. Ma. Eugenia R. Posada Galarza

SECRETARIO I.A. Natividad Venegas Herrera

PRIMER SUPLENTE Q.F.B. Leticia Badillo Solís

SEGUNDO SUPLENTE M. en F.C. Beatriz de Jesús Maya Monroy

[Handwritten signatures of the board members]

Agradecimientos

A la Dra. Ma. del Carmen Durán, Coordinadora Global del Programa de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental le agradezco de manera especial su valiosa dirección, apoyo, comprensión, paciencia, interés y facilidades que en todo momento otorgó para la realización de este proyecto de investigación

Al Dr. Jaime Villalba Caloca por el apoyo e interés mostrado para la realización de este proyecto de investigación

Al Dr. José Pérez Nería por ser una persona a quien estimo mucho, quien siempre me ha motivado: "Muchas gracias, maestro"

Agradecimientos

Al Ing. José Guadalupe Hernández de la ENEP Aragón por la gran disponibilidad y ayuda que brindó en la parte del análisis de comportamiento de caudales llevado a cabo con el equipo Prosonic

Al Ing. Sergio M. por la gran disponibilidad y ayuda que brindó en el montaje del equipo Prosonic

Al todo el personal del hospital de tercer nivel por su apoyo institucional, las facilidades de acceso a la información, a las instalaciones y por su valiosa cooperación para la realización de este proyecto de investigación

Al Ing. Ponciano Bautista, por su valioso apoyo durante esta investigación

Al personal del Programa de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (PIQA y QA) por su amistad y valioso apoyo

Al Ing. Xicoténcatl López Andrade por su gran disponibilidad y ayuda con el equipo Prosonic

A la Q.F.B. Dagmar Hanssen por su apoyo en el análisis de los parámetros

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi "Alma mater"

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, mi mentora

A los miembros del jurado asignado para la revisión del documento de tesis y del examen de defensa, por sus valiosos comentarios y observaciones que enriquecieron el documento y mi formación académica

Dedicatorias

A mis Padres María González y Alfredo Velázquez

A mis hermanos Davinia, José Alfredo y Claudia

A mi Familia

Con respeto y admiración al Departamento de Salud Ambiental: A la Psic. Patricia C., Q.F.B. Dagmar H., Dra. Patricia S., Dra. Margarita R., L.T.S. Minerva C., Biol. Michelle H., Biol. Manuel M., Martha M. y Yolanda A.

Al Arq. Mario H., Arq. José L., Arq. Alberto T., Ing. Ulises G. e Isidoro C. y a los técnicos de Servicio Social. Gracias por su apoyo

Con respeto y admiración a los profesores de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán quienes me han guiado y transmitido sus conocimientos que han sido parte de mi formación profesional, su ejemplo es un modelo a seguir para las generaciones venideras

A mis amigos: Citlaly D., Patricia B., Paty G., Paty V., Carla B., Estela H., Nancy P., Claudia R., Claudia H., Cande G., Ponce B., Coque A., Tomás J., Saúl A., Erick, Fernando A. y Óscar A.

A todas las personas que de alguna manera contribuyeron a la culminación de esta meta

Sea

Sólo nosotros y sólo una vez

F.D.

CONTENIDO

	Página
Índice de tablas	VI
Índice de diagramas	IX
Índice de planos	IX
Índice de gráficos	IX
Índice de figuras	IX
Resumen / abstract	X
Capítulo 1 Introducción: Planteamiento del problema	
1.1 Problemática	1
1.2 El sector hospitalario en México	8
1.3 Uso del agua en el sector hospitalario	10
1.4 Importancia del tratamiento de aguas residuales en sistemas hospitalarios	12
1.5 Clasificación de los contaminantes hospitalarios	13
1.5.1 Contaminantes infecciosos	14
1.5.2 Contaminantes químico- tóxicos	14
1.5.3 Contaminantes generales	14
1.5.4 Contaminantes biológicos	15
1.5.5 Contaminantes radiactivos	15
1.6 Objetivos	17
Capítulo 2 Generalidades	
2.1 Caracterización del agua residual	18
2.2 Legislación	21
2.3 Caracterización de las descargas	25
2.3.1 Muestreo y manejo de muestras	26
2.3.2 Programa de muestreo	29
2.4 Tratamiento de aguas residuales	30
2.5 Clasificación de los métodos para el tratamiento de las aguas residuales	31
2.5.1 Procesos físicos	31

	Página
2.5.2 Procesos químicos	32
2.5.3 Procesos biológicos	32
2.6 Definiciones de los niveles de tratamiento	34
2.6.1 Tratamiento preliminar	34
2.6.2 Tratamiento primario	34
2.6.3 Tratamiento secundario	35
2.6.4 Tratamiento terciario o avanzado	35
2.6.5 Tratamiento y disposición del lodo generado en los tratamientos preliminar, primario, secundario y terciario o avanzado	36
Capítulo 3 Metodología de trabajo	
3.1 Descripción general de la unidad hospitalaria	38
3.2 Aspectos generales del agua potable	39
3.2.1 Lecturas del medidor principal	39
3.2.2 Identificación de usos del agua en el hospital en estudio	39
3.2.3 Inventario de las instalaciones de extracción / uso	40
3.2.4 Inventario de las instalaciones de extracción / uso con fuga	40
3.2.5 Medición y estimación del volumen de consumo del agua potable	40
3.2.5.1 Servicios generales	41
3.2.5.1.1 Medición y estimación del volumen de consumo de agua para calderas	41
3.2.5.1.2 Medición y estimación del volumen de consumo de agua para riego de áreas verdes	41
3.2.5.1.3 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el departamento de lavandería	42
3.2.5.1.4 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el aseo de las diferentes áreas del hospital	42
3.2.5.1.5 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el departamento de cocina	43
3.2.5.2 Personal	43
3.2.5.2.1 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en lavado de manos, regaderas, inodoros y mingitorios del personal en el hospital de tercer nivel en estudio	43
3.2.5.3 Hospitalización	44

	Página
3.2.5.3.1 Medición y estimación del volumen de consumo de agua empleada para lavado de "patos", cómodos y probetas	44
3.2.5.3.2. Medición y estimación del volumen de consumo de agua empleada en lavado de manos, en regaderas y en sanitarios para pacientes internados	45
3.2.5.3.3 Medición y estimación del volumen de consumo de agua empleada en el lavado de manos y en sanitarios para pacientes externos y visitantes	46
3.2.5.3.4 Medición y estimación del volumen de consumo de agua que se emplea en el lavado de manos entre los empleados médicos y paramédicos	46
3.2.5.3.5 Medición y estimación del volumen de consumo de agua para el área de lavado y esterilización del equipo de inhaloterapia	46
3.2.5.4 Laboratorios	47
3.2.5.4.1 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el lavado de material de las diferentes áreas	47
3.3 Aspectos generales del agua tratada	47
3.4 Aspectos generales del agua residual	47
3.4.1 Levantamiento de la red de drenajes de agua residual	48
3.4.2 Análisis del comportamiento de caudales	48
3.4.2.1 Línea continua de caudal contra tiempo	49
3.4.2.2 Curva de caudales acumulados	49
3.5 Muestreo y análisis de aguas residuales	49
3.5.1 Ubicación y descripción de la estación de muestreo (punto o puntos de muestreo)	50
3.5.2 Medición de flujos (método de sección-velocidad)	50
3.5.3 Muestreo	50
3.5.4 Análisis de muestras	51
Capítulo 4 Resultados y discusión	
4.1 Descripción general de la unidad hospitalaria	53
4.2 Aspectos generales del agua potable	54
4.2.1 Lecturas del medidor principal	55
4.2.2 Identificación de usos del agua en el hospital en estudio	56

	Página
4.2.3 Inventario de las instalaciones de extracción / uso	57
4.2.4 Inventario de las instalaciones de extracción / uso con fuga	57
4.2.5 Medición y estimación del volumen de consumo de agua potable	58
4.3 Aspectos generales del agua tratada	61
4.4 Aspectos generales del agua residual	61
4.4.1 Análisis del comportamiento de caudales	62
4.5 Análisis de aguas residuales	63
Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones	
5.1 Conclusiones	66
5.2 Recomendaciones	68
Anexos	
Anexo A-1 Planos de localización	
A.1 Plano de conjunto del hospital de tercer nivel en estudio	73
A.2 Plano de ubicación del sistema de abastecimiento de agua potable y red de agua tratada	74
A.3 Plano de la red actual de drenajes del hospital de tercer nivel es estudio	75
A.4 Ubicación de los sitios donde se colocó el equipo Prosonic	76
A.5 Ubicación de los sitios donde se realizó el muestreo	77
Anexo A-2 Metodología de acopio de información para la medición y estimación de volúmenes de consumo de agua potable	
A.2.1 Servicios generales	78
A.2.1.1 Medición y estimación del volumen de consumo de agua para calderas	78
A.2.1.2 Medición y estimación del volumen de consumo de agua para riego de áreas verdes	79
A.2.1.3 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el departamento de lavandería	82
A.2.1.4 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el aseo de las diferentes áreas del hospital	83
A.2.1.5 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el departamento de cocina	83
A.2.2 Personal	85
A.2.2.1 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el lavado de manos, regaderas, inodoros y mingitorios del personal en el hospital de tercer nivel en estudio	85

	Página
A.2.3 Hospitalización	93
A.2.3.1 Medición y estimación del volumen de consumo de agua empleada para lavado de "patos", cómodos y probetas	93
A.2.3.2 Medición y estimación del volumen de consumo de agua empleada en el lavado de manos, regaderas y sanitarios	96
A.2.3.3 Medición y estimación del volumen de consumo de agua empleada en el lavado de manos, sanitarios para pacientes externos y visitantes	97
A.2.3.4 Medición y estimación del volumen de consumo agua que se emplea en el lavado de manos entre los empleados médicos y paramédicos	97
A.2.3.5 Medición y estimación del consumo de agua para el área de lavado y esterilización del equipo de inhaloterapia	98
A.2.4 Laboratorios	100
A.2.4.1 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el lavado de material de las diferentes áreas	100
A.2.5 Inventario de los diferentes servicios (sanitarios, regaderas y otros)	101
Anexo A-3 Análisis del comportamiento de caudales	
A.3.1 Medidor ultrasónico	104
A.3.2 Línea continua de caudal contra tiempo y caudales acumulados (fórmula de Manning para conductos circulares parcialmente llenos)	105
A.3.3 Gráficos del comportamiento de las descargas de agua residual (línea continua de caudal contra tiempo y caudales acumulados) para las fosas 4, 5 y 6	105
A.3.4 Cálculo del gasto en el muestreo, por el método sección-velocidad	112
Bibliografía	115

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.1	Sistema Nacional de Salud. Infraestructura física por institución de salud (1997)	9
Tabla 1.2	Sistema Nacional de Salud. Infraestructura física por entidad federativa (1997)	10
Tabla 1.3	Características generales del sistema de organización de los servicios de salud	11
Tabla 2.1	Características físicas, químicas, biológicas y radiológicas en el agua residual	19
Tabla 2.2	Relación entre el tipo de contaminante y los procesos que pueden ser aplicados para su remoción	33
Tabla 4.1	Datos de composición de plantilla de personal e índices hospitalarios del hospital de tercer nivel en estudio	53
Tabla 4.2	Variaciones de consumo promedio mensual del volumen de demanda para el hospital de tercer nivel	55
Tabla 4.3	Resumen del inventario de los diferentes servicios (sanitarios, regaderas y otros)	57
Tabla 4.4	Número de fugas y tipo de instalación	58
Tabla 4.5	Volumen de consumo estimado del suministro de agua para el hospital de tercer nivel en estudio	59
Tabla 4.6	Recolección de agua residual en las diferentes fosas	62
Tabla 4.7	Resultados de los parámetros de campo para las fosas 4, 5 y 6	63
Tabla 4.8	Resultados del análisis de los parámetros para el hospital de tercer nivel	64
Tabla 4.9	Marco normativo para el muestreo de agua residual	65
Tabla 5.1	Acciones inmediatas	69
Tabla 5.2	Acciones a mediano plazo	70

	Página
Tabla 5.3 Acciones a largo plazo	72
Tabla A.1 Promedio general y promedio día para el volumen de consumo de agua para riego de áreas verdes	79
Tabla A.2 Medición y estimación del volumen de consumo de agua para riego de áreas verdes realizado con aspersor y rehilete	80
Tabla A.3 Medición y estimación del volumen de consumo para el riego realizado con manguera	82
Tabla A.4 Dimensiones de lavadoras y memoria de cálculo para determinar el volumen de agua que se emplea en los niveles bajo, medio y alto	82
Tabla A.5 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el Departamento de lavandería	83
Tabla A.6 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el aseo con cubeta de las diferentes áreas	84
Tabla A.7 Medición y estimación del volumen de agua en el aseo con manguera de las diferentes áreas	84
Tabla A.8 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el servicio de cocina general	86
Tabla A.9 Medición y estimación del volumen de consumo de agua empleado en la preparación de los alimentos	87
Tabla A.10 Volumen de consumo de agua empleada para la limpieza del área de cocina y comedor	87
Tabla A.11 Volumen de consumo de agua para el lavado de loza del personal	88
Tabla A.12 Volumen de consumo del lavado de loza para pacientes	89
Tabla A.13 Medición y estimación del volumen de consumo de agua para un lavado de manos normal	90
Tabla A.14 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el uso de inodoros, mingitorios y lavado de manos del personal en el hospital de tercer nivel	91

	Página
Tabla A.15 Medición y estimación del consumo de agua en regaderas en el hospital de tercer nivel en estudio	91
Tabla A.16 Medición y estimación del consumo de agua en regaderas en el hospital de tercer nivel en estudio	92
Tabla A.17 Estimación del volumen de consumo de agua en lavado de utensilios de cocinas y aseo bucal	93
Tabla A.18 Medición y estimación del volumen de agua potable para lavado de "patos", cómodos y probetas	94
Tabla A.19 Estimación del volumen de consumo de agua empleada en el lavado de "patos", cómodos y probetas	95
Tabla A.20 Medición y estimación del volumen de consumo de agua empleado para regaderas, sanitarios, lavabos y palanganas	96
Tabla A.21 Medición y estimación del volumen de consumo de agua empleado para sanitarios y lavabos por visitantes y/o pacientes externos	97
Tabla A.22 Medición y estimación de lavado en servicio y el mecánico en pre y post-cirugía	99
Tabla A.23 Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el proceso de lavado y esterilización del equipo de inhaloterapia	100
Tabla A.24 Medición y estimación del consumo de agua para lavado de material	101
Tabla A.25 Medición y estimación del consumo de agua en el lavado de material de las diferentes áreas	102
Tabla A.26 Inventario de los diferentes servicios (sanitarios, regaderas y otros)	103
Tabla A.27 Fórmulas empleadas para la determinación del flujo de agua	105
Tabla A.28 Gasto por el método sección velocidad y volumen de la muestra individual, para el muestreo en las fosas 4, 5 y 6	113
Tabla A.29 Determinación de grasas y aceites (promedio ponderado)	114

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

	Página
Diagrama 3.1 Metodología de trabajo para un hospital de tercer nivel	52
Diagrama 4.1 Distribución general de los usos del agua	56
Diagrama 4.2 Volumen de consumo estimado del suministro de agua para el hospital de tercer nivel en estudio	60
Diagrama A.1 Forma de montaje del medidor ultrasónico Prosonic FMU	104

ÍNDICE DE PLANOS

	Página
Plano A.1 Plano de Conjunto del Hospital de Tercer Nivel	73
Plano A.2 Plano de ubicación del sistema de abastecimiento de agua potable y red de agua tratada	74
Plano A.3 Plano de la red actual de drenajes del hospital de tercer nivel en estudio	75
Plano A.4 Ubicación de los sitios donde se colocó el equipo Prosonic	76
Plano A.5 Ubicación de los sitios donde se realizó el muestreo	77

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráficos A.3.1 Comportamiento de las descargas de agua residual en fosa 4	106
Gráficos A.3.2 Comportamiento de las descargas de agua residual en fosa 5	108
Gráficos A.3.3 Comportamiento de las descargas de agua residual en fosa 6	110

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 El ciclo hidrológico del agua	2

RESUMEN

Dado que una de las tareas sustantivas de las Instituciones de Investigación y Educación Superior es la de difundir el conocimiento, a través del Programa de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (PIQAYQA-FQ-UNAM), se concertó un programa específico de trabajo con un hospital de tercer nivel para identificar: Los usos principales del agua potable en sus actividades, la generación de sus aguas residuales, el análisis del comportamiento de caudales y la determinación de los principales parámetros físicos y químicos. El agua de suministro proviene de la red de distribución municipal, gastándose en personal 89.31 m³/día (sanitarios y aseo personal), comedor y cocina 63.02 m³/día (preparación, elaboración, lavado y limpieza para la elaboración de alimentos), servicios generales 233.07 m³/día (calderas, áreas verdes, lavandería, limpieza de áreas y fugas), laboratorio 26.79 m³/día (lavado de material), hospitalización 34.19 m³/día (sanitarios y otros). El PIQAYQA planteó una serie de propuestas inmediatas, a mediano plazo y a largo plazo para disminuir el consumo de agua de suministro, entre las que destacan las siguientes: Un programa de racionalización del recurso basado en la concientización del personal, en cambios de mobiliario y accesorios sanitarios y en el reúso de las agua residuales. Finalmente, otro de los beneficios de este proyecto hospital-institución de educación superior e investigación es la formación de recursos humanos altamente calificados y de la actualización del personal académico involucrado, tanto del hospital como de la institución. Esta investigación representa un ejemplo de dicho beneficio al formar a una profesionista y al interactuar con todo el personal del hospital y con el personal del PIQAYQA.

ABSTRACT

One of the substantive tasks of the institutions for research and higher education is the dissemination of knowledge. A specific research program was concerted between the Program for Environmental Chemical Engineering and Chemistry of the Faculty of Chemistry at the National Autonomous University of Mexico (PECEC-FC-NAUM), and a third level hospital to identify: The main uses of drinking quality water in their activities, the generation of waste waters, the analysis of the behavior of flows and the determination of its main physical and chemical parameters. The supply water comes of the municipal distribution network. Its use is as follows: Personnel, 89.31 m³ per day (sanitary facilities and personnel toilets); general kitchen and dining rooms, 63.02 m³ per day (preparation, elaboration of foodstuffs, washing and cleaning of kitchen items and china); general services, 233.07 m³ per day (boilers, green areas irrigation, laundry, cleaning of common areas and flights); laboratories, 26.79 m³ per day (glassware and other materials washing); hospitalization areas, 34.19 m³ per day (sanitary facilities and other uses). The PECEC outlined a series of immediate proposals, for short, medium, and long terms, in order to reduce the supply water consumption. Among them are the following: A program for rationalization of the hydraulic resource based on personnel concientization, in changes of bathroom fixtures and sanitary accessories for its water saving counterparts, and in the reuse of treated waste waters. Finally, an additional benefit of this cooperation project between this hospital and the institution of higher education and research is the formation of highly qualified human resources and the updating of the involved personnel in both institutions. This research work is just an example of these benefits, forming a professional person and providing a close relationship among the personnel of both institutions.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

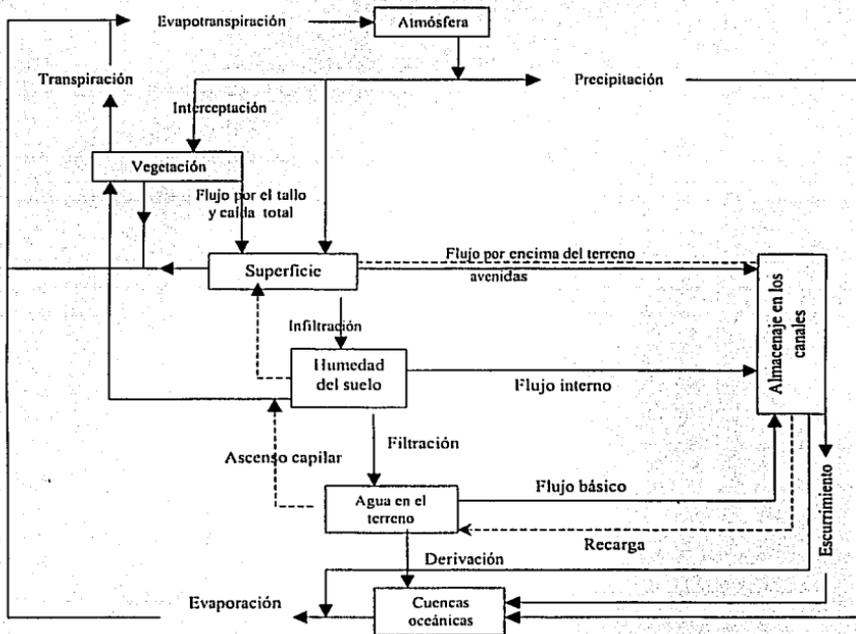
1.1 PROBLEMÁTICA

El agua es probablemente el recurso natural más importante del mundo, ya que sin ella no podría existir la vida. No tiene sustituto en muchas aplicaciones y tiene un papel vital en el desarrollo de las comunidades y de las industrias. La cantidad total de agua del planeta puede considerarse constante y no puede hacerse aumentar.^(2a)

El 97% del volumen total del agua en el mundo es agua de mar y del 3% restante de agua dulce, 22% es agua freática y 77% es hielo confinado en los glaciares y en los casquetes polares. Esto deja apenas el 0.66% del total como agua dulce en el ciclo hidrológico, incluyendo el agua subterránea y la de pantanos y otras fuentes inaccesibles técnicamente para su consumo. El proceso cíclico del agua es lo que se conoce habitualmente como ciclo hidrológico y que, esquemáticamente, está representado en la Figura 1.1. A lo largo del ciclo hidrológico y como consecuencia de las distintas fases del mismo, el agua experimenta sucesivas transformaciones físicas. Una parte del agua, que se transporta como humedad atmosférica, cae sobre la tierra en forma de lluvia, nieve, rocío o granizo. Al caer la lluvia sobre el suelo, una parte de la misma se evapora de manera muy rápida, pasando a formar parte de la humedad atmosférica.⁽²⁾ Otra parte penetra en el suelo por infiltración pudiendo ser absorbida y

transportada por la vegetación, evaporándose luego por las hojas. Este proceso de evaporación-transpiración devuelve una parte del agua a la humedad atmosférica. El resto sigue su infiltración en el terreno pudiendo dar lugar a la formación de un almacenamiento subterráneo al encontrar una capa de terreno no permeable. La tercera parte de la precipitación origina un escurrimiento sobre el terreno y va a parar a fuentes superficiales, como ríos o lagos y, finalmente al mar.^(2,22)

Figura 1.1. El ciclo hidrológico del agua⁽²⁾



Las actividades del hombre son importantes para modificar la composición de las aguas naturales en todas las etapas del ciclo hidrológico e influyen en la calidad del agua, generando desechos, tanto sólidos como líquidos. La fracción líquida de los mismos o *agua residual* es esencialmente el agua de la que se desprende la comunidad una vez que ha sido contaminada, durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada.⁽¹²⁾ Las aguas residuales son aquellas aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y, en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.⁽¹⁹⁾

Dada la gran relación que tiene el agua en la vida del hombre, cuando está contaminada se convierte en un peligro potencial para transmitir una gran variedad de enfermedades. Las principales fuentes de contaminación del agua se han agrupado, de acuerdo a su procedencia, en tres sectores: Social, agropecuario e industrial. A continuación se da una muy breve descripción de cada uno de ellos.^(15,25)

SOCIAL: Corresponde a la descarga de residuos de origen doméstico (agua residual doméstica, también llamada sanitaria) y público que constituyen el agua residual municipal o de limpieza. Las instalaciones de servicio, recreativas y de salud (hospitales) contribuyen considerablemente a esta contaminación.^(12,17)

AGROPECUARIAS: Representado por los efluentes de instalaciones dedicadas a la crianza y engorda de ganado mayor y menor, así como por el riego agrícola al que se

debe la mayor parte del consumo del agua dulce. Sus principales contaminantes son residuos fecales y agroquímicos, así como restos de suelos erosionados y sales.⁽¹⁶⁾

INDUSTRIAL: Derivado de las descargas originadas por las actividades correspondientes a la extracción, procesamiento y utilización de recursos naturales en la producción de bienes de consumo y satisfactores para la población. La producción industrial exige la extracción de recursos naturales, su uso en la fabricación de productos industriales y la disposición de sustancias innecesarias para el producto final (subproductos, reactivos no utilizados y otros). Estos procedimientos producen desechos que contaminan la atmósfera, la tierra y el agua.⁽¹⁵⁾ La industria consume menos agua que la agricultura pero el nivel de contaminación es bastante mayor, dado que en las descargas industriales se tienen una amplia gama de sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulables, mezclas de contaminantes que representan sustancias más difícilmente tratables y que es más costoso eliminarlas. Dependiendo del giro industrial es posible encontrar metales pesados, grasas, aceites, sales, ácidos y una gran variedad de residuos tóxicos.⁽¹⁷⁾

Una de las mayores preocupaciones debido a las graves consecuencias que ocasiona, es la posibilidad de contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua, superficiales y subterráneas, por la disposición inadecuada de las aguas residuales y los residuos peligrosos, sobre todo con aquellos que contienen sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulables (No sólo vertidos en el agua sino también sobre suelos en los cuales generan lixiviados que van hacia las aguas subterráneas).⁽¹⁸⁾

A pesar de que la mayoría de los compuestos orgánicos presentes en el agua residual pueden ser tratados, ya sea química o bioquímicamente, existen algunos compuestos que no lo son. Además, en muchos de los casos, la información sobre dichos compuestos es escasa o nula, especialmente aquella referente a los efectos que tienen a mediano y largo plazos sobre el ambiente.

Es de suma importancia conocer los contaminantes tanto en el agua residual como en la potable. La clasificación que se da a estos es: Contaminantes convencionales (materia orgánica biodegradable, sólidos suspendidos, organismos coliformes fecales, pH, grasas y aceites) y los no convencionales (contaminantes primarios, metales, asbestos, cianuros), entre otros. A continuación se desarrollan brevemente las generalidades de estos contaminantes. ^(12, 28, 29)

CONTAMINANTES NO CONVENCIONALES

Dentro de los contaminantes no convencionales se tienen los siguientes:

1. **CONTAMINANTES PRIMARIOS.** Pueden ser orgánicos e inorgánicos. Incluyen a los plaguicidas, disolventes, BPC (bifenilos policlorados) y dioxinas, entre otros. Muchos de estos debido a sus características, determinadas con base en su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguda, conocida o sospechada, son letales para la vida animal.

2. METALES. Incluyen al Pb, Ag, Hg, Cu, Cr, Zn y Cd. La mayoría de los metales pesados no son letales de inmediato, sino que pueden acumularse en los órganos vitales de los animales incluyendo a los humanos, causando problemas de salud. Su presencia en las aguas residuales generalmente obedece al hecho de que forman parte de ciertas actividades comerciales y/o industriales.
3. ASBESTOS Y CIANUROS. Son compuestos tóxicos frecuentemente encontrados en aguas residuales domésticas e industriales.

CONTAMINANTES CONVENCIONALES

1. MATERIA ORGÁNICA BIODEGRADABLE SOLUBLE. Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales y otros. La materia biodegradable es generalmente medida usando un parámetro conocido como DBO (demanda bioquímica de oxígeno), que permite evaluar la tendencia de los organismos presentes en los cuerpos de agua donde son vertidas las aguas residuales para, durante la asimilación de estas sustancias en los procesos metabólicos de esos organismos, consumir el oxígeno disuelto en esos cuerpos receptores. Si la materia orgánica biodegradable disuelta en las aguas residuales se descarga al entorno sin tratar puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas. Cuando existen sustancias que no son biodegradables o que afectan tóxicamente a los organismos que degradan esta materia orgánica biodegradable, el valor de la DBO ya no es confiable (puesto que

al morir los organismos por la presencia de estas sustancias tóxicas, ya no consumen el oxígeno) y resulta necesario evaluar el contenido total de materiales orgánicos, biodegradables y no biodegradables (tóxicos y reaclitrantes) que pueden ser oxidados por diferentes procesos. A este parámetro, por analogía con la DBO, se le conoce como demanda química de oxígeno, DQO (aún cuando no hay realmente oxígeno molecular sino sustancias fuertemente oxidantes, como el dicromato de potasio o el permanganato de potasio, combinados con ácido sulfúrico concentrado). Al comparar ambos valores se obtiene una relación denominada de biodegradabilidad (DBO/DQO). Esta relación de biodegradabilidad resulta muy útil para indicar, si es cercana al valor unitario, que prácticamente toda la materia orgánica disuelta es biodegradable pudiendo usarse sistemas biológicos para depurar las aguas residuales que las contienen. Por el contrario, si es cercana a cero, indica que estas sustancias prácticamente no son biodegradables y que si se quieren eliminarlas del agua residual deben usarse métodos químicos ya que los organismos no son capaces de metabolizarlas y pueden, incluso, morir ($0 < \text{DBO/DQO} < 1$).

2. **SÓLIDOS SUSPENDIDOS.** Este parámetro es una medida de la concentración de partículas sólidas que están suspendidas en el agua residual. Cuando son más densas que el agua, puede dar lugar al desarrollo de depósitos de fangos o lodos y de condiciones anaerobias cuando se vierten sin tratar al entorno acuático y cuando su densidad es menor que la del agua, flotan y pueden obstruir el paso de la luz para las actividades fotosintéticas de las algas y otras especies vegetales. Si su

densidad es similar a la del agua, permanecen en forma coloidal y resultan muy difíciles de eliminar del agua, requiriéndose algún método físico o químico para promover, ya sea su flotación o su precipitación.

3. COLIFORMES FECALES. Estas bacterias son utilizadas como un indicador de riesgo a la salud y su presencia indica la posible existencia de otros microorganismos dañinos que pueden desarrollarse en el sistema digestivo humano (que pueden causar la muerte por diversas enfermedades).
4. Valor de pH. Es una medida de la acidez o la alcalinidad de las aguas residuales.
5. GRASAS Y ACEITES. Estos contaminantes interfieren con los procesos de tratamiento, perjudican el uso del lodo como acondicionador de suelos y degradan la calidad de los cuerpos receptores cuando están presentes en cantidades excesivas.^(12, 17)

1.2 EL SECTOR HOSPITALARIO EN MÉXICO

El sector hospitalario en México está integrado por las instituciones prestadoras de atención médica como son: Secretaría de Salud (SS), Instituto Mexicano de Seguro Social (IMSS), Instituto de Seguridad Social al Servicio de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Petróleos Mexicanos (PEMEX), Secretaría de la Defensa Nacional (SDN) y

Secretaría de Marina (SM), además de algunas otras dependencias como la Cruz Roja, Sistema para el desarrollo integral de la Familia (DIF), Servicios Estatales de Salud, el Instituto Nacional Indigenista (INI) y diversas unidades médicas privadas. En la Tabla 1.1 se muestra el total de la infraestructura física por Institución de Salud y en la Tabla 1.2 la infraestructura física por entidad federativa.⁽²³⁾

Los servicios de salud que se prestan están organizados en tres niveles de atención, en orden creciente de complejidad y dependiendo del tipo de padecimiento que se atienda. En la Tabla 1.3 pueden verse las características generales del sistema de organización de los servicios de salud.⁽²⁷⁾

Tabla 1.1. Sistema Nacional de Salud. Infraestructura física por institución de salud (1997) ⁽²³⁾

Institución	Total de unidades
Población abierta	
SSA 1	9,255
IMSS-Sol	3,607
Universitarios	7
Cruz Roja	313
INI	101
Población derechohabiente	
IMSS	1,755
ISSSTE	1,212
PEMEX	206
SDN	330
SM	160
Estatal 2	163
Unidades médicas privadas	
Privadas	2,172
Total	19,281

1.3 USO DEL AGUA EN EL SECTOR HOSPITALARIO

La función principal de un hospital es proveer cuidados a la salud para la gente de una comunidad. La mayoría de los hospitales abren las 24 horas del día, los 365 días del año.

Tabla 1.2. Sistema Nacional de Salud, Infraestructura física por entidad federativa (1997)⁽²³⁾

Entidad federativa	Total de unidades	Total de unidades médicas privadas
Aguascalientes	109	13
Baja California	198	64
Baja California Sur	163	5
Campeche	227	8
Coahuila	374	30
Colima	145	15
Chiapas	993	64
Chihuahua	532	44
Distrito Federal	789	228
Durango	432	23
Guanajuato	556	164
Guerrero	869	80
Hidalgo	698	66
Jalisco	925	103
México	1,173	414
Michoacán	781	47
Morelos	267	77
Nayarit	315	14
Nuevo León	542	47
Oaxaca	1,073	48
Puebla	906	106
Querétaro	281	20
Quintana Roo	191	24
San Luis Potosí	470	36
Sinaloa	459	58
Sonora	376	43
Tabasco	576	44
Tamaulipas	433	76
Tlaxcala	200	37
Veracruz	1,352	115
Yucatán	329	38
Zacatecas	375	21
Total	17,109	2,172

Un hospital debe ser capaz de satisfacer las necesidades de agua, laboratorios, cafetería, lavandería, baño, unidades de calefacción, aire acondicionado y otros sistemas de ayuda para sus pacientes y personal. Asimismo, requiere de un sistema de abastecimiento seguro.⁽¹⁶⁾

El uso del agua en el sector hospitalario empieza en las unidades por el sistema de captación y almacenamiento. De ahí se distribuye a muebles sanitarios (lavabos, fregaderos, excusados, regaderas, mingitorios para uso del personal, así como de los pacientes), aseo, muebles especiales, lavandería, cocina y comedor, riego de áreas verdes, lavado de instrumental médico, lavado de materiales y equipo de diagnóstico, lavadora de guantes, lavado de mesas de autopsia, lavado de tanques de revelado, aseo de autos, enfriamiento, protección contra incendios y calderas, entre otros servicios.^(21,24,25,26)

Tabla 1.3. Características generales del sistema de organización de los servicios de salud⁽²⁷⁾

Nivel de atención	Características	Tipo
Primer nivel de atención	Los servicios están enfocados básicamente a preservar la salud así como la detección temprana, tratamiento oportuno y rehabilitación, en su caso, de padecimientos que se presentan con mayor frecuencia	Unidad auxiliar de salud. Centro de salud rural para población dispersa. Centro de salud rural para población concentrada. Centro de salud urbano. Centro de salud con hospitalización
Segundo nivel de atención	Servicio de consulta externa especializada y de hospitalización a pacientes enviados por el primer nivel, así como urgencias que requieran especialistas	Hospital General
Tercer nivel de atención	Consulta externa y hospitalización altamente especializada, realiza actividades de docencia e investigación	Hospital de especialidades, Institutos nacionales de salud

Esta agua, después de ser utilizada, es descargada en el sistema municipal. La fuente principal incluye aguas residuales sanitarias y descargas de los cuartos de cirugía, laboratorios, lavanderías, departamento de Rayos X, cafeterías y lavado de loza.

1.4 IMPORTANCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SISTEMAS HOSPITALARIOS

La contaminación del agua o la falta de saneamiento y las enfermedades propagadas por el agua causan un promedio de 25,000 muertes diarias en el llamado tercer mundo o países en vías de desarrollo. Como ejemplos se tienen a las enfermedades como el anquilostoma (lombriz intestinal), la teniasis (solitaria) y los virus, que causan enfermedades como el tifus y el cólera.⁽²⁴⁾

Lo anterior tendría poca importancia, si sólo fuese un problema de índole técnico. Sin embargo, esta problemática tiene incidencia directa en los indicadores de salud pública y bienestar de la sociedad en su conjunto ya que, a pesar de haberse logrado disminuir la tasa de enfermedades infecto-contagiosas a nivel global en el mundo, también se ha observado un aumento de las enfermedades de transmisión hídrica y esto no sólo ocurre en países desarrollados aunque, claro, no en los términos alarmantes como en los que están en vías de desarrollo.⁽¹²⁾

En los hospitales, las aguas residuales contienen principalmente fluidos biológicos en general, como orina, heces fecales, sangre entera, plasma, suero, así como papel, jabón, residuos de medicamentos, reactivos químicos, entre otros, con contenidos variables de materia orgánica, inorgánica y bacteriológica.⁽²⁵⁾

Las aguas residuales hospitalarias con estos contaminantes pueden tener unos u otros o todos, dependiendo del nivel de atención, de las instalaciones componentes de la unidad médica de internación (lavabos, fregaderos, vertederos, excusados regaderas, mingitorios), de las áreas de administración, servicios generales y el área médica externa, diagnóstico y tratamiento (unidades de rayos X, análisis clínicos, etc).

1.5 CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES HOSPITALARIOS

La clasificación e identificación de las fuentes de los contaminantes vertidos en el sistema de drenaje reviste especial importancia cuando se requiere instalar un sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas en cualquier proceso. En el caso de las aguas residuales provenientes de las instalaciones hospitalarias, sus contaminantes se clasifican como residuos biológico-infecciosos y quedan dentro de la llamada categoría CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico).^(18,25) A continuación se da una breve descripción de ellos.

1.5.1 CONTAMINANTES INFECCIOSOS

Son aquellos contaminantes provenientes de fluidos corporales como sangre, orina, heces fecales, lavado de residuos anatómicos y cadáveres, lavado de material de curación empleado en pacientes aislados, etc. Éstos son vertidos directamente al drenaje y pueden ser capaces de producir enfermedades severas en individuos susceptibles o que estén en contacto con esas aguas residuales. Debe mencionarse que la limpieza de materiales usados para el análisis de estos contaminantes son también una fuente de contaminación, así como los sistemas de limpieza y desinfección inherentes a las actividades hospitalarias.

1.5.2 CONTAMINANTES QUÍMICO-TÓXICOS

Éstas son sustancias empleadas y/o producidas en los laboratorios de diagnóstico, de investigación y enseñanza. Entre ellos destacan los agentes desinfectantes como el cloro, los reveladores y fijadores para rayos X, los ácidos orgánicos e inorgánicos y otros, que son vertidos al sistema de drenaje ya sea cuando se realiza la limpieza de frascos o cuando hay un sobrante o reactivo caduco.

1.5.3 CONTAMINANTES GENERALES

Son aquellos contaminantes procedentes de diversas actividades realizadas en una unidad hospitalaria que, generalmente, no tienen propiedades infectocontagiosas, ni tóxicas (residuos de cocinas, materiales de empaque de papel higiénico, etc).

1.5.4 CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

Entre estos destacan vacunas y medicamentos caducos y/o parcialmente usados, aunque no en todos los hospitales se vierten estos productos al drenaje; sin embargo, existen casos en los que por carecer de un sitio adecuado de disposición final se desechan al drenaje.

1.5.5 CONTAMINANTES RADIATIVOS

Los tipos de radioisótopos usados varían, dependiendo de si el hospital está afiliado a la investigación o especializado en ciertos tratamientos. Los residuos pueden ser sólidos, líquidos o productos radiactivos gaseosos de una variedad de procesos médicos. Estos residuos incluyen papel, líquidos, ropa protectora, jeringas y otros materiales. Los radioisótopos pueden entrar directamente en las aguas residuales como resultado de la excreción de pacientes después de un tratamiento no regulado, vertidos después de una disolución o una vez que haya decaído su nivel permisible.

La escasez del suministro del agua y su contaminación han producido una situación en la que por lo menos una quinta parte de los habitantes urbanos del tercer mundo y la cuarta parte de su población rural carecen de fuentes de agua razonable y limpia y en las ciudades. Por otro lado, en ciudades como la de México, con movimientos telúricos frecuentes, hasta la mitad del suministro de agua puede llegar a perderse en roturas de cañerías y grifos.

Una de las acciones que deberían ser tomadas para contribuir a la solución de los graves problemas relacionados con esa escasez de recursos acuíferos en México, en las zonas más habitadas es el reúso del agua mediante un adecuado tratamiento del agua residual, ya sea industrial o doméstica.

El agua residual tratada puede ser usada en el riego de áreas verdes, en lavado de autos, en la construcción, en el control de incendios, en fuentes de ornato, en descargas de sanitarios, en la recarga de acuíferos, entre otros. En un sentido más amplio hay que visualizar al agua residual como un recurso no como un desecho.⁽²¹⁾

Es por ello que deben evitarse riesgos a la población, realizando estudios sobre el uso más racional del agua, sobre cómo reducir las fugas y moderar el consumo, sobre cómo conocer las áreas generadoras de aguas residuales y evaluar las formas de reducir esa generación, sobre cómo evaluar las características de cada descarga y, finalmente, sobre cómo plantear estrategias para su tratamiento. Analizando la gran variedad de usos del agua en las instalaciones hospitalarias y considerando esta problemática, para el hospital en estudio se plantearon los objetivos específicos de esta investigación; que se presentan a continuación.

1.6 OBJETIVOS

Los objetivos de esta investigación son:

- Identificar los principales usos del agua potable en las actividades de un hospital de tercer nivel
- Identificar las principales fuentes contaminantes en la generación y descarga de aguas residuales presentes en las actividades de un hospital de tercer nivel
- Determinar los principales parámetros físicos y químicos del agua residual de un hospital de tercer nivel según la normatividad oficial
- Proponer un programa de racionalización del uso del recurso hídrico

Con base en estos objetivos, en el siguiente capítulo se esbozan las generalidades que sirven de marco para esta investigación.

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES

La contaminación del agua, además de producir situaciones inadecuadas para que el hombre pueda usar este recurso en la satisfacción de sus necesidades domésticas, agrícolas e industriales, origina la perturbación del medio en el que se desarrolla la comunidad acuática. La razón fundamental es que los cuerpos receptores no tienen el tiempo necesario para que ocurran los procesos de degradación natural y amortiguamiento de contaminantes. Esta alteración puede ocasionar que ciertas especies proliferen y otras desaparezcan. La contaminación de las corrientes tiene efecto sobre la vida acuática y origina alteraciones en la salud del hombre como consecuencia de la ingestión de aguas y alimentos contaminados. De esta forma, se inicia un ciclo que comienza con la extracción o abastecimiento de aguas contaminadas que requieren de tratamientos avanzados para ser potables, descargas sin tratamiento a las fuentes de abastecimiento y otra vez a la extracción de agua con mayores deficiencias de calidad y cantidad.

2.1 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Es de suma importancia conocer la calidad del agua residual, ya que es lo que permite plantear posibles sistemas para su reúso, reciclado o tratamiento. Para esto se realiza una caracterización con base en su composición física, química, biológica y radiológica, las cuales se resumen en la Tabla 2.1. Los detalles relativos a la realización de los diversos análisis pueden encontrarse en las publicaciones de los métodos estándar.⁽¹⁾

Tabla 2.1. Características físicas, químicas, biológicas y radiológicas en el agua residual

Características físicas	
Sólidos totales	Término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta presente en una muestra de agua. Sólidos totales: materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación. Sólidos sedimentables: aquellos que sedimentan en el recipiente de forma cónica (cono de Imhoff). Sólidos totales o residuo de la evaporación, puede clasificarse en filtrables y no filtrables (sólidos en suspensión). La fracción filtrable de los sólidos corresponden a sólidos coloidales y disueltos
Color	El agua residual de tipo sanitario o doméstico reciente suele tener un color grisáceo. Al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color pardo o incluso negro
Turbiedad	Se emplea para indicar la calidad de las aguas en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La medición se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia. Se da generalmente en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT)
Temperatura	El agua no debe variar su temperatura más de un par de grados para mantener el tipo de vida que ha proliferado en ella en esas condiciones. Las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos
Olor	Estas características pueden deberse a la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos o gases disueltos en el agua. Pueden ser debidos también a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica.

Tabla 2.1. Características físicas, químicas, biológicas y radiológicas en el agua residual (Continuación)

Características químicas	
Materia orgánica	
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).	Está relacionada con el oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.
Demanda química de oxígeno (DQO).	Se emplea para medir el contenido de materia orgánica disuelta en una muestra. La DQO de una agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. Si el valor de la DBO es menor al de DQO, esto puede deberse a que durante el proceso de "digestión" usado para medir la DQO por el método químico se evaporan sustancias químicas y no son detectadas posteriormente.
Carbono orgánico total (COT)	Es un método especialmente indicado para medir concentraciones de materia orgánica disuelta en agua relativamente bajas.
Materia inorgánica	
Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales, por lo que conviene examinar la naturaleza de cada uno de ellos. Entre los principales están la concentración de ión hidrógeno (pH), cloruros, alcalinidad, nitrógeno, fósforo, azufre, Cu, Pb, Ag; Cr, Ni, Mn, Pb, Hg, Cd, Zn, Cu, Fe, As y B (metales pesados y metaloides) y gases (N ₂ , O ₂ , CO ₂ , H ₂ S, NH ₃ , CH ₄).	
Características biológicas	
Los principales microorganismos presentes en el agua residual se clasifican en procariontes, eucariontes y virus. Los organismos coliformes, especialmente los fecales, pueden usarse como indicadores de calidad del agua, ya que se encuentran en las heces humanas y su presencia indica contaminación fecal.	
Características radiológicas	
Ocurre durante el contacto del agua con sustancias radioactivas. Los radioisótopos usados varían, dependiendo de la actividad. Pueden emplearse I ¹²³ , C ¹⁴ , Co ⁵³ y otros. ⁽¹⁶⁾	

2.2 LEGISLACIÓN

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el artículo 27, establece la propiedad nacional de las aguas y su control por el gobierno federal. La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente publicada en el Diario Oficial de Federación el 28 de enero de 1998, reglamenta las disposiciones constitucionales relativas a la preservación y restauración del equilibrio ecológico. Las disposiciones que contiene tienen la característica de ser de orden público y social y rigen en el territorio nacional y en las zonas sobre las que la nación ejerce soberanía y jurisdicción, particularmente aquellas que se refieren al agua y a la prevención y el control de la contaminación del agua. El artículo 119 hace referencia a que la Secretaría respectiva expedirá las normas oficiales mexicanas, NOM, que se requerirán para prevenir y controlar la contaminación de las aguas nacionales, publicado en el Diario Oficial de Federación de diciembre de 1992. Conforme a lo dispuesto en esta ley se tienen en materia de agua las siguientes normas:⁽⁴⁾

NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales (DOF-06-01-1996)

NOM-002-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado (DOF-03-06-1998)

NOM-003-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

Por otra parte, en el contexto normativo, se publicó la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN) (DOF-07-1992), que establece el fundamento para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas (NOM), cuyo objetivo es la regulación de productos y servicios cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas, afectar la salud humana, animal, vegetal o el ambiente en general; asimismo, se establece que corresponde a las dependencias de la administración pública federal expedir las NOM según su ámbito de competencia.⁽⁴⁾

Paralelamente, la Comisión Nacional del Agua (CNA), órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap) y actual Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), expide la Ley General de Aguas Nacionales (LAN), que es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales. Es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr un desarrollo integral sustentable.

Con base en este ordenamiento, la Comisión Nacional del Agua ha emitido cinco normas mediante las cuales se busca garantizar la hermeticidad de los sistemas de

alcantarillado, disminuir las pérdidas de agua potable en las tomas domiciliarias, conservar la calidad del agua potable de los mantos acuíferos y el uso racional en el consumo de agua de viviendas y servicios públicos mediante la instalación y uso de dispositivos domésticos de alta eficiencia. Las normas oficiales en materia de agua son las siguientes:

NOM-001-CNA-1995. Sistema de alcantarillado sanitario. Especificaciones de hermeticidad (DOF 11-10-1996)

NOM-002-CNA-1995. Toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable - especificaciones y métodos de prueba (DOF 14-10-1996)

NOM-003-CNA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos (DOF 03-02-1996)

NOM-004-CNA-1996. Requisitos para la protección de acuíferos (DOF 08-08-1996)

NOM-005-CNA-1996. Fluxómetros-especificaciones y métodos de prueba (DOF 25-07-1997)

NOM-006-CNA-1997. Fosas sépticas, prefabricadas - Especificaciones y métodos de prueba (DOF 01-02-1996)

NOM-007-CNA-1997. Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua (DOF 01-02-1999)⁽⁴⁾

De esta manera, la Ley de Aguas Nacionales, LAN, incluye diversos apartados que hacen alusión a las NOM y, menos específicamente, a las normas de calidad de los productos y equipos que se utilicen en la infraestructura hidráulica, que vienen a ser las Normas Mexicanas (NMX), que son de carácter voluntario, relacionadas con el sector hidráulico. Asimismo, se consideró incluir las (NMX-CC) relativas a sistemas de calidad.

La Ley Federal de Aguas jerarquiza los usos del agua en nueve rubros, donde se toca de manera específica el problema de la calidad de las aguas, la utilidad pública de las obras destinadas a preservar y mejorar las condiciones ecológicas, la prevención y el control de la contaminación de las aguas, las obras y actividades que dañen los recursos hidráulicos o el equilibrio ecológico, la regulación de la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas, entre otras. La Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (DOF, julio 1991) establece las disposiciones generales para el pago de derechos por el uso o aprovechamiento de los bienes del dominio público de la nación, establece las cuotas por los servicios de trámite, expedición de asignaciones, concesiones, autorizaciones o permisos para usar o aprovechar aguas nacionales o para la descarga de aguas residuales.⁽⁴⁾

2.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS DESCARGAS

La caracterización de las descargas es crucial para una buena elección, diseño, arranque y operación de un proceso de tratamiento, puesto que indica los aspectos cualitativo y cuantitativo de los contaminantes presentes en el agua, ya sea para su potabilización o para su disposición o reúso.

El número y tipo de compuestos por determinar está en función del origen del agua y, en el caso de aguas residuales, de la descarga y de su sitio de disposición final, que es tomado como base para fijar las condiciones particulares de descarga. Los valores específicos de utilización del agua potable son de gran importancia para el momento de diseñar, construir, operar y, sobre todo, en la planeación de plantas para tratamiento de agua potable y de aguas residuales.

Otro rubro importante es el de conocer el comportamiento del caudal. En caso de tener acceso a la medición de caudales de un sistema de drenaje existente, se recomienda efectuar mediciones continuas, graficando caudal contra tiempo en horas al día, para obtener información confiable. Deben medirse los caudales utilizando aparatos que permitan mediciones en pequeños intervalos de tiempo. Paralelamente, se requiere la caracterización física, química y microbiológica de las muestras. Sin un muestreo regular y representativo, los análisis de laboratorio son de poca ayuda para controlar el proceso y encontrar los requerimientos de las plantas. ⁽²¹⁾

Una vez caracterizadas el agua potable y/o residual resulta necesario definir, para el segundo caso, su reúso o disposición final para determinar los constituyentes que deben ser removidos y la calidad de agua tratada a la que se debe llegar.

2.3.1 MUESTREO Y MANEJO DE MUESTRAS^(1, 18, 20, 22)

El objetivo es la obtención de muestras representativas. El mantenimiento de sus condiciones de origen son partes críticas de cualquier programa de muestreo. Una vez tomada la muestra, los constituyentes de la misma deben estar en las mismas condiciones o lo más similares posible que cuando fue colectada.⁽²¹⁾ Los objetivos del programa afectan directamente el muestreo y el análisis de laboratorio. Específicamente, los objetivos son la primera etapa en el programa de muestreo. Un área amplia o proyecto se evalúa para establecer bases representativas de las condiciones de la calidad del agua potable y/o aguas residuales, sus características para proyectos futuros, objetivos de regulación, etc. La mayoría de las muestras tomadas y su subsecuente análisis son realizadas buscando cumplir los requisitos o requerimientos de la legislación mexicana en la materia.

Los puntos de muestreo seleccionados deben ser sitios representativos donde los parámetros puedan ser medidos adecuadamente y que reflejen las condiciones reales. Los factores que influyen en la selección de puntos de muestreo son, entre otros, la homogeneidad del agua residual, su turbulencia y su buen mezclado. La no-homogeneidad y un pobre mezclado son factores relevantes en la selección de los

puntos de muestreo. Una vez seleccionado un sitio representativo deben tenerse condiciones de seguridad para la medición de flujos, así como conveniencia en el acceso. Para conocer el comportamiento de las descargas durante un cierto intervalo de tiempo, presentando la información con un gráfico caudal contra tiempo en horas al día, debe considerarse en la toma de las mediciones del caudal, la selección del método, que dependerá de las instalaciones disponibles, de las condiciones en que se construyó la alcantarilla o pozo de visita y de su funcionamiento actual. Existen muchos métodos pero uno de los más usados para medir el flujo volumétrico es el método de sección-velocidad.

La muestra tomada puede ser simple o compuesta. Una muestra simple consiste en colectar todo el volumen a examinar en un mismo tiempo y lugar, por lo que representa las características de las aguas residuales de manera puntual.

Una muestra compuesta se logra con la colección de aguas residuales en forma continua durante un intervalo de tiempo dado o bien, con la composición de varias muestras simples tomadas en un cierto intervalo de tiempo. Para definir el tiempo necesario para su recolección y hacerla más representativa es necesario conocer el comportamiento cambiante de las fuentes de las aguas a muestrear. Una vez cumplido el tiempo, se homogeneiza el volumen recibido y se procede a llenar los envases de preservación y transporte de las muestras. Además, para los dos tipos de muestras, simple y compuesta, se requieren en el marco de los sistemas de control y aseguramiento de la calidad, el llamado "blanco de viaje" (recipiente lleno en el

laboratorio con agua libre de organismos conservado junto con muestras reales y analizado al regreso), el "blanco de campo" o "matriz de agua limpia", recolectado en un recipiente normal, enjuagado, igual que las muestras, así como el "blanco de lavado" (lavado final del equipo de recolección de muestreo). En las operaciones de campo deben aplicarse buenas prácticas, una recolección de muestra representativa, así como la preservación y manejo adecuado de las muestras y un seguimiento escrito de la cadena de custodia.

Generalmente, las muestras representativas se colectan donde existe buen mezclado y si se colectan en canales, deben ser entre 0.4 y 0.6 del fondo, donde la velocidad del flujo es promedio o un poco más alta que el promedio y los cambios en el contenido de sólidos sedimentables es mínimo. Esta profundidad evita cargas de la sección del fondo y materiales flotantes como grasas y aceites. Si estos existen, debe tomarse una muestra adicional para caracterizarlos y evaluar su contenido en forma proporcional al caudal. En un muestreo manual, se debe poner la boca del contenedor abajo de la superficie del agua y frente al flujo para evitar un exceso de materia flotante que falsee esta información. Se debe colectar el suficiente volumen de muestra para realizar análisis por duplicado, preferiblemente por triplicado, así como las pruebas de aseguramiento de la calidad.

Cuando el análisis inmediato de la muestra colectada no sea posible, se deben tomar precauciones, de tal forma que las características de la muestra no sean alteradas o que sufran la mínima alteración posible, siguiendo las recomendaciones para

preservación y almacenamiento, entre las que destacan la minimización del número de personas que manipulen la muestra y el seguimiento estricto de las recomendaciones de la cadena de custodia y almacenamiento de muestras. También debe asegurarse que el material del que están hechos los recipientes no interfiera con el análisis de los parámetros específicos.

2.3.2 PROGRAMA DE MUESTREO

El programa de muestreo deberá especificar los análisis a realizar en el campo y los correspondientes métodos analíticos. Deben tenerse también los procedimientos estándar y métodos para manejo y análisis de muestras así como su identificación. Los parámetros que generalmente se analizan en campo son los siguientes: Temperatura, valor de pH, conductividad eléctrica, cloro y oxígeno disueltos (NOM-002-ECOL-1996), así como sólidos sedimentables y contenido volumétrico de materiales flotantes (principalmente grasas y aceites).

Los parámetros que se determinan en el laboratorio son, nuevamente, temperatura, valor de pH, sólidos sedimentables, grasas y aceites, conductividad eléctrica, cloro y oxígeno disueltos y se adicionan presencia y cantidad de metales, especialmente de aquéllos considerados en la normatividad aplicable, sustancias activas al azul de metileno, sustancias disueltas medidas como demanda bioquímica y química de oxígeno, DBO y DQO, así como sólidos en todas sus formas (por ejemplo, sólidos totales, disueltos y suspendidos, disueltos totales, volátiles totales, sedimentables) y

organismos coliformes fecales / totales y todos aquellos que la NOM-002-ECOL-1996 recomienda.

2.4 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las variables consideradas para la selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales en países en vías de desarrollo son:

- a) Características del agua residual (aspectos cualitativos y cuantitativos de los contaminantes presentes en el agua),
- b) Reúso o disposición final del agua tratada (reúso mediante un adecuado tratamiento del agua residual y cumplimiento de la normatividad en caso de su disposición),
- c) Tratamiento o disposición de residuos o subproductos del sistema de tratamiento (tipo y cantidad de subproductos o residuos que el proceso genera, dado que impacta directamente a los costos de operación y, en algunos casos, representa un gran inconveniente por su potencial contaminante),
- d) Las condiciones ambientales (por ejemplo, para cada proceso existen intervalos de temperatura para una operación eficiente),

- e) Área disponible (considerar espacio de terreno y facilidades existentes), requerimiento de personal (seleccionar aquellos procesos que requieran el mínimo de mano de obra para su operación y mantenimiento, especialmente para instalaciones hospitalarias) y,
- f) Costos de inversión y operación en los que se deberá favorecer la aplicación de aquel proceso que, cumpliendo con una calidad de agua exigida, posea en equilibrio el más bajo costo de inversión y el más bajo costo de operación y mantenimiento.⁽²¹⁾

2.5 CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES ^(21, 29)

Los contaminantes del agua pueden ser removidos por operaciones físicas, químicas o biológicas. Generalmente, las plantas de tratamiento hacen una combinación de las tres operaciones anteriores para minimizar costos y mejorar la depuración. En la Tabla 2.2 se muestra la relación entre el tipo de contaminante y los procesos para su remoción.

2.5.1 PROCESO FÍSICOS

Estos son métodos de tratamiento que involucran la interacción de fuerzas físicas, tales como la gravedad o las diferencias de cargas y concentración. Ejemplos típicos de éstos son el cribado, la floculación, la sedimentación, la flotación, la filtración y la transferencia de gases.

2.5.2 PROCESOS QUÍMICOS

En estos métodos de tratamiento, para llevar a cabo la remoción de los contaminantes disueltos o coloidales, se adicionan reactivos químicos para efectuar reacciones químicas de precipitación y/o de gasificación donde no intervienen microorganismos.

2.5.3 PROCESOS BIOLÓGICOS

Estos métodos son utilizados para la remoción de materia biodegradable (soluble o coloidal) del agua residual. Básicamente, los contaminantes presentes en el agua residual son transformados por los microorganismos en material celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos. Los procesos biológicos son divididos en dos grupos: Los aerobios y los anaerobios. El proceso anaerobio tiene una baja tasa de síntesis bacteriana (baja producción de lodos de desecho), ya que el 90% de la materia biodegradable presente se utiliza en la producción de metano y otros gases mientras que el 10% restante lo utilizan los microorganismos anaerobios para la síntesis celular. Por el contrario, en el tratamiento aerobio, el 65% es utilizada para la síntesis celular, por lo que hay más generación de biomasa (lodo no estabilizado), cuyo tratamiento y disposición incrementa la dificultad técnica y el costo total de tratamiento. La ventaja del sistema aerobio sobre el anaerobio es su rapidez de conversión de los materiales contaminantes, ya que las constantes cinéticas de reacción son mucho mayores en los sistemas aerobios que en los anaerobios.

El nivel de tratamiento para un agua residual dependerá del uso o disposición final que se le quiera dar al agua tratada.

Tabla 2.2. Relación entre el tipo de contaminante y los procesos que pueden ser aplicados para su remoción^(21, 29)

Contaminantes	Proceso de tratamiento
Sólidos suspendidos y sedimentables	Cribado y desmenuzado, remoción de arena, sedimentación, filtración, flotación, coagulación-floculación-sedimentación
Orgánicos biodegradables	Procesos aerobios: Lodos activados, filtros sumergidos, filtros percoladores, discos biológicos rotatorios, lagunas aireadas, etc Procesos anaerobios: Fosa séptica, tanque Imhoff, laguna anaerobia, digestor completamente mezclado, digestor convencional, filtro anaerobio, reactor de lecho de lodos con flujo ascendente (UASB, por sus siglas en inglés), reactor de lecho fluidificado, etc Sistemas "naturales" hechos "ex profeso" (humedales artificiales)
Nitrógeno	Variantes de procesos que combinan la nitrificación con la desnitrificación, sistemas "naturales" construidos "ex profeso", desorción de amoníaco, intercambio iónico, cloración en el punto de quiebre, ósmosis inversa, etc
Fósforo	Adición de sales metálicas, coagulación-floculación-sedimentación con cal, remoción biológica de fósforo, sistemas "naturales" construidos "ex profeso", etc
Nitrógeno y fósforo (simultáneamente)	Plantas paquete con biomasa suspendida para la remoción de materia orgánica y nutrimentos que usan la nitrificación y desnitrificación biológica, sistemas "naturales" construidos "ex profeso", etc
Patógenos	Gas cloro, dióxido de cloro, hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio, ozono, luz ultravioleta, etc
Tratamiento de lodos	Digestión, biotratamiento o "composteo", secado, incineración estabilización con cal, etc

2.6 DEFINICIONES DE LOS NIVELES DE TRATAMIENTO

2.6.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR

Se refiere a la eliminación de aquellos componentes que pueden provocar problemas operativos y de mantenimiento en el proceso de tratamiento o en los sistemas auxiliares. Ejemplo de ello es la eliminación de componentes de gran volumen como troncos, piedras, plásticos, entre otros o problemáticos como arenas, grasas y aceites.

El tratamiento se efectúa por medio de cribas, desarenadores y/o desgrasadores. En ocasiones, se emplean trituradores para el control de desechos de gran tamaño. Como estos residuos pueden estar contaminados con materia fecal, que es un residuo peligroso, son considerados también residuos peligrosos.

2.6.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

En este nivel de tratamiento, una porción de sólidos y materia orgánica suspendida con densidad mayor que la del agua es removida del agua residual utilizando la fuerza de gravedad como principio.

Esta remoción generalmente se lleva a cabo por sedimentación y es considerada como la "antesala" para el tratamiento secundario o para el terciario, si la cantidad de material biológicamente biodegradable no lo amerita. Estos sólidos también pueden ser residuos

peligrosos si tuvieron contacto con materia fecal o fluidos corporales de personas enfermas.

2.6.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

En esta etapa de tratamiento se elimina la materia orgánica biodegradable (principalmente soluble y coloidal) por medios preferentemente biológicos debido a su bajo costo y alta eficiencia de remoción. Esto solamente puede darse si no hay compuestos xenobióticos tóxicos o si su contenido no representa toxicidad para los organismos depuradores.

2.6.4 TRATAMIENTO TERCARIO O AVANZADO

Este tipo de tratamiento se refiere a los procesos hechos después del tratamiento secundario con el fin de eliminar compuestos inorgánicos, tales como los nutrimentos N y P, así como la materia orgánica no biodegradable. Ejemplos de los procesos empleados en un tratamiento terciario o avanzado son la coagulación química, la floculación y la sedimentación, tratamientos generalmente usados antes de la filtración, ultrafiltración, nanofiltración, del intercambio iónico, de la ósmosis inversa y de la absorción y adsorción mediante carbón activado.

2.6.5 TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DEL LODO GENERADO EN LOS TRATAMIENTOS PRELIMINAR, PRIMARIO, SECUNDARIO Y TERCIARIO O AVANZADO

Debe mencionarse que la generación de lodos, ya sean provenientes de los sistemas preliminar primario o secundario, así como del terciario o avanzado representa un reto tecnológico. En algunos casos, el tratamiento y disposición del lodo generado por una planta de tratamiento llega a requerir un porcentaje elevado de los costos de inversión y operación de la planta. Por ejemplo: Existen dos tipos de lodos biológicos, unos generados por el tratamiento aerobio y otros generados por el tratamiento anaerobio. Las diferencias esenciales entre los lodos aerobio y anaerobio es que los segundos se generan en volúmenes menores y, generalmente, no requiere tratamiento posterior, ya que la mayor parte de los organismos potencialmente patógenos son aerobios y son eliminados en el sistema anaerobio; además, pueden ser utilizados como mejoradores de suelos, si ya están completamente estabilizados. Los lodos aerobios, además de contener organismos potencialmente patógenos, al perder la oxigenación empiezan a biodegradarse anaerobiamente emitiendo gases anaerobios que son malolientes (metano, ácido sulfhídrico y amoníaco). Por ello, en algunos procesos para el tratamiento y estabilización de los lodos aerobios se emplea justamente el tratamiento anaerobio. Hay otros en los que se da un tratamiento aerobio más intenso, pero esto solamente logra eliminar, en forma de CO_2 , a una fracción entre 35 y 40% del lodo inicial y, además, requiere de un consumo energético para la aireación muy elevado.

Después, es necesario su tratamiento y estabilización para eliminar los organismos patógenos y se usan diferentes métodos (entre ellos, el de formación de "composta", palabra del latín *composita* que significa hacer una mezcla, en el que son mezclados con residuos celulósicos o el acondicionamiento químico, la incineración, la pasteurización o su disposición en lugares especialmente acondicionados para ello).⁽²¹⁾

Una vez establecido el marco de generalidades sobre el uso del agua y el posible tratamiento de las aguas residuales para su reúso o disposición controlada, en el siguiente capítulo se presenta la metodología usada en esta investigación para alcanzar los objetivos planteados en el Capítulo 1.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE TRABAJO

El programa de trabajo en campo varía de un hospital a otro; por lo que el primer paso para desarrollar tal programa es evaluar el estado actual del uso del agua. Esto se realiza conociendo las características más importantes de la instalación generadora. En este trabajo, para llevar a cabo esta evaluación, se realizaron lo siguientes puntos:

- 1) Descripción general de la unidad hospitalaria
- 2) Aspectos generales del agua potable
- 3) Aspectos generales del agua tratada
- 4) Aspectos generales del agua residual
- 5) Muestreo y análisis de agua residual

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD HOSPITALARIA

Para realizar la descripción general de la unidad hospitalaria se deben considerar los siguientes aspectos: Nivel de atención al que pertenece dentro del sistema de organización de los servicios de salud, actividades generales desarrolladas en la institución, composición de personal e índices hospitalarios (camas censables, camas no censables, cirugías, consultas, preconsultas y otros), área total, área construida, número de edificaciones y proporción de áreas verdes.

3.2 ASPECTOS GENERALES DEL AGUA POTABLE

Para el desarrollo de los aspectos generales del sistema de abastecimiento de agua del hospital, que son la captación, medición, almacenamiento, bombeo, distribución y, tratamiento^(11,14), se consultaron planos, inspecciones directas del sitio y pláticas con el personal responsable.

Se midieron con un flexómetro las dimensiones de las cisternas y del tanque elevado. Se elaboraron croquis y diagramas de ubicación en caso de que no se contara con un plano.

3.2.1 LECTURAS DEL MEDIDOR PRINCIPAL

Se realizaron lecturas en el medidor de agua potable cada 24 horas, durante el periodo comprendido de junio de 1997 a junio de 1999. Con los resultados obtenidos se obtuvo el promedio diario, sumando todos los consumos por día de un mes y dividiendo entre el número de días del mes. El medidor con que cuenta el hospital en estudio es de la marca Badger Meter, de 6" (15 cm) de diámetro, el cual posee nueve dígitos para marcar el consumo y el último dígito es fijo (mide el consumo de 10 m³).

3.2.2 IDENTIFICACIÓN DE USOS DEL AGUA EN EL HOSPITAL EN ESTUDIO

Para la identificación de los usos del agua se realizaron recorridos por el hospital y, posteriormente, se hizo una división por áreas. En cada área se aplicaron cuestionarios en donde se preguntaba al personal en qué usaban el agua.

3.2.3 INVENTARIO DE LAS INSTALACIONES DE EXTRACCIÓN / USO

Otra de las etapas del estudio consistió en realizar un inventario por área de las instalaciones de extracción o de uso. Las instalaciones de extracción o de uso son los inodoros, mingitorios, lavabos, tarjas, regaderas, regaderas de seguridad, lavacómodos y otros.⁽³⁾

3.2.4 INVENTARIO DE LAS INSTALACIONES DE EXTRACCIÓN / USO CON FUGAS

Del inventario de las instalaciones de extracción o de uso se realizó una lista de las instalaciones que presentaban fugas (se consideró fuga cuando el goteo era constante y se descartó fuga cuando la llave estaba mal cerrada).

3.2.5 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DEL AGUA POTABLE

Las siguientes actividades fueron realizadas para cuantificar el volumen de agua que se consume en operaciones intermitentes para obtener un gasto aproximado total.

Se realizaron mediciones directas del volumen de consumo en las áreas de interés (el equipo de medición empleado fue: Probeta(1000mL), tinas, cubetas y cronómetro para medir el tiempo con precisión (h, min, s). La forma en que se realizó la medición directa fue: Se tomó el tiempo transcurrido para llenar la cubeta y/o la tina; posteriormente, se midió el volumen y con ello se calculó el gasto, como el resultado de dividir el volumen de agua de la probeta, cubeta y/o la tina entre el tiempo transcurrido.

De la identificación de los usos del agua se consideraron las siguientes áreas de interés: Servicios Generales, Personal, Hospitalización, Laboratorios y Cocina.

Las actividades realizadas para obtener la medición y estimación del volumen de consumo de agua en las áreas de interés se desarrolla a continuación.

3.2.5.1 SERVICIOS GENERALES

3.2.5.1.1 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA PARA CALDERAS

Para esta actividad se contó con la información proporcionada por la compañía que da mantenimiento a las calderas y con la del operario del equipo (fogonero) del Departamento de Mantenimiento.

3.2.5.1.2 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA PARA RIEGO DE ÁREAS VERDES

Se calculó la superficie ocupada por los espacios verdes y para conocer el volumen de agua utilizada para su riego, se entrevistó a la persona que realiza el proceso.

El riego se realiza seccionando el hospital en tres bloques. En el primer bloque se considera la parte de acceso, donde el riego es lunes y jueves; el segundo bloque es la parte media, donde el riego es realizado martes y viernes y el tercero, en la parte posterior, es realizado miércoles y sábado.

Para conocer el volumen de consumo se hicieron mediciones de lunes a viernes donde se ubicó el área, el tipo de riego (con aspersor, rehilete y/o manguera) y tiempo que se emplea para regar cada área. Se colocó el aspersor o rehilete en una tina, por 20 segundos aproximadamente, después se midió el volumen, para obtener los litros por segundo. De ahí se multiplica por el tiempo en que se realiza el riego. Para el riego que se realiza con manguera se realizó medición directa (descrito anteriormente), para obtener el volumen de consumo y, posteriormente, se multiplicó por el tiempo en que realiza el riego.

3.2.5.1.3 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DE LAVANDERÍA

Al personal operario de las lavadoras se les aplicó un cuestionario donde se preguntaba el número de lavados, la cantidad de enjuagues y el uso de las lavadoras. Dado que no se contaba con el dato de volumen de consumo, ni de los manuales de los equipos, éste se calculó midiendo las lavadoras en su diámetro, nivel alto, medio y bajo. Posteriormente, se calcularon los litros consumidos por lavadora y se multiplicó por el número de veces que se lava y el número de enjuagues, para obtener el volumen de consumo aproximado de un día de trabajo.

3.2.5.1.4 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EN EL ASEO DE LAS DIFERENTES ÁREAS DEL HOSPITAL

Se midió la cantidad de agua que empleaba el personal para realizar el proceso de limpieza. En el caso del lavado con manguera, se realizó medición directa multiplicando por el tiempo que tardaba en hacerse este proceso.

3.2.5.1.5 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DE COCINA

Se realizaron mediciones directas en la cocina general (cocina previa, área negra, área caliente, área pacientes, área de dietas y comedor general), mediante cuestionarios al personal, que incluían tiempos y métodos de realización del proceso de lavado de áreas, de preparación y elaboración de alimentos, en el lavado de utensilios y la cantidad de agua que empleaba el personal para realizar el proceso de limpieza en general.

3.2.5.2 PERSONAL

3.2.5.2.1 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EN LAVADO DE MANOS, REGADERAS, INODOROS Y MINGITORIOS DEL PERSONAL EN EL HOSPITAL DE TERCER NIVEL EN ESTUDIO

Las consideraciones para la medición y estimación del consumo de agua en lavado de manos, regaderas, inodoros y mingitorios del hospital de tercer nivel en estudio fueron: Hombres (1 Descarga inodoro, 3 Descarga lavabo, 2 Descarga mingitorio) y Mujeres (3 Descarga inodoro, 3 Descarga lavabo). El volumen de descarga para inodoros y mingitorios de fluxómetro de palanca se considera de 6 litros al igual que el de tanque bajo.

El número de empleados hombres y mujeres y de prestadores de servicio social hombres y mujeres se obtuvo con los datos proporcionados por el Departamento de Remuneraciones y Enseñanza.

Para la determinación del volumen de agua empleada en el lavado de manos, se hicieron mediciones en diferentes áreas del hospital, donde se pedía al personal que se lavaran las manos, colectando en un recipiente el agua empleada y, posteriormente, midiendo el volumen.

Con respecto a la obtención del volumen de consumo de agua en regaderas se midieron los litros por segundo con las llaves abiertas completamente para después multiplicarlo por el tiempo de baño. Se realizaron estas mediciones en diferentes regaderas del hospital. De acuerdo a la información obtenida en los cuestionarios se consideró que un 50% del total del personal se bañaba, en cada uno de los turnos (matutino, vespertino y nocturno). Esto se consideró para el gasto por día.

3.2.5.3 HOSPITALIZACIÓN

3.2.5.3.1 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EMPLEADA PARA LAVADO DE "PATOS", CÓMODOS Y PROBETAS

El personal del Departamento de Intendencia realizó un proceso de lavado de cómodos, "patos" y probetas, para medir el volumen de agua empleado y obtener el promedio del volumen utilizado en este proceso. Éste va a depender del número de pacientes que hacen uso de ellos, del tipo de evacuación (heces u orina) y del estado de salud en que se encuentre el paciente, ya que la frecuencia de uso va a depender de un paciente a otro.

Con los datos proporcionados por el Departamento de Archivo Clínico y Bioestadística del hospital en estudio se obtuvo un promedio del número de pacientes y su estado de salud. Se hizo la consideración de que un paciente estable realiza dos evacuaciones de heces y tres de orina por día y que se lava una probeta por área.

Dado que las partes que componen los lavacómodos son de difícil adquisición no se desmontó ninguno de estos, sino que se tomó la referencia de seis litros por lavado.⁽⁶⁾ Para el lavacómodos automático, la compañía distribuidora proporciona el dato de 28.4 litros por ciclo de lavado (lavado de solamente un cómodo por ciclo).

3.2.5.3.2 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EMPLEADA EN EL LAVADO DE MANOS, EN REGADERAS Y EN SANITARIOS PARA PACIENTES INTERNADOS

Las consideraciones para la medición y estimación del consumo de agua en lavado de manos, regaderas, inodoros y mingitorios del hospital de tercer nivel en estudio fueron para pacientes que puede hacer uso de las instalaciones sanitarias (5 Descarga inodoro, 5 Descarga lavabo). El volumen de descarga para inodoro y mingitorio de fluxómetro de palanca se considera de 6 litros, igual que el de tanque bajo (donde no exista mingitorio, se considera inodoro). Para la determinación del volumen de agua empleada en el lavado de manos y regaderas se consideraron los datos ya calculados anteriormente. Para los pacientes graves su aseo se realiza con una palangana de 5 L.

3.2.5.3.3 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EMPLEADA EN EL LAVADO DE MANOS Y EN SANITARIOS PARA PACIENTES EXTERNOS Y VISITANTES

Además de los pacientes, se realizó un recuento del número de personas en las diferentes salas de espera del hospital en estudio. Este recuento se llevó a cabo varias veces para corroborar la consistencia de los datos recabados.

Se solicitó el apoyo del Departamento de Vigilancia para que se contaran el número de mujeres y hombres durante una semana en las salas de espera. Los datos anteriores se analizaron para estimar el consumo de agua en inodoros, mingitorios y lavado de manos para los pacientes externos y familiares en las salas de espera.

3.2.5.3.4 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA QUE SE EMPLEA EN EL LAVADO DE MANOS ENTRE LOS EMPLEADOS MÉDICOS Y PARAMÉDICOS

Se realizaron mediciones directas del lavado de manos y, posteriormente, se multiplicó por el número de veces y el número de empleados médicos y paramédicos para obtener el volumen diario por este rubro.

3.2.5.3.5 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA PARA EL ÁREA DE LAVADO Y ESTERILIZACIÓN DEL EQUIPO DE INHALOTERAPIA

Se hicieron mediciones directas y se multiplicó por el tiempo de lavado para obtener un total y multiplicarlo por los 110 equipos que se lavan aproximadamente al día. Para el contenido de los tanques se midieron estos y se calculó el volumen de agua.

3.2.5.4 LABORATORIOS

3.2.5.4.1 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EN EL LAVADO DE MATERIAL DE LAS DIFERENTES ÁREAS

Mediante un cuestionario se preguntó cómo se realizaba este proceso; posteriormente, se midió la cantidad de agua que empleaban. El proceso de lavado de material se realiza dependiendo del material empleado en las diferentes áreas. Asimismo, el volumen de consumo varía dependiendo del área y por ello la información de los cuestionarios permitió hacer estimaciones confiables.

3.3 ASPECTOS GENERALES DEL AGUA TRATADA

Para la descripción general del sistema de abastecimiento de agua tratada externa (captación, medición, almacenamiento, bombeo y distribución).^(10,11) Se consultaron planos, se realizaron inspecciones directas del sitio y se complementó la información con pláticas con el personal encargado. Se elaboraron croquis y diagramas de ubicación en los casos en los que no se tenían planos.

3.4 ASPECTOS GENERALES DEL AGUA RESIDUAL

Dado a que no se contaba con los planos de la red de descarga de agua residual, se procedió a un levantamiento de la red. Las actividades desarrolladas se describen a continuación.

3.4.1 LEVANTAMIENTO DE LA RED DE DRENAJES DE AGUA RESIDUAL

Se identificaron, mediante el levantamiento de tapas, los registros de drenajes y pozos de visita para conocer la distribución y ubicación de las descargas principales que posee el hospital.

Esto permitió la localización de los pozos donde descargan las aguas residuales de cada una de las áreas del hospital.

3.4.2 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE CAUDALES

Para conocer el comportamiento de la generación de aguas residuales se realizaron mediciones de flujo empleando un medidor ultrasónico marca PROSONIC. Para evaluar las variaciones en los niveles de agua residual a lo largo de un período comprendido de uno a tres días por cada fosa y para la obtención del perfil de comportamiento real de las descargas de agua residual se mantuvo el equipo "en sitio" varios días.

Esta medición continua permite detectar las horas de mayor descarga de agua residual en cada pozo de visita (en el Anexo A-3 se describen las características del equipo Prosonic).

En el Plano A.4 se ubican las fosas donde se colocó el medidor ultrasónico para medir las variaciones en los niveles de agua a lo largo del tiempo de medición.

Para conocer el comportamiento de la generación de aguas residuales se emplean líneas continuas de caudal contra tiempo y curva de caudales acumulados que se desarrollan a continuación.

3.4.2.1 LÍNEA CONTINUA DE CAUDAL CONTRA TIEMPO

De los datos obtenidos por el medidor ultrasónico (nivel instantáneo de la superficie del líquido) se obtuvieron los gráficos de la línea continua de caudal contra tiempo. Para determinar el caudal se usó la fórmula de Manning para conductos circulares parcialmente llenos.^(5,13) (En el Anexo A-3 se muestra la memoria de cálculo para la determinación del caudal).

3.4.2.2 CURVA DE CAUDALES ACUMULADOS

Para la obtención de la curva de caudales se multiplicaron los valores de caudal por el intervalo de tiempo entre mediciones y se obtiene el volumen de agua que circuló por el punto de medición durante el tiempo considerado. Sumando cada valor de volumen al anterior se forma el gráfico de volúmenes acumulados contra tiempo.⁽¹⁷⁾

3.5 MUESTREO Y ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES

La caracterización del agua residual del hospital se llevó a cabo mediante el análisis de muestras compuestas conformadas de muestras simples, colectadas en los puntos más representativos de descarga y a diferentes horas del día, siguiendo la metodología de las normas oficiales NOM-AA-3-1980 y la NOM-ECOL-002-1996 (CNA, 2000)⁽⁴⁾.

3.5.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO (PUNTO O PUNTOS DE MUESTREO)

El hospital en estudio cuenta con seis descargas, de las cuales sólo se realizó el muestreo en tres de ellas, dado que dos dan a la vía pública y no se tiene fácil acceso y éstas junto con la tercera son consideradas hasta el momento como municipales (ver plano A.5 en el Anexo A-1).

Los sitios para las tomas de muestras, se marcaron como fosa 4, fosa 5 y fosa 6 (ver plano A.5). Estos lugares son de fácil acceso, y se encuentran alejados de las instalaciones y edificios.

3.5.2 MEDICIÓN DE FLUJOS (MÉTODO DE SECCIÓN-VELOCIDAD)

Se midió el tirante (en metros) y el tiempo (en segundos) que tarda un fragmento de plástico flotante tipo "unicel" en recorrer una longitud conocida, así como el diámetro de la tubería. Dividiendo el tirante entre el diámetro se puede sacar el área de tablas. Multiplicando el diámetro elevado al cuadrado por el área de tablas se puede obtener el área del tirante de agua. La velocidad se calcula dividiendo la distancia entre el tiempo y el gasto volumétrico se obtiene multiplicando el área del tirante de agua por la velocidad (m^3/s).

3.5.3 MUESTREO

Las muestras simples fueron colectadas manualmente (dejando caer la cubeta invertida y tirando de la cuerda justo antes del impacto con la superficie del agua). El intervalo de

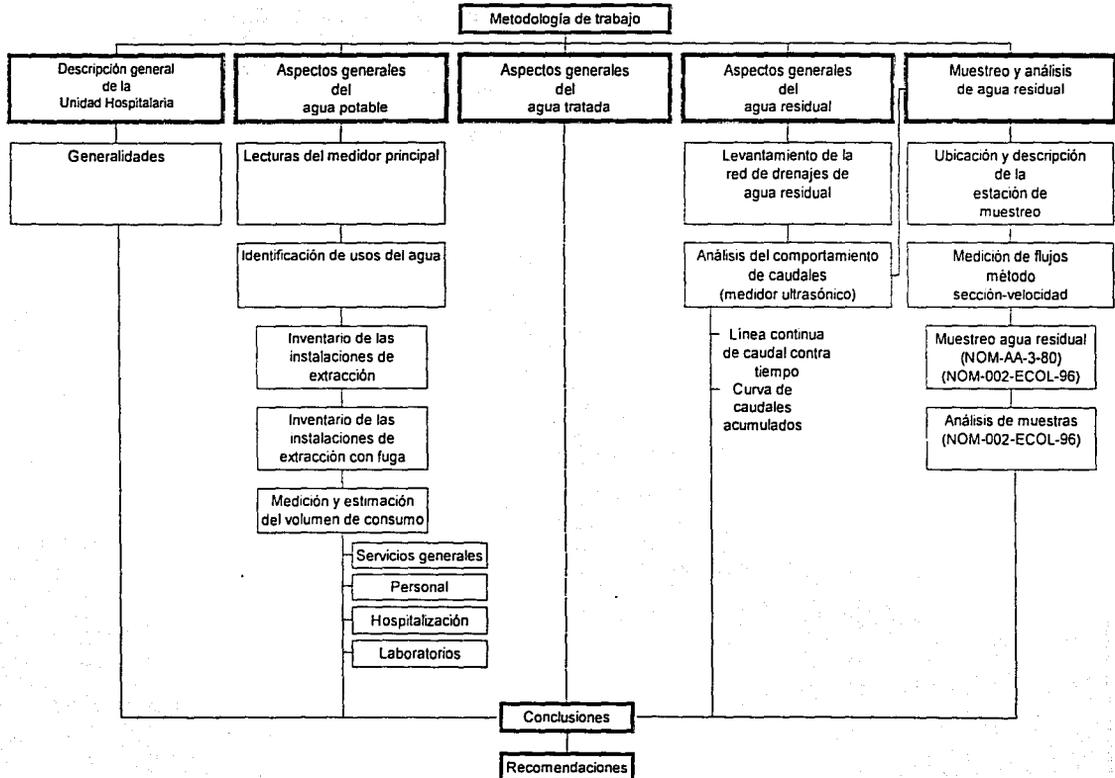
tiempo fue: Fosa 4 (6:30, 9:30, 12:30, 15:30, 18:30 y 21:30), fosa 5 (7:00, 10:00, 13:00, 16:00, 19:00 y 22:00) y fosa 6 (7:30, 10:30, 13:30, 16:30, 19:30 y 22:30).

A cada una de las muestras simples se les midieron los parámetros de campo con base en la NOM-002-ECOL-1996 (conductividad eléctrica, temperatura, pH, color y materia flotante usando una malla de 3 mm), para después realizar la mezcla compuesta. Los cálculos se presentan en el Anexo A-3.

3.5.4 ANÁLISIS DE MUESTRAS

Los parámetros a medir en el hospital en estudio, basándose en la NOM-002-ECOL-96 fueron: Temperatura (°C), potencial de hidrógeno (pH), sólidos sedimentables (ml/L), grasas y aceites (promedio ponderado) (mg/L), conductividad eléctrica ($\mu\text{Si}/\text{cm}$), arsénico (mg/L), cadmio(mg/L), cianuros (mg/L), cobre (mg/L), cromo hexavalente (mg/L), mercurio (mg/L), níquel (mg/L), plomo (mg/L), aluminio (mg/L), cromo total (mg/L), zinc (mg/L), demanda química de oxígeno disuelta, DQO (mg/L), demanda bioquímica de oxígeno disuelta, DBO en cinco días (mg/L), sólidos totales (mg/L), sólidos suspendidos totales (mg/L), sólidos disueltos totales (mg/L), materia flotante (mg/L), fenoles (mg/L) y sustancias activas al azul de metileno, SAAM (mg/L). El procedimiento usado para cada uno de los análisis de los parámetros anteriores se basó en las normatividades oficiales y los métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales (CNA, 2000)⁽⁴⁾. A continuación, en el Diagrama 3.1 se muestra la metodología de trabajo para realizar la investigación propuesta en el hospital en estudio.

Diagrama 3.1. Metodología de trabajo para un hospital de tercer nivel



CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD HOSPITALARIA

El hospital en estudio es de tercer nivel, de acuerdo a las características generales del sistema de organización de los servicios de salud de México y tiene las atribuciones de desarrollar, promover la investigación básica y aplicada para la prevención, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación, impartir enseñanza de posgrado, proporcionar consulta externa y hospitalaria a pacientes que ameriten tratamiento especializado, asesorar a unidades médicas y hospitalarias en enfermedades específicas y promocionar reuniones nacionales e internacionales. En la Tabla 4.1 se muestran los datos de composición de plantilla e índices hospitalarios para el hospital de tercer nivel en estudio. Estos datos fueron proporcionados por la División de Administración y Desarrollo de Personal así como por la Subdirección Médica.

Tabla 4.1. Datos de composición de plantilla de personal e índices hospitalarios del hospital de tercer nivel en estudio

Índices hospitalarios:		Composición de la plantilla de personal	
		Médicos	184
Camas censables	218	Enfermeras	458
Camas no censables	50	Técnicos	282
Cirugías	2958	Administradores	298
Preconsultas y consultas	66316	Servicios generales	327
Egresos	4517	Otros profesionales	39
Ingresos	4553	Investigadores	66
		Total	1654

El hospital en estudio fue construido hace 50 años de, está ubicado en un terreno de 79,959.56 m², teniendo 10,115.73 m² de superficie de contacto (construcciones, andadores, etc) y 59,105.80 m² de áreas verdes y circulación. Cuenta con 24 edificaciones y actualmente se lleva a cabo la construcción de un laboratorio (Ver el plano de conjunto A.1 del Anexo A-1).

4.2 ASPECTOS GENERALES DEL AGUA POTABLE

El hospital en estudio conserva la mayor parte de sus instalaciones originales, así como la infraestructura en el sistema de agua potable y residual como fueron construidos originalmente. De las modificaciones realizadas a lo largo de estos años, no se cuenta con un plano actualizado.

El sistema de suministro de agua potable se hace a través de la red de distribución municipal. Consta de una válvula de compuerta que gobierna todo el suministro de agua en el interior del inmueble y de un medidor o contador instalado por las autoridades delegacionales. No se cuenta con planos de la red actual.

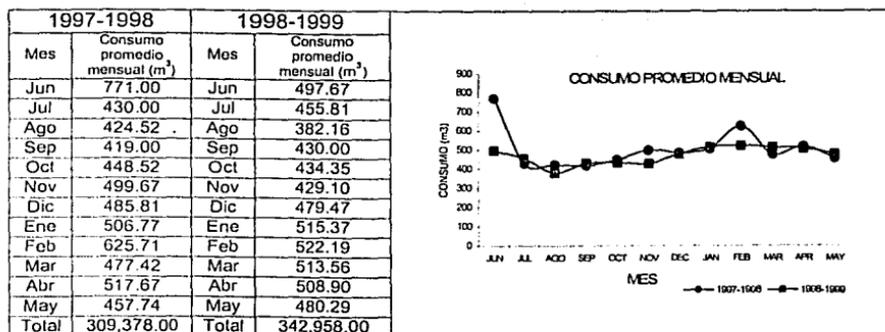
De ahí pasa a un sistema de almacenamiento formado por una cisterna general con una capacidad de 144 m³, llenándose al 86% de su capacidad, controlándose por medio de válvulas accionadas por flotadores y tres cisternas auxiliares interconectadas con la cisterna general, con una capacidad de 63.60, 117.02 y 48.75 m³, respectivamente. En el plano A.2 del Anexo A-1 se observa la ubicación de la toma de agua potable, cisterna general, cisternas auxiliares y tanque elevado.

La cisterna general cuenta con un sistema de cloración automático (que se usa solamente en casos de emergencia, cuando las autoridades gubernamentales notifican que no viene clorada de origen o que la concentración es menor a la normada). No se tienen reportes previos de la calidad del agua de suministro. De las cisternas, el agua pasa por un sistema de bombeo (hidroneumático) para llevarlo al tanque elevado que cuenta con una capacidad aproximada de 60.21m³ y, a partir de éste, realizar la distribución por gravedad para los diferentes usos en el hospital. No se cuenta con toma de bomberos, ni sistema de protección con hidrantes.

4.2.1 LECTURAS DEL MEDIDOR PRINCIPAL

Los resultados obtenidos de las lecturas en el medidor de agua potable para el cálculo de las variaciones de consumo promedio mensual del volumen de demanda para el hospital de tercer nivel se muestra en la Tabla 4.2.

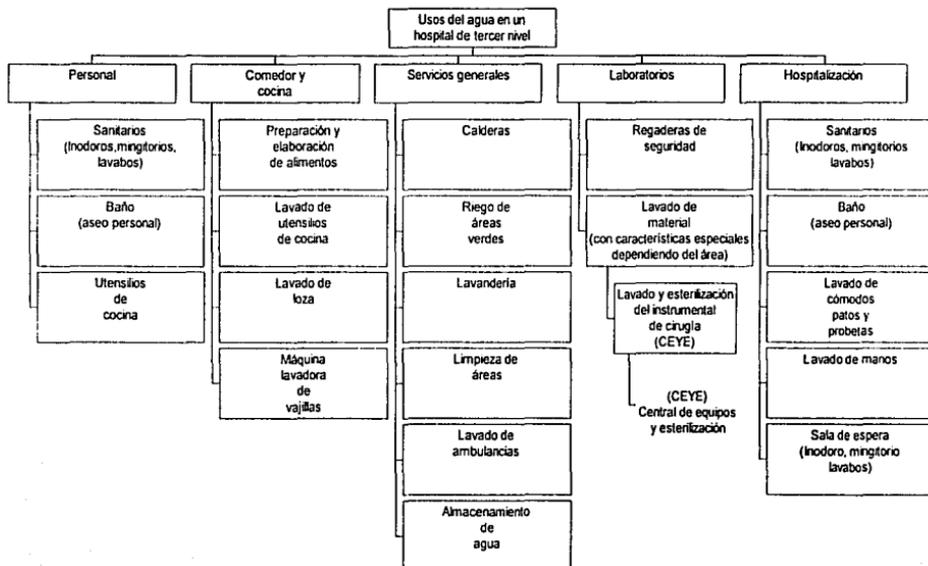
Tabla 4.2. Variaciones de consumo promedio mensual del volumen de demanda para el hospital de tercer nivel



4.2.2 IDENTIFICACIÓN DE USOS DEL AGUA EN EL HOSPITAL EN ESTUDIO

Con los datos obtenidos en esta actividad, se puede elaborar un diagrama de bloques que contiene la información general sobre las áreas que utilizan el agua en el hospital de tercer nivel en estudio (Ver Diagrama 4.1).

Diagrama 4.1 Distribución general de los usos del agua



4.2.3 INVENTARIO DE LAS INSTALACIONES DE EXTRACCIÓN / USO

En la Tabla 4.3 se muestra el resumen de las diferentes instalaciones de extracción / uso. Estos datos se obtuvieron a partir de la información de la Tabla A.26 del anexo A-2 donde se observan las áreas y el tipo de instalación / uso.

Tabla 4.3 Resumen del Inventario de los diferentes servicios (sanitarios, regaderas y otros)

Características	Tipo de instalación							
	Inodoro	Mingitorio	Lavabo	Tarjas	Regadera	Regadera de seguridad	Lavacómodos	Otros
Tanque bajo	64	-	-	-	-	-	-	-
Fluxómetro de palanca	235	23	-	-	-	-	17	-
Llave globo	-	15	387	188	-	-	-	-
Llave bola	-	-	12	4	-	-	-	-
Ahorradoras	-	-	46	1	-	-	-	-
Normal	-	-	-	-	145	-	-	-
Otras	-	-	3	7	14	17	2	38
Total	299	38	448	200	159	17	19	38
Total							1218	

4.2.4 INVENTARIO DE LAS INSTALACIONES DE EXTRACCIÓN / USO CON FUGA

Ante la creciente demanda de servicios ocasionados por los altos índices de crecimiento en la población y el abatimiento progresivo de las fuentes de aprovechamiento de agua potable, apta para consumo humano, resulta de suma importancia el cuidar y preservar el recurso. Del levantamiento de las instalaciones, como lo muestra la Tabla 4.4, se detectaron el número de fugas y el tipo de instalación a la que pertenece cada una de ellas.

En general, se tiene un censo actual de 61 fugas dentro de las instalaciones del hospital de tercer nivel en estudio, sin contar con aquéllas no observables en la tubería, ya que se encuentran enterradas o en las paredes. Si se considera que una fuga promedio presenta 100 gotas/minuto, ocasionaría una pérdida de 54.45 L/día ($1.64 \text{ m}^3/30 \text{ días}$ y $19.90 \text{ m}^3/\text{año}$). Para el total de 61 fugas se tendrán pérdidas que, conservadoramente, representan $3,321.45 \text{ L/día}$ ($y = 0.5451x + 4.51 \times 10^{-5}$), $99.75 \text{ m}^3/30 \text{ días}$ ($y = 0.0164x + 7.734 \times 10^{-6}$) y $1,213.67 \text{ m}^3/\text{año}^3$ ($y = 0.1999x + 4.97 \times 10^{-6}$).⁽⁷⁾

Tabla 4.4. Número de fugas y tipo de instalación

Instalación	Número de instalaciones que presentan fugas
Tarjas	9
Lavabos	19
Inodoros	3
Mingitorios	2
Regaderas	20
Marmitas	1
Llaves de toma en áreas verdes	4
Fugas en tubería (sólo las observables)	3
Total	61

4.2.5 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA POTABLE

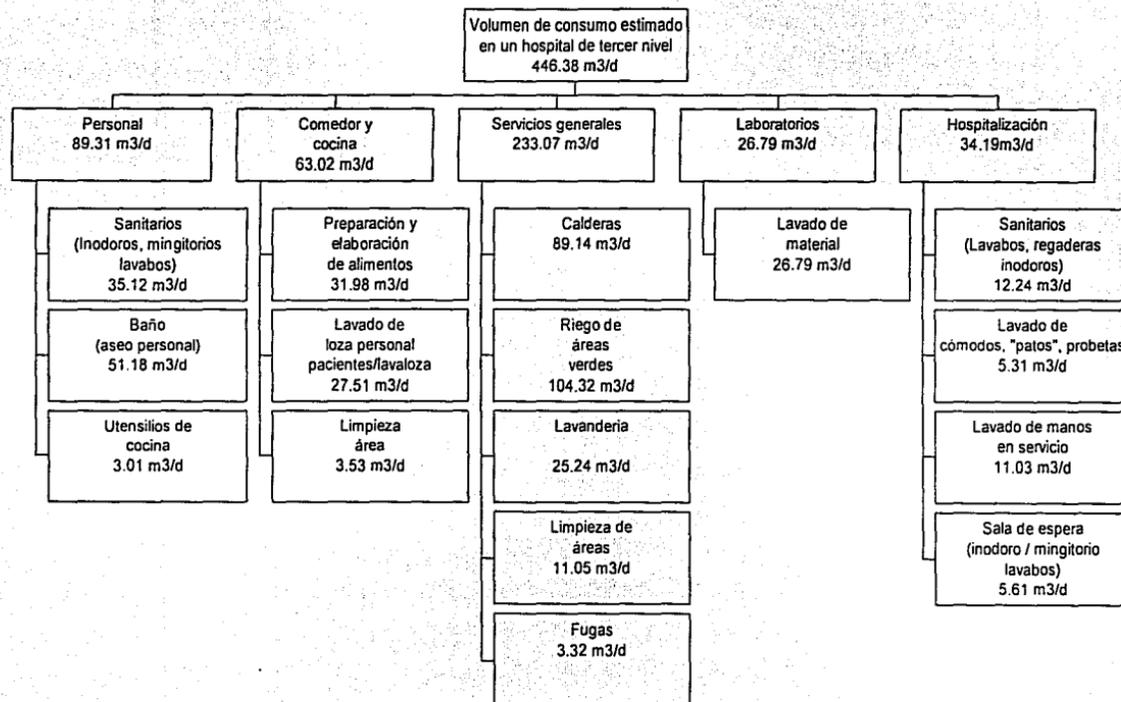
De las mediciones directas realizadas en las diferentes áreas se cuantificó el volumen de agua de servicios que se consume y, posteriormente, se obtuvo un gasto total, con lo cual se integra el balance hidráulico. El resumen de los resultados obtenidos se presenta en la Tabla 4.5. Las formas de obtención de los datos se muestra en el Anexo A-2, donde se presenta la metodología de acopio de información para la medición y estimación de los volúmenes de consumo de agua potable.

Tabla 4.5. Volumen de consumo estimado del suministro de agua para el hospital de tercer nivel en estudio

Usos del agua	Volumen de consumo individual (m ³ /d)	Porcentaje individual	Volumen de consumo general (m ³ /d)	Porcentaje general
Personal				
Sanitarios	35.12	7.87	89.31	20.01
Baño(aseo personal)	51.18	11.47		
Utensilios de cocina	3.01	0.67		
Comedor y cocina				
Preparación y elaboración de alimentos	31.98	7.16	63.02	14.12
Lavado de loza personal, pacientes, lavadora de loza	27.51	6.16		
Limpieza de área	3.53	0.79		
Servicios generales				
Calderas	89.14	19.97	233.07	52.21
Riego de áreas verdes	104.32	23.37		
Lavandería	25.24	5.65		
Limpieza de áreas	11.05	2.48		
Fugas	3.32	0.74		
Laboratorios				
Lavado de material	26.79	6.00	26.79	6.00
Hospitalización				
Sanitarios, aseo personal	12.24	2.74	34.19	7.66
Lavado platos, cómodos y probetas	5.31	1.19		
Lavado manos en servicio	11.03	2.47		
Sala de espera	5.61	1.26		
Total			446.38	100

En el Diagrama 4.2 se presentan los resultados del volumen de consumo de agua total estimado en todo el hospital de tercer nivel en estudio.

Diagrama 4.2. Volumen de consumo estimado del suministro de agua para el hospital de tercer nivel en estudio



4.3 ASPECTOS GENERALES DEL AGUA TRATADA

El hospital cuenta con un sistema de abastecimiento externo de agua tratada, el cual se realiza por presión. Consta de una válvula de compuerta y un medidor o contador (el cual debe mantenerse y calibrarse al menos cada seis meses). Ésta se emplea para riego de áreas verdes y algunas veces para el lavado de automóviles. En el Anexo A.1 (Plano A.2), se observa la red de distribución y las tomas donde se suministra el agua tratada. Sólo el 16% del total de las áreas verdes es regado con esta agua, presentándose problemas de servicio de suministro, ya que la presión no es suficiente para el riego e inclusive se reportan días en que el suministro es totalmente nulo. El resto del riego se realiza con agua potable. La red de distribución del agua tratada interna actualmente se está instalando, para aumentar el riego de más áreas verdes.

4.4 ASPECTOS GENERALES DEL AGUA RESIDUAL

El hospital de tercer nivel en estudio cuenta con un sistema de drenaje combinado, el cual recolecta el agua utilizada, tanto en servicios sanitarios como en hospitalización, lavandería, cocina y, en época de lluvia, el agua pluvial. Cuenta con una fosa de oxidación y una trampa de grasa.

En el Plano A.3 del Anexo A-1 se puede ver un esquema del sistema actual de drenaje en la unidad hospitalaria. Todo el predio cuenta con seis descargas de agua residual al sistema de drenaje municipal, las cuales presentaban un mantenimiento deficiente, tanto preventivo como correctivo, debido a que no se cuenta con un programa de supervisión y mantenimiento. En la Tabla 4.6 se mencionan las áreas de generación de

agua residual y el sitio de descarga. No se cuenta con un programa y/o procedimiento formal de manejo de residuos químicos, de los cuales algunos son desechados directamente en el sistema de drenaje, sin recibir tratamiento previo.

Tabla 4.6. Recolección de agua residual en las diferentes fosas

Fosa	Áreas que descargan sus aguas residuales
1	Farmacia ISSSTE
2	Sala de espera, reloj checador, Módulo de pases, Archivo y correspondencia, Intendencia
3	Aulas de IPN, Aulas UNAM, Almacén de farmacia, Oficinas Epidemiología
4	Urgencias, Estomatología, Consulta Externa, Medicina Nuclear, Alergología, Medicina Física, Rayos X, Oficinas de la Subdirección Médica, Oficinas de Enfermeras, Dirección General, Contraloría, Auditorio, Residencia de Médicos, Enseñanza, Biblioteca, Damas Voluntarias, Lavado de Equipo de Inhaloterapia, Audiovisual, Pabellón 1 y Pabellón 2 y sección de los Pabellones 3 y 4
5	Dirección General, Planeación, Vestidores afanadoras, hombres, enfermeras y administrativas, Sindicato, Pabellones 4 y 5, Pediatría (sección comedor) Otorrinolaringología, sección Pabellones 3 y 4
6	Nueva Unidad de Investigación (Salud Ambiental, Investigación en Asma y otras), Unidad de Investigación (Bioterio, Cirugía Experimental y otras), Servicios Generales, Lavandería, Mantenimiento, Incinerador, Cocina, Hemodinamia, Servicios Clínicos 7,8,9, Virología, Microbiología, Pediatría, Almacén de Activo Fijo, Almacén General, Cuarto de máquinas (calderas), Anatomía y Patología

4.4.1 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE CAUDALES

Los Gráficos A.3.1, 2 y 3 del Anexo A-3 muestran el comportamiento de las descargas de agua residual en cada fosa en un día. En los gráficos se pueden observar las variaciones del volumen de la fosa, así como detectar las horas de mayor descarga de agua residual en cada pozo de visita.

Como se observa en las curvas de caudales acumulados, los valores acumulados siempre serán mayores a los precedentes y son iguales solamente cuando se tiene un tiempo sin descarga.

4.5 ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES

Los resultados de los parámetros de campo que se midieron en las fosas 4, 5 y 6 se muestran en la Tabla 4.7 y Los resultados de las determinaciones en laboratorio se muestran en la Tabla 4.8 y se incluyen el límite máximo permisible y el número de la norma oficial mexicana, el marco normativo se muestra en la Tabla 4.9.

Tabla 4.7. Resultados de los parámetros de campo para las fosas 4, 5 y 6

Muestra	Hora	Conductividad ($\mu\text{Si}/\text{cm}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Gasto (L/s)	Color	Materia flotante
FOSA 4							
1	6:30	665	12.2	8.10	0.535	café	ausente
2	9:30	1063	15.1	8.30	0.698	blanca	ausente
3	12:30	924	15.8	7.80	0.733	café	ausente
4	15:30	931	16.5	8.60	0.277	amarilla	ausente
5	18:30	920	14.3	9.20	0.941	amarilla	ausente
6	21:30	900	14.0	8.40	0.644	amarilla	ausente
FOSA 5							
1	7:00	413	19.9	7.05	1.423	amarilla	ausente
2	10:00	566	19.1	7.30	2.325	amarilla	ausente
3	13:00	440	22.9	7.10	0.987	café claro	ausente
4	16:00	499	22.8	7.21	1.331	café claro	ausente
5	19:00	460	20.3	7.05	0.987	amarilla	ausente
6	22:00	400	19.5	7.00	1.577	amarilla	ausente
FOSA 6							
1	7:30	292	19.8	8.05	1.289	café	ausente
2	10:30	409	26.3	8.10	1.215	café	ausente
3	13:30	474	37.1	9.10	1.586	gris	ausente
4	16:30	514	29.3	7.25	2.026	gris	ausente
5	19:30	566	22.5	7.05	1.504	blanca	ausente
6	22:30	500	21.0	7.01	1.381	café	ausente

Materia flotante, malla de 3 mm de diámetro

Tabla 4.8. Resultados del análisis de los parámetros para el hospital de tercer nivel

Parámetro	Muestra FOSA 4	Muestra FOSA 5	Muestra FOSA 6	Límite máximo permisible*	Norma Oficial Mexicana
Temperatura(°C)	14.65	20.75	26.00	40.0	NMX-AA-007-1980
Potencial de hidrógeno (pH)	8.40	7.11	7.76	5.5 a10	NMX-AA-008-1980
Sólidos sedimentables (mL/L)	1.00	0.70	0.50	7.50	NMX-AA-004-1977
Sólidos totales (mg/L)	154.80	146.40	134.00	N.E.	NMX-AA-034-1981
Sólidos disueltos (mg/L)	94.80	106.00	94.80	N.E.	NMX-AA-020-1981
Grasa y aceites (mg/L) promedio ponderado	22.28	20.13	14.56	75.00	NMX-AA-005-1980
Conductividad eléctrica ($\mu\text{Si}/\text{cm}$)	900.50	461.33	459.42	5000.00	NMX-AA-093-1984
Arsénico (mg/L)	0.00	0.00	0.00	0.75	NMX-AA-051-1982
Cadmio	0.00	0.00	0.00	0.75	NMX-AA-051-1982
Cianuros (mg/L)	<0.002	<0.002	<0.002	1.50	NMX-AA-058-1982
Cobre (mg/L)	0.00	0.00	0.00	0.15	NMX-AA-051-1982
Aluminio	0.00	0.00	0.00	10.00	NMX-AA-051-1981
Cromo total (mg/L)	0.00	0.00	0.00	2.50	NMX-AA-051-1981
Cromohexavalente (mg/L)	0.00	0.00	0.00	0.75	NMX-AA-044-1982
Mercurio (mg/L)	0.00	0.00	0.00	0.015	NMX-AA-051-1982
Níquel (mg/L)	0.00	0.00	0.00	6.00	NMX-AA-051-1982
Plomo (mg/L)	0.00	0.00	0.00	1.50	NMX-AA-051-1982
Zinc (mg/L)	0.78	0.45	0.16	9.00	NMX-AA-051-1982
Demanda química de oxígeno soluble, DQO (mg/L)	137.08	108.86	157.25	N.E.	NMX-AA-030-1981
Demanda bioquímica de oxígeno soluble, DBO (mg/L)	92.12	63.81	70.90	N.E.	NMX-AA-028-1981
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	60.00	40.40	39.20	N.E.	NMX-AA-034-1981
Materia flotante (mg/L)	Ausente	Ausente	Ausente	N.E.	NMX-AA-006-1973
Fenoles (mg/L)	0.018	0.002	0.02	5.0	NMX-AA-050-1981
Sustancias activas al azul de metileno, SAMM (mg/L)	5.66	7.39	3.47	30.00	NMX-AA-039-1981

N.E. No Especificado

*NOM-02-ECOL-1996

Tabla 4.9. Marco normativo para el muestreo de agua residual⁽⁴⁾

Marco normativo							
Intervalo entre toma de muestras simples (horas)							
Parámetro	Limite máximo permisible			Horas por día que opera el proceso generador	Número de muestras	Mínimo	Máximo
	Norma	Promedio día	Promedio instantáneo				
Conductividad eléctrica	NMX-AA-03-1984	6000	6000	Hasta 8 horas de la descarga	4	1	2
Valor de pH	NMX-AA-08-1980	6-9	6-9	más de 6 y hasta 12	4	2	3
Temperatura	NMX-AA-07-1980	No aplica	40	más de 12 hasta 16	6	2	3
				No aplica	6	3	4

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados en esta investigación, se tienen las siguientes conclusiones:

- a) El volumen de agua de potable de consumo es de 488.087 m³/día
- b) El costo por m³ de agua es cercano a \$26.71 y, dado que está siendo incrementado bimestre a bimestre, el pago por el total de agua extraída al día va aumentando en forma proporcional
- c) Existe un desperdicio no cuantificado del recurso. Dado que no se cuenta con medidores de flujo en las diferentes áreas del hospital no se conoce el volumen preciso de agua utilizada en los mismos. En este trabajo se hicieron estimaciones de esos consumos y de las fugas y desperdicios de agua (3.3 m³/día de fugas, pero no se tiene una evaluación de las pérdidas en tuberías ocultas)
- d) Se hicieron estimaciones sobre la distribución del consumo de agua, que dieron los siguientes resultados: El 20.01 % es para consumo del personal, el 14.12 % para comedor y cocinas, el 52.21 % para servicios generales (calderas, riego de áreas verdes, lavandería, limpieza de áreas y fugas), en la que el riego de áreas verdes equivale al consumo de agua por el personal (23.37 % del total), el 6.00% para laboratorios y el 7.66% para hospitalización. Si se tratara el agua residual de uso

sanitario exclusivamente, para usarse en el riego de aguas verdes directamente, se tendría ya un ahorro cercano al 20% del total.

- e) Se tiene un sistema de drenaje combinado. Debido a que no existe una segregación de los efluentes de hospitalización, investigación y de servicio, el agua residual mixta resultante contiene, tanto material biodegradable proveniente de baños, mingitorios, regaderas y comedores, como aguas con residuos químicos provenientes de los laboratorios y aguas contaminadas con microorganismos patógenos provenientes de las zonas de hospitalización, urgencias y sanitarios para pacientes externos y ambulatorios. Esto significa que el costo de tratamiento se incrementaría, lo que indica que es necesario llevar a cabo un estudio de costo-beneficio para evaluar la pertinencia de instalar drenajes separados para los residuos que contengan sustancias químicas (que tienen flujos relativamente pequeños) para que sean tratados en forma separada (físicoquímica) y que permitan tratar el resto de las aguas que contienen solamente materiales biodegradables en un sistema biológico y, posteriormente, con una desinfección simple pueda usarse para el riego de las áreas verdes
- f) Las fugas detectadas en diferentes áreas son debidas en parte a falta de mantenimiento pero también por el poco cuidado de los usuarios ya que no cierran las válvulas (llaves o grifos) adecuadamente

- g) Los planos con que se contó originalmente no integran la totalidad de los drenajes actuales y requieren de actualización continua conforme se van realizando obras nuevas y de reparación o mantenimiento (lo cual debe ser considerado por el personal de mantenimiento para siempre conservar bitácoras de reparaciones, obras nuevas, etc)

5.2 RECOMENDACIONES

Este trabajo presenta algunas acciones, medidas y recomendaciones para el uso y manejo del agua, que pueden ser englobadas en un programa de racionalización del uso del recurso hídrico. Las acciones se sustentan principalmente en actividades de tipo operativo como: Mantenimiento, vigilancia, motivación y educación, encaminadas a reducir la demanda de agua, contribuir a proteger el ambiente y a la aportación de beneficios económicos mediante la reducción de costos por consumo de agua.

Las estrategias para establecer un programa de reúso de agua están basadas en la minimización, segregación, reciclaje, tratamiento y disposición usando metodologías novedosas y actuales.

A continuación, en las Tablas 5.1, 2 y 3 se presentan estas recomendaciones que podrán ser el punto inicial de una nueva fase de esta investigación, que tome con especial cuidado la selección de métodos de tratamiento novedosos que permitan reducir costos y evitar problemas técnico/sanitarios en el centro hospitalario.

Tabla 5.1. Acciones inmediatas

Acciones inmediatas	
Estrategia	Actividad
Implementar un programa de mantenimiento preventivo permanente de detección de fugas	Vigilar la hermeticidad de los empaques de llaves y válvulas Cualquier fuga, goteo, humedecimiento, encharcamiento, falta de coladeras pluviales, hundimientos notables y otros desperfectos debe ser reportado al Departamento de Mantenimiento para su pronta reparación Contar con las refacciones apropiadas
Implementar un programa de medición de consumo de agua potable	Programa de lecturas manuales: Elaborar un informe mensual y/o trimestral que indique el consumo el cual se llevará en una bitácora. Las lecturas se realizarán cada 24 horas, dado que así puede encontrarse algún desequilibrio en el balance de flujos de agua, lo cual indicaría fugas e insuficiencia en la presión
Instalar detectores de llenado y vaciado en depósitos de agua	Estos detectores se colocarán en cisternas y tinacos
Implementar dispositivos ahorradores de agua	Dispositivos economizadores estándar para adaptar a los inodoro llaves, etc Mantener en buen estado los dispositivos en las llaves Calibrar los fluxómetros a 6 litros en forma periódica anotando en bitácoras esta información
Implementar un programa de monitoreo de la calidad del agua	La caracterización se puede hacer tomando como base la NOM-127-SSA1-1994. Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización
Implementar un programa de cultura de uso del agua	Promover una cultura sobre el uso y aprovechamiento racional del agua En los sanitarios deben colocarse letreros de aviso para evitar la introducción de elementos extraños en el desfogge del retrete y no tener cargas extraordinarias No llevar a cabo el lavado de vehículos particulares con agua de la dependencia o en todo caso emplear agua tratada Llevar a cabo campañas de ahorro del agua orientadas a pacientes, usuarios y visitantes con letreros, pláticas, trípticos y otros métodos de divulgación

Tabla 5.2. Acciones a mediano plazo

Acciones a mediano plazo	
Estrategia	Actividad
Implementar un programa de manejo de residuos peligrosos	Reportar el vertimiento de desechos peligrosos como grasas, hidrocarburos o sustancias inflamables, tóxicas, corrosivas o explosivas y, en general, cualquier tipo de producto que pudiera causar daño a la población o al ambiente por los drenajes de agua Buscar la disminución del consumo de detergentes, insecticidas y otros compuestos químicos, pues dañan y demeritan la vida útil de las obras de drenaje Utilizar detergentes biodegradables
Implementar un programa de uso adecuado del agua	En comedores: Se recomienda la utilización de trampas de grasa en los fregaderos Lavar los trastes en dos tarjas profundas, una tarja para retirar la comida de los platos y otra para enjuagarlos En laboratorios: Realizar procesos alternativos para tratar los desechos contaminantes y no depositarlos en las tarjas
Implementar dispositivos ahorradores de agua	Colocar regaderas ahorradoras de agua Instalar inodoros de economía con descarga de 6 litros Instalar válvulas de economía en lavabos, tarjas, lavaderos y mingitorios
Implementación de un programa de rutinas básicas de mantenimiento preventivo para instalaciones hidráulicas y sanitarias	Colocar aislamiento en tuberías de agua caliente Revisar periódicamente flotadores y válvulas Realizar pruebas periódicas a instalaciones Revisar posibles fugas de la red de distribución y de consumo verificando su estado físico para prevenir fugas en tuberías, válvulas y conexiones Desazolve de tuberías, pozos de visita y registros, cajas de grasa
Implementar un programa de entrenamiento y supervisión del personal de mantenimiento	Elaborar manuales de procedimiento que contengan responsabilidades claras para el personal de mantenimiento
Implementar un programa de riego de áreas verdes	Realizar las tareas de riego de jardines en horarios de baja insolación para evitar la evapotranspiración y no regar en temporada de lluvias

Tabla 5.2. Acciones a mediano plazo (Continuación)

<p>Implementar un plan de prevención de la contaminación</p>	<p>Puntos que se deben tomar en cuenta para el plan de prevención de la contaminación</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Declaración de los lineamientos del hospital en apoyo a la prevención y control de la contaminación b) Descripción de la composición, autoridad y responsabilidad del grupo encargado de la planeación de la prevención y control de la contaminación c) Descripción de la forma en que los grupos del área médica (enfermeras, médicos, trabajadoras sociales, etc), laboratorio, mantenimiento, administrativos y de intendencia, trabajarán en conjunto para reducir la generación de desechos y el consumo de agua y energía, así como de otros insumos d) Descripción de las actividades que producen, utilizan o emiten contaminantes, incluyendo una definición clara de las cantidades y los tipos de sustancias, materiales y productos en estudio e) Plan para difundir y lograr el apoyo de la institución para la prevención y control de la contaminación f) Plan para comunicar los éxitos y los fracasos de los programas de prevención de la contaminación dentro del hospital a todo el personal e incluso a los pacientes y visitantes (que pueda servirles para usar el agua y otros insumos más racionalmente en sus propios domicilios) g) Listado y censo de los residuos y de las instalaciones para su tratamiento, estabilización, reciclado y eliminación, que sea actualizada en forma periódica h) Evaluación periódica de los costos de la contaminación debidos al tratamiento, estabilización y disposición de los residuos generados y de las posibles medidas para su reducción
--	--

Tabla 5.2. Acciones a mediano plazo (Continuación)

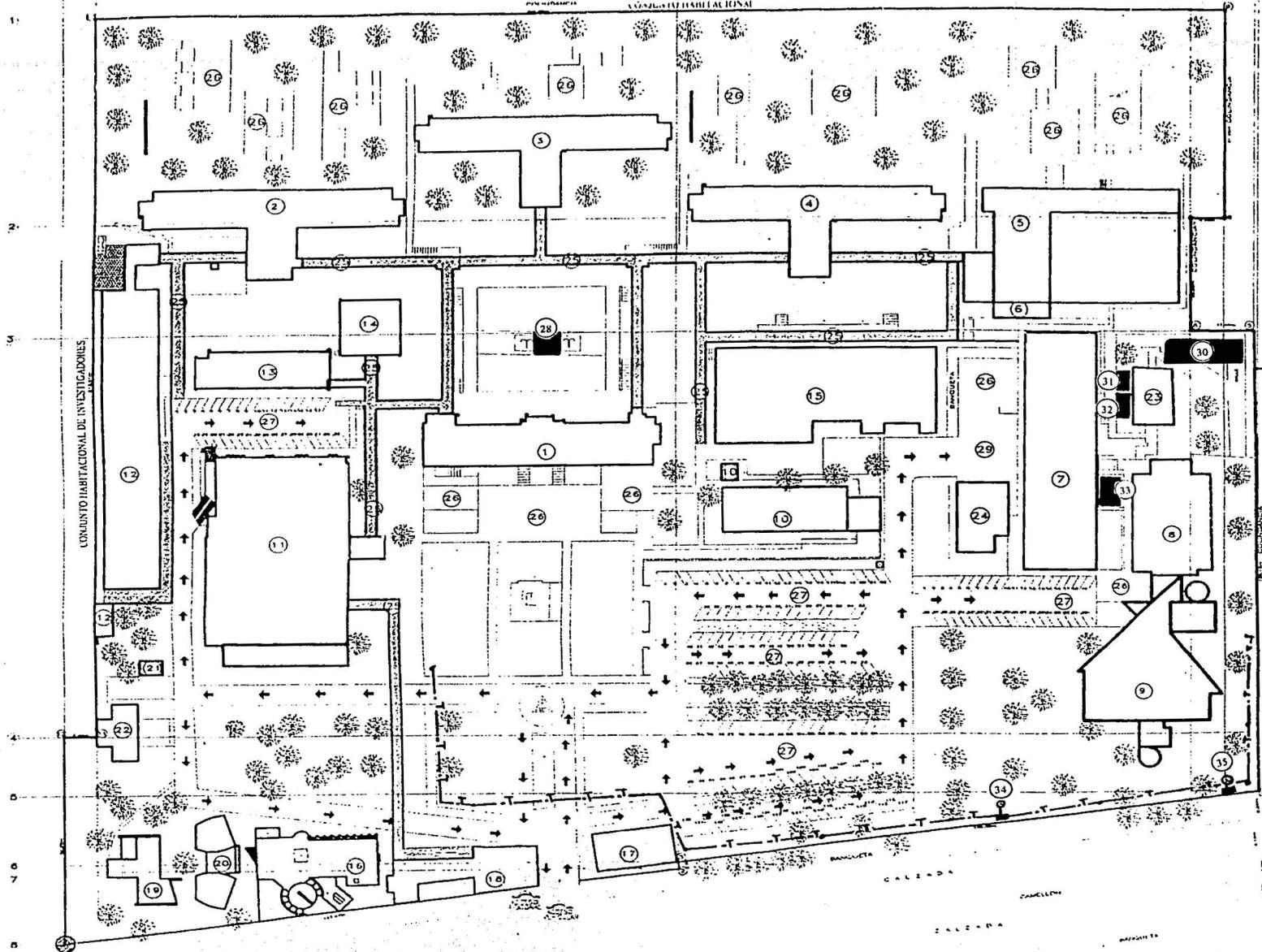
Planos que muestren todas las instalaciones hidráulicas y sanitarias dentro del hospital	Identificación de los edificios e instalaciones (líneas de distribución, medidores y puntos de extracción, incluyendo tamaños, diámetros de las tuberías de planos actualizados, tanto de la red de agua fría, como caliente, así como de las redes de drenajes y su uso específico)
Implementación de un área encargada de las cuestiones ambientales	Contar con personal encargado de las cuestiones ambientales (gestiones ambientales) en los rubros de aire, agua, residuos sólidos no peligrosos y de residuos peligrosos (sólidos, líquidos y gaseosos, incluyendo los radiactivos, así como los biológico- infecciosos) y la contaminación por ruido

Tabla 5.3. Acciones a largo plazo

Acciones a largo plazo	
Estrategia	Actividad
Implementar un sistema de captación de aguas pluviales, especialmente de los techos de los edificios que pueda almacenarse en cisternas para su uso en época de estiaje en el riego de áreas verdes o, incluso, para alguna emergencia como un incendio) instrumentando sistemas para la potabilización de esta agua pluvial para el segundo caso	
Instalación de medidores en las diferentes líneas de alimentación a los servicios de consumo de agua	Verificación del estado de los medidores que debe ir acompañada de una revisión exhaustiva de las fugas
Reemplazo de muebles sanitarios	Instalación de sistemas automáticos como sensores, fotoceldas y "ojos" electrónicos en válvulas y llaves de lavado, mingitorios y tarjas para evitar fugas por "olvido" de llaves abiertas Cambio de muebles sanitarios por sus versiones ahorradoras de agua y automáticas para reducir el riesgo de fugas (contar con un programa de mantenimiento preventivo para estos muebles y las respectivas bitácoras en cada uno para verificar cuáles tienen un uso más intenso, lo que permitirá optimizar su servicio de mantenimiento)
Identificación de las conexiones entre líneas de drenaje de proceso y pluvial para eliminarlas	Líneas de reúso de agua
Aprovechamiento de las aguas residuales generadas en el propio hospital mediante su tratamiento biológico usando un sistema amigable con el ambiente como un humedal artificial y que sirvan para el riego de las propias áreas verdes	
Renovación periódica de las tuberías dañadas procurando instalar las nuevas en forma visible para evitar fugas ocultas y pintándolas de acuerdo con los códigos internacionales	
Continuar e incluir en las políticas del hospital un programa de cultura del cuidado del agua y de la minimización de residuos en general	

Anexo A-1
Planos de localización





NORTE

CANTON DE COTACACHI		SIMBOLOGIA	
1. VIVIENDA	11. VIVIENDA	1. LINEA DE LA RED	1. CAP
2. VIVIENDA	12. VIVIENDA	2. LINEA DE LA RED	2. CAP
3. VIVIENDA	13. VIVIENDA	3. LINEA DE LA RED	3. CAP
4. VIVIENDA	14. VIVIENDA	4. LINEA DE LA RED	4. CAP
5. VIVIENDA	15. VIVIENDA	5. LINEA DE LA RED	5. CAP
6. VIVIENDA	16. VIVIENDA	6. LINEA DE LA RED	6. CAP
7. VIVIENDA	17. VIVIENDA	7. LINEA DE LA RED	7. CAP
8. VIVIENDA	18. VIVIENDA	8. LINEA DE LA RED	8. CAP
9. VIVIENDA	19. VIVIENDA	9. LINEA DE LA RED	9. CAP
10. VIVIENDA	20. VIVIENDA	10. LINEA DE LA RED	10. CAP
11. VIVIENDA	21. VIVIENDA	11. LINEA DE LA RED	11. CAP
12. VIVIENDA	22. VIVIENDA	12. LINEA DE LA RED	12. CAP
13. VIVIENDA	23. VIVIENDA	13. LINEA DE LA RED	13. CAP
14. VIVIENDA	24. VIVIENDA	14. LINEA DE LA RED	14. CAP
15. VIVIENDA	25. VIVIENDA	15. LINEA DE LA RED	15. CAP
16. VIVIENDA	26. VIVIENDA	16. LINEA DE LA RED	16. CAP
17. VIVIENDA	27. VIVIENDA	17. LINEA DE LA RED	17. CAP
18. VIVIENDA	28. VIVIENDA	18. LINEA DE LA RED	18. CAP
19. VIVIENDA	29. VIVIENDA	19. LINEA DE LA RED	19. CAP
20. VIVIENDA	30. VIVIENDA	20. LINEA DE LA RED	20. CAP
21. VIVIENDA	31. VIVIENDA	21. LINEA DE LA RED	21. CAP
22. VIVIENDA	32. VIVIENDA	22. LINEA DE LA RED	22. CAP
23. VIVIENDA	33. VIVIENDA	23. LINEA DE LA RED	23. CAP
24. VIVIENDA	34. VIVIENDA	24. LINEA DE LA RED	24. CAP
25. VIVIENDA	35. VIVIENDA	25. LINEA DE LA RED	25. CAP

TABLA DE AREAS			
Edificio No.	ZONAS	No. Habitaciones	AREA m2
1	OFICINAS GENERALES	7	720.74
2	SERVICIOS CLINICOS 1	2	1220.04
3	SERVICIOS CLINICOS 2	2	1220.04
4	SERVICIOS CLINICOS 3	2	1220.04
5	SERVICIOS CLINICOS 4	2	1220.04
6	SERVICIOS CLINICOS 5	2	1220.04
7	SERVICIOS CLINICOS 6	2	1220.04
8	SERVICIOS CLINICOS 7	2	1220.04
9	SERVICIOS CLINICOS 8	2	1220.04
10	SERVICIOS CLINICOS 9	2	1220.04
11	SERVICIOS CLINICOS 10	2	1220.04
12	SERVICIOS CLINICOS 11	2	1220.04
13	SERVICIOS CLINICOS 12	2	1220.04
14	SERVICIOS CLINICOS 13	2	1220.04
15	SERVICIOS CLINICOS 14	2	1220.04
16	SERVICIOS CLINICOS 15	2	1220.04
17	SERVICIOS CLINICOS 16	2	1220.04
18	SERVICIOS CLINICOS 17	2	1220.04
19	SERVICIOS CLINICOS 18	2	1220.04
20	SERVICIOS CLINICOS 19	2	1220.04
21	SERVICIOS CLINICOS 20	2	1220.04
22	SERVICIOS CLINICOS 21	2	1220.04
23	SERVICIOS CLINICOS 22	2	1220.04
24	SERVICIOS CLINICOS 23	2	1220.04
25	SERVICIOS CLINICOS 24	2	1220.04
26	SERVICIOS CLINICOS 25	2	1220.04
27	SERVICIOS CLINICOS 26	2	1220.04
28	SERVICIOS CLINICOS 27	2	1220.04
29	SERVICIOS CLINICOS 28	2	1220.04
30	SERVICIOS CLINICOS 29	2	1220.04
31	SERVICIOS CLINICOS 30	2	1220.04
32	SERVICIOS CLINICOS 31	2	1220.04
33	SERVICIOS CLINICOS 32	2	1220.04
34	SERVICIOS CLINICOS 33	2	1220.04
35	SERVICIOS CLINICOS 34	2	1220.04

TABLA DE SUPERFICIES	
ZONA	SUPERFICIE m2
SUPERFICIE DE CONTACTO	10.15.15.15.15
AREAS VERDES Y ORLANDACIONES	50.15.15.15.15
ANEXOS Y CURTIENTO	10.15.15.15.15
ESTACIONAMIENTO	10.15.15.15.15
AREAS VERDES Y ORLANDACIONES	10.15.15.15.15
SUPERFICIE TOTAL DEL TERRENO	10.15.15.15.15

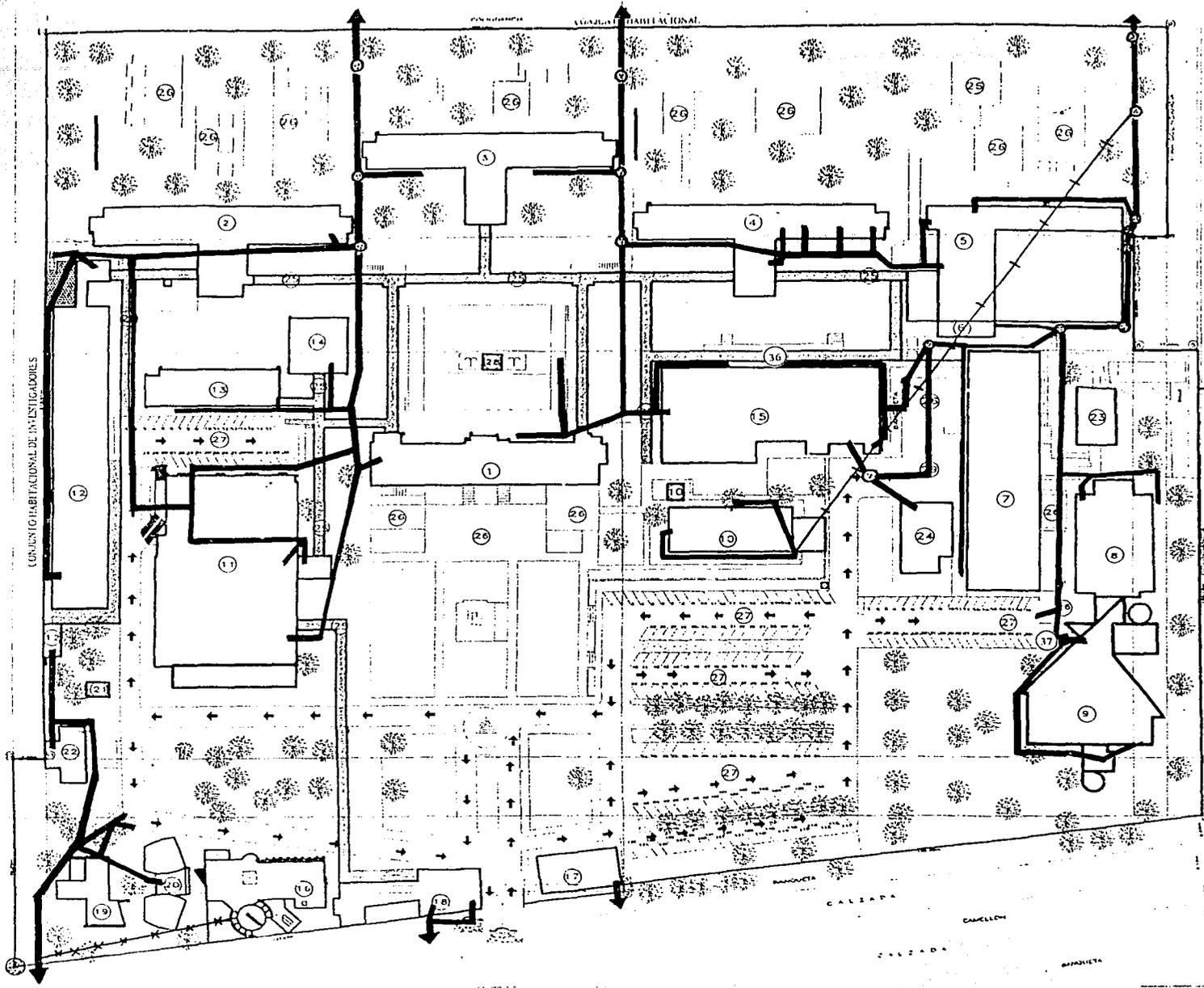
NOTA:
 EL LEVANTAMIENTO DE LA POLIGONAL SE REALIZO CON CINTA ANGLIOS SOBRE PLANO

A.2 Plano de ubicacion del sistema de abastecimiento de agua potable y red de agua tratada

NOTA:
 30-cisterna general
 31,32,33- cisternas auxiliares
 28 tanque elevado
 34- medidor agua tratada
 35- medidor agua potable

CLAVE: **LP-01**
 ARCHIVO LP-01-DWG
 FECHA: _____
 ESCALA: 1:100

94



LEGENDA DE SIMBOLOS		SIMBOLOGIA	
1	POZO DE VISITA	1	LINEA DE DRENAJE
2	LINEA DE DRENAJE EN CONSTRUCCION	2	LINEA DE DRENAJE (DONDE SÓLO SE ENCONTRÓ LA SALIDA)
3	TRAMPA DE GRASA	3	FOSA DE OXIDACION
4	REJILLA	4	ESCALA
5	ESCALA	5	OTRO

REFERENCIA			
TABLA DE AREAS			
Código	No.	ZONAS	AREA m2
1	1	OFICINAS GENERALES	772.74
2	2	SERVICIOS GENERALES	1,122.74
3	3	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
4	4	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
5	5	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
6	6	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
7	7	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
8	8	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
9	9	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
10	10	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
11	11	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
12	12	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
13	13	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
14	14	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
15	15	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
16	16	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
17	17	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
18	18	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
19	19	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
20	20	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
21	21	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
22	22	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
23	23	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
24	24	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
25	25	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
26	26	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
27	27	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
28	28	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
29	29	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
30	30	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
31	31	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
32	32	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
33	33	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
34	34	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
35	35	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
36	36	SERVICIOS CLINICOS	2,781.70
TOTAL			10,278.02

TABLA DE SUPERFICIES	
ZONA	SUPERFICIE m2
SUPERFICIE DE CONTACTO	10,178.33 m2
AGUAS VERDES Y CIRCULACIONES	56,122.80 m2
ANEXOS A CLINICO	7,832.22 m2
ESTACIONES DE TRANSFORMACION (E Y REGULACIONES)	6,598.18 m2
TOTAL	78,732.53 m2

NOTA:
 EL LEVANTAMIENTO DE LA POLIGONAL SE REALIZÓ CON CINTA Y ANGULOS SOBRE PLANO

A.3 Plano de la red actual de drenajes del hospital de tercer nivel en estudio

NOTA:	
○	Pozo de visita
—	Linea de drenaje
- - -	Linea de drenaje en construcción
+	Linea de drenaje (donde sólo se encontró la salida)
⊗	36 - trampa de grasa
⊕	37 - fosa de oxidación
REJILLA	ESCALA 1:200
75	

Anexo A-2
Metodología de acopio de información
para la medición y estimación de
volúmenes de consumo
de agua potable



ANEXO 2

**METODOLOGÍA DE ACOPIO DE INFORMACIÓN PARA LA
MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES DE CONSUMO DE
AGUA POTABLE**

A.2.1 SERVICIOS GENERALES**A.2.1.1 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA PARA CALDERAS**

Se cuenta con tres calderas Cleaver-Brack, las cuales se alternan en su uso. Por día, se emplea una caldera con un servicio de 6:00 am a 10:00 pm.

Memoria de calculo para el volumen de consumo

0.261 L / min C. C. (caballo caldera)

16 horas de uso caldera.

La caldera es de 250 C. C.

$$250 \text{ C.C.} \frac{0.261 \text{ L}}{1 \text{ min C.C.}} = 65 \text{ L / min}$$

$$(65 \text{ L/min}) (60 \text{ min/1h}) (16 \text{ h/1 día uso caldera}) = 62400 \text{ L/día uso caldera}$$

y como el tanque no debe estar ahogado

$$\frac{62400 \text{ L/día uso caldera}}{0.7} = 89142.85 \text{ L/día uso caldera}$$

$$= 89.14 \text{ m}^3 \text{ / día uso caldera}$$

A.2.1.1.2 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA PARA RIEGO DE ÁREAS VERDES

La superficie de áreas verdes es de 38,814.36 m², ocupando el 48.54 % de la superficie total. En Tabla A.1 se observan los promedios del día de medición y el promedio general para el volumen de consumo de agua para riego de áreas verdes con aspersor y manguera. Estos se obtuvieron a partir de la información mostrada en las Tablas A.2 y 3.

La Tabla A.2 muestra la medición y estimación del volumen de consumo de agua para riego de áreas verdes realizado con aspersor y rehilte y la Tabla A.3 muestra la medición y estimación del volumen de consumo de agua realizado para riego de áreas verdes realizado con manguera.

Tabla A.1. Promedio general y promedio día para el volumen de consumo de agua para riego de áreas verdes

Día	Aspersor (L/día)	Manguera (L/día)	Total (L/día)
Lunes (bloque 1)	76678.24	13947.99	90626.23
Martes (bloque 2)	101912.24	13877.24	115789.48
Miércoles (bloque 3)	105220.37	10354.16	115574.53
Jueves (bloque 1)	95828.53	9179.26	105007.79
Viernes (bloque 2)	88510.01	6102.61	94612.62
Promedio (L/día)			104322.13
Promedio (m ³ /día)			104.32

Tabla A.2. Medición y estimación del volumen de consumo de agua para el riego de áreas verdes realizado con aspersor y rehilete

LUNES						MARTES						MIÉRCOLES										
ÁREA	TIPO DE RIEGO	TIEMPO SEG	CONSUMO LITROS	HR	TIEMPO DE RIEGO(M)	GASTO L/DIA	ÁREA	TIPO DE RIEGO	TIEMPO SEG	CONSUMO LITROS	HR	TIEMPO DE RIEGO(M)	GASTO L/DIA	ÁREA	TIPO DE RIEGO	TIEMPO SEG	CONSUMO LITROS	HR	TIEMPO DE RIEGO(M)	GASTO L/DIA		
PEDRAZA	ASPERSOR	19	5 52	1024 11	8 00	8192 85	SERVICIOS GRALES	REHILETE	21	5 89	1006 29	7 17	7211 68	COCINA	REHILETE	20	6 71	1286 54	8 00	10292 33		
		19	5 46						21	5 93						08 50	20				7 07	08 30
		20	5 73						20	5 80						16 00	20				7 33	16 30
FARMACIA	REHILETE	20	6 00	1024 59	7 83	8025 91	USOS INVESTIGACION	ASPERSOR	20	4 88	887 27	7 25	6432 73	UNIDAD INVESTIGACION	ASPERSOR	20	5 76	1120 03	8 03	8993 82		
		21	5 94						20	4 95						16 10	20				6 10	16 35
		19	5 19						20	5 30						09 00	20				4 55	08 45
INTENDENCIA	REHILETE	20	5 18	956 25	7 83	7568 63	PEDRAZA	REHILETE	20	5 77	1017 93	7 25	7380 00	PABELLON 1 + 2	REHILETE	20	4 78	875 52	8 08	7085 96		
		20	5 71						20	5 74						16 15	19				4 85	16 40
		22	7 65						19	4 20						09 05	21				6 78	08 40
CONSULTA	REHILETE	20	7 41	1294 04	7 83	10136 61	COCINA PASILLO PLANEACION	REHILETE	20	4 34	789 63	7 25	5724 85	POSTERIOR PABELLON 1 + 2	REHILETE	20	7 30	1295 00	8 08	10467 89		
		21	7 14						20	4 41						16 20	20				7 73	16 45
		21	7 40						20	4 32						09 10	20				7 27	08 08
SALIDA	REHILETE	20	3 55	627 62	7 83	4916 16	ATENDENCIA	REHILETE	20	5 68	1034 13	7 25	7497 41	POSTERIOR PABELLON 1 + 2	REHILETE	20	6 74	1241 70	8 08	10037 02		
		22	3 85						21	5 98						16 25	19				6 81	16 50
		21	3 62						20	5 63						09 10	20				6 81	08 45
CONSULTA	REHILETE	20	3 52	643 20	1 83	1178 99	ALABAS	REHILETE	20	5 75	1114 29	7 25	8078 57	POSTERIOR PABELLON 1 + 2	REHILETE	20	5 81	1018 72	8 13	8282 21		
		20	3 55						19	6 32						16 30	20				5 90	08 47
		20	3 47						19	5 84						16 30	20				5 81	16 55
ASTA BANDERA	REHILETE	20	8 58	1569 36	3 25	5100 40	ENCUENTRO FARMACIA	REHILETE	19	6 02	1114 29	7 25	8078 57	POSTERIOR PABELLON 1 + 2	REHILETE	20	5 71	1018 72	8 13	8282 21		
		20	8 84						19	5 91						09 15	20				5 43	08 47
		20	8 07						20	6 32						16 30	20				5 81	16 55
ASTA BANDERA	REHILETE	20	8 58	1569 36	3 25	5100 40	ENCUENTRO FARMACIA	REHILETE	19	6 02	1114 29	7 25	8078 57	POSTERIOR PABELLON 1 + 2	REHILETE	20	5 71	1018 72	8 13	8282 21		
		20	8 84						19	5 91						09 15	20				5 43	08 47
		20	8 07						20	6 32						16 30	20				5 81	16 55
ASTA BANDERA	REHILETE	20	5 59	1025 65	1 67	1709 36	ENSEÑANZA	REHILETE	20	5 67	1226 55	7 80	9567 08	PEDRAZA	REHILETE	20	5 55	992 71	8 16	8100 54		
		20	6 21						19	4 52						09 30	20				7 70	09 10
		19	6 06						19	4 90						17 00	20				7 00	16 00
FARMACIA ISSATE	REHILETE	20	6 32	1139 71	7 50	8547 85	ALDATORO	REHILETE	20	5 15	929 55	7 50	6972 40	POSTERIOR PABELLON 3 + 4	REHILETE	20	7 00	1294 43	6 83	8840 95		
		20	6 20						19	4 95						09 35	20				7 25	09 05
		23	3 50						19	4 17						08 30	20				7 52	09 15
NUEVA UNIDAD INVESTIGACION	REHILETE	20	3 14	548 68	7 41	4065 74	TANQUE ELEVADO	REHILETE	19	4 22	783 61	8 08	6331 57	PABELLON 3 + 4	REHILETE	20	7 77	1433 45	8 08	11582 30		
		21	3 15						19	4 20						16 35	19				7 82	17 20
		22	3 30						19	4 20						08 35	19				7 74	09 20
ESTACIONAMIENTO	REHILETE	20	8 98	1569 36	4 53	7109 18	GOBIERNO	REHILETE	20	4 53	825 50	8 08	6678 14	POSTERIOR PABELLON 3 + 4	REHILETE	20	7 00	1250 09	8 08	10100 67		
		20	8 84						19	4 48						16 40	20				6 86	09 20
		20	8 07						19	4 40						08 35	20				7 19	17 25
URGENCIAS	ASPERSOR	20	6 53	643 20	6 00	3859 23	PAS 3 + 4	REHILETE	19	4 77	1196 49	8 16	9763 36			20	7 02	1250 99	8 08	105220 37		
		20	3 55						19	6 35						08 40	20				6 53	08 45
		20	3 47						19	5 44						15 50	20				6 53	17 05
URGENCIAS	REHILETE	20	5 45	1016 32	6 17	6267 32	PAS 1 + 2	REHILETE	19	5 44	1461 02	8 33	12170 26			20	5 55					
		21	5 85						20	7 57						08 45	20				8 35	17 05
		19	5 61						20	8 20						1461 02	20				8 35	12170 26
PROMEDIO				1007 08		76678 24	PROMEDIO				1024 03		101912 24									

Tabla A.2. (continuación)

JUEVES							VIERNES						
ÁREA	TIPO DE RIEGO	TIEMPO SEG	CONSUMO LITROS	L/P	TIEMPO DE RIEGO(h)	GASTO L/DIA	ÁREA	TIPO DE RIEGO	TIEMPO SEG	CONSUMO LITROS	L/P	TIEMPO DE RIEGO(h)	GASTO L/DIA
PEDIATRIA	ASPERSOR	21	5 86		NOCTERNO 08 30 16 30 8 00	989 97	SERVICIOS GENERALES	ASPERSOR	20	4 56	823 10	NOCTERNO 08 30 16 30 8 00	6584 81
		20	5 16	20					4 52				
		20	5 65	19					4 38				
		20	5 56	20					4 45				
PABELLÓN 5 Y 8	ASPERSOR	20	3 55		08 45	5112 48	NUEVA UNIDAD INVESTIGACIÓN	REHILETE	19	7 00	1292 42	08 33 16 36 8 03	10378 12
		20	3 63	20	7 08								
		20	3 32	19	6 58								
		19	3 30	19	5 10								
INCUBADOR	REHILETE	19	3 30		08 50	4785 02	ANATOMIA PATOLOGIA	REHILETE	19	4 40	809 17	08 35 16 40 8 08	6538 13
		20	3 32	19	4 22								
		19	3 31	20	4 57								
		19	3 54	19	4 48								
NUEVA UNIDAD INVESTIGACIÓN	REHILETE	20	3 58		08 55	5141 00	COCINA	REHILETE	20	5 29	898 13	08 40 15 45 8 08	7256 92
		20	3 76	19	4 67								
		20	3 63	19	4 81								
		19	3 40	20	5 56								
POSTERIOR NUEVA UNIDAD INVESTIGACIÓN	REHILETE	20	3 48		09 00	5153 49	TANQUE ELEVADO	REHILETE	19	5 13	992 68	08 45 16 50 8 08	8020 84
		20	3 93	20	5 43								
		20	3 60	19	5 37								
		19	4 85	20	7 66								
ASTA BANCERA	REHILETE	20	4 25		09 05	6631 59	PABELLÓN 3 Y 4	REHILETE	21	8 04	1399 70	08 50 16 55 8 08	11309 56
		19	4 78	19	7 50								
		19	4 56	20	7 73								
		19	3 80	20	7 30								
ASTA BANCERA	REHILETE	20	3 17		09 10	4811 40	AUDITORIO	REHILETE	20	6 90	1261 49	08 55 17 00 8 08	10192 87
		20	3 09	21	7 34								
		20	3 35	20	7 18								
		19	5 66	20	6 16								
ASTA BANCERA	REHILETE	20	6 00		09 20	8170 08	URGENCIAS	REHILETE	20	5 79	1132 25	09 00 17 05 8 08	9148 81
		20	5 79	19	6 49								
		20	5 32	20	6 15								
		20	6 55	20	6 37								
INTENDENCIA	REHILETE	19	6 05		09 25	8897 84	PEDIATRIA	REHILETE	19	5 44	1059 28	09 05 17 10 8 08	8559 00
		20	6 18	21	6 33								
		20	6 29	20	5 88								
		20	4 93	19	7 39								
AULAS INMUNAM	REHILETE	19	4 77		07 12	6891 86	PABELLÓN 3 Y 4	ASPERSOR	19	7 30	1400 95	09 10 16 41 7 51	10521 14
		20	5 00	19	7 41								
		20	4 90	19	7 37								
		20	5 35										
URGENCIAS	REHILETE	20	5 15		09 35	976 46				1106 92			88510 01
		20	5 40		17 15								
		20	5 30		7 66								
		19	5 90										
URGENCIAS	ASPERSOR	20	7 48		09 40	1346 77							10316 24
		19	7 43		17 20								
		19	7 29		7 66								
		22	5 28										
AULAS INMUNAM	REHILETE	21	5 34		09 45	913 00							6993 59
		20	5 18		17 25								
		21	5 27		7 66								
		20	5 47										
AULAS INMUNAM	REHILETE	21	5 49			982 34							7524 72
		22	6 19										
		21	5 72										
		21	5 72										
PROMEDIO							PROMEDIO						
882 08							95828 53						

Tabla A.3. Medición y estimación del volumen de consumo para el riego realizado con manguera

Día	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
	Tiempo (s)	Consumo (L)								
Medición	10	5.35	9	5.00	17	5.41	10	3.66	19	4.82
	9	5.20	9	4.90	11	5.00	9	3.50	19	4.61
	10	5.54	10	5.80	11	5.15	10	3.52	19	4.56
Promedio	10	5.36	10	5.23	13	5.19	10	3.56	19	4.66
L/s	0.55		0.55		0.41		0.36		0.24	
L/día	13947.99		13877.24		10354.16		9179.26		6102.61	

Nota: El riego con manguera es de aproximado 7 horas por día

A.2.1.3 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DE LAVANDERÍA

En la Tabla A.4 se presentan las dimensiones de las lavadoras y la memoria de cálculo para la determinación del volumen de agua que se emplea en los niveles bajo, medio y alto. En la Tabla A.5 se presenta la medición y estimación del volumen de consumo de agua en el Departamento de Lavandería.

Tabla A.4. Dimensiones de lavadoras y memoria de cálculo para determinar el volumen de agua que se emplea en los niveles bajo, medio y alto

Lavadora	Diámetro (m)	Radio (m)	Largo (m)	Nivel alto (m)	Nivel medio (m)	Nivel bajo (m)
Cascadex	1.620	0.810	0.810	0.650	0.520	0.350
Trialta	1.130	1.130	0.565	0.433	0.365	0.290
Unimac	0.956	0.956	0.478	0.423	-	0.323
Unimac	0.956	0.956	0.478	0.423	-	0.323

	<p>DONDE:</p> <p>r= radio</p> <p>x= diámetro</p> <p>A°=ángulo</p> <p>b= nivel de agua (bajo, alto, medio)</p> <p>Nota: Para la obtención de A° se trazó una figura a escala con las dimensiones correspondientes para cada lavadora</p>	<p>Fórmulas</p> $Volumen_{NOP} = (largo)(áreaseg_{NOP})$ $Áreaseg_{NOP} = \text{áreasector}_{NOP} - \text{áreatriángulo}_{NCP}$ $longitudarco = \frac{\pi A^\circ}{180^\circ}$ $Áreaseg_{NOP} = \frac{[(longitudarco_{NOP})(r)] - [x(r - b)]}{2}$
--	---	---

Tabla A.5. Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el Departamento de Lavandería

Lavadora	Volumen de consumo (m ³)			Número de lavados Ropa /día	Núm. de enjuagues / día			Volumen de consumo					
	Nivel alto	Nivel medio	Nivel Bajo		Nivel alto	Nivel medio	Nivel bajo	Litros (L)	Metros (m ³)				
1	CASCADEX	1.3641	0.9671	0.4627	2	-	6	1	12530.6	12.53			
2	TRIALTA*	0.4076	0.3122	0.2122	1	6	1	-	5515.6	5.52			
3	UNIMAC	0.2056	-	0.1406	3	7	-	-	4317.6	4.32			
4	UNIMAC	0.2056	-	0.1406	2	7	-	-	2878.4	2.88			
Total									8			25242.3	25.24

*Se multiplica por dos debido a que la lavadora posee dos compartimentos en forma horizontal

A.2.1.4 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EN EL ASEO DE LAS DIFERENTES ÁREAS DEL HOSPITAL

El proceso de limpieza se realiza de dos formas, generalmente. En algunas áreas es con cubetas y en otras con manguera. En la Tabla A.6 se muestran los consumos de las áreas que realizan limpieza con cubetas y en la Tabla A.7 las que realizan su limpieza con manguera.

A.2.1.5 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DE COCINA

El Departamento de Cocina se divide en tres secciones, la sección donde se elaboran las dietas a los pacientes, la sección donde se elaboran los alimentos para el personal en general y el área de comedor para personal del hospital.

Tabla A.6. Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el aseo con cubeta de las diferentes áreas

Área	Volumen de consumo (L)	Área	Volumen de consumo (L)	Área	Volumen de consumo (L)	Área	Volumen de consumo (L)
Farmacia	72	Subdirección Médica Auditorio	63	Pabellón 5 y 6	350	Servicios generales	35
Sala de espera	306	Pabellón 1 y 2	424	Pabellón 7	560	Mantenimiento	134
Aulas UNAM / IPN	50	Oficinas Generales, Dirección / Planeación	124	Pabellón 8	592	Unidad de Investigación	210
Almacén de Farmacia Epidemiología	60	Pabellón 3 y 4	324	Pabellón 9	140	Nueva Unidad de Investigación	162
Enseñanza	379	Banco de Sangre Patología Lab. Clínico Baños públicos	1022	Pabellón 10	78	Pasillos	320
Damas voluntarias	20	Urgencias Consulta Externa y Estomatología	741	Pabellón 11	70	-	-
Total (L)							6236
Total m ³							6.24

Tabla A.7. Medición y estimación del volumen de agua en el aseo con manguera de las diferentes áreas

Área	Tiempo (min)	Volumen de consumo (L)
Bioterio	30	759.6
Incinerador	30	759.6
Lavandería	20	506.4
Calderas	20	506.4
Patología	30	759.6
Lab. Clínico	30	759.6
Cirugía	30	759.6
Total(L)		4810.8
Total (m ³)		4.8

En la Tabla A.8 se muestran la medición y estimación de los volúmenes de consumo de agua en el servicio de cocina general. Esta área se subdivide en cocina previa (preparación y lavado de verduras, carne y otros), área negra (lavado del material empleado para la elaboración de la comida como cacerolas, charolas y otros), área caliente (se realiza el cocimiento de la comida, lavado de cucharas y otros), área de pacientes (preparación, lavado de utensilios asignados a la preparación de alimento de los pacientes) y el área de dietas (preparación de las dietas). En la Tabla A.9 se muestra la medición y estimación del volumen de consumo de agua empleado en la preparación de los alimentos. En la Tabla A.10 se muestra el volumen de consumo de agua empleada para la limpieza del área de cocina y comedor.

En la Tabla A.11 se muestra el volumen de consumo de agua para el lavado de loza del personal y en la Tabla A.12, el volumen de consumo del lavado de loza para pacientes.

A.2.2 PERSONAL

A.2.2.1 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EN EL LAVADO DE MANOS, REGADERAS, INODOROS Y MINGITORIOS DEL PERSONAL EN EL HOSPITAL DE TERCER NIVEL EN ESTUDIO

En la Tabla A.13 se muestra la medición y estimación del volumen de consumo de agua para un lavado de manos normal.

Tabla A.8. Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el servicio de cocina general

Cocina general										
Volumen (L)	Tiempo (s)	L/s	Volumen de consumo (L)	Volumen (L)	Tiempo (s)	L/s	Volumen de consumo			
Cocina previa				Área negra						
0.46	4	0.09	1679.01	1.00	4	0.29	5197.31			
0.44	5			1.00	3					
0.46	5			1.00	3					
0.45	5			1.00	3					
1.00	11	0.09	1549.50	1.00	6	0.17	3047.40			
1.00	12			1.00	6					
1.00	12			1.00	6					
1.00	12			1.00	6					
Área caliente				Área dietas						
1.00	7	0.15	2621.36	1.00	3	0.30	1096.45			
1.00	7			1.00	3					
1.00	7			1.00	3					
1.00	6	0.17	3028.60	1.00	3	0.20	724.83			
1.00	6			1.00	6					
1.00	6			1.00	6					
1.00	5	0.20	3629.03	1.00	5	0.13	1125.00			
1.00	5			1.00	8					
1.00	5			1.00	8					
0.30	5	0.06	1143.06	1.00	8	0.12	1058.50			
0.29	5			0.63	6					
0.32	5			0.64	6					
0.30	5	0.10	931.68	0.68	5	28.20	28195.59			
Área Pacientes				0.65	6					
1.25	8			0.15	1363.85			Total(L)		
1.24	8							28195.59		
1.30	8	Total(m3)								
1.26	8	28.20								
1.00	10	0.10	931.68	Total(L)						
1.00	9			28195.59						
1.00	10			Total(m3)						
1.00	10	0.10	931.68	28.20						

Tabla A.9. Medición y estimación del volumen de consumo de agua empleado en la preparación de los alimentos

Actividad	Observaciones	Cálculo	Volumen de consumo
Preparación de agua, personal y pacientes	Personal: Se emplean 4 ollas diarias para la comida, 2 en el desayuno y 2 en la cena Pacientes: Se les dan jarras con aproximadamente 2 L, se consideran 200 pacientes como máximo	$V = \pi r^2 h$ Donde r= radio y h= altura Las dimensiones son $\varnothing=48$ y $h=50$ cm Se tiene un volumen de 90.47 L en cada una Personal: 723.82 L Pacientes: 400 L	1123.82
Elaboración de alimentos	Se tiene 3 marmitas: Una en la cocina de dietas con una capacidad de 95 L y dos en la cocina general con una capacidad de 395 L cada una	Si se llenan 3 veces al día cada una	2655.00
Total (L)			3778.82
Total (m ³)			3.78

Tabla A.10. Volumen de consumo de agua empleada para la limpieza del área de cocina y comedor

Agua empleada para limpieza del área				
Lavado de piso (Con manguera)	Volumen (L)	Tiempo (s)	L/s	Volumen de consumo
	1	3	0.30	3289.34
	1	3		
	1	3		
	1	3		
Se emplean aproximadamente 8 cubetas (10 L), si se realiza tres veces al día serán 24 cubetas x 10 L				240.00
Total (L)				3529.34
Total (m ³)				3.53

Tabla A.11. Volumen de consumo de agua para el lavado de loza del personal

Lavado de loza				
Personal	Volumen (L)	Tiempo (s)	L/s	Volumen de consumo
Tarja junto al triturador	1	7	0.14	2565.32
	1	7		
	1	7		
	1	7		
Tarja	1	13	0.08	1443.46
	1	12		
	1	13		
	1	12		
Lavadora de loza* HOBART(CRS-66-A)	Consumo por hora de operación		1,286.50	6432.50
Para calcular el volumen de consumo de agua en el canal que va hacia la trituradora, se empleó el método sección-velocidad $Q=(A)(V)$ Donde Q=gasto, A=área y V=velocidad Área=(ancho)(tirante de agua) Velocidad=(distancia)/(tiempo), se calculó una distancia conocida (47cm) y el tiempo que tardó un papel en recorrer esta distancia $Q=[(14.5\text{ cm})(0.9\text{ cm})][(47\text{ cm})/(1.1533\text{ s})]=531.7875\text{ cm}^3/\text{s}$ Se consideró que el horario de servicio es de 5 horas				9572.18
Total (L)				20013.46
Total (m ³)				20.01

*Dato proporcionado por el proveedor

En la Tabla A.14 se muestra la medición y estimación del volumen de consumo de agua en el uso de inodoros, mingitorios y lavado de manos del personal del hospital de tercer nivel en estudio.

Tabla A.12. Volumen de consumo del lavado de loza para pacientes

Área	Tiempo (s)	Volumen (L)	L/s
PAB 6	4	0.62	0.16
	4	0.64	
	4	0.54	
	4	0.60	
PAB 3	4	0.51	0.12
	5	0.55	
	4	0.56	
	4	0.54	
PAB 5	4	0.57	0.13
	4	0.45	
	4	0.48	
	4	0.50	
PAB 1	5	0.43	0.10
	5	0.50	
	5	0.49	
	5	0.47	
PAB 2	4	0.49	0.12
	4	0.46	
	4	0.53	
	4	0.49	
PAB 4	4	0.50	0.13
	4	0.54	
	4	0.50	
	4	0.51	
Promedio			0.13L/s
Total (L)			7495.40
Total (m ³)			7.50
Se consideran las 7 áreas de lavado de loza para pacientes ("tizanas"), anexando urgencias, Pabellón 7B, Pabellón 8 y Pabellón 9, el tiempo en promedio de lavado es de media hora y considerando desayuno, comida y cena			

Tabla A.13. Medición y estimación del volumen de consumo de agua para un lavado de manos normal

Volumen (L)	Tipo de llave	Volumen(L)	Tipo de llave	Volumen (L)	Tipo de llave
0.400	Ahorradora	0.430	Mezcladora	0.450	Globo
0.640	Ahorradora	0.830	Mezcladora	0.450	Globo
0.540	Ahorradora	0.470	Mezcladora	0.940	Globo
0.540	Ahorradora	0.830	Mezcladora	0.850	Globo
0.590	Ahorradora	0.470	Mezcladora	0.350	Globo
0.570	Ahorradora	0.470	Mezcladora	2.470	Globo
1.270	Mezcladora	0.490	Mezcladora	0.910	Globo
0.660	Mezcladora	0.550	Mezcladora	0.530	Globo
0.610	Mezcladora	1.100	Mezcladora	1.550	Globo
0.400	Mezcladora	0.680	Ahorradora	0.350	Globo
0.480	Mezcladora	0.400	Ahorradora	0.310	Globo
0.460	Globo	1.060	Ahorradora	1.100	Globo
0.600	Globo	0.400	Ahorradora	1.100	Globo
1.370	Mezcladora	0.450	Ahorradora	0.800	Globo
0.790	Mezcladora	1.330	Mezcladora	0.940	Globo
0.710	Mezcladora	0.640	Mezcladora	0.950	Globo
0.520	Mezcladora	0.960	Mezcladora	1.950	Globo
0.800	Mezcladora	1.300	Mezcladora	0.960	Bola
0.660	Globo	1.640	Mezcladora	1.480	Bola
0.870	Globo	1.100	Mezcladora	2.170	Bola
0.330	Globo	1.720	Mezcladora	0.760	Bola
0.620	Globo	1.300	Mezcladora	0.500	Bola
1.150	Globo	0.350	Mezcladora	0.650	Globo
0.750	Globo	0.840	Mezcladora	0.310	Globo
0.500	Globo	0.450	Mezcladora	0.660	Globo
1.480	Globo	1.050	Mezcladora	0.460	Globo
0.380	Globo	0.460	Mezcladora	0.560	Globo
0.330	Globo	1.560	Mezcladora	0.580	Globo
0.370	Globo	0.860	Mezcladora	1.590	Globo
1.350	Globo	0.530	Mezcladora	0.530	Globo
0.690	Globo	0.440	Mezcladora	0.827	Globo
Promedio					0.8058 L

Tabla A.14. Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el uso de inodoros, mingitorios y lavado de manos del personal en el hospital de tercer nivel

Personal Usuario			Flujo total en inodoros /mingitorios (L/día)			Lavabo (L/día)			Flujo total (L/día)
F*	M*	SS*	F	M	SS	F	M	SS	
1059	625	108	19062	11250	648	2559.7	1510.9	87.03	35117.63
Total									35.12 m ³ /d

*Donde F (femenino). M (masculino), SS (servicio social)

En la Tabla A.15 se muestran la medición y estimación del volumen de consumo de agua en regaderas en el hospital de tercer nivel en estudio, para después calcular el volumen de consumo de agua en regaderas por usuario (ver Tabla A.16).

Tabla A.15. Medición y estimación del consumo de agua en regaderas en el hospital de tercer nivel en estudio

Area	Número de usuarios	Flujo(L/d)
Intendencia	174	9433.80
Enseñanza	44	2385.56
Enfermería	448	24289.31
Anatomía y Patología	87	4716.90
Comedor	91	4933.77
Cirugía	21	1138.56
Lavandería	25	1355.43
Mantenimiento	20	1084.34
Bioterio	10	542.17
Cirugía experimental	7	379.52
Apoyo técnico	17	921.69
Total	(L/día)	51181.05
	m ³ /d	51.18

Tabla A.16. Medición y estimación del consumo de agua en regaderas en el hospital de tercer nivel en estudio

Tiempo (s)	Volumen (L)	L/s	Tiempo de baño (s)	Total (L)	Tiempo (s)	Volumen (L)	L/s	Tiempo de baño (s)	Total(L)
5	1.00				5	0.91			
5	1.06				4	0.90			
5	1.05				5	0.98			
5	1.04	0.1987	420	83.4633	5	0.93	0.1968	600	118.0536
5	0.91				5	0.97			
4	0.90				6	2.00			
5	0.98				5	1.86			
5	0.93	0.1968	360	70.8322	5	1.61	0.3011	360	108.4040
5	0.97				5	1.00			
6	2.00				5	1.06			
5	1.86				5	1.05			
5	1.61	0.3011	360	108.4039	5	1.04	0.1987	720	143.0799
5	1.19				5	0.97			
4	1.07				6	2.00			
5	1.11				5	1.86			
5	1.12	0.2440	420	102.4909	5	1.61	0.3011	480	144.5387
5	0.68				5	0.68			
5	0.75				5	0.75			
5	0.82				6	0.82			
5	0.75	0.1475	540	79.6721	5	0.75	0.1475	480	70.8197
4	1.44				5	0.91			
5	1.62				4	0.90			
5	1.72				5	0.98			
5	1.60	0.3299	540	178.1366	5	0.93	0.1968	480	94.4429
5	1.00				PROMEDIO(L)				108.4344
5	1.06								
5	1.05								
5	1.04	0.1987	540	107.3010					

En la Tabla A.17 se muestra la estimación del volumen de consumo de agua en el lavado de utensilios de cocina y aseo bucal en el hospital de tercer nivel en estudio. Con los datos proporcionados por el Departamento de Alimentación sobre el número de personas que desayunan, comen y cenan se completó esta información.

Tabla A.17. Estimación del volumen de consumo de agua en lavado de utensilios de cocinas y aseo bucal

	Núm. personas	Lavado de trastos y aseo bucal
Desayuno	650	1222.39
Comida	700	1316.42
Cena	250	470.15
Total (L)		3008.96
Total (m ³)		3.01
Nota: Se consideró que para el lavado de trastos se emplean 1.612 L*, y que la tercera parte de personal realiza aseo bucal (0.8058)*		
*Datos de la Tabla A.13		

A.2.3 HOSPITALIZACIÓN

A.2.3.1 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EMPLEADA PARA LAVADO DE "PATOS", CÓMODOS Y PROBETAS

En la Tabla A.18 pueden verse los datos de la medición y estimación del volumen de consumo para el la obtención de un promedio del volumen de agua que se emplea en lavado de patos, probetas y cómodos.

De la tabla anterior se calcula la estimación del volumen de consumo de agua empleada en el lavado de "patos", cómodos y probetas con relación al número de pacientes que los emplean (Ver Tabla A.19).

Tabla A.18. Medición y estimación del volumen de consumo de agua potable para lavado de "patos", cómodos y probetas

Área	Sección	Tiempo de medición			Tiempo de lavado (s)			Volumen de agua empleada (L)			
		Tiempo (s)	Volumen (L)	L/s	Cómodos	Patos	Probetas	Cómodos	Patos	Probetas	
Urgencias		3	0.98	0.38	24	32	9	8.85	12.09	3.24	
		3	1.02								
		3	1.02								
		3	1.01								
Pabellón 1	Norte	3	0.38	0.14	8	10	4	1.16	1.35	0.59	
		3	0.42								
		3	0.37								
		3	0.39								
Pabellón 1	Sur	3	0.38	0.14	8	10	4	1.10	1.35	0.59	
		3	0.42								
		3	0.37								
		3	0.39								
Pabellón 2	Norte	3	0.33	0.15	37	14	7	5.65	2.13	1.05	
		3	0.48								
		3	0.53								
		3	0.45								
Pabellón 2	Sur	3	0.27	0.08	32	36	4	2.53	2.86	0.33	
		3	0.27								
		3	0.27								
		3	0.27								
Pabellón 3	Norte	4	0.41	0.13	15	19	4	1.90	2.44	0.55	
		3	0.41								
		3	0.46								
		3	0.43								
Pabellón 3	Sur	4	0.64	0.20	19	17	5	3.80	3.51	1.06	
		4	0.75								
		4	0.86								
		4	0.75								
Pabellón 4	Norte	2	0.70	0.31	6	5	4	1.89	1.51	1.25	
		2	0.87								
		2	0.56								
		2	0.71								
Pabellón 4	Sur	2	0.70	0.31	8	10	3	2.54	2.86	0.94	
		2	0.87								
		2	0.56								
		2	0.71								
Pabellón 5	Norte	2	0.33	0.16	9	6	5	1.48	1.02	0.74	
		2	0.32								
		2	0.33								
		2	0.33								
Pabellón 5	Sur	2	0.33	0.16	9	6	5	1.48	1.02	0.74	
		2	0.65								
		2	0.58								
		2	0.60								
Pabellón 6	Norte	2	0.61	0.31	7	8	4	2.05	2.32	1.16	
		2	0.65								
		2	0.58								
		2	0.60								
Pabellón 6	Sur	2	0.61	0.31	7	8	4	2.05	2.32	1.16	
		3	0.34								
		3	0.36								
		3	0.36								
Pediatría		3	0.35	0.13	22	16	8	2.90	2.14	1.07	
		3	0.40								
		3	0.45								
		3	0.41								
Otorrinolaringología		3	0.42	0.15	16	17	8	2.47	2.48	1.24	
		3	0.22								
		3	0.23								
		3	0.27								
Terapia Intermedia		3	0.24	0.08	19	26	5	1.55	2.17	0.44	
		3	0.07								
		4	0.06								
		4	0.07								
Terapia Intensiva		3	0.07	0.02	51	58	23	1.08	1.24	0.49	
		3	0.38								
		3	0.39								
		4	0.40								
Pabellón 8	Recuperación	3	0.38	0.12	8	13	6	1.00	1.58	0.79	
		3	0.30								
		3	0.30								
		3	0.30								
Pabellón 9		3	0.30	0.11	38	4	4	4.14	0.43	0.43	
		3	0.30								
		3	0.30								
		3	0.30								
		Promedio			0.18	18	17	6	2.62	2.47	0.94

Tabla A.19. Estimación del volumen de consumo de agua empleada en el lavado de "patos", cómodos y probetas

Área	Sección	Núm. pacientes	Patos			Cómodos				
			Relación de paciente que emplean patos	Núm. patos lavados por día	Flujo (L/día)	Relación de paciente que emplean cómodos	Núm. cómodos Lavados por día	Núm. veces que acciona palanca	Flujo (L/día)	
Urgencias		27-16	3	9	22.23	3	6	2	87.72	
Pabellón 1	N	10	1	3	7.41	1	2	3	41.24	
Pabellón 1	S	11	1	3	7.41	1	2	2	29.24	
Pabellón 2	N	11	1	3	7.41	1	2	3	41.24	
Pabellón 2	S	11	10	30	74.10	1	2	4	53.24	
Pabellón 3	N	15	13	39	96.33	13	26	5	848.12	
Pabellón 3	S	11	10	30	74.10	10	20	2	292.40	
Pabellón 4	N	9	7	21	51.87	7	14	3	288.68	
Pabellón 4	S	8	6	18	44.46	6	12	2	175.44	
Pabellón 5	N	9	1	3	7.41	1	2	3	41.24	
Pabellón 5	S	2	1	3	7.41	1	2	3	41.24	
Pabellón 6	N	11	8	24	59.28	8	16	2	233.92	
Pabellón 6	S	11	8	24	59.28	8	16	3	329.92	
Pediatría		19	10	30	74.10	10	20	3	412.40	
Otorrinolaringología		4	1	3	7.41	1	2	2	29.24	
Terapia Intermedia		4	0	0	0.00	0	0	0	0.00	
Terapia Intensiva		6	0	0	0.00	0	0	0	0.00	
Pabellón 8		9	9	27	66.69	9	18	3	1580.76	
Pabellón 9		6	2	6	14.82	2	4	3	82.48	
Promedio Lavado de patos (L/día)					681.72	Promedio Lavado de cómodos (L/día)				4608.52
El volumen de consumo para el lavado de probetas es de 15.98 L (0.94 L por probeta)										
Total del lavado de patos y cómodos(L/día)								5306.22		
Total (m3)								5.31		

A.2.3.2 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EMPLEADA EN EL LAVADO DE MANOS, REGADERAS Y SANITARIOS

En la Tabla A.20 se presentan los datos de la medición y estimación del volumen de agua empleado para regaderas, sanitarios y lavabos y se incluyen también los datos de pacientes que emplean palanganas.

Tabla A.20. Medición y estimación del volumen de consumo de agua empleado para regaderas, sanitarios, lavabos y palanganas

Área	Núm. pacientes	Relación de pacientes	Flujo (L/día)			
			Regaderas	Sanitarios	Lavabos	Palanganas*
Urgencias	27-16	24		720.00	96.68	-
Pabellón 1	10	9	975.91	270.00	36.26	5.00
Pabellón 1	11	10	1084.34	300.00	40.29	5.00
Pabellón 2	11	10	1084.34	300.00	40.29	5.00
Pabellón 2	11	10	1084.34	300.00	40.29	5.00
Pabellón 3	15	2	216.87	60.00	8.06	65.00
Pabellón 3	11	1	108.43	30.00	4.023	50.00
Pabellón 4	9	2	216.87	60.00	8.06	35.00
Pabellón 4	8	2	216.87	60.00	8.06	30.00
Pabellón 5	9	8	867.48	240.00	32.23	5.00
Pabellón 5	2	1	108.43	30.00	4.03	5.00
Pabellón 6	11	3	325.30	90.00	12.09	40.00
Pabellón 6	11	3	325.30	90.00	12.09	40.00
Pediatría	19	9	975.91	270.00	36.26	50.00
Otorrinolaringología	4	3				
Terapia Intermedia	4	0	325.30	90.00	12.09	5.00
Terapia Intensiva	6	0	0.00	0.00	0.00	20.00
Terapia Intensiva			0.00	0.00	0.00	30.00
Pabellón 8	9	0	0.00	0.00	0.00	45.00
Pabellón 9	6	4	433.74	120.00	16.11	10.00
Subtotal(L)			8349.45	3030.00	406.88	450.00
*Nota: El número de pacientes considerado es el de la Tabla A.19			TOTAL (L)		12236.32	
					m ³	12.24

A.2.3.3 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EMPLEADA EN EL LAVADO DE MANOS, SANITARIOS PARA PACIENTES EXTERNOS Y VISITANTES

En la Tabla A.21 se muestra la medición y estimación del volumen de agua empleado para sanitarios y lavabos por visitantes y/o pacientes externos que ingresan al hospital en estudio.

Tabla A.21. Medición y estimación del volumen de consumo de agua empleado para sanitarios y lavabos por visitantes y/o pacientes externos

Servicio	Mujeres	Hombres	Inodoros	Lavado de manos
Sala de espera servicio de estomatología	18	8	233.1	31.27
Sala de espera consulta externa (servicio de otorrinolaringología)	34	30	574.2	77.04
Sala de espera entrada principal	214	151	3285.0	440.74
Sala de espera urgencias	60	35	855.6	114.80
Subtotal			4947.9	663.85
TOTAL (L) m ³				5611.78
				5.61

A.2.3.4 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA QUE SE EMPLEA EN EL LAVADO DE MANOS ENTRE LOS EMPLEADOS MÉDICOS Y PARAMÉDICOS

Se realizan tres tipos de lavado de manos entre los empleados paramédicos y médicos:

- Lavado de manos normal (personal de oficina)

- b) En servicio (después de que se atendió a paciente o alguna actividad de curación)
- c) Mecánico (Pre y post-cirugía)

El número de veces y tiempo de lavado de manos va a depender de la actividad que se realizó y del tipo de paciente que se atendió (HIV-Virus de la Inmunodeficiencia Humana, HPB-Haemophilus Influenzae b). En la Tabla A.22 se muestran los datos de las mediciones realizadas en el tipo de lavado en servicio y el mecánico en pre y post-cirugía. El promedio se hizo multiplicando por el número de enfermeras y médicos.

A.2.3.5 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA PARA EL ÁREA DE LAVADO Y ESTERILIZACIÓN DEL EQUIPO DE INHALOTERAPIA

Para determinar el volumen de los tanques se emplearon las siguientes fórmulas:

$$V = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + r^2 + Rr)$$

donde

V = volumen

h = altura

R = radio mayor

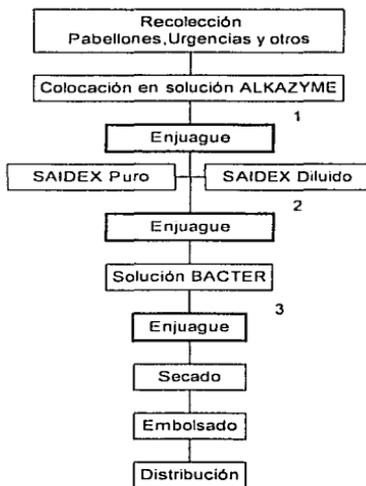
r = radio menor

En la Tabla A.23 se puede ver la medición y estimación del volumen de consumo de agua empleado para el proceso de lavado y esterilización del equipo inhaloterapia así como la descripción de este proceso.

Tabla A.22. Medición y estimación de lavado en servicio y el mecánico en pre y post-cirugía

Tiempo (s)	Medición (L)	L/s	Tiempo de lavado (s)	L	Nº de veces	Total
4	0.56	0.16	63	9.88	20.00	197.55
4	0.52					
4	0.56					
4	0.55					
3	0.13	0.05	40	1.95	15.00	29.24
3	0.18					
3	0.17					
3	0.16					
4	0.31	0.10	28	2.86	20.00	57.16
3	0.35					
3	0.34					
3	0.33					
4	0.31	0.09	60	5.66	25.00	141.46
4	0.35					
3	0.34					
4	0.33					
3	0.13	0.04	30	1.25	10.00	12.48
3	0.14					
3	0.13					
3	0.13					
3	0.14	0.04	24	0.93	20.00	18.55
3	0.13					
4	0.13					
3	0.13					
3	0.14	0.04	34	1.34	15.00	20.04
3	0.13					
4	0.13					
3	0.13					
3	0.29	0.08	50	3.91	20.00	78.21
3	0.26					
4	0.29					
4	0.28					
3	0.23	0.06	40	2.28	25.00	56.99
5	0.28					
3	0.17					
4	0.23					
Promedio						67.96
Total (L)						11030.66
m3						11.03

Tabla A.23. Medición y estimación del volumen de consumo de agua en el proceso de lavado y esterilización del equipo de inhaloterapia



Enjuague	Tiempo	Litros	L/s	Tiempo de lavado	Total
1	9	0.47	0.05	178.35	L
	10	0.52			
	10	0.54			
	10	0.51			
2	10	0.73	0.07	163.00	11.68
	10	0.76			
	10	0.70			
	10	0.73			
3	10	0.66	0.06	130.00	8.11
	10	0.63			
	10	0.61			
	10	0.63			
TOTAL (L)					28.91
m ³					0.03
Equipo de Inhaloterapia (110)				TOTAL (L)	3179.78
Contenido de los tanques				m ³	3.18
"Tambo" ALKAZYME					0.12
SAIDEX Puro					0.18
SAIDEX Diluido					0.21
Solución BACTER					0.18
Total m ³ /día					3.86
Donde ALKAZYME, SAIDEX, BACTER son soluciones comerciales empleadas para esterilización y lavado					

A.2.4 LABORATORIOS

A.2.4.1 MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE CONSUMO DE AGUA EN EL LAVADO DE MATERIAL DE LAS DIFERENTES ÁREAS

En la Tabla A.24 se muestran la medición y estimación del volumen de consumo de agua en el lavado de material y en la Tabla A.25 se muestran los datos de promedio de tiempo y consumo en el lavado de material de las diferentes áreas.

Tabla A.24. Medición y estimación del consumo de agua para lavado de material

Tiempo (s)	Consumo (L)	Consumo (L/s)	Tiempo lavado(s)	Consumo total(L)
5	0.43	0.10	1800	180.51
5	0.5			
5	0.49			
5	0.47			
4	0.49	0.12	1800	224.24
4	0.46			
4	0.53			
4	0.49			
4	0.51	0.12	1800	224.48
5	0.55			
4	0.56			
4	0.54			
4	0.50	0.13	1800	227.21
4	0.54			
4	0.50			
4	0.51			
4	0.57	0.14	1800	253.48
4	0.55			
4	0.56			
4	0.56			
4	0.57	0.13	1800	226.32
4	0.45			
4	0.48			
4	0.50			
Promedio		0.12	1800	222.71

A.2.5 INVENTARIO DE LOS DIFERENTES SERVICIOS (SANITARIOS, REGADERAS Y OTROS)

En la Tabla A.26 se muestran las áreas y el tipo de las diferentes instalaciones de extracción / uso.

Tabla A.25. Medición y estimación del consumo de agua en el lavado de material de las diferentes áreas

Área	Uso	Frecuencia (Núm. veces / día)	Flujo generado (L/día)
Audiovisual	Lavado de equipo de revelado	1	222.66
Urgencias	Lavado de equipo material Urgencias	2	445.32
	Lavado Radiología	2	445.32
	Lavado material Medicina Nuclear	2	445.32
	Lavado material Consulta Externa /Consultorios	2	445.32
	Lavado de material Inhaloterapia	2	445.32
	Lavado de material Fisiología Respiratoria	2	445.32
Estomatología	Lavado de equipo*	2	445.32
	Lavado revelado	2	445.32
Cirugía	Lavado de material pre /post cirugía	2	445.32
Pabellón 1	Lavado de material	3	667.98
Pabellón 2	Lavado de material	3	667.98
Pabellón 3	Lavado de material	3	667.98
Pabellón 4	Lavado de material	3	667.98
Pabellón 5	Lavado de material	3	667.98
Pabellón 6	Lavado de material	3	667.98
Pabellón 7	Lavado de material	3	667.98
Pabellón 7 Pediatría	Lavado de material	3	667.98
Pabellón 8 Cirugía	Lavado de material	3	667.98
Pabellón 8 Broncoscopia	Lavado de material	3	667.98
Pabellón 8 Recuperación	Lavado de material	3	667.98
Pabellón 9	Lavado de material	3	667.98
Terapia Intensiva	Lavado de material	3	667.98
Terapia Intermedia	Lavado de material	3	667.98
Ceye***	Lavado de equipo material	10	2226.60
Bioterio	Lavado de material y cisternas**	4	890.64
Anatomía Patología	Lavado de cadáveres	1	445.32*
	Lavado de materiales	3	667.98
	Lavado de tinciones	3	667.98
	Lavado de equipo	3	667.98
Unidad de Investigación	Lavado de material	4	890.64
Nueva unidad de Investigación	Lavado de material	6	1335.96
Servicios Generales	Lavado de carros	1	222.66
*se multiplicó por el doble de tiempo		Total (L) m ³	22933.98 22.93
**Dimensión pilas de bioterio (81.5x192x25 cm)			
*** Central de equipos y esterilización			

Tabla A.26. Inventario de los diferentes servicios (sanitarios, regaderas y otros)

ANEXO A-2 ACOPIO DE INFORMACIÓN

ÁREA	MODOORO			MUNDOORO			LAVABO			TARJAS			REGADERA			LAVAGOMODOS			OTROS		TOTAL					
	TOTAL	BAÑOS DE PALANCA	DE PALANCA	TOTAL	BAÑOS DE PALANCA	DE PALANCA	TOTAL	BAÑOS DE PALANCA	DE PALANCA	TOTAL	BAÑOS DE PALANCA	DE PALANCA	TOTAL	NORMAL	OTRAS	TOTAL	BAÑOS DE PALANCA	DE PALANCA	OTROS	CAMASTERIAS						
FARMACIA	2	4	1				2	2		1	1										5					
RELOJ CHECADOR							1	1													2					
MODALO DE PASES	1	1					1	1													2					
SALA DE ESPERA	3	3	3	2	2		3	3		1	1										9					
ARCHIVO	2	2					2	2													4					
INTENDENCIA OFICINAS	3	3		1	1		3	3													7					
AULAS UNAM	2	2		1	1		3	3													6					
AULAS IHN	2	2		1	1		2	2		1	1										6					
ALMACÉN DE FARMACIA	1	1					2	2		1	1										4					
EPIDEMIOLOGIA OFICINAS	1	1					1	1													2					
ALBODONIA	1	1					1	1		2	2										4					
CAPACITACIÓN Y DESARROLLO	5	5	2				2	6		6											13					
RESIDENCIA MÉDICA	10	2	8				10	10		1	1										31					
BIBLIOTECA	3		3				3	3		1	1										7					
ENSEÑANZA	7	5	2	2	1		6	6		1	1										16					
CAMAS VIGILANTARIAS	1	1					1	1		3	3										3					
ANALISIS DE EQUIPO LAVADO DE EQUIPO	2	2					2	2		4	4										9					
URGENCIAS	3	3					2	2		2	2										8					
SALA DE ESPERA URGENCIAS	3	3		1	1		2	2		2	2										6					
RADIOLOGIA TOMOGRAFIA	5	1	4				5	5		2	2										12					
RAYOS X	2	2					2	2													4					
MEDICINA NUCLEAR	3		3				3	3		1	1										4					
CONSULTORIOS	3	2	1	1	1		10	10		1	1										23					
ARCHIVO	3	3					4	4													10					
SALA ESPERA CONSULTA EXTERNA	6		6	2	2		2	2		2	2										10					
TERAPIA FISICA	3	3					3	3													6					
ANALISIS DE AUDIO Y OTORRINO	1		1				1	1		2	2										2					
FISIOLOGIA RESPIRATORIA	1		1				1	1		1	1										3					
TRABAJO SOCIAL	1		1				3	3													4					
ALERGOLOGIA	2		2				2	2													2					
CARDIOLOGIA / SEPTICO	1		1				1	1		1	1										3					
ESTOMATOLOGIA	1		1				7	7		3	3										11					
SUBDIRECCIÓN MÉDICA	11	11	10				8	8		4	4										24					
AUDIOTORIO	3		3				3	3													6					
PABELLÓN 1	11		11	2	2		25	25		8	8										55					
PABELLÓN 2	11		11	2	2		25	25		8	8										55					
PLANEACIÓN	11		11				10	10		1	1										22					
PABELLÓN 3	11		11	2	2		23	23		6	6										53					
PABELLÓN 4	11		11	2	2		23	23		6	6										56					
BANOS PÚBLICOS	13		13				4	4		9	9										36					
LABORATORIO CLINICO	4		4				4	4		21	21										37					
VESTIGIOS Y SINDICATO	27		27	3	3		25	25		1	1										88					
COMEDOR Y COCINA	3		3				2	4		4											28					
PABELLÓN 5	13		13				25	25		16	16										56					
PABELLÓN 6	13		13				25	25		16	16										56					
PABELLÓN 7 OTORRINO	6		6				11	11		3	3										27					
PABELLÓN 7 PEDIATRIA	6		6				10	10		8	8										32					
HEMODIÁLISIS	2		2				9	9		3	3										17					
PABELLÓN 7 FEBRIL INTENSIVA	3		3				20	4	12	4	12										35					
RECUPERACIÓN Y BRONCOSCOPIA	12		12				16	13		3	14										50					
PABELLÓN 8 CEYE	2		2				3	3		1	1										13					
PABELLÓN 9	15		15				17	17		5	5										51					
PABELLÓN 10	4		4				4	4		8	8										19					
PABELLÓN 11	3		3				5	5		10	10										18					
SERVICIOS GENERALES	3		3				3	3		1	1										9					
ALMACÉN Y LAVANDERIA BIOMÉDICAS / ALMACÉN Y ACTIVIDAD INCINERADOR	7	5	2	2	2		9	9													40					
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN	8		8				2	11	9												0					
NUÉVA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN	11		11				2	14	2	12	13	11	2								51					
TOTAL	299	64	235	38	15	23	428	387	12	46	3	290	188	4	1	7	158	145	14	17	17	19	17	2	38	1218

Anexo A-3
Análisis del comportamiento de caudales



ANEXO 3

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE CAUDALES

A.3.1 MEDIDOR ULTRASÓNICO

El medidor ultrasónico detecta el nivel instantáneo de la superficie del líquido. La forma en que se realizará la unión de los componentes del medidor ultrasónico PROSONIC es: Colocar en la fosa donde se va a realizar la medición el SENSOR FDU-80. Éste se conecta al equipo PROSONIC FMU-861 y después, por cable coaxial, al equipo KEITHEY DATA ACQUISITION y éste, a su vez, a la tarjeta KAITHLEY METRABYTE, que se coloca en la ranura ("slot", en inglés) de la computadora con una línea de datos (bus) ISA. El "software" LABTECH NOTEBOOK se programa para que realice la captura de los datos cada 30 segundos.^(8,9) En el Diagrama A.1 se ilustra la forma de montaje del medidor ultrasónico. Los datos obtenidos se analizaron y graficaron por medio del paquete Excel para Windows.

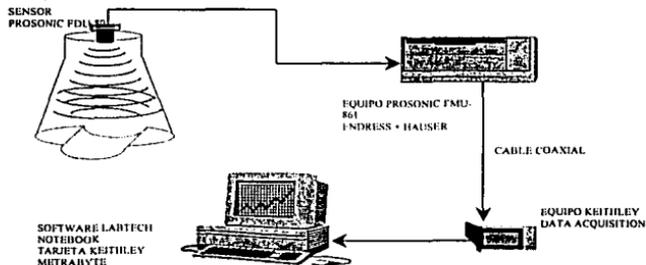


Diagrama A.1. Forma de montaje del medidor ultrasónico Prosonic FMU

A.3.2 LÍNEA CONTINUA DE CAUDAL CONTRA TIEMPO Y CAUDALES ACUMULADOS (FÓRMULA DE MANNING PARA CONDUCTOS CIRCULARES PARCIALMENTE LLENOS)

Memoria de cálculo para la determinación del flujo de agua por la fórmula de Manning para conductos circulares parcialmente llenos ^(5,13). En la Tabla A.27 se muestran las fórmulas.

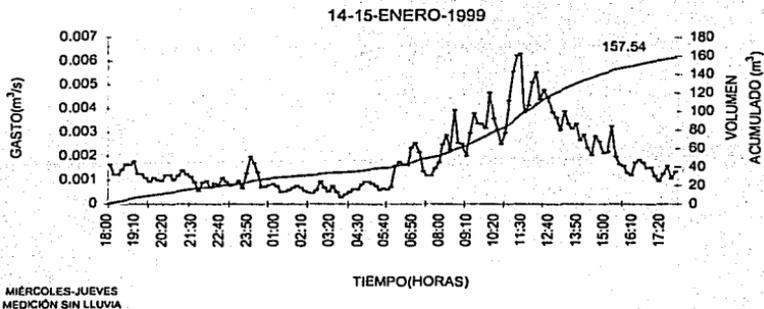
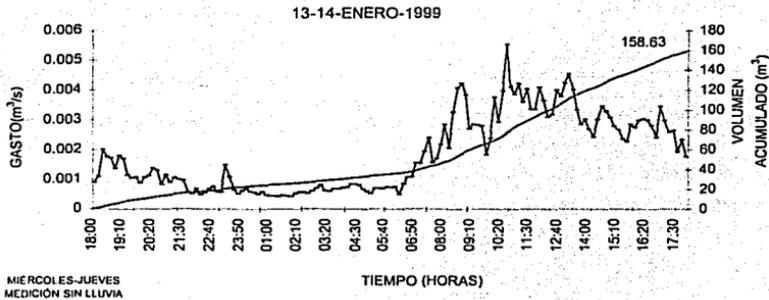
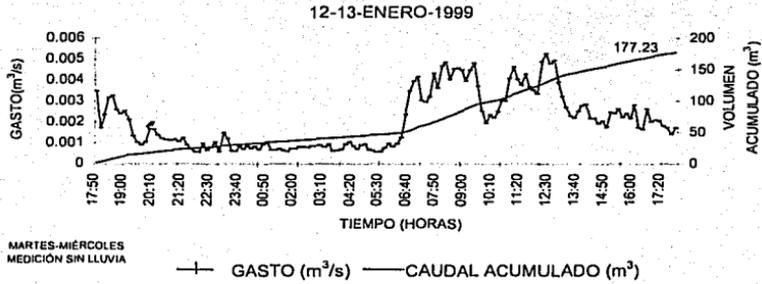
Tabla A.27. Fórmulas empleadas para la determinación del flujo de agua^(5,13)

Fórmula de Manning	
$A = \pi^2 \cos^{-1} \left[\frac{r-h}{R} \right] - (r-h) \sqrt{h(D-h)}$	$P = \frac{\pi \cdot}{90} \cos^{-1} \left[\frac{r-h}{r} \right]$
$R_h = \frac{A}{P}$	$Q = \frac{A}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$
$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$	
Donde: A (área) R (radio) h (tirante) R _h (Radio hidráulico)	P (perímetro mojado) Q (gasto) S (pendiente) N (coeficiente de rugosidad) V (velocidad de flujo)

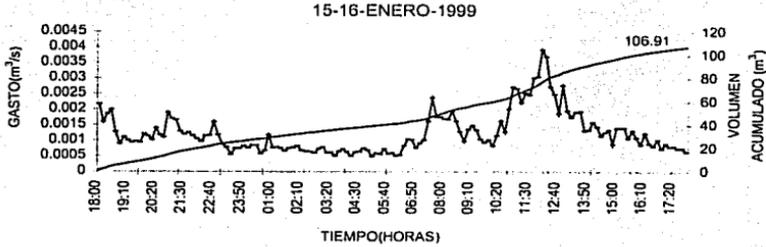
A.3.3 GRÁFICOS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS DESCARGAS DE AGUA RESIDUAL (LÍNEA CONTINUA DE CAUDAL CONTRA TIEMPO Y CAUDALES ACUMULADOS) PARA LAS FOSAS 4, 5 Y 6

En los Gráficos A.3.1, A.3.2 y A.3.3 se muestra el comportamiento de las descargas de agua residual en cada fosa en los días de medición. En los gráficos se pueden observar las variaciones del volumen de la fosa que se estaba evaluando, lo que permitió detectar las horas de mayor descarga de agua residual en cada fosa

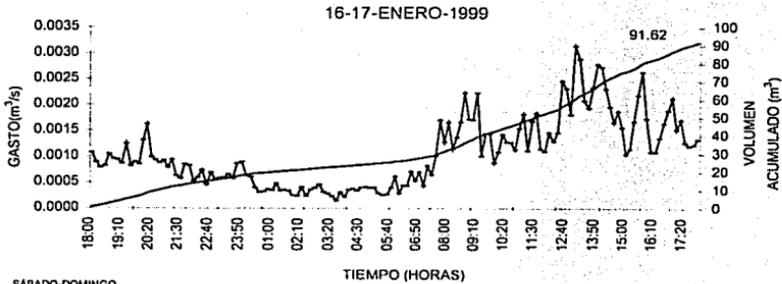
Gráficos A.3.1. Comportamiento de las descargas de agua residual en fosa 4



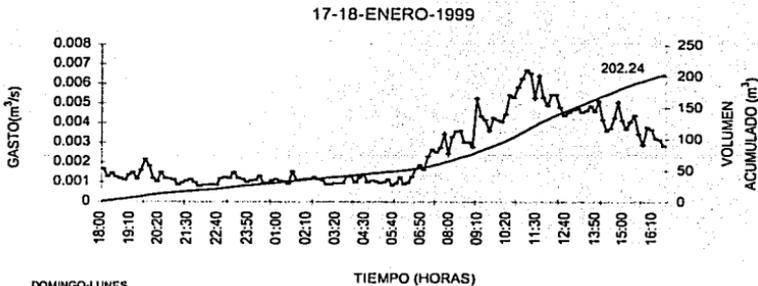
Gráficos A.3.1. Comportamiento de las descargas de agua residual en fosa 4



VIERNES-SÁBADO
MEDICIÓN SIN LLUVIA



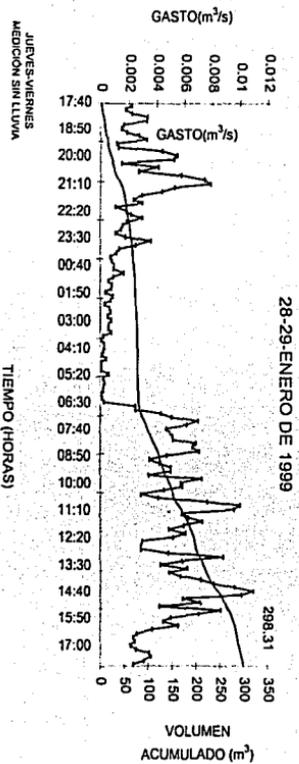
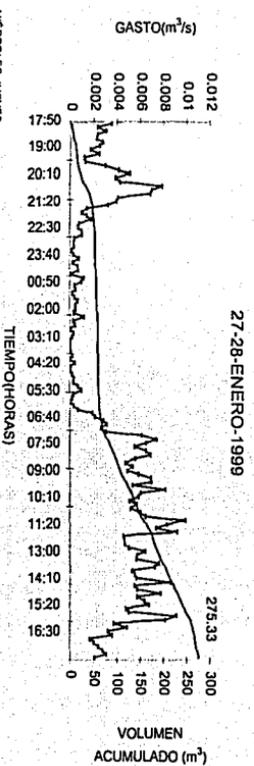
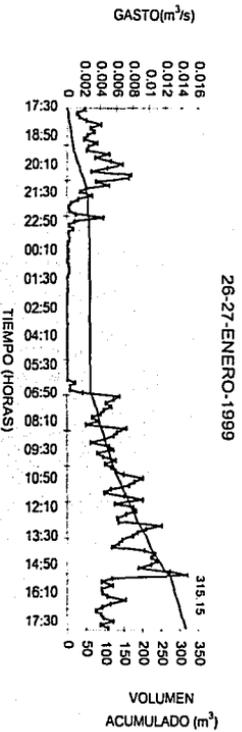
SÁBADO-DOMINGO
MEDICIÓN SIN LLUVIA



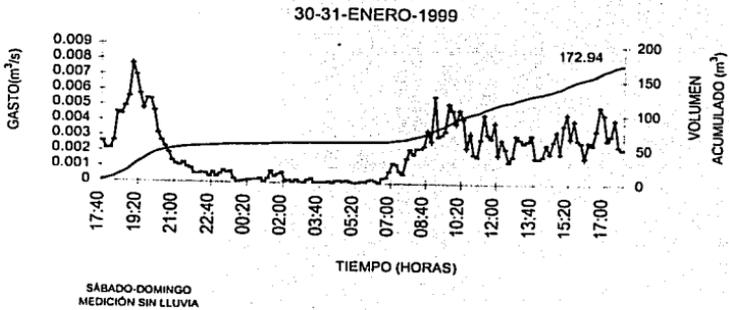
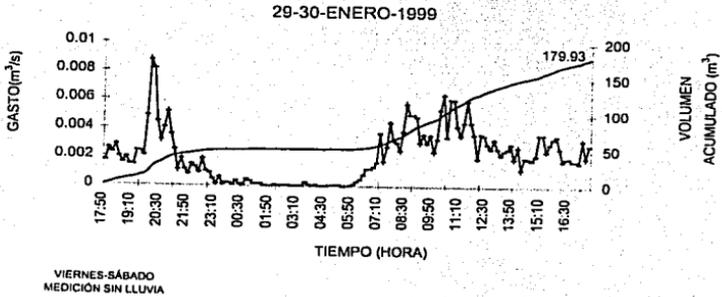
DOMINGO-LUNES
MEDICIÓN SIN LLUVIA

ANEXO A.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE CAUDALES

Gráficos A.3.2. Comportamiento de las descargas de agua residual en fosa 5

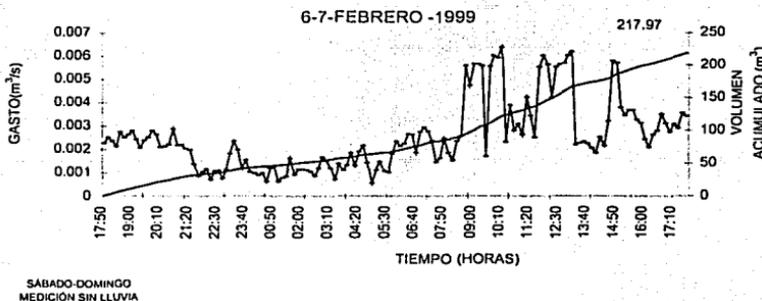
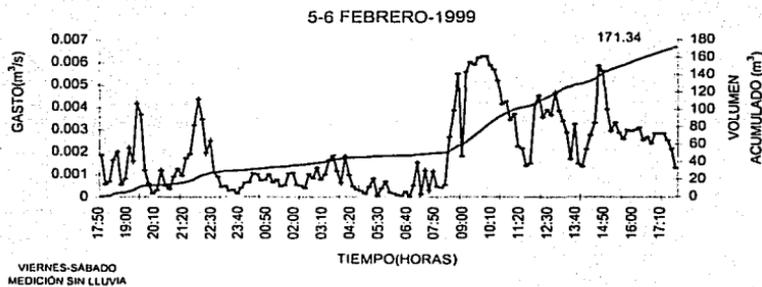
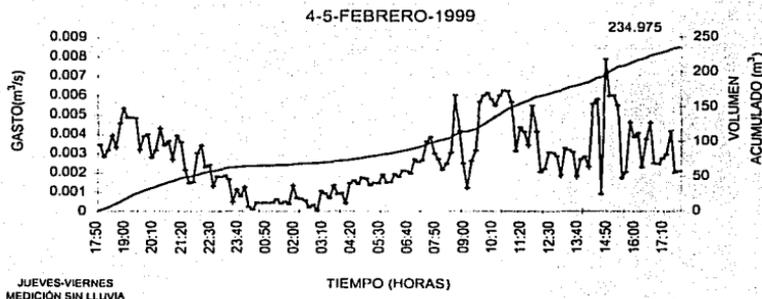


Gráficos A.3.2. Comportamiento de las descargas de agua residual en fosa 5



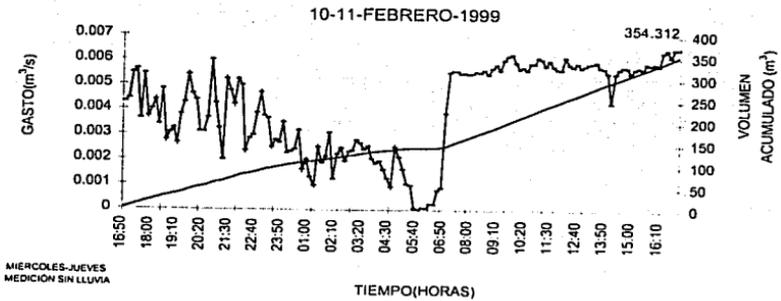
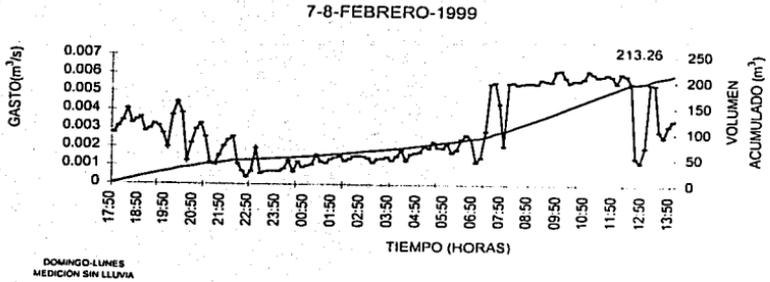
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Gráficos A.3.3. Comportamiento de las descargas de agua residual en fosa 6



ANEXO A-3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE CAUDALES

Gráficos A.3.3. Comportamiento de las descargas de agua residual en fosa 6



A.3.4 CÁLCULO DEL GASTO EN EL MUESTREO, POR EL MÉTODO SECCIÓN-VELOCIDAD

En la Tabla A.28 se muestra el cálculo de sección velocidad para las fosas 4, 5 y 6 y se incluye también el cálculo para determinar el volumen de la muestra individual. Para realizar estos cálculos se tuvieron las consideraciones siguientes:

$$\text{Volumen de la muestra} = \left(\frac{QI}{QT} \right) VF$$

donde:

QI= Gasto instantáneo

QT= Gasto total

VF= Volumen final de la muestra

En la Tabla A.29 se muestran las determinaciones para grasas y aceites (promedio ponderado), para las fosas 4, 5 y 6.

Tabla A.28. Gasto por el método sección velocidad y volumen de la muestra individual, para el muestreo en las fosas 4, 5 y 6

FOSA 4										
Método sección-velocidad						Volumen de la muestra individual				
Hora	Tirante D (m)	Tiempo (s)	D/D	A(m ²)	Velocidad (m/s)	Q(L/s)	Allicuota	Calculada	Resultado	Redondeo final
06:30	0.07	14.4	0.15	0.0067	0.0799	0.5353	3.5	0.5353/3.8311	0.4890	490
09:30	0.06	8.4	0.13	0.0051	0.1369	0.6981	3.5	0.6981/3.8311	0.6378	640
12:30	0.05	5.8	0.11	0.0037	0.1983	0.7337	3.5	0.7337/3.8311	0.6703	670
15:30	0.04	9.0	0.09	0.0025	0.1111	0.2777	3.5	0.2777/3.8311	0.2537	250
18:30	0.07	9.4	0.15	0.0077	0.1223	0.9417	3.5	0.9417/3.8311	0.8603	860
21:30	0.06	9.1	0.13	0.0051	0.1264	0.6446	3.5	0.6446/3.8311	0.5889	590
										3500
FOSA 5										
Método sección-velocidad						Volumen de la muestra individual				
Hora	Tirante D (m)	Tiempo (s)	D/D	A(m ²)	Velocidad (m/s)	Q(L/s)	Allicuota	Calculada	Resultado	Redondeo final
07:00	0.06	4.3	0.13	0.0051	0.2791	1.4234	3.5	1.4234/8.6300	0.5773	580
10:00	0.08	4.8	0.18	0.0093	0.2500	2.3250	3.5	2.3250/8.6300	0.9429	940
13:00	0.06	6.2	0.13	0.0051	0.1936	0.9873	3.5	0.9873/8.6300	0.4004	400
16:00	0.06	4.6	0.13	0.0051	0.2609	1.3305	3.5	1.3305/8.6300	0.5396	540
19:00	0.06	6.2	0.13	0.0051	0.1936	0.9873	3.5	0.9873/8.6300	0.4004	400
22:00	0.07	5.1	0.15	0.0067	0.2353	1.5765	3.5	1.5765/8.6300	0.6394	640
										3500
FOSA 6										
Método sección-velocidad						Volumen de la muestra individual				
Hora	Tirante D (m)	Tiempo (s)	D/D	A(m ²)	Velocidad (m/s)	Q(L/s)	Allicuota	Calculada	Resultado	Redondeo final
07:30	0.21	13.2	0.92	0.0189	0.0682	1.2890	3.5	1.4234/8.6300	0.5012	500
10:30	0.21	14.0	0.92	0.0189	0.0643	1.2153	3.5	2.3250/8.6301	0.4726	470
13:30	0.22	11.4	0.96	0.0201	0.0789	1.5859	3.5	0.9873/8.6302	0.6167	620
16:30	0.23	9.5	1.00	0.0214	0.0947	2.0256	3.5	1.3305/8.6303	0.7876	790
19:30	0.21	11.3	0.92	0.0184	0.0796	1.5044	3.5	0.9873/8.6304	0.5850	580
22:30	0.22	13.1	0.96	0.0201	0.0687	1.3809	3.5	1.5765/8.6305	0.5370	540
										3500

Tabla A.29. Determinación de grasas y aceites (promedio ponderado)

FOSA4			
grasas y aceites (promedio ponderado)			
Hora	Grasas y aceites(mg/L)	Calculada	Resultado
06:30	18.34	0.535/3.831	2.561
09:30	22.00	0.698/3.831	4.008
12:30	22.15	0.734/3.831	4.242
15:30	11.16	0.278/3.831	0.808
18:30	29.28	0.942/3.832	7.198
21:30	20.58	0.645/3.832	3.462
			22.279mg/L
FOSA5			
grasas y aceites (promedio ponderado)			
Hora	grasas y aceites(mg/L)	calculada	Resultado
07:30	21.49	1.423/8.630	3.544
10:30	23.74	2.325/8.630	6.395
13:30	12.80	0.987/8.630	1.464
16:30	17.38	1.331/8.630	2.679
19:30	16.59	0.987/8.630	1.897
22:30	22.71	1.577/8.631	4.148
			20.127mg/L
FOSA6			
grasas y aceites (promedio ponderado)			
Hora	Grasas y aceites(mg/L)	Calculada	Resultado
07:30	9.679	1.289/9.001	1.386
10:30	8.022	1.2155/9.001	1.083
13:30	18.329	1.586/9.001	3.229
16:30	21.461	2.027/9.001	4.829
19:30	14.748	1.504/9.001	2.464
22:30	10.242	1.381/9.001	1.571
			14.562mg/L

BIBLIOGRAFÍA

1. APHA, AWWA, WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales*. 17ª Edición. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid, España.
2. Aznar, C. A. (1997) *Técnica de agua. Problemática y tratamiento*. 2ª edición Ed. Alción. S. A. Pp.15-17. Madrid, España.
3. Becerril, L. *Datos prácticos de instalación hidráulica y sanitaria*. 2ª edición. I.P.N. E.S.I.A. Pp.23-25. México D. F. México.
4. CNA. (1999, 2000). Comisión Nacional del Agua. <http://www.cna.gob.mx>. Secretaría, Gerencia Técnica. Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas. (DOF, Diario Oficial de la Federación). México D. F. México.
5. Cordera, V. H. (1995). *Hidráulica de Canales*. Fundación ICA. 2ª edición. UNAM, Facultad de Ingeniería. Pp. 40-42. México. D. F. México.
6. IMSS. (1993). Subdirección General de Obras y Patrimonio Inmobiliario. *Normas y proyectos de ingeniería: Instalaciones hidráulicas, sanitarias y de gases medicinales*. Tomo II. Pub. IMSS. Pp. 526-546. México D. F. México.
7. IMTA (2000). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. <http://www.imta.gob.mx>. México D. F. México.
8. *Manual del Equipo LABTECH* (1991). Data Acquisition and Process Control Software. Labtech. Wilmington, EEUUA.
9. *Manual del equipo Prosonic* (1993). Modelo FMU 862. Ultrasonic Measurement ENDRESS + HAUSER. Taunton, EEUUA.
10. Merrick, G. (1994). *Instalaciones en los edificios*. 5ª Edición. Editorial Gustavo Gil, S.A. Pp.218-229. Barcelona, España.
11. Merritt, F. (1984). *Manual del Ingeniero Civil*. 2ª edición. Editorial McGraw-Hill. Pp. 21-99. México D. F. México.
12. Metcalf & Eddy. (1996). *Ingeniería de aguas residuales*. 1ª edición. Tomos 1 y 2. Editorial Mc.Graw-Hill. Pp. 17-51,53-135. México D. F. México.
13. Mott, R. (1996). *Mecánica de fluidos aplicada*. 4ª edición. Prentice Hall Hispanoamericana. P. 363. México D. F. México.

14. Mungica, V.E. (1974). *Ingeniería Sanitaria*. UNAM, Facultad de Ingeniería. Pp.115-121. México D. F. México.
15. PNUMA (1994). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. *Cuidar el agua*. Dossier No.6. París, Francia.
16. PROFEPA (1998). Memorias del curso "Auditoría Ambiental en Instalaciones Hospitalarias". Noviembre 9-13. Monterrey N.L. México.
17. PUMA-UNAM (1997). *Memorias del "Curso-Taller de Aguas Residuales Industriales"*. Programa Universitario de Medio Ambiente. UNAM, Facultad de Química. Noviembre 3-7. México D. F. México.
18. PUMA-UNAM (1997). *Memorias del Curso "Manejo y Disposición de Residuos Peligrosos"*. Programa Universitario Medio Ambiente, UNAM. Octubre 20-31. México D. F. México.
19. Semarnap (1995). Programa de Medio Ambiente 1995-2000. Poder Ejecutivo Federal. INE-SEMARNAP. Pp. 83-104. México D. F. México.
20. Semarnap (1995). Programa Hidráulico 1995-2000. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Pp. 45-88. México D. F. México.
21. SMISA. (1995) *Memorias del Curso Tratamiento de Aguas Residuales Hospitalarias*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, A.C. Noviembre 21-23. México D. F. México.
22. Snoeyink, L. V. (1990). *Química de agua*. Ed. Limusa. 1ª edición. Pp. 15-26. México D. F. México.
23. SSA (1997). Sistema Nacional de Salud. Estadísticas del Sector Salud. <http://www.ssa.gob.mx>. México D. F. México.
24. SSA (s/f). *Manual de normas para el tratamiento de aguas residuales en las unidades médicas de la SSA. Descripción de un sistema para tratamiento de aguas residuales provenientes de "Unidades Médicas". Criterios de selección*. Tomo 4. Pp. 7-34. México D. F. México.
25. SSA (sin fecha, s/f). *Manual de normas para el tratamiento de aguas residuales en las unidades médicas de la SSA. Reseña los diferentes usos que tiene el*

- agua, su degradación residual y la naturaleza de los contaminantes que la impactan en la unidad médica.* Pp. 7-23. México D. F. México.
26. SSA (s/f). *Manual de procedimientos y Normas para el uso eficiente de fluidos y energéticos para unidades medicas de 2° Nivel. Rutinas y procedimientos de mantenimiento para el uso eficiente de fluidos y energéticos.* Pp. 52,53.
 27. SSA (s/f). *Organización del Sistema de Servicios de Salud.* Centro de documentación Institucional. México D. F. México.
 28. Tebbutt, T. H. Y. (1990). *Fundamentos del control de calidad del agua.* 1ª edición. Editorial Limusa. Pp.19-31. México D. F. México.
 29. Tratamiento biológico de aguas residuales. Notas de cursos. María del Carmen Durán de Bazúa. Pub. PIQAyQA. 6a. Edición. Facultad de Química, UNAM. México D.F. México.